

Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

EFFECTEN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID VOOR WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (ZUID)

Veiligheidsstudie voor kavel III

Eindrapport

Rapport Nr. : 28955-3-MSCN-rev.2

Datum : 25 april 2017

Paraaf Management:



EFFECTEN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID VOOR WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (ZUID)

Veiligheidsstudie voor kavel III

Opdrachtgever : Pondera Consult
Welbergweg 49
7556 PE Hengelo

Revisienr.	Status	Datum	Auteur	Voor gezien
0	Concept	17 februari 2017	M.I. Hermans, W.H. van Iperen	Y. Koldenhof
1	Concept	15 maart 2017	M.I. Hermans, W.H. van Iperen	Y. Koldenhof
2	Eind (ongewijzigd)	25 april 2017	M.I. Hermans, W.H. van Iperen	Y. Koldenhof

INHOUDSOPGAVE	Pag.
OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN	5
1 INLEIDING	8
2 DOELSTELLING	8
3 WERKWIJZE	9
3.1 SAMSON.....	9
3.2 Effect van het windpark.....	11
3.3 Modelinvoer en uitgangspunten.....	12
3.3.1 Verkeer	12
3.3.1.1 Routegebonden verkeer.....	12
3.3.1.2 Niet-routegebonden verkeer	13
3.3.2 Gebruikte modellen	14
3.4 Gevolgschade	15
3.4.1 Schade aan windturbine en schip	15
3.4.2 Milieuschade.....	17
3.4.3 Bepalen van persoonlijk letsel.....	18
3.5 Effecten voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur.....	19
3.6 Cumulatieve effect	20
3.7 Kruisende scheepvaart	20
4 VERKEERSANALYSE EN MODELLERING.....	33
4.1 AIS analyse verkeersstromen	33
4.2 Routegebonden verkeersdatabase.....	38
5 RESULTATEN SAMSON BEREKENINGEN	42
5.1 Configuraties	42
5.2 Aanvaar-/ aandrijffrequenties windparken	42
5.3 Gevolgschade	45
5.3.1 Schade aan het schip	45
5.3.2 Schade aan de windturbines	46
5.3.3 Milieuschade.....	46
5.3.4 Persoonlijk letstel.....	48
5.4 Effecten en overige risico's voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur	49
5.4.1 Aantal aanwezige schepen	49
5.4.2 Veiligheid	49
5.4.3 Economisch effect	49
5.4.4 Emissies	49
5.4.5 Lokale effecten wijziging routestructuur	51
5.5 Het effect van het werkverkeer op het risico.....	53
5.6 Kwalitatieve beschouwing aanwezigheid individueel kavel	53
5.7 Radardekking van de Nederlandse havens.....	54
5.8 Kruisende scheepvaart	54
5.8.1 Kruisend verkeer bij de zuidelijke hoek westwaarts	55
5.8.2 Kruisend verkeer bij de zuidelijke hoek zuidwestwaarts	60
6 MAATREGELEN	64
6.1 Gebruik van AIS.....	64
6.2 Inzet van een ETV (Emergency Towing Vessel)	65

7	CONCLUSIES	66
	REFERENTIES	68
	APPENDIX A1:.....	1
	Resultaten kavel III variant 6 MW	1
	APPENDIX A2:.....	6
	Resultaten kavel III variant 10 MW	6

OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN

Tabellen:

Tabel 3-1	Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip.....	16
Tabel 4-1	Overzicht van alle verkeersscenario's.....	40
Tabel 5-1	Configuratiegegevens varianten windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) kavel III	42
Tabel 5-2	Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor kavel III per variant	43
Tabel 5-3	Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen gemiddeld per turbine voor kavel III per variant	44
Tabel 5-4	Aandeel in de totale aanvarings- of aandrijvingsfrequentie per variant, per scheepstype en soort schade.....	45
Tabel 5-5	Aandeel in de totale aanvarings- of aandrijvingsfrequentie per variant en type schade aan de turbine	46
Tabel 5-6	Uitstroombrequentie en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie	47
Tabel 5-7	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine	48
Tabel 5-8	Scoretabel voor de effecten van de aanwezigheid van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) op de scheepvaart binnen de EEZ	50
Tabel 5-9	Scoretabel voor de effecten van de aanwezigheid windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) op de scheepvaart binnen een lokaal gebied (zie Figuur 5-1).....	52
Tabel A1-1	Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel III variant 6 MW voor verkeer >24m	1
Tabel A1-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel III variant 6 MW.....	3
Tabel A1-3	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen	3
Tabel A1-4	Schade aan het totale windpark in kavel III variant 6 MW	3
Tabel A1-5	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines van kavel III variant 6 MW .	4
Tabel A1-6	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	4
Tabel A1-7	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	5
Tabel A1-8	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.....	5
Tabel A1-9	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine	5
Tabel A1-10	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt	5
Tabel A2-1	Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel III variant 10 MW voor verkeer >24m	6
Tabel A2-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel III variant 10 MW.....	7
Tabel A2-3	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen	8
Tabel A2-4	Schade aan het totale windpark kavel III variant 10 MW	8
Tabel A2-5	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor kavel III variant 10 MW	9
Tabel A2-6	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	9

Tabel A2-7	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	9
Tabel A2-8	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.....	9
Tabel A2-9	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	10
Tabel A2-10	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt	10
Figuren:		
Figuur 3-1	Systeemdiagram SAMSON	10
Figuur 3-2	Figuren van de verschillende bezwijkvormen.	15
Figuur 3-3	Windpark gezien vanaf het eigen schip.....	21
Figuur 3-4	Windpark gezien vanaf het schip met een klein schip in het buitenbeeld	21
Figuur 3-5	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (I) ...	24
Figuur 3-6	Opstelling windturbines in dichte opstelling versprongen (II)	25
Figuur 3-7	Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III)	25
Figuur 3-8	Opstelling vierkant als I maar dan 45° gedraaid (IV).....	26
Figuur 3-9	Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m.....	27
Figuur 3-10	Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk	28
Figuur 3-11	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 500 m.....	29
Figuur 3-12	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 1000 m.....	29
Figuur 3-13	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, afstand tussen turbines 580 m en vaarafstand 500 m	30
Figuur 3-14	Schaduw > 10 m, > 20 m en > 30 m lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse	31
Figuur 3-15	Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse	32
Figuur 4-1	Dichtheidskaart van routegebonden verkeer in de omgeving van het windenergiegebied.....	34
Figuur 4-2	Scheepstracks van routegebonden verkeer op de hoofdverkeersstromen door het windenergiegebied van december 2014 tot en met november 2015.....	35
Figuur 4-3	Scheepstracks van routegebonden verkeer varende ten oosten langs het windenergiegebied van december 2014 tot en met november 2015.....	36
Figuur 4-4	Scheepstracks van routegebonden verkeer buiten de hoofdstromen door het windenergiegebied van december 2014 tot en met november 2015.....	37
Figuur 4-5	Verkeersroutering voor de basis situatie zonder windparken	39
Figuur 4-6	Verkeersroutering voor de cumulatieve situatie waarin in alle kavels windturbines aanwezig zijn.....	41
Figuur 5-1	Het beschouwde gebied voor de lokale analyse.....	51
Figuur 5-2	Ontmoeting met een zuidoostwaarts langsvarend schip bij de zuidelijke hoek van kavel III, gezien vanuit een westwaarts varende schip vanuit ankergebied Scheveningen voor de 6 MW variant met jackets.....	56
Figuur 5-3	Ontmoeting met een zuidoostwaarts langsvarend schip bij de zuidelijke hoek van kavel III, gezien vanuit een westwaarts varende schip vanuit ankergebied Scheveningen voor de 10 MW variant met monopiles.....	56
Figuur 5-4	Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting bij de zuidelijke hoek gezien vanuit het westwaarts varende schip voor beide varianten	57

Figuur 5-5	Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting bij de zuidelijke hoek gezien vanuit het westwaarts varende schip voor beide varianten	58
Figuur 5-6	Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting bij de zuidelijke hoek gezien vanuit het westwaarts varende schip voor beide varianten voor het geval 700m afstand wordt gehouden	59
Figuur 5-7	Ontmoeting met een oostwaarts richting Scheveningen varend schip bij de zuidelijke hoek van kavel III, gezien vanuit een zuidwestwaarts langs het park varende schip voor de 6 MW variant met jackets	60
Figuur 5-8	Ontmoeting met een oostwaarts richting Scheveningen varend schip bij de zuidelijke hoek van kavel III, gezien vanuit een zuidwestwaarts langs het park varende schip voor de 10 MW variant met monopiles.....	61
Figuur 5-9	Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting bij de zuidelijke hoek gezien vanuit het zuidwestwaarts langs het windpark varende schip voor beide varianten	62
Figuur 5-10	Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting bij de zuidelijke hoek gezien vanuit het zuidwestwaarts langs het windpark varende schip voor beide varianten.....	63
Figuur A1-1	Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines voor kavel III variant 6 MW voor verkeer >24m	1
Figuur A1-2	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer >24m).....	4
Figuur A2-1	Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel III variant 10 MW voor verkeer >24m	6
Figuur A2-2	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer >24m).....	8

1 INLEIDING

De aanwezigheid van een offshore windpark heeft consequenties voor het scheepvaartverkeer in de buurt van een windpark. Een windpark heeft een direct effect op de verkeersveiligheid door het aanvaar- of aandrijf risico van de turbines door de schepen. Sommige schepen zullen daarnaast alternatieve routes kiezen of omvaren, resulterend in veranderingen in transportkosten en emissies. De veranderingen van de verkeersstromen rond het windpark kunnen bovendien resulteren in toename van het aanvaringsrisico van schepen onderling (indirect effect).

Dit rapport beschrijft de veiligheidsstudie voor kavel III van het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) die MARIN in opdracht van Pondera Consult heeft uitgevoerd. De resultaten van deze studie zullen worden verwerkt in de milieueffectrapportage (m.e.r.) die door Pondera wordt opgesteld.

De opbouw van dit rapport is als volgt:

Hoofdstuk 2 bevat de doelstelling van deze studie. In Hoofdstuk 3 is geschetst hoe de veiligheidsstudie is opgezet, welke informatie nodig is en waar deze informatie vandaan komt. Wanneer men hiermee bekend is, kan het tweede deel van het hoofdstuk worden overgeslagen. Het cumulatieve effect door andere aanwezige windparken is in deze studie opgenomen als basissituatie, en niet als extra beschouwing. De nieuwe routestructuur houdt namelijk al rekening met mogelijke toekomstige parken.

Hoofdstuk 4 beschrijft een analyse van het verkeer door en in de directe omgeving van het windenergiegebied, en laat de verkeersmodellering zien.

De resultaten van de veiligheidsstudie voor kavel III van het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) worden gegeven in Hoofdstuk 5. In Hoofdstuk 6 wordt ingegaan op eventuele maatregelen die het risico voor de scheepvaart kunnen verkleinen. Hoofdstuk 7 bevat de conclusies van de studie.

2 DOELSTELLING

Het doel van de studie is om voor twee inrichtingsvarianten van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) de risico's voor de scheepvaart te bepalen. Dit wordt gedaan door de aanvaar- en aandrijfkansen van de windturbines te bepalen, net als de verwachte frequenties en volumes van de olie-uitstroom. Ook wordt er gekeken naar de verandering in de veiligheid als gevolg van een wijziging in de routes die schepen nemen.

3 WERKWIJZE

In dit hoofdstuk wordt de generieke werkwijze bij veiligheidsstudies voor windparken beschreven. Deze beschrijving is op veel punten identiek aan de beschrijving uit voorgaande windparkstudies, maar wijkt ook op een aantal onderdelen af. In 3.3 worden tevens de modelinvoer en uitgangspunten beschreven zoals deze gebruikt worden in deze studie.

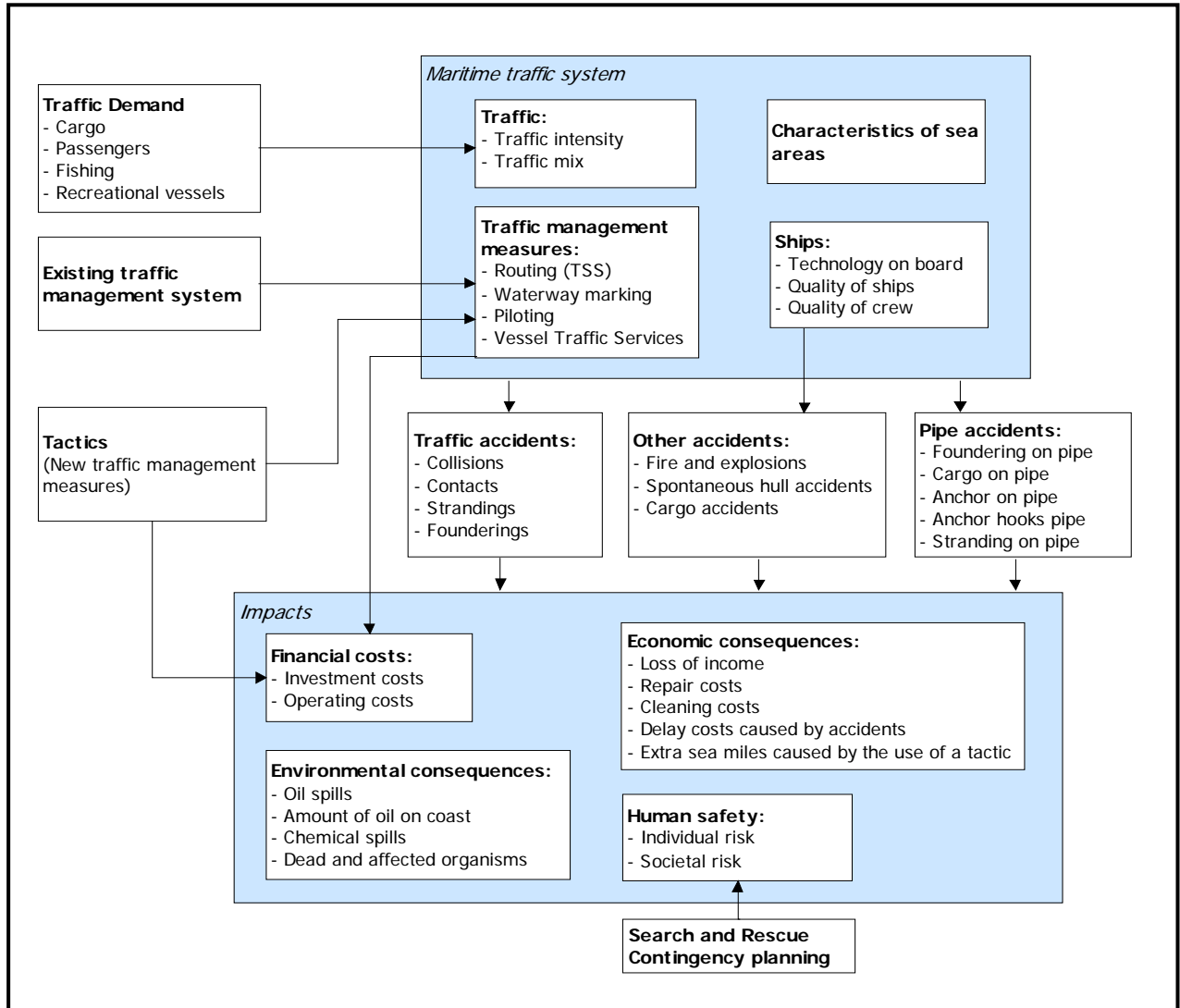
3.1 SAMSON

Het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea) is ontwikkeld voor het voorspellen van effecten van ruimtelijke ontwikkelingen in de Noordzee, van ontwikkelingen in de scheepvaart zelf en van maatregelen ten aanzien van de scheepvaart. De effecten die met het model bepaald kunnen worden bestaan uit:

- Aantal ongevallen per jaar, onderverdeeld naar aard van de ongevallen en betrokken schepen en objecten.
- Omgevaren afstand en gerelateerde kosten
- Emissie van milieugevaarlijke stoffen
- Consequenties van ongevallen, zoals het uitstromen van lading- of bunkerolie of persoonlijk letsel.

Het model is ontwikkeld voor Directoraat-Generaal Goederenvervoer (nu Directoraat-Generaal Bereikbaarheid) en wordt gebruikt om de kansen en consequenties van alle type ongevallen op zee te schatten. Een algemene beschrijving van het model kan worden gevonden in [1]. In de executive summary van POLSSS, Policy for Sea Shipping Safety [2], wordt beschreven op welke wijze SAMSON gebruikt is om de kosten en gevolgen van een groot aantal beleidsmaatregelen te voorspellen.

In Figuur 3-1 wordt het systeemdiagram weergegeven van het SAMSON-model, vrijwel alle blokken in dit diagram zijn beschikbaar binnen het model. Het grote blok "Maritime traffic system" (rechtsboven) bevat vier sub-blokken. Deze vier sub-blokken beschrijven het verkeersbeeld; het aantal scheepsbewegingen, de scheepskenmerken (lengte etc.) en de lay-out van het zeegebied. De ongevalskansmodellen voor een aanvaring, stranding, brand/explosie etc. worden gebruikt om de ongevalsfrequentie te voorspellen gebaseerd op het verkeersbeeld. Het grote blok "Impacts" bevat de sub-blokken waarmee de consequenties bepaald worden van de ongevallen.



Figuur 3-1 Systemdiagram SAMSON

3.2 Effect van het windpark

De aanleg van een windpark heeft gevolgen voor de scheepvaart. Een schip dat nu een route volgt door een toekomstig windpark, zal in de toekomst zijn route moeten verleggen en het windpark op minimaal 500 meter afstand passeren. Dit betekent dat dit schip **hinder** ondervindt van het windpark. Er zijn echter meer gevolgen. Doordat het schip een andere route neemt krijgen de scheepvaartroutes buiten het windpark een hogere (misschien fractioneel) intensiteit. Als gevolg van de hogere intensiteiten op deze routes is het de verwachting dat het aantal ontmoetingen en dus ook het aantal ongevallen toeneemt.

