



**BETTER SHIPS, BLUE OCEANS**

## **Veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee**

Evaluatie en validatie van het afwegingskader

Rapport nr. : 77005.601-1-MO-rev.1.0  
Datum : 26 mei 2026  
Versie : 1.0  
Eindrapport

# Veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee

## Evaluatie en validatie van het afwegingskader

Opdrachtgever : Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat  
Rijstraat 8  
2515 XP, Den Haag

Gerapporteerd door :

Paraaf management :

Versie	Datum	Status	Gecontroleerd door
0.1	10 maart 2026	Concept	
1.0	26 mei 2026	Definitief eindrapport	

<b>INHOUD</b>	<b>PAGINA</b>
TABELLEN EN FIGUREN.....	1
MANAGEMENT SAMENVATTING .....	1
MANAGEMENT SUMMARY .....	5
1 INTRODUCTIE.....	9
1.1 Doelstelling .....	9
1.2 Studiegebieden.....	10
2 JURIDISCH KADER.....	12
2.1 Achtergrond .....	12
2.2 Jurisprudentie UNCLOS .....	12
2.3 Afwegingen .....	13
3 ACTUEEL RUIMTEGEBRUIK.....	16
3.1 Onderzoeksofzet .....	16
3.2 Gebruikte methodes .....	18
3.2.1 Dichtheidskaarten .....	18
3.2.2 Percentielen en Box Plot.....	18
3.2.3 Percentiellijnen .....	19
3.2.4 Histogrammen .....	19
3.2.5 Hydrometeorologische data .....	21
3.3 Benutting aanwezige ruimte in verkeersbanen grenzend aan windpark door RB verkeer .....	24
3.3.1 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Borssele .....	25
3.3.2 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Doordewind.....	28
3.3.3 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Hollandse Kust Noord (HKN).....	31
3.3.4 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Hollandse Kust West (HKW) .....	35
3.3.5 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Hollandse Kust Zuid (HKZ).....	37
3.3.6 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Nederwiek/IJmuiden Ver.....	41
3.3.7 Invloed van wind op het ruimtegebruik van RB verkeer .....	44
3.3.8 Conclusie betreffende verdeling van RB verkeer over padbreedte en veiligheidszone .....	47
3.4 Effect van een windpark op niet-routegebonden verkeer.....	48
3.4.1 Verplaatsing van niet-routegebonden verkeer .....	50
3.4.2 Verkeersdichtheid .....	53
3.4.3 Conclusie.....	55
3.5 Maatgevende omstandigheden en sloopstypes.....	55
3.6 Driftgedrag .....	57
3.6.1 Methode .....	58
3.6.2 Resultaten .....	59
3.6.3 Conclusie.....	62
4 RUIMTEGEBRUIK GERELATEERD AAN MAATGEVENDE MANOEUVRES.....	63
4.1 Detectie van scheepsbewegingen.....	63
4.1.1 Methodiek.....	64
4.1.2 Input Variabelen .....	64
4.1.3 Clustering Modellen .....	64
4.1.4 Resultaten Model 1 .....	65
4.1.5 Resultaten Model 2 .....	66
4.1.6 Draaicirkels in een VSS .....	68

4.1.7	Conclusies.....	69
4.2	Koerswijziging gerelateerd aan een uitwijkmanoeuvre .....	70
4.3	Geïdentificeerde rondtorns .....	71
4.4	Conclusie .....	79
5	VERWACHTTE TOEKOMSTIG RUIMTEGEBRUIK.....	80
5.1	Trends en ontwikkelingen scheepvaart.....	81
5.2	Werkvaart windparken.....	82
5.2.1	Hollandse Kust Zuid .....	83
5.2.2	Hollandse Kust Noord .....	84
5.2.3	Borssele .....	84
5.2.4	Beschouwing doorvaartcijfers werkvaart .....	85
5.3	Conclusie .....	87
6	ACTUALITEIT EN RELEVANTIE VAN HET AFWEGINGSKADER.....	88
6.1	Actualiteit criteria .....	88
6.2	Ruimtegebruik.....	90
6.3	Conclusie .....	90
7	BENODIGDE RUIMTE .....	91
7.1	Theoretische ruimte.....	91
7.1.1	Conclusie.....	94
7.2	Wenselijke ruimte .....	95
7.2.1	Weerscondities.....	95
7.2.2	Waterdiepte en stroming.....	98
7.2.3	Schepen .....	98
7.2.4	Roerhoeken.....	99
7.2.5	Simulaties.....	100
7.2.6	Resultaten .....	100
7.3	Conclusie .....	109
8	UITGANGSPUNTEN AFWEGINGSKADER.....	111
8.1	Redenatie .....	111
8.2	Aanbeveling.....	112
9	CONCLUSIE .....	114
APPENDICES:.....		119
APPENDIX 1	VERDELING VAN RB VERKEER IN STUDIEGEBIEDEN NAAR LENGTE EN SNELHEID .....	120
APPENDIX 2	ANYSIM XMF (EXTENSIBLE MODELLING FRAMEWORK) LEAFLET .....	127

## TABELLEN EN FIGUREN

### Tabellen

Tabel 3-1:	Overzicht deelgebieden binnen het onderzoeksgebied, inclusief analyse periode en status van het gebied (zie figuur 1.1). .....	17
Tabel 3-2:	Overzicht van variatie in uurlijkse gemiddeldes in windsnelheid en golfhoogte per onderzoeksgebied.....	22
Tabel 3-3:	Aantal reizen per scheepstype in windparken HKZ en HKN (alleen kavel V), voor en na aanleg windpark.....	51
Tabel 3-4:	Aantal reizen per scheepstype in de veiligheidszone naast windparken HKZ en HKN (alleen kavel V), voor en na aanleg windpark.....	51
Tabel 3-5:	Overzicht van de maatgevende scheepslengte en snelheid in de studiegebieden. Gebaseerd op AIS data voor het jaar 2024, en opgesplitst volgens alle wind condities, en windkracht 6 of hoger.....	57
Tabel 3-6:	Resultaten van de data-analyse van de geïdentificeerde drifters uit vijf jaar AIS-data tussen 2019 en 2024 .....	60
Tabel 4-1:	Gevonden rondtorns in de jaren 2020 tot en met 2024 in de studiegebieden, voor RB schepen met een lengte van ten minste 250m (gebied HKN) of 300m (overige gebieden). 73	
Tabel 5-1:	Vergunde windparken [Ref 9.] .....	83
Tabel 5-2:	Doorvaart van bestemmingsverkeer in windpark Hollandse Kust Zuid .....	84
Tabel 5-3:	Doorvaart van bestemmingsverkeer in windpark Hollandse Kust Noord .....	84
Tabel 5-4:	Doorvaart van bestemmingsverkeer in windpark Borssele .....	85
Tabel 5-5:	Samenvatting bestemmingsverkeer in windpark Hollandse Kust Zuid, - Noord en Borssele .....	86
Tabel 5-6:	Aanname van aantal scheepsreizen van SOVs in toekomstige windparken in aanleg/exploitatie tot 2030 .....	86
Tabel 7-1:	Numerieke weergave van gekozen windsnelheden en de daarbij corresponderende golfkarakteristiek .....	97
Tabel 7-2:	Geselecteerde schepen voor de simulaties .....	99
Tabel 7-3:	Resultaten van de eerste simulatie run (waterdiepte 25 m) .....	100
Tabel 7-4:	Resultaten van de tweede simulatierun (waterdiepte 20 m).....	102
Tabel 7-5:	Resultaten van de derde simulatierun met 10 knopen snelheid (waterdiepte 20 m).....	106
Tabel 9-1:	Overzicht van de verdeling van scheepslengte en snelheid voor het RB verkeer in de studiegebieden in jaar 2024, aan de hand van gemiddelde en percentielen. ....	120
Tabel 9-2:	Overzicht van de verdeling van scheepslengte en snelheid voor het RB verkeer in de studiegebieden in jaar 2024, aan de hand van gemiddelde en percentielen, bij windkracht 6 of hoger.....	123

### Figuren

Figuur 1-1:	Overzicht van de gebruikte studiegebieden (getekend met zwarte lijn) en de naam waarmee er naar gerefereerd wordt in dit rapport. ....	11
Figuur 2-1:	Schematische afstanden volgens het Afwegingskader .....	14
Figuur 3-1:	Voorbeeld van een box plot. ....	19
Figuur 3-2:	Voorbeeld van een histogram, met daarbij aangegeven het 10e, 50e en 75e percentiel. ....	20
Figuur 3-3:	Overzicht van de deelgebieden (referentielijnen) die gebruikt zijn om het ruimtegebruik van RB verkeer over het pad en in de veiligheidszone te visualiseren. ....	21
Figuur 3-4:	Verdeling van wind en golf parameters voor de geselecteerde studiegebieden en -periode gecombineerd. ....	23
Figuur 3-5:	Spreidingsdiagrammen die de correlatie tussen windsnelheid en golfhoogte (links), en tussen windrichting en golfrichting (rechts) weergeven, voor de geselecteerde onderzoeksgebieden en -periode. ....	23
Figuur 3-6:	Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Borssele .....	26

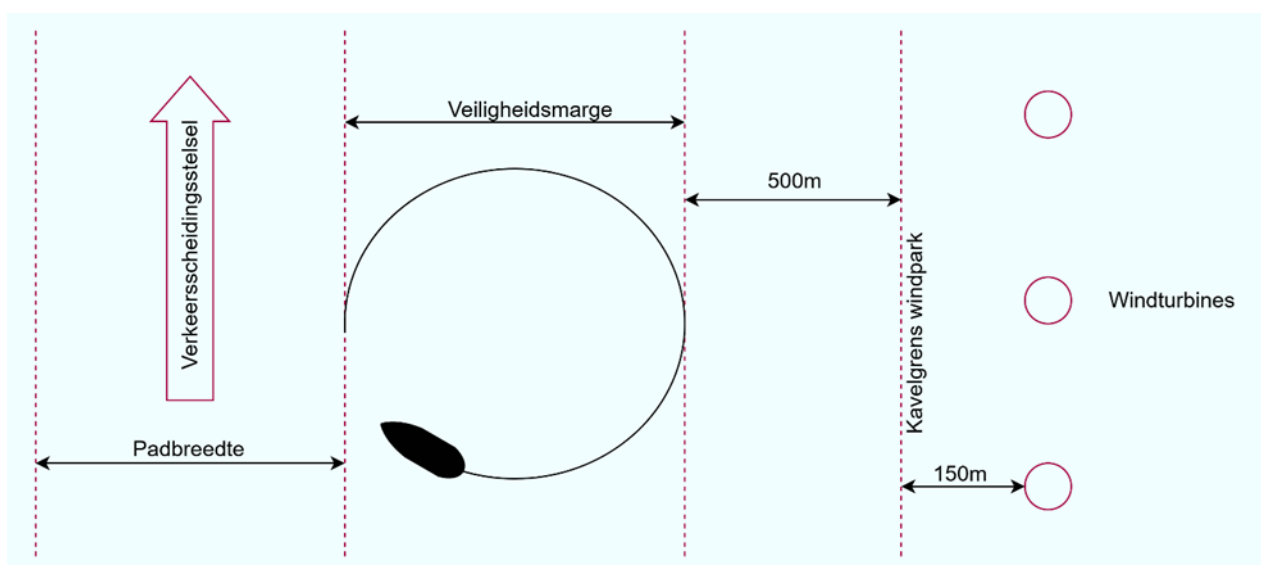
Figuur 3-7:	Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de beschikbare ruimte, rond windpark Borssele, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder).....	27
Figuur 3-8:	Dichtheidskaart van route gebonden verkeer, inclusief percentiellijnen, voor gebied Doordewind.....	28
Figuur 3-9:	Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de beschikbare ruimte bij het toekomstige windpark Doordewind, noordelijk van windparken Gemini I en Gemini II, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder).....	29
Figuur 3-10:	Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de veiligheidszone, noordelijk van windpark Borkum Riffgrund 3 (Duitsland, oostelijk van windpark Gemini I), gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder). Aan de linkerkant de situatie voor aanleg, en aan de rechterkant de situatie tijdens aanleg (dus met visueel aanwezige windturbines).....	30
Figuur 3-11:	Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Hollandse Kust Noord, vóór installatie van het windpark.....	32
Figuur 3-12:	Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Hollandse Kust Noord, ná installatie van het windpark.....	33
Figuur 3-13:	Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de verkeersbaan westelijk van Kavel V in windpark HKN, gekleurd volgens scheepstype. Links de situatie voor aanleg, en rechts de situatie na aanleg van de windparken.....	33
Figuur 3-14:	Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de veiligheidszone, westelijk van Kavel V in gebied HKN, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder). Aan de linkerkant de situatie voor aanleg, en aan de rechterkant de situatie na aanleg.....	34
Figuur 3-15:	Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Hollandse Kust West.....	36
Figuur 3-16:	Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de beschikbare ruimte rondom de geplande windparken van HKW, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder). Positieve waardes verwijzen naar het verkeer westelijk van Kavel VI en Kavel VII, en negatieve waardes verwijzen naar het verkeer oostelijk van Kavel VI en Kavel VII.....	37
Figuur 3-17:	Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Hollandse Kust Zuid, vóór installatie van het windpark.....	38
Figuur 3-18:	Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Hollandse Kust Zuid, ná installatie van het windpark.....	39
Figuur 3-19:	Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de noordgaande verkeersbaan westelijk van windpark HKZ Kavel II en Kavel III, gekleurd volgens scheepstype. Links de situatie voor aanleg, en rechts de situatie na aanleg van de windparken.....	39
Figuur 3-20:	Verdeling van route gebondenverkeer (jaarlijks gemiddelde) over de veiligheidszone, westelijk van windparken HKZ Kavel II en HKZ Kavel III, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder). Links de situatie voor aanleg, en rechts de situatie na aanleg van de windparken.....	40
Figuur 3-21:	Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Nederwiek.....	41
Figuur 3-22:	Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de noordgaande verkeersbaan westelijk van kavels IJmuiden Ver Alpha en Beta (links), westelijk van aangewezen gebieden IJmuiden ver Noord en Lageland Noord (rechts), gekleurd volgens scheepstype.....	42
Figuur 3-23:	Verdeling van route gebonden verkeer over de veiligheidszone in onderzoeksgebied Nederwiek, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder). Links het verkeer westelijk van IJmuiden Ver Alpha en Beta (in ontwerp fase), rechts het verkeer westelijk van de twee aangewezen windgebieden noordelijk van IJmuiden.....	43
Figuur 3-24:	Verdeling van RB verkeer over de beschikbare ruimte voor 2 locaties naast windpark HKZ, gekleurd volgens windkracht en opgesplitst naar de situatie voor (boven) en na (onder)	

	aanwezigheid van het windpark. De doorgetrokken lijn geeft de rand van het windpark aan, de stippellijnen de randen van het pad. ....	45
Figuur 3-25:	Positie van de referentielijnen zoals gebruikt in Figuur 3-24 .....	45
Figuur 3-26:	Ruimtegebruik in de veiligheidszone tussen windpark en pad naast HKZ, voor RB verkeer voor (boven) en na (onder) aanwezigheid van het windpark. De passages zijn opgesplitst naar windkracht: links windkracht 0 tot en met 5, en rechts windkracht 6 en hoger. ....	46
Figuur 3-27:	Ruimtegebruik in de veiligheidszone tussen windpark en pad naast HKN, voor RB verkeer voor (boven) en na (onder) aanwezigheid van het windpark. De passages zijn opgesplitst naar windkracht: links windkracht 0 tot en met 5, en rechts windkracht 6 en hoger. ....	47
Figuur 3-28:	Overzicht van de gebieden aangeduid als 'windpark' (oranje) en als 'veiligheidszone' (groen) voor gebieden HKN en HKZ, zoals gebruikt in Tabel 3-3 en Tabel 3-4. ....	50
Figuur 3-29:	Overzicht van het ruimtegebruik door verschillende types NRB verkeer in de veiligheidszone en het pad naast windparken HKZ (links) en HKN Kavel V (rechts), voor (boven) en na (onder) aanwezigheid van windturbines. ....	52
Figuur 3-30:	Dichtheidskaart van niet route gebonden verkeer vóór de aanwezigheid van windturbines voor gebied HKZ .....	53
Figuur 3-31:	Dichtheidskaart van niet route gebonden verkeer na realisatie van gebied HKZ. ....	54
Figuur 3-32:	Dichtheidskaart van niet route gebonden verkeer vóór de aanwezigheid van windturbines voor gebied HKN. ....	54
Figuur 3-33:	Dichtheidskaart van niet route gebonden verkeer na realisatie van gebied HKN. ....	55
Figuur 3-34:	Aantal gerapporteerde drifters per jaar .....	58
Figuur 3-35:	Voorbeeld van een driftend schip. De rode stip is de start van de drift, de groene stip het einde. ....	59
Figuur 3-36:	Histogrammen en boxplots van relevante driftgegevens, waarin een duidelijk asymmetrische verdeling met uitschieters zichtbaar is. ....	61
Figuur 4-1:	Clustering Resultaten. Ankerliggende schepen zijn onderscheid als afzonderlijk manoeuvreergedrag. ....	66
Figuur 4-2:	Model 2 cluster resultaten tonen lussen en krappe bochten .....	67
Figuur 4-3:	Model 2 cluster resultaten tonen langere, graduele bochten. ....	67
Figuur 4-4:	Track van een 328m lang Containerschip met een rondtoren goed geïdentificeerd door Model 2 .....	68
Figuur 4-5:	Track van een 305m lang containerschip met een reeks lussen geïdentificeerd door Model 2 .....	69
Figuur 4-6:	Voorbeeld van een standaard uitwijkmanoeuvre .....	71
Figuur 4-7:	Voorbeeld van de gemeten offset horende bij een rondtoren. ....	72
Figuur 4-8:	Visualisatie van gevonden rondtorns in de jaren 2020 tot en met 2024 in de studiegebieden, voor RB schepen met een lengte van ten minste 250m (gebied HKN) of 300m (overige gebieden). ....	74
Figuur 4-9:	Geïdentificeerde rondtorns ten zuiden van het toekomstige windpark Doordewind door schepen van meer dan 300 meter tussen 2020 en 2024 .....	75
Figuur 4-10:	Geïdentificeerde rondtorns rond de toekomstige windparken Nederwiek en HKW door schepen van meer dan 300 meter tussen 2020 en 2024 .....	76
Figuur 4-11:	Geïdentificeerde rondtorns rond het windpark Borssele door schepen van meer dan 300 meter tussen 2020 en 2024 .....	77
Figuur 4-12:	Geïdentificeerde rondtorns rond het windpark HKZ door schepen van meer dan 300 meter tussen 2020 en 2024 .....	78
Figuur 5-1:	Aantal doorvaarten per jaar van werkvaart vanuit een havengebied in windpark Borssele. ....	85
Figuur 7-1:	Geïdentificeerde rondtorns in 2022 in het Verkeersscheidingsstelsel Maas Noord .....	93
Figuur 7-2:	Weergave van de aanloop naar Hoek van Holland op de nautische kaart. Het Europlatform is zichtbaar in de rode cirkel. ....	95
Figuur 7-3:	Windsnelheid 10 min gemiddeld [m/s] versus windrichting [°N van] .....	96
Figuur 7-4:	Golfrichting (Th0 [°N van]) versus windrichting (WR10[°N van]) aan de linkerkant; Significante golfhoogte (Hs [m]) versus windsnelheid (WS10 [m/s]) rechts. ....	96
Figuur 7-5:	Significante golfhoogte (Hs [m]) versus piekperiode (Tp [s]) .....	97
Figuur 7-6:	De 'worst-case' draaicirkel (doorgetrokken lijn) en het snelheidsverloop (onderbroken lijn) van een containerschip van 400m bij een roerhoek van 35 graden. ....	105

Figuur 7-7:	De 'worst-case' draaicirkel (doorgetrokken lijn) en het snelheidsverloop (onderbroken lijn) van een beladen tanker bij een roerhoek van 35 graden. ....	105
Figuur 7-8:	De 'worst-case' draaicirkel (doorgetrokken lijn) en het snelheidsverloop (onderbroken lijn) van een LNG carrier bij een roerhoek van 20 graden.....	106
Figuur 7-9:	Manoeuvre van het 400 meter containerschip met 10 graden roer en 10 knopen vaart....	109

## MANAGEMENT SAMENVATTING

De Noordzee ondergaat een ingrijpende transformatie door de energietransitie, met een sterke toename van offshore windparken sinds 2007. Deze ontwikkeling vermindert de beschikbare ruimte voor scheepvaart en verhoogt het verkeersvolume door aanleg- en onderhoudswerkzaamheden op zee. Windparken liggen steeds vaker direct naast scheepvaartroutes, wat de beheersing van scheepvaartveiligheid complexer maakt. Het Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken, dat in 2013 is opgesteld en in 2015 in vereenvoudigde vorm is opgenomen in het Programma Noordzee, fungeert nog altijd als leidraad voor de ruimtelijke ordening op zee. Ondanks de voortdurende ontwikkelingen in scheepvaart en energie-infrastructuur is dit kader echter nooit geactualiseerd. Een visualisatie van de afstanden welke binnen het Afwegingskader worden gehanteerd is zichtbaar in Figuur MSNL-1. De Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) concludeerde in 2024 dat de beheersing van risico's rond vaste objecten zoals windparken tekortschiet en adviseerde herziening van het kader.



Figuur MSNL-1 Schematische weergave van de afstanden volgens het Afwegingskader

Dit onderzoek, uitgevoerd door MARIN in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, heeft als doel het bestaande afwegingskader te evalueren en valideren, en waar nodig aanbevelingen te doen voor actualisatie. Het onderzoek richt zich op zes centrale vragen, gericht op het actuele en toekomstige ruimtegebruik van scheepvaart, de relevantie van het huidige kader, en de benodigde ruimte voor veilige scheepvaart in de nabijheid van windparken.

### Belangrijkste Bevindingen

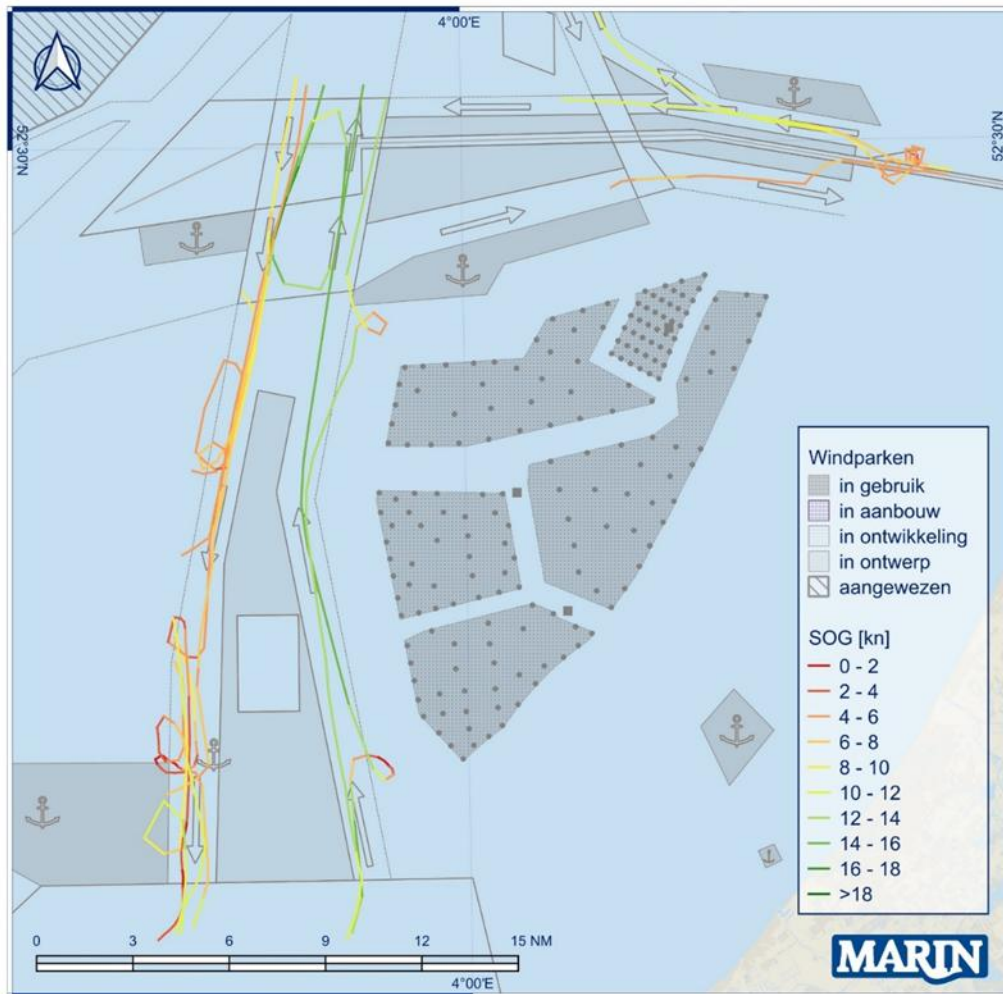
#### Actueel Ruimtegebruik

Schepen passen hun koers dynamisch aan om grotere afstanden tot windparken te bewaren. Hoewel het verkeer in het gebied tussen scheepvaartroutes en windparken afneemt na realisatie van het windpark, zijn er geen signalen van congestie of structurele onveiligheid. Dit wijst op een effectieve aanpassing van de scheepvaart aan de nieuwe ruimtelijke indeling op zee.

Het niet-routegebonden verkeer, zoals visserij en recreatievaart, laat een aanpassing zien gegeven de beschikbare ruimte. De werkzaamheden in relatie tot de ontwikkeling en het onderhoud van windparken nemen toe, wat leidt tot een groeiende lokale concentratie van werkverkeer van en naar deze gebieden. Wind- en weersomstandigheden hebben slechts beperkte invloed op het ruimtegebruik: schepen benutten bij harde wind weliswaar meer ruimte, maar de verschillen zijn niet significant.

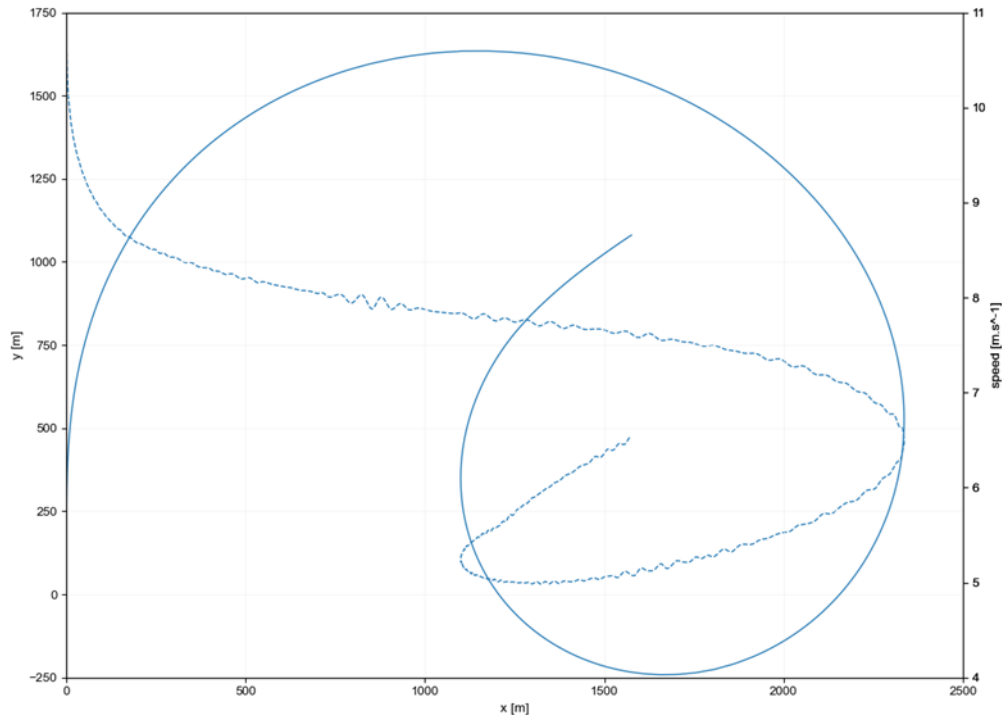
### Maatgevende Manoeuvres

De “rondtorn”, een 360°-draai, blijft de maatgevende manoeuvre voor schepen, maar komt weinig voor. In vijf jaar tijd zijn in de onderzochte gebieden slechts 46 waarnemingen gedaan van maatgevende schepen, voornamelijk gerelateerd tijdmanagement. Noodmanoeuvres richting windparken lijken niet te zijn voorgevallen hoewel de context van de waargenomen manoeuvres niet uit de data kan worden gereconstrueerd. Een voorbeeld van dergelijke manoeuvres over een langere periode is te zien in Figuur MSNL-2.



*Figuur MSNL-2 Geïdentificeerde rondtorns rond het windpark HKZ door schepen van meer dan 300 meter tussen 2020 en 2024*

Simulaties van 634 manoeuvres onder zware omstandigheden, zoals windkracht 8 Beaufort en een golfhoogte van 4,5 meter, tonen aan dat schepen binnen 6 scheeps lengtes kunnen draaien wanneer resoluut wordt gehandeld. Dit bevestigt dat de bestaande norm van 6 scheeps lengtes nog steeds valide is. Een voorbeeld van zo'n gesimuleerde draaicirkel is zichtbaar in Figuur MSNL-3.



*Figuur MSNL-3 De 'worst-case' draaicirkel (doorgetrokken lijn) en het snelheidsverloop (onderbroken lijn) van een containerschip van 400m bij een roerhoek van 35 graden*

Vanuit een expertgroep consultatie wordt aangegeven dat een schip gemiddeld één uur nodig heeft om voor anker te kunnen gaan vanuit elk willekeurig moment gegeven dat de omstandigheden dat toelaten. Daarom wordt een minimale drifttijd van één uur aanbevolen. Driftgedrag is geanalyseerd aan de hand van 131 drifters, waarbij is waargenomen dat de laterale driftafstand binnen het uur voor het grootste deel minder dan of gelijk aan 1,7 nautische mijl blijft. Dit toont aan dat de voorgeschreven veiligheidsmarge van 1,7 nautische mijl voldoende is.

#### Toekomstig Ruimtegebruik

Er wordt de komende jaren geen substantiële schaalvergroting van schepen of een significante toename in het aantal scheepsbewegingen op de Nederlandse Noordzee verwacht. De maatgevende omstandigheden zullen daarmee naar verwachting de komende jaren nog ongewijzigd blijven. Wel is het denkbaar dat er meer ruimtedruk ontstaat door, met name, de uitbreiding van windparken. De werkvaart, zoals onderhoud en aanleg, zal naar verwachting toenemen, maar het totale verkeersvolume blijft voorlopig beheersbaar.

#### Actualiteit en Relevantie van het Afwegingskader

De kernprincipes van het huidige afwegingskader blijven relevant en toekomstbestendig. Het ontwerpcriterium in het Programma Noordzee is echter te eenvoudig geformuleerd. Het mist flexibiliteit in de bepaling van padbreedtes, een duidelijke methodiek voor het bepalen van maatgevende schepen en verkeersintensiteit, en veiligheidsmarges voor drift en ankeren. Het huidige kader is juridisch houdbaar, maar vereist wel een expliciete verankering en periodieke herziening om toekomstbestendig te blijven.

## **Conclusies**

Schepen houden grotere afstanden tot windparken en varen compacter binnen de verkeersbanen. Er is geen sprake van congestie of een verhoogd risico. De rondtorn blijft de maatgevende manoeuvre, maar komt weinig voor. Noodmanoeuvres richting windparken zijn niet waargenomen.

Windparken trekken lokaal werkverkeer aan, maar de effecten hiervan zijn voorspelbaar en beheersbaar. De huidige systematiek, waarbij padbreedtes gebaseerd zijn op scheepslengte en verkeersintensiteit, blijft adequaat. De norm van 6 scheepslengtes voor rondtorns wordt bevestigd door simulaties, zelfs onder zware omstandigheden. Het ontwerp criterium in het Programma Noordzee is echter te simplistisch en mist essentiële methodieken.

## **Aanbevelingen**

Het is aan te raden het Afwegingskader te actualiseren in een nieuw beleidsdocument. Hierin moeten de juridische basis en het toepassingsbereik expliciet worden vastgelegd. Daarnaast is het belangrijk een methodiek op te nemen voor het bepalen van maatgevende schepen en verkeersintensiteit, evenals een categorisering van intensiteiten voor padbreedtes. Veiligheidsmarges voor drift en ankeren moeten eveneens worden meegenomen, net als een overzicht van vereiste afstanden.

Daarnaast is het van belang trends in scheepsgrootte, verkeersintensiteit en werkvaart bij windparken te blijven monitoren. Periodieke evaluaties van het Afwegingskader zijn noodzakelijk om de toekomstbestendigheid te waarborgen.

## **Slotopmerking**

Het Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken blijft een valide instrument voor de nautische veiligheid, maar vereist periodieke actualisatie en verankering om toekomstbestendig te blijven in een steeds complexer wordende Noordzee. De aanbevelingen in dit rapport bieden een basis voor een herzien kader, dat rekening houdt met actuele en toekomstige uitdagingen in de scheepvaart en offshore energieproductie.

## MANAGEMENT SUMMARY

The North Sea is undergoing a profound transformation due to the energy transition, with a rapid increase in offshore wind farms since 2007. This development reduces the available space for shipping and increases traffic volumes due to construction and maintenance activities at sea. Wind farms are increasingly being located directly adjacent to shipping routes, making the management of maritime safety more complex. The Assessment Framework for safe distances between shipping routes and wind farms, established in 2013 and incorporated in simplified form into the North Sea Programme in 2015, still serves as a guideline for spatial planning at sea. Despite ongoing developments in shipping and energy infrastructure, this framework has never been updated. A visualization of the distances applied within the Assessment Framework is shown in Figure MSE-1. In 2024, the Dutch Safety Board (OVV) concluded that the management of risks around fixed objects such as wind farms is insufficient and recommended a revision of the framework.

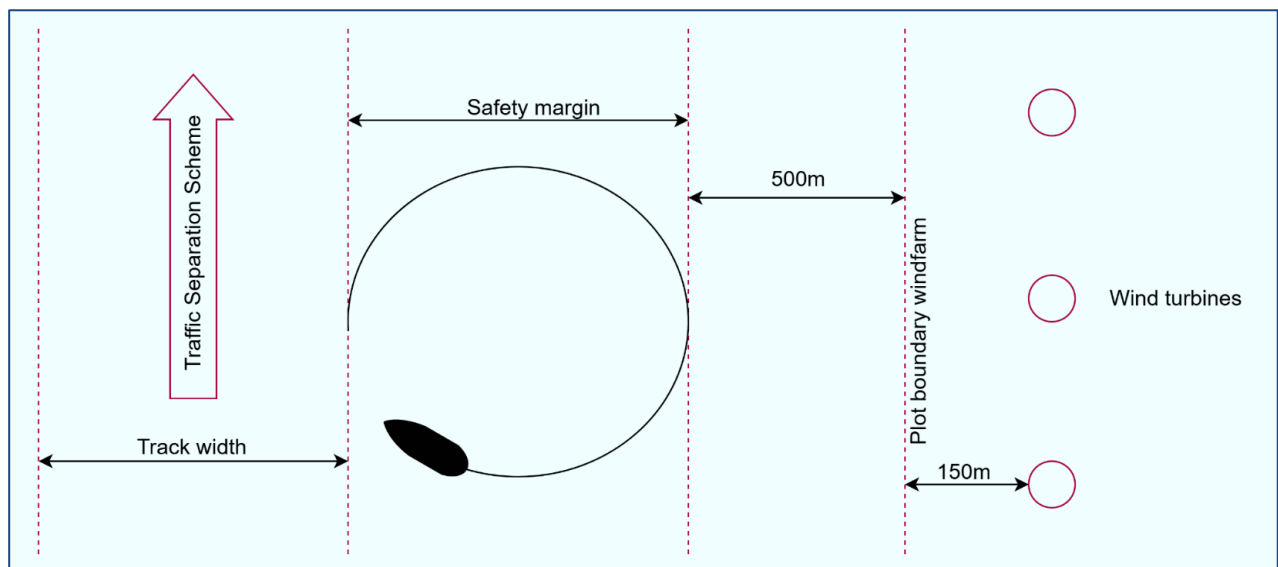


Figure MSE-1 Schematic representation of the distances according to the Assessment framework

This study, conducted by MARIN on behalf of the Ministry of Infrastructure and Water Management, aims to evaluate and validate the existing assessment framework, and to provide recommendations for its update where necessary. The study focuses on six central questions, addressing the current and future use of space by shipping, the relevance of the existing framework, and the space required for safe navigation in the vicinity of wind farms.

### Key Findings

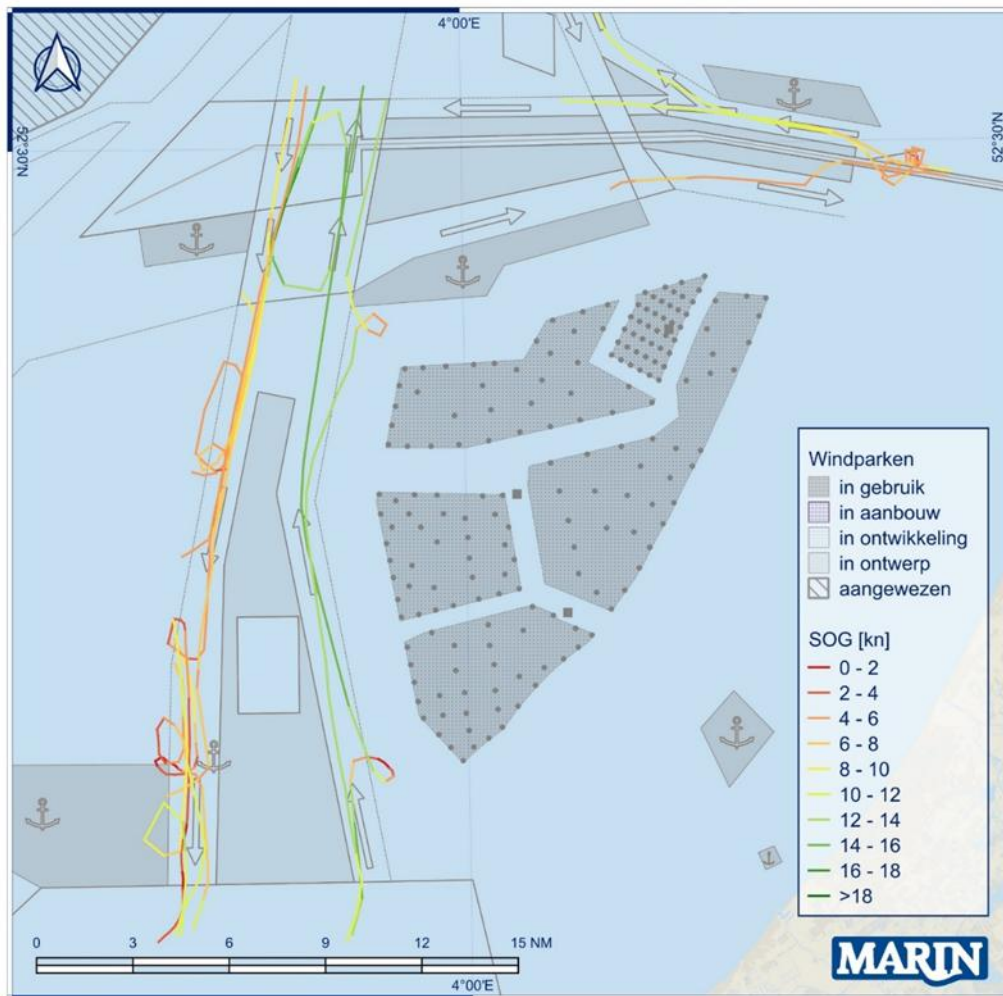
#### Current Utilisation of Space

Vessels dynamically adjust their course to maintain greater distances from wind farms. Although traffic in the area between shipping routes and wind farms decreases after the wind farm is realized, there are no indications of congestion or structural safety issues. This suggests that shipping has effectively adapted to the new spatial layout at sea.

Non-route-bound traffic, such as fisheries and recreational vessels, shows adaptation to the available space. Activities related to the development and maintenance of wind farms are increasing, leading to a growing local concentration of work-related traffic to and from these areas. Wind and weather conditions have only a limited impact on space usage: although vessels tend to use more space during strong winds, the differences are not significant.

### Defining Manoeuvres

The “round turn,” a 360° manoeuvre, remains the governing manoeuvre for vessels, but occurs infrequently. Over a five-year period, only 46 observations of such manoeuvres by vessels of more than 300 meter were recorded in the studied areas, mainly related to time management. Emergency manoeuvres toward wind farms do not appear to have occurred, although the context of the observed manoeuvres cannot be reconstructed from the data. An example of such manoeuvres over a longer period is shown in Figure MSE-2



*Figure MSE-2 Identified round turns around the windfarm HKZ by ships of more than 300 meter, between 2020 and 2024*

Simulations of 634 manoeuvres under severe conditions, such as Beaufort force 8 winds and a wave height of 4.5 meters, show that vessels can turn within 6 ship lengths when decisive action is taken. This confirms that the existing standard of 6 ship lengths by the assessment framework remains valid. An example of such a simulated turning circle is shown in Figure MSE-3

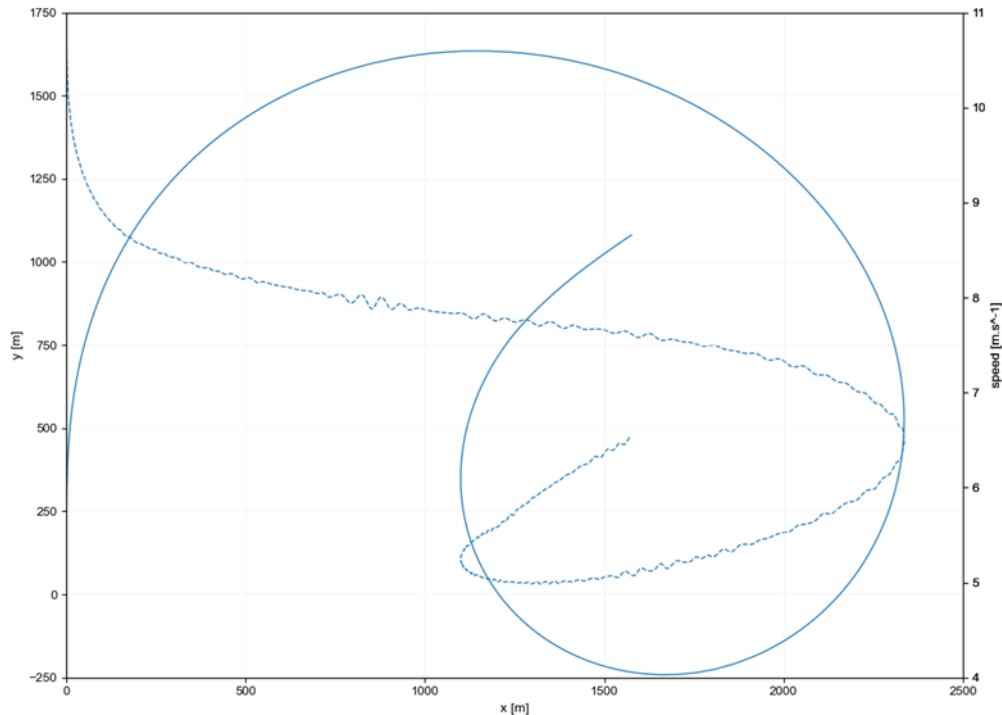


Figure MSE-3 The 'worst-case' turning circle (solid line) and the speed gradient (dotted line) of a containership of 400m with a rudder angle of 35 degrees

According to an expert group consultation, a vessel requires on average one hour to be able to anchor from any given moment, provided that conditions allow it. Accordingly, a minimum drift time of one hour is recommended. Drift behaviour was analysed using 131 drifters, and it was observed that the lateral drift distance within that hour remains largely less than or equal to 1.7 nautical miles. This demonstrates that the prescribed safety margin of 1.7 nautical miles is sufficient.

#### Future Utilisation of Space

No substantial upscaling of vessels or significant increase in the number of ship movements in the Dutch North Sea is expected in the coming years. The governing conditions are therefore expected to remain unchanged in the near future. However, it is conceivable that spatial pressure will increase, particularly due to the expansion of wind farms. Work-related vessel traffic, such as for maintenance and construction, is expected to increase, but the overall traffic volume is expected to remain manageable for the time being.

#### Actuality and Relevance of the Assessment Framework

The core principles of the current assessment framework remain relevant and future-proof. However, the design criterion in the North Sea Programme is formulated too simplistically. It lacks flexibility in determining route widths, a clear methodology for defining 'benchmark' vessels and traffic intensity, and safety margins for drift and anchoring. The current framework is legally robust, but it requires explicit embedding and periodic revision in order to remain future-proof.

## **Conclusions**

Vessels maintain greater distances from wind farms and navigate more compactly within traffic lanes. There are no indications of congestion or increased risk. The round turn remains the governing manoeuvre, but occurs infrequently. No emergency manoeuvres toward wind farms have been observed.

Wind farms attract local work-related traffic, but its effects are predictable and manageable. The current approach, in which route widths are based on vessel length and traffic intensity, remains adequate. The standard of 6 ship lengths for round turns is confirmed by simulations, even under severe conditions. However, the design criterion in the North Sea Programme is too simplistic and lacks essential methodologies.

## **Recommendations**

It is recommended to update the Assessment Framework in a new policy document. This document should explicitly define the legal basis and scope of application. In addition, it is important to include a methodology for determining benchmark vessels and traffic intensity, as well as a categorization of intensities for route widths. Safety margins for drift and anchoring should also be incorporated, along with an overview of the required distances.

Furthermore, it is important to continue monitoring trends in vessel size, traffic intensity, and work-related traffic near wind farms. Periodic evaluations of the Assessment Framework are necessary to ensure its future-proofing.

## **Concluding remark**

The Assessment Framework for safe distances between shipping routes and wind farms remains a valid instrument for maritime safety, but requires periodic updating and formal embedding to remain future-proof in an increasingly complex North Sea. The recommendations in this report provide a basis for a revised framework that takes into account current and future challenges in shipping and offshore energy production.

## 1 INTRODUCTIE

Met een complexer wordende ruimtelijke indeling van de Noordzee wordt scheepvaartveiligheid in toenemende mate een eveneens gecompliceerd thema. Een belangrijke factor bij deze toegenomen complexiteit is de energietransitie, welke resulteert in een significante verandering van het ruimtegebruik op zee. Sinds de ingebruikname van het eerste offshore windpark in het Nederlandse deel van de Noordzee, in 2007, is het aantal turbines op zee in snel tempo toegenomen. Steeds meer en grotere gebieden worden aangewezen voor de bouw van windparken, en ook het vermogen van de geïnstalleerde turbines groeit. Deze evolutie gaat ten koste van de beschikbare ruimte voor scheepvaart en brengt bovendien extra verkeer met zich mee voor aanleg en onderhoud. Windparken grenzen steeds vaker direct aan scheepvaartroutes en verkeersscheidingsstelsels. Om de veiligheid van schepen in de buurt van windparken te waarborgen is in 2013 het 'Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee' [Ref 1.] vastgesteld, welke in 2015 is vereenvoudigd volgens het ontwerpcriterium.

Toen het afwegingskader werd opgesteld was de situatie, met slechts twee operationele windparken, anders dan tegenwoordig. Echter, het afwegingskader vormt nog steeds de basis voor veilig scheepvaartverkeer rondom windparken bij toekomstige ontwikkelingen. Daarom is het belangrijk te evalueren of het verkeer bij offshore windparken in lijn is met de aannames die destijds gemaakt zijn, en te bepalen of en hoe het afwegingskader moet worden herzien.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) streeft met het programma Noordzee 2022-2027 naar het minimaal handhaven en waar mogelijk verbeteren van het veiligheidsniveau van scheepvaart. In het rapport Schipperen met Ruimte [Ref 2.] stelde de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) echter dat de beheersing van scheepvaartveiligheid op de Noordzee te kort schiet. Met name de ruimte voor scheepvaartverkeer rondom windparken werd geïdentificeerd als een punt dat verder inzicht vereist. Daarom kwam de OVV met de aanbeveling voor een betere beheersing van risico's als gevolg van de plaatsing van vaste objecten, zoals windparken, waarbij het manoeuvreergedrag van zware en windgevoelige schepen, en ontwikkelingen in de scheepvaart, in acht genomen worden.

Dit alles vormde aanleiding voor het ministerie van IenW om MARIN te vragen onderzoek te doen naar de toekomstbestendigheid van het afwegingskader, en waar nodig aanbevelingen te formuleren om het kader te actualiseren. Om aan deze vraag te voldoen heeft MARIN daarom onderzoek gedaan naar het ruimtegebruik van schepen rond windparken op de Noordzee, met inachtneming van relevante trends en ontwikkelingen voor de toekomst.

### 1.1 Doelstelling

Het primaire doel van dit onderzoek is het evalueren en valideren van het bestaande afwegingskader voor het bepalen van veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op de Noordzee. Daarbij wordt nagegaan in hoeverre het huidige kader aansluit bij de actuele en toekomstige ruimtelijke en operationele omstandigheden. Op basis van deze evaluatie en validatie worden aanbevelingen geformuleerd voor een eventuele herziening van het afwegingskader, met het oog op een toekomstbestendige en consistente ruimtelijke ordening.

Om dit doel te realiseren, wordt een systematische analyse uitgevoerd van het ruimtegebruik door scheepvaart rondom windparken op de Noordzee in zowel de huidige als toekomstige situatie. Het onderzoek combineert kwantitatieve data-analyse en numerieke simulaties met kwalitatieve input van externe experts en relevante stakeholders, waaronder het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW). De verkregen inzichten worden vergeleken met de uitgangspunten en aannames van het bestaande afwegingskader, zodat eventuele discrepanties en lacunes kunnen worden geïdentificeerd en vertaald naar concrete verbeterpunten.

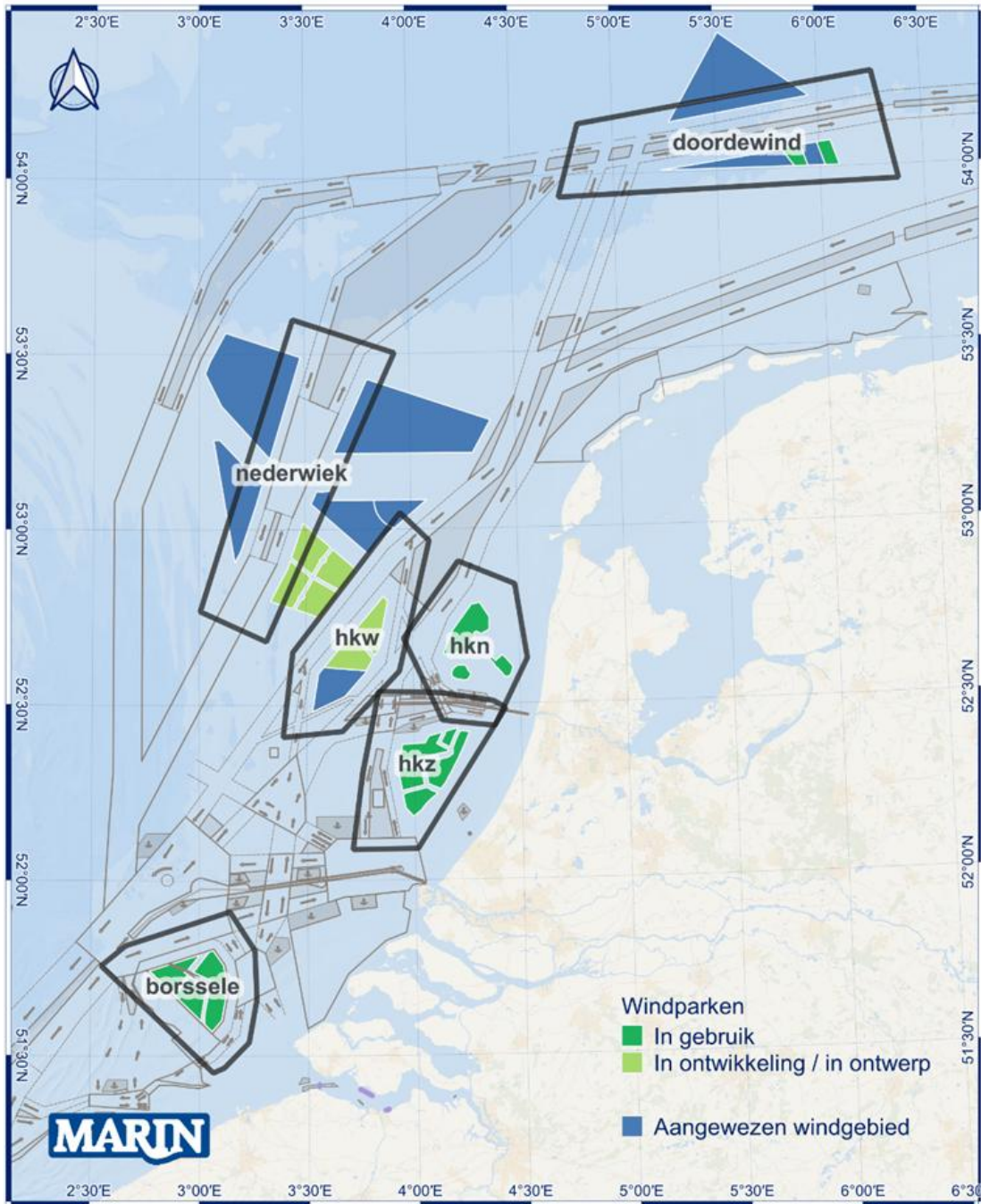
Om de doelstelling te bereiken, worden de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Hoe ziet het actuele ruimtegebruik van scheepvaart rond windparken op de Noordzee eruit?
2. Wat is het actuele ruimtegebruik gerelateerd aan maatgevende manoeuvres (zoals geïdentificeerd in het huidige afwegingskader) rondom windparken?
3. Hoe ziet het toekomstig ruimtegebruik van scheepvaart rond windparken op de Noordzee er naar verwachting uit?
4. In hoeverre zijn de uitgangspunten in het afwegingskader nog actueel/relevant met het oog op de huidige en verwachte toekomstige situatie betreffende scheepvaartverkeer rond windparken op de Noordzee, en welke relevante onderdelen/uitgangspunten missen nog?
5. Hoeveel ruimte is nodig/gewenst voor de scheepvaart bij windparken in de huidige/toekomstige situatie bij gemiddelde en maatgevende omstandigheden/schepen, gerelateerd aan de opgestelde veiligheidscriteria?
6. Welke onderdelen/uitgangspunten zouden moeten worden opgenomen in een vernieuwd afwegingskader voor een goede toekomstbestendige ruimtelijke ordening van scheepvaartroutes bij windparken op de Noordzee, daarbij rekening houdend met consistentie en leesbaarheid?

## **1.2 Studiegebieden**

Voor het beantwoorden van deze vragen is het van belang de blik te richten op specifieke gebieden in plaats van de gehele Noordzee. Scheepvaartroutes rond windparken in verschillende fases van ontwikkeling worden onderzocht zodat een antwoord kan worden gevonden op de vraag of de aanwezigheid van een windpark het vaargedrag beïnvloed. Bovendien is het interessant niet alleen het ruimtegebruik rond operationele windparken te bekijken, maar ook rond windparken die in de toekomst gebouwd zullen worden. Het studiedomein beperkt zich daarom tot de gebieden in Figuur 1-1. Het gaat om drie gebieden rondom de bestaande windparken Borssele, Hollandse Kust zuid, en Hollandse Kust Noord, en de toekomstige windparken Hollandse Kust West, Nederwiek, en Doordewind.

Voor deze studie wordt AIS data gebruikt van de voorbije 5 jaar, dus van 01/01/2020 tot en met 31/12/2024. Afhankelijk van de specifieke onderzoeksvraag zal data van alle gebieden, of slechts een deel van de studiegebieden, meegenomen worden. Deze tijdsspanne geeft bovendien gelegenheid de verandering waar te nemen van een situatie vóór, en na de ontwikkeling van een windpark op zee.



*Figuur 1-1: Overzicht van de gebruikte studiegebieden (getekend met zwarte lijn) en de naam waarmee er naar gerefereerd wordt in dit rapport.*

## 2 JURIDISCH KADER

De ruimtelijke ordening van de Noordzee wordt gekenmerkt door een complexe interactie tussen nationale beleidsdoelstellingen, internationale verplichtingen en operationele veiligheidsnormen. Binnen deze context vormt het Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee, opgesteld in 2013, een cruciale schakel. Het kader werd ontwikkeld om een uniforme methodiek te bieden voor het bepalen van veilige afstanden, waarbij zowel scheepvaartveiligheid als het streven naar efficiënt ruimtegebruik in balans worden gebracht. Daarmee fungeert het Afwegingskader als een beleidsinstrument dat de vertaalslag maakt van internationale maritieme normen naar nationale besluitvorming over windenergie op zee.

Het oorspronkelijke uitgangspunt van een vaste afstand van twee zeemijl tussen verkeersbanen en windparken werd vervangen door een meer flexibele benadering en opgetekend in het Afwegingskader. Later is dit principe vereenvoudigd tot een ontwerpcriterium, waarin de veilige afstand primair werd afgeleid van de grootste manoeuvre van een maatgevend schip (de rondtorn), aangevuld met een veiligheidszone van 500 meter conform internationale regelgeving. Hoewel deze vereenvoudiging bijdroeg aan consistentie en toepasbaarheid, is het kader sinds de invoering niet geactualiseerd.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid beveelt aan het Afwegingskader periodiek te evalueren naar de toenemende complexiteit van het Noordzeegebied. Dit hoofdstuk behandelt kort en algemeen de achtergrond en jurisprudentie van het juridische kader dat heeft geleid tot de ontwikkeling van het Afwegingskader en het latere Ontwerpcriterium.

### 2.1 Achtergrond

Wanneer het aan het begin van de 21e eeuw mogelijk wordt windturbines voor het opwekken van elektriciteit op zee te bouwen ontstaan er verschillende initiatieven om windparken op zee te ontwikkelen. Het offshore windpark Egmond aan Zee, of NoordzeeWind wordt met 36 turbines in 2007 het eerste op de Nederlandse Noordzee. Het ligt zo'n 10 kilometer uit de kust is overlapt daardoor deels de Nederlandse territoriale wateren en de exclusieve economische zone (EEZ) van Nederland.

Het VN zeerechtverdrag (UNCLOS) biedt landen de mogelijkheid de ruimte tot maximaal 200 mijl vanaf de kustlijn te benutten voor exploratie en exploitatie van natuurlijke bronnen. Het verdrag kent geen algemene soevereine rechten toe binnen dit gebied, enkel de mogelijkheid voor economisch profijt. De ontwikkeling van windparken op zee ten behoeve van elektriciteitsopwekking kan op basis van artikel 60 van UNCLOS worden gerealiseerd. Het is daarbij mogelijk bovendien een veiligheidszone van maximaal 500 meter rondom een 'installatie' aan te brengen welke door de scheepvaart moet worden eerbiedigt. Installaties, platformen etc. mogen worden geplaatst tenzij dit het gebruik van erkende scheepvaartroutes, die van wezenlijk belang zijn voor de internationale scheepvaart, zou belemmeren (lid 7).

### 2.2 Jurisprudentie UNCLOS

Met name deze mogelijke belemmering van de internationale scheepvaart is aanleiding geweest voor verschillende partijen bezwaar te maken tegen de vergunningverlening van windparken op zee. In 2011 deed de rechtbank van Rotterdam uitspraak in een vijftal zaken waarbij vrijwel alle bezwaren ongegrond of partijen niet-ontvankelijk werden verklaard. De rechtbank was van oordeel dat UNCLOS geen rechtstreeks werkende bepalingen bevat die particulieren rechten geven die zij tegen de staat kunnen inroepen. Dit oordeel werd gebaseerd op het arrest van het Hof van Justitie van de Europese Gemeenschap in de zogenaamde "Intertanko"-zaak. De rechtbank stelde dat het verdrag bedoeld is om een rechtvaardig evenwicht te creëren tussen de belangen van kuststaten en vlaggenstaten, en dat particulieren geen autonome rechten en vrijheden krachtens dit verdrag genieten.

In "Over windmolenparken en rechtstreekse werking van verdragen: internationaal omgevingsrecht op zee" [Ref 3.] evalueert Prof. mr. A.H.A. Soons deze uitspraken van de rechtbank en uit kritiek op met name het oordeel over de werking van het zeerechtverdrag.

Soons betoogt dat de rechtbank ten onrechte een categorische formulering heeft gekozen door te stellen dat UNCLOS géén rechtstreeks werkende bepalingen bevat. Hij stelt dat de rechtbank zich had moeten beperken tot de constatering dat de ingeroepen bepalingen in dit specifieke geval geen rechtstreekse werking hebben. Soons wijst verder op eerdere jurisprudentie, zoals de Magda Maria-zaak, waarin de Hoge Raad bepaalde dat sommige bepalingen van UNCLOS wel degelijk rechtstreekse werking kunnen hebben. Soons verwijst daarnaast naar de conclusie van de advocaat-generaal in de Intertanko-zaak, waarin zij stelt dat voor elke bepaling afzonderlijk moet worden vastgesteld of deze rechtstreekse werking heeft. De advocaat-generaal noemt hier enkele specifieke bepalingen die wel rechtstreekse werking kunnen hebben. Tot slot betoogt Soons dat de rechtbank zelfstandig had moeten beoordelen of artikel 60, lid 7 van UNCLOS rechtstreekse werking heeft, door de geëigende criteria aan te leggen: is de bepaling voldoende concreet geformuleerd om door particulieren inroepbare rechten te bevatten.

Soons concludeert dat UNCLOS bepalingen bevat die op zich in aanmerking kunnen komen voor rechtstreekse toepassing door de Nederlandse rechter. Hij stelt dat de categorische afwijzing van de rechtbank Rotterdam en het Hof van Justitie niet vol te houden is en dat er behoefte is aan verdere rechterlijke uitspraken om duidelijkheid te krijgen over de rechtstreekse werking van bepalingen uit UNCLOS. Dergelijke uitspraken zijn tot dusver nog niet gedaan. Gegeven de vijf zaken waarbij door de rechtbank gelijkwaardig is gehandeld is het de vraag of een particuliere partij op korte termijn bereid is een nieuwe rechtsgang te ondernemen.

Deze jurisprudentie bevestigt dus dat UNCLOS van toepassing is op de windenergiegebieden op zee maar geeft hierover geen inhoudelijk oordeel. Omdat vrijwel alle landen aan de Noordzee bezig zijn met de ontwikkeling van wind op zee is er nog geen directe aanleiding geweest de toepassing van UNCLOS te laten toetsen, maar dat sluit niet uit dat andere VN-lidstaten dat in de toekomst wel zouden kunnen doen.

### **2.3 Afwegingen**

De behandeling van de betreffende zaken in 2011 zijn inhoudelijk opvallend daar de overwegingen met betrekking tot de verkeersveiligheid in 2011 sterk lijken op de grondbeginselen van het latere 'Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee' zoals vastgesteld in 2013. Dit kader gaat uit van de maximale ruimte die schepen nodig hebben om een veilige koers te kunnen houden en te kunnen wijzigen indien de omstandigheden daarom vragen. Het werd opgesteld door een specifieke werkgroep in opdracht van het toenmalige ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M), het huidige Infrastructuur en Waterstaat (IenW). Er was behoefte aan een kader om vanuit de invalshoek van nautische veiligheid invulling te geven aan maatwerk voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken.

Het was de intentie met het afwegingskader een instrument te verkrijgen dat voldoende juridisch robuust was onderbouwd en ondersteund door belanghebbenden voor toepassing als beleidslijn voor de beoordeling van vergunningaanvragen van windparken op zee. Gegeven de uitspraken van de rechtbank in 2011 kon worden verondersteld dat de in het afwegingskader toegepaste argumentatie een acceptabele juridische basis was hoewel van een praktische toetsing nog geen sprake was.