Er treden echter ook nieuwe typen ongevallen op, namelijk **aanvaringen** en **aandrijvingen** met een windturbine van het windpark. In SAMSON worden dit soort ongevallen aangeduid met respectievelijk **rammings** en **drifting contacts**;

- Een **ramming** (aanvaring) is het gevolg van een navigatiefout, wanneer de navigator van een schip, dat op ramkoers ligt met een windturbine van het windpark, niet of te laat reageert. Een navigatiefout kan verschillende oorzaken hebben, zoals; onwetendheid, het niet zien van het windpark, het niet aanwezig zijn op de brug, onwel worden en niet kunnen reageren etc. De snelheid bij de aanvaring is hoog.
- Een **drifting** (aandrijving) treedt op wanneer een schip door een machinestoring niet meer manoeuvreerbaar is. In eerste instantie zal men proberen voor anker te gaan, maar indien dit niet mogelijk is, is het schip overgeleverd aan wind, golven en stroom. Een driftend schip kan vervolgens tegen een windturbine van het windpark komen zonder dat men dit aan boord kan voorkomen. De aanvaring is dwarsscheeps en de snelheid gering.

Deze ongevallen komen voort uit het scheepvaartverkeer rondom het windpark en **behoeven niet noodzakelijkerwijs** tot de groep schepen beperkt te blijven die door het gebied van het windpark voeren toen dat er nog niet was.

Om de effecten van het windpark op de scheepvaart te kunnen berekenen moet de nieuwe afwikkeling van het scheepvaartverkeer voor de situatie met het windpark in SAMSON gemodelleerd worden. De scheepvaart moet het windpark op minimaal 500 m passeren. De mate waarin de verkeersafwikkeling wordt beïnvloed, hangt af van de grootte en ligging van het windpark. Voor de locatie van het windpark wordt daarom een nieuwe verkeersdatabase aangemaakt, waarin het veranderde vaarpatroon wordt opgenomen. Vervolgens kunnen de ongevalsmodellen van SAMSON toegepast worden voor het doorrekenen van de effecten van het windpark voor de scheepvaart. Op basis van de nieuwe verkeersdatabase wordt een complete **risicoanalyse** uitgevoerd. Dit houdt in dat het *veranderde* risico voor de scheepvaart wordt bepaald ten gevolge van de veranderingen in de verkeersafwikkeling rond het windpark. Daarboven wordt het door het windpark geïntroduceerde nieuwe risico, namelijk de kans op een aanvaring of aandrijving van het windpark bepaald.

3.3 Modelinvoer en uitgangspunten

De volgende uitgangspunten, zijnde aannames, modelinput en parameters worden voor de berekeningen gehanteerd.

3.3.1 Verkeer

Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van een verkeersdatabase. Een verkeersdatabase bevat links, linkintensiteiten en linkkarakteristieken. Een link is de rechte verbinding tussen twee punten. De linkintensiteit beschrijft het aantal schepen dat per jaar over die link vaart, onderverdeeld naar scheepstype en scheepsgrootte. De linkkarakteristiek beschrijft hoe breed de link is en de laterale verdeling hoe het verkeer over die link verdeeld is. Het verkeer op zee wordt onderverdeeld in twee groepen, namelijk het "routegebonden" en het "niet-routegebonden" verkeer. Het routegebonden verkeer bevat de scheepsbewegingen van de koopvaardijsschepen, die op weg zijn van haven A naar haven B. Het niet-routegebonden verkeer bevat de scheepsbewegingen van de schepen die een missie ergens op zee hebben, zoals visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart. In SAMSON zijn deze scheepsgroepen op een verschillende manier gemodelleerd.

3.3.1.1 Routegebonden verkeer

Het *routegebonden* verkeer is gemodelleerd op scheepvaartroutes over de Noordzee. Vanwege de ligging van de havens en de verkeersscheidingsstelsels beweegt het grootste deel van deze schepen zich over een netwerk van links (met een bepaalde breedte), vergelijkbaar met het wegennetwerk op het land. In de praktijk kunnen er schepen buiten deze links varen aangezien men overal mag varen, zolang men de regels in acht neemt. Dit aandeel is echter zeer klein aangezien de links met elkaar alle kortste en veiligste verbindingen tussen havens omvatten; er wordt rekening gehouden met ondieptes, diepgang van schepen en andere obstakels.

De linkstructuur gaat uit van de nieuwe routestructuur op de Noordzee, zoals deze vanaf 1 augustus 2013 geldt. In deze routestructuur is al rekening gehouden met de mogelijke ontwikkeling van windparken in windenergiegebied Hollandse Kust (zuid).

De intensiteiten (aantal schepen dat per jaar passeert) op de scheepvaartroutes zijn bepaald door alle scheepsreizen van een jaar die geheel of gedeeltelijk over de Noordzee hebben plaatsgevonden, toe te wijzen aan deze links. Al deze scheepsreizen worden door Lloyd's List Intelligence (voorheen Lloyd's Marine Intelligence Unit) verzameld. De laatste keer dat deze informatie ten behoeve van SAMSON is gekocht en verwerkt, betrof alle scheepsreizen van het jaar 2012. Bij het toewijzen van het verkeer worden de aantallen schepen varende van vertrekpunt A naar bestemming B uit 2012 gerouteerd over de huidige routestructuur. Het aantal scheepsreizen per scheepstype tussen verschillende vertrekpunten en bestemmingen is sinds 2012 niet wezenlijk veranderd. Deze scheepsreizen zijn derhalve een goed uitgangspunt.

Op basis van deze verkeersintensiteiten van 2012 is een voorspelling gemaakt voor de intensiteiten in 2020 aan de hand van de groei in het zeegebied tussen Antwerpen en Hamburg in de periode 2000 tot 2012. De gemiddelde groei in het Antwerpen-Hamburg zeegebied in deze periode laat een daling zien van 0,4% in het aantal scheepsbewegingen en een groei van 3,6% in de scheepsgrootte, maar toont aanzienlijke verschillen voor de verschillende scheepstypes en scheepsgroottes. Met deze verschillen wordt rekening gehouden in de verkeersdatabase voor 2020. De afname in het aantal scheepsbewegingen heeft met name in de laatste jaren plaatsgevonden als gevolg van de crisis, in de studie "Risico voor de scheepvaart bij aanwijzing windgebied Hollandse Kust" [3] werd namelijk nog een groei in de scheepsbewegingen gezien van 0,5% per jaar. Toen werden de aantallen uit 2000

vergeleken met die van 2008. Verwacht wordt dat in ieder geval tot 2014 het aantal scheepsbewegingen nog afneemt als gevolg van de crisis en schaalvergroting in de scheepvaart, zoals ook blijkt uit de resultaten van de studie "Netwerkevaluatie Noordzee na invoering nieuwe stelsel" [4], maar dat het aantal scheepsbewegingen in de komende jaren weer toe zal nemen.

In deze studie wordt daarom opnieuw uitgegaan van een groei van 0,5% per jaar ten opzichte van het niveau in 2012. Dit niveau is lager dan het aantal scheepsbewegingen in 2008, de uiteindelijke intensiteiten in 2020 zullen daarmee lager uitkomen dan eerder werd verwacht [3]. Daarnaast is de verwachting dat de intensiteiten van de verkeersdatabase voor 2020 pas enkele jaren later worden bereikt vanwege de huidige crisis.

Voor de verschillende kavels in het gehele windenergiegebied wordt één aangepaste verkeersdatabase gegenereerd, waarbij ervoor wordt gezorgd dat het *routegebonden* verkeer niet door de kavels van het windenergiegebied vaart. Deze keuze wordt in Hoofdstuk 4 verder onderbouwd aan de hand van een verkeersanalyse met AIS. Ook de ruimte tussen de kavels wordt afgesloten voor verkeer¹, aangezien er tussen de kavels te weinig ruimte over blijft voor scheepvaartverkeer, en het waarschijnlijk is dat bij een toekomstig kavelbesluit meerdere kavels mogen worden gerealiseerd en niet slechts een enkele kavel. De aanvaar- en aandrijfkansen voor de turbines worden alleen bepaald voor de aangepaste verkeersdatabase, de database waarbij de kavels vrijgemaakt zijn van verkeer.

3.3.1.2 Niet-routegebonden verkeer

Het *niet-routegebonden* verkeer (visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart) kan niet op de voorgaande wijze worden gemodelleerd. Het gedrag van dit verkeer op zee is duidelijk anders. Men vaart niet van haven A naar haven B langs duidelijke routes, maar van haven A naar een of meerdere bestemmingen op zee en vervolgens meestal weer terug naar de vertrekhaven A. Het gedrag op zee is meestal onvoorspelbaar. Vissers varen bovendien nog vaak heen en weer in een visgebied. Dit is de reden waarom dit verkeer door middel van dichtheden in SAMSON is gemodelleerd. De gemiddelde dichtheid in 8 bij 8 km gridcellen is gebaseerd op de aantallen voortgekomen uit verschillende bronnen. Een daarvan is het VerkeersOnderzoek NOordzee Visuele Identificatie (VONOVI). VONOVI is gebruikt voor de validatie van de scheepvaartroutes van het *routegebonden* verkeer en voor het bepalen van de benodigde dichtheden van het *niet-routegebonden* verkeer.

Tijdens een VONOVI-vlucht werd een aantal raaien afgevlogen. Zodra men een schip dat binnen een raai voer zag, werd de positie en de scheepsnaam genoteerd. Later werden andere scheepskenmerken toegevoegd en werden alle waarnemingen verwerkt.

Voor een groot gedeelte van de niet-routegebonden scheepvaart kan inmiddels op basis van AIS een betere verdeling bepaald worden, aangezien steeds meer niet-routegebonden schepen al dan niet verplicht zijn uitgerust met een AIS-transponder. Dit geldt echter nog niet voor alle schepen (bijvoorbeeld recreatie en sportvissers).

Voor de berekeningen van het niet-routegebonden verkeer wordt gebruik gemaakt van de verkeersdichtheid voor de visserij, supply-, werk- en recreatievaart gebaseerd op verschillende bronnen (zie [9] voor een uitgebreidere beschrijving):

¹ Behalve de oost-west corridor door het windenergiegebied tussen kavels I en II. Deze wordt beschreven in Hoofdstuk 4.

- Recreatievaart: VONNOVI-vluchten van 1999-2001. Voor deze groep schepen is geen recente en volledige alternatieve databron beschikbaar. De AIS-data geeft een veel lager gemiddeld aantal aanwezige recreatieschepen dan de VONNOVI-data. Daarnaast is gebleken uit vergelijking dat de verdeling van deze schepen over de Noordzee nagenoeg gelijk blijft (zie [9]).
- Visserij: AIS-data van 2014. Aangezien het niet bekend is hoe de visserij zich verder ontwikkelt, is er geen verdere afname of toename van de visserij gemodelleerd voor de situatie in 2020. Het overgrote deel van de niet-routegebonden scheepvaart bestaat uit vissers.
- Werk- en supplyvaart: AIS-data van 2014. Deze data bevatten veel meer werk- en supplyschepen dan de VONNOVI-data vanwege een toename in dit verkeer. De verdeling van deze schepen over het NCP (inclusief Waddenzee) en BCP is nu actueler dan in voorgaande studies.

3.3.2 Gebruikte modellen

Het totale SAMSON-model bestaat uit verschillende submodellen voor de verschillende ongevallen. Om het effect van beide windparken voor de scheepvaart te kwantificeren op de locatie van de windparken wordt het aantal aanvaringen en aandrijvingen per jaar bepaald. Hiervoor worden de volgende modellen gebruikt:

- Contact met een vast object (windturbine)
 - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)

Om het effect van de windparken voor de scheepvaart buiten de windparklocaties te kwantificeren, wordt het risiconiveau met en zonder de windparken vergeleken. Deze effecten zijn het gevolg van een verandering in de routestructuur; het verkeer dat eerst door het windenergiegebied voer, wordt nu buitenom geleid. Om het "algemene" risiconiveau vast te stellen worden de volgende modellen gebruikt:

- Schip-schip aanvaringen
- Stranden
 - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)

De effecten op de aanvaar- en aandrijfkansen voor platformen en pieren als gevolg van een verandering in de verkeersafwikkeling worden in deze studie niet berekend. De platformen en pieren op de Noordzee liggen namelijk zo ver van het windenergiegebied en de gewijzigde verkeersstromen af waardoor deze kansen niet veranderen.

3.4 Gevolgschade

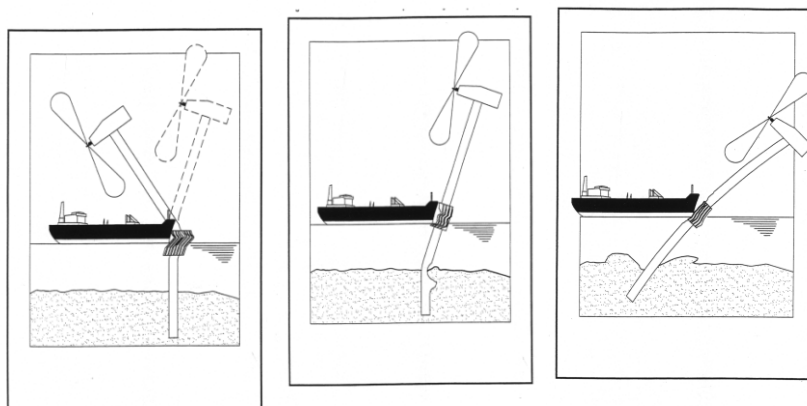
Als gevolg van een aandrijving of een aanvaring van een windturbine kan schade ontstaan, zogenaamde gevolgschade. Deze schade bestaat uit schade aan de windturbine, schade aan het schip, milieuschade als gevolg van een uitstroom van olie bij schade aan een schip en persoonlijk letsel als gevolg van de aanvaring/aandrijving.

Van de schepen welke in aanvaring of aandrijving met het windpark komen is de verdeling bekend over de vaarsnelheden, vaarrichting, scheepstype en scheepsgroottes. Deze gegevens zijn voldoende om de maximale energie aanwezig in de botsing te bepalen. Deze energiemaat wordt gebruikt om deels op basis van ervaring en deels op basis van complexe berekeningen de schade aan het schip te bepalen die in aanvaring met een ander schip of een object komt. Uitgangspunt is dat de volledige energie gedissipeerd wordt in de botsing. De aanwezige energie in varende of driftende schepen is voor deze studie ook bepaald en wordt gepresenteerd per scheepstype met de daarbij behorende kansen van optreden.

3.4.1 Schade aan windturbine en schip

Voor de meeste scheepstypen is geen sprake van volledige dissipatie van de energie na een botsing vanwege de beperkte energieopname van het aangevaren object. Het bezwijkgedrag van de windturbines is onderzocht [5]. Hieruit bleek dat voor bijna alle scheepstypen de windturbine statisch gezien bezwijkt en daarbij slechts een fractie van de energie dissipeert. Voor de verdere analyse van de gevolgschade worden de volgende twee bezwijkvormen onderscheiden:

- **Knikken;** de windturbine bezwijkt door te knikken op het punt van de impact, gevolgd door plastische vervorming, waarbij de mast vast blijft zitten. Tenslotte, valt de turbine naar het schip toe of juist van het schip af. In het geval dat de turbine richting het schip valt kan de rotor met de gondel op het dek terechtkomen.
- **Scharnieren;** de windturbine bezwijkt door het ontstaan van een plastisch scharnier bij de "bevestiging" op de bodem van de zee. De windturbine kan als gevolg van het ontstaan van dit scharnier afbreken of wordt in zijn geheel (inclusief bodem) omver geduwd. Het feitelijke scharnierpunt wordt dan verdeeld over de lengte in de bodem en is geen punt meer maar een deel van de mastfundering in de bodem die plastisch buigt en deels meegeeft.



Figuur 3-2 *Figuren van de verschillende bezwijkvormen.*

Welke van deze beide bezwijkvormen optreedt, is alleen op basis van een dynamische berekening vast te stellen. Experts hebben op basis van hun onderzoek de frequentie van voorkomen geschat voor de verschillende bezwijkvormen. Daar waar de effecten nog niet zijn in te schatten heeft men voor een conservatief standpunt gekozen. Zo kan de mast met gondel van het schip af of op het schip vallen. Wat in werkelijkheid gebeurt, hangt van veel constructiewaarden en omgevingsfactoren af. Voor de nu uitgevoerde berekeningen wordt aangenomen dat de mast met gondel altijd op het schip valt in geval van knikken.

In Tabel 3-1 wordt een overzicht gegeven van verschillende bezwijkvormen als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een windturbine per scheepsgrootte. Ook wordt in de tabel aangegeven wat de verwachte schade aan het schip zal zijn. Dit is de gevolgschadetabel die ook in [5] is gebruikt. Het bovenste deel van Tabel 3-1 geldt wanneer de turbine knikt. Kleine schepen hebben niet genoeg massa om de turbine te doen knikken. Pas vanaf een scheepsgrootte van 1000 GT kan dit optreden (kans 5-10%) en bij schampen treedt dit pas op bij 1600 GT. Bij aandrijven is de energie onvoldoende om de turbine te doen knikken.

Bij de frontale en de frontale/laterale (schampen) aanvaringen zal wel ernstige schade ontstaan aan de boeg van het schip, maar geen ernstige schade ("Geen" in Tabel 3-1) optreden in het ladinggedeelte van het schip. De constructie van het schip voor het aanvaringsschot (voorpiekschot) is zeer stijf waardoor de schade beperkt zal blijven tot het deel van het schip voor het aanvaringsschot waar lek raken geen uitstroom tot gevolg heeft omdat er geen lading of brandstof in dit deel van het schip aanwezig is. Bij het schampen zal het zeer stijve en uitwaaiierende voordek van het schip de energie zonder veel schade opvangen. Wel kan er schade ontstaan aan het dek, in het geval de mast en/of gondel op het dek valt.

Tabel 3-1 *Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip.*

Bezwijkvormen	Scheepsgrootte (GT)	Aanvaring (rammen)						Aandrijving (driften)					
		Frontaal (10%)			Schampen (90%)			Lateraal middenships (100%)			Lateraal excentrisch (0%)		
		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging	
Turbine	Schip		Turbine	Schip		Turbine	Schip		Turbine	Schip			
Knikken	<500	0%	Nee	Geen	0%	Nee	Geen						
	500-1000	0%	Ja	Geen	0%	Nee	Geen						
	1000-1600	5%	Gos Mos ¹	Dek	0%	Ja	Geen						
	1600-10000	10%	Gos Mos	Dek	5%	Gos Mos	Dek						
	10000-30000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	30000-60000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	60000-100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	>100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						

¹ GosMos = Gondel Op Schip en Mast Op Schip na plastische vervorming

Bezwijkvormen	Scheepsgrootte (GT)	Aanvaring (rammen)						Aandrijving (driften)					
		Frontaal (10%)			Schampen (90%)			Lateraal middenships (100%)			Lateraal excentrisch (0%)		
		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging	
Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip			
Scharnieren	<500	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	500-1000	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	1000-1600	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Huid	100%	Nee	Geen
	1600-10000	90%	Ja	Geen	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Nee	Geen
	10000-30000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	30000-60000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	60000-100000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	>100000	90%	Ja	Geen	91%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen

3.4.2 Milieuschade

Voor het bepalen van de kans op een uitstroom van olie is gebruik gemaakt van de schadematrix in Tabel 3-1. De uitstroom van ladingolie en bunkerolie kan dus optreden nadat een schip groter dan 1000 GT tegen een windturbine aandrijft en er een gat in de scheepshuid wordt aangenomen. In de praktijk zal de windturbine echter niet vol (centraal) geraakt worden maar met de voor- of achterkant van het schip, waardoor een deel van de botsingsenergie wordt omgezet in een rotatie van het schip. In de tabel is dit aangegeven als 'lateraal excentrisch', en is te zien dat dit niet wordt beschouwd in de berekeningen (0%). De berekening van de olie-uitstroom is dus een 'worst-case' benadering. Wanneer de kans op een olie-uitstroom en de hoeveelheid uitstroom een belemmering zouden vormen voor het al dan niet bouwen van offshore windparken, dan verdient deze schadematrix verdere aandacht.

De volgende kanttekeningen kunnen bij deze modellering worden gemaakt:

- Het gebruik van een monopile zonder uitsteeksels zal minder vaak tot een gat in de scheepshuid leiden dan een jacket of een monopile met een platform met andere attributen.
- Bij het bepalen van de uitstroom van ladingolie is uitgegaan van enkelwandige olietankers. De praktijk, autonome ontwikkeling, is dat deze enkelwandige olietankers bijna uitgefaseerd zijn op de Noordzee en zijn vervangen door dubbelwandige tankers. De kans dat er een gat in een ladingtank zal ontstaan bij een aandrijving van een windturbine is bij een dubbelwandige tanker kleiner. Dit betoog gaat niet op voor de kans op een uitstroom van bunkerolie omdat de meeste andere schepen niet dubbelwandig zijn uitgevoerd en de brandstoftank dus meestal enkelwandig is uitgevoerd. Dit betekent dat vooral de kans en hoeveelheid uitstroom van ladingolie minder zal zijn dan met het huidige model wordt berekend. De frequentie voor de uitstroom van bunkerolie zal niet veel afnemen.

In studies voor Duitse en Deense windparken wordt door de Germanischer Lloyd AG aangenomen dat iedere aandrijving en aanvaring leidt tot een gat in de scheepshuid met daaruit mogelijk een uitstroom. Det Norkske Veritas veronderstelt alleen een mogelijke uitstroom na een aandrijving, maar laat niet iedere aandrijving tot een uitstroom leiden. Dit lijkt op de aanname zoals in de schadematrix Tabel 3-1 is verwerkt, waarin iedere aandrijving van een schip boven 1000 GT tot een gat leidt, maar of dit vervolgens ook tot een uitstroom leidt hangt af van waar het schip wordt geraakt, of het een lading of ballasttank betreft en of het schip geladen is.

Door de technische universiteit Hamburg-Harburg zijn ook berekeningen uitgevoerd waarbij is aangetoond dat er geen gat zal ontstaan in de ladingtank bij een dubbelwandig schip.

Gezien de ontbrekende praktijkgevallen blijft een conservatieve benadering van de olie-uitstroom gewenst. Wel mag geconcludeerd worden dat de uitstroom van ladingolie door de invoering van de dubbelwandige tankers bij aandrijvingen van windturbines beduidend minder kan zijn dan met de huidige worst-case NSW-schadematrix wordt berekend.

Behalve olie uit het schip kan er ook een zeer geringe hoeveelheid olie in het water van de windturbine zelf wanneer deze omvalt of bezwijkt. De verontreiniging bestaat uit 250 liter minerale olie (qua viscositeit en verdamping vergelijkbaar met de SAMSON-categorie ladingolie) en maximaal 100 liter dieselolie (qua viscositeit en verdamping vergelijkbaar met SAMSON-categorie bunkerolie).

3.4.3 Bepalen van persoonlijk letsel

Persoonlijk letsel is voor een aanvaring/aandrijving alleen te verwachten wanneer de gondel met mast op het schip valt ("Gosmos" in Tabel 3-1).

Voor de windturbines zijn de frequenties van de verschillende schadevormen bepaald, waaruit de mogelijk optredende schade in termen van persoonlijk letsel is bepaald. Hierbij is uitgegaan van een aantal worst-case benaderingen.

Uitgaande van het aantal aanvaringen/aandrijvingen zijn de volgende rekenlagen per scheepstype en -grootte gemaakt.

- Aantal aanvaringen/aandrijvingen wordt vermenigvuldigd met de bijbehorende kans op een bepaalde bezwijkvorm.
- Vermenigvuldiging met de kans voor die bezwijkvorm dat de gondel met mast op het schip valt ("Gosmos" in de Tabel 3-1). Aangezien niet bekend is wat de kans is dat de mast op het schip valt, dan wel van het schip af valt wordt hier met een factor 1 gerekend, dus met het worst-case scenario dat de mast altijd op het schip valt.
- Vermenigvuldiging met het beschadigingsgedeelte van het dek. Hierin zitten twee worst-case benaderingen, namelijk;
 - De mast valt geheel op het schip. Bij het schampen zal echter de mast vaak schuin over het dek kantelen en hierbij slechts geringe schade aanrichten.
 - Het oppervlak van de mast inclusief het volledige rotorblad wordt genomen, dus alsof de windturbine al draaiend intact op het dek valt.
- Vermenigvuldiging met de kans dat iemand zich bevindt op het beschadigde gedeelte. De kans dat een persoon zich ergens aan dek bevindt wordt op 10% geschat. In werkelijkheid is deze kans veel kleiner, aangezien vrijwel alleen bij vissersschepen bemanning aan dek te vinden is, maar deze groep zit vrijwel niet in de groep schepen die de mast doet knikken. Deze 10% bevat ook de mensen die indirect worden getroffen door het doorwerken van de dekschade tot de ruimtes daaronder waarin personen aanwezig zijn.
- Vermenigvuldiging met het aantal personen aan boord, immers de kans is voor ieder persoon afzonderlijk bepaald.

Het persoonlijk letsel doordat mensen vallen door de klap zelf is niet gemodelleerd, ook niet voor de kleine schepen die frontaal tegen de bescherming van de mast varen waarbij het schip (recreatievaartuig) volledig vernield wordt. Voor deze categorie schepen zijn de kansmodellen ook onbetrouwbaar. Bovendien zullen deze schepen vrijwel altijd schampen.

3.5 Effecten voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur

Het gebied van een windpark indien het eenmaal gebouwd is, vormt een “verboden” gebied voor alle scheepvaart groter dan 24m (met uitzondering van reparatie/onderhoudsvaartuigen). Het is dus goed mogelijk dat schepen een andere route moeten volgen dan voor de bouw van het windpark. Hierdoor verandert het verkeersbeeld rond het windpark met een mogelijke verandering in de scheepvaartveiligheid als gevolg. Het aantal afgelegde scheepsmijlen kan door de aanwezigheid van het windpark toenemen.

De verandering in de scheepvaartveiligheid, de toename van de afgelegde scheepsmijlen, de extra kosten en de CO₂-uitstoot worden berekend door de resultaten voor de verkeerssituatie met het windpark te vergelijken met de situatie zonder windpark, de zogenaamde autonome situatie.

In de POLSSS (POLicy for Sea Shipping Safety) studie [2] voor het Directoraat-Generaal Goederenvervoer (DGG) (nu directoraat-Generaal Bereikbaarheid) is gebruik gemaakt van een scorekaart voor het weergeven van effecten voor de scheepvaart van maatregelen. De aanwezigheid van een windpark heeft over het algemeen invloed op de verkeersafwikkeling en heeft daardoor effect op de veiligheid voor de scheepvaart. Vanuit de POLSSS-scorekaart is de windpark-scorekaart afgeleid door een aantal (voor een windpark) nauwelijks ter zake doende items te verwijderen.

Scorekaart

De resultaten voor de situatie met een windpark worden steeds vergeleken met de nulsituatie voor het windpark, zijnde de situatie zonder windpark.

Voor ieder item van de scorekaart wordt het totaal resultaat voor de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ) gegeven voor de situatie met het windpark. Van ieder item wordt ook het **effect van het windpark** bepaald, dus het resultaat van de situatie met het windpark minus de situatie zonder windpark. Om een idee te vormen van wat het *effect van het windpark* betekent, wordt de procentuele verandering van de situatie met het windpark ten opzichte van de autonome situatie gegeven.

De scorekaart bevat de volgende items.

Algemeen:

Per scheepstype wordt het gemiddelde aantal aanwezige schepen in de EEZ gegeven. Omdat de mogelijkheid bestaat dat schepen moeten “omvaren” door de aanwezigheid van het windpark, betekent dit dat het schip “langer” op zee is en dus het gemiddeld aantal aanwezige schepen toeneemt.

Veiligheid:

- Het aantal schepen (routegebonden en niet-routegebonden) dat per jaar betrokken is bij een aanvaring tussen schepen.
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een navigatiefout
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een motorstoring (driften)
- Het aantal schepen dat gemiddeld per jaar zinkt
- Het verwachte aantal incidenten per jaar dat er door externe omstandigheden een gat in de huid ontstaat, waardoor bijvoorbeeld olie in zee kan stromen
- Het totale aantal ongevallen per jaar

3.6 Cumulatieve effect

Naast de windparken beschreven in dit rapport wordt een aantal andere windparken gebouwd op de Noordzee. Het cumulatieve effect van deze windparken op de verkeersveiligheid wordt, in tegenstelling tot sommige eerdere veiligheidsstudies, niet apart inzichtelijk gemaakt, maar wordt als basissituatie beschouwd. De nieuwe routestructuur die vanaf 1 augustus 2013 van kracht is gegaan, houdt namelijk al rekening met deze windparken. Het cumulatieve effect dat deze toekomstige windparken kunnen hebben op de scheepvaartroutes, wordt dus al opgevangen door de nieuwe routestructuur. Tevens wordt er in de berekeningen voor kavel III gecumuleerd over de overige kavels in het windenergiegebied; de routestructuur voor kavel III verandert nauwelijks als de overige kavels niet bebouwd worden. De impact van deze verandering wordt kwalitatief beschouwd.

3.7 Kruisende scheepvaart

Schepen die elkaar naderen met kruisende koersen dienen tijdig vast te kunnen stellen of er gevaar voor aanvaring bestaat en dienen voldoende mogelijkheden c.q. ruimte te hebben om een mogelijke aanvaring te voorkomen. Daartoe dient men goed zicht op elkaar te hebben, zowel visueel als via de radar. Windturbineparken belemmeren dit zicht. Zowel visueel (windturbines blokkeren zicht op de navigatielichten van het schip) als op de radar (afscherming, valse echo's, windturbines geven o.a. dikke echo's op het scherm). Dit geldt zeer zeker waar zich vele windturbines tussen de beide schepen bevinden, en in mindere mate waar zich enkele windturbines tussen beide schepen bevinden. Echter, op het punt dat zich nog maar enkele windturbines tussen beide schepen bevinden, kunnen de schepen elkaar al dicht genaderd zijn. De "Bepalingen ter voorkoming van aanvaring op zee" [8] (artikel 8) eisen dat men tijdig en duidelijk actie onderneemt op basis van betrouwbare informatie.

In dit hoofdstuk wordt nagegaan in hoeverre het mogelijk is om tijdig actie te ondernemen op basis van betrouwbare informatie.

Om meer inzicht in de problematiek te verkrijgen is een willekeurig windpark¹ gebouwd (gemodelleerd) in het buitenbeeld van de full scale manoeuvreersimulator van het MARIN. In dit beeld zijn steeds twee kruisende schepen gemodelleerd. De navigator bestuurt het schip dat aan de westkant van het park van zuid naar noord vaart en een "collision avoidance manoeuvre" moet uitvoeren voor het andere schip, dat aan de noordkant van het park van oost naar west vaart (zie Figuur 3-5). De simulatorrun is zo samengesteld dat wanneer beide schepen niets zouden doen er een aanvaring zal plaatsvinden. Dit snijpunt van de kruisende koerslijnen wordt verder 'kruispunt' genoemd. De navigator heeft alle navigatiemiddelen (met uitzondering van AIS) ter beschikking. Het windpark en de verstoring van het windpark op achterliggende objecten, zijn gemodelleerd. De vraag is of de navigator in staat is om het andere kleine (om het probleem te vergroten) schip vroegtijdig te signaleren, de koers en snelheid van dit schip te bepalen en eventueel een manoeuvre in te zetten om de aanvaring te voorkomen.

Er is specifiek voor dit "worst-case" scenario gekozen omdat een schip in de ontmoetingssituatie, om een aanvaring te voorkomen, in eerste instantie naar stuurboord zal uitwijken. Hier doet zich dan een probleem voor omdat het windpark zich

¹ Het gaat hier om een willekeurig windpark en niet het specifieke windpark dat in deze studie wordt onderzocht.

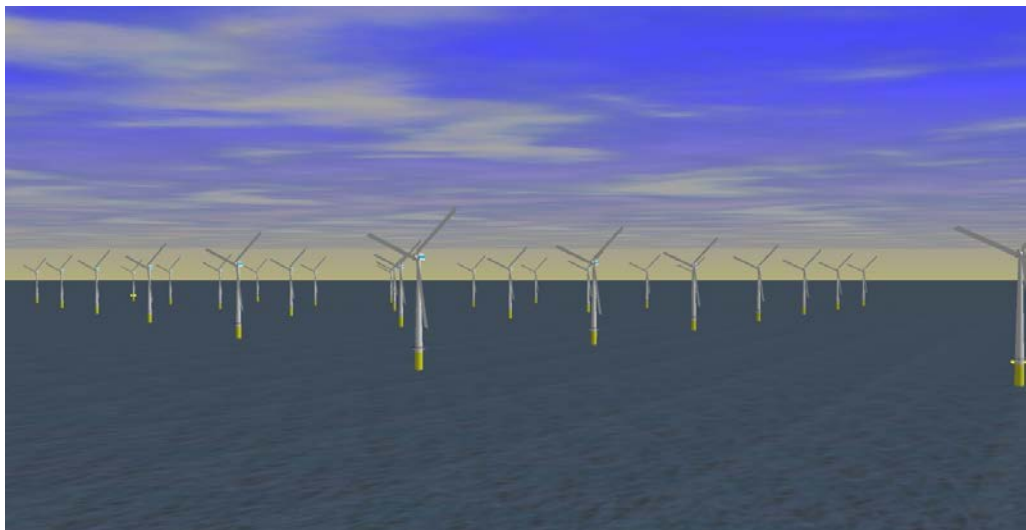
aan deze kant bevindt. Figuur 3-3 en Figuur 3-4 zijn twee opnames van wat men kan zien vanaf de brug van het eigen schip. Het eigen schip is het schip waarvoor in de simulator het buitenbeeld wordt geprojecteerd en dat bedienbaar is. In Figuur 3-3 is nog geen tweede schip te zien en in Figuur 3-4 is het tweede schip wel aanwezig (herkenbaar aan het rode stipje juist onder de horizon, links van de rij windturbines op 3/4 van de figuur). Het feit dat het tweede schip slecht te zien is, komt meer door de foto dan door de verstoring van de windturbines.

Voor dit scenario zijn de volgende parameters gevarieerd:

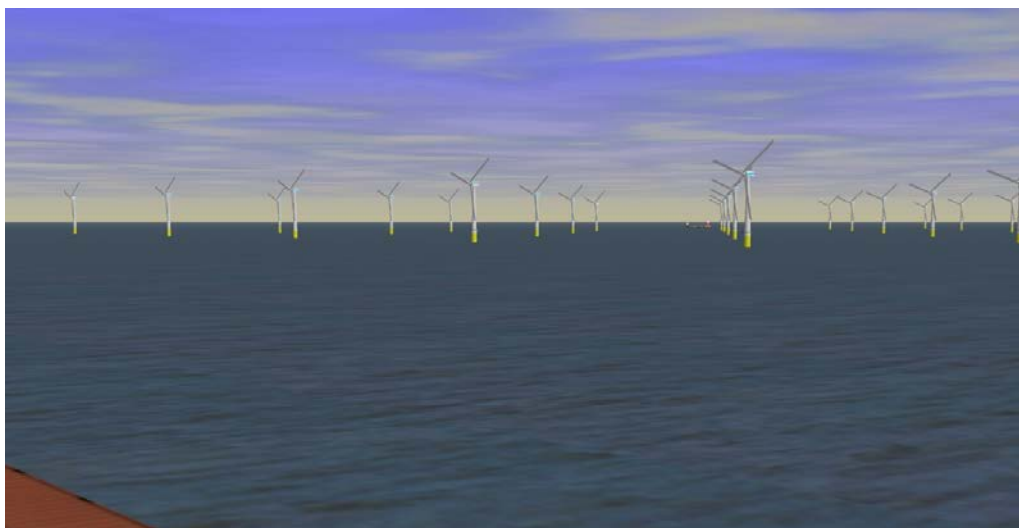
1. Dag en nacht;
2. Configuratie van het windpark;
3. Afstand tot het windpark.

Op de simulator zijn drie windparken gemodelleerd:

1. een windpark met de windturbines op de hoekpunten van vierkanten;
2. een windpark met een versprongen opstelling;
3. een windpark zoals in de eerste optie, maar dan met een scherpe punt van 45°.