In 2014 werd het Afwegingskader opgenomen in de Partiële herziening van het Nationaal Waterplan, en in de Beleidsnota Noordzee 2016-2021 omgezet naar een ontwerp criterium. Dit criterium is een vereenvoudiging van het originele afwegingskader en gaat uit van een maatgevend schip, afhankelijk van de route, van 300 of 400 meter lang. De maatgevende lengte wordt in het Afwegingskader van 2013 zo gedefinieerd dat 98.5% van alle schepen in een betreffend gebied korter zijn. Bij de

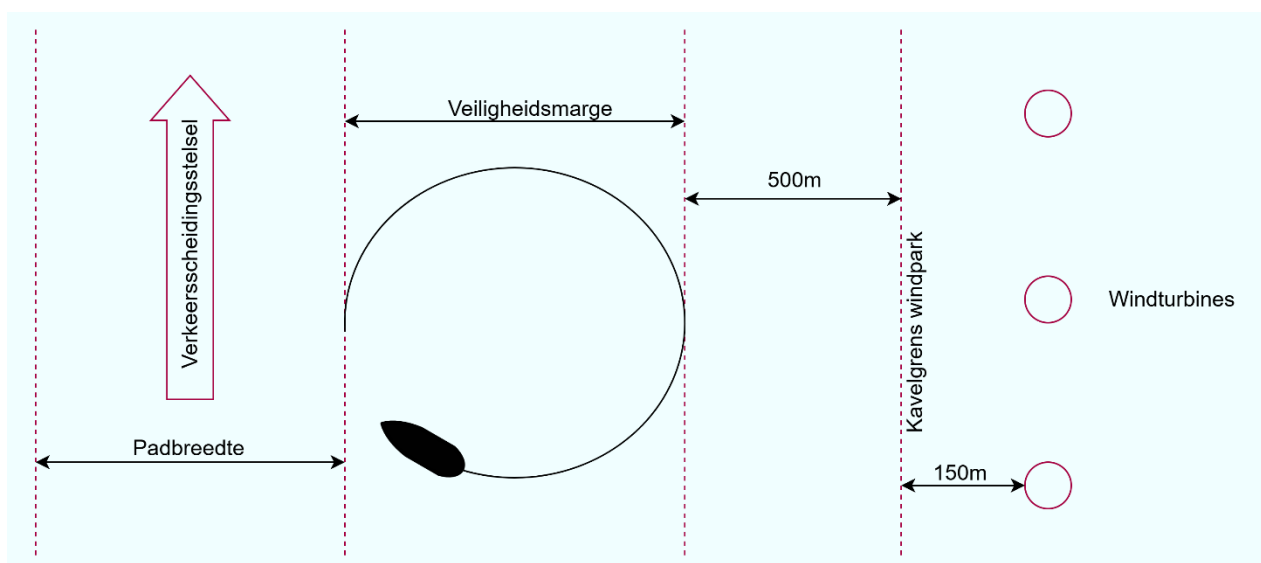
capaciteitsberekening is uitgegaan van drie intensiteitscategorïeën gebaseerd op mekaar oplopende of passerende schepen volgens de volgende verdeling:

- Tot 4400 schepen per jaar, 2 schepen naast elkaar.
- Tussen 4400 en 18000 schepen per jaar, 3 schepen naast elkaar.
- Meer dan 18000 schepen per jaar, 4 schepen naast elkaar.

Voor een route waar meer dan 18000 schepen per jaar passeren met een maatgevende grootte van 400 meter is daarmee een 'pad'-breedte van 3200 meter minimaal noodzakelijk. Die ruimte komt overeen met de drukst bevaren routes op de Nederlandse Noordzee. Behalve oplopen zijn er echter ook andere manoeuvres denkbaar waar rekening mee moet worden gehouden.

De manoeuvre welke onder normale operationele omstandigheden de meeste ruimte inneemt, en die een schip moet kunnen maken, is de zogenaamde 'rondtorn'. Hierbij maakt het schip een bocht van 360 graden. Indien een schip geen voorrang geeft volgens de bepalingen ter voorkoming van aanvaringen op zee (COLREGS) dan kan het niet-uitwijk plichtige schip ervoor kiezen een rondtorn over stuurboord te maken zodat de kans op aanvaring wordt weggenomen. Volgens de IMO normen voor manoeuvreerbaarheid van schepen [Ref 4.] moet een schip binnen 5 scheepslengtes helemaal rond kunnen gaan. Doordat een dergelijke manoeuvre op operationele snelheid praktische problemen oplevert wordt ervan uitgegaan dat onder normale omstandigheden de draaicirkel iets groter zal zijn. Voor het huidige afwegingskader worden daarom 6 scheepslengtes aangehouden. Voor een koersverandering over stuurboord is bovendien 0,3 zeemijl extra nodig voordat een schip de rondtorn zal inzetten omdat hij eerst zal proberen een rondtorn te vermijden. De totaal benodigde ruimte aan stuurboord is dan 0,3 zeemijl + 6 scheepslengtes. Deze afstand wordt de veiligheidsmarge genoemd. Bovendien is een veiligheidszone van 500 meter rond objecten van kracht zoals vastgelegd in UNCLOS. Dat kan een enkel platform zijn maar ook een geheel windpark. In de veiligheidszone is op dit moment geen doorvaart toegestaan voor schepen die geen onderdeel uitmaken van de operaties van het windpark. Voor een windpark geldt deze veiligheidszone vanaf de kavelgrens, welke is vastgesteld op 150 meter vanaf de windturbinefundatie zodat alle draaiende delen van de turbine binnen het kavel blijven. Deze afstand is dus afhankelijk van de grootte van de windturbines.

Een weergave van de verschillende afstanden volgens het afwegingskader is afgebeeld in Figuur 2-1. Van links naar rechts is het verkeersscheidingsstelsel of verkeersbaan te zien met de berekende padbreedte op basis van de maatgevende scheepvaart, de veiligheidsmarge van 0.3NM + 6 scheepslengtes, en de 500 meter veiligheidszone vanaf de kavelgrens van het windpark.



Figuur 2-1: Schematische afstanden volgens het Afwegingskader

De benodigde veilige afstanden voor scheepvaart (de veiligheidsmarge in Figuur 2-1) zijn dan:

- Bij schepen van 400m lengte: 1,87 NM aan stuurboord en 1,57 NM aan bakboord;
- Bij schepen van 300m lengte: 1,54 NM aan stuurboord en 1,24 NM aan bakboord.

Voor de “clearways”, de verbindingsroutes tussen de formele verkeersscheidingsstelsels, zijn deze afstanden in de breedte van het clearwaypad meegenomen. Voor ankergebieden en precautionary areas kunnen dezelfde veilige afstanden worden aangehouden als bij een verkeersscheidingsstelsel.

Het ‘Ontwerpcriterium: afstand tussen scheepvaartroutes en windparken’, onderdeel van het Programma Noordzee 2022-2027 [Ref 5.], is samen met de scheepvaartsector uitgewerkt. Het is bedoeld om de ruimte tussen de scheepvaartroute en windparken op zee te kunnen bepalen die de scheepvaart nodig heeft om vlot en veilig te kunnen varen. Het is toegepast bij de windenergiegebieden Hollandse Kust en Ten Noorden van de Waddeneilanden. Het ontwerpcriterium is niet toegepast bij de in 2009 aangewezen windenergiegebieden Borssele en IJmuiden Ver. Hiervoor geldt de afstand van 2 NM ten opzichte van de scheepvaartroute.

### 3 ACTUEEL RUIMTEGEBRUIK

De eerste onderzoeksvraag richt zich op ruimte die door de scheepvaart waarneembaar wordt gebruikt in gebieden rond windparken en waar in de toekomst een windpark zal worden geplaatst. De hoofdvraag luidt: *Hoe ziet het actuele ruimtegebruik van scheepvaart rond windparken op de Noordzee eruit?* Deze vraag is opgedeeld in de volgende deelvragen:

1. Hoe wordt de aanwezige ruimte in verkeersbanen grenzend aan een windpark benut door routegebonden verkeer, en is hierin een verschuiving zichtbaar t.o.v. de situatie zonder aanwezigheid van een windpark?
2. Welk effect heeft aanwezigheid van een windpark op het type en de intensiteit van niet-routegebonden verkeer in de veiligheidsmarge tussen verkeersbaan en windpark?
3. Wat zijn momenteel de maatgevende omstandigheden en scheepstypes m.b.t. het ruimtegebruik van de verkeersbanen rondom windparken?
4. Hoe vaak kwam driftgedrag voor binnen de onderzoeksgebieden en periode, en wat waren de snelheden en drifthoeken van deze schepen?

De ontwikkeling van windenergiegebieden in de Nederlandse Noordzee heeft zich in verschillende fases voltrokken. De eerste windparken op zee zijn relatief kleinschalig en dichtbij de kust gebouwd waardoor de interactie met de scheepvaart nog gering was. De windparken Princes Amalia en Egmond aan Zee zijn voorbeelden van dergelijke kleinschalige ontwikkelingen. Deze parken liggen ten noorden van de aanloop naar de haven van IJmuiden en daarmee buiten het reguliere scheepvaartverkeer. De Gemini windparken (ZeeEnergie en Buitengaats) ten noorden van de Waddeneilanden zijn eveneens kleinschalige parken maar op een grotere afstand van de kust. Deze windparken liggen ten zuiden van het Oost-Friesland verkeersscheidingsstelsel tegen de Duitse grens.

Sinds 2020 is het windpark Borssele in bedrijf voor de Zeeuwse kust. Met een vermogen van 1.5GW is dit een veel groter park dan wat er tot dan toe op de Nederlandse Noordzee is geïnstalleerd. Het is het eerste windpark dat volgens een ander principe wordt aangelegd en markeert het begin van een grootschalige campagne waarbij netbeheerder TenneT een netwerk op zee aanlegt ten behoeve van de opwekking van elektrische energie op zee. Dit maakt het mede mogelijk grotere windparken te ontwikkelen dat voorheen. Windpark Borssele wordt dan ook gevolgd door de installatie van Hollandse Kust Zuid en Hollandse Kust Noord, welke beiden in 2023 in bedrijf zijn gekomen. Het park Hollandse Kust West is in aanbouw en verwacht in 2026 in bedrijf te gaan. Overige kavels zijn IJmuiden Ver, Nederwiek, en Doordewind, welke zich in verschillende fasen van planning bevinden.

In 3.1 wordt het kader van het onderzoek weergegeven en de opzet van het dataonderzoek. Paragraaf 3.2 beschrijft de verschillende methodes die gebruikt zijn voor de analyse, alsmede de hydrometeorologische condities die van invloed kunnen zijn bij het ruimtegebruik op zee (paragraaf 3.2.5). De paragrafen 3.3 tot en met 3.6 behandelen achtereenvolgens de vier deelvragen, zoals bovenaan deze pagina geïdentificeerd, welke gezamenlijk de eerste onderzoeksvraag beantwoorden.

#### 3.1 Onderzoekopzet

Dit onderdeel van het onderzoek bestaat uit een data analyse van AIS gegevens van de voorbije 5 jaar (van 01/01/2020 tot en met 31/12/2024), die ter beschikking worden gesteld door de Nederlandse Kustwacht. AIS signalen worden elke 2 tot 10 seconden uitgezonden door schepen, en bevatten waardevolle informatie zoals positie, snelheid en koers van het schip. Ook schepen specifieke informatie, zoals MMSI nummer, type en afmetingen, behoren tot de dataset. Door het samenvoegen van deze AIS informatie kan een verkeersbeeld van de hele Noordzee opgesteld worden, welke ons in staat stelt onderzoek te doen naar vaargedrag en scheepsveiligheid op de Noordzee. Om de hoeveelheid data behapbaar te houden is voor dit onderzoek de data geaggregeerd naar intervallen van 5 minuten.

AIS-data speelt een belangrijke rol in maritieme verkeersstudies, maar de kwaliteit van deze data is onzeker. Het onderzoek toont aan dat er veel anomalieën en inconsistenties voorkomen, zoals bijvoorbeeld schepen met een “Moored”-status die zich op open zee bevinden, extreem hoge snelheden, dubbele signalen en ontbrekende waarden. Deze fouten kunnen leiden tot verkeerde analyses, maar dit is deels te voorkomen door grondige data-preprocessing. Het verbeteren van AIS-data-integriteit verhoogt de nauwkeurigheid van analyses [Ref 1.], maar is niet in alle gevallen mogelijk. De data welke voor deze studie is gebruikt is aangepast zodat de meeste anomalieën en inconsistenties zijn verholpen.

Zes onderzoeksgebieden zijn gedefinieerd om het actuele ruimtegebruik van scheepvaart rond windparken op (het Nederlandse deel van) de Noordzee te onderzoeken, zie Figuur 1-1. Deze gebieden bevatten bestaande windparken, vergunde windparken of windparken in ontwikkeling, en aangewezen windgebieden. De studiegebieden hebben de naam gekregen van een groot windpark binnen dat gebied, maar omvatten een groter geografisch gebied waarbinnen meerdere windparken of aangewezen windgebieden kunnen liggen. Er is gekozen voor deze onderzoeksgebieden om ons in staat te stellen een vergelijk te maken tussen het ruimtegebruik bij aanwezigheid en bij afwezigheid van windturbines. Voor de categorie vergunde windparken / windparken in aanbouw is doorgaans al wel een vaarbepijking van kracht, ook al zijn er nog geen windturbines visueel aanwezig. Deze gebieden vormen daarmee een interessante tussengroep: passen schepen hun gedrag aan als windturbines visueel aanwezig zijn, zelfs al geldt dezelfde ruimtelijke beperking als in de situatie zonder zichtbare windturbines?

De onderzoeksperiode omvat 5 jaar, 2020 tot en met 2024. Voor elk van de onderzoeksgebieden is in Tabel 3-1 aangegeven wat de status was in deze periode, en welke jaren samengenomen worden in de analyse. Bijvoorbeeld, windpark Hollandse Kust Zuid (HKZ) was aan het begin van de onderzoeksperiode in ontwikkeling, en aan het eind van de onderzoeksperiode in gebruik. Daarom zijn voor dit windpark 2 periodes gedefinieerd die tegen elkaar afgezet kunnen worden, om op die manier in staat te zijn veranderingen in het vaargedrag te identificeren.

*Tabel 3-1: Overzicht deelgebieden binnen het onderzoeksgebied, inclusief analyse periode en status van het gebied (zie figuur 1.1).*

Gebied	Periode	Status
Borssele	2020 - 2024	Windpark aanwezig
Doordewind	2020 - 2024	Combinatie van aanwezige windparken (Gemini 1&2) en aangewezen windgebieden
Hollandse Kust Noord	2020 - 2021	Prinses Amalia en OWEG windpark in gebruik; Kavel V in ontwikkeling (nog geen windturbines aanwezig)
Hollandse Kust Noord	2023 - 2024	Prinses Amalia, OWEG en Kavel V windparken aanwezig
Hollandse Kust West	2020 - 2024	Combinatie van windpark in ontwikkeling (nog geen windturbines aanwezig) en aangewezen windgebied
Hollandse Kust Zuid	2020 - 2021	Luchterduinen windpark aanwezig. Windpark HKZ in ontwikkeling (nog geen windturbines aanwezig)
Hollandse Kust Zuid	2023 - 2024	Windturbines aanwezig + ingebruikname
Nederwiek	2020 - 2024	Combinatie van vergund windpark en aangewezen windgebied

## 3.2 Gebruikte methodes

Om het ruimtegebruik in de onderzoeksgebieden en -periodes inzichtelijk te maken worden verschillende analyse methodes gebruikt. Relevante concepten worden hieronder kort toegelicht, alsmede hoe deze toegepast worden voor de huidige studie. Deze paragraaf dient als bijsluiters bij de resultaten en analyses in de volgende secties.

### 3.2.1 Dichtheidskaarten

Onder dichtheid, en dan met name scheepvaartdichtheid, verstaan we het aantal schepen dat aanwezig is in een gebied binnen een bepaalde tijdseenheid. De dichtheid wordt berekend door elk signaal toe te wijzen aan een rastercel. Het aantal schepen per rastercel kan vervolgens bepaald worden door het aantal signalen per cel te tellen. Dit aantal wordt vervolgens omgerekend en uitgedrukt in *aantal scheepsminuten per km<sup>2</sup> per dag*, oftewel: hoeveel minuten per dag is een schip aanwezig binnen een domein van 1km<sup>2</sup>? Een dichtheid van 60 kan dus betekenen dat er op een dag 10 schepen passeren die zich elk 6 minuten binnen het domein bevinden, of dat 1 schip zich gedurende 60 minuten op die locatie bevond. Voor de dichtheidskaarten die gehanteerd worden in dit onderzoek wordt een rooster gebruikt met cellen van 400m bij 400m (dus 0.16km<sup>2</sup> per zogenaamde rastercel), en wordt de *gemiddelde dichtheid* weergegeven.

Voor het verkrijgen van een algemeen verkeersbeeld is zowel het routegebonden als het niet-routegebonden verkeer binnen de verschillende studiegebieden gevisualiseerd in de vorm van dichtheidskaarten. Deze kaarten geven de verkeersdichtheid weer door middel van een kleurgradatie, waarbij de kleur correspondeert met de gemiddelde dichtheid voor de specifieke onderzoeksperiode. De schaal loopt van lichtblauw, dat de laagste dichtheid representeert, tot donkerrood voor gebieden met de hoogste dichtheid.

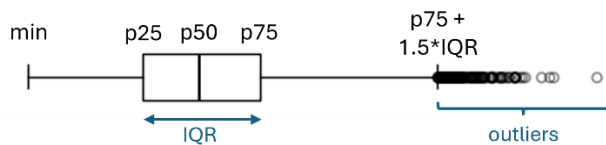
### 3.2.2 Percentielen en Box Plot

De term percentiel is een begrip uit de statistiek dat weergeeft hoeveel procent van de data kleiner is dan een bepaald getal. Zo geeft het 25<sup>e</sup> percentiel (ook wel weergegeven als p25, en ook wel eerste kwartiel genoemd) aan dat 25% van de data onder de bijhorende waarde valt, en 75% erboven. Bijvoorbeeld, als voor scheepslengte gevonden wordt dat p25 = 41m, dan betekent dit dat 25% van de schepen in de dataset een lengte hebben van minder dan 41m, en 75% van de schepen een lengte hebben van meer dan 41m.

Een veelgebruikt percentiel is p50, ook wel de mediaan genoemd. Dit is het middelste getal in de dataset, als je alle getallen zou ordenen van klein naar groot. Oftewel: 50% is kleiner, en 50% is groter. De mediaan is een maat voor het centrum van een verdeling, en is met name nuttig (en te verkiezen boven gemiddelde) voor data die niet symmetrisch verdeeld is. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer gekeken wordt naar golfhoogte: het overgrote deel van de tijd zijn golven niet heel hoog, maar sporadisch kunnen golven erg hoog zijn (bijvoorbeeld tijdens een zware storm). Gemiddelde golfhoogte zou in dit geval een erg slecht beeld geven van de te verwachten golfhoogte op een willekeurig moment, aangezien het gemiddelde erg beïnvloed is door de hoge uitschieters. De mediaan geeft dan een betere inschatting van wat een gebruikelijke golfhoogte is.

Een box plot is een grafiektype dat enkele kernpercentielen visueel weergeeft, en op die manier een goede visualisatie vormt van de spreiding van de data. Het bestaat uit een 'box' die gevormd wordt door het eerste en het derde kwartiel (de helft van alle data valt dus binnen deze 'box'), met daarin de mediaan, en als uitersten het minimum en maximum van de dataset. Als de dataset uitschieters bevat (bv. Wanneer je kijkt naar driftduur zou de driftduur van schepen die te laat hun navigatiestatus weer terugzetten als uitschieter beschouwd worden), dan worden deze als individuele datapunten weergegeven. Een vaak gebruikte methode om datapunten als uitbijters te definiëren is als ze meer dan anderhalve keer de IQR (inter quartile range, het interval tussen het eerste en het derde kwartiel) afwijken van de randen van de box. Met een box plot kan dus de spreiding en symmetrie van de data

beoordeeld worden, wat helpt in te schatten of het gemiddelde een representatieve maat is voor de verwachtingswaarde.



Figuur 3-1: Voorbeeld van een box plot.

### 3.2.3 Percentiellijnen

Binnen de geselecteerde studiegebieden (zie Figuur 1-1) zijn referentielijnen gedefinieerd om het gedrag van RB-verkeer systematisch in kaart te brengen aan de hand van percentiellijnen en histogrammen. Deze referentielijnen zijn haaks geplaatst op de rand van het aangrenzende windpark (ongeacht of dit aangewezen, gepland of reeds gerealiseerd is) en hebben een onderlinge afstand van 500 meter. Vervolgens is geanalyseerd hoe het RB-verkeer deze lijnen kruist, wat inzicht biedt in de mate waarin schepen gebruikmaken van de beschikbare ruimte en of er sprake is van een verschuiving in verkeerspatronen als gevolg van windparkinfrastructuur.

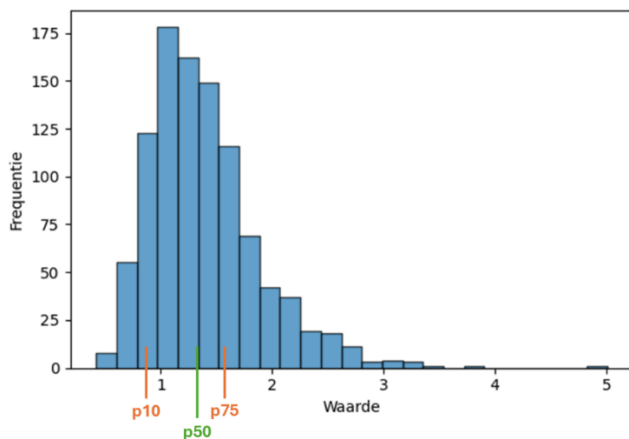
De berekening van percentiellijnen is uitgevoerd door per referentielijijn (lijn haaks op de rand van het aangrenzend windpark) alle kruisende schepenstracks te selecteren. Hierbij is een filter toegepast waarbij tracks met een hoek kleiner dan 15 graden ten opzichte van de referentielijijn zijn uitgesloten, om schepen die vrijwel parallel aan de referentielijijn varen niet mee te nemen. Daarnaast zijn tracks met onrealistische waarden verwijderd, zoals snelheden kleiner dan 0,1 knoop of groter dan 99 knopen, en scheepslengtes kleiner dan 2 meter of groter dan 600 meter. Voor alle geselecteerde tracks is vervolgens de afstand tot de rand van het windpark bepaald, waarna de gewenste percentielen zijn berekend. De overeenkomstige percentielen van alle referentielijijnen zijn verbonden om de uiteindelijke percentiellijnen te construeren.

### 3.2.4 Histogrammen

Een histogram is een grafiek die laat zien hoe de waarden van een continue (doorlopende) kwantitatieve variabele verdeeld zijn. Het is een staafdiagram waarbij de data op de horizontale as niet bestaat uit categorieën, maar uit aaneengesloten intervallen. Per interval wordt geteld hoe vaak de variabele een waarde binnen dat interval aanneemt, en die telling is de waarde die op de verticale as getoond wordt (de frequentie, deze bepaalt de hoogte van de staaf).

In dit onderzoek worden histogrammen met name gebruikt om de verdeling van het verkeer op een specifieke locatie in de vaarbaan weer te geven. Hiervoor worden referentielijnen haaks op de vaarbaan gedefinieerd, en wordt vervolgens geteld hoeveel schepen per locatie de lijn passeren. De horizontale as bestaat in dit geval uit een afstand vanaf het startpunt van de lijn, en de verticale as toont het aantal schepen dat op die locatie over de lijn vaart. De staven kunnen bovendien ook opgedeeld worden in aparte blokjes zodat ook inzicht verkregen wordt in bijvoorbeeld het type schip dat de lijn passeert.

Voor dit onderzoek zijn we geïnteresseerd in de verdeling van het verkeer over de vaarbaan voor een groot gebied rondom een windpark, en niet voor slechts een locatie. Om een algemeen beeld te verkrijgen zou dus een histogram voor elk van de referentielijnen gemaakt moeten worden, wat onoverzichtelijk zou worden en een deugdelijke analyse daardoor bemoeilijkt. Daarom is er waar nodig gekozen om de informatie voor alle vergelijkbare referentielijnen per studiegebied samen te voegen en te visualiseren in een enkel histogram.



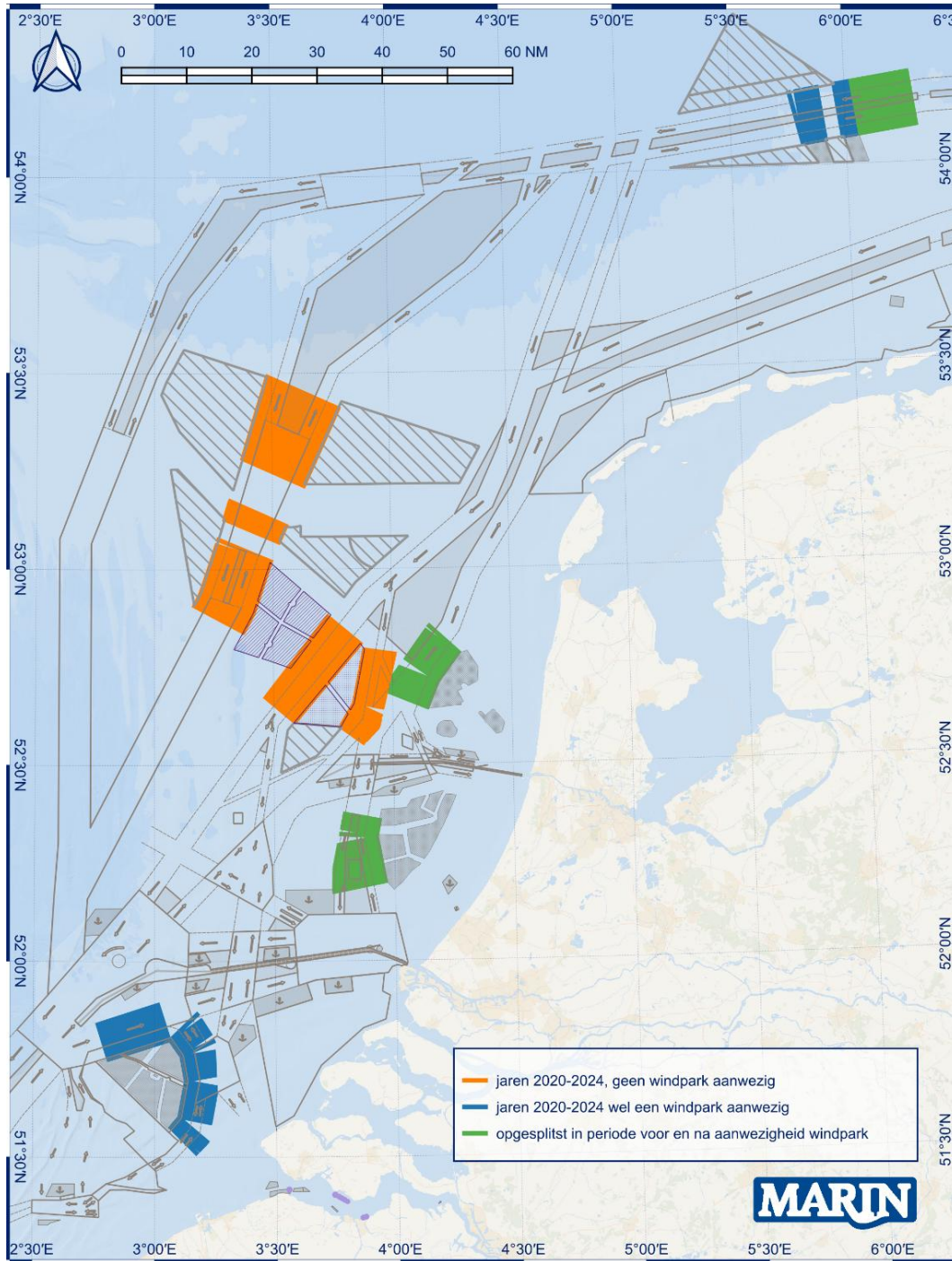
Figuur 3-2: Voorbeeld van een histogram, met daarbij aangegeven het 10e, 50e en 75e percentiel.

Daartoe is per kruising de niet-dimensionale afstand berekend als de ratio tussen de werkelijke afstand tot de rand van het aangewezen of geplande windpark, en de lokale breedte van de veiligheidszone. Vervolgens zijn alle kruisingen van de geselecteerde referentielijnen binnen het onderzoeksgebied samengevoegd in één histogram, conform de in de analyse gehanteerde segmentatie. Om de frequentieverdeling te normaliseren en een realistische ordegrootte te verkrijgen is de frequentie geschaald met het aantal opgenomen referentielijnen, aangezien een schip doorgaans alle referentielijnen kruist. Bovendien wordt het aantal kruisingen geschaald met het aantal jaren waarvoor de analyse is uitgevoerd, om gemakkelijker een vergelijking te kunnen maken tussen verschillende periodes.

Bij alle samengevoegde histogrammen is ervoor gekozen dat de kavelgrens van het windpark overeenkomt met 0, en komt -1 of 1 overeen met de buitengrens van het verkeersscheidingsstelsel, afhankelijk van positie van het windpark t.o.v. het verkeersscheidingsstelsel. De waarden op de horizontale as kunnen zodoende geïnterpreteerd worden als de afstand tot het windpark als fractie van de breedte van de veiligheidsmarge. Als een windpark rechts van het pad ligt, loopt de x-as van -1 tot 0, ligt het windpark links van het pad, dan loopt de x-as van 0 tot 1.

Het dient te worden opgemerkt dat variaties in padbreedte of in de afstand tussen op- en neergaande vaarroutes, hoewel zeldzaam, de interpretatie van het patroon buiten de veiligheidszone kunnen bemoeilijken. Deze overweging is meegenomen bij de selectie van referentielijnen die zijn samengevoegd, en bij de beslissing om al dan niet uitsluitend de veiligheidszone in de visualisatie op te nemen. De gebieden die zijn samengevoegd voor deze analyses zijn getoond in Figuur 3-3. In de geanalyseerde jaren was op delen van de studiegebieden een windpark aanwezig, een windpark in aanbouw, of enkel gepland en nog niet aanwezig. In Figuur 3-3 is dit met kleuren aangegeven. In de oranje gebieden was geen park aanwezig, in de groene gebieden is gedurende de periode een windpark geplaatst, en in de blauwe gebieden was al een windpark aanwezig.

De presentatie van de resultaten m.b.t. de verkeersverdeling over de beschikbare ruimte maakt onderscheid naar vaarrichting: de frequentie van schepen die in 'positieve' richting varen (doorgaans richting noorden) wordt boven de horizontale as geplotted, terwijl schepen in 'negatieve' richting – dat wil zeggen tegengesteld aan de referentierichting, dus doorgaans richting zuiden – onder de as worden weergegeven. Schepen die vrijwel haaks op de referentielijnen varen (gedefinieerd door een kruisingshoek kleiner dan 15 graden) zijn, conform de gehanteerde criteria, buiten de analyse gelaten om vertekening van het patroon te voorkomen. Ook in dit geval worden tracks met onrealistische waarden verwijderd uit de analyse, conform de filtering toegepast bij het bepalen van de percentiellijnen.



Figuur 3-3: Overzicht van de deelgebieden (referentielijnen) die gebruikt zijn om het ruimtegebruik van RB verkeer over het pad en in de veiligheidszone te visualiseren.

### 3.2.5 Hydrometeorologische data

Om de impact van hydrometeorologische condities op het ruimtegebruik te analyseren wordt gebruik gemaakt van ERA5 data, geproduceerd door het ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) en beschikbaar gesteld via de Copernicus Climate Data Store. ERA5 is een her analyse-dataset die historische waarnemingen (afkomstig van satellieten en weerstations) combineert met een weermodel om zo een consistent en compleet beeld te geven. In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van wind en golf data per uur, die beschikbaar is met een ruimtelijke resolutie van 0.25x0.25 graden en 0.5x0.5 graden, respectievelijk.

Voor de analyse worden oppervlakte gewogen gemiddeldes per uur per studiegebied gebruikt. De volgende variabelen zijn meegenomen:

- Windsterkte [m/s]
- Windrichting [graden t.o.v. noorden]; dit is de richting van waaruit de wind komt, dus een waarde van 225 graden komt overeen met wind vanuit het zuidwesten en richting noordoosten.
- Windcategorie [Beaufort schaal]
- Significante golfhoogte door combinatie van wind en swell [m, als de gemiddelde hoogte van de hoogste 1/3 van alle golven]
- Golfrichting (combinatie van golven door wind en swell) [graden t.o.v. noorden]; dit is de richting waar de golven vandaan komen.

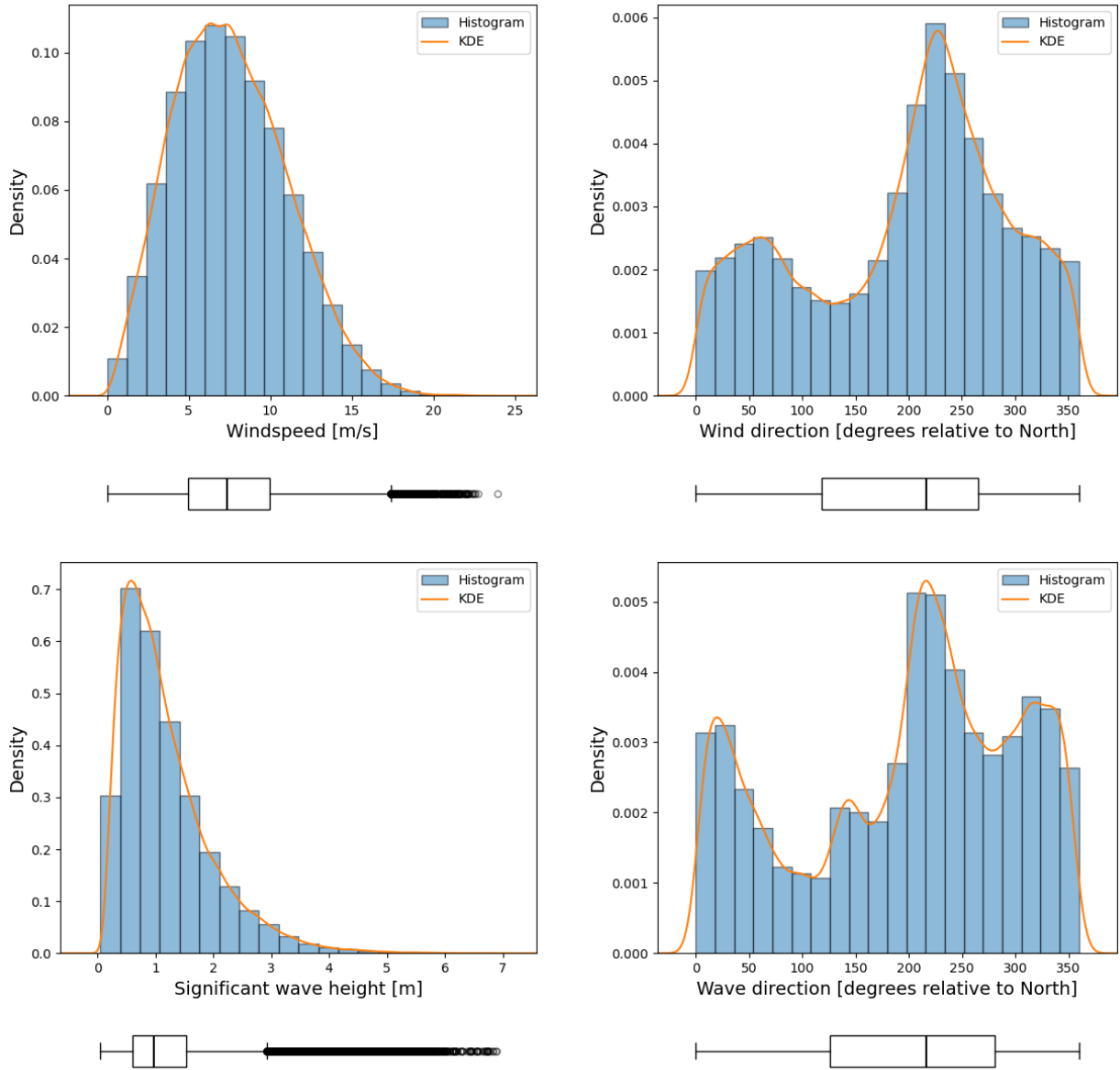
Tabel 3-2 bevat de spreiding in parameters per onderzoeksgebied, en dan met name met focus op de meer extreme waarden. In Figuur 3-4 wordt de waargenomen spreiding gevisualiseerd voor alle studiegebieden samen. Voor elke parameter wordt het volgende getoond:

- Een histogram
- Een ‘kernel density estimation’ curve, welke gebaseerd is op de data en gebruikt kan worden om de waarschijnlijkheid dat de parameter een waarde binnen een bepaald bereik aanneemt te berekenen (als integraal van deze curve over het gewenste bereik)
- Een box plot: de 3 middelste lijnen komen overeen met de percentielen p25, p50 (= de mediaan) en p75 en vormen samen een ‘box’.

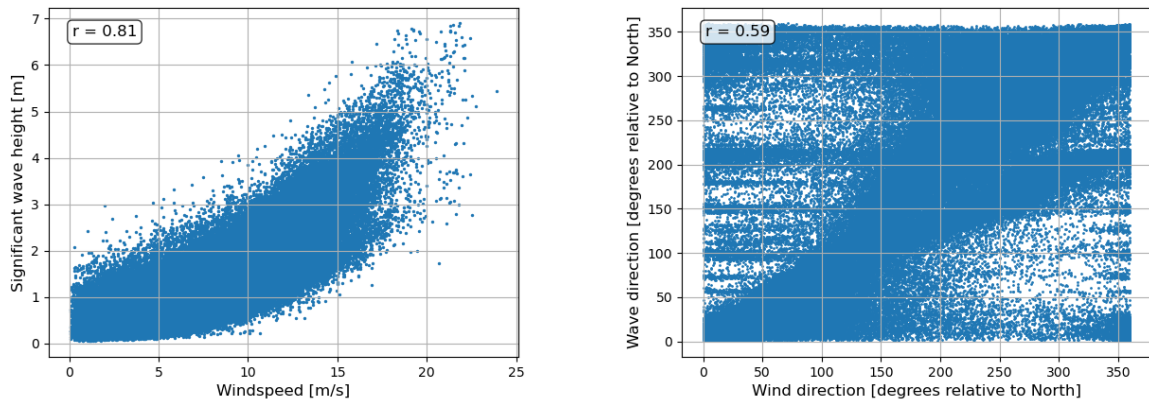
Het valt op dat, zoals verwacht, alle variabelen asymmetrisch verdeeld zijn en dat de mediaan lager is dan het gemiddelde voor zowel windsterkte als golfhoogte (Tabel 3-2). Figuur 3-4 suggereert bovendien dat windsterkte en golfhoogte positief gecorreleerd zijn aan elkaar. Dit wordt bevestigd door Figuur 3-5, waaruit een Spearman correlatiecoëfficiënt van 0.81 volgt. In de analyses van het ruimtegebruik zal daarom doorgaans alleen windsterkte als parameter meegenomen worden. De correlatie tussen windrichting en golfrichting is minder sterk, met name door de aanwezigheid van ‘swell’ golven (deining).

*Tabel 3-2: Overzicht van variatie in uurlijkse gemiddeldes in windsnelheid en golfhoogte per onderzoeksgebied.*

Gebied	Windsnelheid [m/s]				Golfhoogte [m]			
	Gemiddelde	p50	p98.5	max	Gemiddelde	p50	p98.5	max
Borssele	7.5	7.3	15.4	23.9	1.1	0.9	3.1	5.9
Doordewind	7.9	7.6	15.9	22.5	1.5	1.3	4.3	6.9
HKN	7.4	7.2	15.6	22.5	0.7	0.6	2.1	3.7
HKW	7.7	7.5	15.9	22.7	1.3	1.1	3.7	6.5
HKZ	7.3	7.0	15.3	22.3	1.0	0.8	2.9	5.3
Nederwiek	7.8	7.4	15.9	22.4	1.4	1.2	3.9	6.8



Figuur 3-4: Verdeling van wind en golf parameters voor de geselecteerde studiegebieden en -periode gecombineerd.



Figuur 3-5: Spreidingsdiagrammen die de correlatie tussen windsnelheid en golfhoogte (links), en tussen windrichting en golfrichting (rechts) weergeven, voor de geselecteerde onderzoeksgebieden en -periode.

### 3.3 Benutting aanwezige ruimte in verkeersbanen grenzend aan windpark door RB verkeer

Deze paragraaf richt zich op het actuele ruimtegebruik van scheepvaart in relatie tot windparken op de Noordzee, met specifieke aandacht voor routegebonden verkeer binnen verkeersbanen die grenzen aan een windpark. De centrale deelvraag luidt:

*Hoe wordt de beschikbare ruimte in verkeersbanen grenzend aan een windpark benut door routegebonden verkeer, en is hierin een verschuiving zichtbaar ten opzichte van de situatie zonder aanwezigheid van een windpark?*

Om het ruimtegebruik door routegebonden (RB) verkeer te analyseren, is gebruik gemaakt van een combinatie van dichtheidskaarten met percentiellijnen en histogrammen, zoals beschreven paragraaf 3.2. Een belangrijk aspect van deze analyse betreft de vraag in hoeverre de aanleg van offshore windparken leidt tot een verschuiving in de ruimtelijke verdeling van scheepvaartbewegingen. Specifiek wordt onderzocht of schepen zich in toenemende of afnemende mate langs de randen van bestaande vaarroutes en binnen de veiligheidszones bewegen. Daarbij wordt tevens nagegaan of deze patronen variëren naar scheepskennmerken, zoals lengte, snelheid en type. Het is denkbaar dat grotere en snellere schepen een grotere afstand tot de rand van het pad bewaren, hetgeen implicaties kan hebben voor zowel verkeersveiligheid als ruimtelijke planning.

Percentiellijnen zijn toegevoegd aan de dichtheidskaarten om de verdeling van het verkeer over de verkeersbanen en verkeersscheidingsstelsels inzichtelijk te maken. Hierbij zijn drie percentielen weergegeven: p1, p50 en p99. Deze lijnen zijn berekend op basis van drie datasets: (1) de volledige AIS-data, (2) data bij windcondities tot 5 Beaufort (zachte wind), en (3) data bij windcondities boven 6 Beaufort (harde wind). Deze methodiek maakt het mogelijk om verschillen in scheepvaartgedrag onder uiteenlopende weersomstandigheden te analyseren, zowel in gebieden met als zonder windparken.

In Figuur 3-3 is het overzicht weergegeven van de deelgebieden die gebruikt zijn om het ruimtegebruik van RB verkeer over het pad en in de veiligheidszone te visualiseren door middel van histogrammen. De gebruikte AIS-dataset omvat de jaren 2020 tot en met 2024. In die jaren was op delen van de studiegebieden een windpark aanwezig, een windpark in aanbouw, of enkel gepland en nog niet aanwezig. In Figuur 3-3 is dit met kleuren aangegeven. In de oranje gebieden was geen park aanwezig, in de groene gebieden is gedurende de periode een windpark geplaatst, en in de blauwe gebieden was al een windpark aanwezig. Waar mogelijk zijn de visualisaties afzonderlijk opgesteld voor de situatie vóór en na de aanleg van een windpark, zodat een directe vergelijking mogelijk is.

Afhankelijk van de specifieke situatie wordt in de figuren met histogrammen links de volledige breedte vanaf het windpark weergegeven en rechts uitsluitend de veiligheidszone tussen het park en de vaarbaan. In sommige gevallen wordt bovendien een vergelijking gemaakt tussen scenario's met en zonder aanwezige windturbines om de invloed van restricties op het ruimtegebruik te evalueren. Het is van belang te benadrukken dat de histogrammen niet per afzonderlijke referentielijn zijn opgesteld, maar voor gehele studiegebieden of substantiële delen daarvan. Deze keuze is bewust gemaakt om het aantal benodigde figuren te beperken en tegelijkertijd een representatief overzicht van de ruimtelijke verdeling binnen elk studiegebied te bieden. De opbouw van de histogrammen is consistent voor alle gebieden: de bovenste grafiek toont de verdeling naar scheepslengte, de middelste naar snelheid over de grond, en de onderste naar scheepstype.

Hieronder volgt eerst een overzicht van het verkeersbeeld per studiegebied. Dit wordt gevolgd door een analyse betreffende de invloed van wind op het ruimtegebruik (in 3.3.7), waarna een antwoord op bovenstaande onderzoeksvraag geformuleerd wordt in 3.3.8.

### 3.3.1 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Borssele

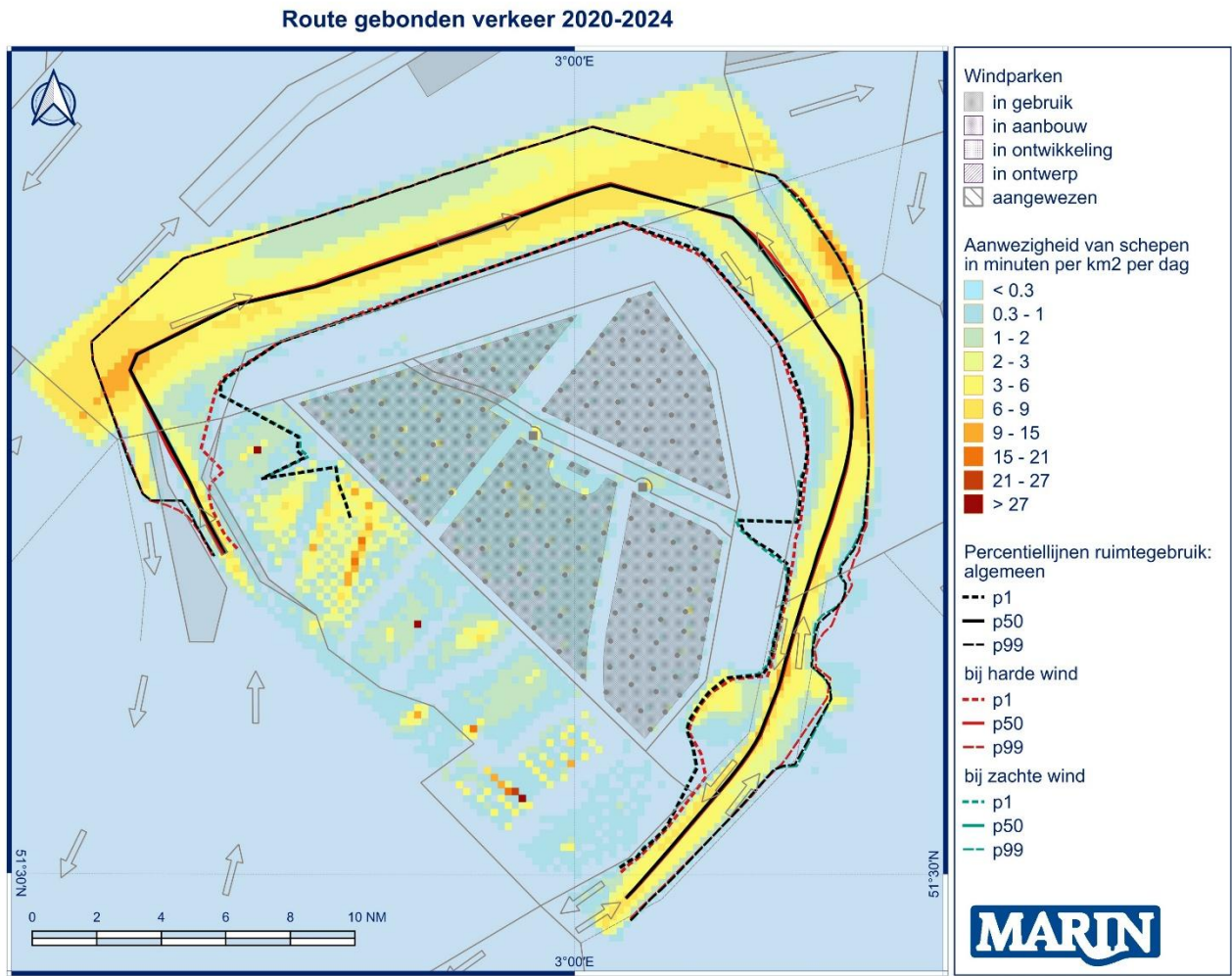
In Figuur 3-6 wordt de dichtheidskaart voor het RB verkeer rondom het windpark Borssele weergegeven. Dit windpark was reeds operationeel vóór de periode waarop de gebruikte dataset betrekking heeft, waardoor een vergelijkende analyse van verkeerspatronen vóór en na de aanleg niet mogelijk is. Desondanks biedt de figuur inzicht in de huidige verkeersdynamiek rondom het park. Opvallend is dat de scheepvaart zich zeer geconcentreerd langs de randen van het windpark beweegt, hetgeen vermoedelijk samenhangt met de beperkte beschikbare ruimte in dit gebied.

Het windpark Borssele bevindt zich in één van de meest intensief bevaren zones van de zuidelijke Noordzee, op een strategisch kruispunt van scheepvaartroutes naar de havens van Antwerpen en Rotterdam. De zuidzijde van het park grenst direct aan een ander windpark in Belgische wateren, waardoor het verkeer aan deze zijde vrijwel uitsluitend bestaat uit lokaal werkverkeer. Aan de oostzijde van het park is een duidelijke afwijking van de percentiellijnen zichtbaar, veroorzaakt door de aanwezigheid van een doorvaartcorridor die toegankelijk is voor schepen tot een bepaalde lengte.

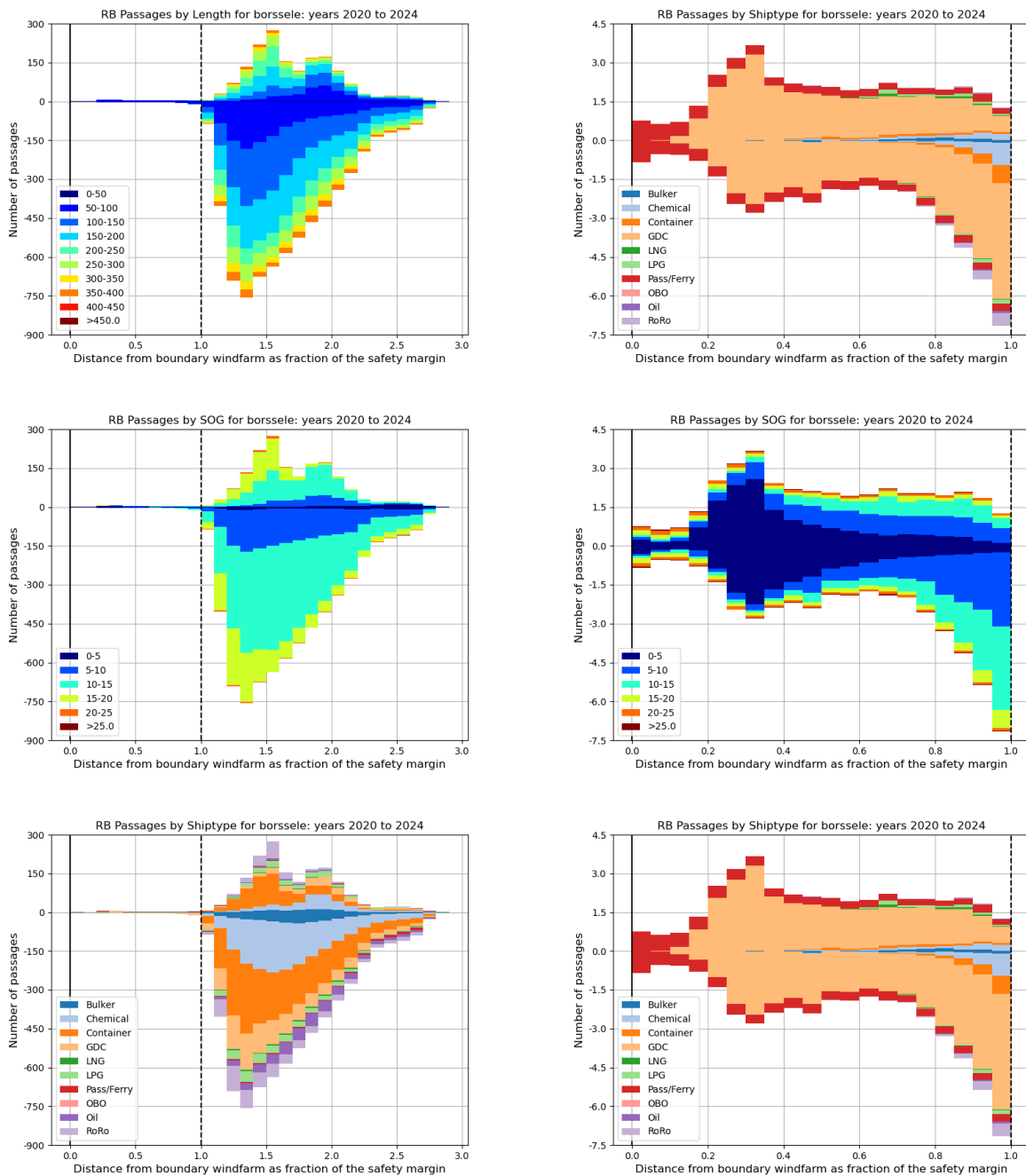
De analyse van de verkeerskenmerken (verdeling gesegregeerd volgens scheepslengte, snelheid en type) in het gebied rond het windpark Borssele, weergegeven in Figuur 3-7, richt zich voornamelijk op de oostzijde van het park. De visualisatie toont hoofdzakelijk scheepvaartverkeer in zuidelijke richting, hoewel ook een deel van het noordwaarts gerichte verkeer zichtbaar is. Deze tweezijdige verkeersstroom wordt verklaard door de aanwezigheid van het loodsstation Steenbank, dat zich aan de oostzijde van het windpark bevindt en daardoor scheepvaartbewegingen in beide richtingen genereert.

Het gebied naast de verkeersbaan wordt voornamelijk bevaren door relatief kleine schepen. Wat betreft scheepstypen domineren CTV's en schepen in de categorie GDC. Deze verdeling weerspiegelt de functionele rol van het gebied, waarbij CTV's essentieel zijn voor het vervoer van personeel tussen turbines, terwijl GDC-schepen een breed inzetbare categorie vormen voor diverse logistieke activiteiten. Duidelijk is dat het overgrote deel van de schepen zich houdt aan de beperking en niet in de veiligheidsmarge komt, ondanks het feit dat er een grote verkeersstroom aan zuidgaand verkeer dicht bij de grens zichtbaar is. Het verkeer dat wel in de veiligheidszone komt lijkt daar voornamelijk vanwege een functionele rol in het gebied, en niet zozeer omdat de beschikbare ruimte in de verkeersbaan te beperkt is.

Voor deze studie vormt het windpark Borssele, gezien het ontbreken van historische data en de complexe ligging nabij een kruispunt van hoofdvaarwegen, geen ideaal referentieobject. Niettemin biedt de analyse waardevolle indicaties over de wijze waarop ruimtelijke beperkingen en infrastructurele voorzieningen, zoals doorvaartcorridors, de scheepvaartroutes beïnvloeden.



Figuur 3-6: Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Borssele

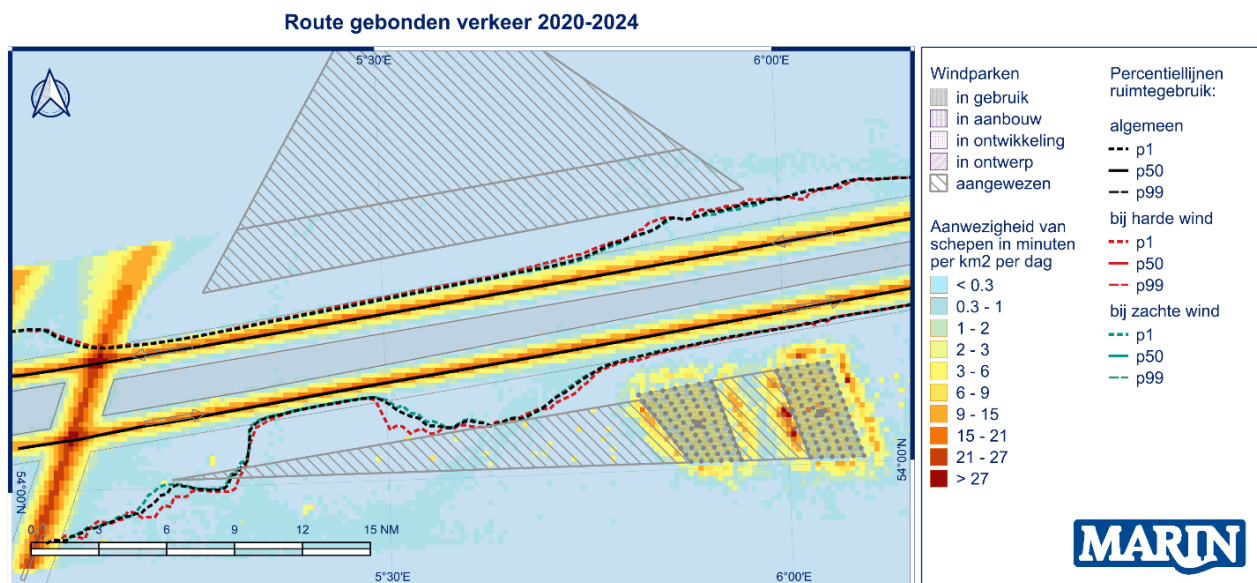


**Figuur 3-7:** Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de beschikbare ruimte, rond windpark Borssele, gekleurd volgens scheeps lengte (boven), snelheid (midden) en type (onder).

### 3.3.2 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Doordewind

De toepassing van de data analyse methode voor het gebied dat het toekomstige windpark Doordewind en ten Noorden van de Wadden omvat is weergegeven in Figuur 3-8. Het geanalyseerde verkeerssegment betreft een deel van het Oost-Friesland-verkeersscheidingsstelsel vanaf de Friesland-junction. In de figuur zijn de Gemini-windparken duidelijk zichtbaar aan de zuidzijde van de verkeersbaan. Hoewel de analyse zich primair richt op routegebonden verkeer, is er ook scheepvaartactiviteit zichtbaar binnen en rondom de Gemini-parken. Dit kan worden verklaard door de classificatie van scheepstypen in AIS-data: veel schepen die actief zijn in de offshore windindustrie worden aangeduid als 'passagierschip' vanwege het vervoer van personeel naar windturbines. Omdat deze categorie binnen het routegebonden verkeer valt, worden deze schepen in de analyse meegenomen.

Uit de dichtheidsanalyse blijkt dat het overige routegebonden verkeer zich in grote lijnen gedraagt zoals verwacht: het concentreert zich voornamelijk binnen de grenzen van het verkeersscheidingsstelsel. De percentielijnen tonen echter een bredere spreiding van het verkeer dan de dichtheidsweergave suggereert. Twee opvallende patronen komen naar voren. Ten eerste is de spreiding vanaf de Friesland-junction aanzienlijk, waarna deze oostwaarts geleidelijk afneemt tot binnen de grenzen van het verkeersscheidingsstelsel. Een plausibele verklaring hiervoor is dat schepen die vanuit het zuiden richting de Duitse Bocht varen, de bocht 'afsnijden'. Ten tweede neemt de spreiding verder oostwaarts opnieuw toe, om vervolgens bij het naderen van de Gemini-parken weer te versmallen. Dit wijst erop dat schepen bij het passeren van de parken bewust dicht bij het verkeersscheidingsstelsel blijven om voldoende afstand tot de windturbines te behouden.

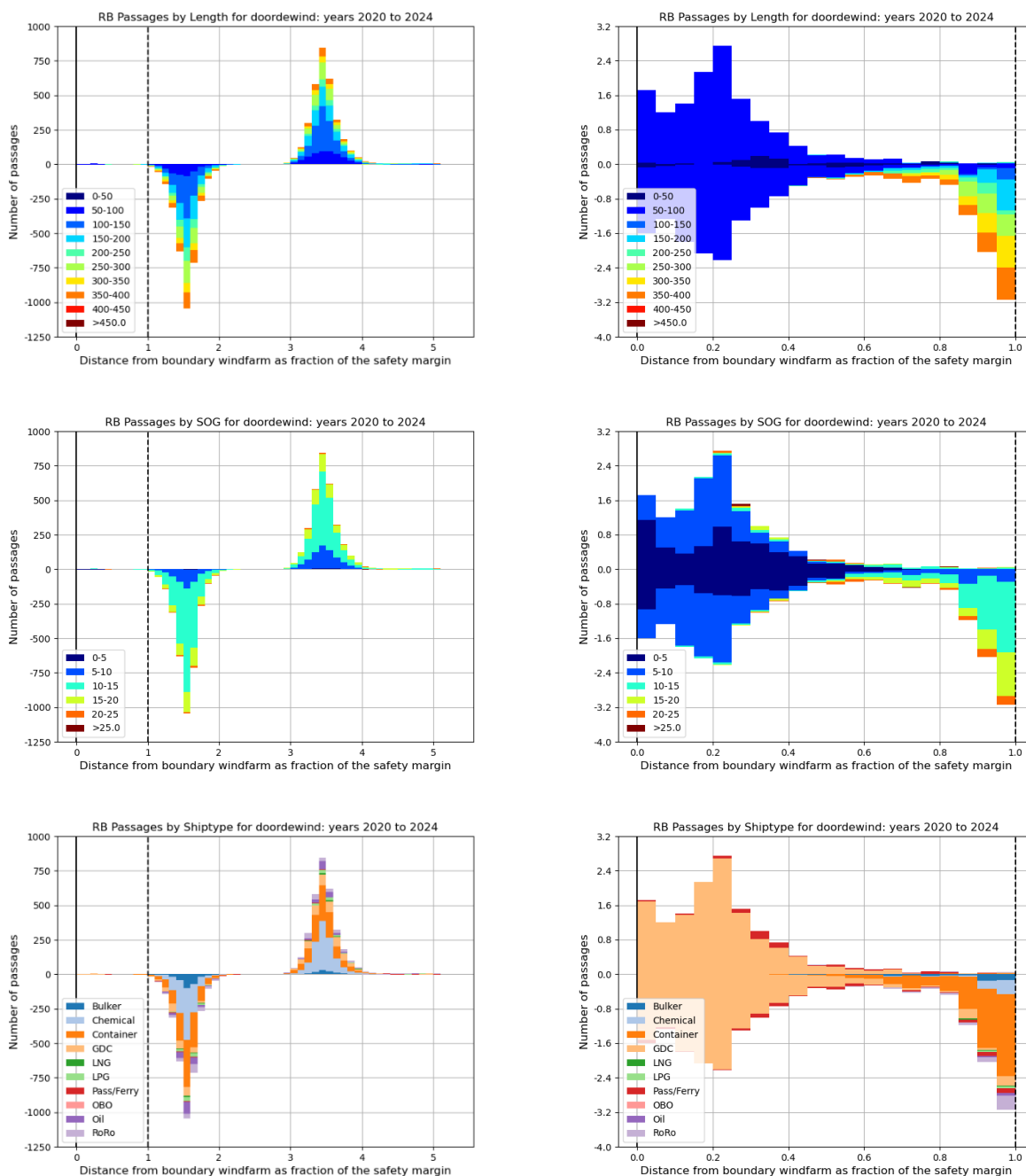


Figuur 3-8: Dichtheidskaart van route gebonden verkeer, inclusief percentielijnen, voor gebied Doordewind.

Een duidelijk verschil in verkeersgedrag op basis van windkracht is niet waarneembaar. Hoewel er een lichte tendens zichtbaar is waarbij schepen bij harde wind meer ruimte benutten, zijn deze verschillen niet significant. Dit suggereert dat weersinvloeden in dit gebied slechts een beperkte impact hebben op de ruimtelijke verdeling van routegebonden verkeer.

Voor het gebied ten zuiden van het toekomstige windpark Doordewind, ter hoogte van de Gemini-parken, worden geen significante afwijkingen in verkeerspatronen verwacht, aangezien het een lange, rechte route betreft zonder kruisingen. Dit wordt bevestigd door de linkerzijde van Figuur 3-9, waar een normale verdeling van het verkeer over het verkeersscheidingsstelsel zichtbaar is in beide richtingen, met de piek in het centrum van de verkeersbaan (zie ook de dichtheidsplot in Figuur 3-8). De uiteinden

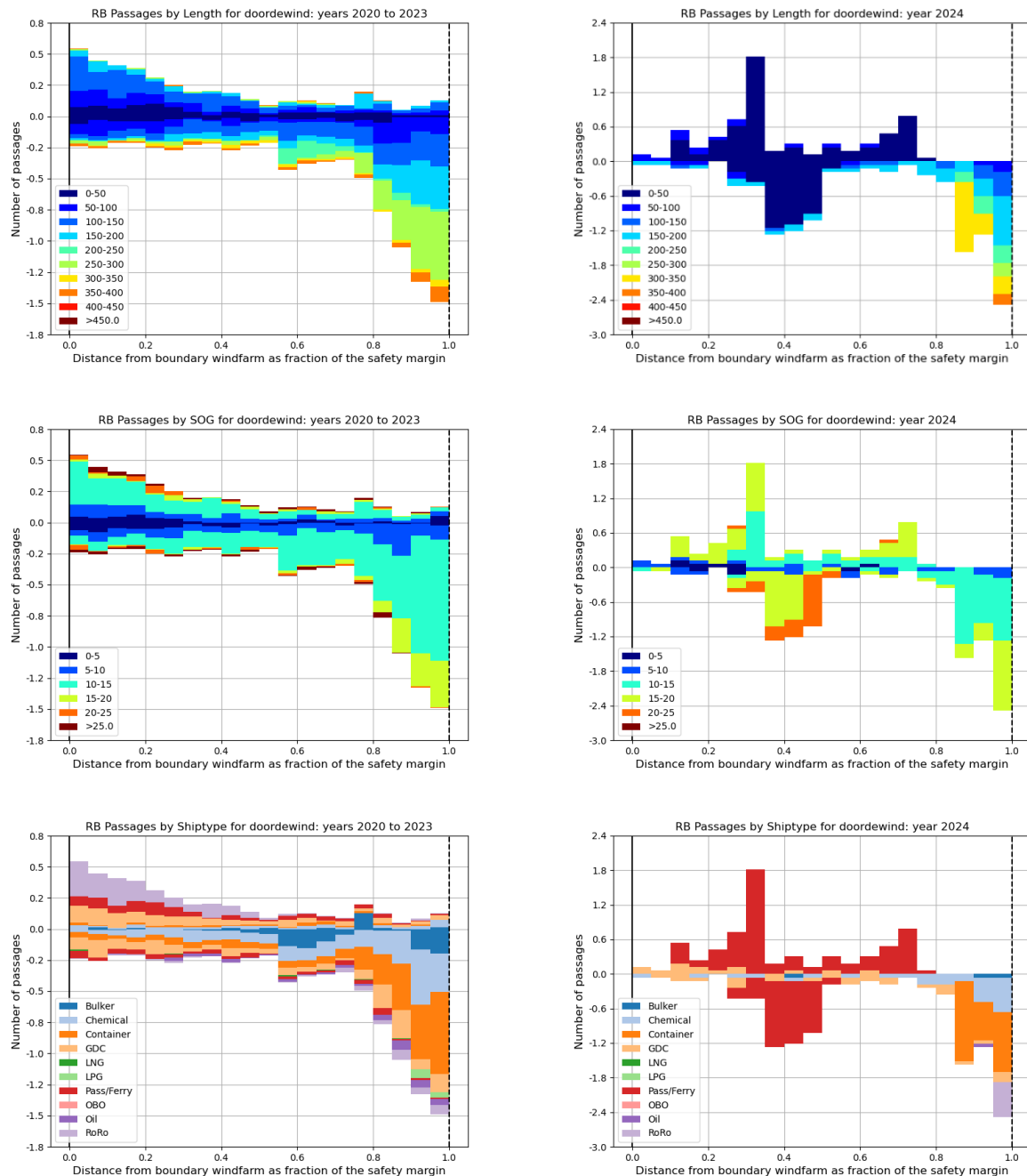
van de curve zijn door de schaal minder goed te interpreteren, maar het is wel zichtbaar dat voor de noordelijke verkeersbaan de staart van de verdeling doorloopt tot buiten de grenzen van de verkeersbaan (in lijn met de percentiellijnen die daar ook afwijken van de grens), en dat voor de zuidelijke route er ook verkeer aan de rand van het windpark aanwezig is.