Figuur 3-3 Windpark gezien vanaf het eigen schip



Figuur 3-4 Windpark gezien vanaf het schip met een klein schip in het buitenbeeld

De runs zijn uitgevoerd voor een passageafstand van 500 meter en 1000 meter voor beide schepen. In de vele runs die uitgevoerd zijn op de simulator, kon het schip steeds tijdig gesignaleerd worden, zowel visueel als op de radar. Dit geeft echter geen garantie voor de praktijk, aangezien het moeilijk is alle omstandigheden waaronder radarverstoring en valse echo's optreden, exact te simuleren. In de praktijk kunnen er bovendien meer schepen varen die de uitwijkmanoeuvre kunnen bemoeilijken. Op de simulator is bovendien bekend dat er een schip achter het windpark vaart, waardoor men beter oplet en eerder reageert dan in de praktijk. Verder dient wel opgemerkt te worden dat, hoewel de wettige passeerafstand (maximaal) 500 meter is, men in de praktijk op grotere afstand langs het windpark zal varen, juist om ervoor te zorgen dat men naar stuurboord kan uitwijken ("Preparedness" is een belangrijke eigenschap voor goed zeemansschap). Dit zal zeker worden gedaan door moeilijk manoeuvreerbare schepen. Bovendien komt de situatie zoals hier beschreven lang niet bij ieder windpark voor. Bij veel parken zorgt de normale scheepsafwikkeling, gegeven de herkomst en bestemming, vaak voor grotere afstanden tot het windpark dan de 500 en 1000 m die in de simulatorruns zijn gebruikt.

Op de aspecten voor het specifieke windpark van deze studie wordt in Hoofdstuk 0 ingegaan.

Met behulp van een simulatorstudie kunnen kwalitatieve uitspraken worden gedaan, maar is het onmogelijk om een bepaald risico te kwantificeren. In de simulatorstudie was de verstoring van het zicht en het radarbeeld niet zo groot dat dit direct tot onoverkomelijke problemen leidde, maar het is niet zeker of dit ook bij mist en neerslag het geval zou zijn.

Als vervolg op de simulatorstudie is gezocht naar een methode om de mate van zicht en radarverstoring op een andere manier te kwantificeren. Met andere woorden, een methode waarmee in ieder geval de grootteorde van het probleem kan worden gekwantificeerd, die gebruikt kan worden om verschillende windparken onderling op doorzichtbaarheid te vergelijken. De methode is opgezet voor zichtlijnen, maar het resultaat hiervan geldt tevens voor de radar. Met de radar kan zelfs iets achter het object worden gekeken, maar een radar heeft als nadeel dat er meer verstoringen optreden. De resultaten voor ieder windpark worden gegeven door een aantal kenmerken over schaduwstukken en zichtstukken in figuren weer te geven. In dit hoofdstuk worden vier generieke configuraties van het windpark beschouwd.

Het presenteren van het zicht, of eigenlijk de ondoorzichtbaarheid, is lastig. Wanneer men nog op grote afstand van het ontmoetingspunt zit, is men niet geïnteresseerd in de schepen die al vlakbij het kruispunt varen, omdat deze allang gepasseerd zijn op het tijdstip dat het eigen schip het kruispunt passeert. Evenzo is men vlakbij het kruispunt niet geïnteresseerd in schepen op grote afstand. Deze constatering is belangrijk bij het kwantificeren van de (on)doorzichtbaarheid. Dit betekent dat vooral doorzichtbaarheid is gewenst in het gebied dat zich op dezelfde afstand van het kruispunt bevindt. Natuurlijk is dit weer niet precies die afstand omdat de snelheden van beide schepen verschillen, maar over het algemeen kan worden gezegd dat dit het belangrijkste gebied is.

De berekeningen in dit generieke stuk zijn gemaakt voor vier opstellingen zoals weergegeven in Figuur 3-5, Figuur 3-6, Figuur 3-7 en Figuur 3-8, met een afstand van 450 m tussen de turbines. Het effect van de opstelling is nagegaan voor deze opstellingen waarbij de kruisende schepen op een afstand van 500 m van het windpark varen.

Niet de doorzichtbaarheid is weergegeven maar juist de ondoorzichtbaarheid is weergegeven, omdat dit beter aangeeft of een schip door het windpark heen gezien kan worden. De ondoorzichtbaarheid kan aangegeven worden in het aantal schaduwstukken van een zekere lengte. Een schip van 40 m kan altijd geheel of gedeeltelijk gezien worden wanneer de schaduwgrootte kleiner dan 40 m blijft en kan dus soms wegvallen bij grotere schaduwstukken. De schaduwstukken bewegen met het schip mee. Een schip zal daarom nooit constant in de schaduw blijven, maar het is duidelijk dat de kans om niet gezien te worden toeneemt met het aantal schaduwstukken, en groter wordt wanneer de schaduwstukken groter worden. Daarom is onderzocht hoe de frequentie van de schaduwstukken groter dan een bepaalde lengte verloopt. Voor de vier opstellingen zijn de schaduwstukken berekend, in stapjes van 0.1 nm op de aanvaarroute (van zuid naar noord) waarvan de resultaten worden getoond in Figuur 3-9 en in Figuur 3-10. Boven de plaatjes staat steeds wat wordt afgebeeld (y-as) als functie van de nog af te leggen weg van het schip tot aan het kruispunt (x-as, zie onderste plaatje). Deze figuren tonen het aantal schaduwstukken groter dan 10 m voor een bepaalde afstand x van het kruispunt voor het eigen schip op de vaarlijn van het andere schip op een even groot traject van x vanaf het kruispunt. Deze zelfde afstand x , waarvoor de schaduw bepaald wordt, is gekozen omdat de schaduwstukken op grote afstand niet meer belangrijk zijn wanneer het schip het kruispunt nadert. Wanneer de figuren doorlopen worden, dan kan voor een afstand op 4 nm van het ontmoetingspunt gezegd worden, dat het traject van het ander schip van 0 tot 4 nm voor het kruispunt:

- 40 schaduwstukken groter dan 10 m bevat;
- waarvan 10 schaduwstukken groter dan 20 m;
- waarvan 5 groter dan 30 m;
- waarvan 2 groter dan 40 m;
- een enkele schaduw groter dan 50 m;
- en de maximale schaduw ongeveer 70 m bedraagt.

De schaduwgroottes zijn berekend in stapjes van 0.1 nm op de aanvaarroute (van zuid naar noord). Het springen in de grafieken wordt veroorzaakt door deze discretisatie. Er kan geconcludeerd worden dat vanaf 4 nm voor het kruispunt schaduwen groter dan 50 m praktisch niet voorkomen. Ook het aantal schaduwen groter dan 40 m en groter dan 30 m blijft beperkt. Gezien ook nog de wisselingen in de posities van de schaduwen kan geconcludeerd worden dat een opletende uitkijk ook een klein schip op tijd kan waarnemen. Er is zeker geen sprake van een blokkade van het zicht door het windpark vanaf deze afstand.

De figuren tonen dat er geen groot verschil is in de doorzichtbaarheid van de hier beschouwde opstellingen voor de windparken.

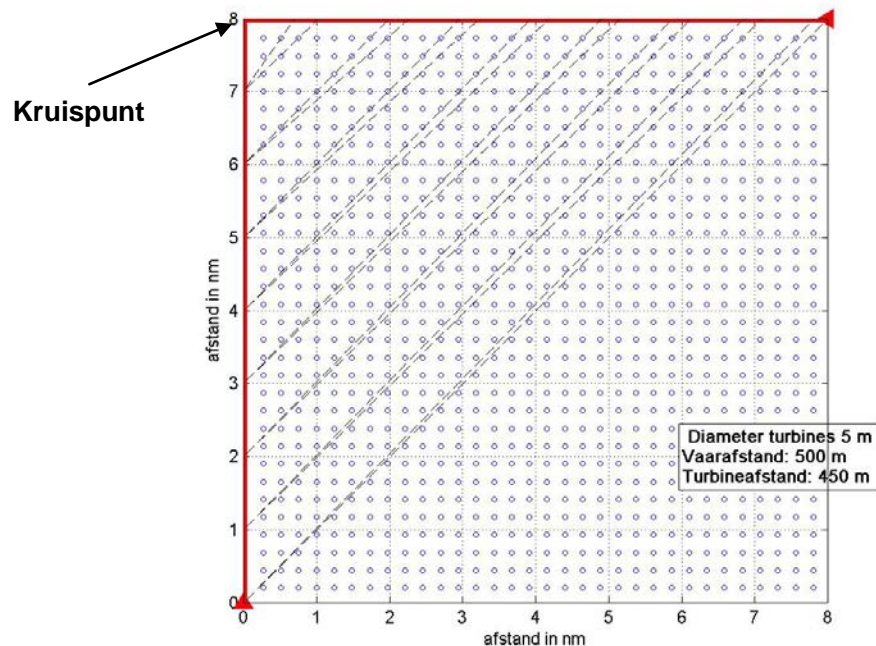
De doorzichtbaarheid verandert als de afstand tot het windpark groter wordt en ook wanneer de afstand tussen de windturbines anders wordt. Om dit te onderzoeken zijn er nog drie opstellingen met elkaar vergeleken, maar dan alleen voor de eerste opstelling met de windturbines in een vierkant. De eerste opstelling in Figuur 3-11 is gelijk aan die van Figuur 3-5. Figuur 3-12 bevat dezelfde opstelling maar dan voor een vaarafstand van 1000 m en Figuur 3-13 toont de opstelling die representatief is voor een windpark met een turbineafstand van 580 m en een diameter van 6 m. De plaatjes met de schaduw lengtes worden gegeven in Figuur 3-14 en Figuur 3-15. Hieruit is duidelijk te halen dat de rode lijn het beste is met de minste schaduwstukken, dus dat de vaarafstand een belangrijke factor is. Hierbij moet opgemerkt worden dat windcats vaak 16 meter en iets langer zijn, waardoor deze gemakkelijk wegvallen in de schaduwstukken die ontstaan als er kort langs een windpark gevaren wordt. De groene lijn ligt ook meestal onder de blauwe lijn, wat betekent dat een windpark met 580 m afstand tussen de turbines beter is dan een windpark met 450 m afstand tussen de

turbines. Door de toegenomen diameter wordt een deel van het voordeel echter weggenomen. Ook leidt de toegenomen diameter tot een iets grotere maximale schaduw.

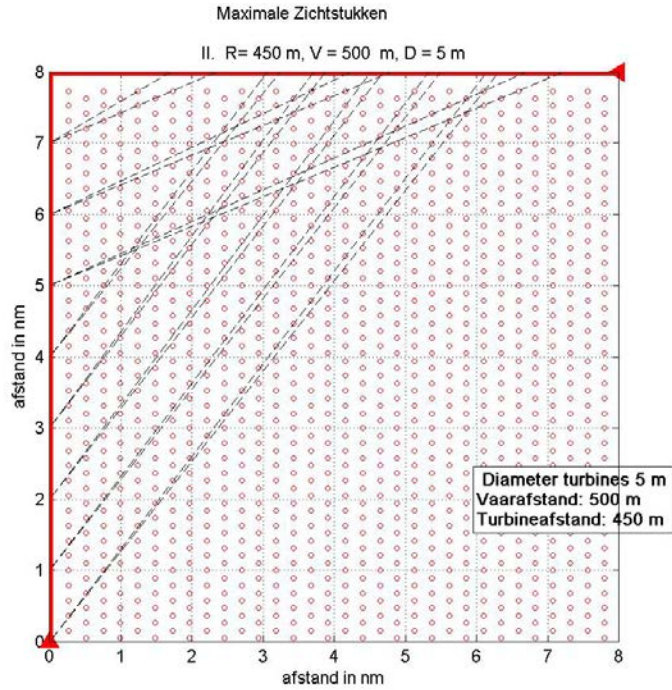
Conclusie

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

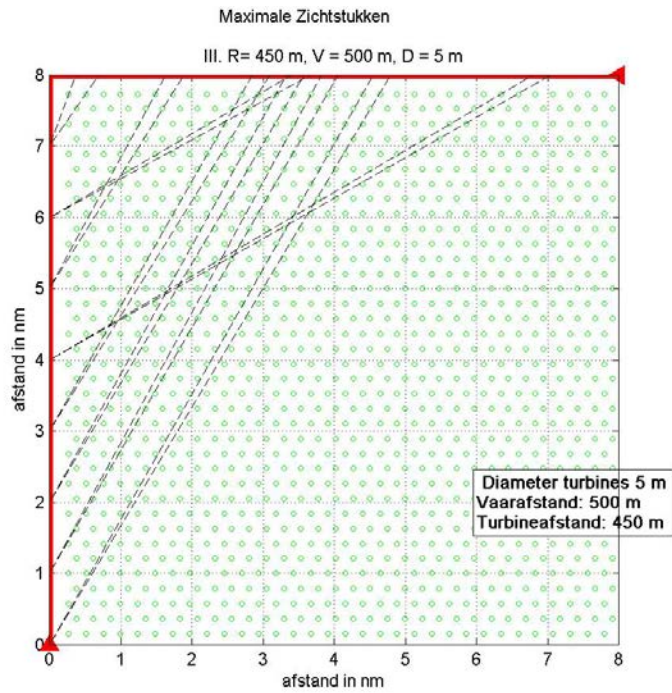
- De ondoorzichtbaarheid van een windpark is niet erg gevoelig voor de opstelling van de windturbines, mits regelmatig opgesteld in rijen, de versprongen opstelling heeft wel als voordeel dat er meer turbines op dezelfde oppervlakte kunnen worden geplaatst;
- De ondoorzichtbaarheid wordt bij langs varen kleiner wanneer de afstand tot het park groter wordt;
- De ondoorzichtbaarheid van een windpark met grotere afstand tussen turbines is iets minder groot, maar het voordeel van de grotere afstand tussen de windturbines kan deels tenietgedaan worden door een grotere diameter van de windturbine.



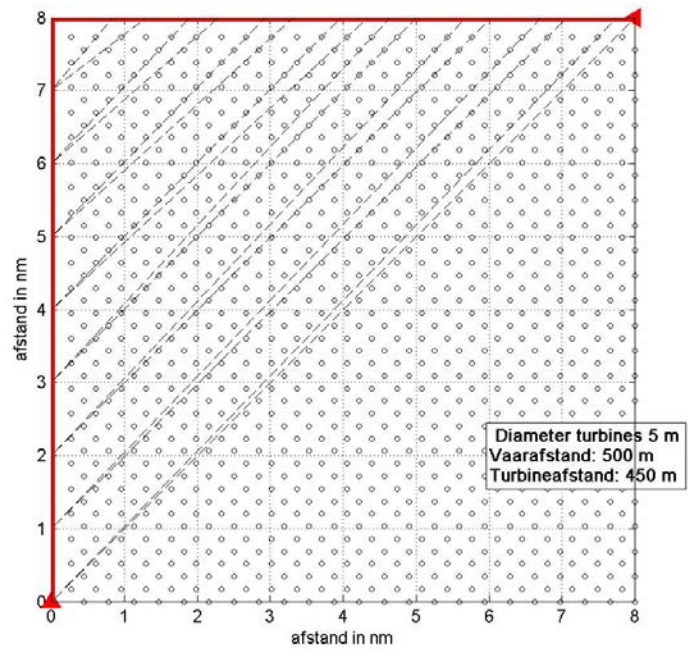
Figuur 3-5 Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (I)



Figuur 3-6 Opstelling windturbines in dichte opstelling versprongen (II)

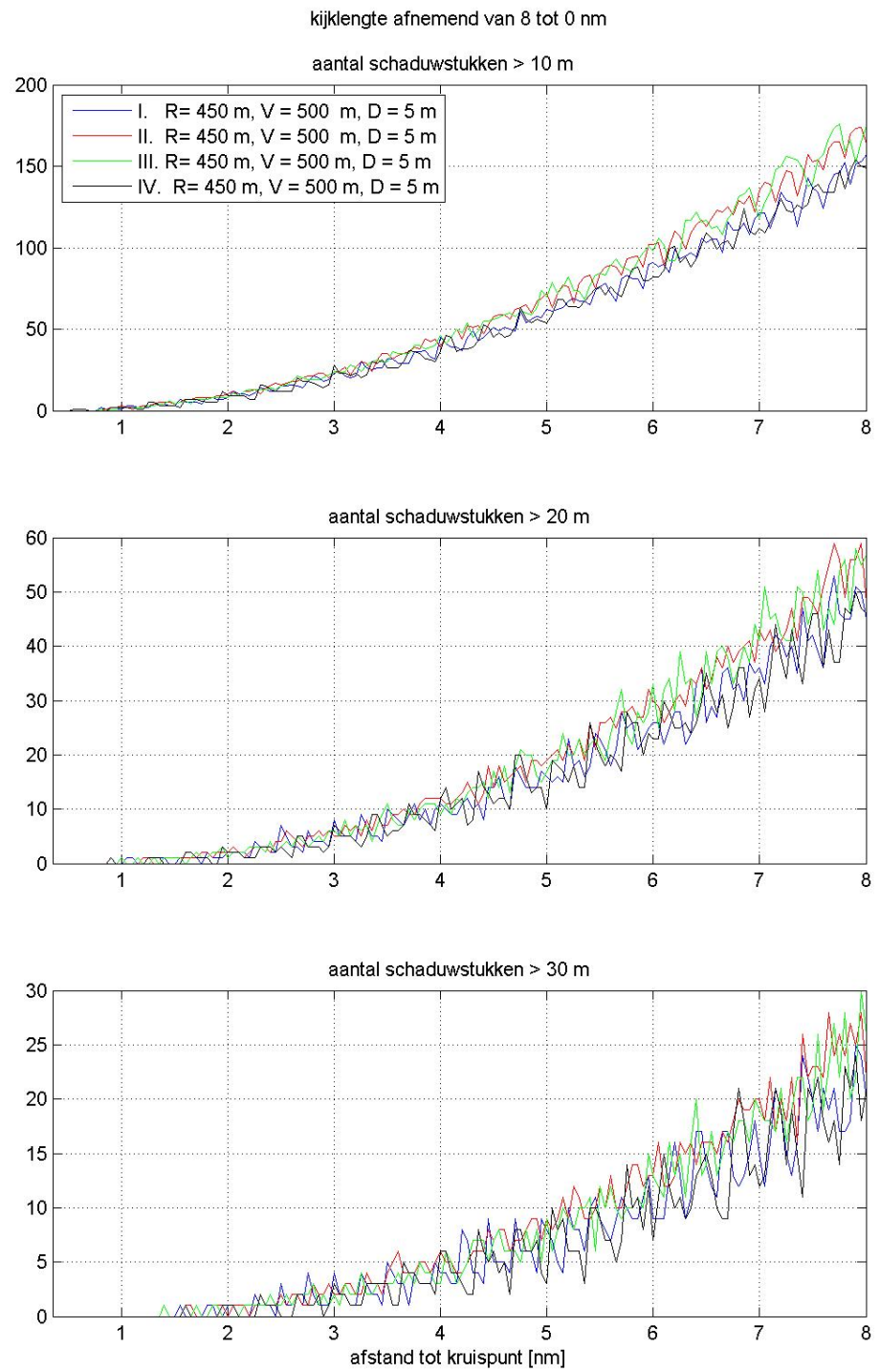


Figuur 3-7 Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III)

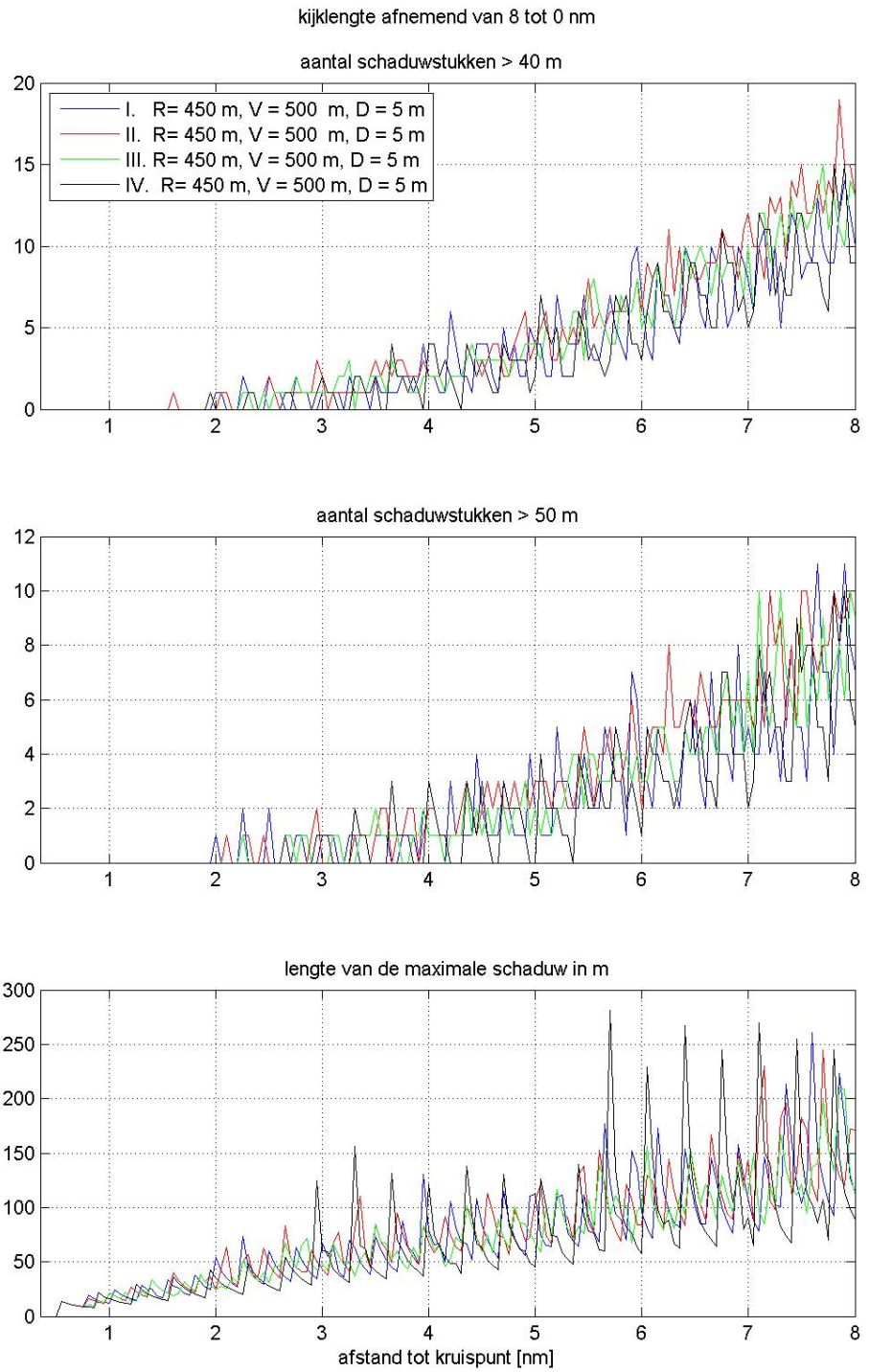


Figuur 3-8

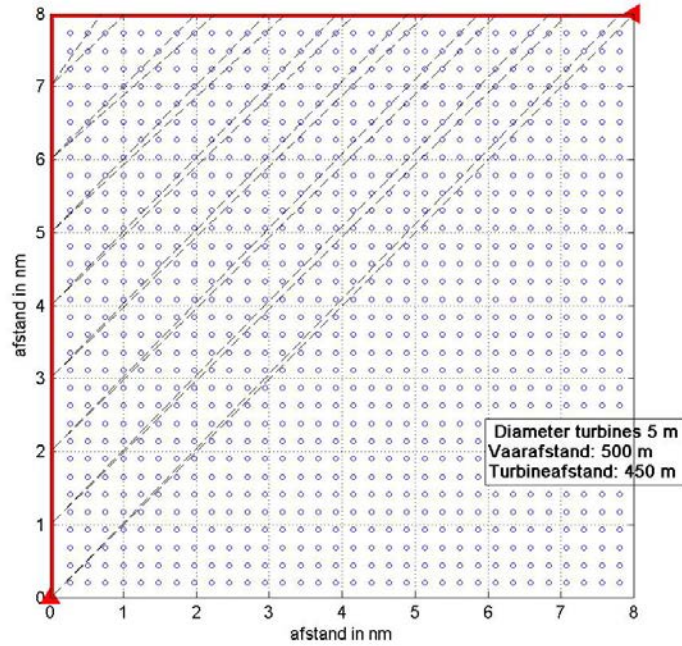
Opstelling vierkant als I maar dan 45° gedraaid (IV)



Figuur 3-9 **Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m**

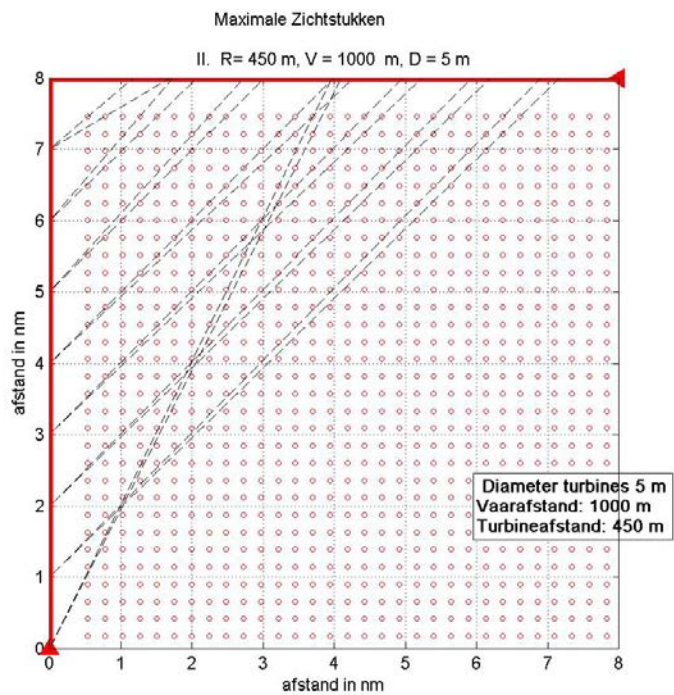


Figuur 3-10 **Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk**



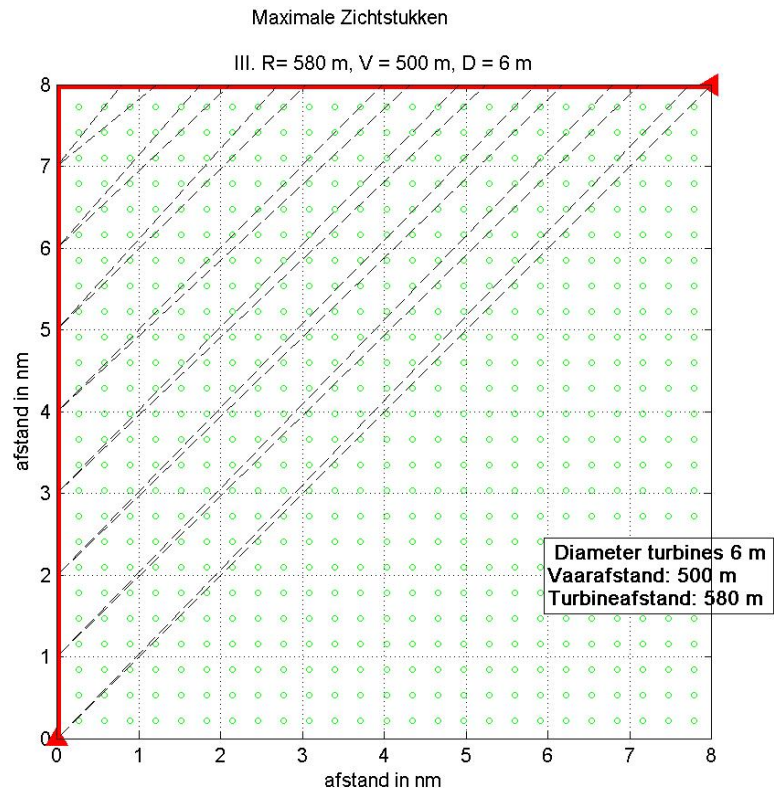
Figuur 3-11

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 500 m



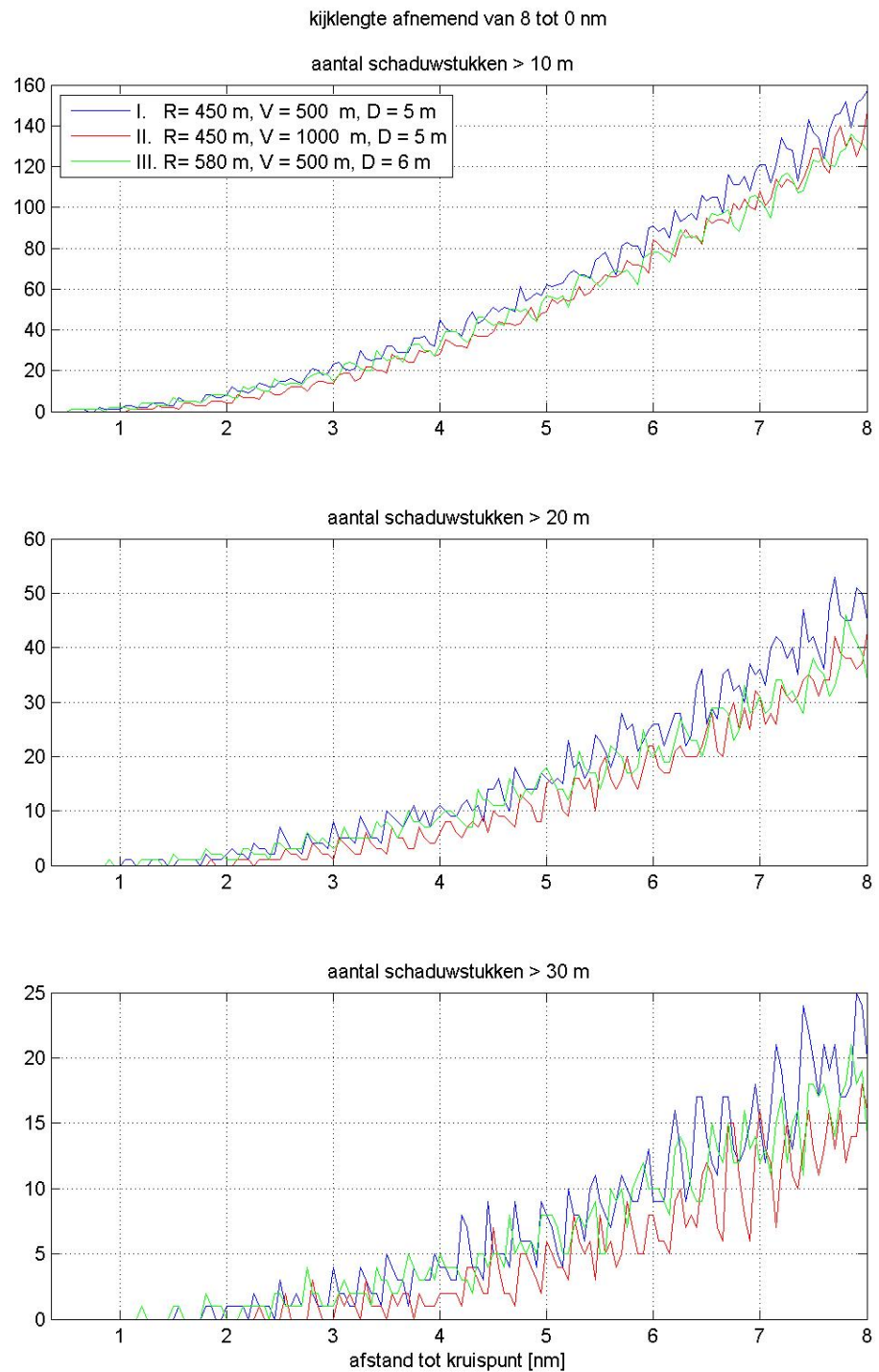
Figuur 3-12

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 1000 m

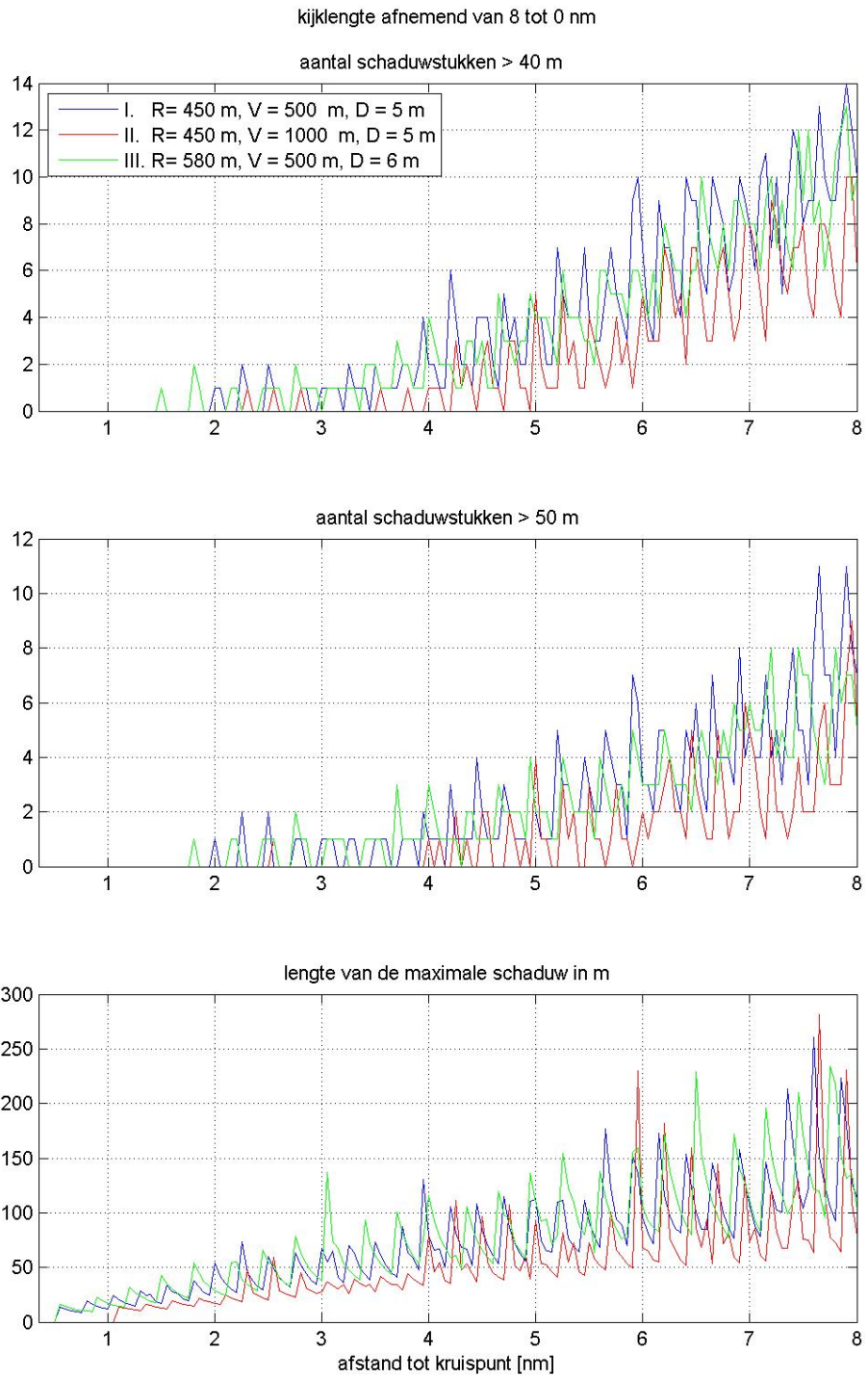


Figuur 3-13

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, afstand tussen turbines 580 m en vaarafstand 500 m



Figuur 3-14 *Schaduw > 10 m, > 20 m en > 30 m lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse*



Figuur 3-15 **Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse**

4 VERKEERSANALYSE EN MODELLERING

Om een goed beeld te krijgen van de precieze verkeersstromen door en rond het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) en hoe deze stromen door de bouw van windparken in de kavels kunnen veranderen, is een analyse van AIS data uitgevoerd. De resultaten daarvan worden in 4.1 getoond en beschreven. In 4.2 wordt beschreven hoe het verkeer wordt gemodelleerd voor de huidige en toekomstige situatie.