**Figuur 3-9:** *Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de beschikbare ruimte bij het toekomstige windpark Doordewind, noordelijk van windparken Gemini I en Gemini II, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder).*

Om dit laatste beter te bekijken is gekozen voor een detailweergave tussen 0 en 1 (rechterzijde van de figuur). Deze detailfiguur laat een tweedeling zien met betrekking tot het verkeer in de veiligheidsmarge. De rand van de Gemini-parken wordt voornamelijk benut door kleinere schepen (lengte < 100 m) en relatief langzaam varende verkeer (snelheid < 10 knopen), behorende tot de categorie 'General Dry

Cargo' (GDC). Dit betreft een brede classificatie van schepen die voor uiteenlopende doeleinden inzetbaar zijn. Het is aannemelijk dat dit hier werkverkeer gerelateerd aan de windparken betreft. De



**Figuur 3-10:** Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de veiligheidszone, noordelijk van windpark Borkum Riffgrund 3 (Duitsland, oostelijk van windpark Gemini I), gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder). Aan de linkerkant de situatie voor aanleg, en aan de rechterkant de situatie tijdens aanleg (dus met visueel aanwezige windturbines).

rechterzijde van de figuren toont een uitloper van het algemeen verkeer in de verkeersbaan, wat zich in dit geval dus niet strikt aan de grens van de verkeersbaan houdt. Het dient opgemerkt te worden dat het verkeer in de veiligheidsmarge slechts minimaal is t.o.v. de algemene verkeersstroom in de verkeersbaan.

Het kan worden aangenomen dat de verdeling van het scheepvaartverkeer over de verkeersbaan in grote lijnen constant blijft. Niettemin zijn variaties voorstelbaar, met name aan de randen van het verkeersscheidingsstelsel wanneer ruimtelijke aanpassingen plaatsvinden. Een illustratief voorbeeld hiervan is zichtbaar ten oosten van de Gemini-windparken, waar recentelijk in Duitse wateren het windpark Borkum Riffgrund 3 is gerealiseerd. Hoewel deze uitbreiding slechts een beperkte vergroting van het oorspronkelijke studiegebied betreft, biedt de beschikbare data-analyse een waardevolle gelegenheid om een vergelijking tussen de situatie vóór en ná de aanleg te maken.

Figuur 3-10 visualiseert deze vergelijking duidelijk: de linkerzijde toont de verkeerspatronen voorafgaand aan de bouw, terwijl de rechterzijde de situatie tijdens de aanleg van het windpark weergeeft. Het meest in het oog springende verschil is het verdwijnen van de eerder waargenomen gelijkmatige verdeling. In de huidige situatie varen voornamelijk schepen met een lengte kleiner dan 50 meter. Bovendien ligt de gemiddelde vaarsnelheid relatief hoog, en het merendeel van deze schepen valt binnen de categorie 'passagiers'. Deze verschuiving is verklaarbaar doordat veel van deze relatief snelle schepen worden ingezet voor het vervoer van personeel naar en binnen het windpark en zijn om die reden als passagiersschepen geclassificeerd.

Bij de analyse van het gebied ten noorden van het windpark Borkum Riffgrund 3 dient een belangrijke methodologische kanttekening te worden gemaakt. De dataset die de situatie vóór de aanleg van het park beschrijft, bestrijkt een periode van circa vier jaar, terwijl de gegevens die betrekking hebben op de aanlegfase slechts één jaar omvatten. Deze discrepantie in tijdsduur kan leiden tot een vertekend beeld, waarbij het lijkt alsof de totale scheepvaartintensiteit in dit gebied is afgenomen. Een dergelijke conclusie kan echter niet op basis van deze gegevens worden onderbouwd. Voor een valide vergelijking zou het noodzakelijk zijn datasets van gelijke lengte en vergelijkbare spreiding te hanteren, zodat eventuele variabelen voldoende worden meegenomen in de analyse.

### 3.3.3 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Hollandse Kust Noord (HKN)

Voor gebied Hollandse Kust Noord (HKN) is een AIS-dataset beschikbaar die zowel de periode vóór als na de installatie van het windpark omvat, waardoor een vergelijking tussen beide situaties mogelijk is.

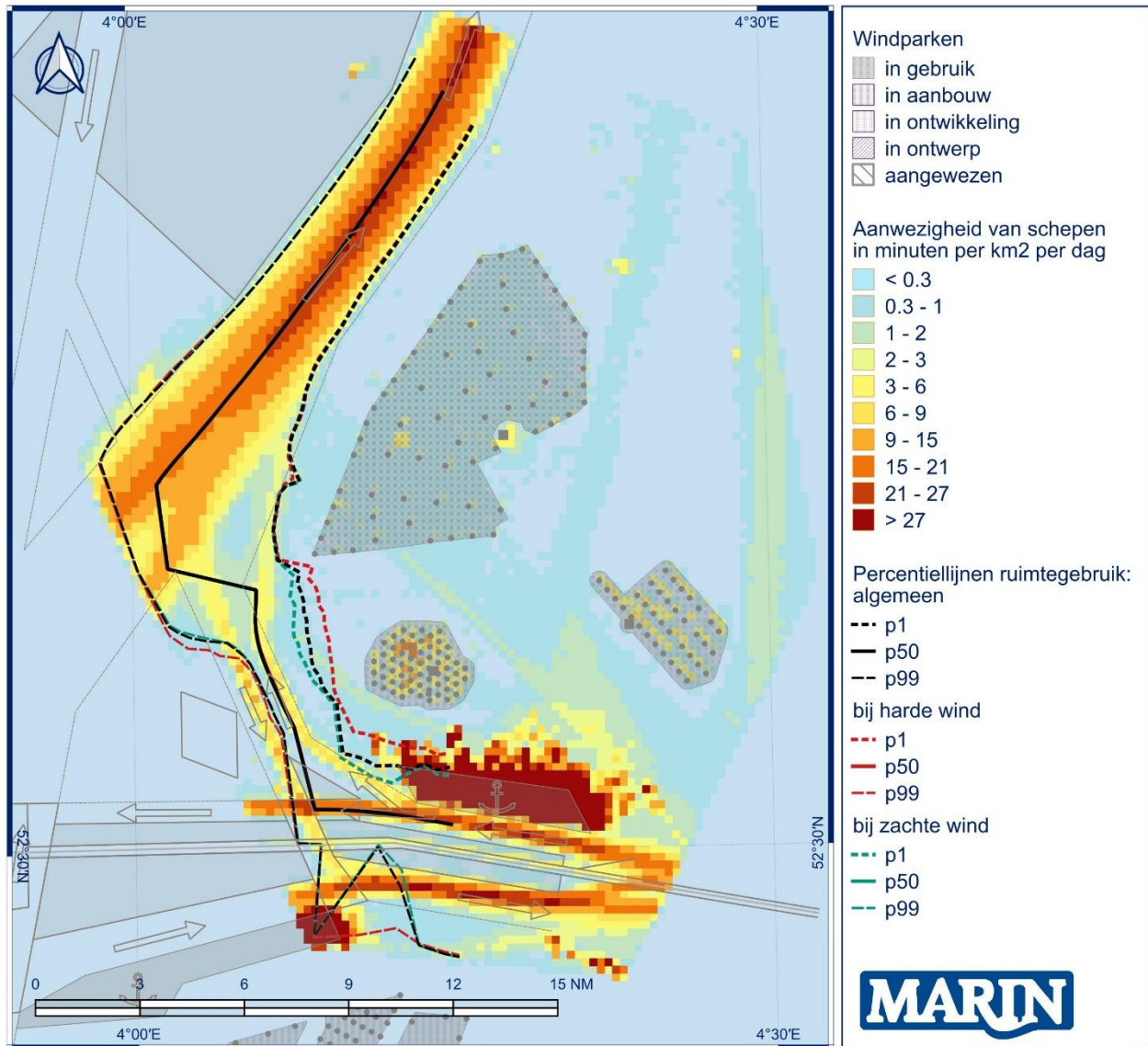
Figuur 3-11 toont de dichtheidskaart met percentiellijnen van de situatie voorafgaand aan de installatie. In deze figuur is een gebied met hoge verkeersdichtheid duidelijk zichtbaar: het ankergebied ten noorden van de aanlooproutes naar de havens van IJmuiden en Amsterdam. Ten noorden van dit ankergebied zijn twee kleinere windparken herkenbaar: Egmond aan Zee aan de oostzijde en Prinses Amalia direct ten noorden van het ankergebied. De dichtheidsanalyse maakt duidelijk dat een deel van de scheepvaart na het passeren van het loodsstation een vrijwel rechte koers richting het Verenigd Koninkrijk aanhoudt. Dit betreft voornamelijk de veerdienst, die ook zichtbaar is als kruisend verkeer in het gebied van Nederwiek. Deze beweging is terug te zien op de P1-percentiellijn als een kleine uitstulping aan de zuidzijde van het toekomstige windpark, dat op dit moment nog niet gerealiseerd is.

Daarnaast tonen de percentiellijnen in de bocht vanaf de havenaanloop naar de noordgaande route dat schepen de bocht enigszins afsnijden en optimaal gebruikmaken van de beschikbare ruimte. Dit gedrag is vooral uitgesproken onder omstandigheden met harde wind, wat erop wijst dat weersinvloeden een significante rol spelen in de ruimtelijke spreiding van scheepvaartbewegingen. Deze observaties zijn relevant voor het begrijpen van de interactie tussen bestaande verkeerspatronen en toekomstige ruimtelijke beperkingen door windparkinfrastructuur.

Na de installatie van het windpark HKN verandert het scheepvaartbeeld, zij het in beperkte mate. Figuur 3-12 illustreert de situatie nadat het windpark operationeel is geworden. Een opvallende wijziging betreft de veerdienst vanuit IJmuiden, die niet langer gebruik kan maken van het gebied waar het windpark is gerealiseerd. Het is aannemelijk dat deze dienst nu via het verkeersscheidingsstelsel om het windpark heen navigeert alvorens koers te zetten richting het Verenigd Koninkrijk.

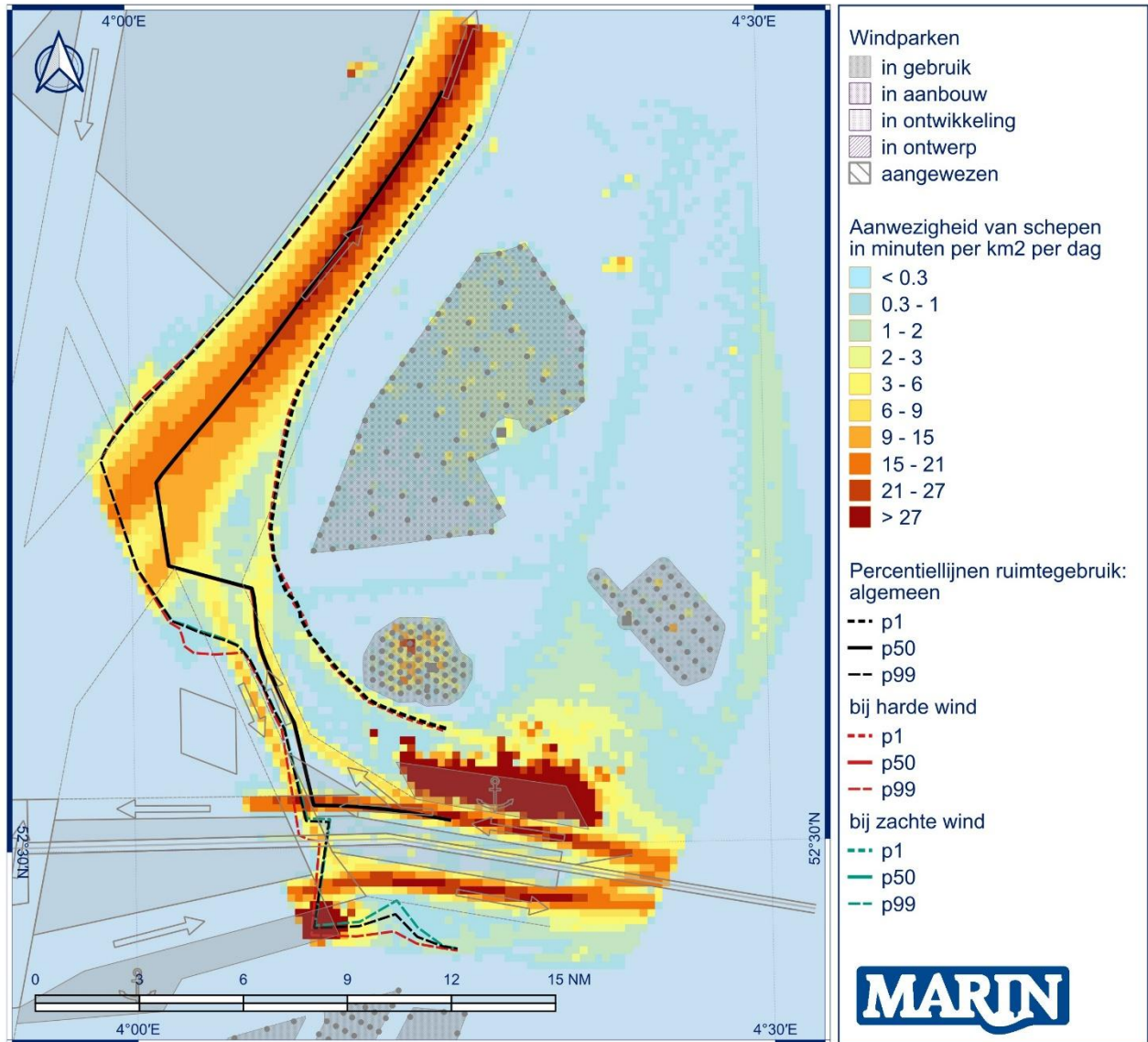
Daarnaast is zichtbaar dat het scheepvaartverkeer compacter is geworden, waarbij zich een beperkte routing rond het windpark aftekent. De percentiellijnen vanaf de havenaanloop naar de noordgaande route overlappen elkaar, ongeacht de weersomstandigheden. De oorzaak van deze overlap is niet met zekerheid vast te stellen, maar het ligt voor de hand te veronderstellen dat de beperkte beschikbare ruimte ertoe leidt dat schepen geen grotere spreiding kunnen hanteren dan fysiek mogelijk is. Of deze ruimtelijke beperking voldoende is om veilige navigatie te waarborgen, kan op basis van deze analyse niet worden geconcludeerd.

### Route gebonden verkeer 2020-2021

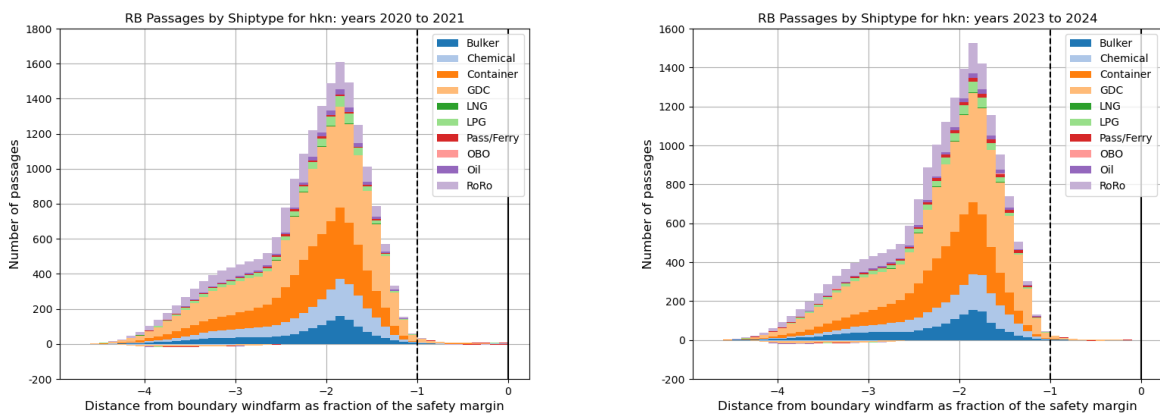


Figuur 3-11: Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Hollandse Kust Noord, vóór installatie van het windpark.

**Route gebonden verkeer 2023-2024**

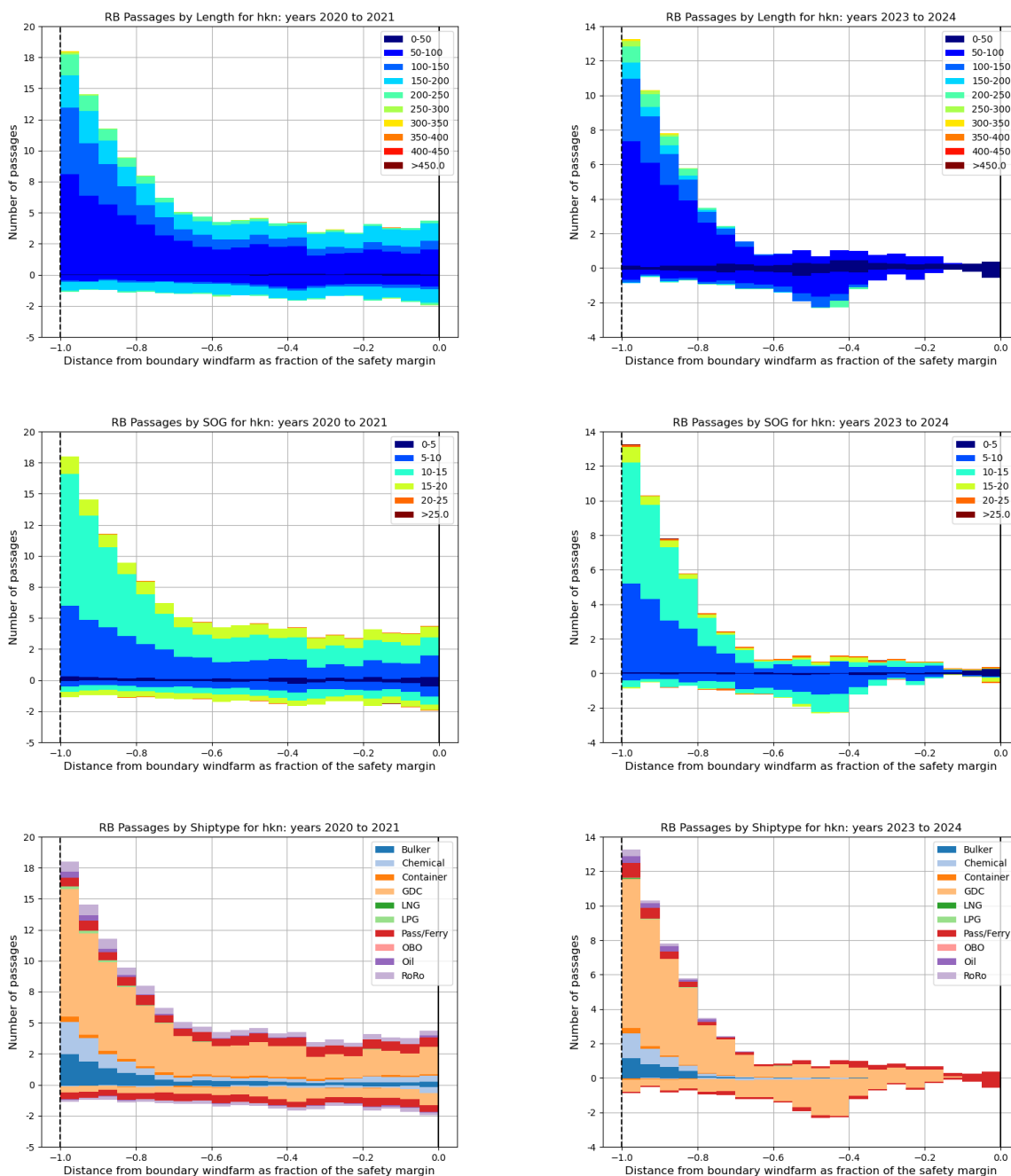


**Figuur 3-12:** Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Hollandse Kust Noord, ná installatie van het windpark.



**Figuur 3-13:** Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de verkeersbaan westelijk van Kavel V in windpark HKN, gekleurd volgens scheepstype. Links de situatie voor aanleg, en rechts de situatie na aanleg van de windparken.

De analyse van het windpark HKN richt zich op het identificeren van verschillen tussen de situatie vóór en na de realisatie van het park. De histogrammen van het verkeersbeeld in de verkeersbaan westelijk van Kavel V zijn bijna identiek voor beide periodes (zie Figuur 3-13). Figuur 3-14 visualiseert deze vergelijking voor het gebied tussen de verkeersbaan en het windpark, waarbij de linkerzijde de initiële situatie weergeeft en de rechterzijde de verkeerspatronen na plaatsing van het windpark toont. Hierbij is wel een significant verschil te zien.



**Figuur 3-14:** Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de veiligheidszone, westelijk van Kavel V in gebied HKN, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder). Aan de linkerkant de situatie voor aanleg, en aan de rechterkant de situatie na aanleg.

Uit Figuur 3-14 blijkt een afname van het totale scheepvaartverkeer in het onderzochte gebied. In beide gevallen is een uitloper van de algemene verkeersstroom zichtbaar net voorbij de rand van de verkeersbaan (welke zich op locatie -1 bevindt), maar deze uitloper is iets kleiner in jaren 2023-2024 dan voor periode 2020-2021. Het meest in het oog springende verschil betreft echter het gebied richting de grens van het windpark (locatie 0). Waar voorheen de gehele veiligheidsmarge relatief frequent bevaren werd, is er nu een duidelijke afname van het aantal passages zichtbaar dicht bij de grens van het windpark. De sporadische passages van relatief snel varende schepen uit de categorieën Bulker, Chemical en RoRo zijn verdwenen. De waargenomen afname van het verkeer langs de buitengrens van het verkeersscheidingsstelsel is consistent met trends die ook bij andere locaties zijn geobserveerd en sluit aan bij de algemene verwachting dat scheepvaart zich na realisatie van een windpark meer binnen de verkeersbanen concentreert.

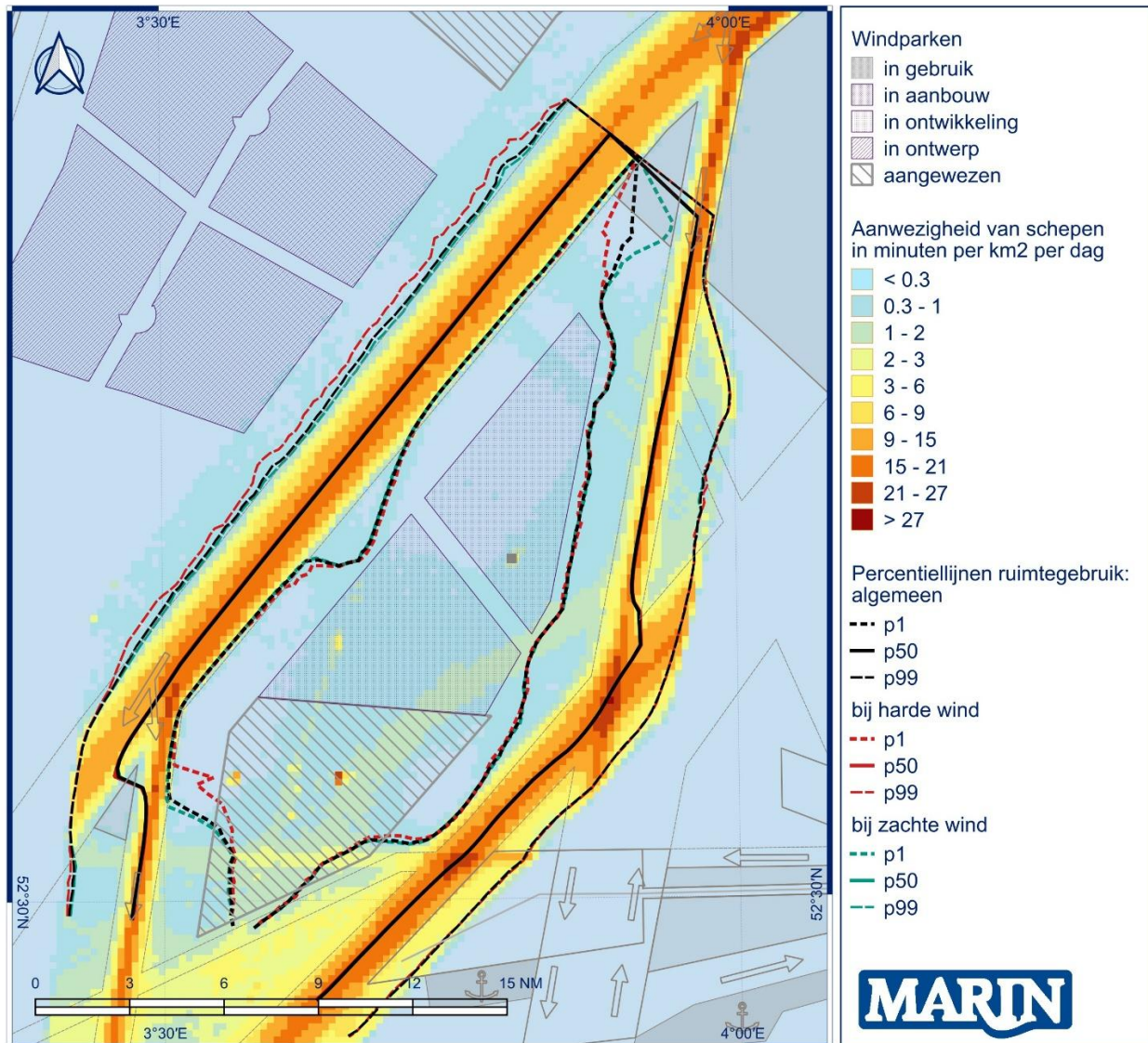
### 3.3.4 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Hollandse Kust West (HKW)

Het effect van kruisend verkeer is duidelijk waarneembaar aan de noordzijde van het windpark Hollandse Kust West (HKW), zoals weergegeven in Figuur 3-15. Daarnaast is, door een lichte verkleuring in de dichtheidskaart, een zone met verhoogde verkeersintensiteit zichtbaar ten zuiden van het meest noordelijke kavel van HKW. Het zuidelijke kavel, aangeduid als "Ecowende", was ten tijde van deze analyse nog niet ontwikkeld en vormde derhalve een open gebied. Binnen dit gebied zijn twee verkeersbanen herkenbaar, die duiden op schepen die een optimale route hebben gekozen voor het in- en uitvoegen in het verkeersscheidingsstelsel. Deze patronen worden bevestigd door de percentiellijnen, die dit gedrag duidelijk illustreren.

Het effect van ongunstige weersomstandigheden, met name harde wind, is eveneens prominent rond het HKW-gebied. De rode stippellijn, die het 99e percentiel (p99) bij harde wind representeert, is duidelijk zichtbaar rondom vrijwel het gehele windpark. Hieruit kan worden geconcludeerd dat scheepvaart onder dergelijke omstandigheden meer ruimte benut, hoewel de verschillen ten opzichte van normale omstandigheden beperkt blijven. Over het algemeen volgt het verkeer de verkeersscheidingsstelsels nauwgezet en blijft het binnen de beschikbare ruimte, hetgeen erop wijst dat de scheepvaart vasthoudt aan de route, zelfs onder uitdagende weerscondities.

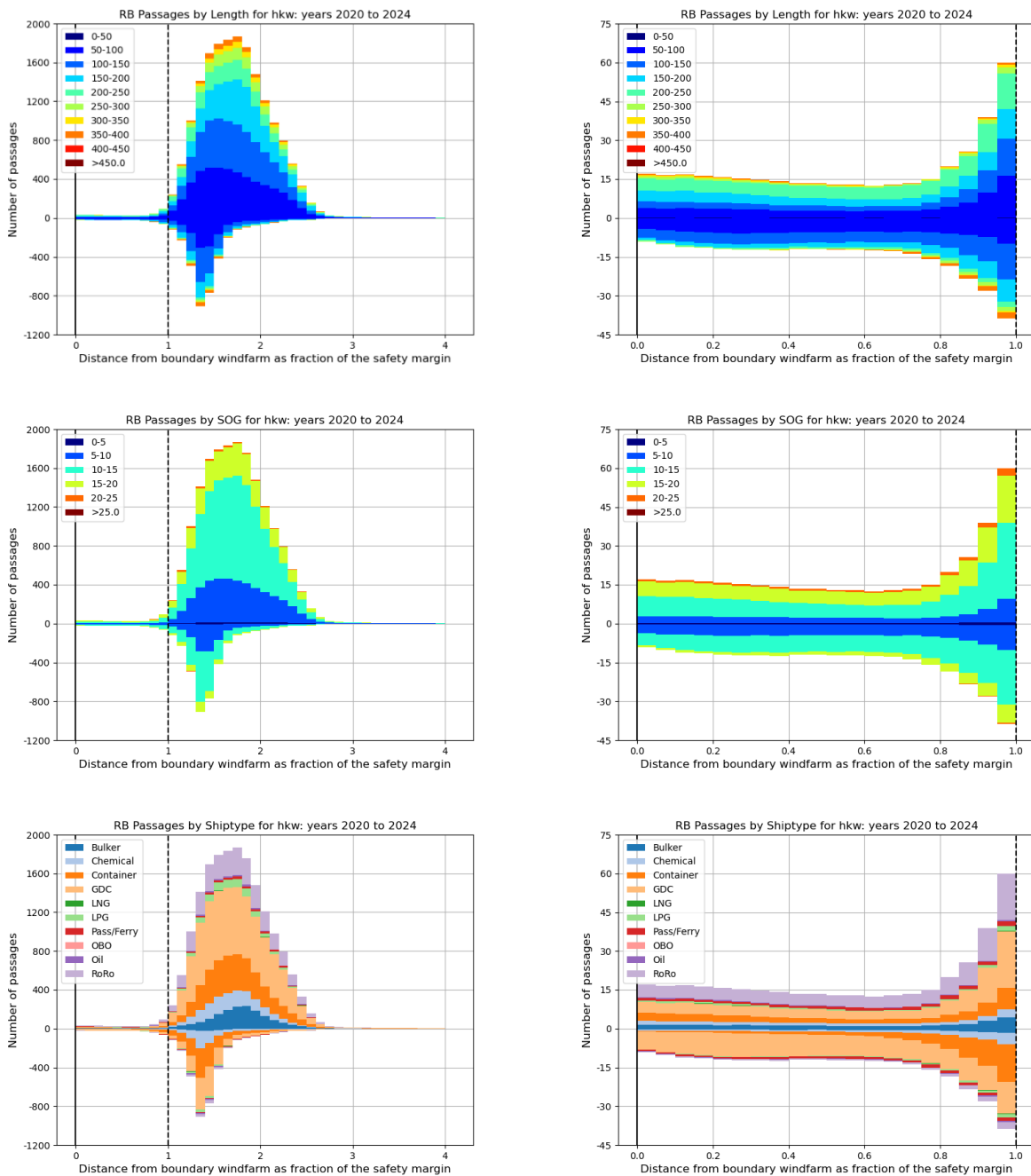
Het toekomstige windpark HKW is geanalyseerd vanuit twee perspectieven, hetgeen is weergegeven in Figuur 3-16. Omdat beide zijden van het gebied in één visualisatie zijn samengebracht, is gekozen voor een gecombineerde histogramweergave. De positieve waarden (bovenste deel van het histogram) representeren het scheepvaartverkeer in noordelijke richting aan de westzijde van het beoogde windpark, terwijl de negatieve waarden (onderste deel van het histogram) het verkeer in zuidelijke richting aan de oostzijde weergeven. Deze oostelijke route wordt minder intensief bevaren dan de westelijke zijde.

## Route gebonden verkeer 2020-2024



Figuur 3-15: Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Hollandse Kust West

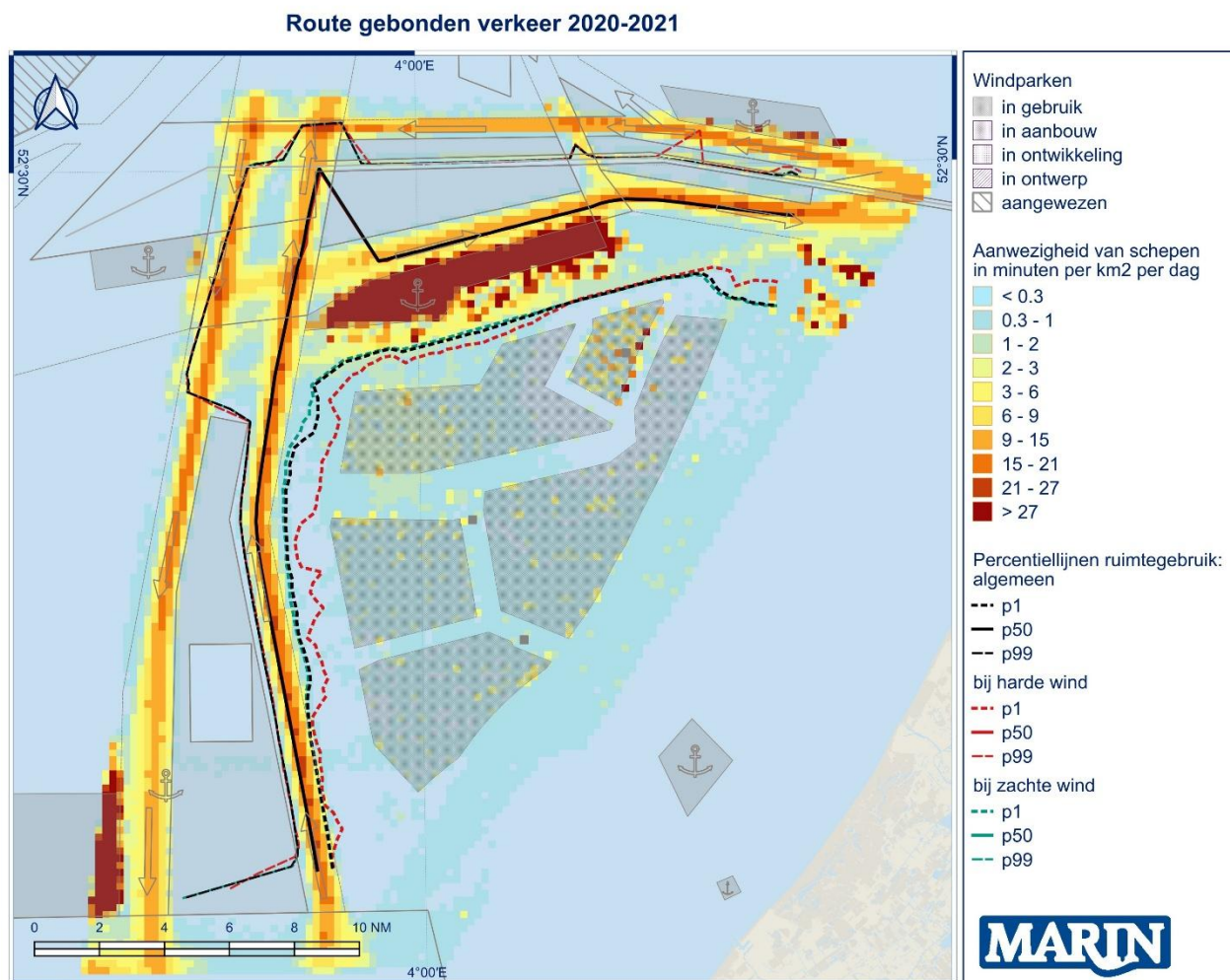
De linkerzijde van Figuur 3-16 toont een overzicht van het gehele gebied, terwijl de rechterzijde een detailweergave biedt van het segment tussen de kavelgrens (waarde 0) en de buitengrens van de route (waarde 1). Aangezien het windpark nog niet gerealiseerd is, betreft de analyse de initiële situatie en zijn er derhalve geen directe effecten van windparkinfrastructuur zichtbaar. Opvallend is dat het gebied relatief ruim wordt gebruikt door scheepvaart, hetgeen mogelijk verband houdt met het feit dat het verkeersscheidingssysteem in deze zone niet scherp gedefinieerd is op de zeekaart. Deze interpretatie wordt ondersteund door de dichtheidskaart, die een vergelijkbaar beeld laat zien van een brede ruimtelijke spreiding van het verkeer.



**Figuur 3-16:** Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de beschikbare ruimte rondom de geplande windparken van HKW, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder). Positieve waarden verwijzen naar het verkeer westelijk van Kavel VI en Kavel VII, en negatieve waarden verwijzen naar het verkeer oostelijk van Kavel VI en Kavel VII.

### 3.3.5 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Hollandse Kust Zuid (HKZ)

Vergelijkbaar met het gebied rond HKN kan voor het windpark HKZ een analyse worden uitgevoerd van de situatie vóór en na de installatie. Figuur 3-17 geeft een overzicht van de scheepvaartpatronen voorafgaand aan de plaatsing van HKZ. In deze figuur is het ankergebied ten zuiden van de aanlooproute naar IJmuiden duidelijk herkenbaar. Daarnaast blijkt dat er in het toekomstige windparkgebied aanzienlijke maritieme activiteit plaatsvindt, hetgeen wijst op intensief gebruik van deze ruimte door scheepvaart.

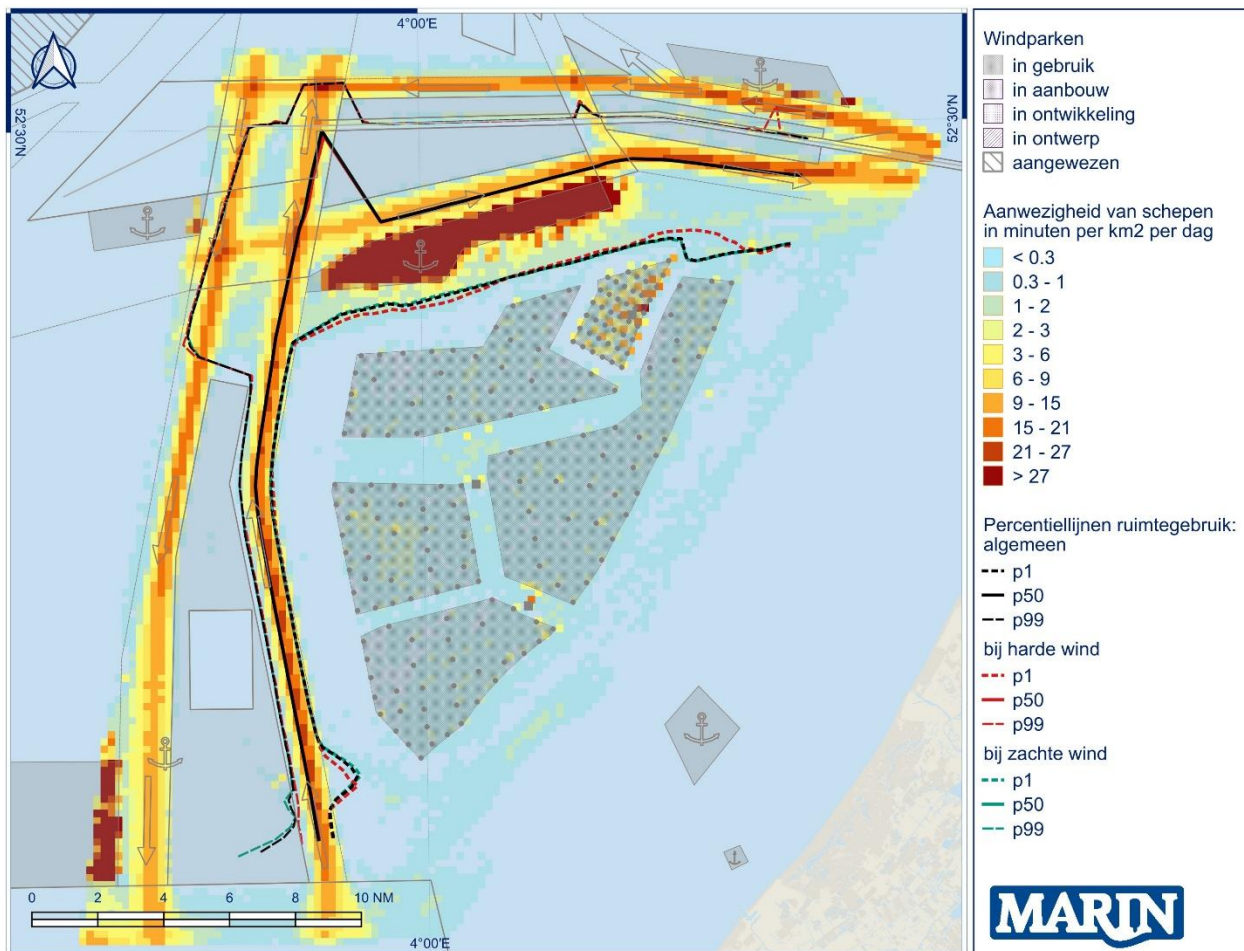


**Figuur 3-17:** Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Hollandse Kust Zuid, vóór installatie van het windpark.

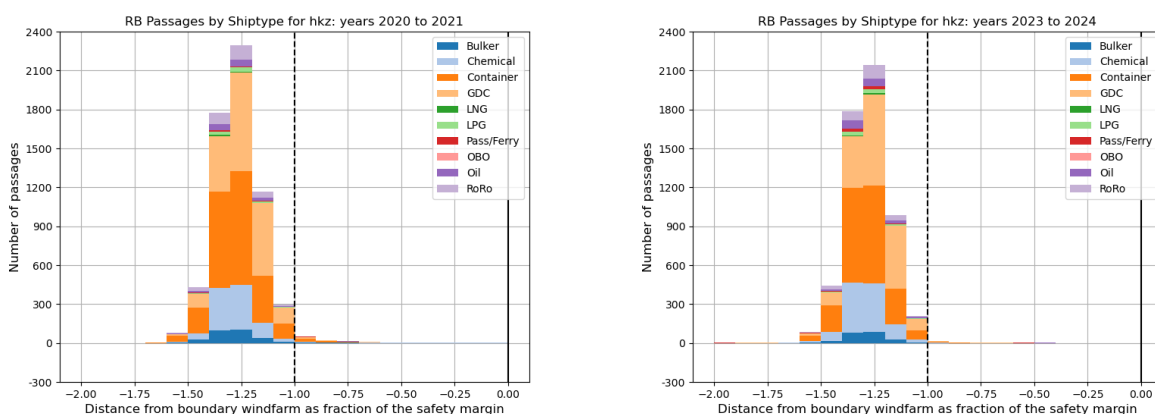
De percentiellijnen van het verkeersscheidsstelsel tonen aan dat het noordgaande verkeer, afkomstig uit Rotterdam, een relatief brede spreiding vertoont binnen de beschikbare vaargeul. Dit patroon suggereert dat schepen niet strikt gebonden zijn aan een smalle corridor, maar eerder gebruikmaken van een ruime marge. Opvallend is dat deze spreiding toeneemt onder ongunstige weersomstandigheden: bij verslechterend weer neemt de scheepvaart merkbaar meer ruimte in dan onder stabiele of gunstige omstandigheden.

Na voltooiing van de bouw van het windpark blijkt de spreiding van het scheepvaartverkeer over de verkeersbaan significant te zijn afgenomen. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 3-18, waarin de dichtheidskaart met percentiellijnen na constructie is weergegeven. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat de p99-lijn zich aanzienlijk dichter bij het verkeersscheidsstelsel bevindt. Het betreffende verkeer is noordgaand, waardoor het nieuwe windpark zich aan de stuurboordzijde van deze schepen bevindt. Het is aannemelijk dat schepen die eerder geneigd waren de ruimte te benutten door naast de rand van de verkeersbaan te varen in deze situatie een grotere afstand tot het windpark aanhouden om zowel het zicht te optimaliseren als voldoende manoeuvreerruimte te behouden voor een eventuele uitwijkactie. Deze tendens is eveneens waarneembaar aan de noordzijde van het park, grenzend aan het ankergebied, waar het gebruik van dit gebied na de aanleg van het park een meer compacte structuur vertoont. Het overgrote deel van de schepen vaart echter op een vergelijkbare manier in de verkeersbaan als voor aanleg van de windparken. Er is geen verschuiving zichtbaar in de piek en linker staart van de verdeling, zoals gevisualiseerd in de histogrammen in Figuur 3-19 alsook zichtbaar van de p1 en p50 percentiellijnen.

Route gebonden verkeer 2023-2024



Figuur 3-18: Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Hollandse Kust Zuid, ná installatie van het windpark.

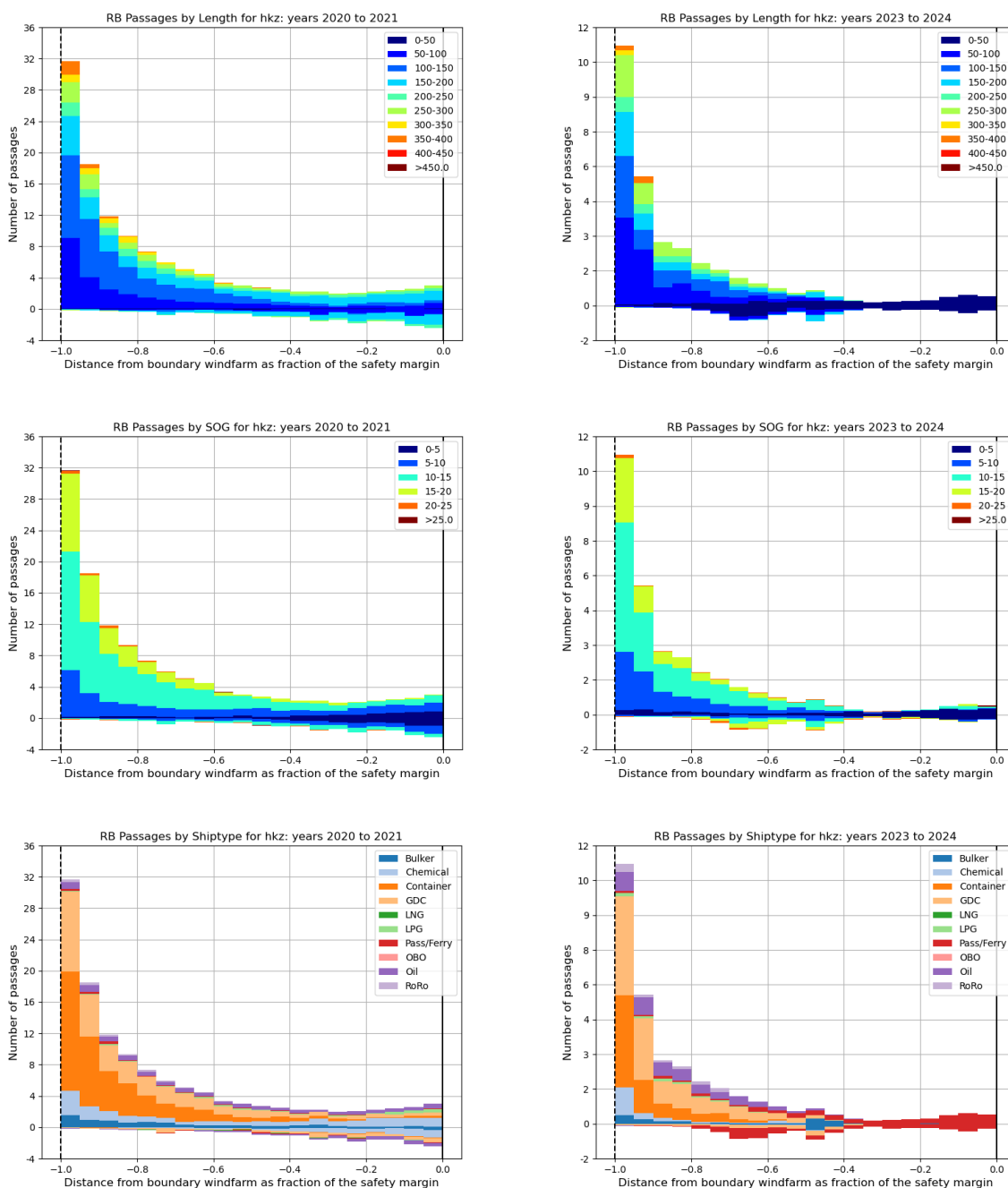


Figuur 3-19: Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de noordgaande verkeersbaan westelijk van windpark HKZ Kavel II en Kavel III, gekleurd volgens scheepstype. Links de situatie voor aanleg, en rechts de situatie na aanleg van de windparken.

Een vergelijkbare ontwikkeling is zichtbaar bij de percentiellijnen voor harde windcondities, die vrijwel niet meer afzonderlijk herkenbaar zijn doordat zij samenvallen met de overige lijnen. Opmerkelijk is de afwijking van de percentiellijnen aan de zuidzijde van het park. Hier lijkt zich een nieuwe routing te hebben ontwikkeld, waarbij schepen ten zuiden van het park invoegen in het verkeersscheidingstelsel.

Voorheen vond deze invoeging plaats over een breder traject, hetgeen duidt op een verandering in het verkeerspatroon als gevolg van de aanwezigheid van het windpark.

De analyse van het gebied tussen het windpark HKZ en de verkeersbaan toont opnieuw een duidelijk verschil tussen de situatie vóór en na de realisatie van het park. Figuur 3-20 illustreert deze vergelijking, waarbij de linkerzijde de initiële situatie weergeeft en de rechterzijde de verkeerspatronen na voltooiing van het windpark. Uit de rechter histogrammen blijkt een significante afname van het totale aantal scheepsbewegingen, gecombineerd met een duidelijke toename van kleinere schepen in het gebied. Net als in andere onderzochte gebieden is de dominantie van kleine passagiersschepen duidelijk. Het is aannemelijk dat deze schepen voornamelijk CTV's betreffen, die worden ingezet voor het snelle transport van personeel tussen de windturbines en behoren tot de categorie 'Passenger/Ferry'.

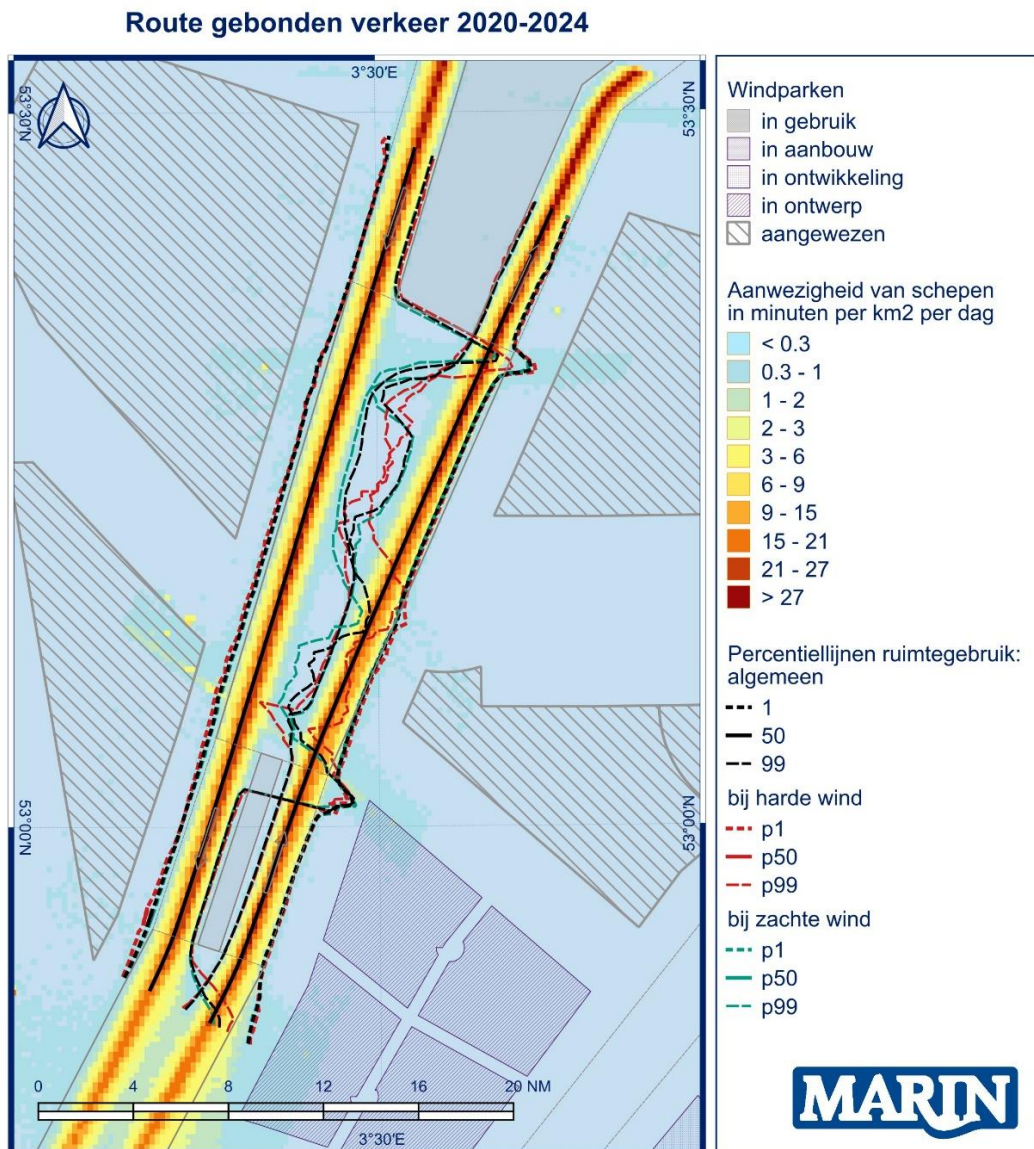


**Figuur 3-20:** Verdeling van route gebondenverkeer (jaarlijks gemiddelde) over de veiligheidszone, westelijk van windparken HKZ Kavel II en HKZ Kavel III, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder). Links de situatie voor aanleg, en rechts de situatie na aanleg van de windparken.

### 3.3.6 Ruimtegebruik door RB verkeer in gebied Nederwiek/IJmuiden Ver

Voor de gebieden langs de toekomstige windparken Nederwiek en IJmuiden Ver is een vergelijkbare analyse uitgevoerd, zoals weergegeven in Figuur 3-21. Beide windparken waren ten tijde van de acquisitie van de AIS-data nog niet gerealiseerd, waardoor de resultaten uitsluitend betrekking hebben op de oorspronkelijke verkeerspatronen.

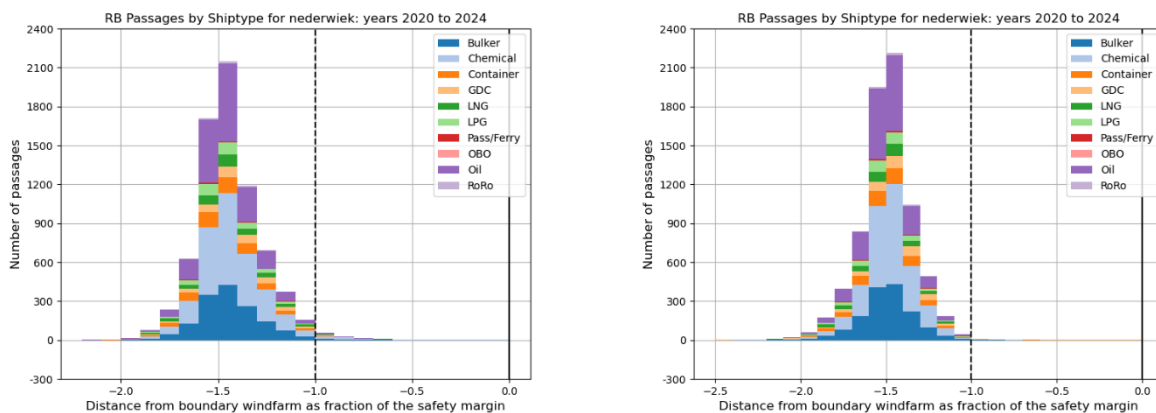
In het Nederwiek-gebied valt met name het grillige patroon op van de percentiellijnen in het gebied tussen beide verkeersbanen. Dit patroon kan waarschijnlijk niet worden toegeschreven aan verkeer binnen het verkeersscheidingsstelsel zelf, maar is eerder het gevolg van kruisende scheepvaartbewegingen. Het gebied wordt intensief gebruikt door ferryverbindingen tussen Nederland, met name vanuit IJmuiden, en het Verenigd Koninkrijk. Voor deze verbindingen is in de toekomst een corridor voorzien, maar op het moment van de analyse maken deze schepen gebruik van de beschikbare ruimte en kruisen zij het gebied op willekeurige locaties. Deze kruisende routes zijn ook enigszins zichtbaar in de dichtheidskaart, waar lichte verkleuringen wijzen op verhoogde verkeersintensiteit.



Figuur 3-21: Dichtheidskaart van routegebonden verkeer, inclusief percentiellijnen voor gebied Nederwiek

De verschillen tussen de percentiellijnen voor algemeen ruimtegebruik en die bij harde en zachte windcondities zijn moeilijk eenduidig te interpreteren vanwege het variabele karakter van de lijnen. Echter, het zijn met name de p1-lijnen die relevant zijn voor de huidige studie m.b.t. de ruimte tussen verkeersbaan en (geplande) windparken. Deze lijnen vallen voor noordgaand verkeer binnen de verkeersbaan, en voor zuidgaand verkeer net buiten de aangewezen grens. De situatie is bij harde wind vergelijkbaar als bij normale omstandigheden.

Het ruimtegebruik tussen de noord- en zuidgaande banen echter is breder afgebakend bij harde wind dan bij zachte wind. Dit suggereert dat schepen, indien mogelijk, meer ruimte benutten onder ongunstige weersomstandigheden, maar dat deze ruimte vooral aan bakboordzijde gezocht wordt. Deze bevindingen benadrukken de noodzaak om weersinvloeden en kruisende verkeersstromen expliciet mee te nemen in toekomstige ruimtelijke planning en veiligheidsanalyses voor windparken in drukbevaren gebieden.

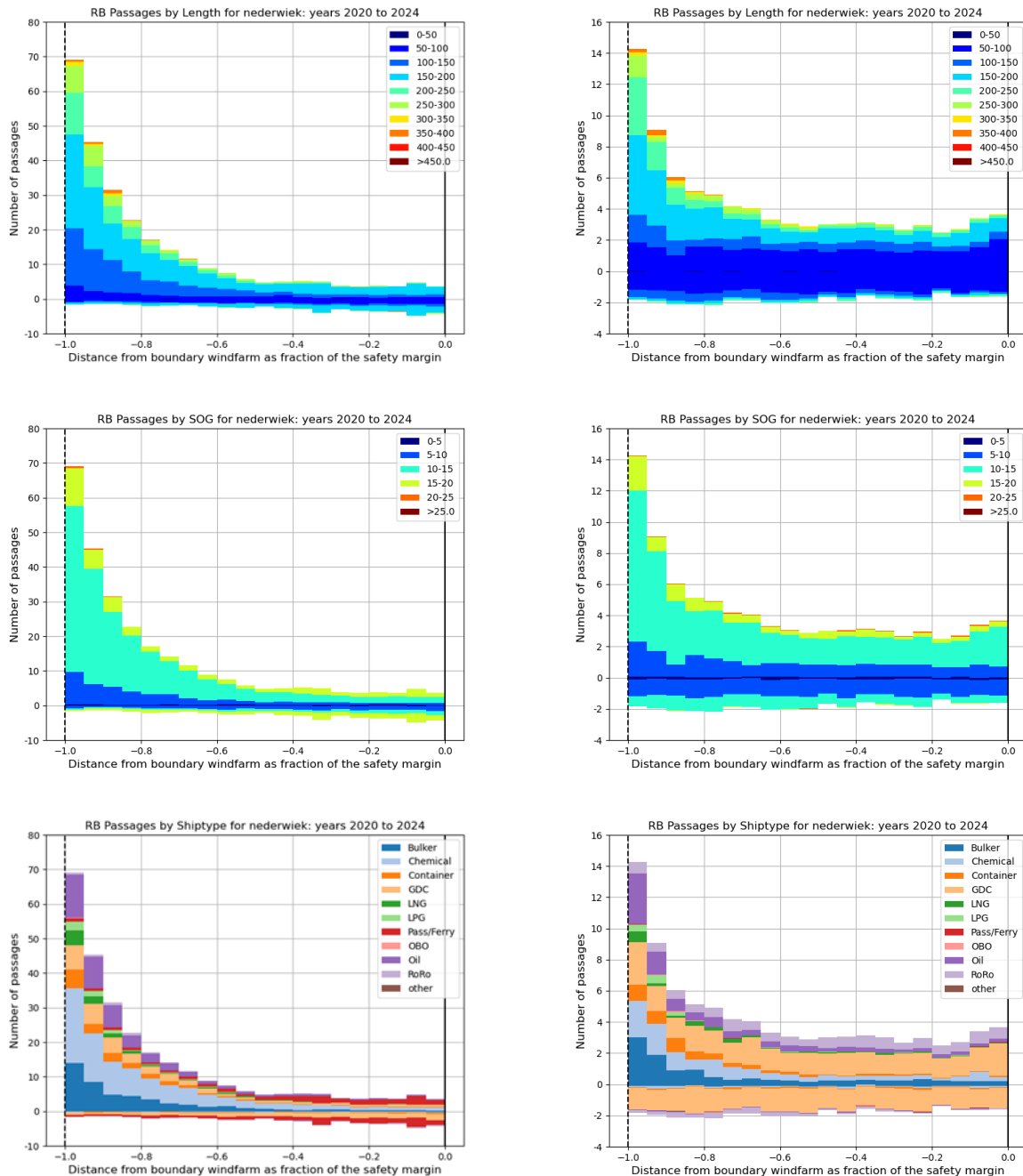


**Figuur 3-22:** Verdeling van routegebonden verkeer (jaarlijks gemiddelde) over de noordgaande verkeersbaan westelijk van kavels IJmuiden Ver Alpha en Beta (links), westelijk van aangewezen gebieden IJmuiden ver Noord en Lageland Noord (rechts), gekleurd volgens scheepstype.

In Figuur 3-22 en Figuur 3-23 wordt een aanvullende vergelijking gepresenteerd, waarbij niet één gebied in verschillende tijdsfasen wordt vergeleken, maar twee ruimtelijk verbonden gebieden in elkaars verlengde. Het studiegebied Nederwiek wordt hierbij weergegeven met links het scheepvaartverkeer ten westen van de kavels IJmuiden Ver Alpha en Beta (momenteel in de ontwerpfase), en rechts het verkeer ten westen van de aangewezen windenergiegebieden ten noorden van IJmuiden (IJmuiden Ver Noord en Lageland Noord). Hoewel de realisatie van deze potentiële windparken nog onzeker is, is het aanwijzen van dit studiegebied van strategisch belang voor toekomstige evaluaties en ruimtelijke planning.

De visualisatie in de Figuur 3-23 richt zich expliciet op het gebied naast het verkeersscheidingsstelsel, en niet op de verkeersbaan zelf. De verdeling op de x-as loopt van -1, de buitenste rand van het verkeersscheidingsstelsel, tot 0, de grens van het windpark. Deze keuze is gemaakt om de scheepvaartactiviteit in de aangrenzende zones te analyseren, aangezien deze gebieden mogelijk direct beïnvloed worden door toekomstige windparkinfrastructuur. De histogrammen tonen overwegend weinig verrassende patronen. In het noordelijke gebied is de ruimtelijke spreiding van het verkeer breder, terwijl het aantal passages aanzienlijk lager ligt. Dit wijst erop dat het scheepvaartverkeer zich in toenemende mate concentreert binnen de grenzen van het verkeersscheidingsstelsel, zoals ook al was waargenomen in Figuur 3-22. Een eenduidige verklaring voor deze observatie ontbreekt, maar een plausibele hypothese is dat de aanwezigheid van meerdere olie- en gasplatforms in het noordelijke gebied (waaronder K17-FA-1, K14-FB1 en K14-FA-1/C) een rol speelt. Dergelijke installaties zijn

doorgaans goed zichtbaar en kunnen ertoe leiden dat schepen bewust een grotere afstand bewaren, wat resulteert in een compacter verkeer.