4.1 AIS analyse verkeersstromen

Voor de periode van december 2014 tot en met november 2015 (één volledig jaar) zijn de AIS data verwerkt van schepen in de ruime omgeving van het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid). In Figuur 4-1 is een verkeersdichtheidskaart te zien waarin het gemiddeld aantal aanwezige schepen per oppervlakte-eenheid wordt weergegeven. In deze kaart worden alleen de scheepstypen weergegeven die over het algemeen de scheepvaartroutes volgen (zie 3.3.1).

Te zien is dat de drukke verkeersroutes (de rodere verkeersstromen) ten westen en ten noorden van het windenergiegebied lopen. De ankergebieden Scheveningen en IJmuiden zijn herkenbaar als donker rode vlek ten zuid oosten en ten noorden van het windenergiegebied. In het reeds gebouwde windpark zijn de turbines herkenbaar door uitgezonden AIS signalen van enkele schepen die een bepaalde periode bij de turbines lagen. Ten oosten van Luchterduinen zijn in 2015 werkzaamheden verricht, en is werkverkeer zichtbaar (werkschepen zijn in principe niet-routegebonden schepen, maar sommige aanwezige werkschepen zijn van een ander type dat als routegebonden wordt beschouwd).

De figuur laat zien dat er in het windenergiegebied in verhouding tot de routes in de omgeving weinig schepen varen. Toch zijn licht gele stromen door het gebied van en naar (ankergebied) Scheveningen te zien, alsmede een lichte verkeersstroom ten oosten van, en parallel aan, het windenergiegebied.

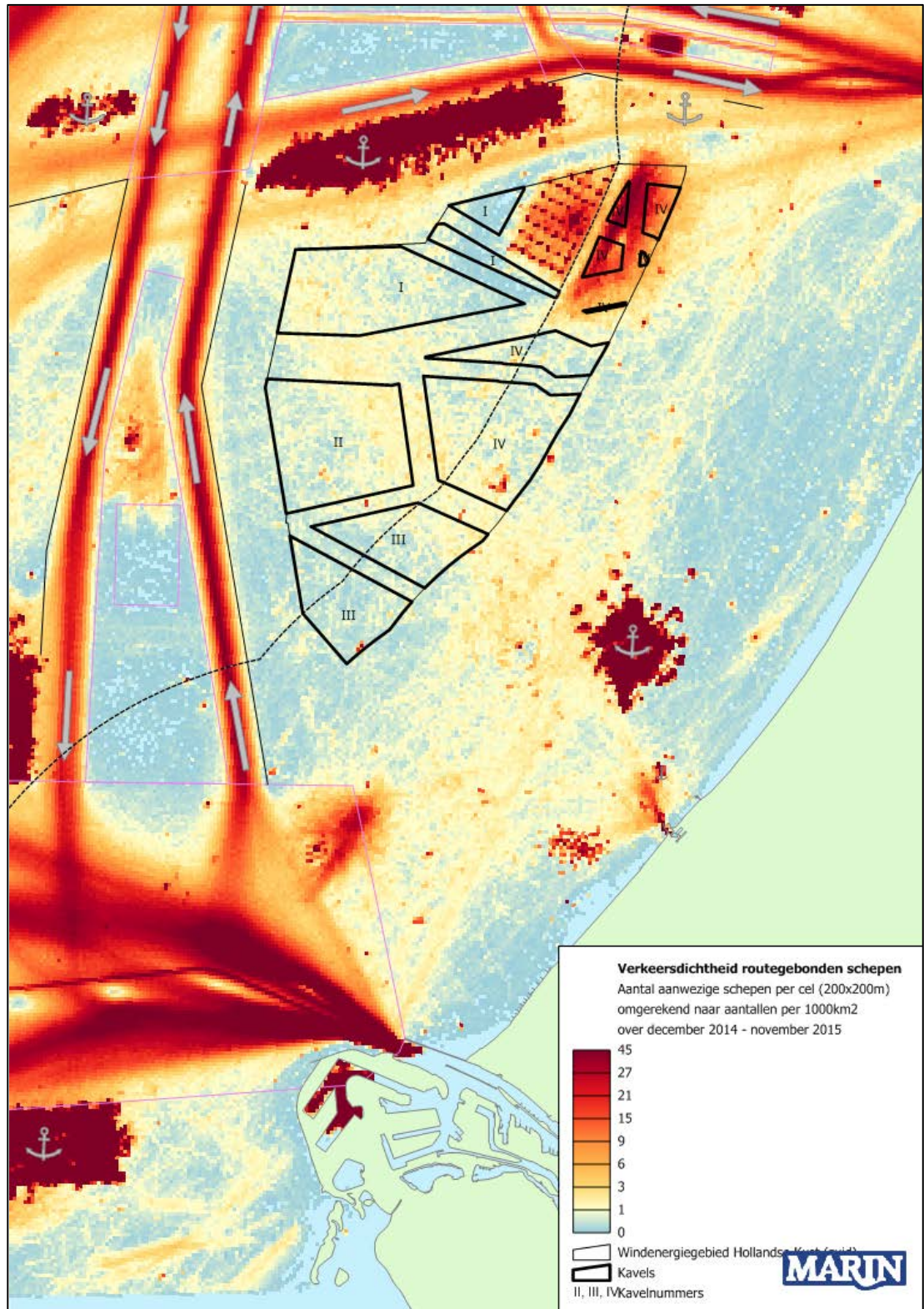
Om de richting van deze verkeersstromen duidelijker zichtbaar te maken en de aantallen passages en typen schepen op deze stromen te bepalen, zijn de scheepstracks verwerkt en geplot. Figuur 4-2, Figuur 4-3 en Figuur 4-4 laten alle tracks van routegebonden scheepstypen door en langs het windenergiegebied zien.

Figuur 4-2 toont alle scheepstracks gedurende het hele jaar op de meer gebruikelijke routes door het windenergiegebied. Behalve de verwachte verkeersbewegingen van en naar Scheveningen (426 schepen gedurende het jaar, met name tankers en vrachtschepen naar het ankergebied), is hierop een duidelijke stroom van vrachtschepen door het gebied te zien die vanuit IJmuiden richting Engeland varen. Hiervan zijn vanuit IJmuiden westwaarts 136 bewegingen geteld, en richting IJmuiden slechts 12. Deze schepen zijn niet langer dan 110m, en het betreft bovendien vaak hetzelfde schip.

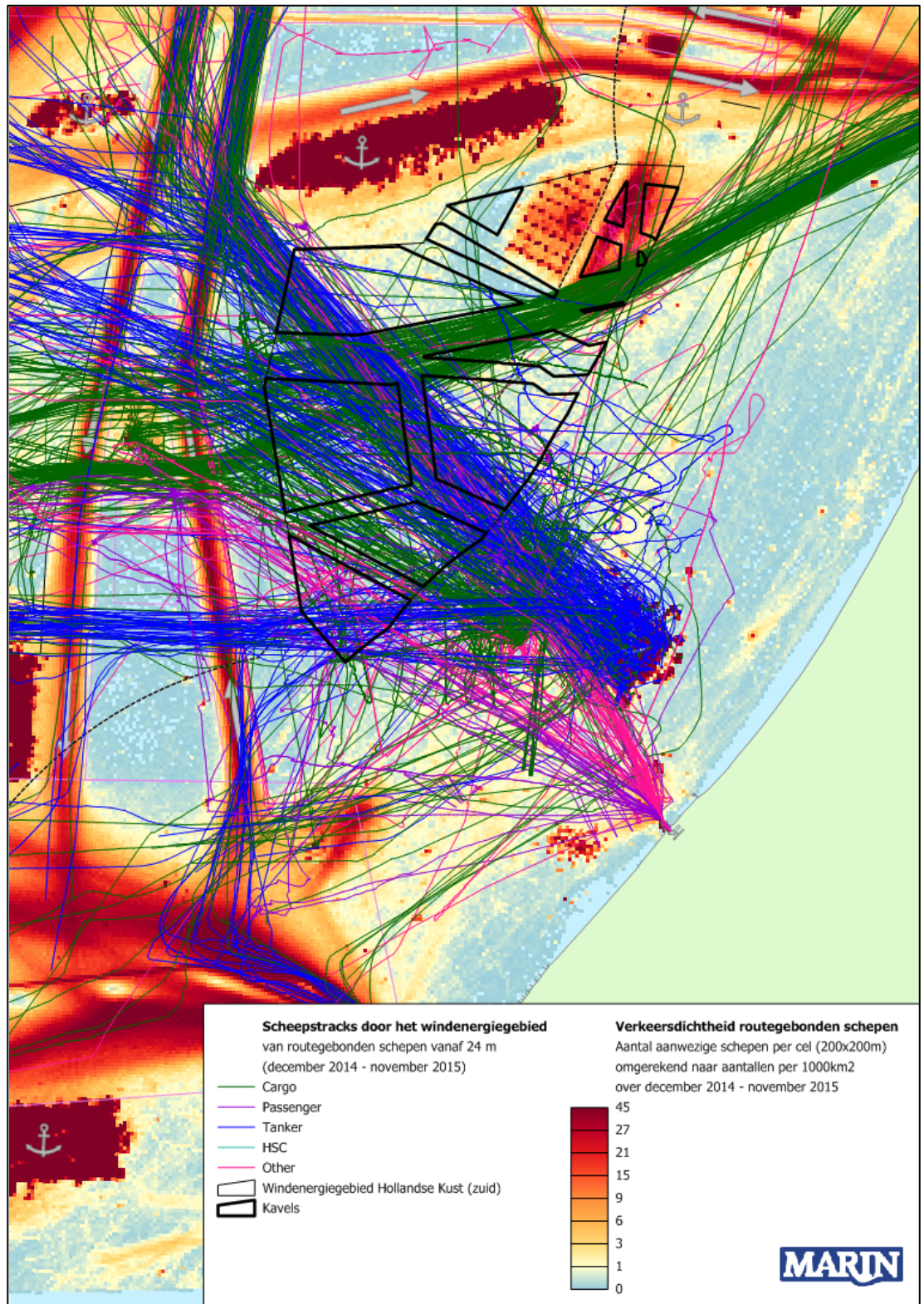
De tracks van het verkeer dat ten oosten van het windenergiegebied noord-zuid en vice versa vaart, is in Figuur 4-3 te zien. Dit betreft vooral kleinere vrachtschepen (tot ongeveer 110 meter) en overige routegebonden schepen. In totaal zijn noordwaarts (vanuit Rotterdam naar IJmuiden of verder langs de kust) 213 bewegingen geteld, en zuidwaarts 161.

Figuur 4-4 laat tenslotte de scheepstracks zien die buiten de gebruikelijke routes door het gebied gingen. Deze figuur is dus complementair aan Figuur 4-2 en is bedoeld om te

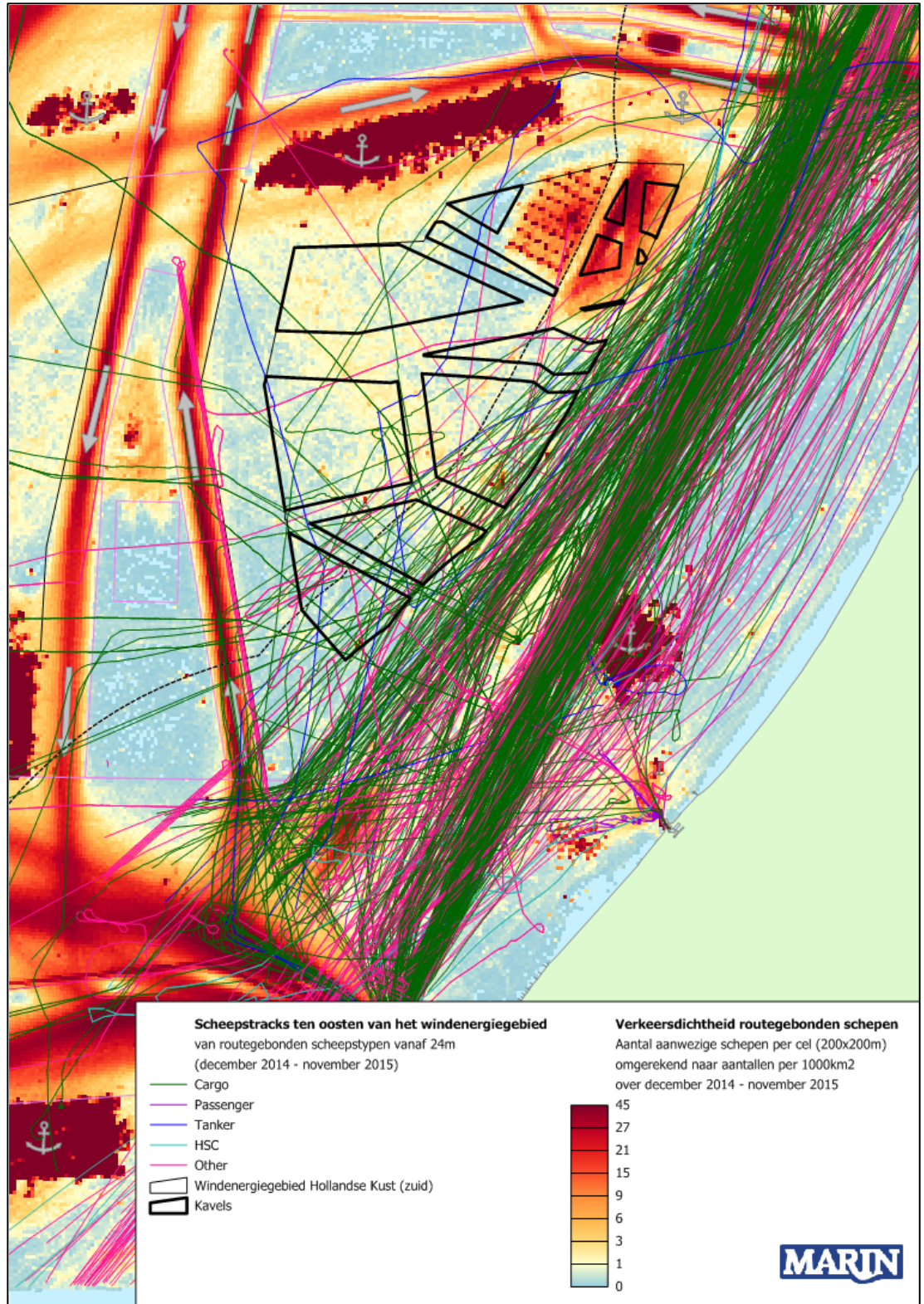
laten zien of er nog verkeersstromen over het hoofd zijn gezien. De figuur laat zien dat, buiten een relatief klein aantal willekeurige bewegingen door het gebied, er ten oosten van Luchterduinen inderdaad veel bewegingen van werkverkeer zijn, en ten zuiden van het ankergebied IJmuiden zijn veel tankerscheperen zichtbaar die dit gebied nu vaak kort gebruiken om zich te verplaatsen vanuit of richting ankergebied.



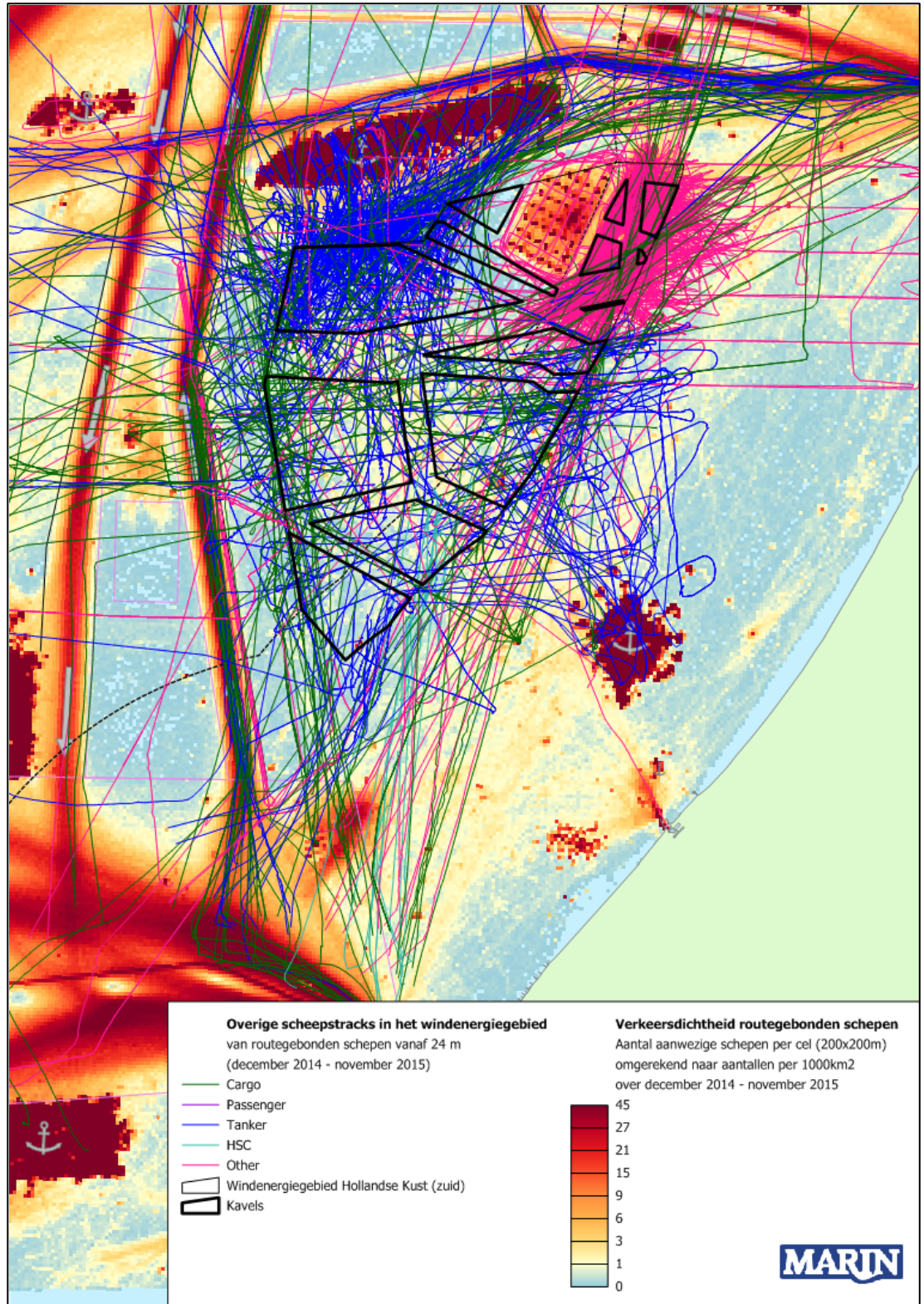
Figuur 4-1 Dichtheidskaart van routegebonden verkeer in de omgeving van het windenergiegebied



Figuur 4-2 *Schipstracks van routegebonden verkeer op de hoofdverkeersstromen door het windenergiegebied van december 2014 tot en met november 2015*



Figuur 4-3 *Scheepstracks van routegebonden verkeer varend ten oosten langs het windenergiegebied van december 2014 tot en met november 2015*



Figuur 4-4 *Scheepstracks van routegebonden verkeer buiten de hoofdstromen door het windenergiegebied van december 2014 tot en met november 2015*

Uit de verkeersstromen in de bovenstaande figuren wordt duidelijk dat alleen de verkeersstromen die door het windenergiegebied lopen, beïnvloed zullen worden door de aanwezigheid van windparken in de kavels. De drukke verkeersstromen ten westen en ten noorden van het gebied, evenals de kleine stroom aan de oostkant, zullen door de aanwezigheid van windparken in de kavels niet verschuiven. Het maakt daarbij ook niet uit of alleen windparken in kavel III of in alle kavels aanwezig zijn.

Voor de verkeersstromen door het windenergiegebied (de route door het gebied vanuit IJmuiden richting Engeland, en het verkeer van en naar ankergebied Scheveningen) zal het wel degelijk uitmaken in welke kavels windparken zijn gebouwd. Bij aanwezigheid van alleen windturbines in kavel III, zal het verkeer van Scheveningen richting het noordwesten, en vice versa, langs de noordoostelijke hoek van kavel III gaan, min of meer zoals het nu ook vaart. Wanneer alle kavels volgebouwd zijn, zal dit verkeer verder om moeten varen langs de zuidpunt van het kavel III. Dit verkeer, bestaande uit grotere tankers en vrachtschepen, zal geen gebruik maken van de oost-west corridor halverwege het gebied. Deze route is vrijwel even lang als langs de zuidhoek, en geeft voor de schepen aanmerkelijk minder ruimte dan de voor de hand liggende route via de noordgaande vaarbaan vanuit stelsel Maas Noord.

Het verkeer vanuit IJmuiden richting Engeland dat nu door het windenergiegebied vaart ten zuiden langs windpark Luchterduinen, zal wel door de corridor varen als er windparken aanwezig zijn. Het maakt hierbij weinig verschil of alleen kavel III bebouwd is, of alle kavels. In het eerste geval is er geen sprake van een corridor, en zal een deel van dit verkeer iets dichterbij in de buurt van kavel III varen, maar nog altijd op ruime afstand.

Vanwege de slechts kleine verschuivingen van verkeersstromen in de verschillende kavel scenario's, is er in deze studie voor gekozen om uit te gaan van de situatie waarin alle vier kavels aanwezig zijn en als afgesloten gebied worden beschouwd voor schepen vanaf 24m. Dit betekent dat er wordt gerekend met een cumulatief scenario. Er zal vervolgens voor het individuele kavel III een kwalitatieve beschouwing worden gegeven over de veranderingen van aanvarings- en aandrijvingsfrequenties voor het scenario waarin alleen windturbines in dit kavel gebouwd worden.

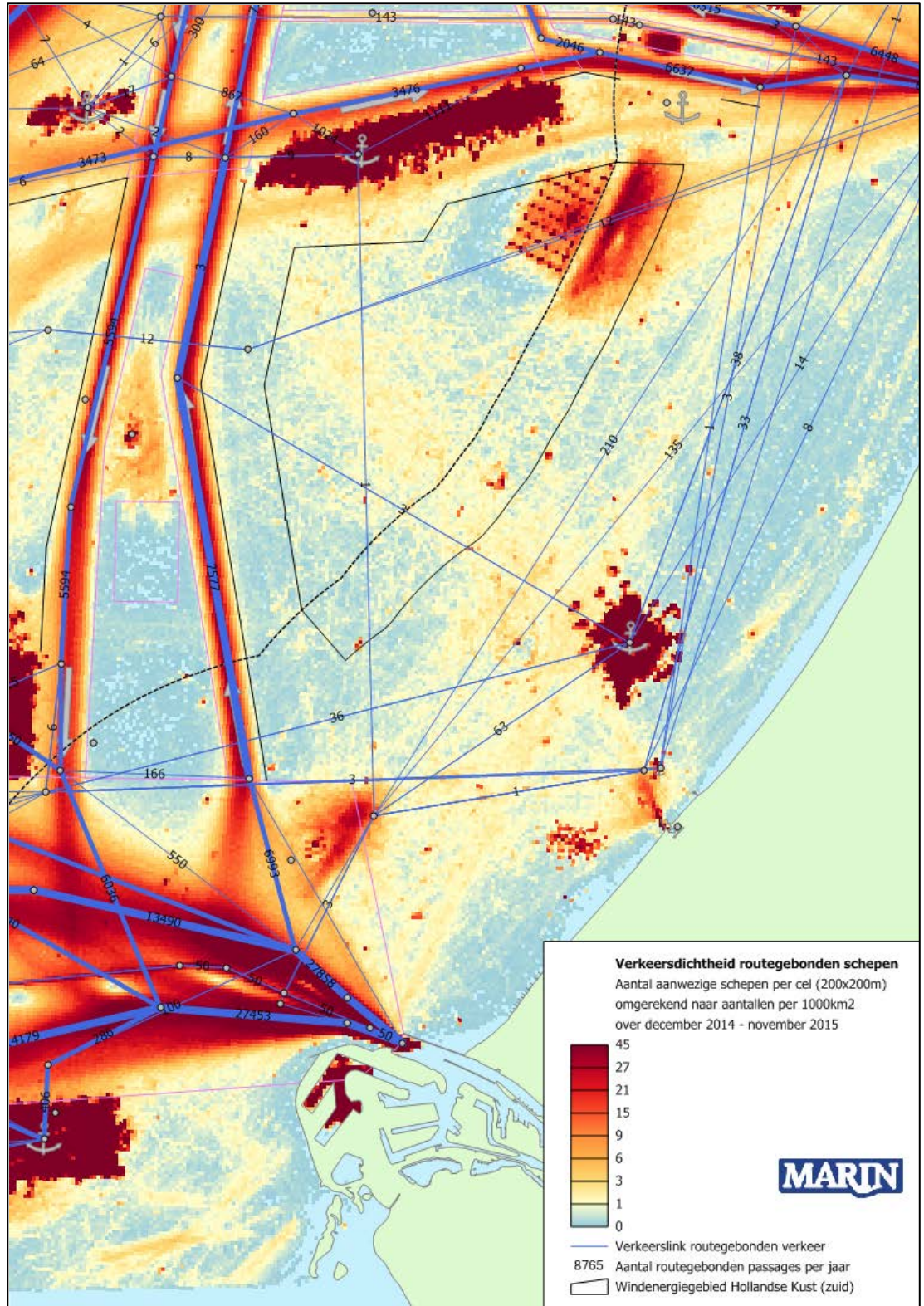
4.2 Routegebonden verkeersdatabase

Om de overige effecten te berekenen van de verschuivingen van de verkeersstromen door aanwezigheid van windparken, wordt er vergeleken met een basis situatie. Figuur 4-5 laat de verkeersmodellering zien voor het routegebonden verkeer voor deze situatie. In dit geval loopt de verkeersstroom vanuit IJmuiden naar Engeland dwars door windpark Luchterduinen, terwijl dat in werkelijkheid duidelijk om het park loopt (zie Figuur 4-2). Dit heeft op de berekeningen geen merkbaar effect, aangezien de verkeerslink in dit gebied geen andere verkeerslinks kruist. Ook voor kans op aanvaring met niet-routegebonden verkeer heeft dit weinig effect; het niet-routegebonden verkeer in dat gebied is vastgesteld op basis van het jaar daarvoor (2014, zie [9]), en bevindt zich bovendien ook bij de zuidoost hoek van Luchterduinen.

In de figuur zijn niet alle verkeersintensiteiten weergegeven als tekst op de link. Dit komt door dubbele of tweezijdige links. In het geval van de verkeersstroom vanuit IJmuiden (136 passages) is bijvoorbeeld alleen de intensiteit in de andere richting leesbaar (12).

In deze studie wordt uitgegaan van het cumulatieve scenario waarin ook de overige kavels in het windenergiegebied zijn afgesloten voor verkeer, behalve voor de doorvaart bestaande uit schepen tot 24m. De verkeersroutering voor dit scenario wordt gegeven in Figuur 4-6. Hierin is te zien dat de verkeersstroom vanuit IJmuiden door het windenergiegebied nu door de oost-west corridor tussen de kavels loopt.

In de verkeersrouteringen van zowel de basis situatie als de situatie met windparken, wordt uitgegaan van een prognose van het aantal scheepsreizen voor 2020.



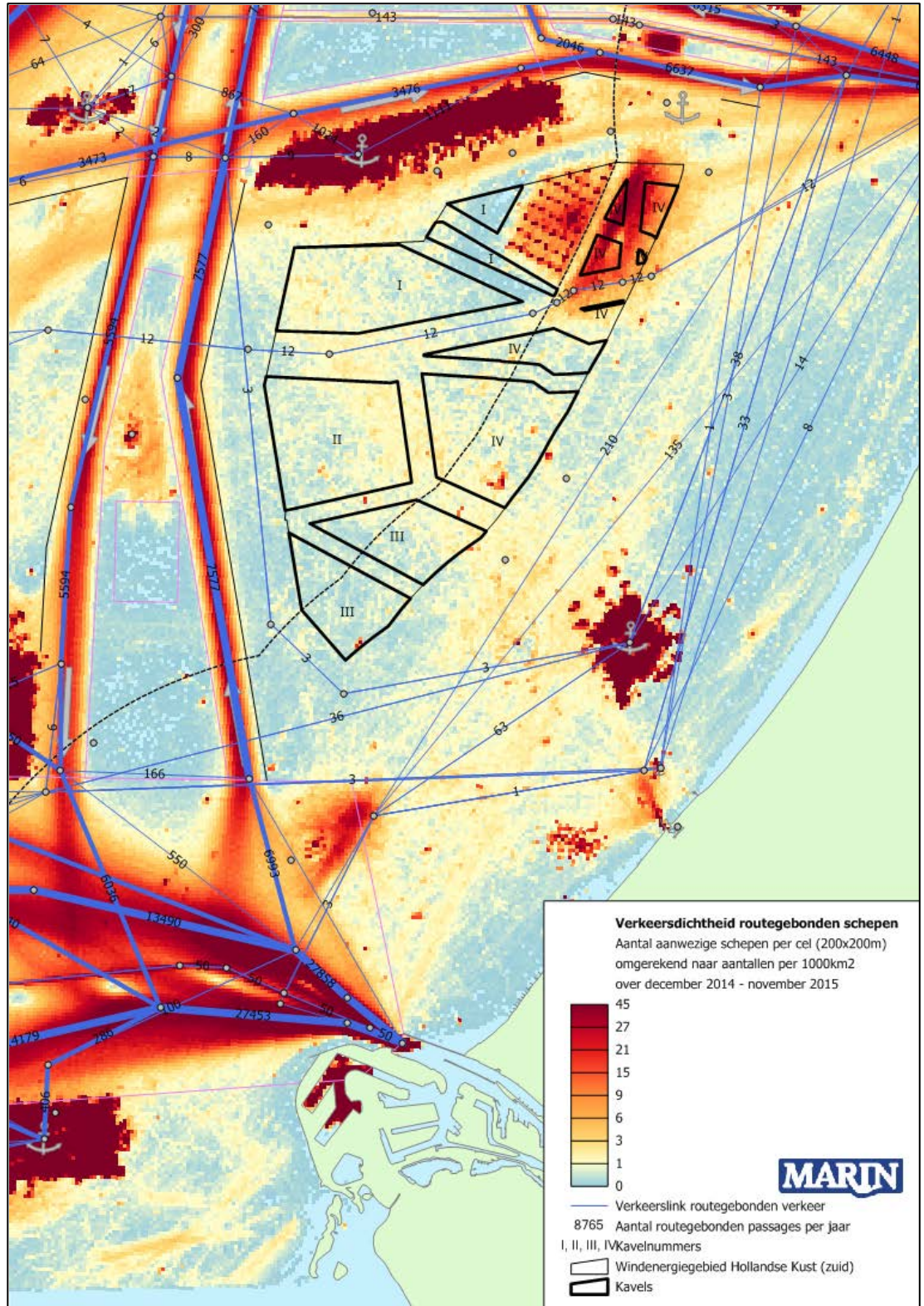
Figuur 4-5 Verkeersrouting voor de basis situatie zonder windparken

Tabel 4-1 geeft een overzicht van de twee verkeersscenario's in deze studie.

Tabel 4-1 **Overzicht van alle verkeersscenario's**

Verkeersscenario	Windparken aanwezig
Basis verkeer	Geen windparken aanwezig
Verkeer HK (cumulatief)	Windparken aanwezig in alle kavels van windenergiegebied Hollandse Kust (zuid)

Het niet-routegebonden verkeer wordt als dichtheid meegenomen in de berekeningen, en is voor het meeste verkeer gebaseerd op 2014 (zie 3.3.1.2. en [9]). In de berekeningen wordt aangenomen dat alleen schepen tot 24m door de parken mogen varen. Hierbij wordt aangenomen dat deze een afstand van minimaal 50m tot de windturbines aanhouden. Voor het overige niet-routegebonden verkeer is het park afgesloten. Het niet-routegebonden verkeer boven 24m dat nu in de verkeersdatabase in dit gebied aanwezig is, wordt daarom verplaatst naar de directe omgeving van het gebied.



Figuur 4-6 Verkeersroutering voor de cumulatieve situatie waarin in alle kavels windturbines aanwezig zijn

5 RESULTATEN SAMSON BEREKENINGEN

In 5.1 worden eerst de doorgerekende varianten beschreven, gevolgd door de aanvaaren aandrijffrequenties en de gevolgschade voor kavel III. Hierbij wordt verondersteld dat er geen verkeer is in en tussen de kavels, behalve in de oost-west corridor zoals zichtbaar in Figuur 4-6. Gedetailleerde resultaten per variant worden gegeven in verschillende tabellen in de appendices. Voor beide varianten is daarin eenzelfde set tabellen gegeven. In de tekst in dit hoofdstuk wordt voor beide varianten alleen verwezen naar de appendix-tabellen voor de eerste variant. In de appendix zijn bovendien voor beide varianten de lay-outs van de kavel in een figuur weergegeven, waarin tegelijkertijd de aanvaringskansen grafisch zijn aangegeven. De routegebonden schepen worden in de tabellen verkort weergegeven met "R-schepen" en de niet-routegebonden schepen worden aangeduid met "N-schepen".

De overige effecten worden voor beide varianten beschreven vanaf 5.3.

5.1 Configuraties

Voor kavel III zijn er in deze studie twee configuraties doorgerekend waarbij het totale vermogen ongeveer 380 MW is. Er is gekozen voor een configuratie met een groter aantal windturbines met minder vermogen, geplaatst op een jacket fundering (verder in dit rapport aangeduid als de 6 MW variant), en een configuratie met een kleiner aantal windturbines met meer vermogen, geplaatst op monopiles (aangeduid als de 10 MW variant). Deze twee configuraties geven samen een goede indicatie van de bandbreedte van de aanvaringskansen van turbines. Hierbij kan de 6 MW variant als worst-case beschouwd worden, aangezien meer turbines en een grotere fundering de kans op aanvaring in de berekeningen altijd zullen vergroten. Er is in deze berekeningen geen rekening gehouden met het feit dat aanvaringen met jackets tot meer schade zullen leiden.

De gehanteerde gegevens per configuratie zijn gegeven in Tabel 5-1. De turbineposities zijn in detail weergegeven in Figuur A1-1 en Figuur A2-1. Hierbij zijn ook de uiteindelijke aanvaar- en aandrijffrequenties grafisch weergegeven.

Tabel 5-1 Configuratiegegevens varianten windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) kavel III

Variant	Turbines			Fundering	
	Aantal	Vermogen	Rotor diameter	Type	Afmeting
Kavel III 6MW	63	6 MW	152 m	jacket	17 x 17 m
Kavel III 10MW	38	10 MW	221 m	monopile	Ø 10 m

5.2 Aanvaar-/ aandrijffrequenties windparken

Door de aanwezigheid van het windpark op kavel III is een nieuw type risico ontstaan op die locatie op zee, namelijk de kans dat een schip tegen één van de windturbines aanvaart (rammen) of aandrijft (driften). De frequenties voor deze ongevallen zijn bepaald met het SAMSON-model. De resultaten van deze berekening worden gegeven in termen van het aantal mogelijke aanvaringen of aandrijvingen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk en voor het gehele windpark.

In Tabel A1-1 van de appendix staan voor de 6 MW variant van kavel III de aanvaar- en aandrijffrequenties per windturbine door schepen groter dan 24m. Figuur A1-1 toont een grafische weergave hiervan. Voor de 10 MW variant staan deze frequenties in Tabel A2-1 en Figuur A2-1. Voor het gemak zal in het vervolg alleen worden verwezen naar het tabel- of figuurnummer van de eerste variant.

Uit deze tabellen en figuren blijkt dat de windturbines aan de westelijke en oostelijke rand van het kavel een hogere aanvaarkans hebben vergeleken met de turbines in de rest van de kavel. Dit verschil wordt vooral veroorzaakt door de hogere kans op rammen voor deze windturbines door het niet-routegebonden verkeer groter dan 24m. Dit verkeer is in de modellering naar de directe omgeving van het windenergiegebied verplaatst.

Tabel 5-2 bevat de kans op een aanvaring/aandrijving per jaar voor beide varianten, gesommeerd over alle windturbines. De kansen zijn gegeven voor zowel de schepen kleiner dan 24m (in de verkeersdatabase alleen niet-routegebonden verkeer) die door het park mogen varen als de schepen groter dan 24m, waarvoor het windpark verboden gebied is.