**Figuur 3-23:** Verdeling van route gebonden verkeer over de veiligheidszone in onderzoeksgebied Nederwiek, gekleurd volgens scheepslengte (boven), snelheid (midden) en type (onder). Links het verkeer westelijk van IJmuiden Ver Alpha en Beta (in ontwerp fase), rechts het verkeer westelijk van de twee aangewezen windgebieden noordelijk van IJmuiden.

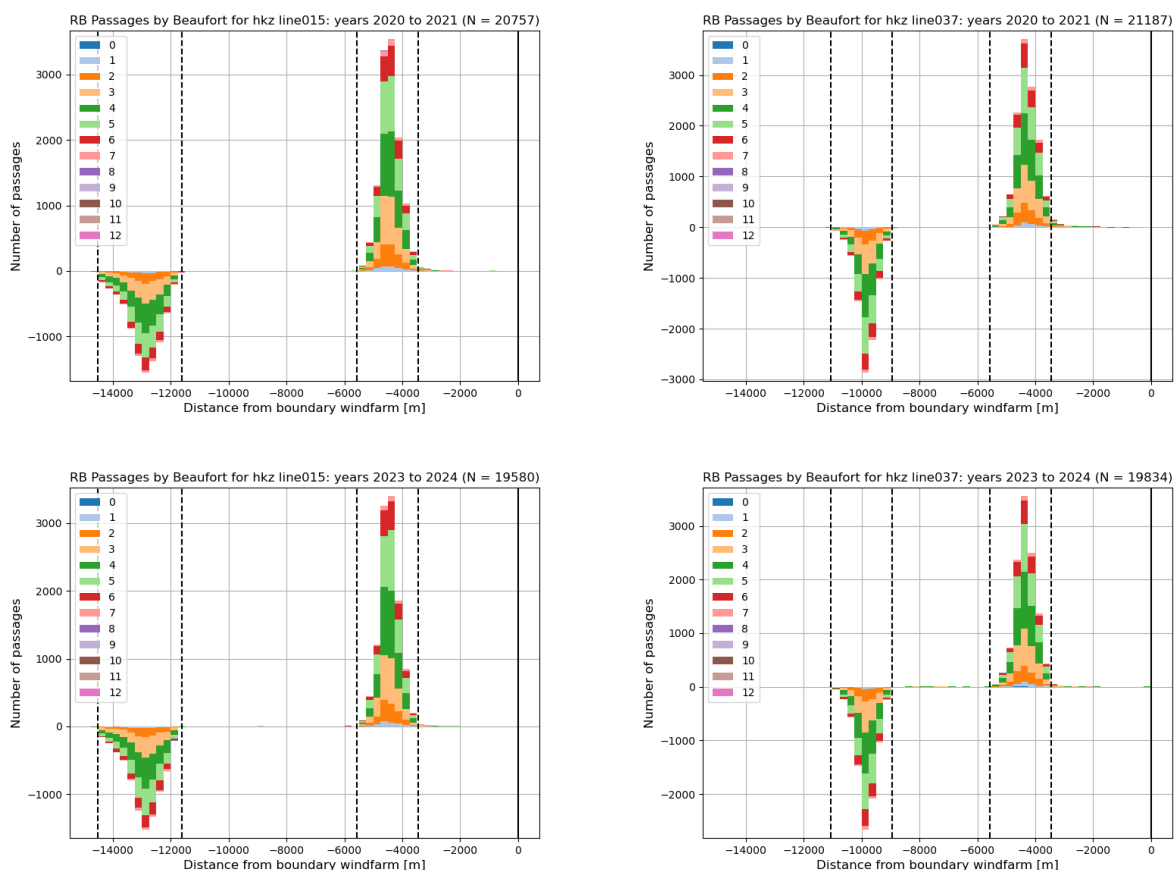
### 3.3.7 Invloed van wind op het ruimtegebruik van RB verkeer

In hoeverre zal routegebonden scheepvaart onder uitdagende weersomstandigheden, zoals verhoogde windsterkte en golfhoogte, de routing aanpassen? Specifiek wordt hier nagegaan of schepen meer laterale ruimte benutten ten opzichte van de hoofdvaarbaan, hun snelheid reduceren, of dat bepaalde scheepstypen geheel afwezig zijn bij extreme condities. De methodologische aanpak omvat het analyseren van percentiellijnen gesegmenteerd naar lage en hoge windsterkte (zoals reeds gepresenteerd en besproken per gebied in paragraaf 3.3), evenals het genereren van histogrammen op representatieve referentielijnen voor het gehele traject en de marges, of genormaliseerd voor de veiligheidszone van het volledige gebied. Deze histogrammen worden gevisualiseerd met kleurcodering op basis van windsterkte. Bij de interpretatie wordt rekening gehouden met het aantal schepen dat overblijft na filtering en met de frequentie van extreme omstandigheden, aangezien bijvoorbeeld het ontbreken van kruisingen bij een windkracht van meer dan 8 Beaufort zowel kan wijzen op vermijding door schepen als op de zeldzaamheid van dergelijke windsterkten. Een vergelijkbare analyse kan worden uitgevoerd voor significante golfhoogte (SWH), dat is de gemiddelde hoogte van het hoogste derde deel van alle golven in een bepaalde meetperiode. Deze parameter correleert echter sterk met windsterkte en zal naar verwachting geen substantieel afwijkend beeld opleveren.

In de voorgaande paragraaf zijn naast de percentiellijnen voor het algemene ruimtegebruik door RB schepen (onder alle condities) ook percentiellijnen toegevoegd die het ruimtegebruik bij harde en zachte wind apart weergeven. Wat opvalt is dat er doorgaans weinig variatie is in de percentiellijnen voor rechte stukken, wat betekent dat schepen min of meer dezelfde padbreedte hanteren bij harde en zachte wind. Echter, op plekken waar het drukker is, of in de aanloop naar bochten, lijken schepen geneigd om de ruimte die er is te benutten als het hard waait. Dit is met name zichtbaar in gebied HKZ en HKN voor jaren 2020-2021. Na de aanleg van (extra) windparken in deze gebieden is dit gedrag niet meer zichtbaar en houden schepen zich onder alle wind omstandigheden aan de voorgeschreven vaarweg.

In Figuur 3-24 wordt de ruimtelijke verdeling van routegebonden scheepvaart weergegeven voor twee locaties grenzend aan het windpark HKZ. De figuur visualiseert verschillen in windkracht door middel van kleurcodering en maakt een onderscheid tussen de situatie vóór de constructie van het windpark (boven) en na de realisatie (onder). De doorgetrokken lijn aan de rechterzijde van de histogrammen markeert de grens van het windpark, terwijl de stippellijnen de randen van de officiële vaarweg aanduiden. De figuur biedt een overzicht van een relatief groot gebied, waardoor gedetailleerde interpretaties beperkt blijven. Bij toenemende windkracht is het de verwachting dat de meeste schepen zich rond het midden van het verkeersscheidingsstelsel concentreren. Echter uit de figuur, en voorgaande analyses, blijkt dat dit ook het dominante patroon is onder minder uitdagende omstandigheden.

Een verschuiving van het verkeer is operationeel plausibel, aangezien het midden doorgaans als een en veiligere positie wordt beschouwd onder uitdagende omstandigheden daar er meer ruimte aan weerszijden van het schip is. Anderzijds is het denkbaar dat schepen van een bredere zone gebruik willen maken en daarmee de manoeuvreerruimte vergroten bij verhoogde meteorologische belasting. Dergelijk gedrag is echter niet waarneembaar op deze schaal. Voor een betere analyse van de randen van de histogrammen is een detailbeeld noodzakelijk.



**Figuur 3-24:** *Verdeling van RB verkeer over de beschikbare ruimte voor 2 locaties naast windpark HKZ, gekleurd volgens windkracht en opgesplitst naar de situatie voor (boven) en na (onder) aanwezigheid van het windpark. De doorgetrokken lijn geeft de rand van het windpark aan, de stippellijnen de randen van het pad.*

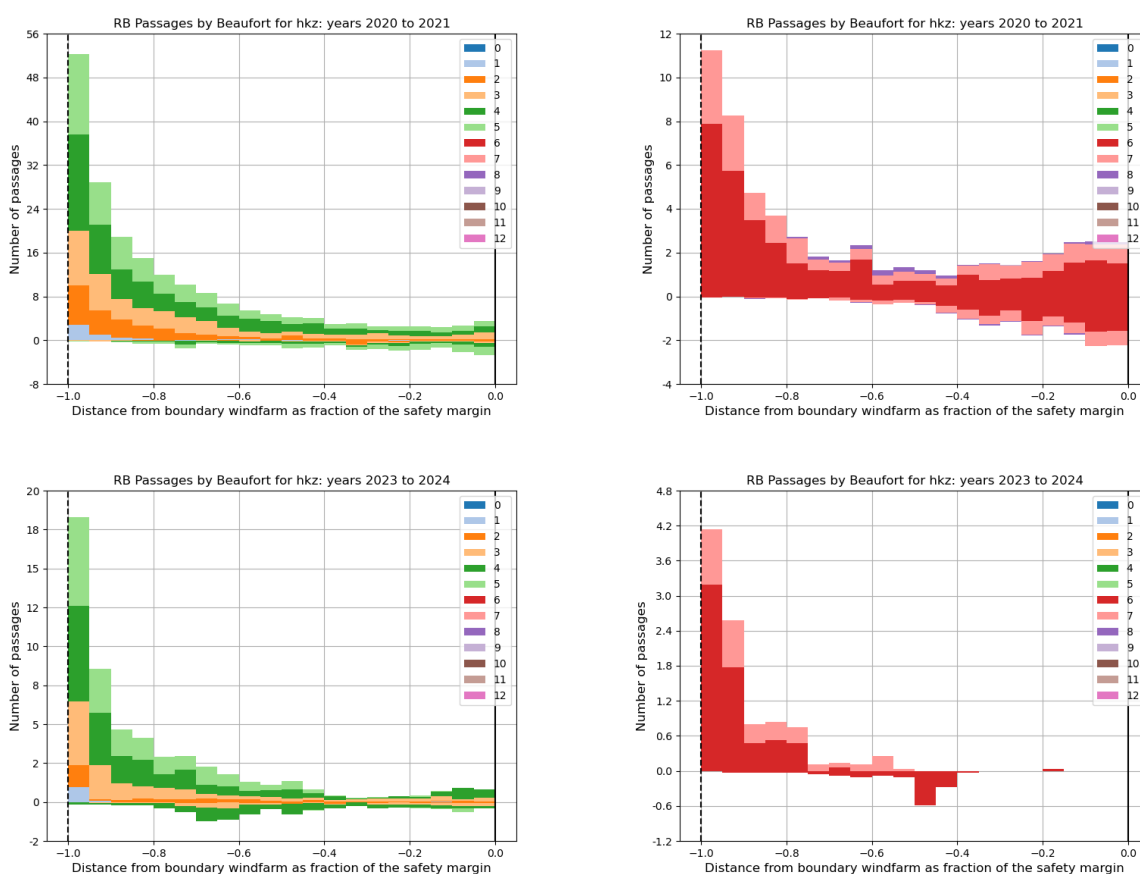


**Figuur 3-25:** *Positie van de referentielijnen zoals gebruikt in Figuur 3-24*

Figuur 3-26 biedt een meer gedetailleerde weergave van de ruimtelijke verdeling van routegebonden scheepvaart in het gebied tussen de verkeersbaan en de grens van het windpark, waarbij een genormaliseerde schaal wordt toegepast om de schematische spreiding beter zichtbaar te maken. In tegenstelling tot Figuur 3-24, dat een horizontale verdeling in meters toont, richt deze figuur zich op een relatieve afstand binnen de beschikbare ruimte. Hierdoor kan data voor een groter gebied meegenomen worden, in plaats van slechts te kijken naar een specifieke locatie. De data is opgesplitst naar windkracht 0 tot 5 Beaufort (aan de linkerzijde) en een windkracht van meer dan 6 Beaufort (de

rechterzijde), waardoor het effect van toenemende windsterkte op het verkeersgedrag duidelijker naar voren komt. In de figuur zijn ook negatieve waarden te zien, dat betreft verkeer in tegenovergestelde richting.

In Figuur 3-26 is onderscheid gemaakt tussen de situatie vóór (boven) en na (onder) de realisatie van het park. Deze differentiatie laat zien dat de aanwezigheid van het windpark onder alle windcondities invloed uitoefent op de ruimtelijke positionering van schepen, waarbij het effect bij harde wind aanzienlijk sterker is. Waar schepen eerder geneigd waren om extra ruimte naast de verkeersbaan te gebruiken bij harde wind, is na realisatie van het windpark zichtbaar dat schepen het gebied net westelijk van de grens van het windpark net vermijden bij harde wind. De resultaten suggereren dat schepen hier onder invloed van verhoogde meteorologische belasting een grotere afstand tot de windparkinfrastructuur aanhouden, wat wijst op een adaptieve strategie ter vergroting van manoeuvreerruimte en risicobeheersing.



**Figuur 3-26:** Ruimtegebruik in de veiligheidszone tussen windpark en pad naast HKZ, voor RB verkeer voor (boven) en na (onder) aanwezigheid van het windpark. De passages zijn opgesplitst naar windkracht: links windkracht 0 tot en met 5, en rechts windkracht 6 en hoger.

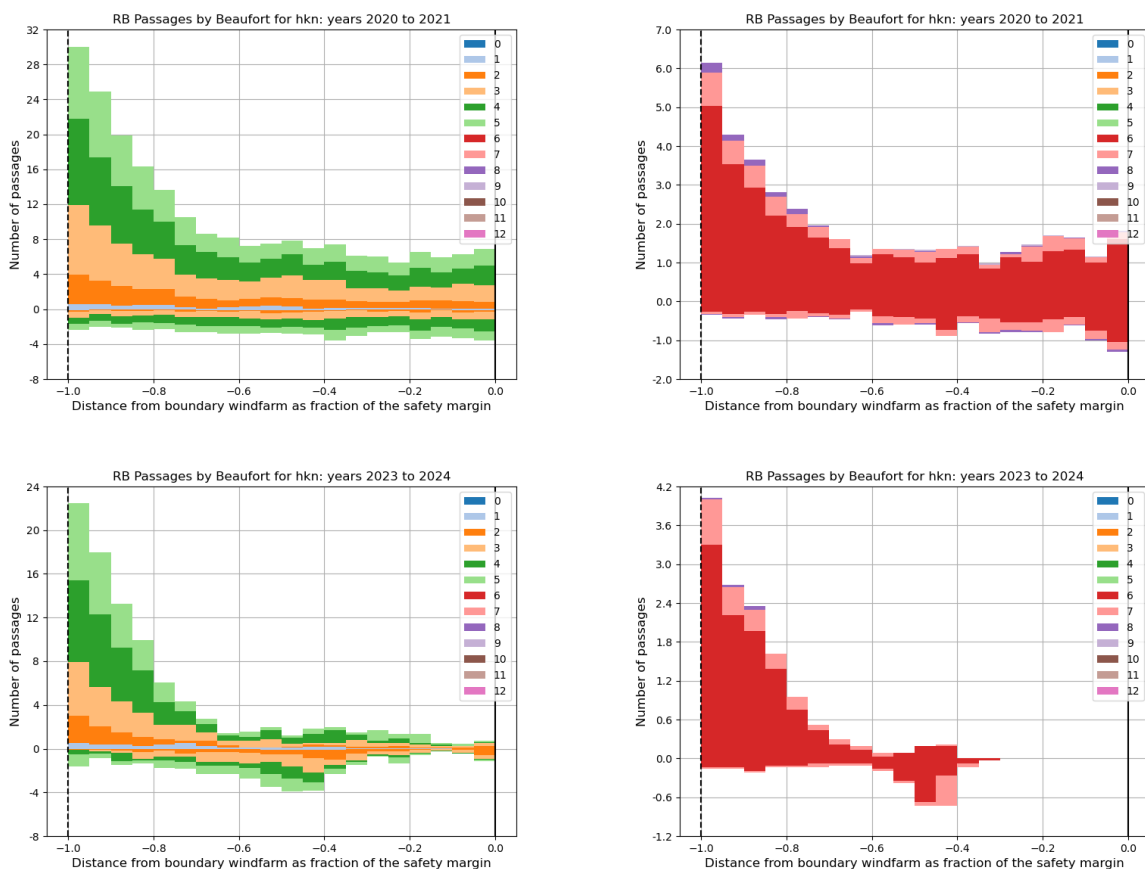
Voor het gebied rondom het windpark HKN is een vergelijkbare detailanalyse uitgevoerd, gericht op de zone tussen de verkeersbaan en de grens van het windpark. Figuur 3-27 presenteert de resultaten van deze differentiatie volgens dezelfde methodologische opzet als Figuur 3-26, waarbij de ruimtelijke verdeling van scheepvaart onder verschillende windcondities wordt gevisualiseerd. Ook hier is het onderscheid gemaakt tussen lage en hoge windsterkten en tussen de situatie vóór en na de realisatie van het windpark.

De analyse voor HKN bevestigt een consistent patroon met HKZ waar, bij een toenemende windkracht en in aanwezigheid van het windpark, schepen een grotere afstand tot de infrastructuur houden, wat

duidt op een adaptieve positioneringsstrategie voor een grotere manoeuvreerruimte ter bevordering van de veiligheid. Voor zowel HKN als HKZ is er een afname van het ruimtelijke gebruik zichtbaar van ongeveer 40%.

De detailanalyse met behulp van histogrammen gericht op condities met harde wind onderstrepen de resultaten van de visualisatie van de percentiellijnen op de kaart. Het laat goed zien dat binnen de onderzochte gebieden scheepvaart onder invloed van het weer een aangepast patroon laat zien, wat gekenmerkt wordt door het maximaliseren van manoeuvreerruimte:

- bij zware meteorologische condities zijn schepen geneigd meer ruimte te gebruiken waar mogelijk.
- Bij passeren van een windpark wordt extra afstand gehouden.



**Figuur 3-27:** Ruimtegebruik in de veiligheidszone tussen windpark en pad naast HKN, voor RB verkeer voor (boven) en na (onder) aanwezigheid van het windpark. De passages zijn opgesplitst naar windkracht: links windkracht 0 tot en met 5, en rechts windkracht 6 en hoger.

### 3.3.8 Conclusie betreffende verdeling van RB verkeer over padbreedte en veiligheidszone

De deelvraag “Hoe wordt de beschikbare ruimte in verkeersbanen grenzend aan een windpark benut door routegebonden verkeer, en is hierin een verschuiving zichtbaar ten opzichte van de situatie zonder aanwezigheid van een windpark?” is onderzocht aan de hand van een tweesporige methodologische benadering. Het eerste spoor omvat een kwantitatieve analyse van de verkeersdichtheid en percentielspreiding, waarmee inzicht wordt verkregen in de ruimtelijke verdeling van de scheepvaart onder verschillende condities. Het tweede spoor richt zich op een visuele interpretatie van deze patronen door middel van histogrammen, die de relatieve benutting van beschikbare ruimte en mogelijke verschuivingen in vaargedrag kunnen laten zien. Deze gecombineerde aanpak maakt het

mogelijk zowel trends en patronen te identificeren, waardoor een beeld ontstaat van de invloed van windparkinfrastructuur op scheepvaartdynamiek.

Met een vijfjarige AIS-dataset voor de verschillende studiegebieden zijn verkeersdichtheden en de geografische spreiding van scheepvaart geanalyseerd aan de hand van percentiellijnen. Vervolgens zijn met dezelfde data histogramvisualisaties toegepast om de effecten van meteorologisch uitdagende omstandigheden, zoals harde wind, op het gedrag van schepen die een windpark passeren, inzichtelijk te maken. Ten slotte is met histogrammen de verdeling van het verkeer naar scheepstype, scheepslengte en snelheid langs de randen van de verkeersbaan onderzocht. Deze gecombineerde analyses bieden de mogelijkheid om het effect van windparken op scheepvaartgedrag vanuit meerdere parameters te benaderen.

Op basis van de gekozen datavisualisaties kan worden waargenomen dat de aanleg van offshore windparken een zekere invloed uitoefent op het gedrag van scheepvaartverkeer. Deze invloed manifesteert zich enerzijds in een tendens waarbij schepen compacter varen om een grotere afstand tot de windturbines te behouden, en anderzijds in het ontstaan van nieuwe vaarpatronen rondom de parken.

Het is algemeen bekend dat schepen de beschikbare ruimte benutten, maar dit roept de vraag op wat als een verantwoorde minimale ruimte kan worden beschouwd. Gezien het verschil in ruimtegebruik tussen omstandigheden met harde en zachte wind, kan worden beargumenteerd dat een grotere veiligheidsmarge wellicht wenselijk is. Schepen slagen er echter goed in om binnen de aangewezen ruimte te blijven eens er een windpark aanwezig is, zelfs bij harde wind. Dit suggereert dat de extra ruimte die eerder gebruikt werd (bijvoorbeeld bij bochten) niet essentieel is. Om hierover uitspraak te kunnen doen is het noodzakelijk om (i) te onderzoeken hoeveel ruimte noodzakelijk is om een noodsituatie te kunnen opvangen, door middel van simulaties (zie hoofdstuk 7), en (ii) te inventariseren hoe deze nieuwe situatie ervaren wordt in de praktijk (zie hoofdstuk 6).

Gezien de complexe verkeerssystemen op de Nederlandse Noordzee en het feit dat de geplande windparken nog niet volledig gerealiseerd zijn, dienen de waargenomen effecten vooralsnog als lokale fenomenen te worden geïnterpreteerd. Niettemin is het aannemelijk dat schepen bij het passeren van een windpark in het algemeen een grotere afstand tot het park zullen aanhouden. Dit effect blijkt significant sterker onder ongunstige meteorologische omstandigheden, zoals harde wind en hoge golven, die bovendien sterk gecorreleerd zijn. Deze bevindingen onderstrepen het belang van het incorporeren van weersafhankelijke variabiliteit in verkeersmodellen en veiligheidsrichtlijnen voor offshore windparken.

### **3.4 Effect van een windpark op niet-routegebonden verkeer**

Deze paragraaf richt zich op het actuele ruimtegebruik van scheepvaart in relatie tot windparken op de Noordzee, met specifieke aandacht voor niet-routegebonden verkeer tussen de verkeersbanen en de randen van een windpark. De centrale deelvraag luidt:

*Welk effect heeft aanwezigheid van een windpark op het type en de intensiteit van niet-routegebonden verkeer in de veiligheidszone tussen verkeersbaan en windpark?*

Niet-routegebonden scheepvaart onderscheidt zich van routegebonden verkeer doordat zij geen verplaatsing tussen twee vaste locaties als primaire doel heeft, maar een specifieke operationele taak op zee uitvoert. Typische voorbeelden zijn recreatievaart en visserij, maar ook scheepvaart die ondersteunende diensten levert aan offshore olie- en gasproductie en, in toenemende mate, aan windenergiegebieden. In de analyse van routegebonden verkeer is reeds gebleken dat dit onderscheid niet altijd eenduidig kan worden gemaakt op basis van scheepstype. Zo wordt een CTV, bedoeld voor het transport van personeel van en naar een windpark, in de gebruikte data doorgaans geclassificeerd als 'passagiersschip' en valt daarmee onder het routegebonden verkeer. Dit classificatieprobleem kan

gedeeltelijk worden ondervangen door scheepstypen als 'diversen' en 'ongespecificeerd' te definiëren, maar een zekere overlap tussen beide categorieën blijft bestaan, wat resulteert in een kleine maar inherente foutmarge.

Voor het beantwoorden van deze deelvraag is de analyse beperkt tot de zones aan de randen van de windparken HKZ en HKN, en de gebieden binnen de windparken zelf. De keuze voor deze gebieden is gebaseerd op het feit dat deze windparken zijn gerealiseerd binnen de periode die door de AIS-dataset wordt bestreken, waardoor het mogelijk is veranderingen in scheepvaartgedrag van vóór en na de aanleg van het windpark te onderzoeken. Voor beide locaties zijn inkomende en uitgaande scheepsbewegingen geanalyseerd voor verschillende categorieën niet-routegebonden scheepstypen, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de perioden vóór en na realisatie van het windpark.

Figuur 3-28 toont een geografisch overzicht van de geanalyseerde zones binnen en buiten de windparken. Voor de windparken is de kavelgrens als referentie gebruikt, terwijl voor de veiligheidszone het gebied tussen de kavelgrens en de rand van het aangrenzende verkeersscheidingsstelsel is gehanteerd. Deze indeling maakt het mogelijk om de ruimtelijke spreiding en intensiteit van niet-routegebonden scheepvaart in relatie tot windparkinfrastructuur systematisch te evalueren. De scheepsbewegingen binnen de windparken is vervolgens weergegeven in Tabel 3-3, en de bewegingen in de veiligheidszone in Tabel 3-4.

Het is van belang te onderkennen dat de windparken HKZ en HKN in verschillende perioden zijn geïnstalleerd, waarbij tijdens de bouwphase een diverse groep scheepstypen actief is geweest in de betreffende gebieden. Hierdoor is een eenduidige analyse van feitelijke scheepsbewegingen in en uit het windparkgebied methodologisch complex, aangezien installatieactiviteiten tijdelijk afwijkende verkeerspatronen veroorzaken.



Figuur 3-28: Overzicht van de gebieden aangeduid als 'windpark' (oranje) en als 'veiligheidszone' (groen) voor gebieden HKN en HKZ, zoals gebruikt in Tabel 3-3 en Tabel 3-4.

### 3.4.1 Verplaatsing van niet-routegebonden verkeer

De gegevens in Tabel 3-3 tonen enkele opvallende trends. Zo is een duidelijke afname zichtbaar in het aantal bewegingen van visserij- en recreatieschepen, voor zover deze categorieën in het gebied aanwezig waren (recreatie in HKN was al laag). Daarentegen is sprake van een significante toename van schepen in de categorie 'Supply', die primair betrokken zijn bij bevoorrading en logistieke ondersteuning van offshore activiteiten. Voor overige scheepstypen biedt de analyse onvoldoende basis voor een sluitende interpretatie, maar het is evident dat de aard van de activiteiten in het gebied verschuift na realisatie van de windparken. In absolute zin worden de gebieden minder frequent bevaren, terwijl zij tegelijkertijd nieuw verkeer aantrekken dat gerelateerd is aan onderhoud en exploitatie van windparkinfrastructuur. Hoofdstuk 5 gaat nader in op de bredere implicaties van deze ontwikkeling voor scheepvaartdynamiek en ruimtelijke planning op de Noordzee.

Tabel 3-3: Aantal reizen per scheepstype in windparken HKZ en HKN (alleen kavel V), voor en na aanleg windpark.

Scheepstype	HKZ			HKN		
	2020-2021	2023-2024	Vershil	2020-2021	2023-2024	Vershil
Visserij	2390	33	-99%	2809	10	-100%
Diversen	1139	2055	+80%	906	864	-5%
Loods	7	8	+14%	2	9	+350%
Havendienst	193	164	-15%	132	83	-37%
Recreatie	66	3	-95%	1	0	-100%
Stationair	4373	2525	-42%	136	827	+508%
Supply	559	1799	+222%	689	829	+20%
Sleepboot	186	44	-76%	187	14	-93%
Ongespecificeerd	528	118	-78%	383	31	-92%
<b>Totaal</b>	<b>9441</b>	<b>6749</b>	<b>-29%</b>	<b>5245</b>	<b>2667</b>	<b>-49%</b>

Het scheepvaartverkeer binnen de veiligheidszone grenzend aan het windpark vertoont eveneens een afname, die afhankelijk van de locatie van het park zelfs significant kan zijn, zoals weergegeven in Tabel 3-4. Bij deze analyse doet zich vanwege de scheepstypen hetzelfde methodologische vraagstuk voor als bij de beoordeling van verkeerspatronen binnen het windpark zelf. Bovendien kan worden verondersteld dat het merendeel van de scheepvaart dat werkzaamheden uitvoert binnen het windpark afkomstig is uit Nederlandse havens en daardoor waarschijnlijk niet aan de westzijde van het park in de veiligheidszone opereert. Het verkeer dat in deze analyse wordt waargenomen, betreft daarom waarschijnlijk voor een groot deel andere schepen dan die binnen het windpark actief zijn.

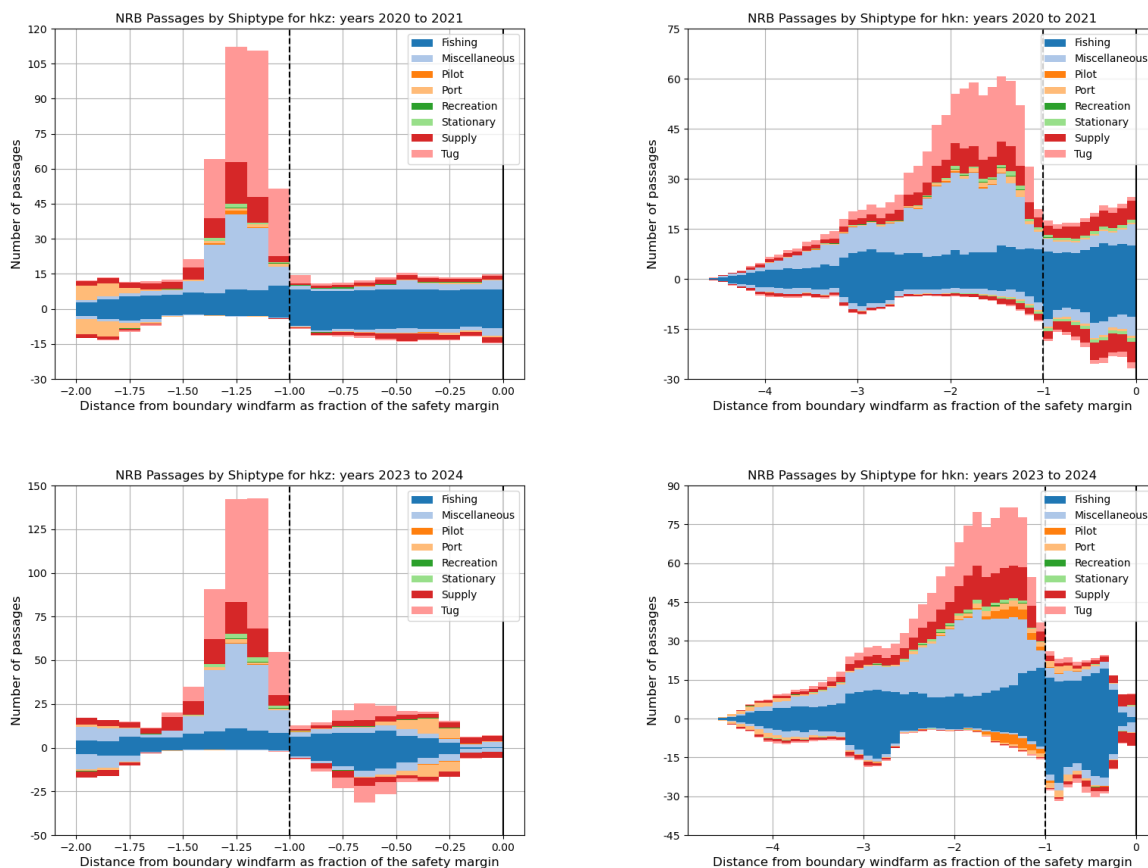
In lijn met de analyse van routegebonden verkeersdichtheden rond de windparken is hier ook een afname van niet-routegebonden verkeer zichtbaar. Op basis van deze resultaten kan niet eenvoudig worden geconcludeerd dat dit type verkeer zich na de aanleg van het windpark verplaatst naar de randen van het park; eerder lijkt er sprake van een gewijzigd ruimtelijk patroon. Een sluitende verklaring kan echter niet worden gegeven op basis van enkel de absolute aantallen.

Tabel 3-4: Aantal reizen per scheepstype in de veiligheidszone naast windparken HKZ en HKN (alleen kavel V), voor en na aanleg windpark.

Scheepstype	HKZ			HKN		
	2020-2021	2023-2024	Vershil	2020-2021	2023-2024	Vershil
Visserij	1740	582	-67%	2663	898	-66%
Diversen	297	335	+13%	807	416	-48%
Loods	4	6	+50%	1	14	+1300%
Havendienst	41	35	-15%	111	49	-56%
Recreatie	27	6	-78%	1	2	+100%
Stationair	2	13	+550%	137	16	-88%
Supply	222	291	+31%	653	267	-59%
Sleepboot	101	116	+15%	185	84	-55%
Ongespecificeerd	226	279	+23%	259	425	+64%
<b>Totaal</b>	<b>2660</b>	<b>1663</b>	<b>-37%</b>	<b>4817</b>	<b>2171</b>	<b>-55%</b>

Figuur 3-29 presenteert een histogramvisualisatie van de passages van niet-routegebonden scheepvaart, waarbij de linkerzijde betrekking heeft op het gebied rond HKZ en de rechterzijde op HKN. De bovenste twee histogrammen tonen de situatie vóór de realisatie van het windpark, terwijl de onderste twee de situatie na installatie weergeven. De horizontale as is niet gedefinieerd en loopt van de kavelgrens (waarde 0) naar de rand van het verkeersscheidingssysteem (waarde -1) en verder, waardoor relatieve ruimtelijke patronen zichtbaar worden.

Uit de figuren blijkt dat een aanzienlijk deel van het niet-routegebonden verkeer in feite gebruikmaakt van het verkeersscheidingssysteem en daarmee kenmerken vertoont van doorgaand verkeer. Na realisatie van het windpark is wel een verschuiving in verkeerspatronen waarneembaar, zij het minder uitgesproken dan bij routegebonden verkeer. Hierbij moet opgemerkt worden dat de verticale schaal niet op ieder diagram gelijk als gevolg van de geoptimaliseerde visualisatie. De beperkte afname van bewegingen richting de kavelgrens suggereert dat dit verkeer waarschijnlijk niet primair gerelateerd is aan windparkactiviteiten. Deze interpretatie wordt ondersteund door de relatief grote aanwezigheid van visserij schepen binnen deze categorie, wat wijst op een gedeeltelijke continuïteit van de oorspronkelijke activiteiten in het gebied ondanks de aanleg van windparkinfrastructuur.

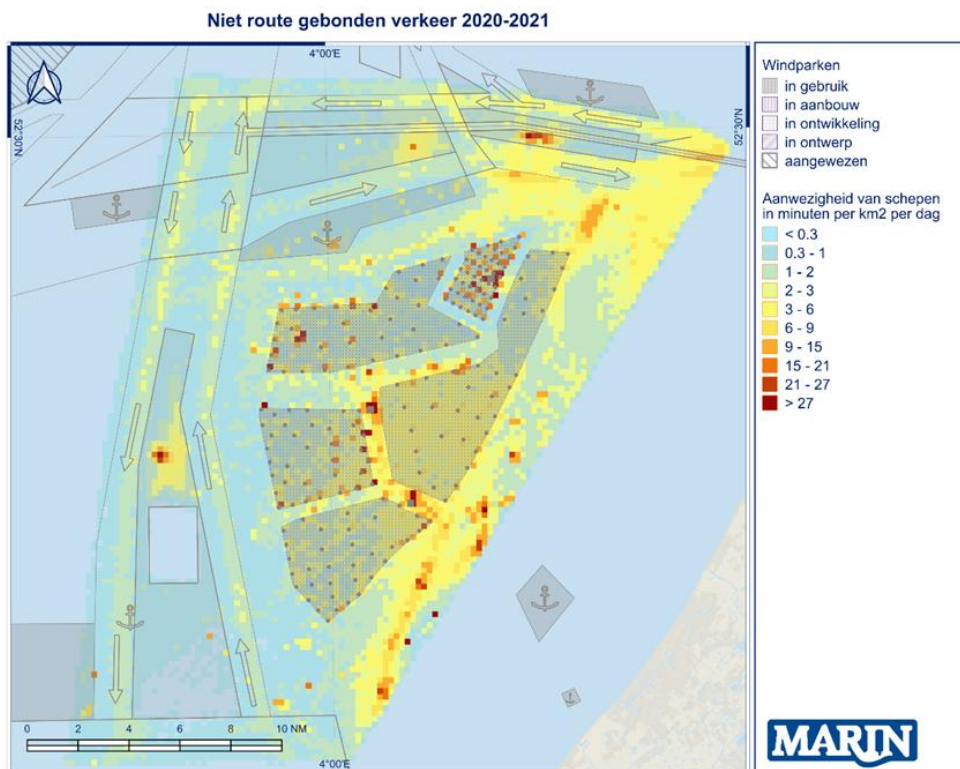


**Figuur 3-29:** Overzicht van het ruimtegebruik door verschillende types NRB verkeer in de veiligheidszone en het pad naast windparken HKZ (links) en HKN Kavel V (rechts), voor (boven) en na (onder) aanwezigheid van windturbines.

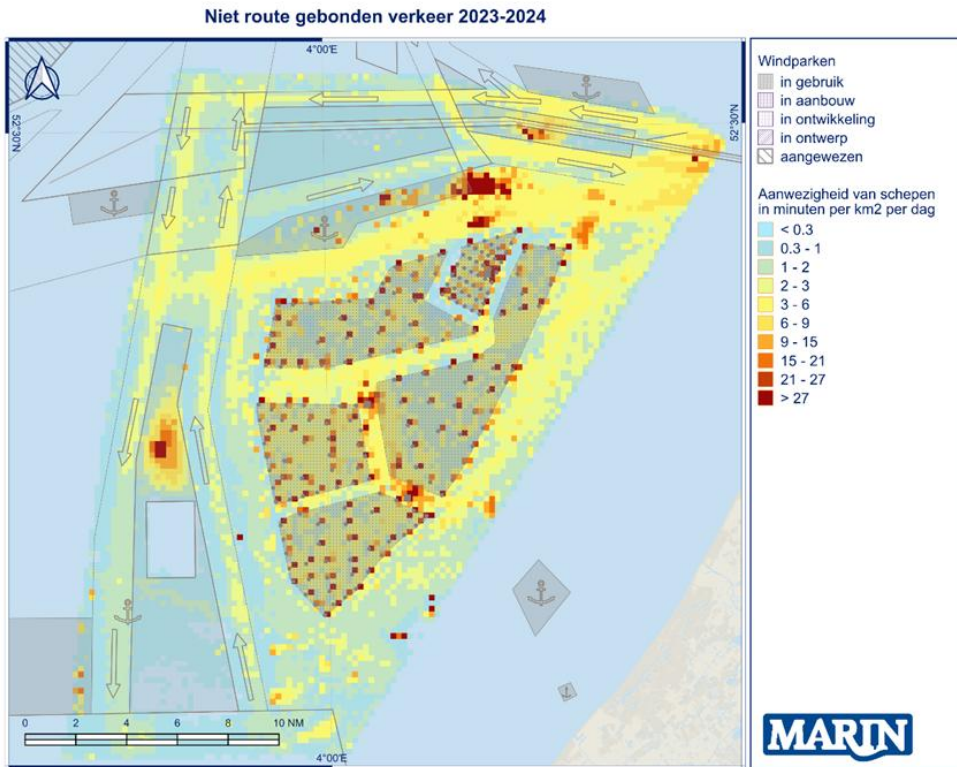
### 3.4.2 Verkeersdichtheid

Figuur 3-30 en Figuur 3-31 tonen de verkeersdichtheid van niet-routegebonden scheepvaart in het gebied van het windpark HKZ, waarbij het bovenste figuur de situatie vóór realisatie van het park weergeeft en het onderste paneel de situatie na ingebruikname. Uit deze visualisatie blijkt dat het windpark reeds in een eerdere fase in aanbouw was, wat wordt geïllustreerd door de gestructureerde activiteiten die zichtbaar zijn in het bovenste figuur. Een vergelijkbare analyse is uitgevoerd voor HKN en weergegeven in Figuur 3-32 en Figuur 3-33, waar eveneens al activiteiten zichtbaar zijn in de periode 2020–2021, voorafgaand aan de operationele fase van het park.

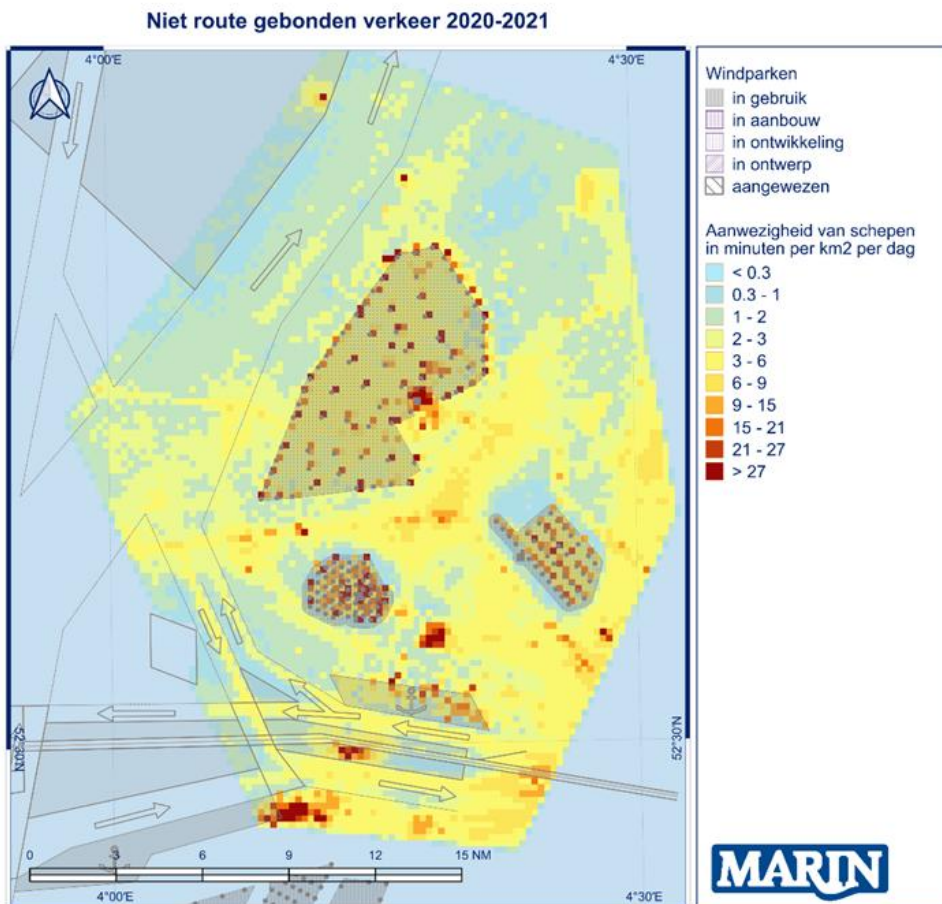
Na ingebruikname van beide windparken is een duidelijke toename van scheepvaartbewegingen waarneembaar, vergezeld van een verschuiving van verkeersintensiteit naar andere delen van het gebied. Hoewel deze analyse geen inzicht biedt in de specifieke aard van de activiteiten, maakt zij wel overtuigend duidelijk dat de aanwezigheid van windparkinfrastructuur een significante invloed uitoefent op het ruimtelijke gedrag van niet-routegebonden scheepvaart.



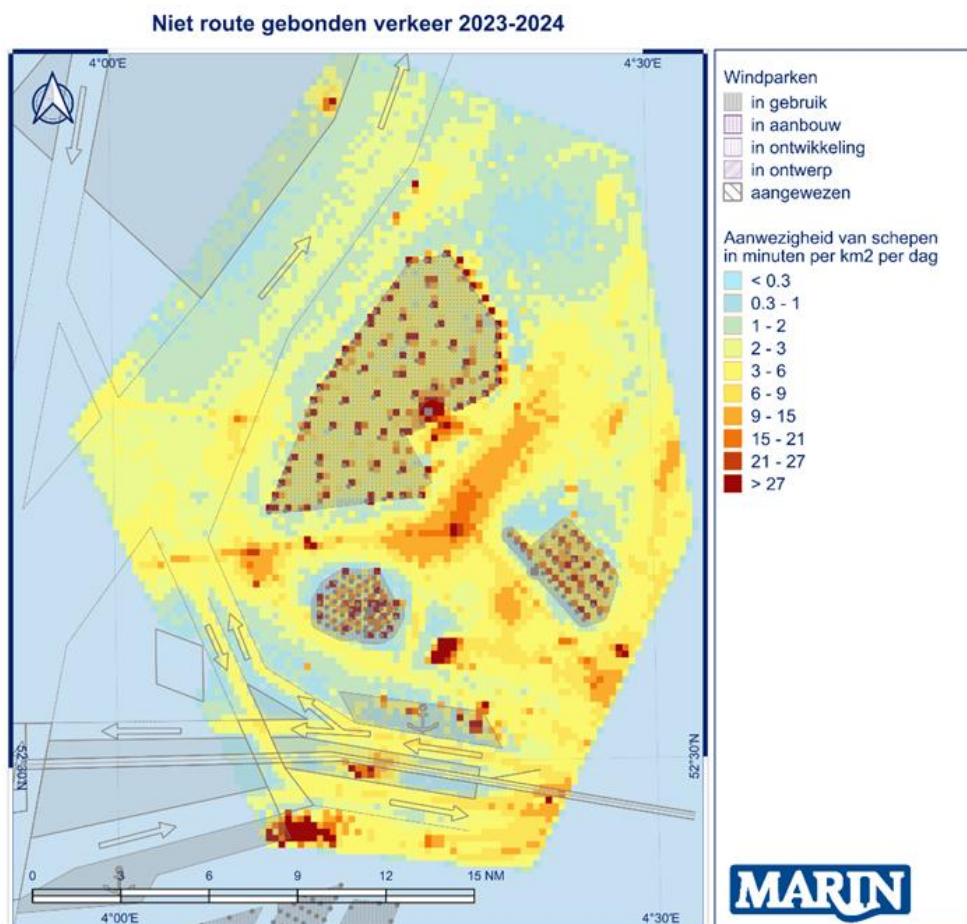
Figuur 3-30: Dichtheidskaart van niet route gebonden verkeer vóór de aanwezigheid van windturbines voor gebied HKZ



*Figuur 3-31: Dichtheidskaart van niet route gebonden verkeer na realisatie van gebied HKZ.*



*Figuur 3-32: Dichtheidskaart van niet route gebonden verkeer vóór de aanwezigheid van windturbines voor gebied HKN.*



Figuur 3-33: Dichtheidskaart van niet route gebonden verkeer na realisatie van gebied HKN.

### 3.4.3 Conclusie

Niet-routegebonden scheepvaart vormt een minder homogene categorie dan routegebonden verkeer, waardoor analyse en interpretatie complexer zijn. Desondanks kan op basis van de uitgevoerde data-analyse worden geconcludeerd dat de aanleg van een windpark op zee leidt tot significante veranderingen in het gedrag van niet-routegebonden scheepvaart in en rondom het park. Een deel van het bestaande verkeer wordt verplaatst naar andere zones, terwijl een ander deel geheel uit het gebied lijkt te verdwijnen. Tegelijkertijd genereert het windpark nieuw verkeer, voornamelijk gerelateerd aan onderhouds- en ondersteuningsactiviteiten, zoals scheepsbewegingen tussen havens aan de Nederlandse kust en de windparklocatie. Voor toekomstige windparken die verder uit de kust worden gerealiseerd, zal dit patroon naar verwachting enigszins afwijken.

De geografische verdeling van scheepsbewegingen toont bovendien aan dat een aanzienlijk deel van het niet-routegebonden verkeer zich feitelijk routegebonden gedraagt door binnen het verkeersscheidingsstelsel te blijven. In algemene zin kan worden geconcludeerd dat de plaatsing van een windpark een duidelijk effect heeft op de hoeveelheid, de ruimtelijke spreiding en de dynamiek van niet-routegebonden scheepvaartverkeer.

### 3.5 Maatgevende omstandigheden en scheepstypes

Het Afwegingskader voor het bepalen van veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee is gebaseerd op scheepstypen en afmetingen die als maatgevend voor beleidsvorming worden beschouwd. Naast deze dimensionele uitgangspunten is het van belang te definiëren onder welke omstandigheden het afwegingskader zijn relevantie behoudt. Deze paragraaf richt zich daarom op de

identificatie van maatgevende omstandigheden en scheepstypen binnen het ruimtegebruik van verkeersbanen rondom windparken. De centrale deelvraag luidt:

*Wat zijn momenteel de maatgevende omstandigheden en scheepstypes m.b.t. het ruimtegebruik van de verkeersbanen rondom windparken?*

De methodiek voor het bepalen van maatgevende scheeps- en omgevingsparameters is gebaseerd op een statistische analyse van AIS-data over een periode van vijf jaar binnen de geselecteerde studiegebieden. Voor elk (deel)gebied zijn beschrijvende statistieken berekend, waaronder het gemiddelde, de mediaan, het 98,5<sup>e</sup> percentiel en de maximale waarde voor scheepslengte en snelheid over de grond (SOG). Het 98,5<sup>e</sup> percentiel is gehanteerd als maatgevende waarde voor scheepslengte en snelheid, aangezien deze benadering een robuuste representatie biedt van extreme, maar realistische condities. Daarnaast is aandacht besteed aan maatgevende meteorologische omstandigheden, waarbij een aanvullende analyse is uitgevoerd voor situaties met harde wind ( $\geq 6$  Beaufort); de resultaten hiervan zijn opgenomen in APPENDIX 1.

Voorafgaand aan de analyse is een strikte filtering toegepast om de kwaliteit en relevantie van de dataset te waarborgen. Alleen RB schepen zijn geselecteerd. De berekening van maatgevende percentielen is uitgevoerd door per referentielijn alle kruisende scheepstracks te selecteren. Hierbij is een filter toegepast waarbij tracks met een hoek kleiner dan 15 graden ten opzichte van de referentielijn zijn uitgesloten, om schepen die vrijwel parallel varen niet mee te nemen. Daarnaast zijn tracks met onrealistische waarden verwijderd, zoals snelheden kleiner dan 0,1 knoop of groter dan 99 knopen, en scheepslengtes kleiner dan 2 meter of groter dan 600 meter.

Alle schepen die aan deze criteria voldoen, zijn verzameld en geanalyseerd. De berekende statistieken zijn per (deel)gebied opgeslagen, waarmee een consistente basis is gecreëerd voor het vaststellen van maatgevende scheepskenmerken en omgevingscondities. Tabel 3-5 geeft een overzicht van de maatgevende scheepslengte en snelheid in de studiegebieden. Voor het afwegingskader laat dit overzicht goed zien dat tegenwoordig het maatgevende schip (p98.5) een lengte van 400m heeft met uitzondering van enkele corridors waar de lengte rond 300m ligt.

Voor het bepalen van de padbreedte is niet alleen de scheepslengte relevant, maar ook het aantal schepen dat gebruikmaakt van de betreffende route. Opvallend is dat binnen de onderzochte studiegebieden slechts één route voorkomt met meer dan 18.000 passages, waarvoor een maximale padbreedte van acht scheepslengtes geldt. Alle overige routes vallen binnen lagere categorieën, wat van invloed is op de dimensionering van veilige afstanden volgens het afwegingskader. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat deze analyse is uitgevoerd voor alleen RB schepen. Zoals gezien in paragraaf 3.4 maakt ook NRB gebruik van het verkeersscheidingsstelsel. Het aantal passages door NRB verkeer ligt echter aanzienlijk lager dan voor RB verkeer. Aangezien alle routes ver onder de grens van 18.000 passages liggen (met uitzondering van HKN noordelijk richting) zal bovenstaande conclusie betreffende de verkeersintensiteit niet veranderen indien NRB wel meegenomen wordt in de telling.

Daarnaast blijkt uit de analyse dat windcondities geen significante invloed uitoefenen op de vaarsnelheid. Dit is een cruciale bevinding voor de beoordeling van maatgevende manoeuvres, waarbij de aanvangssnelheid onder verschillende meteorologische omstandigheden een bepalende factor vormt. Hoewel werd aangenomen dat schepen hun snelheid zouden reduceren bij harde wind en hoge golven, blijkt dit effect in de praktijk beperkt. Mogelijk treedt snelheidsreductie op onder extreme omstandigheden, maar dergelijke situaties komen zelden voor en zijn van korte duur. Op basis van het 98,5<sup>e</sup> percentiel van de snelheid zijn geen substantiële verschillen waarneembaar, wat erop wijst dat schepen in de meeste gevallen hun operationele snelheid handhaven, zelfs bij verhoogde windbelasting.

Tabel 3-5: *Overzicht van de maatgevende scheepslengte en snelheid in de studiegebieden. Gebaseerd op AIS data voor het jaar 2024, en opgesplitst volgens alle wind condities, en windkracht 6 of hoger.<sup>1</sup>*

Gebied	Wind	Aantal schepen	Lengte [m]		SOG [kn]	
			p50	p98.5	p50	p98.5
HKZ Noordelijke richting	alle	5447	133	400	11,8	18,6
	>= 6	691	138	400	11,4	18,4
HKZ Zuidelijke richting	alle	4104	119	400	10,4	16,9
	>= 6	546	126	400	9,7	16,5
HKZ Oostelijke richting	alle	4468	129	292	9,3	15,9
	>= 6	638	129	250	8,7	15,3
HKN Noordwestelijke richting	alle	2584	130	292	9,9	18
	>= 6	395	139	292	9,9	17,8
HKN Noordelijke richting (Kavel V)	alle	18125	122	398	12	19,6
	>= 6	2460	133	398	11,6	19,4
HKW Westzijde	alle	12131	140	366	11,4	19,4
	>= 6	2212	144	366	10,4	19,2
HKW Oostzijde	alle	8611	123	399	11,4	19,2
	>= 6	1487	132	399	10,8	19
Nederwiek Noordelijke richting	alle	8269	185	399	12,4	18,6
	>= 6	1562	184	399	12	18,2
Nederwiek Zuidelijke richting	alle	8101	184	348	11,8	18,4
	>= 6	1521	184	337	11	18
Doordewind Oostelijke richting	alle	7329	197	400	12,2	19,4
	>= 6	1382	190	400	12,2	19,6
Doordewind Westelijke richting	alle	7261	175	399	11,8	19,6
	>= 6	1381	183	400	10,6	19,4

### 3.6 Driftgedrag

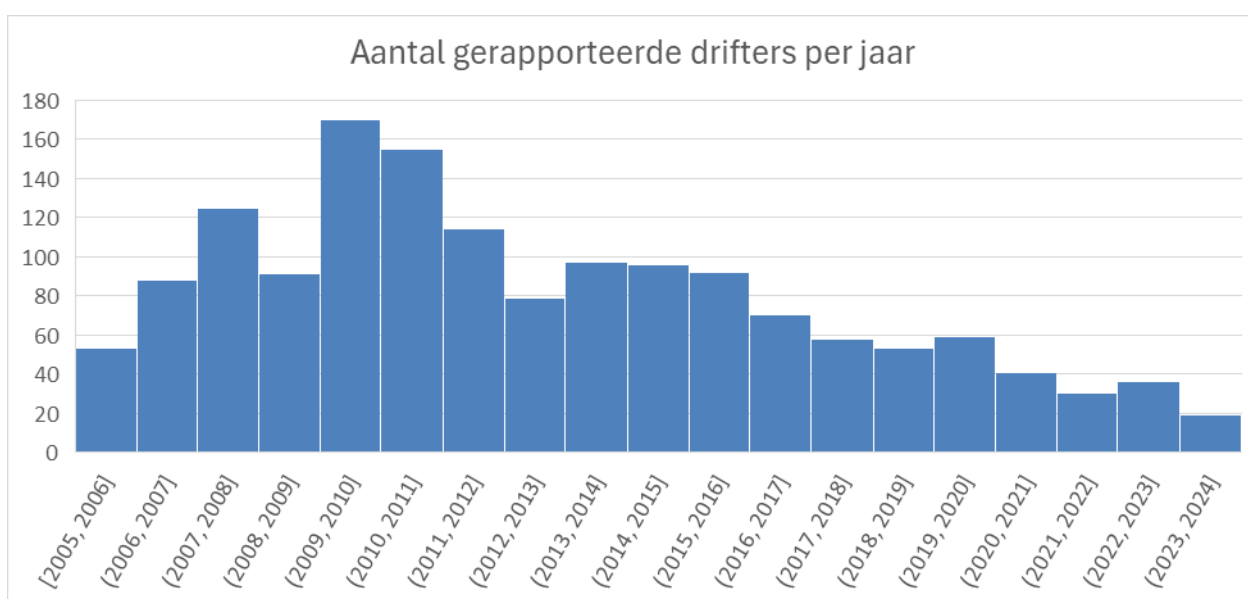
Hoewel schepen zich onder normale omstandigheden voortbewegen op basis van eigen aandrijving en daardoor in hoge mate voorspelbaar gedrag vertonen, kan zich een situatie voordoen waarin een schip door een technische storing tijdelijk zijn voortstuwing of besturing verliest. In dergelijke gevallen blijft het schip niet stationair, maar wordt het beïnvloed door de heersende omgevingscondities, zoals wind en stroming, waardoor het een driftbeweging ondergaat. Het Afwegingskader voor veilige afstanden houdt expliciet rekening met dit driftgedrag en hanteert een 'voorlopige' afstand van 1.7 nautische mijl ten opzichte van het windpark. Driftende schepen komen met enige regelmaat voor en de afgelegde afstand tijdens de drift is uiteenlopend. Een acceptabele afstand is dus arbitrair, hetgeen de noodzaak benadrukt te bepalen hoe dit fenomeen in de analyse moet worden geïntegreerd en gewogen. De centrale deelvraag daarbij luidt:

*Hoe vaak komt driftgedrag voor (binnen de onderzoeksgebieden), hoe lang zijn schepen op drift, en wat zijn de driftsnelheden en -afstanden?*

<sup>1</sup> Getallen kunnen afwijken van de Netwerkanalyse door een andere methodiek

### 3.6.1 Methode

De analyse van driftgedrag is uitgevoerd op basis van een gecombineerde dataset bestaande uit AIS-gegevens en een drifter-database van de Kustwacht en Rijkswaterstaat. Deze database bevat een overzicht van gerapporteerde driftsituaties in de periode 2006–2024, inclusief essentiële parameters zoals MMSI-nummer, begin- en eindpositie, en de bijbehorende tijdstempels. In totaal zijn in deze periode 1.525 drifters geregistreerd, waarbij een duidelijke piek optreedt in het jaar 2010, gevolgd door een afnemende trend in de daaropvolgende jaren. Deze trend is niet goed te verklaren maar zou mede veroorzaakt kunnen zijn door een wijziging in de methode waarop incidenten worden geregistreerd. De afname in het aantal gemelde drifters betekent dus niet noodzakelijk ook een afname in het aantal daadwerkelijke driftsituaties. De beschikbare gegevens vormen binnen deze studie een basis voor het kwantificeren van de frequentie, duur en ruimtelijke spreiding van driftincidenten, en bieden inzicht in de mate waarin dergelijke gebeurtenissen relevant zijn voor het Afwegingskader. Figuur 3-34 is een weergave van het aantal gerapporteerde drifters per jaar op basis van de gegevens van de Kustwacht.



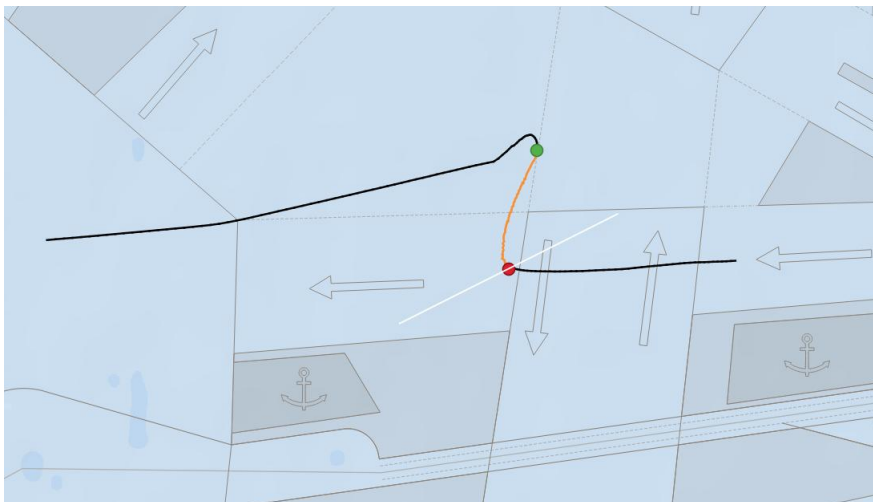
Figuur 3-34: Aantal gerapporteerde drifters per jaar

De reconstructie van drifttrajecten is uitgevoerd door AIS-data te koppelen aan de drifter-database op basis van het MMSI-nummer en de gerapporteerde begin- en eindtijd van het incident. Om kleine afwijkingen in tijdregistratie op te vangen, is een marge van één uur toegepast rondom de gerapporteerde tijdstippen. De AIS-data vormt een waardevolle aanvulling op de drifter-database, omdat zij gedetailleerde informatie bevat over het gedrag van het schip gedurende de driftperiode, waaronder positie, snelheid, koers (zowel relatief als absoluut) en navigatiestatus, met een updatefrequentie van circa één minuut.

De navigatiestatus, zoals opgenomen in het AIS-sigitaal, is gebruikt als primaire indicator om te bepalen of een schip daadwerkelijk op drift was. Indien de statuswaarde gelijk is aan 2 ("Not Under Command"), wordt het schip als drifter geclassificeerd. Visuele interpretatie van de trajecten bevestigt dat deze status in hoge mate overeenkomt met het segment waarin het schip driftgedrag vertoont, hoewel een lichte vertraging in de statusregistratie ten opzichte van het feitelijke begin van de drift is waargenomen. Voor elk geïdentificeerd drifttraject zijn vervolgens de volgende parameters berekend:

- Afgelegde driftafstand: de totale afstand die het schip heeft afgelegd langs het drifttraject;
- Hemelsbrede driftafstand: de kortste afstand tussen het begin- en eindpunt van het drifttraject;
- Loodrechte driftafstand: de afwijking ten opzichte van de oorspronkelijke koers bij aanvang van de drift, waarmee wordt vastgesteld hoe ver het schip van zijn geplande route is afgedreven;
- Totale drifttijd: de duur van de driftperiode;
- Gemiddelde driftsnelheid: berekend op basis van de afgelegde afstand en de totale drifttijd.

Een voorbeeld van een driftpatroon van een schip uit de data is zichtbaar gemaakt in Figuur 3-35. Bij de rode stip heeft het schip het AIS-signaal aangepast naar 'Not under command' (NUC), bij de groene stip is het signaal weer 'Under way using engine' of anders. Het oranje deel van de track is dus het deel waar het schip aangeeft dat het NUC is. Met de witte lijn is de referentie zichtbaar waarmee de loodrechte driftafstand wordt berekend. Omdat het schip vaak al aan het drijven is wanneer de AIS-code wordt aangepast zit er een onzekerheidsfactor bij deze methode. De berekeningen bieden niettemin een kwantitatieve basis voor het beoordelen van de ruimtelijke impact van driftgedrag op de omgeving.



Figuur 3-35: Voorbeeld van een driftend schip. De rode stip is de start van de drift, de groene stip het einde.

### 3.6.2 Resultaten

In totaal zijn 133 drifters geïdentificeerd in de geanalyseerde AIS-dataset, afkomstig uit de periode 2019 en 2021 tot en met 2024. Het gaat hier om voorvallen op de gehele Nederlandse Noordzee omdat de studiegebieden een te klein domein bleken voor een relevante analyse. Twee drifters zijn als onbetrouwbaar aangemerkt, aangezien bij deze gevallen de loodrechte driftafstand groter bleek dan de daadwerkelijk afgelegde driftafstand, hetgeen wijst op een inconsistente meetwaarde. De resultaten van de overige 131 drifters zijn samengevat in Tabel 3-6. Deze tabel presenteert de gemiddelde driftafstanden (uitgedrukt in nautische mijlen), evenals de bijbehorende drifttijd en driftsnelheid. Daarnaast worden de mediaan, 98.5<sup>e</sup> percentiel en maximale waarde weergegeven, waarmee inzicht wordt geboden in de spreiding van de waarnemingen. De spreiding van de driftgegevens wordt ook geïllustreerd aan de hand van histogrammen en box plots in Figuur 3-36. Deze visualisatie maakt duidelijk dat de gegevens asymmetrisch verdeeld zijn, met een groot aantal drifters dat vanuit een statistisch oogpunt als uitbuiting aangemerkt zou kunnen worden.

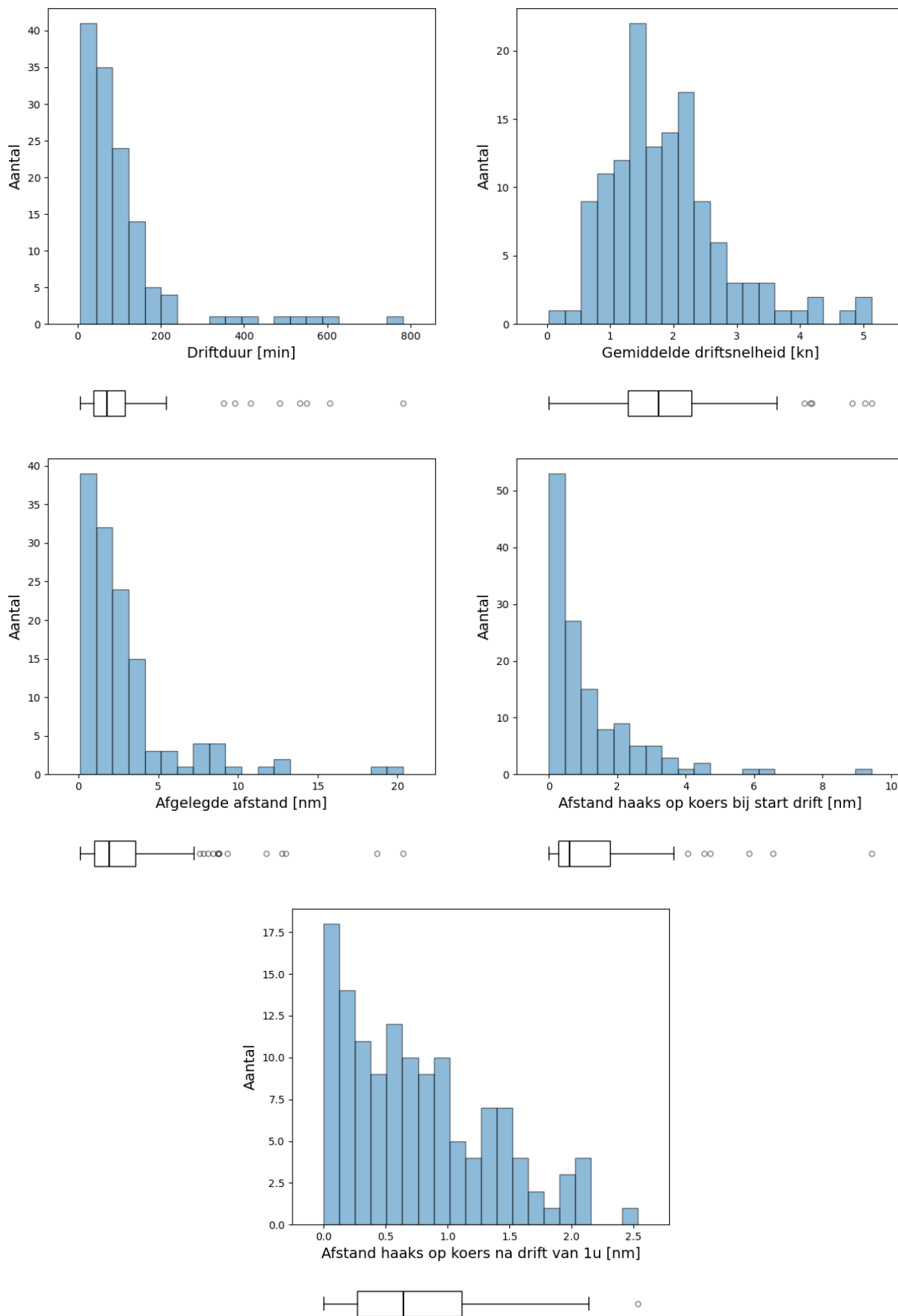
De drifttijd is afhankelijk van de operationele omstandigheden aan boord van het betreffende schip, de drift is immers het resultaat van een technische storing. Wat als een representatieve drifttijd kan worden beschouwd, is derhalve niet eenduidig vast te stellen en hangt af van strategische keuzes. Gezien de verschillende mogelijke omstandigheden en de resulterende variatie in de data, lijkt het voor het vaststellen van een ruimtelijke standaard die voor de gehele Noordzee geldt verdedigbaar om uit te gaan van de loodrechte driftafstand. Dit sluit aan bij het uitgangspunt van het afwegingskader, waarin de afstand tussen een windpark en een scheepvaartroute eveneens loodrecht op de route wordt bepaald.

Uit de grafische representatie blijkt dat de in het afwegingskader gehanteerde referentieafstand van 1,7 nautische mijl overeenkomt met het 74<sup>e</sup> percentiel van de empirische resultaten van deze analyse. Deze referentieafstand is dus voldoende voor bijna 75% van de gemelde drift situaties, waarbij dient opgemerkt te worden dat fouten in de oriëntatie die gebruikt is om de driftafstand haaks op de koers te bepalen steeds leiden tot een overschatting van de haakse afstand. In praktijk is het dus aannemelijk dat de afstand van 1.7nm volstaat voor zelfs meer dan 75% van de driftsituaties. De dataset kan als representatief worden beschouwd voor een groot deel van de Nederlandse EEZ, waarin uiteenlopende meteorologische (wind) en oceanografische (stroming en deining) omstandigheden optreden. Deze variabiliteit verklaart mede de aanzienlijke spreiding in de driftafstanden, zoals duidelijk zichtbaar in de figuur.

De gehanteerde referentieafstand van 1,7 nautische mijl in het Afwegingskader is zodanig gekozen dat 90% van de driftende schepen bij een drift van 1u deze afstand niet overschrijdt. Dit is dus een mindere eis dan de hierboven gehanteerde totale drift. Uit de AIS analyse volgt dat 92% van de drifters inderdaad een gemiddelde driftsnelheid en -richting heeft zodanig dat ze bij een drift van een uur binnen een afstand van 1,7 nautische mijl haaks op de oorspronkelijke koers blijven. Voor een afstand van 1,87 nautische mijl, de breedte van de veiligheidsmarge volgens het ontwerpcriterium bij een maatgevend schip van 400m, is dit zelfs bijna 94%.

Tabel 3-6: Resultaten van de data-analyse van de geïdentificeerde drifters uit vijf jaar AIS-data tussen 2019 en 2024

Maat	Driftduur [min]	Driftsnelheid [kn]	Driftafstand [nm]		
			Afgelegd	Hemelsbreed	Haaks op koers
Gemiddeld	102	1.88	2.93	2.32	1.17
p50 (mediaan)	70	1.77	1.93	1.58	0.61
p98.5	554	4.84	13.28	10.86	5.89
p100 (max)	782	5.13	20.34	19.57	9.43



**Figuur 3-36:** *Histogrammen en boxplots van relevante driftgegevens, waarin een duidelijk asymmetrische verdeling met uitschieters zichtbaar is.*

### 3.6.3 Conclusie

De centrale vraag van deze paragraaf was: Hoe vaak komt driftgedrag voor (binnen de onderzoeksgebieden), hoe lang zijn schepen op drift, en wat zijn de driftsnelheden en -afstanden? Secundair wordt het uitgangspunt van het Afwegingskader hier getoetst aan empirische data.

De analyse van de data laat zien dat gemiddeld 26 schepen per jaar hun AIS-signaal aanpassen naar 'Not under command' en deze selectie laat een verscheidenheid aan driftafstanden zien met een driftsnelheid die overeenkomt met de gemiddelde heersende condities in de Nederlandse Noordzee. Gegeven de overwegingen in het Afwegingskader waarbij de afstand tussen een doorgaande scheepvaartroute en een naastliggend windpark wordt beschouwd ligt het voor de hand de loodrechte driftafstand te hanteren als maatstaf. Gegeven dat principe lijkt de 1.7 nautische mijl afstand voor driftende schepen welke het Afwegingskade hanteert voldoende, gebaseerd op de meest recente data.

## 4 RUIMTEGEBRUIK GERELATEERD AAN MAATGEVENDE MANOEUVRES

De tweede onderzoeksvraag richt zich op de manoeuvres die schepen maken en de ruimte die daarbij wordt gebruikt. De hoofdvraag luidt: Wat is het actuele ruimtegebruik gerelateerd aan maatgevende manoeuvres (zoals geïdentificeerd in het huidige afwegingskader) rondom windparken? Deze vraag is opgedeeld in de volgende deelvragen:

1. Hoe ziet de koerswijziging gerelateerd aan een uitwijkmanoeuvre eruit, en hoe verhoudt de benodigde ruimte zich tot de ruimte hiervoor voorzien in het huidige afwegingskader?
2. Hoe vaak en waar werd een rondtorn uitgevoerd binnen de onderzoeksgebieden en periode, hoeveel ruimte werd daarbij gebruikt, en hoe verhoudt deze ruimte zich tot het uitgangspunt in het huidige afwegingskader?
3. Zijn er extra manoeuvres die beschouwd moeten worden als maatgevend? Zo ja welke, hoe vaak kwamen ze voor, en hoeveel ruimte was nodig om deze manoeuvres uit te voeren?

Wanneer schepen zich binnen een vastgesteld routingsschema bewegen (routegebonden scheepvaart), vertoont hun gedrag doorgaans een hoge mate van voorspelbaarheid. Zelfs in situaties waarin schepen buiten deze routes opereren voor specifieke taken (niet-routegebonden scheepvaart), kan op basis van operationele patronen een zekere mate van regelmaat worden verwacht. Ook wanneer schepen genoodzaakt zijn uitwijkmanoeuvres uit te voeren ter voorkoming van aanvaringen, gebeurt dit conform de internationaal vastgestelde voorschriften, zoals neergelegd in de International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREGS). Niettemin beschikt de kapitein over een aanzienlijke handelingsvrijheid om de primaire verantwoordelijkheid voor de veiligheid van schip en bemanning te kunnen waarborgen. Deze discretionaire ruimte impliceert dat de manoeuvreerpatronen op zee een grote variabiliteit kunnen vertonen.

Voor de toetsing van het Afwegingskader richt deze studie zich primair op drie categorieën manoeuvres: (1) de reguliere uitwijkmanoeuvre, (2) de rondtorn als noodmaatregel, en (3) overige manoeuvres die een substantiële ruimtelijke impact hebben. De analyse van deze manoeuvres is uitgevoerd op basis van verkeersdata, waarbij twee complementaire methodologische benaderingen zijn toegepast: enerzijds geautomatiseerde clustering van manoeuvreerpatronen door middel van machine learning-technieken, en anderzijds een conventionele analyse gericht op het identificeren van specifiek gedrag in de dataset.

### 4.1 Detectie van scheepsbewegingen

In dit onderdeel van de studie is een machine learning-benadering toegepast om te onderzoeken in hoeverre het mogelijk is om verschillende typen scheepsbewegingen en manoeuvres automatisch te clusteren en classificeren. Het primaire doel van deze analyse is het vaststellen of het verkeersscheidingsstelsel (VSS) en de afstand tussen het VSS en nabijgelegen windparken voldoende ruim zijn om te voorkomen dat bepaalde manoeuvres, zoals rondtorns, binnendringen in de zones van windparken. De te onderscheiden scheepsbewegingen omvatten onder meer:

- Lineaire doorvaart zonder koerswijziging;
- Het uitvoeren van bochten;
- Rondtorns van 180° en 360°;
- Driftgedrag;
- Ankeren.

Het ontwikkelde clustermodel diende te voldoen aan de volgende vereisten:

- Het vermogen om onderscheidende en herkenbare gedragingen van schepen te identificeren zonder voorafgaande labeling van deze gedragingen;
- Het detecteren van scheepsbewegingen op verschillende schaalniveaus, variërend van geleidelijke koersveranderingen tot kortdurende, complexe manoeuvres zoals rondtorns;
- Het realiseren van een hogere prestatie op bovengenoemde punten dan conventionele filtermethoden die uitsluitend gebaseerd zijn op koerswijzigingen.

#### **4.1.1 Methodiek**

Voor deze analyse is gebruikgemaakt van een vijfjarige dataset met AIS-locatiedata, verzameld in de periode 2020–2024. De geregistreerde scheepvaarttrajecten zijn opgedeeld in segmenten van zestig tijdstappen, waarbij iedere tijdstap een interval van zestig seconden vertegenwoordigt. Elk segment beslaat derhalve een periode van één uur. Om de focus te leggen op schepen met een aanzienlijke manoeuvreerimpact, zijn uitsluitend vrachtschepen met een lengte van meer dan 300 meter in de studie opgenomen, aangezien deze categorie doorgaans de grootste draaicirkel vertoont.

Daarnaast is een filter toegepast om segmenten met minimale koersverandering—indicatief voor rechte trajecten—uit de dataset te verwijderen. Eveneens zijn segmenten met een gemiddelde vaarsnelheid van minder dan twee knopen geëlimineerd, teneinde stilliggende of zeer langzaam varende schepen uit te sluiten. Deze selectiecriteria waarborgen dat de analyse zich richt op relevante manoeuvreerpatronen binnen dynamische verkeerssituaties.

#### **4.1.2 Input Variabelen**

De volgende variabelen uit de AIS data werden gebruikt om de segmenten te clusteren:

- Noord/zuid en oost/west afstand van de eerste tijdstap in het segment
- Noord/zuid en oost/west afstand per tijdstap
- Sinus en Cosinus van koers over de grond
- Ware snelheid (snelheid over de grond)

#### **4.1.3 Clustering Modellen**

In deze studie zijn twee verschillende modellen getest, die hieronder worden toegelicht.

##### **Model 1: Deep Clustering Autoencoder (DCAE) 117**

Dit model is gebaseerd op een neurale-netwerkarchitectuur en is ontworpen om tijdreeksdata te clusteren. Het beschikt over het vermogen om complexe, temporeel variërende signalen te herkennen en om segmenten met vergelijkbare kenmerken te groeperen. Het trainingsproces bestaat uit het iteratief aanbieden van afzonderlijke segmenten aan het model, waardoor het na meerdere trainingscycli in staat is om gemeenschappelijke patronen te abstraheren. Segmenten die overeenkomstige eigenschappen vertonen, worden vervolgens toegewezen aan hetzelfde cluster.

Een belangrijk voordeel van dit model is dat het aantal clusters niet vooraf hoeft te worden gespecificeerd; het model bepaalt dit autonoom op basis van de onderliggende structuur in de data.

Daartegenover staan enkele significante nadelen. De architectuur is complex, wat het moeilijk maakt om het interne beslissingsproces te interpreteren en te begrijpen waarom bepaalde segmenten in specifieke clusters worden geplaatst. Daarnaast is het trainen van het model tijdrovend en rekenintensief, vooral wanneer het gaat om het detecteren van zeldzame manoeuvres zoals volledige rondtorns (360°-draaiingen). Deze beperkingen reduceren de praktische toepasbaarheid van het model in operationele contexten waarin transparantie en efficiëntie cruciaal zijn.

**Model 2: UMAP and HDBSCAN [Ref 8.]**

Het tweede model bleek aanzienlijk sneller en eenvoudiger te trainen dan Model 1. Net als bij het eerste model was het niet noodzakelijk om vooraf het aantal clusters te specificeren, wat de flexibiliteit van de methode vergrootte. In tegenstelling tot Model 1 maakte dit model gebruik van geaggregeerde statistieken per segment, waaronder:

- Minimum-, maximum- en gemiddelde waarden van de variabelen zoals beschreven in paragraaf 2.1, berekend per segment;
- De totale koersverandering over de grond gedurende het gehele segment.

Deze aanpak resulteerde in een dataset waarin elk segment werd gerepresenteerd door één datapunt, in plaats van één datapunt per tijdstap binnen een segment. Het doel van deze reductie was het drastisch verlagen van de modelcomplexiteit. Een inherent nadeel van deze strategie is echter dat kleinschalige manoeuvres mogelijk verloren gaan door de aggregatie van gegevens.

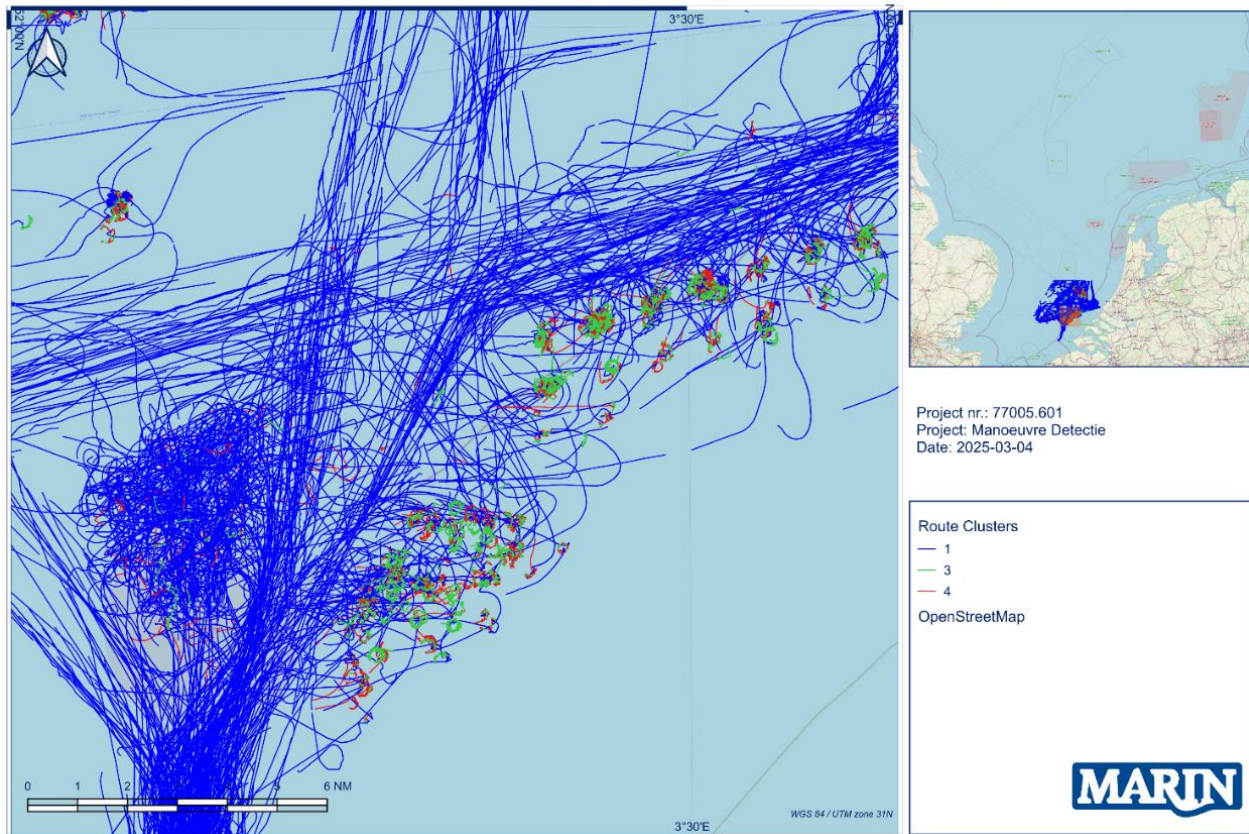
Voor het clusteren van segmenten hanteerde het model een tweestapsprocedure. In de eerste stap werd het UMAP-algoritme toegepast om de dimensionaliteit van de invoerdata terug te brengen tot twee dimensies, waardoor de complexiteit van de dataset aanzienlijk werd verminderd. Deze reductie faciliteerde de tweede stap, waarin het HDBSCAN-algoritme werd ingezet om clusters te identificeren. Door deze combinatie van technieken kon het model onderscheid maken tussen verschillende gedragsprofielen, ondanks de hoge variabiliteit in de oorspronkelijke data.

**4.1.4 Resultaten Model 1**

Model 1 is toegepast op AIS-locatiedata voor het gebied buiten de haven van Rotterdam, een zone die wordt gekenmerkt door complexe verkeerspatronen en een diversiteit aan scheepsmanoeuvres. Zoals weergegeven in Figuur 4-1, slaagde het model erin om met succes de benadering van schepen richting ankergebieden te identificeren. De groene en rode clusters representeren segmenten met lage vaarsnelheden en scherpe bochten, terwijl de blauwe clusters corresponderen met trajecten waarin meer geleidelijke bochten worden uitgevoerd bij hogere snelheden.

Hoewel Model 1 in staat was om grootschalige manoeuvres te onderscheiden—zoals langzame, krappe bochten en snellere, vloeiende koerswijzigingen—bleek het niet adequaat in het detecteren van kleinschalige manoeuvres. Voorbeelden hiervan zijn volledige 360°-rondtorns die plaatsvinden binnen een verder lineair trajectsegment. Deze beperking benadrukt dat het model voornamelijk geschikt is voor het herkennen van macro-patronen in scheepsgedrag, terwijl micro-patronen buiten het bereik van de huidige clusteringcapaciteit vallen.

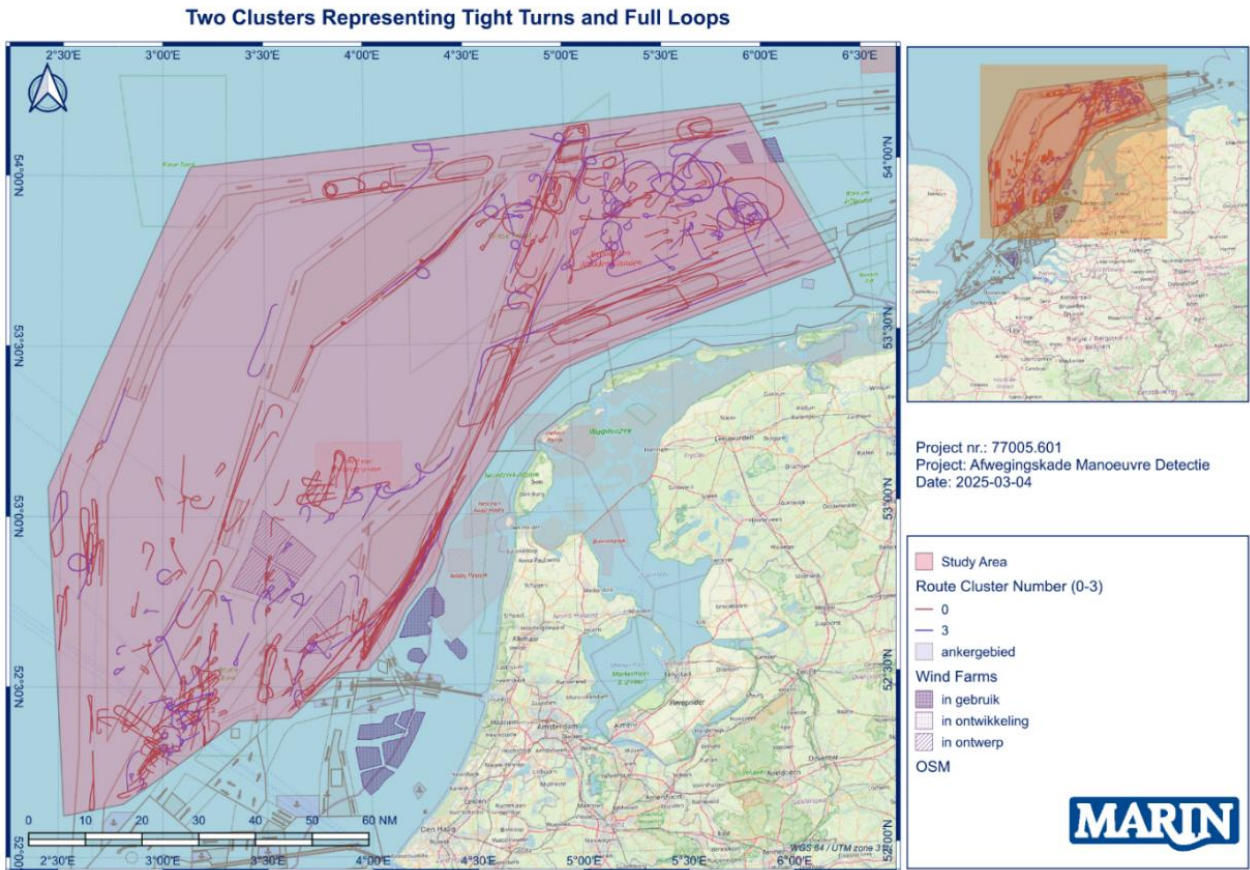
## Route Clustering Results for Containerships (Panamax and larger) outside the Port of Rotterdam



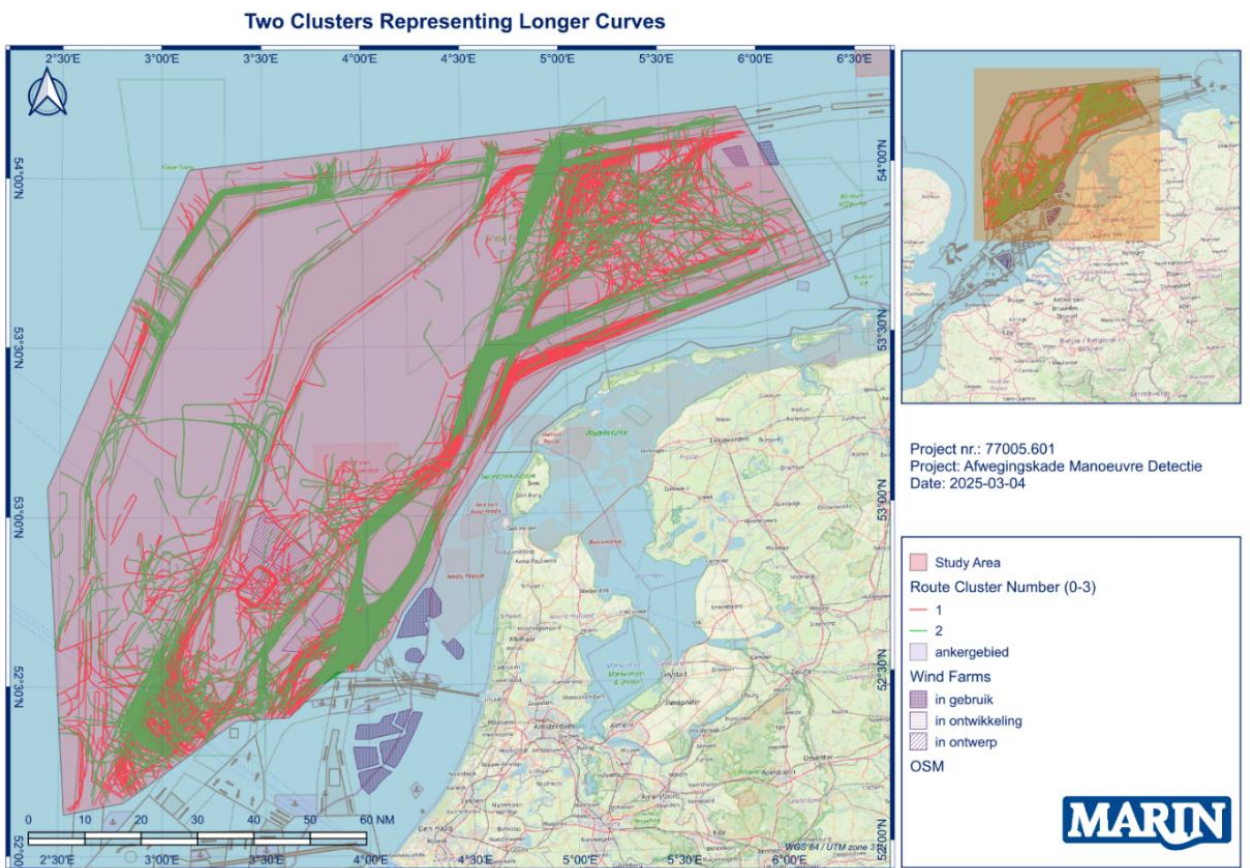
*Figuur 4-1: Clustering Resultaten. Ankerliggende schepen zijn onderscheid als afzonderlijk manoeuvreergedrag.*

#### 4.1.5 Resultaten Model 2

Model 2 is toegepast op AIS-data die het volledige VSS ten noorden van Rotterdam bestrijkt. In vergelijking met Model 1 vertoonde Model 2 een aanzienlijk hogere effectiviteit bij het identificeren van kleinschalige manoeuvreerpatronen. Figuur 4-2 illustreert twee clusters die door het model zijn gegenereerd en waarin scherpe bochten en volledige 360°-rondtorns binnen het VSS worden herkend. Figuur 4-3 toont daarentegen clusters die voornamelijk bestaan uit langere, geleidelijke bochten, hetgeen wijst op de capaciteit van het model om onderscheid te maken tussen verschillende typen manoeuvres op basis van ruimtelijke en temporele kenmerken.



Figuur 4-2: Model 2 cluster resultaten tonen lussen en krappe bochten

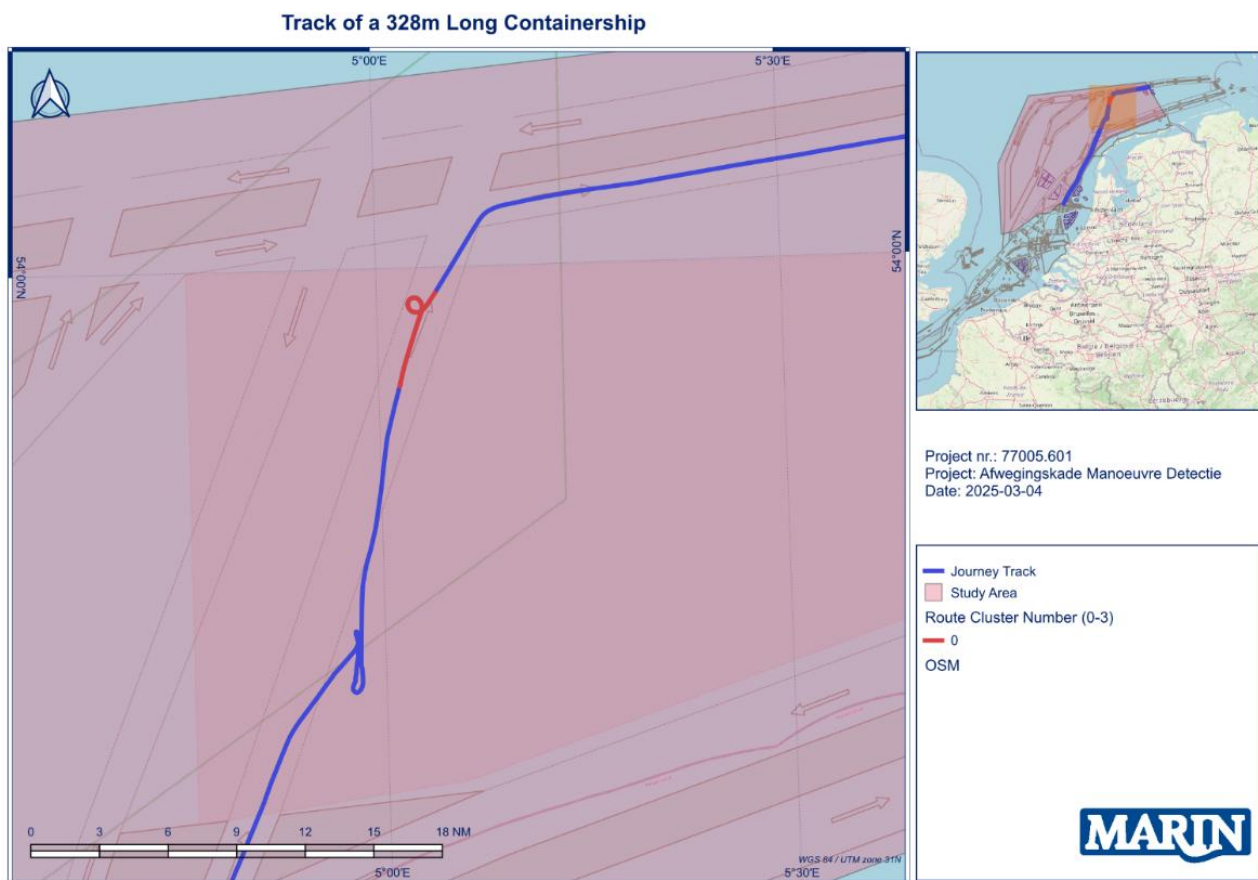


Figuur 4-3: Model 2 cluster resultaten tonen langere, graduele bochten

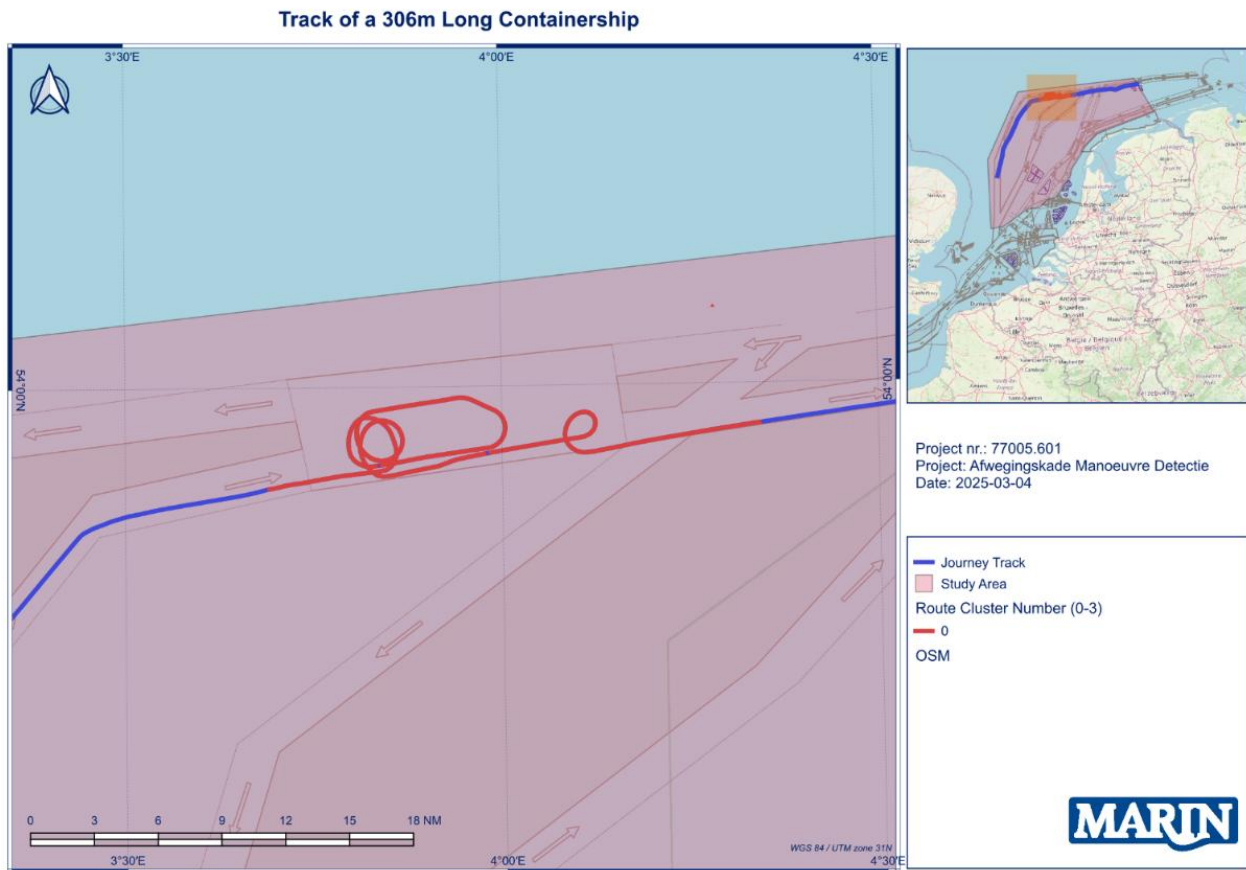
#### 4.1.6 Draaicirkels in een VSS

Figuur 4-4 en Figuur 4-5 illustreren twee representatieve voorbeelden van schepen die volledige 360°-draaicirkels (rondtorns) uitvoeren binnen een VSS. In Figuur 4-4 wordt duidelijk dat het toegepaste model het segment waarin de rondtorn plaatsvindt onderscheidt als een afzonderlijke cluster, los van de overige trajectdelen van de scheepsroute. Dit wijst op de capaciteit van het model om afwijkend manoeuvreergedrag te detecteren binnen een doorgaans uniform verkeerspatroon.

Figuur 4-5 toont een complexere situatie waarin een schip meerdere opeenvolgende rondtorns uitvoert nabij een kruispunt van het VSS. De drie afzonderlijke segmenten waarin deze lussen voorkomen, zijn door het model geclassificeerd als afwijkend gedrag ten opzichte van de resterende delen van de scheepstrack. Deze bevinding onderstreept dat het model in staat is om herhaald, niet-conventioneel manoeuvreergedrag te identificeren, zelfs wanneer dit plaatsvindt in gebieden met verhoogde verkeersdynamiek.



*Figuur 4-4: Track van een 328m lang Containerschip met een rondtoren goed geïdentificeerd door Model 2*



**Figuur 4-5:** Track van een 305m lang containerschip met een reeks lussen geïdentificeerd door Model 2

#### 4.1.7 Conclusies

In vergelijking met het eerste model blijkt het tweede model zowel eenvoudiger te implementeren als effectiever in het detecteren van zeldzaam voorkomende, kleinschalige manoeuvreerpatronen, zoals 180°- en 360°-draaicirkels binnen VSS. Een gemeenschappelijk probleem bij beide modellen betreft echter de complexiteit van het trainen om één specifiek gedrag exclusief aan één cluster toe te wijzen. Zoals geïllustreerd in Figuur 4-2 en Figuur 4-3, heeft model 2 vergelijkbare kenmerken verdeeld over meerdere clusters in plaats van deze te groeperen. Zo omvatten zowel cluster '0' als cluster '3' krappe bochten en lussen, hetgeen wijst op een suboptimale scheiding van gedragingen.

Hoewel model 2 superieur is in het identificeren van kleinschalige kenmerken, slaagt het er niet in om onderscheid te maken tussen 360°-rondtorns, 180°-bochten en andere scherpe manoeuvres. Indien dit model wordt toegepast op nieuwe AIS-data voor het detecteren van dergelijke manoeuvres, zal aanvullende handmatige verwerking noodzakelijk zijn om de output te verfijnen.

Op basis van de door model 2 geïdentificeerde draaicirkels kan worden geconcludeerd dat schepen met een lengte van meer dan 300 meter in staat zijn om volledige 360°-rondtorns uit te voeren binnen bepaalde segmenten van het VSS, zonder de vastgestelde grenzen te overschrijden. Deze conclusie geldt uitsluitend voor gebieden waar dergelijke manoeuvres daadwerkelijk zijn waargenomen, zoals weergegeven in Figuur 4-4 en Figuur 4-5.

Bij de start van deze studie werd aangenomen dat het, naast het identificeren van rondtorns, mogelijk zou zijn om ook andere typen manoeuvres te clusteren. Op basis van een dergelijke classificatie had kunnen worden vastgesteld of aanvullende manoeuvres als maatgevend moesten worden beschouwd binnen het huidige afwegingskader. De toegepaste methode heeft binnen de tijd die voor dit onderzoek was gegeven deze verwachting echter niet kunnen waarmaken; zij bleek nog niet in staat om andere

manoeuvres op een systematische wijze te onderscheiden of te groeperen. Het is aannemelijk dat toekomstige incrementele verbeteringen van de gebruikte modellen tot betere resultaten zullen leiden. Daarnaast kan een alternatieve benadering, gebaseerd op anomaly detection, potentieel succesvoller zijn bij het identificeren van relatief zeldzame gebeurtenissen zoals rondtorns. Deze alternatieve methodieken zijn omwille van de voortgang van het project niet verder onderzocht.

#### **4.2 Koerswijziging gerelateerd aan een uitwijkmanoeuvre**

Voor routegebonden scheepvaart, en in het bijzonder voor koopvaardij schepen, geldt dat het reduceren of variëren van snelheid op volle zee ter voorkoming van aanvaringen in de praktijk niet gebruikelijk is. Dit heeft primair te maken met de technische configuratie van de voortstuwingsinstallatie. De aandrijving van dergelijke schepen is doorgaans zodanig ingesteld dat kortdurende variaties in belasting niet wenselijk zijn, omdat dit kan leiden tot inefficiënties of mechanische belasting van het systeem.

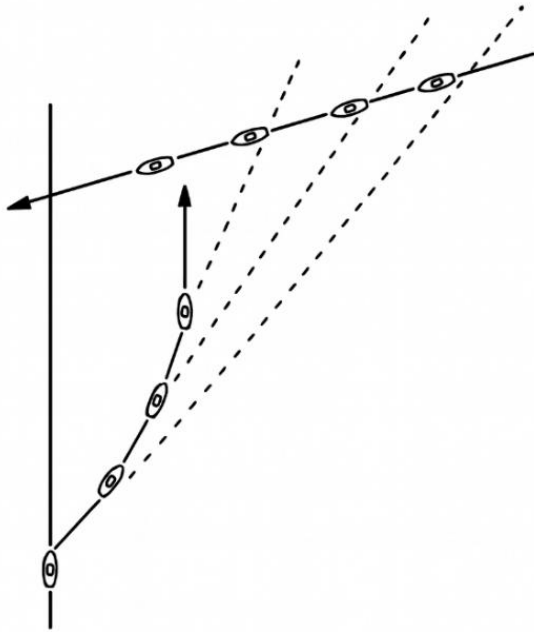
Tijdens aanloop- en vertrekfasen van een haven wordt de machinekamer expliciet voorbereid op manoeuvreeracties, waardoor flexibiliteit in vermogen en toerental beschikbaar is. Op volle zee ontbreekt deze operationele flexibiliteit echter in de meeste gevallen. Hierdoor beschikken schepen doorgaans niet over de mogelijkheid om door middel van snelheidsaanpassing een aanvaring te voorkomen. De primaire maatregel blijft daarom het wijzigen van de koers. Als gevolg hiervan vertonen uitwijkmanoeuvres een grote variabiliteit in vorm en omvang. Deze diversiteit wordt bepaald door factoren zoals scheepstype, beschikbare ruimte, verkeerssituatie en omgevingscondities.

Uit de voorgaande analyse blijkt dat het binnen deze studie voorsnog niet mogelijk is specifieke manoeuvres uitsluitend op basis van de beschikbare data automatisch te detecteren. Aangezien het wel haalbaar is met conventionele methoden schepen te identificeren die een volledige koersverandering van 360° hebben uitgevoerd, zal in de volgende paragraaf nader op deze benadering worden ingegaan.

Het gaat te ver binnen deze studie alle mogelijke uitwijkmanoeuvres conform het zee aanvaringsreglement (BVA, of COLREGS) te analyseren, maar over een 'normale' koerswijziging gerelateerd aan een uitwijkmanoeuvre kan in theorie het volgende worden gezegd: Gelijk aan het wegverkeer heeft rechts ook op het water over het algemeen voorrang. Dat betekent dat een schip welke een ander schip aan stuurboordzijde nadert, uitwijkplichtig is indien beide werktuigelijk voortbewogen schepen zijn die niet in hun manoeuvreerbaarheid worden belemmerd. Volgens de voorschriften dient daarbij een uitwijkmanoeuvre over bakboord te worden vermeden waardoor een koersverandering over stuurboord voor de hand ligt.

Volgens goed zeemanschap wordt de uitwijkmanoeuvre tijdig en duidelijk waarneembaar ingezet. Op zee houdt dat in dat het schip dat uitwijkt een dermate grote koersverandering maakt dat de manoeuvre op het andere schip goed zichtbaar is, zowel overdag als 's nachts. In het donker is de koersverandering enkel duidelijk waarneembaar wanneer het andere boordlicht zichtbaar wordt. In de praktijk wordt een eenmalige uitwijkmanoeuvre doorgaans ingezet op een afstand van circa 2 tot 3 nautische mijlen, zodat de manoeuvre ook bij nacht duidelijk zichtbaar is. De minimale zichtbaarheid van boordlichten is immers vastgelegd in BVA regel 22: 3 mijl voor schepen langer dan 50 meter en 2 mijl voor schepen tussen 12 en 20 meter.

Een uitwijkmanoeuvre op een afstand van 2 tot 3 mijl resulteert in een afwijking van de oorspronkelijke koerslijn van maximaal 1 mijl (zie Figuur 4-6). Het schip dat van stuurboord nadert, houdt koers en vaart, terwijl het uitwijkende schip tijdig manoeuvreert. Deze situatie is representatief voor een verkeersbaan binnen een verkeersscheidingsstelsel met hoge verkeersintensiteit.



Figuur 4-6: Voorbeeld van een standaard uitwijkmanoeuvre

Uitwijken over stuurboord is de standaard praktijk, conform voorschrift 15, dat overlopen vóór het andere schip verbiedt al is bekend dat een klein deel van de uitwijkmanoeuvres over bakboord plaatsvindt. De uitwijkafstand aan bakboordzijde is doorgaans kleiner dan aan stuurboordzijde. Uitwijking over bakboord kan noodzakelijk zijn wanneer een schip moet uitwijken voor een werktuiglijk voortbewogen schip van stuurboord, terwijl de stuurboordzijde niet vrij is. In dergelijke gevallen geldt nog steeds het verbod om vóór het andere schip over te lopen. Indien een werktuiglijk voortbewogen schip in een verkeersbaan een aanvaring moet vermijden en uitwijken naar stuurboord niet mogelijk is omdat de ruimte ontbreekt en snelheidsreductie geen effect sorteert, resteert een rondtorn over bakboord als laatste optie. Ook bij beperkt zicht (voorschrift 19) kan uitwijken over bakboord noodzakelijk zijn.

Er bestaat discussie over de vraag of schepen in een verkeersbaan tot aan de bakboordgrens varen. Vanuit het perspectief van veilige navigatie is het aannemelijk dat schepen enige afstand tot deze grens bewaren, bijvoorbeeld één scheepslengte, om manoeuvreerruimte te behouden voor een koerswijziging naar stuurboord. In dat geval wordt een rondtorn ingezet vanaf een positie één scheepslengte binnen de bakboordgrens van de routeringsmaatregel. Anderzijds is het realistisch te veronderstellen dat schepen zich over de volledige breedte van de verkeersbaan verdelen (zoals aangetoond in 3.3), waardoor een rondtorn ook direct vanaf de bakboordgrens kan worden ingezet.

Ten slotte is het plausibel dat een werktuiglijk voortbewogen schip in een verkeersbaan, dat een aanvaring wil voorkomen met een ander werktuiglijk voortbewogen schip dat zijn uitwijkplicht verzuimt, niet eerst een beperkte koerswijziging uitvoert, maar direct een rondtorn over bakboord inzet. In dat scenario wijkt het schip niet eerst 0,3 nautische mijl af van zijn oorspronkelijke koerslijn, zoals gebruikelijk bij een standaard uitwijkmanoeuvre, maar start onmiddellijk met de rondtorn.

### 4.3 Geïdentificeerde rondtorns

Volgend op de methode waarbij de mogelijkheid van geautomatiseerde manoeuvreherkenning is toe te passen is besloten een conventionele data-analyse uit te voeren waarbij in ieder geval de rondtorns konden worden geïdentificeerd. Binnen de afgebakende studiegebieden en voor de onderzoeksperiode 2020–2024 is gezocht naar vaargedrag dat duidt op het uitvoeren van rondtorns, in het bijzonder in de nabijheid van (geplande) windparken. De selectie van relevante scheepsreizen is gebaseerd op de volgende criteria:

- Routegebonden verkeer,
- Maatgevende schepen (in het gebied rond HKN lengte  $\geq 250\text{m}$ , in overige gebieden lengte  $\geq 300$ ),
- Het pad van het schip kruist zichzelf op een gegeven moment (wat impliceert dat er een volledig rondje is gevaren),
- Visuele selectie: het geobserveerde traject vertoont een patroon dat in aanzienlijke mate overeenkomt met een rondtorn,

Op basis van deze selectiecriteria zijn in totaal 46 scheepsreizen geïdentificeerd waarin het vaargedrag overeenkomt met een rondtorn. Voor elk van deze geselecteerde manoeuvres is de offset berekend. Deze offset wordt gedefinieerd als de loodrechte afstand vanaf de oorspronkelijke koers tot het punt waar de draai werd ingezet (zie Figuur 4-7). Deze maat geeft inzicht in de benodigde ruimte binnen de veiligheidsmarge indien een schip een dergelijke manoeuvre zou uitvoeren aan de rand van het geplande vaar pad. In het huidige afwegingskader wordt voor deze manoeuvre een veiligheidsafstand gehanteerd van zesmaal de scheepslengte.



*Figuur 4-7: Voorbeeld van de gemeten offset horende bij een rondtorn.*

Tabel 4-1 presenteert een overzicht van alle geïdentificeerde rondtorns binnen de geselecteerde studiegebieden over een periode van vijf jaar. Deze kwantitatieve resultaten zijn aanvullend gevisualiseerd in Figuur 4-8, waarmee de ruimtelijke spreiding en frequentie van de manoeuvres inzichtelijk worden gemaakt. Op basis van deze analyse komen enkele opvallende patronen en bevindingen naar voren.

De geobserveerde offset vertoont aanzienlijke variatie, hetgeen verklaard kan worden door verschillen in beschikbare ruimte en de aanleiding voor het uitvoeren van de manoeuvre. Zo zijn rondtorns waargenomen ten westen van het gebied HKZ in de aanloop naar de haven van Rotterdam. Deze manoeuvres lijken te zijn uitgevoerd omdat schepen moesten wachten alvorens de haven konden binnenvaren. In situaties waarin geen sprake is van een noodsituatie, of waarin voldoende manoeuvreerruimte beschikbaar is, is het aannemelijk dat een schip niet kiest voor de kleinste mogelijke draaicirkel, maar eerder voor een comfortabele roerhoek.

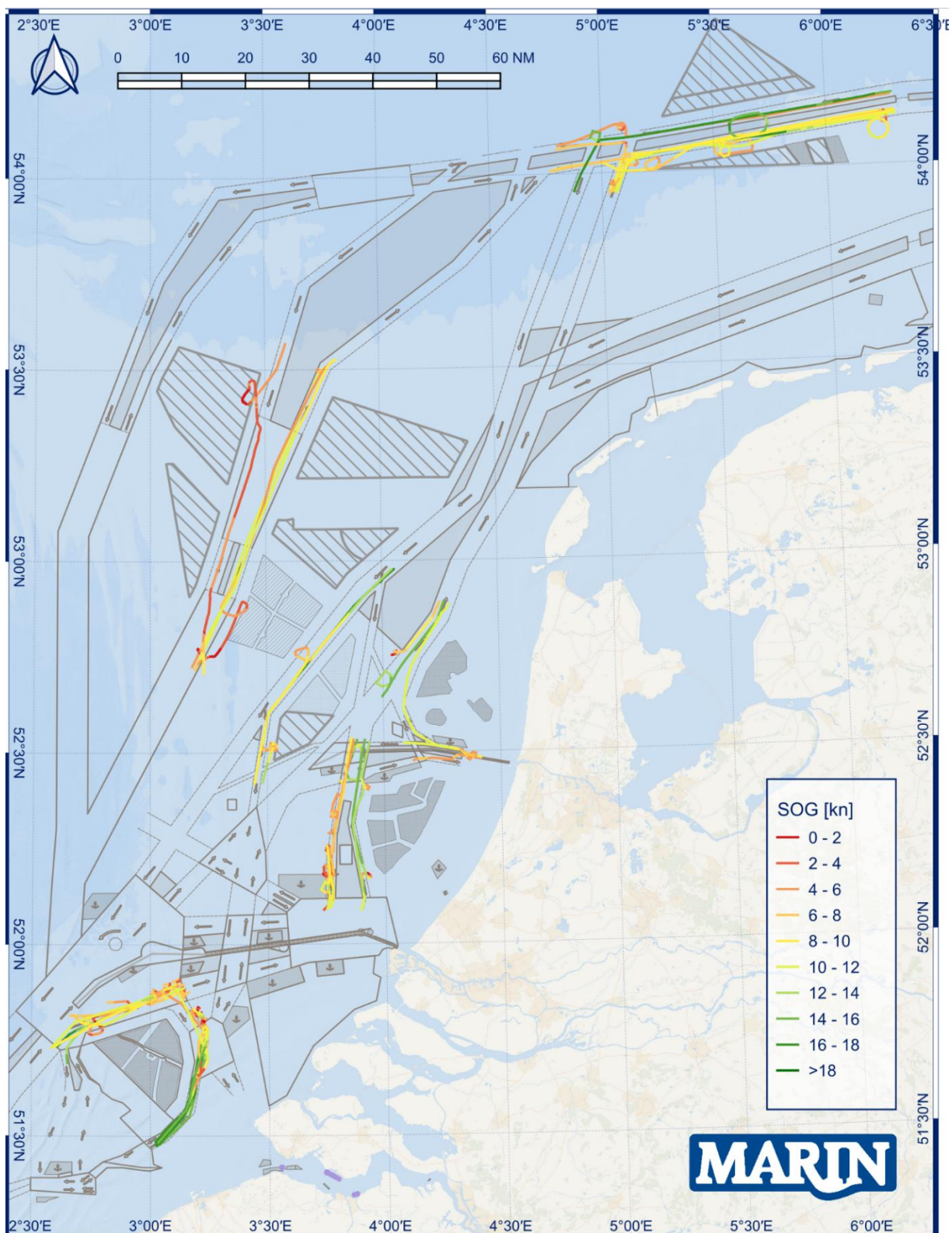
Daarnaast blijkt dat in veel gevallen het schip reeds snelheid had gereduceerd voordat de rondtorn werd ingezet. De aanvangssnelheid van de manoeuvre ligt daardoor lager dan de maatgevende snelheid zoals vastgesteld in sectie 3.6. Dit vormt een aanvullende aanwijzing dat de geïdentificeerde rondtorns waarschijnlijk niet het gevolg waren van noodsituaties.

Hoewel de gemeten offset in veel gevallen groter is dan de in het afwegingskader voorziene ruimte van zesmaal de scheepslengte (6L), zijn er tevens voldoende voorbeelden gevonden waarin schepen de

rondtorn ruim binnen deze marge uitvoeren. Dit geldt zelfs onder omstandigheden met aanzienlijke windsterkte (6 tot 7 Beaufort), en ondanks het vermoeden dat het niet ging om noodsituaties die een abrupte roeromgooi vereisten.

*Tabel 4-1: Gevonden rondtorns in de jaren 2020 tot en met 2024 in de studiegebieden, voor RB schepen met een lengte van ten minste 250m (gebied HKN) of 300m (overige gebieden).*

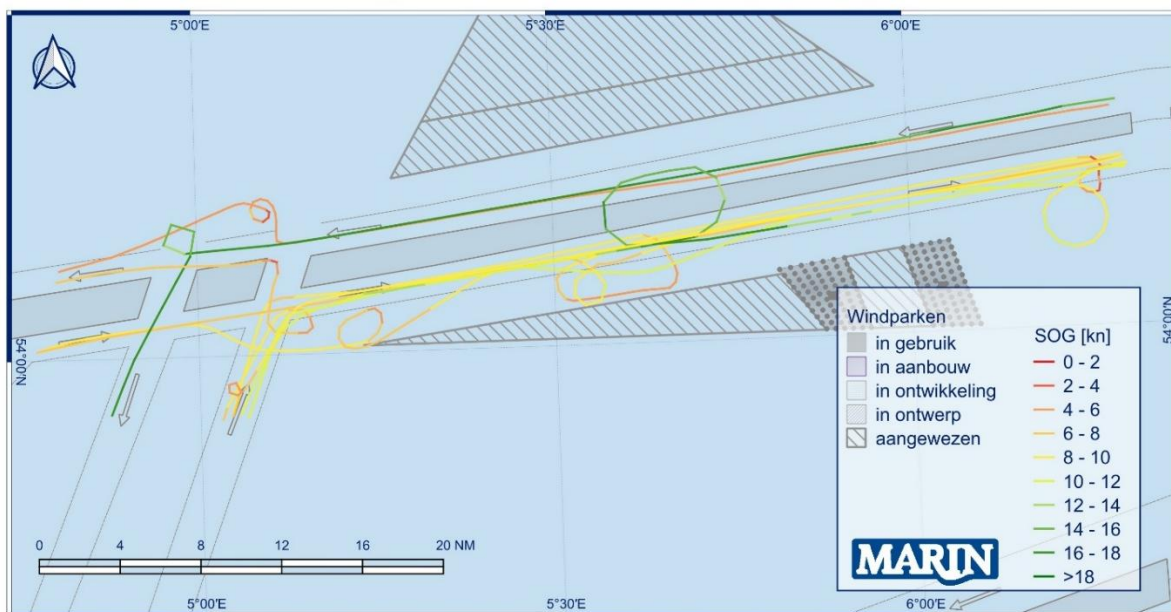
Gebied	Type schip	Lengte [m]	Offset [m]	Offset [L]	SOG [kn]	Windkracht	Golfhoogte [m]
Borssele	Container	400	700	1,8	6	2	1,1
Borssele	Container	351	700	2,0	4,2	3	0,3
Nederwiek	Container	399	900	2,3	5,8	5	2,6
Borssele	Container	368	850	2,3	4,7	5	1,1
Borssele	Container	400	1200	3,0	9,3	3	0,8
Borssele	Container	366	1200	3,3	2,9	5	1,9
Borssele	Container	304	1000	3,3	6,2	6	1,6
Borssele	Container	336	1200	3,6	9,1	6	1,7
Borssele	Container	400	1500	3,8	3,1	6	1,5
HKN	Bulker	292	1100	3,8	6,6	3	0,3
Borssele	Container	398	1500	3,8	2,1	2	0,3
HKN	Bulker	260	1000	3,8	5,8	3	1,4
HKZ	Container	400	1700	4,3	6,8	3	0,7
HKN	Bulker	292	1300	4,5	8	4	0,7
Doordewind	Container	328	1500	4,6	7,7	4	0,9
Borssele	Container	400	1900	4,8	4,4	3	0,3
Nederwiek	Container	369	1800	4,9	11,3	2	0,5
HKZ	Container	335	1700	5,1	13	3	0,7
HKZ	Container	333	1700	5,1	7,2	6	1,5
Nederwiek	Container	366	2000	5,5	2,1	4	0,7
HKZ	Container	400	2200	5,5	8,9	3	0,5
HKZ	Container	399	2200	5,5	4,7	3	0,7
Borssele	Container	306	1700	5,6	4,6	7	2,9
Borssele	Container	337	1900	5,6	12,6	5	1,1
Borssele	Container	333	1900	5,7	6,6	6	2,1
Borssele	Container	366	2100	5,7	7,6	6	1,9
HKZ	Container	400	2400	6,0	9,3	4	1
Borssele	Container	400	2500	6,3	6,4	5	1,8
HKZ	Container	366	2300	6,3	7,2	4	1,3
HKW	Container	333	2300	6,9	10,7	4	0,8
Doordewind	Container	323	2300	7,1	5,8	5	2,6
HKZ	Container	399	2900	7,3	15,9	3	1,1
Borssele	Container	328	2400	7,3	6,2	6	2,3
HKZ	Container	336	2500	7,4	13,4	5	1
HKN	Container	294	2200	7,5	2,1	6	1,4
Borssele	Container	399	3000	7,5	5,6	5	1,1
Doordewind	Container	399	3400	8,5	8,6	6	2,1
Doordewind	Container	400	3500	8,8	8,9	5	1,3
Doordewind	Container	304	2900	9,5	16,7	4	0,8
Doordewind	Container	400	4500	11,3	7,3	4	1,4
Doordewind	Container	400	4800	12,0	10,1	4	0,7
HKW	Container	333	5000	15,0	8,3	4	0,6
Doordewind	Container	306	4800	15,7	8,7	6	3,1
Nederwiek	Container	400	6300	15,8	5,2	5	1,5
HKN	Container	292	4600	15,8	15	3	0,3
Doordewind	Container	399	6600	16,5	15,5	6	2,9



Figuur 4-8: Visualisatie van gevonden rondtorns in de jaren 2020 tot en met 2024 in de studiegebieden, voor RB schepen met een lengte van ten minste 250m (gebied HKN) of 300m (overige gebieden).

Voor enkele geselecteerde windparken zijn gedetailleerde visualisaties opgesteld, waarbij specifiek is gekeken naar scheepvaartbewegingen van vaartuigen met een lengte van meer dan 300 meter binnen een periode van vijf jaar. Figuur 4-9 toont het gebied ten zuiden van het toekomstige windpark Doordewind. Uit de kleurcodering van de scheepvaartracks blijkt dat er een duidelijk snelheidsverschil bestaat tussen schepen die zich in westelijke versus oostelijke richting verplaatsen. Deze observatie suggereert dat schepen die koers zetten naar de Duitse Bocht mogelijk gebonden zijn aan een strikt tijdschema. Indien zij te vroeg dreigen aan te komen bij hun bestemming, kan dit leiden tot een reductie van de vaarsnelheid. In sommige gevallen wordt extra tijd gecompenseerd door het uitvoeren van cirkelvormige manoeuvres. Opvallend is dat deze rondtorns aanzienlijk groot zijn, met een diameter van circa 5 tot 6 nautische mijl, en plaatsvinden op een recht traject van het VSS zonder kruisingen. Dit maakt het aannemelijk dat deze manoeuvres niet primair zijn ingegeven door uitwijkverplichtingen, maar eerder een gecontroleerde strategie vormen om tijd te winnen.

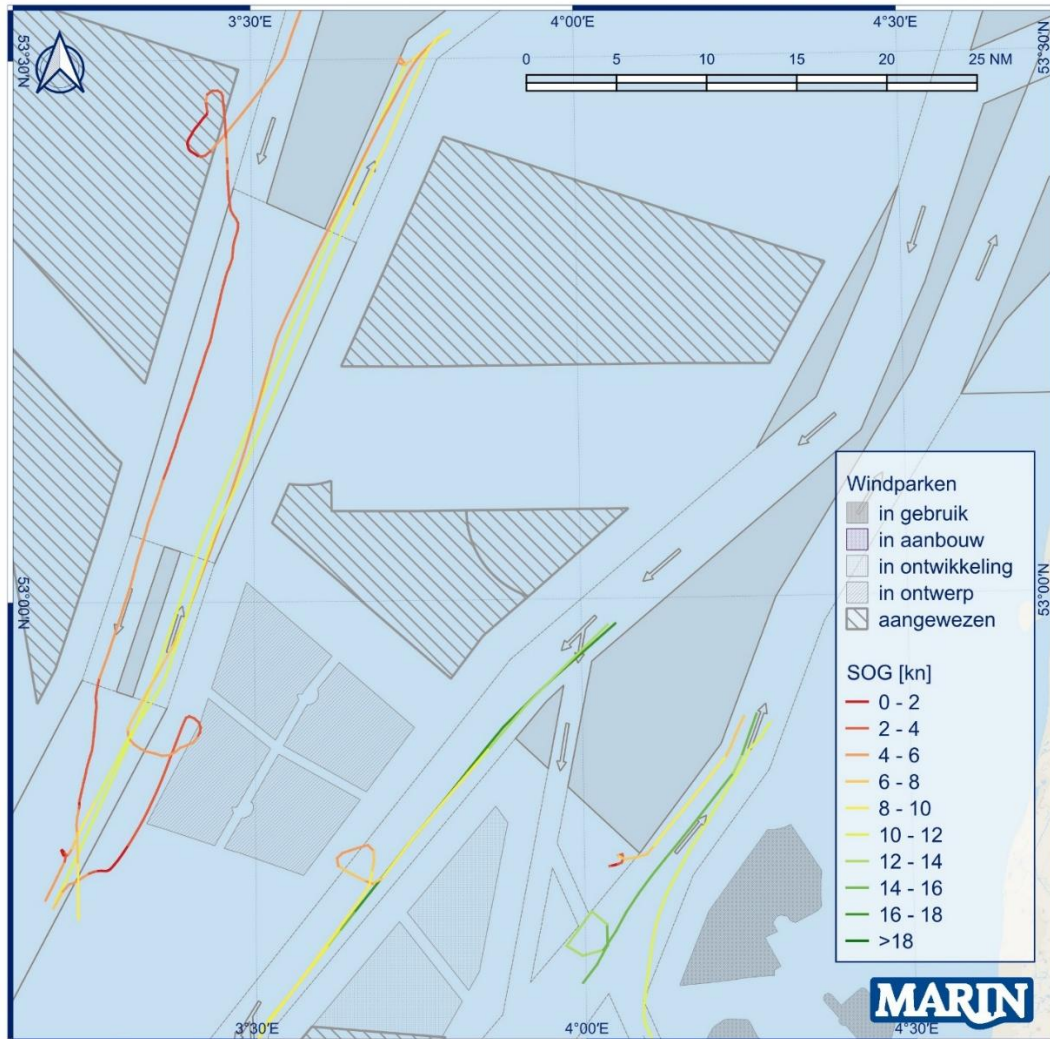
Aan de westzijde van het toekomstige windpark worden eveneens rondtorns waargenomen, zij het in een gebied dat gekenmerkt wordt door een kruising van twee verkeersscheidingsstelsels, bekend als de 'Friesland Junction'. Gezien de complexe verkeerssituatie op deze locatie is het aanneembaar dat de hier uitgevoerde manoeuvres verband houden met uitwijkacties ter voorkoming van aanvaringen. Het gebied is, afgezien van enkele gasproductieplatformen, relatief open, waardoor dergelijke rondtorns operationeel weinig belemmeringen veroorzaken. Hoewel het waarschijnlijk is dat deze manoeuvres een uitwijkfunctie hadden, kan niet met zekerheid worden vastgesteld of zij ook een noodmaatregel waren. Er blijft tenslotte een reële mogelijkheid bestaan dat het hier om gecontroleerde en doelbewuste manoeuvres gaat. Voor de toekomstige windparken Doordewind en Ten Noorden van de Wadden, en de bestaande Gemini windparken zijn geen van de waargenomen manoeuvres problematisch geweest omdat het gecontroleerde manoeuvres lijken te zijn en geen noodmaatregelen.



**Figuur 4-9:** Geïdentificeerde rondtorns ten zuiden van het toekomstige windpark Doordewind door schepen van meer dan 300 meter tussen 2020 en 2024

Een vergelijkbare analyse is uitgevoerd voor het gebied rondom de toekomstige windparken Nederwiek en HKW, waarvan de resultaten zijn weergegeven in Figuur 4-10. Opvallend is het bijzonder geringe aantal waargenomen rondtorns in dit gebied. Dit is opmerkelijk, aangezien het hier een relatief druk bevaren zone betreft, waarin bovendien sprake is van enig kruisend verkeer. Hoewel de analyse zich uitsluitend richt op schepen met een lengte van meer dan 300 meter, wat mogelijk een vertekend beeld oplevert, is deze keuze gerechtvaardigd doordat dergelijke schepen maatgevend zijn binnen het Afwegingskader en derhalve een grotere relevantie hebben voor de beoordeling.

De context waarin deze manoeuvres zijn uitgevoerd, kan niet met zekerheid worden vastgesteld. Bij enkele scheepvaarttracks lijkt het gedrag mogelijk te zijn ingegeven door het naleven van een tijdschema of door technische complicaties, maar er zijn geen aanwijzingen die ondubbelzinnig wijzen op noodmanoeuvres. In twee gevallen is vastgesteld dat de track van een schip door een gebied liep dat in de toekomst zal worden ingenomen door een windpark. Het blijft onzeker of de bemanning dezelfde manoeuvre zou hebben uitgevoerd indien het windpark reeds operationeel was geweest.



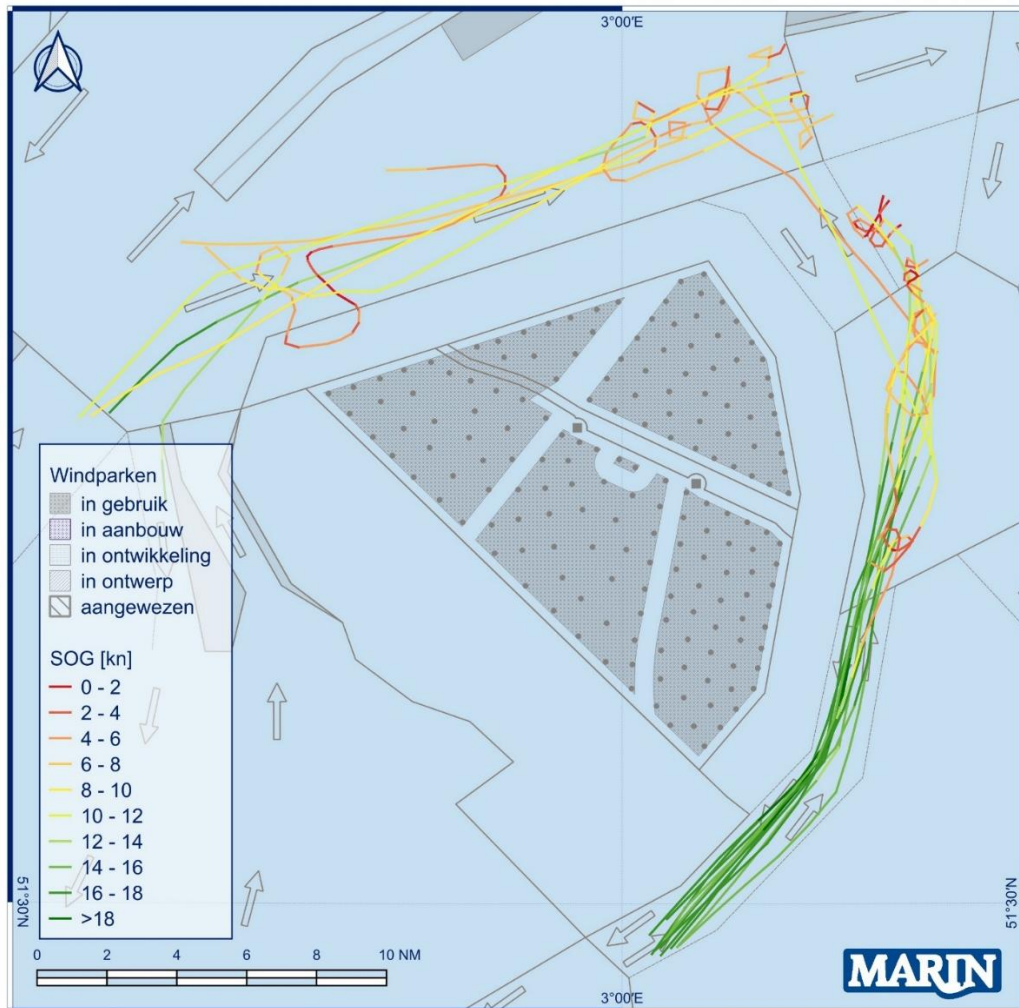
**Figuur 4-10** Geïdentificeerde rondtorns rond de toekomstige windparken Nederviek en HKW door schepen van meer dan 300 meter tussen 2020 en 2024

De voorgaande figuren toonden visualisaties van toekomstige windparken, waardoor het effect van een grote concentratie obstakels langs een verkeersbaan niet volledig zichtbaar werd. Bij reeds operationele windparken kan dit effect echter wel worden geobserveerd. Het grootste windpark dat al geruime tijd in bedrijf is, betreft het windpark Borssele. Figuur 4-11 geeft een overzicht van de geïdentificeerde rondtorns van schepen met een lengte van meer dan 300 meter gedurende een periode van vijf jaar.

Windpark Borssele bevindt zich nabij de Belgische grens en is ingeklemd tussen de aanlooproutes naar de havens van Rotterdam en Antwerpen. Opvallend in de visualisatie is het relatief grote aantal kleine rondtorns aan de noordoostzijde van het studiegebied. Het is van belang op te merken dat dit studiegebied voor een praktische data-analyse begrensd is, waardoor niet alle manoeuvres volledig zichtbaar zijn. Desondanks blijkt uit de data dat het hier voornamelijk gaat om schepen die zich met een relatief lage snelheid verplaatsen, in vergelijking met het verkeer aan de zuidoostzijde van het park.

Hoewel niet altijd duidelijk waarneembaar, lijkt het erop dat sommige schepen meerdere rondtorns binnen één track uitvoeren.

Gezien de ligging van het gebied, dat fungeert als kruispunt naar twee van Europa's grootste havens, is het aannemelijk dat deze manoeuvres verband houden met wachttijdmanagement. Toch kan niet worden uitgesloten dat zich hier ook uitwijkmanoeuvres hebben voorgedaan. Wat wel duidelijk zichtbaar is, is de relatief grote afstand die schepen aanhouden ten opzichte van het Borssele windpark. Op één uitzondering na zijn alle maatgevende schepen binnen de grenzen van het verkeersscheidingsstelsel gebleven en hebben zij het gebied buiten deze routes niet betreden.

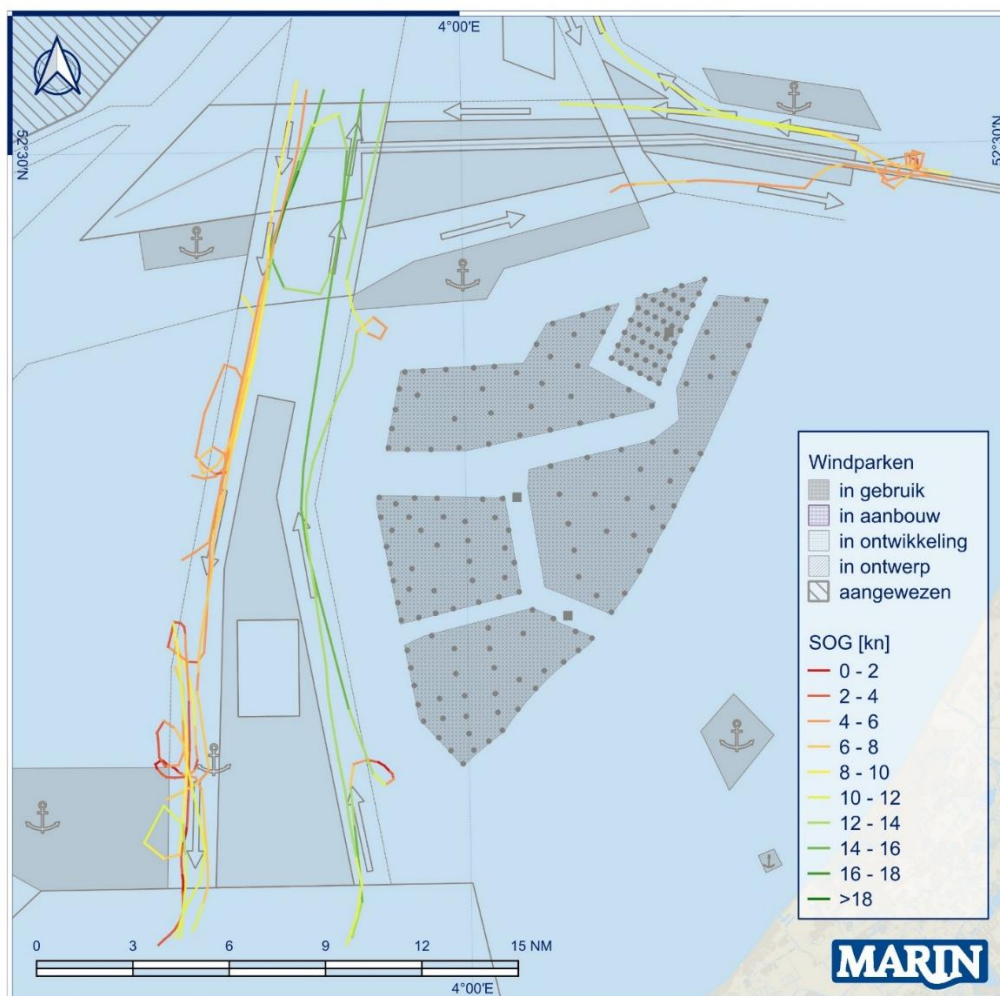


*Figuur 4-11: Geïdentificeerde rondtorns rond het windpark Borssele door schepen van meer dan 300 meter tussen 2020 en 2024*

Tot slot wordt in Figuur 4-12 het scheepvaartverkeer rondom het windpark HKZ weergegeven. In de rechterbovenhoek van de figuur is het loodsstation van IJmuiden duidelijk zichtbaar. Tijdens het ophalen en afzetten van een loods kunnen schepen manoeuvres uitvoeren om de loodsboot een optimale positie te bieden, zodat de loods veilig kan overstappen. Aan de westzijde van het windpark zijn de meeste rondtorns geïdentificeerd. Er is een duidelijk onderscheid waarneembaar tussen vertrekkend en aankomend scheepvaartverkeer van en naar de haven van Rotterdam. Op basis van de kleurcodering van de tracks blijkt dat noordgaand vertrekkend verkeer aanzienlijk hogere snelheden bereikt dan het zuidgaande verkeer richting Hoek van Holland.

Gezien de lage snelheid en de nabijheid van de haven kan worden verondersteld dat de manoeuvres in de zuidgaande verkeersbaan verband houden met wachttijdmanagement. Sommige manoeuvres zijn omvangrijk en omvatten een koers buiten het verkeersscheidingsstelsel, waarbij schepen tegen de hoofdrichting in varen om later opnieuw in te voegen. De benutting van ruimte buiten de verkeersbaan is echter beperkt en lijkt binnen de geldende marges te vallen. Het blijft onzeker of schepen vergelijkbaar gedrag zouden vertonen indien zich aan deze zijde van de verkeersbaan een windpark zou bevinden.

De rondtorns die in de noordgaande baan zichtbaar zijn kunnen niet eenduidig worden verklaard. Er bestaan diverse plausibele redenen waarom een schip tijdelijk een gunstige koers zou willen aanhouden, maar dergelijke motieven zijn niet uit de beschikbare data af te leiden. Echter, deze rondtorns worden uitgevoerd met een relatief hoge aanvangssnelheid, representatief voor normaal doorgaand verkeer in deze verkeersbaan. De manoeuvres zijn zodanig uitgevoerd dat het schip na de rondtorn verder vaart volgens dezelfde aanvangskoers en -snelheid. De ruimte die benut werd voor het uitvoeren van de rondtornmanoeuvres valt ruim binnen de voorziene veiligheidsmarge. Hoewel beide rondtorns uitgevoerd werden voor voltooiing van het windpark (in oktober 2021 bij 5 Beaufort en in maart 2022 bij 3 Beaufort), tonen deze gegevens wel aan dat het in praktijk mogelijk is om binnen de voorziene ruimte een rondtorn uit te voeren.



Figuur 4-12: Geïdentificeerde rondtorns rond het windpark HKZ door schepen van meer dan 300 meter tussen 2020 en 2024

#### 4.4 Conclusie

Concluderend kan worden gesteld dat de rondtorn, met slechts 46 geregistreerde waarnemingen over een periode van vijf jaar, een relatief zeldzame manoeuvre vormt voor schepen met een lengte van meer dan 300 meter binnen de onderzochte studiegebieden. Een aanzienlijk deel van deze manoeuvres kan worden toegeschreven aan activiteiten gericht op tijdmanagement, zoals het vermijden van een te vroege aankomst bij een haven. De overige manoeuvres zouden kunnen voortkomen uit uitwijkmanoeuvres of andere operationele overwegingen, maar een sluitende verklaring ontbreekt. Dit is te wijten aan het feit dat een analyse op basis van AIS-gegevens geen contextuele informatie biedt die noodzakelijk is voor een verantwoorde interpretatie.

Desondanks kan op basis van de waargenomen rondtorns wel worden aangenomen dat de beschikbare ruimte voldoende is geweest. Er zijn rondtorns waargenomen met een aanvangssnelheid representatief voor normaal doorgaand verkeer waarbij de gebruikte ruimte past binnen de ruimte daarvoor voorzien in het afwegingskader. In geen van de geïdentificeerde gevallen kan met zekerheid worden vastgesteld of deze manoeuvres ook zouden zijn uitgevoerd indien zich een windpark naast de verkeersbaan had bevonden. Hoewel in gebieden grenzend aan bestaande windparken aanzienlijk minder rondtorns zijn waargenomen, kan op basis van de beschikbare gegevens geen causaal verband worden aangetoond.

Ten slotte zijn er geen rondtorns gedetecteerd die met zekerheid een potentieel risico voor een windpark zouden hebben gevormd. De afwezigheid van dergelijke waarnemingen impliceert echter niet dat dergelijke situaties in de praktijk niet zouden kunnen optreden. De methode die gebruikt is om automatisch rondtorns uit de AIS data te filteren detecteert bovendien geen ingezette rondtorns die niet werden afgemaakt.

## 5 VERWACHTTE TOEKOMSTIG RUIMTEGEBRUIK

De derde onderzoeksvraag richt zich op het toekomstige gebruik van de maritieme ruimte. Een deel van deze analyse is gebaseerd op historische gegevens en op informatie over bestaande infrastructuur en scheepvaartactiviteiten die momenteel plaatsvinden op de Noordzee. Daarnaast bestaan er, zij het in beperkte mate, beleidsplannen en intenties voor de toekomstige ruimtelijke inrichting van dit gebied. De ontwikkeling van zowel scheepvaart als maritieme infrastructuur in de komende decennia is echter afhankelijk van uiteenlopende factoren en kan zich manifesteren in verschillende scenario's.

Voor ruimtelijke ordeningsvraagstukken is het van cruciaal belang dat beleidsinstrumenten, zoals het Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee, toekomstbestendig zijn. Dit impliceert dat niet alleen de huidige situatie in ogenschouw moet worden genomen, maar ook dat relevante trends en verwachte ontwikkelingen worden geanalyseerd, evenals hun potentiële implicaties voor het maritieme ruimtegebruik.

De centrale vraag die hieruit voortvloeit luidt: Hoe zal het toekomstige ruimtegebruik van scheepvaart in relatie tot windparken op de Noordzee zich naar verwachting ontwikkelen? Deze vraag is opgedeeld in de volgende deelvragen:

1. Welke relevante trends en ontwikkelingen hebben (mogelijk) invloed op de scheepvaart en het ruimtelijk beeld van de Noordzee, en wat betekent dit voor de maatgevende omstandigheden en schepen?
2. Wat zijn de verwachte implicaties van bovenstaand toekomstperspectief op het ruimtegebruik rond windparken?
3. Wat zijn de verwachte implicaties van bovenstaand toekomstperspectief op het ruimtegebruik gerelateerd aan maatgevende manoeuvres?

Dit deel van de studie beoogt een tweeledige analyse: enerzijds een beschouwing van de algemene trends en ontwikkelingen binnen het scheepvaartverkeer, anderzijds een specifieke focus op maritieme activiteiten die verband houden met de exploitatie en het onderhoud van offshore windparken. Aangezien toekomstverkenningen per definitie een conceptueel karakter dragen, wordt deze analyse benaderd vanuit meerdere perspectieven. Ten eerste wordt gebruikgemaakt van bestaande literatuur om een indicatieve trend te schetsen in de denkrichtingen van diverse auteurs. Daarnaast biedt beleidsdocumentatie, zoals het Programma Noordzee, een inzichtelijke weergave van de intenties en strategische plannen van de overheid met betrekking tot de toekomstige ruimtelijke ordening van de Noordzee.

Verder heeft op 7 oktober 2025 een overleg plaatsgevonden op het kantoor van Port of Rotterdam met een werkgroep van de Scheepvaartadviesgroep Noordzee (SAN). Aan deze bijeenkomst namen vertegenwoordigers deel van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Port of Rotterdam, Rijkswaterstaat, het Nederlands Loodswezen, de Kustwacht, DFDS Group, de Nederlandse Vereniging van Kapiteins ter Koopvaardij (NVKK) en Redwise Deep Sea Pilots. Deze groep nautische experts, die beschikt over gespecialiseerde kennis van de scheepvaartroutes op de Nederlandse Noordzee, is in dit kader onder meer gevraagd hun visie te delen over toekomstige trends en ontwikkelingen in de scheepvaart.

## 5.1 Trends en ontwikkelingen scheepvaart

De scheepvaartsector staat niet bekend om snelle en disruptieve ontwikkelingen maar staat ook niet stil. De meest dominante ontwikkelingen in de zeescheepvaart worden voornamelijk economisch gedreven door transportbehoeften en infrastructurele ontwikkelingen op zee. In het rapport “Risico-ontwikkeling en mitigatie Noordzee - Een verkenning naar ontwikkelingen die van invloed zijn op het nautische veiligheidsniveau van de Noordzee” [Ref 10.] komt dit fenomeen goed naar voren. De ontwikkelingen worden hoofdzakelijk gekarakteriseerd door de typen schepen, hun eigenschappen en kwantiteit. Het rapport schetst elf hoofdontwikkelingen die het nautische veiligheidsniveau op de Noordzee de komende tien jaar beïnvloeden. De meest ingrijpende zijn de grootschalige bouw van windparken en andere nieuwe functies zoals CO<sub>2</sub>-opslag, aquacultuur en energie-eilanden, die leiden tot ruimtedruk, meer objecten en complexere verkeerssituaties. Daarnaast staat de kwaliteit van de bemanning onder druk door vergrijzing, internationale samenstelling en hogere werkdruk, terwijl technologische en milieutrends zoals alternatieve brandstoffen, toenemende automatisering, elektrificatie en windvoortstuwning nieuwe veiligheidsrisico's introduceren. Autonome ontwikkelingen zoals schaalvergroting van schepen, extremere weersomstandigheden en geopolitieke spanningen versterken deze uitdagingen. Veel van deze trends hangen samen met de energietransitie en klimaatdoelstellingen, waardoor beleidskeuzes cruciaal zijn om risico's te mitigeren via ruimtelijke planning, internationale regelgeving en innovatieve veiligheidsmaatregelen.

Binnen het publieke en professionele discours bestaat de veronderstelling dat de scheepvaartintensiteit op de Noordzee in de afgelopen jaren is toegenomen en deze trend zich in de toekomst zal voortzetten. De OVV onderstreepte deze perceptie in het in 2024 gepubliceerde rapport “Schipperen met ruimte – Beheersing van scheepvaartveiligheid op een steeds vollere Noordzee” [Ref 2.]. De kern van dit onderzoek suggereert dat de term ‘vollere Noordzee’ primair verwijst naar de ruimtelijke impact van grootschalige windparken en aanvullende maritieme infrastructuur.

Volgens de OVV ontwikkelt de Noordzee zich geleidelijk tot een multifunctioneel industriegebied, waarin schepen zich in toenemende mate in de nabijheid van vaste objecten en andere vaartuigen bevinden. Deze ruimtelijke intensivering impliceert dat VSS zwaarder belast zullen worden, waardoor schepen dichter op elkaar varen en de manoeuvreerruimte afneemt. Parallel hieraan voltrekt zich binnen de scheepvaartsector een proces van schaalvergroting, met name in het containersegment, en een transitie naar alternatieve energiedragers. Deze ontwikkelingen introduceren nieuwe operationele scenario's en potentiële veiligheidsrisico's, waarvan de aard en omvang nog onvoldoende zijn gekwantificeerd.

Hoewel deze hypothese deels wordt bevestigd door de jaarlijkse netwerkanalyse van Rijkswaterstaat [Ref 9.], is de mate waarin schaalvergroting zich zal doorzetten onzeker. De markt voor intercontinentale containerstromen kent immers een natuurlijke begrenzing, terwijl het merendeel van de containertransporten plaatsvindt over kortere afstanden met kleinere schepen. Ook de toepassing van alternatieve brandstoffen en voortstuwingsystemen is vooralsnog beperkt en de toekomstige dominante technologieën zijn niet te voorspellen. Of deze technologische en structurele veranderingen daadwerkelijk leiden tot nieuwe incidenttypen en veiligheidsrisico's, kan niet worden uitgesloten, maar blijft vooralsnog onduidelijk. Uit de gehouden expertsessie kwam een duidelijke consensus naar voren dat op korte termijn geen substantiële veranderingen in de schaalgrootte van de grootste schepen of in het aantal scheepsbewegingen te verwachten zijn. Daarbij wordt erken dat geopolitieke ontwikkelingen een onzekere, maar potentieel significante factor vormen bij dergelijke prognoses. Daarnaast bestaat er geen verwachting dat andere manoeuvres dan de rondtorn zodanige ruimtelijke eisen zullen stellen dat zij een wezenlijke invloed uitoefenen op het maritieme ruimtegebruik. Wel werd herkend dat de categorie containerschepen van ongeveer 300 meter een dominantere positie inneemt op zee.

Hoewel de komst van windparken op zee onmiskenbaar leidt tot een toename van het aantal vaste objecten in het maritieme domein, blijkt dit nog niet te resulteren in een intensiever gebruik van de bestaande VSS. De overgrote meerderheid van de routegebonden schepen maakt al gebruik van de

gangbare routes en VSS, waardoor een substantiële verschuiving van verkeersstromen als direct gevolg van windparkontwikkeling niet kan worden vastgesteld. Wel is een beperkte herroutering zichtbaar: het noord-zuidverkeer dat voorheen het "Off Texel"-VSS volgde, verplaatst zich in toenemende mate naar de westelijk gelegen diepwaterroute. Deze verschuiving wordt mede gestimuleerd door overheidsaanwijzingen en betreft vooral containervervoer, dat zich aansluit bij een route die traditioneel door tankers werd benut. Hoewel de verkeersintensiteit op de diepwaterroute hierdoor is toegenomen, wijzen de huidige analyses niet op het ontstaan van congestie.

De jaarlijkse netwerkanalyses, die inmiddels over een periode van vijf jaar zijn uitgevoerd, bieden een longitudinaal perspectief op de verkeersdynamiek. Hieruit blijkt dat het aantal routegebonden schepen op de Noordzee in grote lijnen stabiel is gebleven. Het kwantificeren van niet-routegebonden scheepsbewegingen blijft echter methodologisch uitdagend, hetgeen een volledig beeld van de totale verkeersdruk bemoeilijkt. Het ligt voor de hand te veronderstellen dat de introductie van vaste objecten op zee de kans op aanvaringen verhoogt, en dat wordt door de gebruikte modellen ook ondersteunt. Deze hypothese is echter nog niet empirisch ondersteund: in de analyse van scheepvaartincidenten over het afgelopen decennium is immers geen correlatie gevonden tussen het toenemende aantal vaste objecten en het optreden van aanvaringen.

Het Programma Noordzee 2022–2027 [Ref 5.] vormt een strategisch beleidsinstrument dat een geïntegreerd kader biedt voor het beheer en gebruik van de Noordzee gedurende de planperiode. Als bijlage bij het Nationaal Waterprogramma 2022–2027 richt het zich op het realiseren van een evenwichtige afweging tussen ecologische, economische en maatschappelijke belangen binnen een steeds complexer wordend maritiem domein. Het programma beoogt ecologisch herstel en bescherming door het verbeteren van de milieutoestand, het behoud van biodiversiteit en het herstel van mariene ecosystemen. Tegelijkertijd faciliteert het de energietransitie door de ontwikkeling van grootschalige windenergie op zee en de integratie daarvan in het bredere energiesysteem. Ook wordt ingezet op een duurzame voedselvoorziening door de transitie naar verantwoorde visserij en aquacultuur, waarbij de impact op het mariene milieu wordt geminimaliseerd. Daarnaast waarborgt het programma veilige en efficiënte scheepvaartroutes, rekening houdend met de toenemende ruimtedruk door concurrerende functies zoals windparken. Het voorziet in een robuuste ruimtelijke ordening en gebiedsbeheer waarin zones voor energieproductie, scheepvaart, visserij en natuurbehoud worden gedefinieerd en juridisch verankerd. Gezien de grensoverschrijdende aard van veel uitdagingen wordt internationale samenwerking en beleidsafstemming bevorderd. Tot slot hanteert het programma een adaptieve benadering, waarbij beleid en maatregelen iteratief worden aangepast op basis van nieuwe kennis en veranderende omstandigheden. Door deze geïntegreerde aanpak streeft het programma naar een duurzame en holistische benadering van het Noordzeegebruik, waarin economische ontwikkeling en ecologische bescherming complementair worden beschouwd.

## 5.2 Werkvaart windparken

De onderzoeksvraag is hier: wat is de relatieve toename dan wel afname van niet-routegebonden scheepvaartverkeer, in het bijzonder werkvaart, in en rondom offshore windparken gedurende de aanleg- en exploitatiefase? Voor een adequate beantwoording van deze vraag is het van belang te onderkennen dat de ontwikkeling van windparken op zee een gefaseerd karakter heeft. Na de realisatie van enkele kleinschalige parken zijn achtereenvolgens drie grootschalige windparken voor de Nederlandse kust gebouwd. Op basis van deze gerealiseerde parken kan nu een beperkte analyse worden uitgevoerd, met als doel inzicht te verkrijgen in de effecten van deze parken op het scheepvaartverkeer dat actief is binnen hun grenzen.

Het is aannemelijk dat offshore windparken additioneel scheepvaartverkeer genereren, met name ten behoeve van beheer- en onderhoudsactiviteiten. Inmiddels zijn meerdere windparken vergund die zich in uiteenlopende fasen van ontwikkeling bevinden. Een overzicht van deze parken is opgenomen in Tabel 5-1 met de status van het betreffende gebied. Het dient hier te worden benadrukt dat het onzeker is of de bevindingen uit de analyse van bestaande parken kunnen worden geëxtrapoleerd naar de nog

te realiseren parken. Deze onzekerheid vloeit voort uit het feit dat de toekomstige onderhoudsstrategieën en operationele concepten voor deze parken op dit moment nog niet volledig zijn uitgewerkt.

Tabel 5-1: Vergunde windparken [Ref 9.]

Windpark	Status
Hollandse Kust Zuid, inclusief het al bestaande windpark Luchterduinen.	Heel 2023 is het park gesloten voor doorvaart. Operationeel sinds 31 oktober 2023, inclusief een passagestrook voor scheepvaart tot 46m, met een veiligheidszone rond de passagestrook van 150m.
Hollandse Kust Noord, inclusief het al bestaande windpark Prinses Amalia Windpark (PAWP).	Voor deze studie wordt ook het windpark Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ) als onderdeel van Hollandse Kust Noord gezien. Sinds 1 februari 2024 is kavel V van Hollandse Kust Noord operationeel, in januari 2024 was het gesloten voor doorvaart tijdens de bouw. Door PAWP en OWEZ is doorvaart voor schepen < 24m toegestaan.
Borssele	Operationeel sinds 2021, inclusief een corridor waar scheepvaart tot 45m is toegestaan, met een veiligheidszone rond de corridor van 500m.
Ten Noorden van de Wadden.	De windgebieden ZeeEnergie (Gemini II) en Buitengaats (Gemini I) zijn operationeel sinds 2017. Er is geen doorvaart toegestaan.
Hollandse Kust West	Vergund, maar nog niet gesloten voor verkeer in 2024. Verwacht wordt dat het windpark in 2026-2027 operationeel is.
IJmuiden Ver zuidelijk deel	Vergund, maar nog niet gesloten voor verkeer in 2024. Verwacht wordt dat het windpark in 2029 operationeel is.

Naast de vergunde windparken zijn de volgende windparken aangewezen of gereserveerd. Deze windparken zijn benoemd in het Programma Noordzee 2022-2027 [Ref 5.] voor de aangewezen windparken tot 2030. Deze windparken zijn nog niet gesloten voor scheepvaart.

- IJmuiden Ver noordelijk deel.
- Nederwiek Noord en Zuid.
- Ten Noorden van de wadden West en Oost.
- Doordewind.

Voor de eerste drie vergunde windparken HKZ, HKN en Borssele zijn (grotendeels) doorvaartcijfers beschikbaar gedurende de aanbouw en exploitatie. Deze zijn cijfers zijn gebaseerd op diverse rapportages vanuit Netwerkanalyse [Ref 9.] [Ref 11.] [Ref 12.] [Ref 13.] [Ref 14.]. In onderstaande paragrafen worden de doorvaartcijfers besproken.

### 5.2.1 Hollandse Kust Zuid

De constructie van de eerste kavels van het windpark Hollandse Kust Zuid ving aan in juni 2021. In deze fase werden kavel I en II gerealiseerd, waarbij tevens het reeds bestaande windpark Luchterduinen werd geïntegreerd. Vervolgens vond in maart 2022 de afsluiting van kavel III en IV plaats. Tijdens de bouwfase in 2022 en 2023 werd een significante toename van werkvaart geregistreerd, respectievelijk 81% en 27%. Eind oktober 2023 trad het windpark officieel in operationele dienst. De hoeveelheid verkeer ten behoeve van het HKZ windpark is per jaar weergegeven in Tabel 5-2. In 2024 bleef een relatief hoog niveau van werkvaart aanwezig, hetgeen voornamelijk werd veroorzaakt door problemen bij de inbedrijfstelling en een bovengemiddelde omvang van onderhoudswerkzaamheden in de eerste jaren van exploitatie [Ref 15.].

Tabel 5-2: Doorvaart van bestemmingsverkeer in windpark Hollandse Kust Zuid

Jaar / status	Aantal doorvaarten per jaar	% verschil met voorgaande jaar
2021 – afgesloten in juni (LUD+I+II)	856	
2022 – afgesloten in maart (LUD+I+II+III+IV)	1553	+81%
2023 – operationeel in oktober	1971	+27%
2024	1904	-3%

### 5.2.2 Hollandse Kust Noord

De constructie van kavel V van het windpark HKN ving aan in oktober 2022. Ondanks de aanwezigheid van de bestaande windparken PAWP en OWEZ bleef doorvaart voor schepen met een lengte van minder dan 24 meter toegestaan. Tijdens de bouwfase werd een substantiële toename van werkvaart waargenomen, met een stijging van respectievelijk 25% in 2022 en 142% in 2023. In februari 2024 trad kavel V officieel in operationele dienst, waarna het volume aan werkvaart met circa 40% afnam. De hoeveelheid verkeer ten behoeve van het HKN windpark is per jaar weergegeven in Tabel 5-3.

Tabel 5-3: Doorvaart van bestemmingsverkeer in windpark Hollandse Kust Noord

Jaar / status	Aantal doorvaarten per jaar	% verschil met voorgaande jaar
2021	537	
2022 – afgesloten okt (kavel V)	671	+25%
2023	1628	+142%
2024 – operationeel feb	973	-40%

### 5.2.3 Borssele

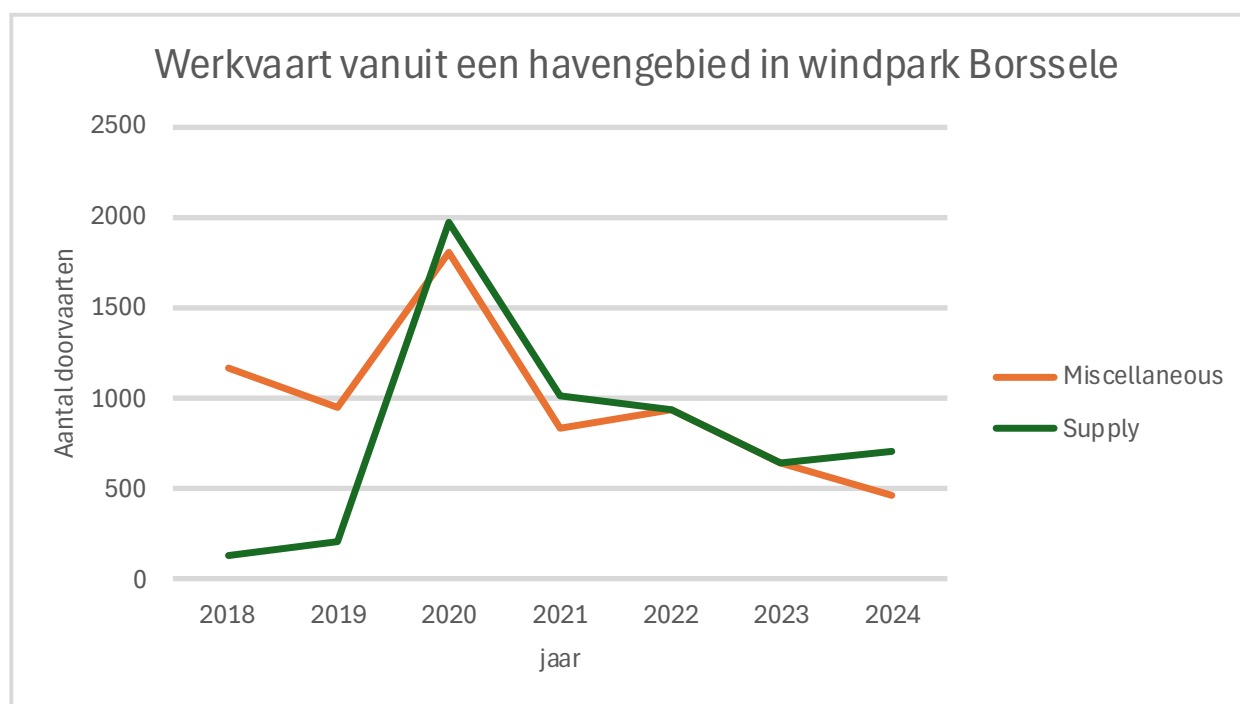
De constructie van het offshore windpark Borssele ving aan in oktober 2019. Op basis van geschatte cijfers (indicatief) werd tijdens de bouwfase een aanzienlijke toename van werkvaart geregistreerd, met een stijging van respectievelijk 128% in 2019 en 12% in 2020. In februari 2021 trad het windpark officieel in operationele dienst, waarna het volume aan werkvaart met circa 46% afnam. De hoeveelheid verkeer ten behoeve van het Borssele windpark is per jaar weergegeven in Tabel 5-4.

In de daaropvolgende jaren is echter opnieuw een stijging van werkvaart waarneembaar, hetgeen mogelijk kan worden toegeschreven aan een wijziging in de gehanteerde analysemethode. Normaliter wordt bestemmingsverkeer geïdentificeerd op basis van een door de Kustwacht aangeleverde lijst van werkschepen die beschikken over een vergunning om het park binnen te varen. Vanaf 2022 heeft er echter geen actualisatie van deze lijst plaatsgevonden, waardoor de gegevens onvolledig zijn en mogelijk onterechte toewijzingen bevatten. Om deze methodologische beperking te mitigeren, is aanvullend onderzocht welke individuele schepen meer dan zeven keer het windpark hebben aangedaan; deze schepen zijn in dat geval eveneens als potentieel bestemmingsverkeer aangemerkt.

Tabel 5-4: Doorvaart van bestemmingsverkeer in windpark Borssele

Jaar / status	Verkeer	% verschil met voorgaande jaar
2018 – aug 2018 t/m juli 2019	468	
2019 - aug 2019 t/m dec 2019 – afgesloten okt	1070	+128%
2020	1196	+12%
2021 – operationeel feb	643	-46%
2022	722	+12%
2023	796	+10%
2024	968	+22%

Naast de doorvaartgegevens afkomstig uit de Netwerkanalyse is voor het offshore windpark Borssele een aanvullende, beknopte jaarreeks opgesteld. In deze analyse zijn de scheepscategorieën 'Miscellaneous' (overige werkvaart) en 'Supply' opgenomen. Het betreft uitsluitend schepen die vanuit een haven het windpark zijn binnengevaren. Deze categorieën zijn breder gedefinieerd dan de classificatie van bestemmingsverkeer zoals gehanteerd in de Netwerkanalyse, waardoor de aanvullende reeks een ruimer beeld van werkvaartbewegingen biedt. Ook in deze aanvullende jaarreeks is de verkeerspiek van werkvaart tijdens de bouwphase in 2019 en 2020 duidelijk zichtbaar (Figuur 5-1).



Figuur 5-1: Aantal doorvaarten per jaar van werkvaart vanuit een havengebied in windpark Borssele

#### 5.2.4 Beschouwing doorvaartcijfers werkvaart

Op basis van de in de voorgaande paragrafen besproken doorvaartcijfers kan de volgende conclusie worden geformuleerd. Tijdens de bouwphase van offshore windparken varieert de mate van toename in werkvaart aanzienlijk, evenals de afname na ingebruikname (zie Tabel 5-5). Deze variaties worden beïnvloed door diverse factoren, waaronder: (i) de beschikbaarheid en volledigheid van historische doorvaartgegevens (bijvoorbeeld Borssele 2019 en 2020), (ii) methodologische aanpassingen in de analysetechniek voor het bepalen van doorvaart, en (iii) operationele omstandigheden op zee, zoals de complexiteit van de inbedrijfstelling en eventuele problemen bij exploitatie en onderhoud.

Daarnaast dient te worden opgemerkt dat de windparken Hollandse Kust Zuid, Hollandse Kust Noord en Borssele relatief dicht bij de kust zijn gelegen (18–24 km), hetgeen resulteert in een goede bereikbaarheid voor CTV's vanuit Nederlandse havens. Het is aannemelijk dat het patroon van werkvaart bij de bouw en exploitatie van toekomstige windparken die verder uit de kust worden gerealiseerd, significant zal afwijken. Deze veronderstelling is mede gebaseerd op de memo van KKG-SodM inzake windenergie op zee [Ref 15.]. Voor dergelijke parken wordt verwacht dat Service Operation Vessels (SOV's) een centrale rol zullen spelen, zowel tijdens de aanleg als in de exploitatiefase. SOV's zijn grote onderhoudsschepen die voorzien in accommodatie voor technici, opslag van onderdelen en langdurige aanwezigheid binnen het windpark (circa 2 à 3 weken), waarbij zij van turbine naar turbine opereren en worden ondersteund door één kleinere CTV.

De gehanteerde aanname is dat per gigawatt (GW) opgesteld vermogen één SOV wordt ingezet, die gemiddeld 13 scheepsreizen per jaar uitvoert (zie Tabel 5-6). Het uiteindelijke aantal werkschepen binnen een offshore windpark wordt echter mede bepaald door het tijdschema en de mate van gelijktijdigheid van installatieactiviteiten. Indien meerdere werkzaamheden parallel plaatsvinden (bijvoorbeeld kabelinstallatie, funderingswerkzaamheden en turbineplaatsing), zal het aantal schepen tijdelijk aanzienlijk toenemen.

De invloed van werkverkeer dat zich van en naar offshore windparken verplaatst op het overige scheepvaartverkeer, en daarmee op het Afwegingskader, kan als overzichtelijk worden beschouwd. Het staat vast dat de realisatie van een nieuw windpark een zekere mate van additioneel scheepvaartverkeer genereert, hetgeen potentieel interacties kan veroorzaken met zowel lokaal verkeer als routegebonden scheepvaart. Deze toename is echter in hoofdzaak lokaal van aard en vertoont een voorspelbaar patroon.

Voor windparken die op grotere afstand van de kust worden gerealiseerd, rijst de vraag in hoeverre zij een vergelijkbare hoeveelheid scheepvaart zullen aantrekken, gezien de afwijkende operationele strategieën die op grotere afstand worden toegepast. De mate waarin schepen zich tussen verschillende windparken zullen verplaatsen, blijft vooralsnog onzeker. Niettemin wordt verwacht dat dergelijke bewegingen slechts in beperkte mate zullen leiden tot ontmoetingen met routegebonden verkeer. Of deze interacties op termijn problematisch kunnen worden, kan op basis van de huidige kennis en beschikbare gegevens niet met zekerheid worden vastgesteld.

*Tabel 5-5: Samenvatting bestemmingsverkeer in windpark Hollandse Kust Zuid, - Noord en Borssele*

	<b>HKZ</b>	<b>HKN Kavel V &amp; PAWP</b>	<b>Borssele</b>
Afstand tot de kust [km]	18	18	24
Aantal turbines	182	129	173
Oppervlak km <sup>2</sup>	230	140	344
Aantal turbines / km <sup>2</sup>	0.8	0.9	0.5
<b>Toename werkvaart aanbouw [%]</b>	81%	142%	128%
<b>Afname werkvaart operationeel [%]</b>	3%	40%	46%

*Tabel 5-6: Aanname van aantal scheepsreizen van SOVs in toekomstige windparken in aanleg/exploitatie tot 2030*

<b>Offshore windpark</b>	<b>Aantal GW</b>	<b>Aantal turbines</b>	<b>Aanname aantal scheepsreizen</b>
Hollandse Kust West Noord	1.5	105	20
IJmuiden Ver	6	348	78
Nederwiek	6	346	78

### 5.3 Conclusie

Op korte termijn worden geen substantiële veranderingen verwacht in de schaalgrootte van schepen of in het aantal scheepsbewegingen. Deze verwachting wordt ondersteund door de trends van de afgelopen jaren, die deze aanname empirisch onderbouwen. Niettemin dient te worden opgemerkt dat de factoren die toekomstige ontwikkelingen beïnvloeden, niet in alle gevallen stabiel of betrouwbaar zijn, waardoor de prognose een inherente mate van onzekerheid bevat.

Gezien het brede toepassingsbereik van het Afwegingskader wordt op dit moment geen beperking voorzien als gevolg van een algemene toename van scheepvaartactiviteiten of van een trend naar grotere schepen. Er bestaat geen aanleiding om aan te nemen dat het maatgevende schip of het maatgevende verkeerspatroon binnen het komende decennium ingrijpend zal veranderen. Evenmin zijn er aanwijzingen gevonden voor toekomstige implicaties voor het ruimtegebruik als gevolg van andere maatgevende manoeuvres dan de rondtorn.

Het niet-routegebonden verkeer wordt daarentegen in aanzienlijke mate beïnvloed door de aanleg van offshore windparken. Dit effect is echter primair lokaal van aard en vertoont een relatief voorspelbaar patroon, hetgeen de mogelijkheid biedt tot beheersing. Voor windparken die op grotere afstand van de kust worden gerealiseerd, geldt dat zij mogelijk minder scheepvaart aantrekken dan de parken dichterbij de kust, maar tegelijkertijd een toename van verkeer tussen parken kunnen genereren. Of dergelijke interacties met ander scheepvaartverkeer op termijn problematisch zullen blijken, kan op basis van de huidige kennis en beschikbare gegevens niet met zekerheid worden vastgesteld.

## 6 ACTUALITEIT EN RELEVANTIE VAN HET AFWEGINGSKADER

Het Afwegingskader is tot stand gekomen in de periode 2011–2013, voortvloeiend uit een deels juridisch traject, maar in hoofdzaak gebaseerd op nautische expertise en ingegeven door de behoefte aan een robuust en duurzaam beleidsinstrument voor ruimtelijke ordening op zee. Het ligt voor de hand te veronderstellen dat het kader inmiddels verouderd is, aangezien het sinds introductie niet wezenlijk is herzien, hooguit vereenvoudigd. De leeftijd van het beleid vormt echter op zichzelf geen doorslaggevende factor; relevanter is de vraag in hoeverre het Afwegingskader nog actueel en toepasbaar is in de huidige context, en in welke mate het toekomstbestendig kan worden geacht. De centrale onderzoeksvraag binnen dit deel van de studie luidt:

In hoeverre zijn de uitgangspunten in het afwegingskader nog actueel/relevant met het oog op de huidige en verwachte toekomstige situatie betreffende scheepvaartverkeer rond windparken op de Noordzee, en welke relevante onderdelen/uitgangspunten missen nog?

Ter beantwoording van deze hoofdvraag worden de volgende deelvragen geformuleerd:

1. In welke mate zijn de veiligheidscriteria, doelen en wet-/regelgeving in het afwegingskader nog actueel en relevant, en zijn er aanpassingen en/of aanvullingen gewenst, zo ja welke?
2. Op welke punten valt het actuele en toekomstige ruimtegebruik, zoals geanalyseerd in vragen 1 t/m 3 (zie paragraaf 1.1), buiten de criteria en marges zoals gespecificeerd in het afwegingskader?

Deze vragen zijn enigszins subjectief en daardoor uitsluitend te beantwoorden vanuit hetzelfde perspectief van waaruit het is ontstaan. De beschikbare resultaten uit deze studie zijn daarom gepresenteerd in een expertsessie aan de werkgroep van de Scheepvaartadviesgroep Noordzee (SAN) op 7 oktober 2025. Aan deze bijeenkomst namen vertegenwoordigers deel van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Port of Rotterdam, Rijkswaterstaat, het Nederlands Loodswezen, de Kustwacht, DFDS Group, de Nederlandse Vereniging van Kapiteins ter Koopvaardij (NVKK) en Redwise Deep Sea Pilots. Deze groep nautische experts, die beschikt over gespecialiseerde kennis van de scheepvaartroutes op de Nederlandse Noordzee, is in dit kader meer gevraagd hun visie te delen over de relevantie, actualiteit en toekomstbestendigheid van het Afwegingskader.

### 6.1 Actualiteit criteria

Het Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee [Ref 1.] is ontwikkeld om vanuit nautische veiligheid maatwerk te bieden bij ruimtelijke ordening. Het kader is gebaseerd op beleidsuitgangspunten uit het Nationaal Waterplan en de Beleidsnota Noordzee, waarin veilige en vlotte afwikkeling van scheepvaartverkeer en permanente verbetering van maritieme veiligheid centraal staan. Juridisch is het een resultante uit de Waterwet (tegenwoordig Omgevingswet) en internationale verdragen zoals UNCLOS, COLREGs, GPSR en SOLAS. Het uitgangspunt is een minimale afstand tussen windparken en verkeersscheidingsstelsels, met ruimte voor maatwerk op basis van de maatgevende omstandigheden.

De veiligheidscriteria omvatten onder meer voldoende ruimte voor een pad voor normale afwikkeling van verkeer, een veiligheidsmarge voor noodmanoeuvres, en eventueel zones voor ankeren. Specifieke manoeuvres zoals uitwijken (0,3 nM), rondtorn (6L), en aanvullende factoren zoals drift (1,7 nM), radarverstoring (0,8 nM) en kruisend verkeer bepalen de benodigde ruimte onder uiteenlopende situaties.

In het Afwegingskader wordt de padbreedte berekend op basis van drie hoofdcriteria:

- Aantal en type schepen op de route (inclusief prognose voor het peiljaar, ca. 20 jaar vooruit).
- Ruimte om te passeren en op te lopen binnen de verkeersbaan.
- Ruimte voor uitwijkmanoeuvres onder normale omstandigheden.

De berekening gebruikt een formule waarin de lengte van het maatgevend schip ( $L$ ) en de verkeersintensiteit bepalend zijn. Voorbeeldwaarden:

- Bij minder dan 4.400 schepen per jaar:  $4L$  ( $\approx 0,86$  nM bij een schip van 400 m;  $0,65$  nM bij 300 m).
- Bij 4.400–18.000 schepen:  $6L$  ( $\approx 1,30$  nM bij 400 m;  $0,97$  nM bij 300 m).
- Bij meer dan 18.000 schepen:  $8L$  ( $\approx 1,73$  nM bij 400 m;  $1,30$  nM bij 300 m).

Deze padbreedte vormt de basis voor de ruimte die schepen nodig hebben om veilig te manoeuvreren en wordt aangevuld met een veiligheidsmarge voor noodmanoeuvres, zoals rondtorn en uitwijken, plus een veiligheidszone van 500 m rond windparken conform UNCLOS. Deze criteria waarborgen dat schepen conform internationale reglementen veilig kunnen navigeren en noodsituaties kunnen opvangen, terwijl het kader tevens dient als instrument voor kaveluitgifte, vergunningverlening en internationale afstemming.

In het Programma Noordzee 2022-2027 [Ref 5.] is het oorspronkelijke Afwegingskader verankerd als een ontwerpcriterium in bijlage 3. Het ontwerpcriterium stelt dat bij het vaststellen van veilige afstanden het concept van het maatgevend schip een centrale rol speelt. 'Maatgevend' is het schip dat qua lengte en operationele kenmerken bepalend is voor de ruimtereservering op een specifieke route. Afhankelijk van de route bedraagt de lengte van het maatgevend schip doorgaans 300 of 400 meter; zo geldt voor de aanlooproutes naar Amsterdam een maatgevend schip van 300 meter. Anders dan bij het Afwegingskader wordt hier een duidelijke waarde genoemd als wordt met het woord 'doorgaans' niet gesuggereerd dat het vastgestelde waarde is.

De meest kritische manoeuvre waarvoor voldoende ruimte moet worden gereserveerd, is de rondtorn zoals ook al eerder vastgesteld in het Afwegingskader. Voor het uitvoeren van deze manoeuvre is een afstand van zes scheepslengtes vereist. Aan stuurboordzijde dient bovendien rekening te worden gehouden met een extra uitwijkmanoeuvre van 0,3 nautische mijl, aangezien een schip in eerste instantie zal proberen een rondtorn te vermijden door uit te wijken. De totale benodigde ruimte aan stuurboord bedraagt daarmee 0,3 NM plus zes scheepslengtes. Dat is gelijk aan het Afwegingskader al is het een vereenvoudigde versie.

Daarnaast geldt op grond van UNCLOS een veiligheidszone van 500 meter rondom single objects, zoals windturbines, waarin doorvaart momenteel niet is toegestaan.

Op basis van deze uitgangspunten zijn de vereiste veilige afstanden als volgt berekend:

- Voor schepen met een lengte van 400 meter: 1,87 NM aan stuurboord en 1,57 NM aan bakboord.
- Voor schepen met een lengte van 300 meter: 1,54 NM aan stuurboord en 1,24 NM aan bakboord.

Het ontwerpcriterium binnen het Programma Noordzee kijkt op enkele essentiële punten af van de systematiek van het oorspronkelijke Afwegingskader. In het Afwegingskader wordt de padbreedte van een route of verkeersscheidingsstelsel op een elegante wijze bepaald op basis van het aantal schepen dat gebruikmaakt van de betreffende route, waarbij een formule is gehanteerd die rekening houdt met verkeersintensiteit en scheepslengte. Dit uitgangspunt ontbreekt in het ontwerpcriterium, waardoor onduidelijk blijft of deze methodiek nog wordt toegepast. Bovendien is de maat voor de rondtorn, zes scheepslengtes, reeds vertaald naar vaste waarden voor schepen van 300 en 400 meter, hetgeen de flexibiliteit van het Afwegingskader beperkt. Indien in de toekomst grotere of kleinere schepen als maatgevend worden geclassificeerd, zal het ontwerpcriterium verouderd blijken.

Voor clearways, de verbindingroutes tussen formele scheepvaartroutes, worden de genoemde afstanden opgenomen in de totale breedte van het clearwaypad. Voor ankergebieden en precautionary areas worden dezelfde veilige afstanden gehanteerd als voor verkeersscheidingsstelsels. Deze benadering maakt het ontwerpcriterium eenvoudiger, maar tevens conservatiever dan het Afwegingskader, aangezien het geen onderscheid maakt tussen verschillende gebiedstypen en hun specifieke risicoprofielen.

De expertgroep onderschrijft unaniem de kernprincipes van het Afwegingskader. Hoewel de berekening van padbreedte geen bovengrens kent en stopt bij de categorie 'meer dan 18.000 schepen', wordt niet verwacht dat deze waarde op de Nederlandse Noordzee binnen het komende decennium zodanig wordt overschreden dat een extra categorie noodzakelijk is. Ook de rondtorn als maatgevende manoeuvre blijft relevant, zij het dat de groep erkent dat deze manoeuvre een uitzonderlijk verschijnsel is dat in de praktijk zoveel mogelijk moet worden voorkomen. Ten slotte bestaat er consensus over de initiële uitwijkmanoeuvre van 0,3 nautische mijl, gevolgd door een rondtorn van zes scheepslengtes. Op basis van deze bevindingen concludeert de expertgroep dat de kernprincipes van het oorspronkelijke Afwegingskader nog steeds bruikbaar, relevant en toekomstbestendig zijn.

## **6.2 Ruimtegebruik**

De resultaten van de data-analyse in onderzoeksvragen 1 tot en met 3 tonen geen significante afwijkingen die de toepassing van het Afwegingskader zouden belemmeren. Evenmin zijn er zorgwekkende trends vastgesteld met betrekking tot het aantal schepen, de scheepsafmetingen of de frequentie en aard van manoeuvres die tot veiligheidsrisico's zouden kunnen leiden. Dit beeld wordt bevestigd door de consultatie van de expertgroep. Hoewel de aard van scheepvaartactiviteiten vereist dat voldoende ruimte beschikbaar is, hoeft deze ruimte niet onbeperkt te zijn. De noodzakelijke begrenzing kan op basis van nautische expertise en het beginsel van redelijkheid worden vastgesteld, waarbij het Afwegingskader een adequaat en praktisch instrument vormt.

Wel merkt de expertgroep op dat situaties waarin schepen drijven of noodgedwongen gebruikmaken van het anker potentieel problematisch kunnen zijn. In algemene zin wordt gesteld dat een schip circa één uur moet kunnen drijven voordat het anker effectief houdt, waarbij de verplaatsing afhankelijk is van omgevingsfactoren zoals wind en stroming. Op basis van de drifteranalyse in paragraaf 3.6 lijkt er echter voldoende ruimte beschikbaar om dergelijke scenario's op te vangen.

## **6.3 Conclusie**

De centrale onderzoeksvraag binnen dit hoofdstuk was:

In hoeverre zijn de uitgangspunten in het afwegingskader nog actueel/relevant met het oog op de huidige en verwachte toekomstige situatie betreffende scheepvaartverkeer rond windparken op de Noordzee, en welke relevante onderdelen/uitgangspunten missen nog? (vraag 4 in paragraaf 1.1)

De gecombineerde data-analyse en expertconsultatie bieden geen aanwijzingen dat het huidige of toekomstige ruimtegebruik buiten de in het Afwegingskader gespecificeerde criteria en marges zal vallen. Het kader blijft daarmee een valide en toekomstbestendig instrument voor het waarborgen van nautische veiligheid in relatie tot offshore windparken.

## 7 BENODIGDE RUIMTE

Het Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee [Ref. 1] biedt een systematische redeneerlijn die dient als basis voor het vaststellen van een theoretisch vereiste ruimte. Het uitgangspunt daarbij is dat schepen over voldoende manoeuvreerruimte moeten beschikken om onder uiteenlopende omstandigheden veilig te kunnen navigeren. Voor een robuuste analyse van deze ruimtelijke vereisten is het noodzakelijk inzicht te verkrijgen in de theoretisch benodigde ruimte, de condities waaronder deze ruimte relevant is, en het feitelijke ruimtegebruik van verschillende scheepstypen onder die condities, mede bepaald door hun hydrodynamische eigenschappen. De centrale onderzoeksvraag binnen dit deel van de studie luidt:

Hoeveel ruimte is nodig/gewenst voor de scheepvaart bij windparken in de huidige/toekomstige situatie bij gemiddelde en maatgevende omstandigheden/schepen, gerelateerd aan de opgestelde veiligheidscriteria? (vraag 5 in paragraaf 1.1)

Ter beantwoording van deze hoofdvraag zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

1. Welke ruimte is theoretisch nodig voor een goede toekomstbestendige ruimtelijke ordening van scheepvaartroutes bij windparken op de Noordzee, op basis van maatgevende omstandigheden en schepen?
2. Welke ruimte is gewenst voor een goede toekomstbestendige ruimtelijke ordening van scheepvaartroutes bij windparken op de Noordzee, op basis van doelmatigheid en proportionaliteit (rekening houdend met overige ruimtelijke belangen op de Noordzee)?

### 7.1 Theoretische ruimte

De ruimte welke het Afwegingskader specificceert is noodzakelijk op een route waarbinnen het scheepvaartverkeer zich concentreert, aan de randen van deze route indien zich daar een windpark of ander obstakel bevindt, en bij ankergebieden. Na de publicatie van het Afwegingskader is bovendien geconstateerd dat schepen ruimte nodig hebben om 'gaande' te kunnen houden indien de weerscondities ankeren niet mogelijk maakt, af wanneer schepen kort moeten wachten voor ze de haven binnen mogen varen. Schepen kunnen ervoor kiezen binnen de gangbare routes te blijven, maar wanneer de verwachte wachttijd relatief kort is dan heeft het routingssysteem niet de voorkeur. Dit heeft er al toe geleid dat ten noorden van het ankergebied 5 bij de aanloop van Hoek van Holland, een no-anchoring area is gecreëerd. In dat gebied kunnen schepen wachten zonder het anker te gebruiken. Door het aan te wijzen als no-anchoring area wordt doorgaand verkeer, ankerliggers, en wachtende schepen van mekaar gescheiden om zo de veiligheid te verhogen.

De ruimte binnen de routes wordt bepaald door de 'padbreedte' van de route en is afhankelijk van het aantal en de grootte van de schepen die de route gebruiken. Het maatgevende schip voor de bepaling van dit criterium wordt bepaald door de grootste scheepslengte waarvan 98.5% van de schepen op de betreffende route even groot of kleiner zijn. De breedte van de route komt vervolgens uit de aanname dat schepen, afhankelijk van de verkeersintensiteit, naast elkaar moeten kunnen varen en mekaar oplopen. Hierbij wordt een verdeling verondersteld waarbij een jaarlijkse intensiteit tot 4400 schepen, 2 schepen veilig naast elkaar zouden moeten kunnen varen. Tussen 4400 en 18000 schepen per jaar moeten 3 schepen naast elkaar kunnen varen, en bij meer dan 18000 schepen per jaar moeten 4 schepen naast elkaar kunnen varen. Het Afwegingskader geeft wel enkele bronnen aan waarop deze verdeling is gebaseerd, maar dit is niet te achterhalen. De uiteindelijke padbreedte komt voort uit het principe dat ieder schip een 'domein' van 2 scheepslengtes (2L) van het maatgevende schip nodig heeft zodat er één lengte aan beide zijden ontstaat. In het geval waarbij 4 schepen naast elkaar moeten varen wordt de padbreedte 4 x 2L. Bij het grootste maatgevende schip van 400m komt de minimale padbreedte daarmee op 3200m. De jaarlijkse Netwerkanalyse [Ref 9.] laat zien dat de verkeersscheidingsstelsels in de Nederlandse Noordzee een breedte hebben die binnen de kaders van de uitgangspunten van het Afwegingskader vallen. Het maatgevende schip voor de bepaling van de

breedtes van de verkeersscheidingsstelsels is hierbij leidend. Omdat de scheepvaartintensiteit redelijk stabiel blijft op de hoofdroutes op de Noordzee, lijkt er wel sprake van een schaalvergroting van de schepen binnen het verkeersscheidingsstelsel. Wanneer het maatgevende schip groter wordt kan in de toekomst de padbreedte volgens de huidige maatstaf ontoereikend worden.

Op basis van de data-analyse van de beschikbare data kan niet worden geconcludeerd dat schepen bij een toenemende verkeersintensiteit een grotere breedte van de vaarroute benutten. Het verkeersbeeld vertoont daarvoor een te grote spreiding in de verdeling van schepen over de breedte van de vaarweg. Tijdens de expertsessie is deze verdeling van schepen over de verkeersbaan besproken, waarbij tevens is gevraagd in hoeverre de uitgangspunten van het Afwegingskader als realistisch kunnen worden beschouwd. De deelnemers bevestigden de observatie dat schepen in de praktijk de beschikbare ruimte benutten en hun gedrag aanpassen wanneer beperkingen optreden. De voorgestelde indeling, waarin op drukker vaarwater meerdere schepen naast elkaar kunnen varen, werd door de experts onderschreven. Daarbij werd de zwaarste categorie, waarin vier schepen gelijktijdig naast elkaar moeten kunnen varen, als plausibel, zij het uitzonderlijk, beoordeeld. De verwachting dat binnen afzienbare tijd situaties ontstaan waarin vijf schepen naast elkaar moeten kunnen varen, werd door de experts niet gedeeld.

De vrije ruimte aan de randen van de routes wordt bepaald door de noodzakelijke ruimte voor wat 'normale' uitwijkmanoeuvres wordt genoemd. Normale uitwijkmanoeuvres kunnen echter zeer uiteenlopend worden gedefinieerd. Een uitwijkmanoeuvre moet duidelijk waarneembaar zijn en tijdig uitgevoerd, maar specifiek is het niet beschreven.

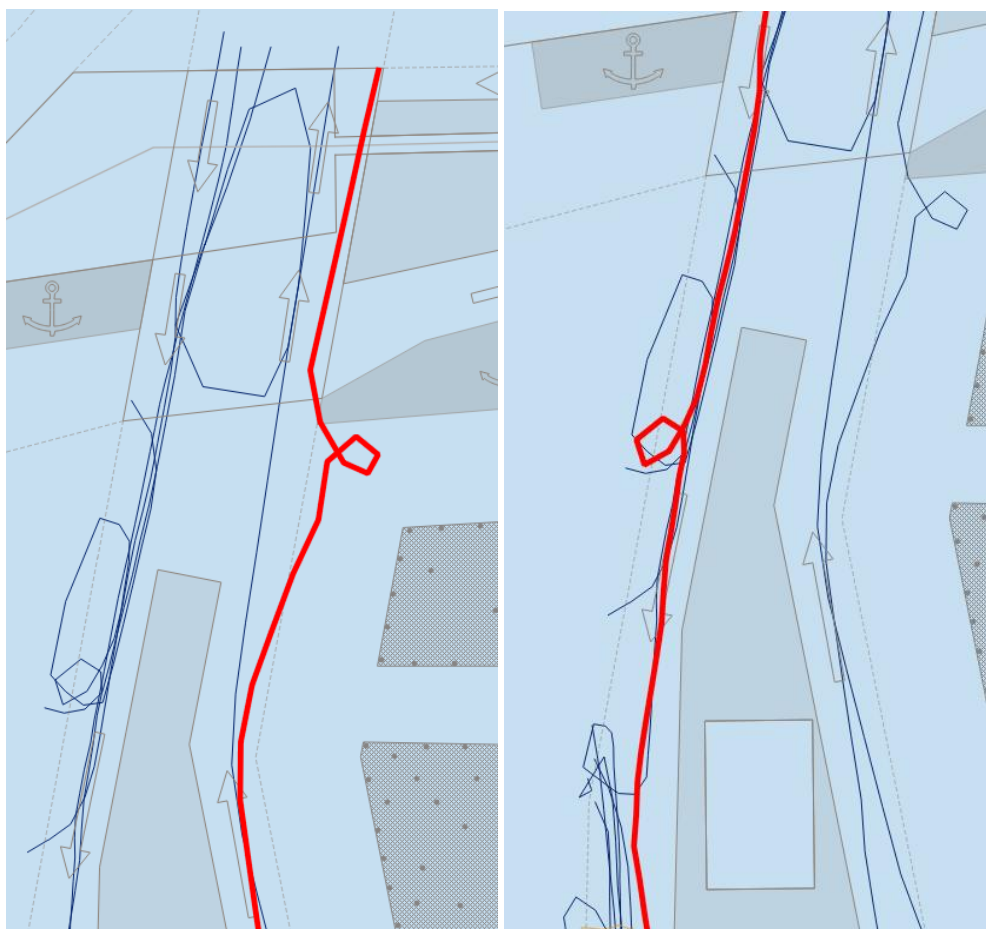
Als een containerschip met een vaart van 21 knopen een uitwijkmanoeuvre naar stuurboord maakt van ongeveer 30 graden ten opzichte van de oorspronkelijke koers, en tien minuten op die nieuwe koers doorvaart. Dan wordt de afstand die het schip krijgt ten opzichte van de oorspronkelijke koerslijn ongeveer 1.75 zeemijl. Het afwegingskader spreekt zelf van een mogelijke afwijking van tweeënhalve zeemijl als gevolg van een uitwijkmanoeuvre, maar neemt dat verder niet op als criterium. De snelheid van het schip, de koersverandering en de tijd waarbinnen de uitwijkmanoeuvre plaatsvindt zijn in ieder geval bepalend voor de totale afwijking van de oorspronkelijke koerslijn. Deze variatie in variabelen maakt een voorspelling van de benodigde theoretische ruimte onzeker. Er kunnen immers een grote verscheidenheid aan uitwijkmanoeuvres worden gemaakt waarbij de omgevingscondities bovendien een aanvullende en complicerende factor kunnen zijn. Welke ruimte moet worden verondersteld voor uitwijkmanoeuvres is daarom niet anders te bepalen dan op basis van een operationele aanname.

Een noodmanoeuvre laat zich iets beter vertalen binnen een definitie, en de technische capaciteit van een schip om een dergelijke manoeuvre uit te voeren is bovendien vastgelegd in internationale regelgeving. Het Afwegingskader verwijst daarvoor naar de IMO MSC.137(76) standaard welke criteria voorschrijft voor de manoeuvreerbaarheid van schepen met een lengte van meer dan 100 meter. De standaard schrijft onder anderen voor hoe groot de draaicirkel of stopafstand mag zijn, gemeten in het aantal scheepslengtes. Met name de draaicirkel is in het Afwegingskader gebruikt als maatgevende manoeuvre voor de bepaling van de veilige afstand. De draaicirkel van een schip is wederom afhankelijk van veel verschillende factoren, maar als noodmaatregel zijn de omstandigheden en uitgangspunten door IMO goed gedefinieerd. MSC.137(76) schrijft voor dat een schip op tenminste 90% van de snelheid overeenkomend met 85% van de maximale voortstuwingscapaciteit bij kalme weersomstandigheden en voldoende diep water met 35 graden roerhoek een draaicirkel moet kunnen varen die niet groter is dan 5 scheepslengtes.

Hoewel schepen zeker rondtorns maken als uitwijkmanoeuvre of om de tijd iets te rekken voor aankomst bij een haven, zullen de omstandigheden minder extreem zijn en zal de manoeuvre met een grotere mate van beheersing worden uitgevoerd. Om deze reden gaat het afwegingskader uit van een eerdere koerswijziging waarbij een afstand van 0.3 zeemijl wordt afgelegd voordat de gehele draai wordt ingezet. Daarbij zal mogelijk met een kleinere roerhoek worden gevaren waardoor de draaicirkel groter wordt. Het uitgangspunt is daarom 6 scheepslengtes aan te houden voor een rondtorn. In

onderzoeksvraag 2 (hoofdstuk 4) is zichtbaar gemaakt dat dergelijke manoeuvres voorkomen maar als noodmanoeuvre zeer zelden. De invloed van de omgevingsomstandigheden voor het inzetten van een rondtorn is bovendien niet eenduidig en afhankelijk van een menselijk besluit. Veel wind en hoge golven, maar wellicht ook slecht zicht, zijn misschien factoren waardoor de bemanning er niet snel voor zal kiezen deze manoeuvre in te zetten. Deze menselijke factor is in dit kader niet meegenomen. Wel zichtbaar uit de data is dat schepen een grotere afstand aanhouden ten opzichte van de windparken. De bemanningen nemen dus de ruimte die er is. Dat maakt het minder waarschijnlijk dat een schip in de richting van een windpark een rondtorn zal maken, al valt dat ook niet uit te sluiten.

Het is niet mogelijk de beweegredenen van het vaargedrag van schepen uit AIS data te analyseren. De data geven alleen de gevaren trajecten gekoppeld aan de tijd. Daarmee kan er wel een vergelijking worden gemaakt met de heersende weersomstandigheden, maar een causaal verband tussen het gedrag en de omstandigheden is zonder aanvullende informatie niet vast te stellen. De geïdentificeerde rondtorns zijn daarom lastig te plaatsen binnen de vraag of het Afwegingskader een adequate richtlijn is. Afgaande op de waarneming dat schepen in de regel de ruimte gebruiken die beschikbaar is, en bij een beperkte ruimte obstakels vermijden zou verondersteld kunnen worden dat het kader voldoende is. Vaststaat dat er in ieder geval geen manoeuvres zijn waargenomen waarbij een windpark in de weg zat. De behoefte van een bemanning blijft echter onbekend waardoor het niet met zekerheid kan worden vastgesteld dat een windpark geen negatief effect op de veiligheid heeft gehad. Hoe dat eruit ziet is goed te zien in Figuur 7-1 waar rondtorns zichtbaar zijn gemaakt uit de analyse uit paragraaf 4.3. Het betreft hier als voorbeeld het verkeersscheidingsstelsel Maas Noord in beide richtingen. Duidelijk waarneembaar is dat schepen in zuidelijke richting een enigszins afwisselend routepatroon vertonen, vermoedelijk om niet te vroeg bij het loodsstation aan te komen. In de noordelijke richting een rondtorn zichtbaar welke een uitwijkmanoeuvre zou kunnen zijn maar dat is niet met zekerheid vast te stellen.



Figuur 7-1: Geïdentificeerde rondtorns in 2022 in het Verkeersscheidingsstelsel Maas Noord

De reden waarom een schip een rondtorn zal maken is dus erg divers maar als noodmaatregel primair ter voorkoming van een aanvaring met een ander schip. Indien door beide schepen de COLREGS correct worden gevolgd dan zou de manoeuvre niet nodig hoeven zijn. Door omstandigheden kan het echter voorkomen dat er toch een gevaar voor aanvaring kan ontstaan waardoor een rondtorn de enige mogelijke uitwijkmanoeuvre is. Hier moet worden opgemerkt dat deze situaties voornamelijk te verwachten zijn op locaties waar scheepvaartroutes mekaar kruisen. Langs een windpark is dat niet het geval waardoor de interactie tussen schepen waarschijnlijk beperkt blijft tot niet-routegebonden scheepvaart in en rond de windparken. Dat zijn voornamelijk werkschepen ten behoeve van offshore activiteiten of vissersschepen. Een dergelijk schip zou, indien het geen voorrang verleent aan een passerend koopvaardijship, een rondtorn als noodmaatregel kunnen veroorzaken. Het is onwaarschijnlijk dat meer gecontroleerde en planbare manoeuvres waarbij een volledige draaicirkel wordt gevaren zullen plaatsvinden in de buurt van een windpark wanneer dat niet noodzakelijk is.

Tot slot zou de rondtorn in verscheidende vormen kunnen worden uitgevoerd als man overboord manoeuvre. Er zijn verschillende manoeuvres mogelijk, maar één van de bekendste methoden is de "Williamson turn". Hierbij wordt een koersverandering van 60 graden gemaakt waarna een draai in de andere richting wordt ingezet tot het schip op tegengestelde koers, en traject is gekomen. Hierdoor komt het schip in de aanvangspositie terug op tegengestelde koers. Deze manoeuvre wordt in de regel met de maximale roeruitslag gemaakt waardoor de draaicirkel weinig groter zal zijn dan een normale draaicirkel. Door een extra roerbeweging in tegengestelde richting neemt de snelheid van het schip wel meer af dan bij een normale rondtorn. Deze manoeuvre kan door de bemanning geoefend worden maar dan wordt daar bij voorkeur een gebied met voldoende ruimte voor gekozen. En man overboord op volle zee resulterend in deze manoeuvre is uiterst zeldzaam. De tactische diameter van een man overboord manoeuvre verschilt enigszins per schip maar aangezien het schip op een tegengestelde koers uitkomt kan worden aangenomen dat de draaicirkel een vergelijkbare diameter heeft als de rondtorn.

### **7.1.1 Conclusie**

Subvraag: Welke ruimte is theoretisch nodig voor een goede toekomstbestendige ruimtelijke ordening van scheepvaartroutes bij windparken op de Noordzee, op basis van maatgevende omstandigheden en schepen?

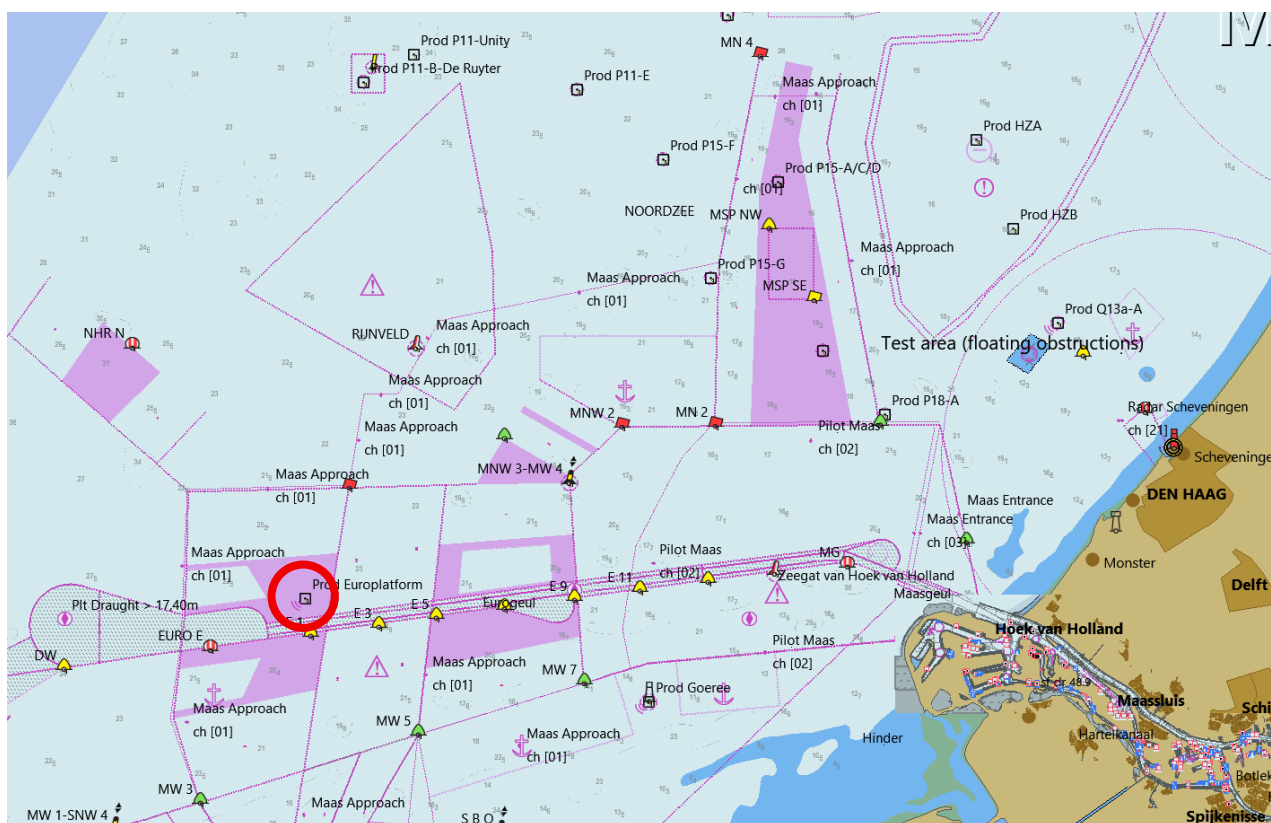
Gegeven de theoretische manoeuvreercriteria van schepen zoals voorgeschreven door de IMO, en de te verwachten manoeuvres die moeten kunnen worden gevaren met inachtneming van enige marge is het uitgangspunt van het Afwegingskader goed te verklaren. Het is niet ondenkbaar dat de maatgevende schepen de komende jaren nog groter zullen worden, met name containerschepen, maar dat zal niet een significante toename zijn. Het aantal schepen is ook al jaren redelijk stabiel en er bestaan geen aanwijzingen dat hier de komende jaren een stijging kan worden verwacht. De bepaling van de padbreedte heeft echter geen bovengrens. Er bestaan momenteel geen routes op het Nederlandse deel van de Noordzee waarbij de verkeersintensiteit significant boven de 18000 schepen per jaar komt, maar het criterium is niet ingericht voor een verdubbeling van dat aantal. De maatstaf dat hier vier schepen naast elkaar moeten kunnen varen geeft weliswaar een ruime marge, maar het is onduidelijk of deze norm zou moeten worden vergoed naar 5 schepen bij een toenemende verkeersintensiteit. Het is vooral de onzekerheid over de toekomstbestendigheid van het huidige Afwegingskader wat leidt tot de aanbeveling periodiek de toepassing te evalueren en waar nodig aan te passen. Met name bij een significante toename in verkeersintensiteit en/of maatgevende scheepslengte is een nieuw evaluatie aangeraden. Het is echter gebleken dat de theoretische uitgangspunten in 2025 nog steeds valide en bruikbaar zijn.

## 7.2 Wenselijke ruimte

De theoretische ruimte is deels gebaseerd op de technische criteria van een schip en de aanname dat sommige manoeuvres denkbaar en haalbaar zijn. Ter verificatie van het Afwegingskader is ervoor gekozen fast-time manoeuvreersimulaties van uitwijkmanoeuvres uit te voeren met verschillende schepen, onder verschillende weerscondities, en met verschillende operationele uitgangspunten.

### 7.2.1 Weerscondities

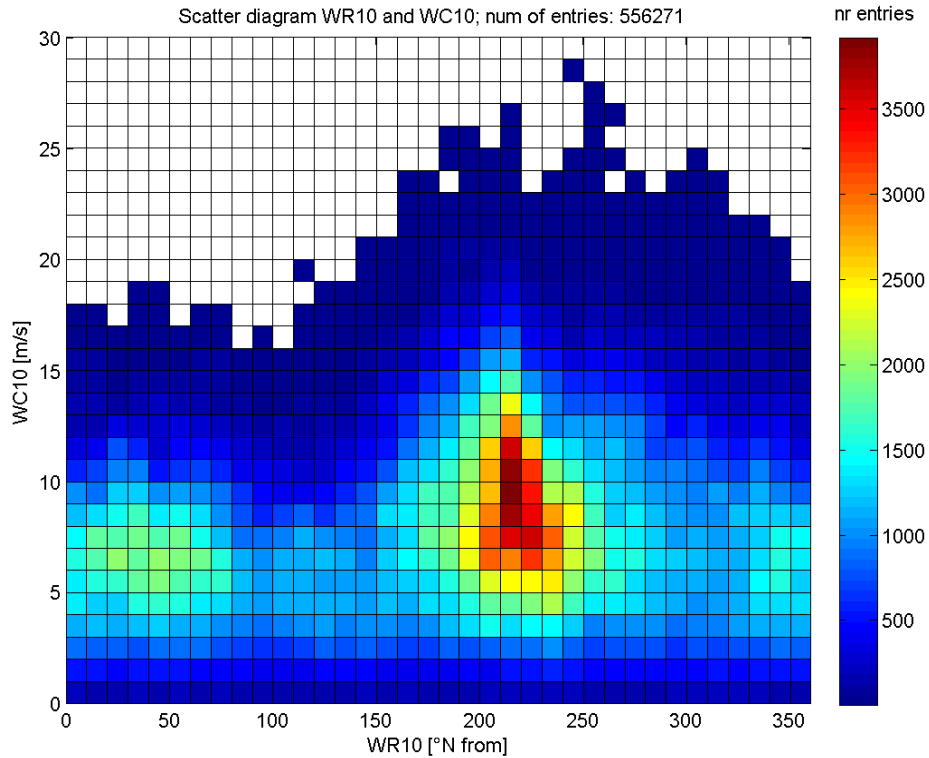
Bij het uitvoeren van fast-time manoeuvreersimulaties is het van belang de uitersten van wat redelijkerwijs te verwachten is op te zoeken. De te kiezen weersomstandigheden waaronder gesimuleerd gaat worden zijn daarom gekozen met als doel een zo realistisch mogelijke situatie weer te geven waarbij eveneens de limieten worden opgezocht. Voor de manoeuvres zijn wind, goven, en in mindere mate stroming, van belang. Op basis van de meteorologische en oceanografische data gemeten op het Europlatform op de Noordzee is een keuze gemaakt voor twee verschillende windsnelheden en de daarbij corresponderende golfkarakteristieken. Het Europlatform is een vast baken en meetstation ten noorden van het begin van de Eurogeul, de diepwateroute richting Hoek van Holland. Het platform ligt zo'n 50 km uit de kust en is daarmee een goed uitgangspunt voor de weerscondities in de zuidelijke Noordzee. De locatie van het Europlatform is weergegeven in Figuur 7-2.



*Figuur 7-2: Weergave van de aanloop naar Hoek van Holland op de nautische kaart. Het Europlatform is zichtbaar in de rode cirkel.*

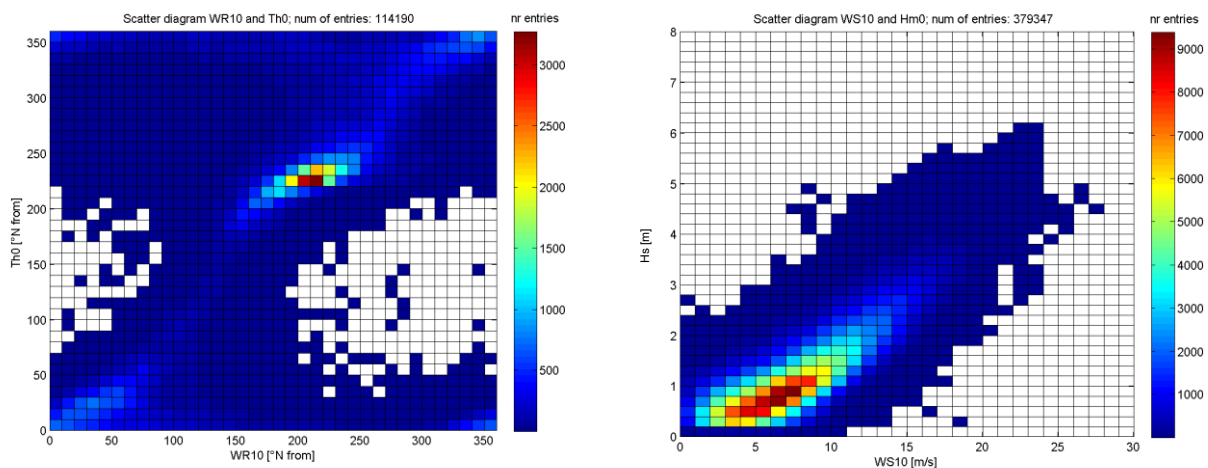
Figuur 7-3 geeft de gemiddelde windsnelheden over 10 minuten weer die op het Europlatform gedurende een jaar zijn gemeten. De overheersende windrichting is ZZW, terwijl de sterkste wind uit het westen kan worden verwacht. 81% van de tijd wordt een windsnelheid van 11 m/s ( $\approx$  5 Beaufort) niet overschreden. In 1.3% van de gevallen bedraagt de windsnelheid meer dan 17 m/s ( $\approx$  7 Beaufort). Winden van 6 Beaufort en hoger ( $\approx$  14 m/s) komen voor in 68.5% van de gevallen uit de richtingen tussen zuid en west. Een windkracht van 5 Beaufort is een vrij krachtige wind maar komt geregeld voor

op de Noordzee. Voor de simulaties zal windkracht 5 daarom gebruikt worden als basiswaarde. Operationeel is het verdedigbaar windkracht 7 als bovengrens te gebruiken. 7 beaufort is een harde wind die met enige regelmaat voorkomt, maar niet dominant is. En grotere windkracht kan voorkomen maar zo weinig dat de relevantie voor de studie twijfelachtig wordt.



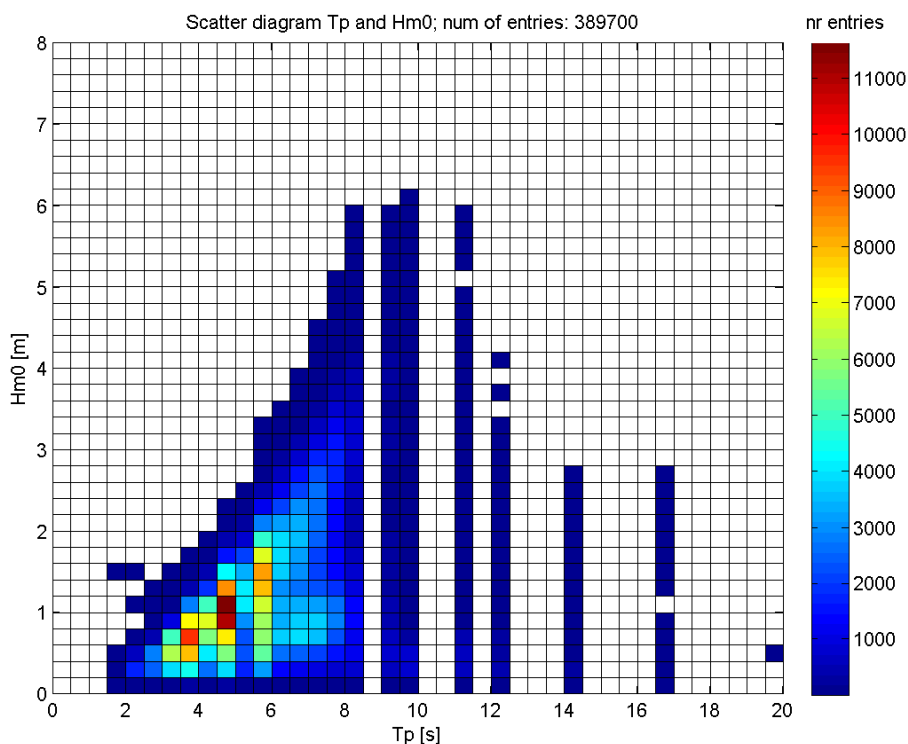
*Figuur 7-3: Windsnelheid 10 min gemiddeld [m/s] versus windrichting [°N van]*

Het linkerdeel van Figuur 7-4 toont de correlatie tussen de windrichting en de richting van het golfspectrum. Er is bovendien een sterke correlatie tussen de significante golfhoogte ( $H_s$ ) en de windsnelheid, dat is zichtbaar in de rechter grafiek. In 91.1% van de gevallen is de golfhoogte minder dan 2.4m. In 98.4% van de tijd minder dan 3.6m. De corresponderende golfhoogte bij een windkracht van 5 beaufort is 1.5m, de basis voor de simulaties.



*Figuur 7-4: Golfrichting ( $Th_0$  [°N van]) versus windrichting ( $WR_{10}$ [°N van]) aan de linkerkant; Significante golfhoogte ( $H_s$  [m]) versus windsnelheid ( $WS_{10}$  [m/s]) rechts.*

Onderstaande Figuur 7-5 toont de verdeling van de piekperioden van het golfspectrum voor verschillende golfhoogtes ( $H_{m0}$ ). De piekperiode van het spectrum is niet langer dan 12.5s en in slechts 0.9% van de gevallen langer dan 10s. Het is te zien dat lange perioden  $T_p > 18$  voorkomen, maar dat de bijbehorende golfhoogte relatief laag is. Voor de simulaties zijn de perioden gekozen overeenkomstig met de gekozen golfhoogten.



Figuur 7-5: Significante golfhoogte ( $H_s$  [m]) versus piekperiode ( $T_p$  [s])

In Tabel 7-1 zijn de gebruikte windsnelheden en overeenkomstige golfhoogte en periode weergegeven die zijn gebruikt voor de manoeuvreersimulaties. Naast de basisconditie bij een windkracht 5 en 1.5m golfhoogte en een relevant uiterste bij windkracht 7 en 3m golfhoogte, is er nog een extra conditie aan toegevoegd. Bij een aanhoudende wind van 17 m/s is het mogelijk dat in sommige delen van de Noordzee de golfhoogte hoger wordt. Hiervoor is onder gelijkblijvende condities een golfhoogte van 4.5 meter gesimuleerd.

Tabel 7-1: Numerieke weergave van gekozen windsnelheden en de daarbij corresponderende golfkarakteristiek

Wind % niet overschreden	Windsnelheid	Golfhoogte $H_s$	Golf piekperiode $T_p$
81%	11 m/s (5 Bft)	1.5m	6s
98.7%	17 m/s (7 Bft)	3.0m	8s
98.7%	17 m/s (7 Bft)	4.5m	8s

De richting van de weerscondities is variabel, maar voor het testen van manoeuvreercondities wordt uitgegaan van een richting ten opzichte van het schip. Er worden vier richtingen van wind en golven toegepast, van voren, van bakboord, van stuurboord, en van achteren. De wind en golven komen steeds uit dezelfde richting.

### 7.2.2 Waterdiepte en stroming

De waterdiepte, en daarmee de hoeveelheid water onder de kiel van een schip, is bepalend voor het manoeuvreergedrag. De zuidelijke Noordzee is een betrekkelijk ondiep gebied waardoor (zeer)grote schepen met zorg moeten navigeren, en de mogelijkheden voor bijzondere manoeuvres beperkt zijn. De variatie van waterdiepte binnen het Nederlandse deel van de Noordzee varieert van meer dan 40 meter in het noorden tot minder dan 20 meter in het zuiden. De diepwater routes voor schepen met een relatief grote diepgang zijn in de regel meer dan 25 meter diep, maar daar wordt door slechts een klein deel van alle scheepvaart gebruik van gemaakt. Een 'gemiddelde' diepte van 25 ten behoeve van manoeuvreersimulaties op zee is redelijk omdat het grootste deel van de zuidelijke Noordzee in de buurt van die diepte komt. Om het effect van de beperkte diepte zo groot mogelijk te maken is daarnaast ook rekening gehouden met manoeuvres bij een waterdiepte van 20 meter. De bij de simulaties gebruikte schepen hadden allen een diepgang die minder was dan 20 meter, maar de grootste schepen staken 16.5 meter diep. Zeker bij grotere golfhoogtes kan dit operationeel problematisch zijn maar het is wel numeriek te simuleren.

De stroming in de Noordzee als gevolg van het getij is over het algemeen noordoost-zuidwest, evenwijdig aan de Nederlandse kust. De stroming is daarbij sterk afhankelijk van de locatie. Een gemiddelde stroming van 1.5kn (0.772m/s) is als standaard toegepast. Hoewel de grootste scheepvaartverkeersstromen evenwijdig aan de kust lopen, en daarmee voornamelijk een stroming-mee of tegengesteld ervaren, is voor de simulaties toch een andere keuze gemaakt. Met als doel een zo groot mogelijk effect van de stroom of manoeuvres te creëren wordt gesimuleerd met een 1.5kn stroom van stuurboord, ongeacht de koers van het schip.

### 7.2.3 Schepen

De nadruk bij het bepalen van de veilige afstanden ligt bij schepen die door hun afmetingen of constructie moeilijker te manoevreren zijn dan andere schepen. Vooral de windgevoeligheid van de schepen speelt een rol bij deze overweging vanwege de beperkende factor op de manoeuvreerbaarheid. Vanuit deze overweging zijn vier scheeptypen geselecteerd; een containerschip, tanker, RoRo (roll-on roll-off), en passagiersschip. Meer specifiek zijn er twee maten containerschip gebruikt van 300 en 400 meter. De 400 meter schepen zijn de grootste categorie en zijn maatgevend voor de grootte van de routes en veiligheidsmarges, maar de 300 meter schepen komen veel meer voor. Het type 'tanker' is verdeeld in drie subcategorieën; en lege- en beladen tanker, en een LNG-carrier. RoRo schepen zijn divers in uitvoering, maar vanwege het grote oppervlak is de meest kritische soort de carcarrier waarmee personenauto's worden vervoerd. Tot slot is door de grootte een cruiseschip gekozen van het type passagiersschepen. Deze schepen zijn, en worden, steeds groter in vergelijking met schepen die een veerdienst onderhouden.

Daarmee zijn 7 schepen geselecteerd waarvoor in de database van MARIN is gezocht naar geschikte mathematische manoeuvreermodellen voor de simulaties. Dat heeft geresulteerd de selectie in Tabel 7-2 met de bijbehorende afmetingen en diepgang van de betreffende schepen. Hoewel van alle scheepstypen bij voorkeur de grootst mogelijke uitvoering wordt geselecteerd is dat niet overal mogelijk gebleken. Omdat het meerwaarde heeft de geladen en lege tanker van hetzelfde type te gebruiken was de keuze beperkt tot een schip van 275 meter. Daar staat tegenover dat de LNG carrier van 345 meter de grootste in zijn soort is. Dat geldt eveneens voor het cruiseschip van 385 meter dat groter is dan het grootste momenteel in de vaart.

In de laatste kolom van Tabel 7-2 is de snelheid aangegeven waarmee de simulaties zijn uitgevoerd. Deze snelheden zijn gebaseerd op de data van schepen die binnen de studiegebieden hebben gevaren. De snelheden komen overeen met de 98.5 percentiel-lijn van de gemeten snelheid over de grond van de geselecteerde schepen. Omdat de snelheid niet constant is en afhankelijk van de weersomstandigheden is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd bij weersomstandigheden die zijn gebruikt bij de simulaties. Omdat dergelijke omstandigheden echter weinig voorkomen moet de analyse over een beperkte hoeveelheid schepen worden uitgevoerd waardoor de resultaten minder eenduidig

zijn. Er is echter geen reden aan te nemen dat de snelheden van de betreffende scheepstypen significant veranderen bij slechter weer. Er zou kunnen worden waargenomen dat de snelheid met ongeveer één knoop afneemt bij een golfhoogte van meer dan 3 meter, maar dat gaf geen aanleiding de simulaties aan te passen. Verder is het wel zichtbaar dat schepen bij het naderen van een haven de snelheid aanpassen. De operationele omstandigheden van het schip worden daarmee echter dermate anders dat de manoeuvreereigenschappen ook veranderen. Bij aankomst bij een haven wordt een schip immers klaargemaakt om te manoeuvreren waardoor de snelheid van het schip ook beter kan worden geregeld. Omdat deze studie zich richt op de uitgangspunten van het Afwegingskader, en zich daarmee richt op doorgaande schepen op volle zee, worden de omstandigheden bij aankomst niet meegenomen in de studie.

Tabel 7-2: Geselecteerde schepen voor de simulaties

Type	Schip	Lengte	Breedte	Diepgang	Snelheid
Container	Panamax ( $\pm$ 6.000 TEU)	300	48	15	21
	ULCS <sup>2</sup> ( $\pm$ 20.000 TEU)	400	61,5	16,5	21
Tanker	Suez-Max (leeg)	275	50	7,8	15
	Suez-Max (geladen >120.000 ton)	275	50	16	15
	LNG (>260.000m <sup>3</sup> )	345	55	12	20
RoRo	PCC <sup>3</sup> (>6.000 auto's)	180	32,2	7,8	20
Passagiers	Cruise schip (>7.000 pass)	341	39	8	21

#### 7.2.4 Roerhoeken

Bij de fast-time simulaties worden draaicirkels gevaren waarbij het schip onder de gegeven condities een vaste roerhoek instelling krijgt. Over een gespecificeerde tijd wordt het gedrag van het schip vervolgens gesimuleerd. De noodmanoeuvre waar de IMO vanuit gaat dient met een roerhoek van tenminste 35 graden te worden gevaren zodat de kleinst mogelijke draaicirkel ontstaat. Omdat het Afwegingskader de IMO richtlijn als basis uitgangspunt toepast wordt de manoeuvre met 35 graden roerhoek het startpunt van de simulaties.

Een plotselinge manoeuvre met een dergelijke grote roerhoek heeft echter risico's. De meeste koopvaardijschepen zullen een economische vaart aanhouden die, afhankelijk van het schip, tussen 80 en 100% van het geïnstalleerde vermogen gebruikt. De voortstuwing en energiebalans van schepen is op volle zee vaak geoptimaliseerd en zorgvuldig geregeld voor een langdurig stabiel bedrijf. In de praktijk maakt deze operationele situatie dat schepen weinig flexibel zijn in het aanpassen van de snelheid. Bovendien maakt de energiebalans het schip ook kwetsbaar voor grote veranderingen in het vermogen. Wanneer een schip met een maximale roeruitslag een volledige draaicirkel maakt verlies het veel snelheid, krijgt het een grote helling en ontstaan er aanzienlijke krachten op het schip en de voorstuwingsinstallatie. Het is daardoor niet ondenkbaar dat een schip bij een dergelijke plotselinge manoeuvre technische problemen krijgt indien niet snel en adequaat door de bemanning wordt ingegrepen. Het is om die reden niet erg waarschijnlijk dat schepen deze manoeuvre zullen maken met zo'n grote roerhoek.

De IMO richtlijn schrijft een draaicirkel van vijf scheepslengtes voor bij de maximale roerhoek, maar het Afwegingskader gaat ervan uit dat schepen uit praktisch oogpunt met een kleinere roerhoek een ruimere draaicirkel maken waardoor de diameter van de draaicirkel zes scheepslengtes wordt. Bij de simulaties is er vanuit deze argumentatie rekening gehouden met schepen die de draaicirkel met een roerhoek van respectievelijk 20 en 10 graden uitvoeren. Praktisch gezien zal bij een grote koerswijziging

<sup>2</sup> Ultra Large Container Ship

<sup>3</sup> Pure Car Carrier

de draai worden ingezet met 20 graden roerhoek zodat een vlotte draaiing wordt ingezet. Bij geringe koerscorrecties of een tijdige uitwijkmanoeuvre is een roerhoek van 10 graden vaak wel voldoende. Hoewel niet met zekerheid vast te stellen, lijken de simulaties zoals uitgevoerd door de Onderzoeksraad voor Veiligheid [Ref 2.] met een dergelijke kleine roerhoek te zijn uitgevoerd. Bij 10 graden roerhoek is het onder bepaalde omstandigheden echter mogelijk dat het schip een zeer grote of geen volledige draaicirkel zal varen. Het is om die reden niet waarschijnlijk dat de bemanning van een schip nabij een windpark deze manoeuvre met een dergelijk kleine roerhoek zal uitvoeren.

### 7.2.5 Simulaties

De simulaties zijn uitgevoerd met aNySIM XMF. Dit is een door MARIN ontwikkeld tijddomeinsimulatieprogramma voor de analyse van de multi-body dynamiek in schepen en offshore-operaties. In deze 'fast-time' simulaties wordt de respons van varende en drijvende lichamen als gevolg van mechanische en hydrodynamische krachten berekend. aNySIM XMF is daarmee een geschikte tool voor de analyse van zeewaardigheid en manoeuvres op snelheid.

Doordat van de gebruikte scheepstypen numerieke modellen beschikbaar zijn waarvan de waarden met modelproeven in het bassin empirisch zijn vastgesteld is het mogelijk een zeer accurate simulatie uit te voeren van de gewenste manoeuvre. De selectie van scheepstypen wordt in het simulatieprogramma blootgesteld aan de gewenste condities waarna het met de ingestelde snelheid een roerhoek krijgt van 10, 20 en 35 graden. Het programma rekent dan voor een grote hoeveelheid operationele parameters uit wat de waarden worden verdeeld over een specifieke tijd. Met de data die het programma levert is het dan mogelijk de gevaren koers weer te geven in een grafiek, maar bijvoorbeeld ook het snelheidsverloop, de helinghoek van het schip, of andere waarden. Omdat de fast-time simulaties een zuiver numerieke activiteit zijn zonder visualisatie is het mogelijk een grote hoeveelheid manoeuvres in korte tijd uit te voeren. Het is immers niet noodzakelijk in de ware tijd te simuleren zoals op een brug-simulator.

Voor analyse van de manoeuvres is deze vorm van simuleren goed geschikt. De data kan immers als koerslijn worden weergegeven, maar de data kan ook in tabellen worden vergeleken. Dat is zeker gegeven de nadruk bij deze studie op de grootte van de draaicirkels in het bijzonder van belang.

### 7.2.6 Resultaten

De simulaties zijn in drie afzonderlijke runs uitgevoerd waarna is bijgesteld naar gelang de interesse. De eerste run is uitgevoerd met een waterdiepte van 25 meter en alleen een roerhoek van 20 en 35 graden. Daarbij zijn alleen een golfhoogte van 1.5m en 3m gesimuleerd. De resultaten van deze simulatie lieten zien dat alle schepen ruim binnen 5 scheepslengtes rond konden gaan bij een roerhoek van 35 graden (zie Tabel 7-3). Bij een roerhoek van 20 graden was de draaicirkel groter, maar nog wel binnen de maatgevende ruimte volgens het Afwegingskader van zes keer de grootste scheepslengte (6 x 400m = 2.400m).

Tabel 7-3: Resultaten van de eerste simulatie run (waterdiepte 25 m)

Schip	Wind (m/s)	Wind + golfrichting	Golf hoogte (m)	Diameter (m) bij 20° roerhoek	Diameter (m) bij 35° roerhoek	Diameter in scheepslengtes bij 35° roerhoek
300m container	11	boeg	1,5	1306,5	909,4	3,0
	17	boeg	3	1373,2	930,2	3,1
	11	bakboord	1,5	1270,4	876,2	2,9
	17	bakboord	3	1341,4	917,6	3,1
	11	hek	1,5	1282,8	896,6	3,0
	17	hek	3	1239,1	895,5	3,0
	11	stuurboord	1,5	1214,9	835,5	2,8

	17	stuurboord	3	1170,7	800,0	2,7
400m container	11	boeg	1,5	2111,7	1440,2	3,6
	17	boeg	3	2180,4	1470,4	3,7
	11	bakboord	1,5	2155,1	1483,2	3,7
	17	bakboord	3	2257,7	1553,7	3,9
	11	hek	1,5	2110,1	1438,9	3,6
	17	hek	3	2070,5	1430,1	3,6
	11	stuurboord	1,5	2018,5	1395,9	3,5
	17	stuurboord	3	1919,7	1325,6	3,3
Tanker leeg	11	boeg	1,5	1046,7	720,7	2,6
	17	boeg	3	1179,9	767,0	2,8
	11	bakboord	1,5	1069,1	739,3	2,7
	17	bakboord	3	1358,9	899,4	3,3
	11	hek	1,5	972,3	690,8	2,5
	17	hek	3	916,3	663,0	2,4
	11	stuurboord	1,5	909,4	618,0	2,2
	17	stuurboord	3	782,7	507,7	1,8
Tanker beladen	11	boeg	1,5	1671,0	1073,4	3,9
	17	boeg	3	1860,5	1129,9	4,1
	11	bakboord	1,5	1662,4	1086,3	4,0
	17	bakboord	3	1800,5	1160,7	4,2
	11	hek	1,5	1586,9	1060,6	3,9
	17	hek	3	1461,1	1007,2	3,7
	11	stuurboord	1,5	1568,6	1026,0	3,7
	17	stuurboord	3	1466,7	950,8	3,5
LNG	11	boeg	1,5	1945,3	1320,2	3,8
	17	boeg	3	2126,4	1400,6	4,1
	11	bakboord	1,5	1967,5	1346,6	3,9
	17	bakboord	3	2160,0	1468,5	4,3
	11	hek	1,5	1873,6	1294,4	3,8
	17	hek	3	1783,4	1244,0	3,6
	11	stuurboord	1,5	1780,8	1213,1	3,5
	17	stuurboord	3	1640,0	1100,0	3,2
Car carrier	11	boeg	1,5	887,4	627,7	3,5
	17	boeg	3	961,2	637,6	3,5
	11	bakboord	1,5	922,0	663,3	3,7
	17	bakboord	3	1030,4	719,5	4,0
	11	hek	1,5	855,0	631,6	3,5
	17	hek	3	820,6	626,9	3,5
	11	stuurboord	1,5	794,6	581,6	3,2
	17	stuurboord	3	732,1	533,5	3,0
Cruise	11	boeg	1,5	1331,5	753,1	2,2
	17	boeg	3	1475,8	789,5	2,3
	11	bakboord	1,5	1254,9	748,1	2,2
	17	bakboord	3	1322,5	800,4	2,3
	11	hek	1,5	1230,0	723,0	2,1

	17	hek	3	1272,9	747,0	2,2
	11	stuurboord	1,5	1201,2	163,2	0,5
	17	stuurboord	3	1195,0	636,7	1,9

De resultaten in Tabel 7-3 laten zien dat geen enkel schip een offset heeft die groter is dan op basis van het maatgevende schip volgens het Afwegingskader kan worden verwacht. Omdat de hoeveelheid water onder de kiel (Under Keel Clearance = UKC) echter kritisch is voor het manoeuvreergedrag is bij een tweede simulatierun de waterdiepte verkleint naar 20 meter. Daarnaast is een grotere golfhoogte van 4.5m aan de omstandigheden toegevoegd, en is bij deze fast-time simulatierun aanvullend gebruik gemaakt van een roerhoek van 10 graden zodat het verloop van de invloed op de gevaren draaicirkels zichtbaar wordt. Deze uitgangspunten kwamen voort uit het rapport "Schipperen met Ruimte" [Ref 2.] dat door de OVV in 2024 is gepubliceerd. Bij de studie van de OVV is uitgegaan van zeer slechte weersomstandigheden en een golfhoogte van 4.7m, en zijn de simulaties real-time uitgevoerd waardoor de menselijke factor een rol heeft gespeeld. De resultaten van de tweede simulatierun zijn weergegeven in Tabel 7-4. De waarden van de draaicirkel diameter welke groter zijn dan 2400 meter zijn dik gedrukt. De meest rechter kolom geeft de diameter in aantal scheepslengtes weer, daar waar de diameter meer is dan 6 scheepslengtes is de waarde dik gedrukt.

Tabel 7-4: Resultaten van de tweede simulatierun (waterdiepte 20 m)

Schip	Wind (m/s)	Wind + golfrichting	Golf hoogte (m)	Diameter (m) bij 10° roerhoek	Diameter (m) bij 20° roerhoek	Diameter (m) bij 35° roerhoek	Diameter in scheepslengtes bij 35° roerhoek
300m container	11	boeg	1,5	<b>3306</b>	1923	1283	4,3
	17	boeg	3	<b>4116</b>	2077	1336	4,5
	17	boeg	4,5	<b>4727</b>	2172	1366	4,6
	11	bakboord	1,5	<b>3166</b>	1865	1269	4,2
	17	bakboord	3	<b>3204</b>	2002	1320	4,4
	17	bakboord	4,5	<b>3501</b>	2051	1340	4,5
	11	hek	1,5	<b>2874</b>	1808	1244	4,1
	17	hek	3	<b>2656</b>	1737	1208	4,0
	17	hek	4,5	<b>2604</b>	1718	1198	4,0
	11	stuurboord	1,5	<b>3015</b>	1825	1233	4,1
	17	stuurboord	3	<b>3070</b>	1777	1197	4,0
	17	stuurboord	4,5	<b>3195</b>	1769	1189	4,0
400m container	11	boeg	1,5	<b>6019</b>	<b>3366</b>	2245	5,6
	17	boeg	3	<b>7156</b>	<b>3587</b>	2319	5,8
	17	boeg	4,5	<b>7527</b>	<b>3649</b>	2336	5,8
	11	bakboord	1,5	<b>5799</b>	<b>3329</b>	2253	5,6
	17	bakboord	3	<b>6066</b>	<b>3473</b>	2313	5,8
	17	bakboord	4,5	<b>6242</b>	<b>3504</b>	2333	5,8
	11	hek	1,5	<b>5418</b>	<b>3233</b>	2205	5,5
	17	hek	3	<b>4985</b>	<b>3118</b>	2153	5,4
	17	hek	4,5	<b>4895</b>	<b>3093</b>	2137	5,3
	11	stuurboord	1,5	<b>5479</b>	<b>3202</b>	2165	5,4
	17	stuurboord	3	<b>5319</b>	<b>3090</b>	2092	5,2
	17	stuurboord	4,5	<b>5367</b>	<b>3098</b>	2097	5,2
Tanker leeg	11	boeg	1,5	1668	1254	908	3,3

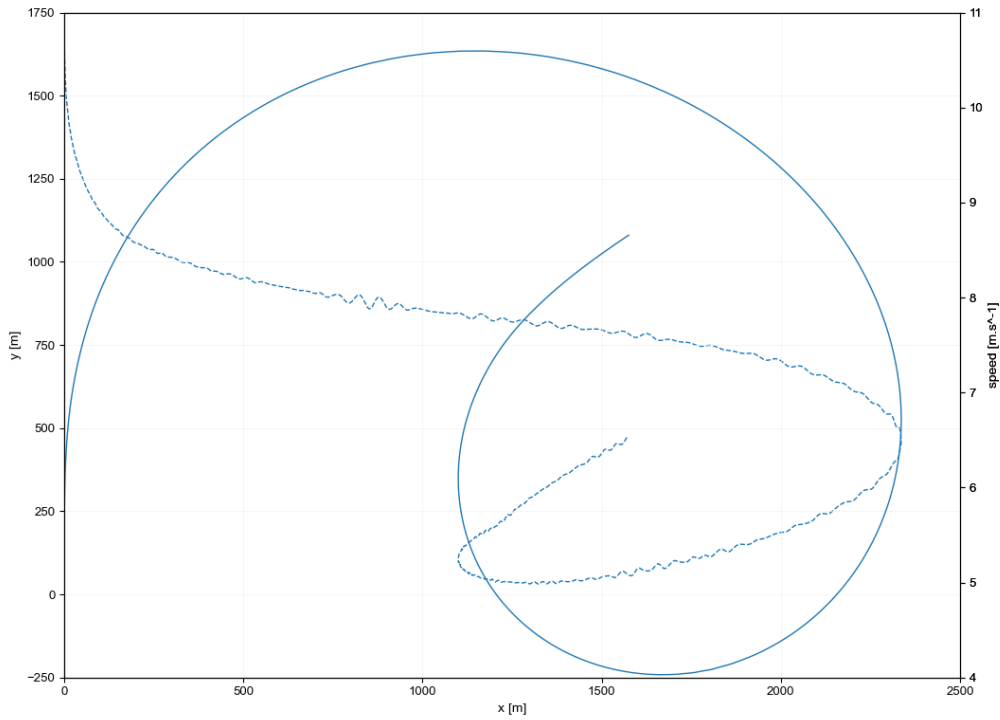
	17	boeg	3	2109	1370	965	3,5
	17	boeg	4,5	-	1484	1007	3,7
	11	bakboord	1,5	1687	1278	942	3,4
	17	bakboord	3	2298	1493	1111	4,0
	17	bakboord	4,5	-	1945	1358	4,9
	11	hek	1,5	1521	1183	873	3,2
	17	hek	3	1428	1140	852	3,1
	17	hek	4,5	-	1147	865	3,1
	11	stuurboord	1,5	1488	1142	830	3,0
	17	stuurboord	3	1347	1020	722	2,6
	17	stuurboord	4,5	-	948	655	2,4
Tanker beladen	11	boeg	1,5	<b>6298</b>	<b>3397</b>	2088	<b>7,6</b>
	17	boeg	3	<b>8292</b>	<b>3821</b>	2219	<b>8,1</b>
	17	boeg	4,5	-	<b>4670</b>	<b>2453</b>	<b>8,9</b>
	11	bakboord	1,5	<b>5928</b>	<b>3318</b>	2071	<b>7,5</b>
	17	bakboord	3	<b>6535</b>	<b>3452</b>	2139	<b>7,8</b>
	17	bakboord	4,5	<b>9505</b>	<b>3717</b>	2223	<b>8,1</b>
	11	hek	1,5	<b>5465</b>	<b>3172</b>	2009	<b>7,3</b>
	17	hek	3	<b>4775</b>	<b>2944</b>	1922	<b>7,0</b>
	17	hek	4,5	-	<b>2724</b>	1827	<b>6,6</b>
	11	stuurboord	1,5	<b>5749</b>	<b>3227</b>	2013	<b>7,3</b>
	17	stuurboord	3	<b>5819</b>	<b>3150</b>	1948	<b>7,1</b>
	17	stuurboord	4,5	-	<b>3191</b>	1923	<b>7,0</b>
LNG	11	boeg	1,5	<b>4566</b>	<b>2679</b>	1797	5,2
	17	boeg	3	<b>6003</b>	<b>2947</b>	1895	5,5
	17	boeg	4,5	<b>7549</b>	<b>3058</b>	1920	5,6
	11	bakboord	1,5	<b>4376</b>	<b>2685</b>	1807	5,2
	17	bakboord	3	<b>4946</b>	<b>2788</b>	1890	5,5
	17	bakboord	4,5	<b>5272</b>	<b>2877</b>	1971	5,7
	11	hek	1,5	<b>4039</b>	<b>2561</b>	1770	5,1
	17	hek	3	<b>3645</b>	<b>2430</b>	1695	4,9
	17	hek	4,5	<b>3534</b>	2383	1671	4,8
	11	stuurboord	1,5	<b>4049</b>	<b>2498</b>	1702	4,9
	17	stuurboord	3	<b>3888</b>	2371	1611	4,7
	17	stuurboord	4,5	<b>3942</b>	2358	1597	4,6
Car Carrier	11	boeg	1,5	1599	1015	729	4,0
	17	boeg	3	-	1162	764	4,2
	17	boeg	4,5	-	1316	798	4,4
	11	bakboord	1,5	1500	1005	750	4,2
	17	bakboord	3	-	1128	802	4,5
	17	bakboord	4,5	-	1228	861	4,8
	11	hek	1,5	1249	934	713	4,0
	17	hek	3	-	873	691	3,8
	17	hek	4,5	-	849	751	4,2
	11	stuurboord	1,5	1262	903	676	3,8
		17	stuurboord	3	-	850	632

	17	stuurboord	4,5	-	864	637	3,5
Cruise	11	boeg	1,5	<b>2910</b>	1426	857	2,2
	17	boeg	3	<b>4398</b>	1598	901	2,3
	17	boeg	4,5	<b>3317</b>	1486	865	2,2
	11	bakboord	1,5	2388	1337	847	2,2
	17	bakboord	3	<b>2513</b>	1382	893	2,3
	17	bakboord	4,5	<b>2577</b>	1432	906	2,4
	11	hek	1,5	2296	1301	822	2,1
	17	hek	3	2253	1300	829	2,2
	17	hek	4,5	2206	1267	811	2,1
	11	stuurboord	1,5	<b>2486</b>	1300	791	2,1
	17	stuurboord	3	<b>3210</b>	1321	758	2,0
	17	stuurboord	4,5	<b>2439</b>	1238	736	1,9

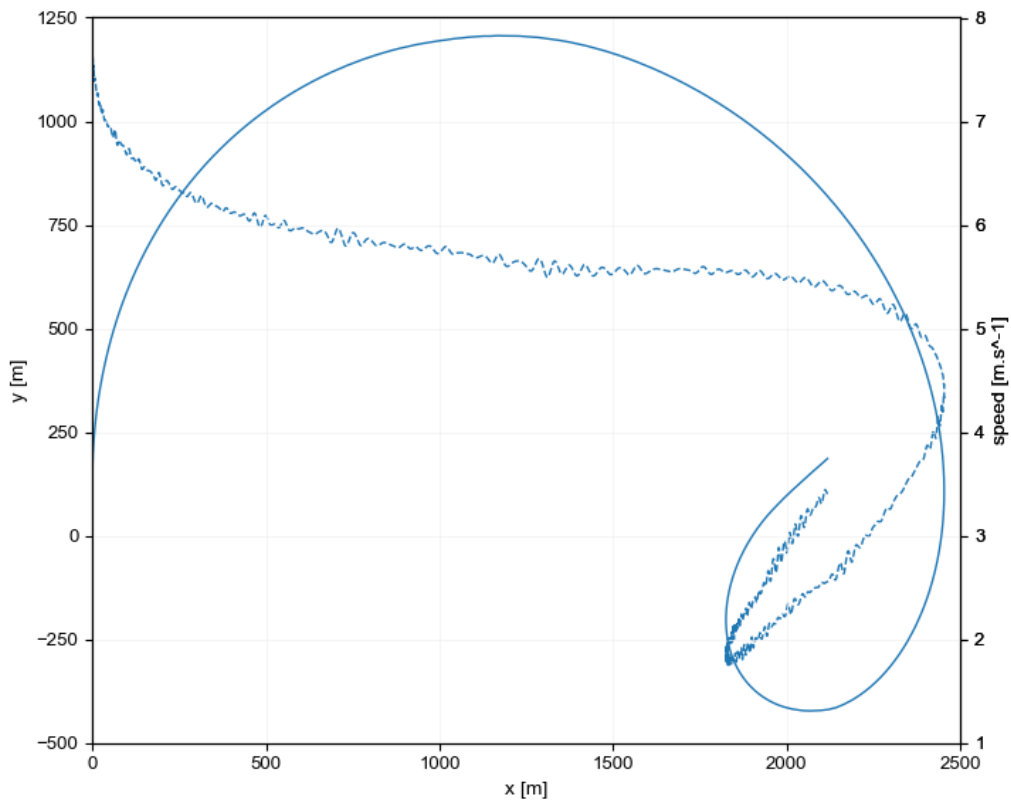
Wat opvalt aan de resultaten is dat er voor sommige situaties en schepen geen data uit de simulatie komt. Het gaat dan voornamelijk om de simulatie met 10 graden roerhoek. Vooral bij 3 en 4.5m golfhoogte komt er geen numeriek resultaat uit het model. Dit komt doordat deze analyse gericht is op de tactische diameter van de draaicirkel, maar in de genoemde gevallen maakt het schip geen volledige draaicirkel. De analyse levert dan ook geen waarde op wanneer de simulatietijd is verstreken. Door een combinatie van vermogen en constructie zijn deze schepen onder de gestelde condities niet in staat met 10 graden roerhoek een stabiele draai te maken. Nadere analyse laat zien dat het schip hier wel van koers verandert, maar de draai niet kan volhouden en stabiliseert in een specifieke richting. Het gaat hier om een kleine roerhoek welke in de regel een grote draaicirkel oplevert. Ervan uitgaande dat de inzet van een rondtorn in de nabijheid van een windpark een uiterste manoeuvre is zijn dergelijke kleine roerhoeken niet aan te raden en daarom niet waarschijnlijk. Deze studie gaat hierom niet verder in op de achtergrond van dit effect.

Verder maakt deze simulatie duidelijk dat onder extreme omstandigheden niet alle schepen binnen de voorgeschreven 5 scheepslengtes rond kunnen gaan. Nu schrijft de IMO voor dat schepen de noodmanoeuvre moeten kunnen uitvoeren bij kalm weer en diep water. De binnen het Afwegingskader voorgeschreven 2400m wordt slechts één maal overschreden door de geladen tanker bij de 35 graden roerhoek simulatie (2453m). Bij 20 graden roerhoek worden de draaicirkels zoals verwacht groter, maar zijn vooral voor de zeer grote container en LNG schepen, en de geladen tankers problematisch (meer dan 6 scheepslengtes). De diameter van de draaicirkel loopt hierbij op tot meer dan 3000m met een maximum van 4670m

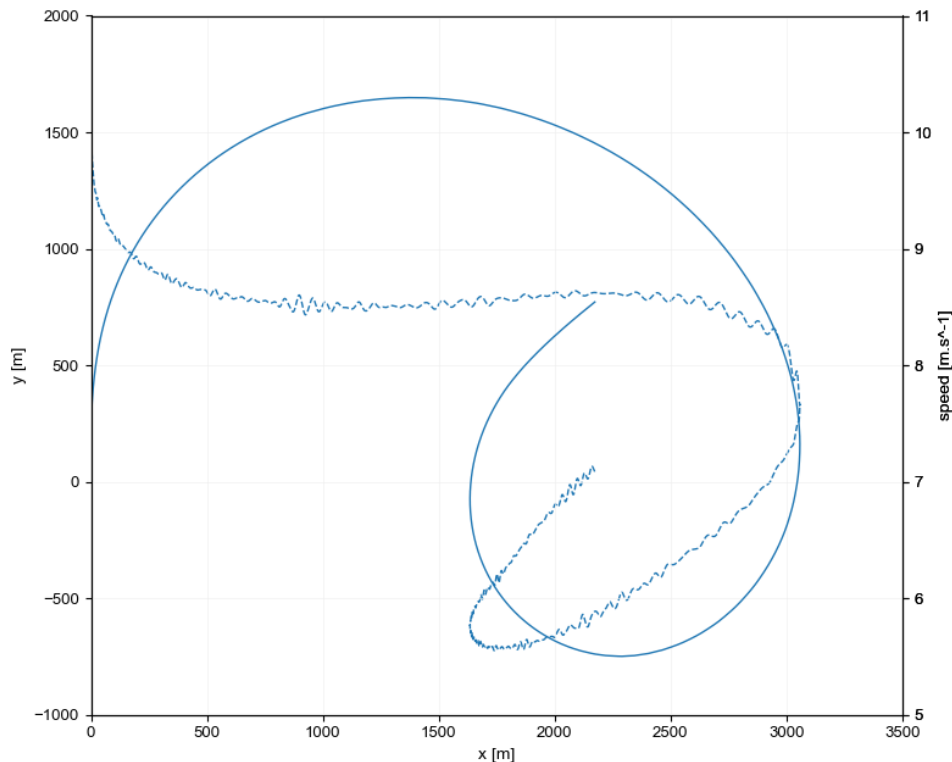
De tabellen zijn vooral samengesteld met informatie om een beeld te krijgen van de effecten op de draaicirkel diameter. Niet zichtbaar in de tabel is bijvoorbeeld het snelheidsverloop gedurende de manoeuvre. Dit is interessant om een indicatie te krijgen van de manoeuvreerbaarheid van het schip. Een visualisatie van de draaicirkel en bijbehorend snelheidsverloop is weergegeven in Figuur 7-6, Figuur 7-7, en Figuur 7-8. Voor respectievelijk het 400m containerschip, de beladen tanker, en de LNG-carrier is de 'worst-case' weergegeven waarbij de grootste draaicirkels zijn gevaren. Op de linker as en de x-as is in meters de gevaren afstand te zien. Aan de rechterkant is de snelheid in m/s af te lezen. Daar is zichtbaar dat de draaicirkel een grote invloed heeft op de snelheid van het schip, maar de snelheid lijkt voldoende te blijven om het schip manoeuvreerbaar te houden. De beladen tanker begint met een snelheid van 15kn (7.7m/s) en eindigt op ongeveer 1.8m/s (3.5kn) aan het einde van de draai (Figuur 7-7).



Figuur 7-6: De 'worst-case' draaicirkel (doorgetrokken lijn) en het snelheidsverloop (onderbroken lijn) van een containerschip van 400m bij een roerhoek van 35 graden.



Figuur 7-7: De 'worst-case' draaicirkel (doorgetrokken lijn) en het snelheidsverloop (onderbroken lijn) van een beladen tanker bij een roerhoek van 35 graden.



**Figuur 7-8:** De 'worst-case' draaicirkel (doorgetrokken lijn) en het snelheidsverloop (onderbroken lijn) van een LNG carrier bij een roerhoek van 20 graden.

Het onderzoek uitgevoerd door de OVV naar de ruimte die windgevoelige schepen nodig hebben bij het varen van draaicirkels kan door het ontbreken van de gebruikte parameters niet met zekerheid worden gereproduceerd. Niettemin is het bekend wat de weersomstandigheden waren, welke schepen zijn gebruikt, wat de diepgang was en met welke snelheid is gevaren. Vooral de snelheid wijkt significant af van de snelheden die zijn gebruikt bij de eerste twee fast-time simulatieruns. De OVV heeft consequent een vaart van 10kn gehanteerd voor alle gesimuleerde situaties. Voor een beter begrip van de resultaten die de OVV publiceerde is een derde simulatierun uitgevoerd waarbij de schepen allen een snelheid kregen van 10kn. De resultaten van deze simulatie zijn weergegeven in Tabel 7-5 waarbij de waarden van meer dan 2400 meter of 6 scheepslengtes dik zijn gedrukt.

**Tabel 7-5:** Resultaten van de derde simulatierun met 10 knopen snelheid (waterdiepte 20 m).

Schip	Wind (m/s)	Wind + golfrichting	Golf hoogte (m)	Diameter (m) bij 10° roerhoek	Diameter (m) bij 20° roerhoek	Diameter (m) bij 35° roerhoek	Diameter in scheepslengtes bij 35° roerhoek
300m container	11	boeg	1,5	<b>3118,8</b>	1687,8	1046,4	3,5
	17	boeg	3	<b>3972,3</b>	1862,5	1100,6	3,7
	17	boeg	4,5	<b>5035,5</b>	1944,0	1135,1	3,8
	11	bakboord	1,5	<b>2902,8</b>	1657,9	1051,8	3,5
	17	bakboord	3	<b>3164,1</b>	1777,8	1112,9	3,7
	17	bakboord	4,5	<b>3309,9</b>	1845,5	1143,8	3,8
	11	hek	1,5	<b>2645,7</b>	1563,7	1005,7	3,4
	17	hek	3	2363,6	1473,2	970,4	3,2
	17	hek	4,5	2267,8	1438,9	958,5	3,2
11	stuurboord	1,5	<b>2786,3</b>	1573,6	997,0	3,3	

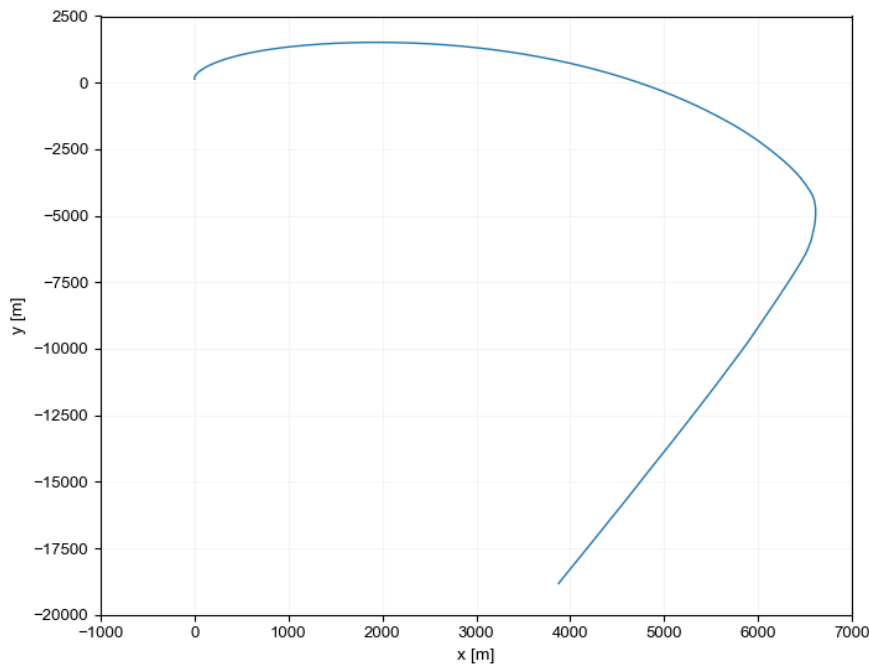
	17	stuurboord	3	<b>2835,3</b>	1506,4	950,8	3,2
	17	stuurboord	4,5	<b>2974,3</b>	<b>1493,7</b>	937,4	3,1
400m container	11	boeg	1,5	<b>5774,7</b>	<b>3124,9</b>	2023,1	5,1
	17	boeg	3	<b>7049,4</b>	<b>3393,6</b>	2123,3	5,3
	17	boeg	4,5	<b>7472,2</b>	<b>3480,0</b>	2158,3	5,4
	11	bakboord	1,5	<b>5772,1</b>	<b>3151,2</b>	1886,3	4,7
	17	bakboord	3	<b>6596,5</b>	<b>3361,0</b>	1988,0	5,0
	17	bakboord	4,5	<b>11387,3</b>	<b>3736,7</b>	2130,2	5,3
	11	hek	1,5	<b>5104,0</b>	<b>2960,4</b>	1965,7	4,9
	17	hek	3	<b>4597,0</b>	<b>2799,0</b>	1898,5	4,7
	17	hek	4,5	<b>4522,1</b>	<b>2771,6</b>	1884,2	4,7
	11	stuurboord	1,5	<b>5524,4</b>	<b>3019,2</b>	1799,8	4,5
	17	stuurboord	3	<b>5536,0</b>	<b>2900,6</b>	1702,9	4,3
	17	stuurboord	4,5	-	<b>2907,8</b>	1648,9	4,1
Tanker leeg	11	boeg	1,5	1638,8	1190,2	819,2	3,0
	17	boeg	3	2162,8	1324,4	873,3	3,2
	17	boeg	4,5	-	1465,6	911,8	3,3
	11	bakboord	1,5	1673,5	1219,8	861,3	3,1
	17	bakboord	3	2894,1	1494,2	1061,9	3,9
	17	bakboord	4,5	-	1981,9	1342,3	4,9
	11	hek	1,5	1478,8	1115,1	792,3	2,9
	17	hek	3	1354,4	1049,9	760,1	2,8
	17	hek	4,5	1317,3	1033,7	772,0	2,8
	11	stuurboord	1,5	1447,3	1069,9	735,0	2,7
	17	stuurboord	3	1291,6	931,3	610,1	2,2
	17	stuurboord	4,5	-	850,0	530,9	1,9
Tanker beladen	11	boeg	1,5	<b>6127,2</b>	<b>3216,2</b>	1894,6	<b>6,9</b>
	17	boeg	3	<b>8250,7</b>	<b>3684,3</b>	2045,0	<b>7,4</b>
	17	boeg	4,5	-	<b>4649,1</b>	2307,7	<b>8,4</b>
	11	bakboord	1,5	<b>5772,1</b>	<b>3151,2</b>	1886,3	<b>6,9</b>
	17	bakboord	3	<b>6596,5</b>	<b>3361,0</b>	1988,0	<b>7,2</b>
	17	bakboord	4,5	<b>11387,3</b>	<b>3736,7</b>	2130,2	<b>7,7</b>
	11	hek	1,5	<b>5240,7</b>	<b>2967,9</b>	1802,4	<b>6,6</b>
	17	hek	3	<b>4487,7</b>	<b>2709,6</b>	1710,4	6,2
	17	hek	4,5	<b>3819,7</b>	<b>2472,8</b>	1604,1	5,8
	11	stuurboord	1,5	<b>5524,4</b>	<b>3019,2</b>	1799,8	6,5
	17	stuurboord	3	<b>5536,0</b>	<b>2900,6</b>	1702,9	6,2
	17	stuurboord	4,5	-	<b>2907,8</b>	1648,9	6,0
LNG	11	boeg	1,5	<b>4184,6</b>	2314,0	1472,4	4,3
	17	boeg	3	<b>5803,8</b>	<b>2588,8</b>	1582,6	4,6
	17	boeg	4,5	<b>6995,9</b>	<b>2689,8</b>	1595,4	4,6
	11	bakboord	1,5	<b>4018,2</b>	2323,5	1491,8	4,3
	17	bakboord	3	<b>4736,8</b>	<b>2517,3</b>	1614,9	4,7
	17	bakboord	4,5	<b>5281,2</b>	<b>2626,2</b>	1664,7	4,8
	11	hek	1,5	<b>3637,8</b>	2174,2	1416,7	4,1
	17	hek	3	<b>3210,8</b>	2042,4	1365,3	4,0

	17	hek	4,5	<b>3123,3</b>	2013,2	1351,5	3,9
	11	stuurboord	1,5	<b>3667,1</b>	2128,3	1362,1	3,9
	17	stuurboord	3	<b>3474,9</b>	1980,4	1248,0	3,6
	17	stuurboord	4,5	<b>3506,1</b>	1953,7	1219,5	3,5
Car Carrier	11	boeg	1,5	1585,0	917,0	622,9	3,5
	17	boeg	3	-	1153,7	666,0	3,7
	17	boeg	4,5	-	1591,3	726,9	4,0
	11	bakboord	1,5	1443,3	926,5	656,6	3,6
	17	bakboord	3	-	1168,8	770,3	4,3
	17	bakboord	4,5	-	1511,7	800,4	4,4
	11	hek	1,5	1136,0	823,8	611,5	3,4
	17	hek	3	-	775,0	604,3	3,4
	17	hek	4,5	-	744,3	584,7	3,2
	11	stuurboord	1,5	1154,4	788,8	557,6	3,1
	17	stuurboord	3	-	717,7	483,7	2,7
	17	stuurboord	4,5	-	752,3	485,7	2,7
	Cruise	11	boeg	1,5	<b>2956,9</b>	1409,4	805,1
17		boeg	3	<b>4572,2</b>	1618,7	860,5	2,2
17		boeg	4,5	<b>3366,6</b>	1462,3	815,6	2,1
11		bakboord	1,5	<b>2410,9</b>	1309,1	799,0	2,1
17		bakboord	3	<b>2612,4</b>	1410,1	868,5	2,3
17		bakboord	4,5	<b>2622,1</b>	1435,9	887,3	2,3
11		hek	1,5	2282,7	1266,7	770,4	2,0
17		hek	3	2211,2	1256,0	775,0	2,0
17		hek	4,5	2182,9	1239,2	769,1	2,0
11		stuurboord	1,5	<b>2500,0</b>	1268,9	730,5	1,9
17		stuurboord	3	<b>3247,6</b>	1285,4	688,9	1,8
17		stuurboord	4,5	<b>2434,7</b>	1192,8	657,9	1,7

In de uitgevoerde simulatierun, waarin de vaarsnelheid was gereduceerd tot 10 knopen, werd geobserveerd dat voor meerdere schepen bij een beperkte roerhoek het niet mogelijk was de beoogde draai te voltooien. Een illustratief en extreem voorbeeld betreft de simulatie van een containerschip van 400 meter lengte dat, onder condities van 17 m/s zijwind en golven van 4,5 meter over stuurboord, een bocht over stuurboord inzet met een roerhoek van slechts 10 graden. Door de uitgesproken loefgierigheid van het schip wordt de initiële draai richting de wind relatief snel ingezet; echter, het passeren van de windrichting verloopt zeer traag. Pas na een afstand van meer dan 6,5 kilometer is de gecombineerde kracht van roerdruk, windbelasting en golfwerking voldoende om de manoeuvre voort te zetten en door de wind te gaan. Een volledige rondtorn wordt evenwel niet gerealiseerd, hetgeen mede wordt bevestigd door het ontbreken van een resultante in Tabel 7-5. De visualisatie van deze manoeuvre, weergegeven in Figuur 7-9, correspondeert met de bevindingen van de OVV, waarin werd geconcludeerd dat de bemanning tijdig en adequaat moest ingrijpen om te voorkomen dat het schip het windpark zou binnenvaren. Deze interpretatie wordt tevens onderschreven door de SAN-werkgroep.

De experts waren echter unaniem in hun oordeel dat de gesimuleerde manoeuvres onder deze condities niet erg realistisch zijn. Naast de relatief lage vaarsnelheid geldt dat het inzetten van een rondtorn geen manoeuvre is die met terughoudendheid mag worden uitgevoerd, zeker wanneer deze in de richting van een windpark wordt ingezet. Indien de bemanning besluit het schip onder dergelijke omstandigheden te keren, dient voldoende voortstuwingsvermogen beschikbaar te zijn en een aanzienlijke roerhoek te worden toegepast om de manoeuvre succesvol te voltooien.

Opmerkelijk is dat alle onderzochte schepen, bij een roeruitslag van 35 graden, onder alle omstandigheden in staat waren om binnen een afstand van zes scheeps lengtes een volledige draai te voltooien. Bij een kleinere roeruitslag neemt de afwijking echter snel toe, waarbij deze voor grote en zware schepen zelfs kan oplopen tot meer dan zesmaal de lengte van het maatgevende schip. Dit impliceert dat, indien er krachtig en doelgericht wordt gemanoeuvreed, het in principe mogelijk moet zijn om binnen de ruimtelijke kaders zoals vastgelegd in het Afwegingskader een omkeerbeweging uit te voeren. Het is onbekend welke roerhoek in de simulaties van de OVV is gehanteerd, maar de resultaten van de fast-time simulaties suggereren dat een geringe roerhoek is toegepast.



Figuur 7-9: Manoeuvr van het 400 meter containerschip met 10 graden roer en 10 knopen vaart.

### 7.3 Conclusie

Hoofdvraag: Hoeveel ruimte is nodig/gewenst voor de scheepvaart bij windparken in de huidige/toekomstige situatie bij gemiddelde en maatgevende omstandigheden/schepen, gerelateerd aan de opgestelde veiligheidscriteria?

Volgens maritieme experts wordt een rondtorn, met name in noodsituaties, beschouwd als een manoeuvre die zeevarenden bij voorkeur vermijden. Deze opvatting wordt bevestigd door empirische gegevens over het ruimtegebruik, waaruit blijkt dat waargenomen rondtorns niet eenduidig konden worden gekoppeld aan noodmaatregelen. Het uitvoeren van een rondtorn onder ongunstige omstandigheden, zoals slecht weer, harde wind en hoge golven, vormt een complicerende factor. In dergelijke situaties is het vaak moeilijk een schip door de wind te krijgen doordat het vaartuig wordt blootgesteld aan grote krachten. Bovendien bestaat er een verhoogd risico op extreme slingerbewegingen wanneer het schip dwars op de golven komt te liggen. Het varen met wind en golven van achteren beperkt daarnaast de manoeuvreerbaarheid. Deze factoren maken duidelijk dat een rondtorn niet onder alle omstandigheden kan worden aanbevolen (of gewenst is).

Het inzetten van een rondtorn in de richting van een windpark is bovendien een beslissing die niet lichtvaardig zal worden genomen, zeker niet bij grote schepen van 400 meter lengte. Indien toch wordt gekozen voor deze manoeuvre, is het essentieel dat deze doortastend en consequent wordt uitgevoerd, met voldoende motorvermogen. Het gebruik van een te kleine roeruitslag vergroot het risico dat het schip niet binnen de beschikbare ruimte kan draaien.

Naar aanleiding van de bevindingen van de OVV is specifiek onderzocht onder welke omstandigheden zorgen ontstaan over de beschikbare afstand langs een windpark voor schepen die een rondtorn moeten maken. Het OVV-rapport beschrijft dertien real-time simulaties onder uiteenlopende condities en schetst een zorgwekkend beeld, dat voor windgevoelige en/of zware schepen zelfs een alarmerend karakter heeft.

Ter verklaring van deze zorgen zijn in de onderhavige studie zoveel mogelijk scenario's met verschillende scheepstypen en variabele omstandigheden geanalyseerd. Dit resulteerde in 634 afzonderlijke simulaties. Omdat real-time simulaties van deze omvang niet uitvoerbaar zijn, is gekozen voor fast-time simulaties. Deze methode maakt het mogelijk om met hetzelfde hydrodynamische model op efficiënte wijze het manoeuvreergedrag onder diverse variabelen te onderzoeken, waarbij alleen de menselijke factor buiten beschouwing blijft.

De resultaten tonen aan dat alle schepen, ongeacht de omstandigheden, in staat zijn om binnen zes scheepslengtes van het maatgevende schip een rondtorn uit te voeren zonder het windpark binnen te varen, mits de manoeuvre wordt uitgevoerd met voldoende motorvermogen en een maximale roeruitslag van 35 graden. Bij kleinere roerhoeken is het afhankelijk van het scheepstype en de heersende omstandigheden of de draai binnen de beschikbare ruimte kan worden voltooid. De expertgroep erkent dat het een agressieve manoeuvre betreft die bij voorkeur vermeden wordt. Indien echter wordt besloten tot het uitvoeren van een rondtorn, dient deze resoluut en met voldoende vermogen te worden ingezet om een succesvolle uitkomst te waarborgen.

De expertgroep benadrukt dat het plaatsen van objecten op zee onvermijdelijk een additioneel risico introduceert binnen de maritieme context. Schepen beschikken immers niet over de inherente capaciteit om onder alle omstandigheden stationair te blijven of volledige manoeuvreerbaarheid te waarborgen. Het toevoegen van fysieke structuren wordt derhalve beschouwd als een verhoging van een reeds geaccepteerd en ingecalculeerd restrisico. Niet alle risico's kunnen immers volledig worden gemitigeerd.

Het operationele handelen op zee blijft primair de verantwoordelijkheid van de kapitein. Hoewel deze tot op zekere hoogte kan worden geïnformeerd over actuele omstandigheden en potentiële risico's, berust de uiteindelijke besluitvorming op menselijke oordeelsvorming. Deze verantwoordelijkheid is dan ook onlosmakelijk verbonden met de rol van de kapitein. Dit onderstreept de noodzaak van een robuust en zorgvuldig opgesteld Afwegingskader. De ruimtelijke ordening op zee dient immers een intrinsiek veilige omgeving te waarborgen voor alle gebruikers van het maritieme domein.

## 8 UITGANGSPUNTEN AFWEGINGSKADER

De initiële aanleiding voor deze studie was de geconstateerde onzekerheid omtrent de relevantie en toekomstbestendigheid van het bestaande Afwegingskader, alsmede de huidige ontwerpcriteria voor offshore windparken. Deze twijfel heeft geleid tot een systematische onderzoeks aanpak, gericht op het valideren van de onderliggende uitgangspunten die ten grondslag liggen aan deze beleidsinstrumenten.

Het is van belang de verkregen inzichten te integreren tot een coherent en praktisch toepasbaar beleidsadvies. Dit advies dient zodanig inhoudelijke diepgang en robuustheid te bezitten dat het toekomstige beleidsdocument gedurende de komende jaren zijn relevantie behoudt binnen een dynamische context van technologische, en maatschappelijke ontwikkelingen. Tegen deze achtergrond luidt de laatste en feitelijk samenvattende en concluderende vraag van deze studie:

Welke onderdelen/uitgangspunten zouden moeten worden opgenomen in een vernieuwd afwegingskader voor een goede toekomstbestendige ruimtelijke ordening van scheepvaartroutes bij windparken op de Noordzee, daarbij rekening houdend met consistentie en leesbaarheid?

### 8.1 Redenatie

Gegeven de analyse van het actuele ruimtegebruik van scheepvaart rond windparken en de maatgevende manoeuvres in die gebieden zijn waargenomen kan worden geconcludeerd dat het ontwikkelen van windparken op zee een toenemende complexiteit voor het scheepvaartverkeer betekent, en dat het een significante invloed heeft op het gedrag van schepen en het gebruik van het gebied. Deze analyse geeft echter geen aanleiding te veronderstellen dat er een problematische situatie ontstaat als gevolg van de plaatsing van windparken.

Het Afwegingskader, zoals in 2013 geformuleerd door de werkgroep Veilige Afstanden van de SAN, vertegenwoordigt een zorgvuldig geconstrueerd criterium dat expliciet rekening houdt met zowel de verkeersintensiteit van een gebied als de kenmerken van de schepen die daarvan gebruikmaken. De uitgangspunten van dit kader zijn gebaseerd op gangbare internationale afspraken en wettelijke bepalingen binnen de maritieme sector en worden breed gedragen door experts. Het is daarmee een juridisch houdbaar principe dat vanuit jurisprudentie bovendien in meerdere zaken is bevestigd.

De combinatie van empirische gegevens, gesimuleerde scenario's en expertbeoordelingen biedt geen aanwijzingen dat het Afwegingskader inhoudelijk verouderd, onvolledig of minder relevant zou zijn. Er zijn geen elementen of uitgangspunten geïdentificeerd die noodzakelijkerwijs moeten worden toegevoegd om een toekomstbestendig kader voor de ruimtelijke ordening van scheepvaartroutes in relatie tot windparken op de Noordzee te waarborgen.

Deze studie toont aan dat het gebruik van maritieme ruimte door scheepvaart in sterke mate wordt beïnvloed door vier factoren: de verkeersintensiteit (aantal schepen), de afmetingen van de schepen, manoeuvres, en de positionering van objecten in het vaargebied. Analyse van de beschikbare data wijst erop dat schepen zich dynamisch aanpassen aan de beschikbare ruimte. Hoewel niet met zekerheid kan worden vastgesteld dat deze ruimte onder alle omstandigheden toereikend is, zijn er geen aanwijzingen gevonden voor structurele congestie of het ontstaan van onveilige situaties. Dit onderstreept de noodzaak van een zorgvuldige bepaling van de ruimtelijke configuratie van vaarwegen, in het bijzonder de padbreedte. Het identificeren van maatgevende scheepstypen en verkeersintensiteit is derhalve essentieel voor het vaststellen van een acceptabele ruimtelijke norm voor scheepvaartroutes.

De resultaten suggereren dat scheepvaart zich op een organische wijze herstructureert binnen de mogelijkheden die ontstaan na ruimtelijke ingrepen, zoals de plaatsing van windparken. Hoewel routeringsmaatregelen dit proces kunnen ondersteunen en coördineren, dient daarbij het uitgangspunt

van UNCLOS te worden gerespecteerd: internationale scheepvaartroutes mogen niet worden belemmerd door exploitatieactiviteiten van kuststaten binnen de EEZ.

Ten aanzien van manoeuvreerbaarheid is in overleg met maritieme experts vastgesteld dat de rondtorn, als meest extreme manoeuvre met het grootste ruimtebeslag, leidend moet zijn bij het bepalen van de minimale veilige afstand naast een verkeersbaan. Uit een reeks grootschalige simulaties van kritische manoeuvres onder zware, maar realistische omstandigheden met schepen die frequent gebruikmaken van de hoofdvaarwegen op de Noordzee, blijkt dat zelfs de meest ingrijpende manoeuvres binnen de door het Afwegingskader voorgeschreven ruimtelijke marges uitvoerbaar zijn, mits resoluut uitgevoerd. Hoewel dit een beroep doet op goed zeemanschap, bevestigen de simulaties dat de eerder gehanteerde norm van zes scheepslengtes voldoende is voor het vaststellen van de minimale veilige afstand.

## 8.2 Aanbeveling

De formele status van het Afwegingskader is op dit moment enigszins ambigu, aangezien het is opgenomen als bijlage 'Ontwerpcriterium afstand tussen scheepvaartroutes en windparken' in het Programma Noordzee 2022–2027. Deze bijlage vormt een sterk vereenvoudigde versie van het oorspronkelijke Afwegingskader en laat cruciale aspecten onbesproken, zoals de vaststelling van de padbreedte van verkeersbanen, de methodiek voor het bepalen van maatgevende schepen en aanvullende factoren zoals drift en ankermogelijkheden. Bovendien bevat de tekst reeds ingevulde voorbeelden van maatgevende schepen van 300 of 400 meter, zonder toelichting op de onderliggende bepaling. De vertaling van het oorspronkelijke Afwegingskader naar het huidige Ontwerpcriterium zou daarom als onvoldoende toepasbaar kunnen worden beoordeeld. Gegeven dat het Afwegingskader mogelijk te uitgebreid was voor een praktische toepassing wordt aanbevolen een nieuw beleidsdocument op te stellen waarin ten minste de volgende uitgangspunten expliciet worden vastgelegd:

1. Juridische basis en toepassingsbereik;
2. Methodiek voor de vaststelling van het maatgevende schip;
3. Methodiek voor de bepaling van de maatgevende verkeersintensiteit;
4. Categorisering van intensiteiten voor het definiëren van padbreedtes;
5. Methodiek voor het vaststellen van veiligheidsmarges;
6. Een samenvattend overzicht van de vereiste afstanden.

Bij het formuleren van beleid met betrekking tot de aanleg van offshore windparken dient rekening te worden gehouden met het juridische kader dat voortvloeit uit UNCLOS. Dit verdrag verleent kuststaten het recht om natuurlijke hulpbronnen binnen hun EEZ te exploiteren. Tegelijkertijd legt het beperkingen op, waaronder de verplichting om doorgaande internationale scheepvaartroutes niet te hinderen. Het waarborgen van voldoende ruimte voor maritiem transitverkeer is daarmee een duidelijk uitgangspunt. Het Afwegingskader fungeert in dit verband niet alleen als instrument om deze ruimte te definiëren, maar ook om aanvullende maatregelen te treffen in situaties waarin schepen een grotere manoeuvreerruimte nodig hebben.

De vaststelling van een veilige afstand tussen scheepvaartcorridors en windparken vormt een kernfunctie van het Afwegingskader, binnen de grenzen die door UNCLOS worden gesteld. Aangezien dergelijke windparken doorgaans worden gerealiseerd in gebieden die zich ver buiten de territoriale wateren van Nederland (12 nautische mijl) bevinden, is internationale regelgeving van toepassing. In het bijzonder blijft de uiteindelijke verantwoordelijkheid voor navigatie en risicobeoordeling bij de kapitein van het schip. Hoewel deze in zekere mate kan worden voorzien van actuele informatie en

waarschuwingen, berust de finale besluitvorming op menselijke oordeelsvorming. Deze verantwoordelijkheid is onlosmakelijk verbonden met de positie van de kapitein.

Dit benadrukt de noodzaak van een robuust, transparant en zorgvuldig geconstrueerd Afwegingskader. De ruimtelijke ordening op zee dient immers een intrinsiek veilige maritieme omgeving te garanderen, waarin de belangen van alle gebruikers van het maritieme domein op evenwichtige wijze worden gewaarborgd.

## 9 CONCLUSIE

De ruimtelijke indeling van de Noordzee is de afgelopen jaren aanzienlijk complexer geworden door de energietransitie en de grootschalige ontwikkeling van offshore windparken. Sinds 2007 is het aantal turbines en de omvang van aangewezen gebieden sterk toegenomen, wat leidt tot een structurele vermindering van beschikbare ruimte voor scheepvaart en een toename van ondersteunend verkeer voor aanleg en onderhoud. Windparken grenzen steeds vaker direct aan scheepvaartroutes en verkeersscheidingsstelsels, waardoor de beheersing van scheepvaartveiligheid een steeds grotere uitdaging vormt.

Het in 2013 vastgestelde en in 2015 vereenvoudigde Afwegingskader vormt nog steeds de basis voor het bepalen van veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken. Dit kader is echter opgesteld in een context met slechts twee operationele parken. De huidige situatie, gekenmerkt door een veel hogere ruimtelijke druk en dynamiek, vraagt om een herbeoordeling van de uitgangspunten en aannames. De OVV heeft bovendien geconstateerd dat de beheersing van scheepvaartveiligheid tekortschiet, met name rond vaste objecten zoals windparken. Dit leidde tot de aanbeveling om risico's beter te beheersen, rekening houdend met het manoeuvreergedrag van zware en windgevoelige schepen en toekomstige ontwikkelingen.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft daarom MARIN verzocht om de toekomstbestendigheid van het afwegingskader te evalueren en waar nodig aanbevelingen te formuleren voor actualisatie. In dit kader zijn zes centrale onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Hoe ziet het actuele ruimtegebruik van scheepvaart rond windparken op de Noordzee eruit?
2. Wat is het actuele ruimtegebruik gerelateerd aan maatgevende manoeuvres (zoals geïdentificeerd in het huidige afwegingskader) rondom windparken?
3. Hoe ziet het toekomstig ruimtegebruik van scheepvaart rond windparken op de Noordzee er naar verwachting uit?
4. In hoeverre zijn de uitgangspunten in het afwegingskader nog actueel/relevant met het oog op de huidige en verwachte toekomstige situatie betreffende scheepvaartverkeer rond windparken op de Noordzee, en welke relevante onderdelen/uitgangspunten missen nog?
5. Hoeveel ruimte is nodig/gewenst voor de scheepvaart bij windparken in de huidige/toekomstige situatie bij gemiddelde en maatgevende omstandigheden/schepen, gerelateerd aan de opgestelde veiligheidscriteria?
6. Welke onderdelen/uitgangspunten zouden moeten worden opgenomen in een vernieuwd afwegingskader voor een goede toekomstbestendige ruimtelijke ordening van scheepvaartroutes bij windparken op de Noordzee, daarbij rekening houdend met consistentie en leesbaarheid?

De volgorde van de onderzoeksvragen draagt bij aan een systematische benadering van de doelstelling van deze studie. Zowel bij de hoofd- als deelvragen is een breed spectrum aan methodologische instrumenten toegepast om een robuuste analyse te waarborgen. Allereerst zijn op basis van AIS-data diverse kwantitatieve analyses uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in het scheepvaartverkeer binnen de geselecteerde studiegebieden. Hierbij is in hoofdlijnen vastgesteld welke scheepstypen maatgevend zijn voor het ruimtegebruik. Vervolgens is onderzocht hoe het verkeer zich lateraal verdeelt over specifieke gebieden, zowel binnen als buiten de vastgestelde scheepvaartroutes.

Voor gebieden waar windparken zijn gerealiseerd gedurende de periode waarin de dataset is opgebouwd, is een nadere analyse uitgevoerd om de effecten van deze ruimtelijke ingrepen op het vaargedrag van schepen te identificeren. Daarnaast is, op basis van empirische data en relevante literatuur, een prognose opgesteld van het toekomstige ruimtegebruik, waarbij onderscheid is gemaakt

tussen routegebonden en niet-routegebonden verkeer. Deze prognose is gekoppeld aan de geplande ruimtelijke ordening van de Noordzee, zoals voorzien in beleidsdocumenten en ontwikkelingsplannen.

Naast de kwantitatieve analyses is een kwalitatieve beoordeling uitgevoerd van de uitgangspunten van het bestaande Afwegingskader. Deze beoordeling, gebaseerd op expertinput, had tot doel de actualiteit, relevantie en toekomstbestendigheid van het huidige beleid te toetsen. Om de operationele implicaties van deze uitgangspunten te verifiëren, zijn numerieke simulaties uitgevoerd voor een brede selectie van scheepstypen en uiteenlopende omstandigheden. Hierbij is specifiek gekeken naar het ruimtegebruik bij het uitvoeren van een rondtorn, aangezien deze manoeuvre algemeen wordt beschouwd als de meest ruimte-intensieve en onder vrijwel alle omstandigheden voorstelbaar voor verschillende scheepstypen.

Tot slot is een beleidsanalyse uitgevoerd om te bepalen welke uitgangspunten uit het huidige kader behouden kunnen blijven en welke elementen in een herzien afwegingskader moeten worden opgenomen om een toekomstbestendige en consistente ruimtelijke ordening van scheepvaartroutes rond windparken op de Noordzee te waarborgen.

Op basis van deze methodologie kunnen, gerelateerd aan de hoofdvragen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Het actuele scheepvaartverkeer vertoont een duidelijke adaptatie aan de geldende ruimtelijke omstandigheden. Schepen verplaatsen zich zodanig dat een grotere afstand tot windparken wordt behouden, terwijl de intensiteit van het verkeer in het gebied tussen de hoofdvaarroute en het windpark afneemt. Dit effect is met name onder ongunstige weersomstandigheden op bepaalde locaties duidelijk waarneembaar. Hoewel niet met zekerheid kan worden vastgesteld of de verschuiving van verkeer leidt tot een negatief effect door verhoogde verkeersintensiteit, wijzen de analyses erop dat de ruimtelijke belasting van de verkeersbaan niet significant toeneemt. Derhalve is het onwaarschijnlijk dat dergelijke negatieve effecten optreden.
2. De rondtorn wordt door maritieme experts nog steeds beschouwd als de meest ruimte-intensieve en daarmee maatgevende manoeuvre. Empirische analyses tonen echter aan dat deze manoeuvre bij schepen van maatgevende afmetingen (>300 meter) slechts sporadisch voorkomt. De meeste waargenomen rondtorns blijken gerelateerd aan operationeel tijdsmanagement, incidenteel aan een mogelijke uitwijkmanoeuvre, maar geen enkele kan eenduidig worden gekwalificeerd als noodmaatregel. Bovendien is vastgesteld dat dergelijke manoeuvres gedurende de onderzochte periode niet zijn uitgevoerd in de richting van een bestaand windpark. Dit suggereert een mogelijke correlatie tussen het vaargedrag van schepen en de aanwezigheid van windparken, hetgeen nader onderzoek verdient.
3. De toekomstige ruimtelijke ordening van de Noordzee is ambitieus en zal naar verwachting een substantiële impact hebben op de diverse gebruikers van dit maritieme gebied. Analyse van de huidige data wijst erop dat windparken een zekere mate van scheepvaartverkeer aantrekken. Dit verkeer blijkt in belangrijke mate afhankelijk van de afstand van het park tot de kust en vertoont een voorspelbaar patroon op basis van de ligging en omvang van het park. Voorspelbaar lijkt dit verkeer voornamelijk een lokaal fenomeen, waarop routegebonden scheepvaart zich in zekere mate kan anticiperen. Het effect van werkverkeer dat zich in de toekomst tussen meerdere windparken zal verplaatsen, blijft echter onzeker en vormt een relevante factor voor verdere studie.
4. Het huidige Afwegingskader hanteert een categorale indeling van verkeersintensiteit per route, waarbij de minimale routebreedte wordt bepaald op basis van een vermenigvuldiging van de maatgevende scheepslengte. Deze kwantitatieve benadering wordt nog steeds als adequaat beschouwd; er zijn geen aanwijzingen dat in de toekomst een aanvullende categorie noodzakelijk zal zijn. Ook de keuze voor de rondtorn als maatgevende manoeuvre blijft overeind, zij het met de kanttekening dat deze manoeuvre in de praktijk doorgaans door kapiteins wordt vermeden. De ruimte die een rondtorn vereist, zoals vastgesteld op basis van verkeersdata en simulaties, wordt herkend en bevestigd. De norm van zes scheepslengtes, zoals voorgeschreven in het Afwegingskader, wordt door experts niet ter discussie gesteld. Evenmin is er aanleiding om andere

onderdelen van het Afwegingskader aan te passen. Wel benadrukken experts het belang van voldoende ruimte voor drift en ankeren, maar op basis van de beschikbare data lijkt deze ruimte binnen de geldende normen te blijven.

5. De benodigde ruimte voor het uitvoeren van de maatgevende manoeuvre is gevalideerd aan de hand van 634 simulaties onder uiteenlopende, relevante omstandigheden. Uit deze simulaties blijkt dat alle geteste schepen in staat zijn een rondtorn uit te voeren binnen een offset van zes scheeps lengtes, gemeten vanaf de uitgangspositie. Hierbij is rekening gehouden met een minimale ruimte onder de kiel om het beperkende effect daarvan maximaal te simuleren. De manoeuvres zijn uitgevoerd bij zowel gebruikelijke vaarsnelheden als bij een snelheid van 10 knopen. Daarnaast zijn verschillende wind- en golfcondities gesimuleerd, tot een significante golfhoogte van 4,5 meter bij windkracht 8 Beaufort, afkomstig uit alle vier kwadranten rond het schip. De manoeuvres zijn getest onder drie verschillende roerhoeken.

De resultaten tonen aan dat wanneer de draai wordt ingezet met een roerhoek van 35 graden gedurende de gehele bocht, de offset beheersbaar blijft. Bij kleinere roerhoeken neemt de benodigde afstand toe, tot het punt waarop sommige schepen onder specifieke omstandigheden de manoeuvre niet meer kunnen voltooien. De expertgroep onderschrijft deze bevindingen en benadrukt dat een dergelijke manoeuvre in een noodsituatie doelbewust en resoluut moet worden uitgevoerd om het beoogde resultaat te bereiken.

6. Het oorspronkelijke Afwegingskader is als bijlage opgenomen in het Programma Noordzee 2022-2027. Dat is een sterk vereenvoudigde versie van het origineel en heeft daarmee aan functionaliteit ingeboet. De huidige status van het Afwegingskader is daarmee ambigu. Essentiële elementen ontbreken zoals de bepaling van padbreedtes, methodiek voor maatgevende schepen en veiligheidsmarges. Deze vereenvoudiging maakt het document onvoldoende toepasbaar. Daarom wordt aanbevolen een nieuw beleidsdocument op te stellen waarin expliciet wordt vastgelegd:

1. Juridische basis en toepassingsbereik;
2. Methodiek voor de vaststelling van het maatgevende schip;
3. Methodiek voor de bepaling van de maatgevende verkeersintensiteit;
4. Categorisering van intensiteiten voor het definiëren van padbreedtes;
5. Methodiek voor het vaststellen van veiligheidsmarges;
6. Een samenvattend overzicht van de vereiste afstanden.

Bij de beleidsvorming moet rekening worden gehouden met UNCLOS, dat kuststaten rechten geeft binnen de EEZ, maar ook verplichtingen oplegt om internationale scheepvaartroutes niet te hinderen. Dit onderstreept de noodzaak van een robuust, transparant en toekomstbestendig Afwegingskader dat een veilige maritieme omgeving waarborgt en de belangen van alle gebruikers in balans houdt.

Voorts moet worden verondersteld dat het afwegingskader per definitie een beperkte houdbaarheid heeft. Hoewel de uitgangspunten sinds 2011 toen de basis werd gelegd niet zijn veranderd kan niet worden uitgesloten dat het Afwegingskader voor alle mogelijke ontwikkelingen toepasbaar blijft. Besluiten over ruimtelijke ordening hebben doorgaans een langetermijnkarakter, waardoor het essentieel is periodiek te toetsen of de actuele omstandigheden nog in overeenstemming zijn met de beschikbare ruimte zoals destijds vastgesteld. Het regelmatig herzien en valideren van de uitgangspunten binnen de actuele context is daarom een verstandige en noodzakelijke maatregel om de robuustheid en relevantie van het beleid te waarborgen.

**REFERENTIE**

- [Ref 1.] Werkgroep Veilige Afstanden. (2013). Afwegingskader voor veilige afstanden tussen scheepvaartroutes en windparken op zee (Versie vastgesteld op 9 juli 2013). Advies aan de directeur Maritieme Zaken, Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- [Ref 2.] Onderzoeksraad voor Veiligheid. (2024). Schipperen met ruimte: Beheersing van scheepvaartveiligheid op een steeds vollere Noordzee. Den Haag: Onderzoeksraad voor Veiligheid. Beschikbaar op <https://www.onderzoeksraad.nl>
- [Ref 3.] Soons, A. H. A. (2011). Over windmolenparken en rechtstreekse werking van verdragen: internationaal omgevingsrecht op zee. In T. de Gier et al. (Red.), Goed verdedigbaar. Vernieuwing van bestuursrecht en omgevingsrecht (pp. 501–515). Deventer: Kluwer.
- [Ref 4.] International Maritime Organization. (2002). Resolution MSC.137(76): Standards for ship manoeuvrability (adopted on 4 December 2002). London: IMO.
- [Ref 5.] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022). Programma Noordzee 2022–2027: Deel van het Nationaal Waterprogramma. Geraadpleegd van Noordzeeloket: <https://noordzeeloket.nl/beleid/programma-noordzee-2022-2027>
- [Ref 6.] Wolsing, K., Roepert, L., Bauer, J., & Wehrle, K. (2022). Anomaly Detection in Maritime AIS Tracks: A Review of Recent Approaches. Journal of Marine Science and Engineering, 10(1), 112. <https://doi.org/10.3390/jmse10010112>.
- [Ref 7.] Xifeng Guo, Xinwang Liu, En Zhu, Jianping Yin. Deep Clustering with Convolutional Autoencoders. ICONIP 2017.
- [Ref 8.] Healy, J., McInnes, L. Uniform manifold approximation and projection. Nat Rev Methods Primers 4, 82 (2024).
- [Ref 9.] MARIN. (2025). Netwerkanalyse Noordzee 2024: Analyse van het scheepvaartverkeer in de periode 1 januari – 31 december (Rapport nr. 34243-4-MO-rev.1.0). Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL).
- [Ref 10.] MARIN (2025). Risico-Ontwikkeling en mitigatie Noordzee: Een verkenning naar ontwikkelingen die van invloed zijn op het nautisch veiligheidsniveau van de Noordzee (Rapport nr. 77000-2-MO-rev.1.0). Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
- [Ref 11.] Netwerkevaluatie Noordzee 2023. Analyse van het scheepvaartverkeer in de periode 31 januari 2023 – 31 december 2023  
MARIN, NR. 34243-3-MO-rev.1.0\_Netwerkanalyse 2023
- [Ref 12.] Netwerkevaluatie Noordzee 2022. Analyse van het scheepvaartverkeer in de periode 31 januari 2022 – 31 december 2022  
MARIN, NR. 34243-2-MO-rev.1\_Netwerkanalyse 2022
- [Ref 13.] Netwerkevaluatie Noordzee 2021. Analyse van het scheepvaartverkeer in de periode 31 januari 2021 – 31 december 2021  
MARIN, NR. 34243-1-MO-rev.1\_Netwerkanalyse 2021
- [Ref 14.] Netwerkevaluatie Noordzee 2018-2019. Analyse van het scheepvaartverkeer in de periode 1 juni 2018 – 31 mei 2019. Maritime Operations (MO)  
MARIN, NR 32091-1-MO-rev.1, 29 oktober 2020
- [Ref 15.] Memo MARIN – Persons at Risk – Review KGG/SodM op aannames omtrent wind op zee, 24 april 2025.

**AFKORTINGEN**

AIS	Automatic Identification System
BVA	Bepalingen ter Voorkoming van Aanvaringen op Zee (zie COLREGS)
COLREGS	Collision Regulations (zie BVA)
CTV	Crew Transfer Vessel
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EET	Exclusieve Economische Zone
GPSR	General Provisions on Ships' Routeing
GW	Gigawatt
HKN	Hollandse Kust Noord
HKW	Hollandse Kust West
HKZ	Hollandse Kust Zuid
Hs	Significante Golfhoogte (zie SWH)
IenW	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
IMO	International Maritime Organisation
LNG	Liquid Natural Gas
MARIN	Maritime Research Institute Netherlands
MMSI	Maritime Mobile Service Identity
MSC	IMO Maritime Safety Committee
NUC	Not Under Command
NVKK	Nederlandse Vereniging voor Kapiteins der Koopvaardij
OvV	Onderzoeksraad voor Veiligheid
OWEZ	Offshore Windpark Egmond aan Zee
PAWP	Prinses Amalia Windpark
RB	Routegebonden verkeer
RoRo	Roll-On Roll-Off
SAN	Scheepvaartadviesgroep Noordzee
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
SOG	Speed Over Ground
SOLAS	Safety Of Life At Sea
SOV	Service Operation Vessels
SWH	Significant Wave Height (zie Hs)
TSS	Traffic Separation Scheme (zie VSS)
UKC	Under Keel Clearance
UNCLOS	United Nations Convention on the Law of the Sea
VTS	Vessel Traffic Services
VSS	Verkeersscheidingsstelsel (zie TSS)

# **APPENDICES**

## APPENDIX 1 VERDELING VAN RB VERKEER IN STUDIEGEBIEDEN NAAR LENGTE EN SNELHEID

### Alle omstandigheden

Tabel 9-1: Overzicht van de verdeling van scheepslengte en snelheid voor het RB verkeer in de studiegebieden in jaar 2024, aan de hand van gemiddelde en percentielen.

	Shiptype (RB only)	Number of ships	Length [m]				SOG [kn]			
			mean	p50	p98.5	p100	mean	p50	p98.5	p100
HKZ Northern direction	Bulker	209	200	192	295	300	11,2	11,6	14,3	16,7
	Chemical	966	112	106	183	219	11,2	11,4	14,7	18
	Container	1961	217	170	400	400	14	14,3	19,4	22,7
	GDC	1709	103	90	193	409	10,5	10,3	16,3	21,1
	LNG	27	116	118	120	120	10,7	11	13,8	14,1
	LPG	82	100	100	118	174	11,6	11,6	16,1	17,1
	Oil	168	165	183	277	333	10,2	10,4	14,1	15,1
	Pass/Ferry	63	215	300	337	337	13,3	14,5	23,9	45,4
	RoRo	262	162	166	200	277	13,7	13,6	17,8	23,7
	<b>all</b>	<b>5447</b>	<b>155</b>	<b>133</b>	<b>400</b>	<b>409</b>	<b>12,1</b>	<b>11,8</b>	<b>18,6</b>	<b>45,4</b>
HKZ Southern direction	Bulker	92	180	190	250	255	9,2	9,5	14,1	15,1
	Chemical	882	116	110	183	219	10,5	10,6	14,7	21,3
	Container	1123	190	152	400	400	11,8	12,2	17,6	29,1
	GDC	1482	102	90	191	409	9,3	9,3	15,1	18,6
	LNG	22	116	118	120	120	9,9	9,9	13,2	13,4
	LPG	132	100	100	137	199	10,6	10,6	15,7	20
	Oil	125	142	129	285	333	9,2	9,1	13,9	15,7
	Pass/Ferry	53	215	300	345	345	12,6	13,2	27	43,7
	RoRo	194	153	166	200	237	12,8	13,4	16,9	21,1
	<b>all</b>	<b>4104</b>	<b>136</b>	<b>119</b>	<b>400</b>	<b>409</b>	<b>10,5</b>	<b>10,4</b>	<b>16,9</b>	<b>43,7</b>
HKZ Eastern direction	Bulker	509	218	225	292	295	8	8,1	12,8	22,5
	Chemical	1513	144	144	186	228	8,9	9,3	13,6	36,9
	Container	116	116	100	170	400	11,7	12,2	15,9	17,6
	GDC	1613	97	90	168	215	9,1	9,1	14,5	17,4
	LNG	5	113	113	113	113	7,6	7,7	11,2	11,4
	LPG	69	99	100	117	119	9	9,7	13,4	14,1
	OBO	2	228	228	228	228	5,9	5,4	11,2	11,2
	Oil	358	180	183	250	274	8,4	8,7	13,6	17,3
	Pass/Ferry	164	188	219	326	332	14,4	13,8	27,7	37,9
	RoRo	120	186	193	250	250	10,5	10,3	17,1	21,3
<b>all</b>	<b>4468</b>	<b>140</b>	<b>129</b>	<b>292</b>	<b>400</b>	<b>9,1</b>	<b>9,3</b>	<b>15,9</b>	<b>37,9</b>	
HKN NorthWest direction (PAW)	Bulker	277	217	225	292	295	8,3	8,5	12,8	21,3
	Chemical	593	137	140	184	228	9,4	9,7	13,6	36,9
	Container	54	123	135	170	170	12	12,8	16,5	17,1
	GDC	949	99	90	158	276	9,2	9,3	14,3	18,6
	LNG	1	113	113	113	113	7,8	7,3	11,2	11,2
	LPG	46	97	97	117	119	10	10,4	13,9	19,8
	OBO	1	228	228	228	228	6,8	5,8	11,1	11,2
	Oil	139	166	183	250	304	8,6	8,9	13,6	17,3

	Pass/Ferry	445	166	162	300	332	15,3	15,7	20,4	41
	RoRo	80	179	200	250	250	10,4	10,3	16,5	17,4
	<b>all</b>	<b>2584</b>	<b>139</b>	<b>130</b>	<b>292</b>	<b>332</b>	<b>10,3</b>	<b>9,9</b>	<b>18</b>	<b>41</b>
HKN Northern direction (Kavel V)	Bulker	1435	185	182	292	415	11,6	11,8	15,1	27
	Chemical	1937	108	102	183	229	11,4	11,6	15,1	27
	Container	3733	228	204	400	477	14,1	14,3	19,8	36,9
	GDC	7418	101	90	193	409	10,7	10,4	17,1	33,2
	LNG	39	109	117	120	120	10,7	11,4	15,1	19,2
	LPG	595	96	98	129	180	12,3	12,4	16,7	26,8
	OBO	3	188	188	188	188	11,1	12	15,3	15,3
	Oil	257	136	120	274	339	10,4	10,4	14,9	20,6
	Pass/Ferry	304	228	253	344	345	15	15,5	21,3	25
	RoRo	2404	185	199	296	296	15,5	15,7	21,7	40,2
	<b>all</b>	<b>18125</b>	<b>148</b>	<b>122</b>	<b>398</b>	<b>477</b>	<b>12,3</b>	<b>12</b>	<b>19,6</b>	<b>40,2</b>
HKW West side	Bulker	1146	185	183	260	302	10,9	11,2	13,9	15,5
	Chemical	974	110	104	183	185	10,9	11,2	14,5	19
	Container	2268	261	272	400	400	13,2	13,2	19,8	23,1
	GDC	4909	109	100	198	268	10,2	10,1	16,7	20,9
	LNG	24	129	113	299	299	10,9	10,4	18	18,2
	LPG	461	105	100	129	180	12	12,2	15,9	17,4
	OBO	3	188	188	188	188	13,4	13,6	14,1	14,1
	Oil	125	165	180	275	277	10,2	10,4	14,1	16,5
	Pass/Ferry	157	258	290	345	345	14,1	14,1	20,7	27
	RoRo	2063	198	200	296	296	15,3	15,7	20,7	50,1
	<b>all</b>	<b>12131</b>	<b>162</b>	<b>140</b>	<b>366</b>	<b>400</b>	<b>11,9</b>	<b>11,4</b>	<b>19,4</b>	<b>50,1</b>
HKW East side	Bulker	516	187	189	254	300	11,2	11,4	14,7	29,9
	Chemical	1127	113	106	183	229	11	11,2	14,7	19,8
	Container	1782	208	161	400	499	13,2	13,4	19,2	24,8
	GDC	3501	105	90	192	297	10,3	10,1	17,1	22,3
	LNG	28	118	117	297	297	10,5	10,8	13,9	14,7
	LPG	314	101	100	129	180	11,7	11,8	15,7	17,6
	OBO	1	188	188	188	188	11,2	11,8	14,7	14,7
	Oil	130	130	100	332	339	9,7	10,1	14,3	21,5
	Pass/Ferry	235	191	162	344	345	14,9	15,7	20,9	30,7
	RoRo	977	189	199	295	298	15,2	15,3	21,3	31,4
	<b>all</b>	<b>8611</b>	<b>145</b>	<b>123</b>	<b>399</b>	<b>499</b>	<b>11,8</b>	<b>11,4</b>	<b>19,2</b>	<b>31,4</b>
Nederwiek Northern direction	Bulker	1571	205	199	292	302	11,6	11,8	14,5	33
	Chemical	2341	152	146	195	244	11,9	12	15,1	27,6
	Container	706	284	294	400	400	14,2	14,1	20	24,1
	GDC	454	136	139	200	227	12,2	11,8	18,2	20,7
	LNG	439	259	295	315	315	15,1	15,3	20,4	28,1
	LPG	358	157	160	227	230	13,2	13,4	17,1	18
	Oil	2285	238	248	330	344	12,1	12,4	15,1	19,2
	Pass/Ferry	58	236	236	345	345	16,4	16,5	21,1	22,1
	RoRo	57	168	184	232	232	13,7	13,4	20,6	24,1
		<b>all</b>	<b>8269</b>	<b>203</b>	<b>185</b>	<b>399</b>	<b>400</b>	<b>12,4</b>	<b>12,4</b>	<b>18,6</b>
Nederw iek Landsida	Bulker	1730	202	190	289	300	10,9	11	13,6	23,7
	Chemical	2265	154	148	195	244	11,5	11,6	14,3	46,6

	Container	562	276	292	400	400	14,3	14,5	20,7	32,4
	GDC	513	135	137	202	227	12	11,4	19,8	29,1
	LNG	453	257	294	315	315	14,8	15,3	19	23,1
	LPG	335	164	160	230	230	13,5	13,8	16,5	31,2
	OBO	1	229	229	229	229	12,3	12,4	12,6	12,6
	Oil	2108	236	245	285	344	11,7	11,8	14,3	22,3
	Pass/Ferry	59	240	236	348	348	16,1	16,3	19,8	31,4
	RoRo	77	174	170	238	238	12,5	12,2	18,2	20,7
	<b>all</b>	<b>8101</b>	<b>200</b>	<b>184</b>	<b>348</b>	<b>400</b>	<b>12</b>	<b>11,8</b>	<b>18,4</b>	<b>46,6</b>
Doordewind Eastern direction	Bulker	540	216	228	295	302	11,1	11,2	13,9	16,1
	Chemical	2173	136	129	184	244	11,9	12,2	14,7	19,4
	Container	2982	301	300	400	400	13,3	13,2	20	53,2
	GDC	560	102	90	200	227	10,2	10,1	15,1	17,1
	LNG	147	280	295	300	300	13,8	13,8	18,6	19,8
	LPG	159	139	142	188	220	13,2	13,2	16,1	17,1
	Oil	480	233	250	333	340	12	12,2	14,5	15,5
	Pass/Ferry	37	240	252	345	345	15,4	15,9	23,7	28,1
	RoRo	252	189	197	232	232	15,9	15,7	20,9	48,9
<b>all</b>	<b>7329</b>	<b>218</b>	<b>197</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>12,5</b>	<b>12,2</b>	<b>19,4</b>	<b>53,2</b>	
Doordewind Western direction	Bulker	202	212	200	300	300	10,7	11,2	13,8	31,4
	Chemical	2168	135	140	184	244	11,2	11,4	14,3	36,5
	Container	2858	281	294	400	400	13,7	13,8	20,2	51,9
	GDC	1043	98	89	200	227	9,4	9,5	14,3	17,6
	LNG	140	279	295	300	300	14,6	14,9	18,8	19,8
	LPG	141	135	142	180	220	12,5	12,6	15,7	16,3
	OBO	2	229	229	229	229	12,8	12,8	13,2	13,2
	Oil	387	235	250	336	340	11,2	11,6	14,5	27
	Pass/Ferry	35	228	253	330	341	12	11,4	23,3	30,5
	RoRo	286	192	197	227	238	15,7	15,7	20	21,3
<b>all</b>	<b>7261</b>	<b>200</b>	<b>175</b>	<b>399</b>	<b>400</b>	<b>12,2</b>	<b>11,8</b>	<b>19,6</b>	<b>51,9</b>	

**Onder windiger omstandigheden (Windkracht 6 of hoger)**

Tabel 9-2: *Overzicht van de verdeling van scheeps lengte en snelheid voor het RB verkeer in de studiegebieden in jaar 2024, aan de hand van gemiddelde en percentielen, bij windkracht 6 of hoger.*

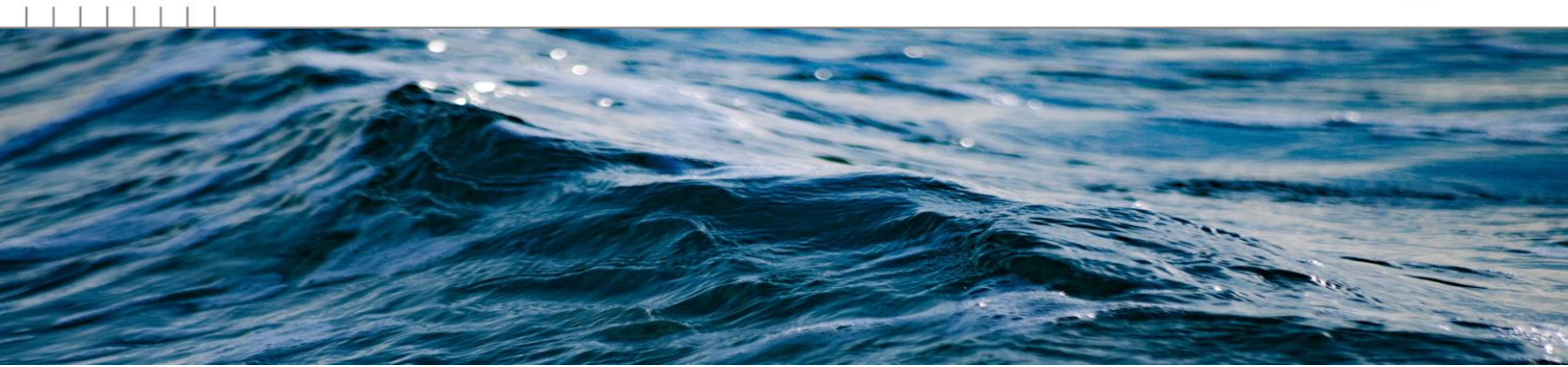
	Shiptype (RB only)	Number of ships	Length [m]				SOG [kn]			
			mean	p50	p98.5	p100	mean	p50	p98.5	p100
HKZ Northern direction	Bulker	26	193	192	229	292	10,1	10,4	13,9	14,1
	Chemical	118	113	106	183	184	10,3	10,4	14,5	15,7
	Container	263	216	170	400	400	13,4	13,6	19,4	21,5
	GDC	198	108	90	200	409	9,3	9,3	15,9	20,2
	LNG	4	116	117	118	118	10,9	11,2	12,6	12,6
	LPG	7	99	100	120	120	10,6	9,7	13,8	14,1
	Oil	22	174	183	277	277	8,8	8,5	13,4	13,8
	Pass/Ferry	8	244	300	337	337	12,2	12,9	17,1	17,3
	RoRo	44	166	166	200	200	13,9	14,1	18,4	19,6
	<b>all</b>	<b>691</b>	<b>160</b>	<b>138</b>	<b>400</b>	<b>409</b>	<b>11,4</b>	<b>11,4</b>	<b>18,4</b>	<b>21,5</b>
HKZ Southern direction	Bulker	10	192	192	229	229	8,5	8,7	12,5	14,1
	Chemical	117	122	117	184	185	9,4	9,9	13,9	16,1
	Container	156	188	152	400	400	11,2	11,2	17,4	19,6
	GDC	195	103	90	191	227	8,3	8,3	14,5	18,4
	LNG	1	120	120	120	120	8	9,1	10,8	10,8
	LPG	15	102	100	120	120	9	8,7	14,7	18,2
	Oil	17	155	150	274	332	9,3	9,3	14,9	14,9
	Pass/Ferry	6	315	323	345	345	15	15,9	19,2	19,2
	RoRo	28	158	166	200	200	13,2	13,8	16,9	18,6
	<b>all</b>	<b>546</b>	<b>140</b>	<b>126</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>9,8</b>	<b>9,7</b>	<b>16,5</b>	<b>19,6</b>
HKZ Eastern direction	Bulker	61	205	225	292	292	7,4	7,7	11,8	14,3
	Chemical	231	144	144	189	219	8,1	8,5	13,2	15,7
	Container	14	117	100	135	294	11,7	12,6	15,9	17,4
	GDC	242	102	90	168	200	8,8	8,9	14,5	17,4
	LNG	1	113	113	113	113	7,8	7,7	9,3	9,3
	LPG	11	97	97	117	117	8,3	9,3	12	12,2
	Oil	43	179	183	256	256	7,3	7,3	13,4	13,9
	Pass/Ferry	15	197	219	293	293	13,8	14,1	26,8	27
	RoRo	20	192	200	250	250	9,8	9,7	16,9	21,3
	<b>all</b>	<b>638</b>	<b>137</b>	<b>129</b>	<b>250</b>	<b>294</b>	<b>8,5</b>	<b>8,7</b>	<b>15,3</b>	<b>27</b>
HKN NorthWest direction (PAW)	Bulker	56	217	225	292	292	9,3	10,3	13,4	13,9
	Chemical	115	138	143	184	195	8,9	9,7	13,9	15,1
	Container	11	127	135	170	170	10,8	11,2	15,1	15,5
	GDC	121	102	90	168	200	8,4	8,5	15,5	18,4
	LNG	0	113	113	113	113	8,4	8,2	11,1	11,4
	LPG	9	101	100	117	117	9,2	10,2	13,6	13,6
	Oil	27	167	183	250	250	9,1	9,7	13,7	14,1
	Pass/Ferry	42	172	162	294	294	15,1	15,1	19,4	20
	RoRo	12	196	200	250	250	12,4	12,6	20	21,1
	<b>all</b>	<b>395</b>	<b>145</b>	<b>139</b>	<b>292</b>	<b>294</b>	<b>9,7</b>	<b>9,9</b>	<b>17,8</b>	<b>21,1</b>
HKN Northern direction (Kavel V)	Bulker	190	183	182	292	292	10,9	11,2	14,7	23,5
	Chemical	272	107	100	183	185	10,9	11	14,9	21,3
	Container	539	230	210	400	400	13,8	13,9	20	27,4
	GDC	958	104	90	200	409	10,4	10,3	16,9	25,8
	LNG	8	115	117,5	120	120	10,5	11	12,8	13
	LPG	66	95	96	115	160	11,9	12	16,9	17,1
	OBO	2	188	188	188	188	9,1	11	14,5	14,5
	Oil	34	159	150	283	283	10,4	10,6	14,7	20
	Pass/Ferry	41	247	253	337	337	14,5	14,9	19,8	20,6

	RoRo	351	188	199	296	296	15,4	15,7	21,9	40,2
	<b>all</b>	<b>2460</b>	<b>153</b>	<b>133</b>	<b>398</b>	<b>409</b>	<b>12,1</b>	<b>11,6</b>	<b>19,4</b>	<b>40,2</b>
HKW West side	Bulker	217	186	180	260	302	9,6	9,7	13,4	14,3
	Chemical	179	111	104	183	183	9,4	9,7	13,8	19
	Container	407	262	275	400	400	12,4	12,2	19,2	20,7
	GDC	890	111	101	192	268	9,1	9,1	16,5	20,9
	LNG	2	109	113	117	117	10,3	10,3	11,4	11,4
	LPG	87	106	108	129	146	10,6	10,8	15,3	15,9
	Oil	26	164	182	274	274	9,4	10,1	13,6	13,8
	Pass/Ferry	35	275	294	337	337	12,8	11,8	19,8	20,2
	RoRo	368	197	200	249	296	14,6	14,7	20,4	22,3
	<b>all</b>	<b>2212</b>	<b>163</b>	<b>144</b>	<b>366</b>	<b>400</b>	<b>10,8</b>	<b>10,4</b>	<b>19,2</b>	<b>22,3</b>
HKW East side	Bulker	89	189	190	255	292	10,1	10,6	14,5	29,9
	Chemical	199	119	110	184	185	10	10,4	14,5	16,9
	Container	316	212	168	400	400	12,7	12,8	19,2	22,5
	GDC	589	107	95	192	268	9,6	9,5	16,5	20,2
	LNG	2	117	117	120	120	9,5	9,7	10,8	10,8
	LPG	57	101	100	119	160	10,4	10,6	16,5	17,3
	OBO	1	188	188	188	188	10,1	11,8	11,9	12
	Oil	21	150	132	283	283	9,3	10,1	14,9	15,1
	Pass/Ferry	36	226	191	344	344	15,4	15,9	20,7	29,5
	RoRo	178	192	199	296	296	15,1	15,5	21,3	28,5
<b>all</b>	<b>1487</b>	<b>149</b>	<b>132</b>	<b>399</b>	<b>400</b>	<b>11,2</b>	<b>10,8</b>	<b>19</b>	<b>29,9</b>	
Nederwiek Northern direction	Bulker	286	205	193	292	292	11	11,4	14,5	15,3
	Chemical	446	152	146	195	244	11,4	11,8	14,9	20
	Container	132	293	300	400	400	13,8	13,8	19,6	21,7
	GDC	79	137	144	213	226	12,1	11,8	18,2	20,7
	LNG	95	249	291	315	315	14,8	15,1	19,4	20
	LPG	69	166	174	230	230	12,5	12,6	16,5	16,7
	Oil	440	237	247	285	333	11,6	12	15,1	16,3
	Pass/Ferry	7	197	180	293	293	15,9	16,9	19,8	19,8
	RoRo	9	184	197	228	228	14,4	14,7	20,4	21,3
	<b>all</b>	<b>1562</b>	<b>204</b>	<b>184</b>	<b>399</b>	<b>400</b>	<b>11,9</b>	<b>12</b>	<b>18,2</b>	<b>21,7</b>
Nederwiek Southern direction	Bulker	311	203	190	289	300	10,1	10,3	13	14,3
	Chemical	423	154	147	195	244	10,5	10,8	13,9	18,4
	Container	106	276	292	400	400	13,4	13,4	20,6	20,9
	GDC	100	139	143	202	227	10,7	10,3	18,4	20,4
	LNG	87	252	295	315	315	14,7	15,1	18,8	20,7
	LPG	63	163	173	230	230	12,8	13	16,1	16,9
	Oil	406	237	245	283	339	10,8	11	13,9	15,5
	Pass/Ferry	8	203	184	272	272	15,1	15,5	19,8	26,4
	RoRo	17	193	193	238	238	12,6	12,4	17,1	18
	<b>all</b>	<b>1521</b>	<b>200</b>	<b>184</b>	<b>337</b>	<b>400</b>	<b>11,1</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>26,4</b>
Doordewind Eastern direction	Bulker	108	211	225	295	295	10,7	10,8	13,6	14,3
	Chemical	418	133	129	184	244	11,6	12	14,7	15,7
	Container	560	300	299	400	400	13,4	13,4	20,2	22,9
	GDC	104	104	90	226	226	9,8	9,9	14,1	14,5
	LNG	17	284	298	300	300	12,8	12,6	19,2	19,4
	LPG	31	143	154	180	180	12,4	12,4	15,5	15,7
	Oil	104	225	243	333	333	11,9	12,2	14,7	14,9
	Pass/Ferry	4	266	289	289	341	15,9	16,3	16,7	18
	RoRo	36	194	197	231	231	16,6	16,3	22,3	48,9
	<b>all</b>	<b>1382</b>	<b>215</b>	<b>190</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>12,3</b>	<b>12,2</b>	<b>19,6</b>	<b>48,9</b>
Doordewind Western direction	Bulker	46	215	225	300	300	8,4	8,5	12,2	13
	Chemical	418	134	140	184	229	9,3	9,5	13,8	15,7
	Container	563	277	292	400	400	12,8	12,8	19,8	20,9

GDC	175	100	90	200	200	8,1	8,3	13,2	14,1
LNG	32	286	295	300	300	14,2	15,1	17,1	17,4
LPG	17	146	143	174	174	10,8	11,4	15,1	15,1
Oil	78	227	250	339	339	10,3	10,8	14,7	15,5
Pass/Ferry	6	263	253	294	294	11,6	12	14,3	14,5
RoRo	46	195	197	238	238	16	16,3	19,8	20
<b>all</b>	<b>1381</b>	<b>202</b>	<b>183</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>11</b>	<b>10,6</b>	<b>19,4</b>	<b>20,9</b>

# **SOFTWARE DOCUMENTATIE BLAD**

## **APPENDIX 2    ANYSIM XMF (EXTENSIBLE MODELLING FRAMEWORK) LEAFLET**



# aNySIM XMF

## Time Domain Simulations for Ships and Offshore Vessels



### Available modules

At present the following modules are available in aNySIM XMF:

- Linear and non-linear hydrostatics
- Coefficient based current loads and wind loads
- Hull manoeuvring models (slender body theory, cross-flow drag theory, coefficients-based series)
- Propellers, rudders, PODs and thrusters
- Linear and non-linear 1<sup>st</sup> order wave forces
- Linear 2<sup>nd</sup> order wave forces
- Wave radiation (including hydrodynamic interaction between bodies at zero speed)
- Morison loads
- Spring lines, catenary lines and lumped-mass lines
- Winches, Fenders, and Joints
- DP controllers
- Kalman filter

### Time domain simulation tool

aNySIM XMF is a time domain software that simulates the motions of both stationary offshore vessels and sailing ships. aNySIM computes the motions of these vessels resulting from non-linear hydrodynamic and mechanical loading. Using aNySIM XMF, engineers can analyse and optimise their designs for:

- Operability (such as mooring performance, heavy lift operations, dynamic positioning, at terminals, on-board safety and comfort)
- Manoeuvring and sailing performance
- Safety and survivability in harsh weather

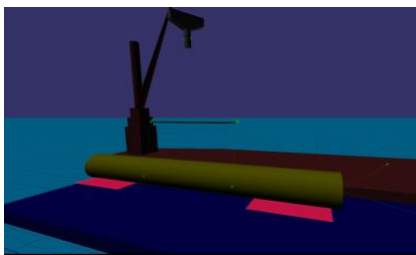
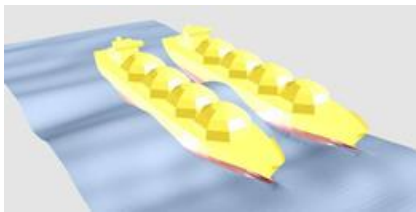
Maritime contractors, shipyards, engineering consultants, energy companies, and certification societies use aNySIM XMF. MARIN uses aNySIM XMF for engineering studies as well as simulator studies (in real-time).

The modular structure of aNySIM XMF makes it easy to combine different functionalities. In this way, you can model simple to complex configurations. Typical applications:

- Turret moored FPSO in changing weather conditions
- Offloading from a CALM buoy
- Lifting of a jacket structure with a crane vessel keeping position by using a Dynamic Positioning (DP) system
- Monopile installation with a motion compensated pile gripper
- LNG bunkering of a cruise vessel
- FLNG on a soft yoke in short crested wave conditions
- Operability assessment of a ship sailing in wind, wave and current
- IMO manoeuvres: turning circles, zig-zag, crash stops
- Harbour manoeuvring with and without tugs' assistance
- Navy assessment: turn on the spot, turn from rest, dynamic positioning, track and course keeping
- IMO intact stability: Parametric roll, weather criteria, loss of stability, broaching, extreme accelerations

### Documentation and user guidance

The modular design of aNySIM XMF is a key feature of the software. Since aNySIM XMF is an engineering tool, it focusses on providing an optimal workflow for engineers as opposed to a nice graphical user interface. This workflow is facilitated through extensive documentations and tutorial cases. Finally, a responsive team of expert users at MARIN allow new users to get their simulations up and running.



### Input

Input parameters (example):

- Geometry, inertia and stability
- A (multi-body) hyd-file resulting from diffraction flow calculations
- Wind, wave and current
- Method for station keeping

### Output

Time traces and basic statistics for different properties, for example:

- vessel motions, velocities and accelerations
- mooring loads
- fender forces

For more information contact MARIN:  
Email [anysimsupport@marin.nl](mailto:anysimsupport@marin.nl)

### Extensible Modelling Framework (XMF)

aNySIM XMF is part of MARIN's Extensible Modelling Framework (XMF). XMF is a C++ software toolkit on which all MARIN's fast-time and real-time simulation software is based.

The XMF system reads the model from the file, loads the related dynamic content libraries and starts executing a fast-time, or scaled wall-clock time simulation. The XMF core libraries focus on reusability, extensibility, I/O and Newtonian dynamics. The shared computational core of XMF makes it easy to switch between a fast-time engineering study and a real-time operational training on the bridge simulator.

### Computational approach

The mathematical model is based on a time-step solution of the system of coupled differential equations of motion. Vessel specific results from linear diffraction calculations, consisting of frequency dependent wave forces, added mass and damping are typically used to model the hydrodynamics. The impulse response method is then applied to determine the time domain response. Other elements such as rudders, propellers, mooring lines, fenders, thrusters, etc are modelled in time domain. Depending on the application, one of the available generic solvers is used to solve the equations of motions.

### User defined scripting

aNySIM XMF offers an interface through which external subroutines can be called. In this way, the user can extend the functionality of aNySIM XMF by developing additional modules in other programming languages, such as LUA or Python. This feature allows prototype development or coupling to other software.

### Verification, Validation and Benchmarking

Reliable physics modelling is the main objective of aNySIM XMF. Validation and verification are an essential part of the development. aNySIM XMF is developed by implementing the functionalities systematically making sure that every step is verified and benchmarked against analytic solutions. Furthermore, a unique benefits of aNySIM XMF is its validation against high quality model test, full scale trials and other simulation software. This feature is not easily found in other competing software.

### aNySIM<sup>pro</sup> and aNySIM User Group

A project-based version of aNySIM XMF (called aNySIM<sup>pro</sup>) is available. In this case, MARIN prepares the initial set-up of the project-based aNySIM<sup>pro</sup>. Further information about the possibilities can be found in the aNySIM<sup>pro</sup> leaflet.

Often, after a project-based aNySIM<sup>pro</sup>, the user decides to become a member of the aNySIM User Group. Members of the User Group express the intention to be long-term users. During User Group Meetings, experience is exchanged and future developments are discussed. Members of the User Group have a voice in the course of the developments. Current members are Bluewater, GustoMSC, Heerema, Royal Haskoning DHV, Saipem and Shell.

MARIN  
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen  
The Netherlands

T +31 317 49 39 11  
E [info@marin.nl](mailto:info@marin.nl)

I [www.marin.nl](http://www.marin.nl)  
   