Uit de tabel blijkt dat voor de variant met 63 6 MW turbines op een jacket fundering de kansen hoger zijn dan voor de variant met 38 10 MW turbines op een monopile. Dit komt zowel door het hogere aantal turbines als door het gebruik van jackets binnen de eerste variant.

De totale aanvaar- en aandrijffrequentie door verkeer groter dan 24m is 0.03474 voor de 6 MW variant, en 0.01860 voor de 10 MW variant. Dit is equivalent aan respectievelijk eens per 28.8 jaar en 53.8 jaar. Voor schepen kleiner dan 24m is de aanvaar- en aandrijffrequentie respectievelijk 0.01530 voor de 6 MW variant en 0.00521 voor de 10 MW variant, oftewel respectievelijk eens per 65.4 jaar en 191.9 jaar.

Naar verhouding is het aandeel aanvaringen door schepen kleiner dan 24m groter voor de 6 MW variant dan voor de 10 MW variant. Dit heeft te maken met het gebruik van jackets. Voor de doorvaart in het windpark wordt uitgegaan van een korte minimale afstand tot de windturbines (50m). Hierdoor wordt het aandeel van ram-aanvaringen groter, en de afmetingen van de fundering (jacket of monopile) hebben een grotere invloed op de aanvaringen (rammen) dan op de aandrijvingen.

Van de aantallen ram-aanvaringen wordt aangenomen (zie Tabel 3-1) dat 10% frontaal plaatsvindt, en 90% van de schepen slechts schampt. Op basis hiervan wordt in 5.3 een indicatie van de gevolgschade gegeven. De frequentie van frontale ram-aanvaringen is dus een factor 10 lager dan van alle ram-aanvaringen in Tabel 5-2. Voor de 6 MW variant voor routegebonden schepen is dit dus bijvoorbeeld 0.000111 (eens per 9009 jaar).

Tabel 5-2 *Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor kavel III per variant*

Variant	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar	Eens per ... jaar
		R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
Kavel III 6MW Schepen >24m	63	0.00111	0.00898	0.01931	0.00536	0.03474	28.8
Kavel III 6MW Schepen <24m	63	0.00000	0.01399	0.00000	0.00131	0.01530	65.4
Kavel III 10MW Schepen >24m	38	0.00060	0.00363	0.01137	0.00299	0.01860	53.8
Kavel III 10MW Schepen <24m	38	0.00000	0.00463	0.00000	0.00058	0.00521	191.9

Omdat de kansen ook afhangen van het aantal turbines, zijn in Tabel 5-3 de gemiddelde kansen per turbine gegeven. Hieruit blijkt dat voor schepen groter dan 24m de gemiddelde kans op aanvaring/aandrijving per turbine in de 6 MW variant 0.000551 bedraagt (eens per 1813.4 jaar), en in de 10 MW variant 0.000489 (eens per 2043.6 jaar). Dit geeft de invloed van de afmetingen van de fundering aan. Voor de doorvaart is de invloed van de fundering op kansen groter: 0.000243 voor jackets (eens per 4118.5 jaar) en 0.000137 voor monopiles (eens per 7292.3 jaar).

De verwachte energieopbrengst per jaar is voor beide inrichtingsvarianten nagenoeg gelijk. Het weergeven van de kansen per verwachte eenheid energieopbrengst per jaar, zoals bij eerdere studies is gedaan, heeft daarom geen toegevoegde waarde en wordt in deze studie weggelaten.

Tabel 5-3 *Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen gemiddeld per turbine voor kavel III per variant*

Variant	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per turbine		Aantal aandrijvingen (driften) per turbine		Totaal per turbine	Eens per ... jaar
		R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
Kavel III 6MW Schepen >24m	63	0.000018	0.000142	0.000306	0.000085	0.000551	1813.4
Kavel III 6MW Schepen <24m	63	0.000000	0.000222	0.000000	0.000021	0.000243	4118.5
Kavel III 10MW Schepen >24m	38	0.000016	0.000095	0.000299	0.000079	0.000489	2043.6
Kavel III 10MW Schepen <24m	38	0.000000	0.000122	0.000000	0.000015	0.000137	7292.3

5.3 Gevolgschade

5.3.1 Schade aan het schip

Voor de gevolgschade aan het schip worden drie types onderscheiden: schade aan het schip in het geval dat de gondel en mastdeel op het schip valt na de aanvaring, alleen schade aan de scheepshuid en geen schade (zie 3.4.1). De frequentie van ieder type schade aan het schip is voor de eerste variant gegeven in Tabel A1-3 in de appendix. De frequenties worden gegeven voor zeven verschillende scheepstypen. In de berekeningen wordt geen rekening gehouden met het verschil in funderingen en het feit dat aanvaringen met jackets tot meer schade aan het schip zullen leiden.

In Tabel 5-4 wordt voor beide varianten het aandeel per scheepstype en per type schade in de totale frequentie gegeven. Zo is bijvoorbeeld te zien dat in 13.91% van de aanvaringen of aandrijvingen met een turbine van de 6 MW variant sprake is van schade aan de scheepshuid van een container/RoRo-schip. Voor de 10 MW variant is dit 17.45%.

Uit onderstaande tabel en de genoemde tabel in de appendix blijkt ook dat alle aanvaringen met schepen kleiner dan 24m (30.57% en 21.88% van de aanvaringen voor respectievelijk de 6 MW en 10 MW variant) er geen schade aan het schip optreedt. Dit komt doordat het energieniveau bij deze aanvaringen laag is.

Tabel 5-4 Aandeel in de totale aanvarings- of aandrijvingsfrequentie per variant, per scheepstype en soort schade

Scheepstype	6 MW variant				10 MW variant			
	Soort schade			Totaal	Soort schade			Totaal
	GosMos	schade aan scheepshuid	geen schade		GosMos	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.01%	4.16%	0.10%	4.27%	0.01%	5.33%	0.10%	5.45%
Chemicaliëntanker	0.00%	7.71%	0.02%	7.73%	0.00%	9.55%	0.02%	9.58%
Gastanker	0.00%	0.78%	0.02%	0.81%	0.00%	0.93%	0.03%	0.96%
Container+ RoRo	0.20%	13.91%	1.79%	15.90%	0.23%	17.45%	2.05%	19.73%
Ferry	0.00%	0.19%	0.03%	0.22%	0.00%	0.24%	0.03%	0.27%
Overige R-schepen	0.01%	11.50%	0.37%	11.88%	0.01%	13.89%	0.41%	14.31%
N-schepen >24m	0.21%	0.54%	27.88%	28.63%	0.20%	0.70%	26.92%	27.82%
Alle schepen >24m	0.43%	38.79%	30.21%	69.43%	0.45%	48.10%	29.57%	78.12%
N-schepen <24m	0.00%	0.00%	30.57%	30.57%	0.00%	0.00%	21.88%	21.88%
Alle schepen	0.43%	38.79%	60.78%	100.00%	0.45%	48.10%	51.46%	100.00%

5.3.2 Schade aan de windturbines

Voor de gevolgschade aan de windturbines worden vier typen onderscheiden: geen schade, de turbine kan scheef gaan staan, de turbine kan omvallen, de gondel en mast kunnen op het schip vallen. De frequentie van deze verschillende typen is voor het gehele windpark gesommeerd en voor de 6 MW variant gegeven in Tabel A1-4 in de appendix. In Tabel 5-5 is voor beide varianten per type gevolgschade het aandeel in de totale aanvarings- en aandrijvingsfrequentie gegeven. Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat voor de 6 MW en 10 MW variant bij respectievelijk 18.4% en 22.1% van de aanvaringen of aandrijvingen de turbine als gevolg ervan scheef staat. In 53.4% en 44.1% van de gevallen zal er geen schade aan de turbine zijn. Dat dit percentage voor de variant met 10 MW turbines op monopiles lager ligt dan voor de variant met 6 MW op jackets, heeft vooral te maken met het lagere aandeel van aanvaringen door doorvaart bij de laatste variant (zie Tabel 5-2). Deze aanvaringen vinden namelijk met relatief lage impact plaats. Zoals eerder vermeld wordt de vorm van de fundering (jacket of monopile) in de berekeningen niet meegenomen bij het bepalen van de schade.

Tabel 5-5 *Aandeel in de totale aanvarings- of aandrijvingsfrequentie per variant en type schade aan de turbine*

Schade aan turbine	6 MW variant		10 MW variant	
	Aantal per jaar	Aandeel in frequentie variant	Aantal per jaar	Aandeel in frequentie variant
Geen	0.026730	53.4%	0.010501	44.1%
Scheef	0.009220	18.4%	0.005267	22.1%
Omvallen	0.013800	27.6%	0.007897	33.2%
GosMos	0.000299	0.6%	0.000145	0.6%
Totaal	0.050048	100.0%	0.023810	100.0%

Op basis van de gemiddelde massa van een bepaald scheepstype en scheepsgrootte en de gemiddelde snelheid kan de kinetische energie bepaald worden op het moment van 'impact'. De verdeling van de aanvaar/aandrijffrequenties voor de verschillende impactenergieniveaus is gegeven in Tabel A1-5.

Uit deze tabel volgt dat bij de 6 MW variant ongeveer 51.9% van de contacten met turbines door driften wordt veroorzaakt, en 48.1% door rammen. Voor 34.0% van de gevallen is het energieniveau lager dan 1 MJ. Hierbij is vrijwel altijd sprake van niet-routegebonden verkeer (33.8% tegen 0.2% routegebonden verkeer).

Figuur A1-2 bevat nogmaals de aanvaringsfrequenties, maar in dit geval alleen voor schepen groter dan 24m. Met deze figuur wordt weergegeven hoe vaak aanvaringen met een bepaalde impact voorkomen. Het aantal aanvaringen dat een impact heeft boven een bepaalde energiewaarde, zal afnemen naarmate die drempelwaarde (op de y-as) toeneemt. De lijnen lopen dus richting de y-as. De groene lijn valt ongeveer bij 300 MJ ($\approx 10^{2.5}$) samen met de y-as. Dit betekent dat er nooit aandrijvingen met een impact van meer dan 300 MJ plaatsvinden. De blauwe en rode lijn vallen vanaf dat energieniveau samen. Alleen aanvaringen hebben dus een impact van meer dan 300 MJ.

5.3.3 Milieuschade

De schade aan het milieu als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine wordt bepaald door de hoeveelheid olie die uit een schip stroomt. Er worden twee hoofdtypen olie onderscheiden: bunkerolie en ladingolie. In Tabel A1-6 wordt voor de eerste variant de frequentie voor de uitstroom van bunkerolie gegeven voor

verschillende volumeklassen voor de uitstroom. In Tabel A1-7 wordt de frequentie van de uitstroom van ladingolie gegeven. Voor de uitstroom van ladingolie wordt uitgegaan van enkelwandige tankers. In Tabel A1-8 worden beide oliesoorten naast elkaar gezet.

De totale kans op een uitstroom van olie en de gemiddelde hoeveelheid uitstroom per jaar per variant is gegeven in Tabel 5-6. Op basis van de frequenties is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie bepaald, bijvoorbeeld $1/(0.001284+0.000078) \approx 734$ jaar voor de 6 MW variant.

De gemiddelde uitstroom van 1.357 m^3 ladingolie voor deze variant in Tabel 5-6 dient alleen als vergelijking. Een uitstroom van 1.357 m^3 ieder jaar geeft immers een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van 1357 m^3 eens in de 1000 jaar op één bepaald moment. In de appendix is daarom in Tabel A1-6 en Tabel A1-7 de verdeling van het uitstroomvolume over verschillende volumeklassen gegeven.

Om een idee te krijgen van wat dit betekent is de uitstroom aan olie ten gevolge van een ongeval (alle verschillende typen) voor het gehele NCP toegevoegd (uit [7]). Dit getal geldt voor de situatie zonder windparken, en gaat nog uit van de oude routestructuur van voor 1 augustus 2013. De frequentie van uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het NCP neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een windturbine van variant 6 MW toe met $(0.001284+0.000078) / (0.353402+0.148723) * 100 \approx 0.27\%$. Voor de 10 MW variant ligt dit lager (0.16%).

Tabel 5-6 *Uitstroomfrequentie en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie*

Variant	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Eens in de ... jaar
Variant 6 MW	0.001284	779	0.400	0.000078	12746	1.357	734
Variant 10 MW	0.000735	1360	0.238	0.000047	21134	0.828	1278
Gehele NCP (zonder windparken) ¹	0.353402	2.8	68.04	0.148723	6.7	1499.5	2

Uit Tabel 5-6 volgt ook dat zowel de frequentie als de gemiddelde hoeveelheid uitstroom bunker- en ladingolie hoger is voor de 6 MW variant dan voor de 10 MW variant.

Naast de uitstroom van olie veroorzaakt ook de uitstroom van chemicaliën schade aan het milieu. Niet alle soorten chemicaliën zijn even schadelijk voor het milieu. De mate waarin een bepaalde stof schadelijk is, wordt aangeduid met het ecologisch risico. In Tabel 5-7 worden de frequenties gegeven van de uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine per ecologisch risico.

De frequentie van uitstroom van chemicaliën is voor de 6 MW variant hoger dan voor de 10 MW variant.

¹ De uitstroom als gevolg van een ongeval (alle verschillende typen) op het gehele NCP zonder windparken [7]. Hierbij is nog uitgegaan van de oude routestructuur op de Noordzee, en niet de situatie vanaf augustus 2013.

Tabel 5-7 *Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Ecologische risico-indicator	Variant 6 MW	Variant 10 MW
Zeer hoog ecologisch risico	0.000062	0.000037
Hoog ecologisch risico	0.000015	0.000009
Gemiddeld ecologisch risico	0.000011	0.000007
Gering ecologisch risico	0.000084	0.000049
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000050	0.000029
Totaal	0.000223	0.000130
Eens in de ... jaar	4487	7679

5.3.4 Persoonlijk letstel

Persoonlijk letstel wordt veroorzaakt doordat de gondel en de mast op het dek van een schip kunnen vallen als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een turbine. In Tabel A1-10 is voor de 6 MW variant een overzicht gegeven van het aantal directe doden als gevolg van het op het dek vallen van de gondel en de mast. Ook wordt een indicatie gegeven van het groepsrisico. Bij het groepsrisico is de kans op een ramp met meer dan 10 dodelijke slachtoffers gegeven. Een dergelijke ramp doet zich alleen maar voor wanneer een ferry, container- of RoRo-schip de windturbine aanvaart, waarna deze knikt en op het dek terecht komt.

Bij de 6 MW variant is het verwachte gemiddelde aantal doden per jaar als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een turbine 0.000218 (2.18×10^{-4} , zie Tabel A1-10). Het verwachte aantal doden voor de 10 MW variant is 0.000146 (1.46×10^{-4} , zie Tabel A2-10). Voor de frequenties per scheepstype wordt verwezen naar de detailtabellen in Appendix A.

5.4 Effecten en overige risico's voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur

Naast de mogelijke aanvaringen met windturbines kan de aanwezigheid van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) ook op andere gebieden effect hebben op de scheepvaart. Zo zal omvaren van schepen voor extra kosten zorgen en zal door omvaren de dichtheid op de verkeersroutes op zee toenemen. Bovendien heeft het verleggen van de routes en een verandering van intensiteiten ook een mogelijk effect op de onderlinge ontmoetingen van schepen, en daarmee ook op het risico van onderlinge aanvaringen.

Tabel 5-8 geeft de effecten van de aanwezigheid van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) op de scheepvaartongevallen buiten het windenergiegebied op de EEZ, als gevolg van de veranderingen van de vaarroutes ten opzichte van het basis scenario zonder windparken. Aangezien de drukke verkeersstromen rond het windenergiegebied niet verschuiven en alleen de rustigere stromen door het gebied beïnvloed worden, zijn er niet of nauwelijks effecten waarneembaar in deze resultaten.

5.4.1 Aantal aanwezige schepen

In de bovenste rijen van de tabel staan in de laatste drie kolommen de effecten op de aantallen aanwezige schepen per scheepstype. De eerste kolom hiervan geeft het absolute aantal aanwezige schepen onder het cumulatieve scenario met aanwezigheid van windparken alle kavels van het windenergiegebied. De kolom daarnaast geeft het absolute verschil ten opzichte van het basis scenario en de laatste kolom geeft het relatieve verschil ten opzichte van het basis scenario.

5.4.2 Veiligheid

In de tabel staat onder 'veiligheid' het effect van de veranderde routes op het aantal ongevallen weergegeven per ongevalstype. De eerste kolom geeft het aantal ongevallen in het verkeersscenario waarbij alle kavels in het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) zijn afgesloten. De kolommen ernaast geven respectievelijk de absolute en relatieve toename of afname ten opzichte van het basis scenario. Er is een kleine toename van het totale aantal ongevallen te zien van 0.0447 per jaar (0.17%). Dit komt met name door een kleine toename van het aantal aanvaringen (toename 0.344%), en een kleine toename van het aantal strandingen door motorstoring (0.042%). De toename van het aantal aanvaringen wordt (in de berekeningen) met name veroorzaakt doordat het niet-routegebonden verkeer groter dan 24m vanuit het windenergiegebied verplaatst is naar de omringende gebieden, waaronder ook de gebieden met drukke vaarroutes. Het is echter niet zeker waar bijvoorbeeld de vissersschepen in de nieuwe situatie zullen gaan vissen, en het ligt voor de hand dat dit buiten de drukke vaarroutes zal zijn. De toename zal derhalve in werkelijkheid kleiner zijn.

5.4.3 Economisch effect

Het economisch effect komt tot uitdrukking in het aantal afgelegde zeemijlen in de EEZ. Het aantal afgelegde zeemijlen verandert vrijwel niet. De kleine toename door omvaren voor de EEZ is door afronding niet zichtbaar in de tabel.

5.4.4 Emissies

De extra emissies als gevolg van het nieuwe windparkscenario zijn gerelateerd aan de extra zeemijlen, en afhankelijk van scheepstype en scheepsgrootte. Deze extra emissies worden in de onderste rijen van de tabellen gegeven wat betreft CO₂, CO, SO₂ en NO_x door schepen in de gehanteerde verkeersdatabase, en alleen binnen de EEZ.

Tabel 5-8

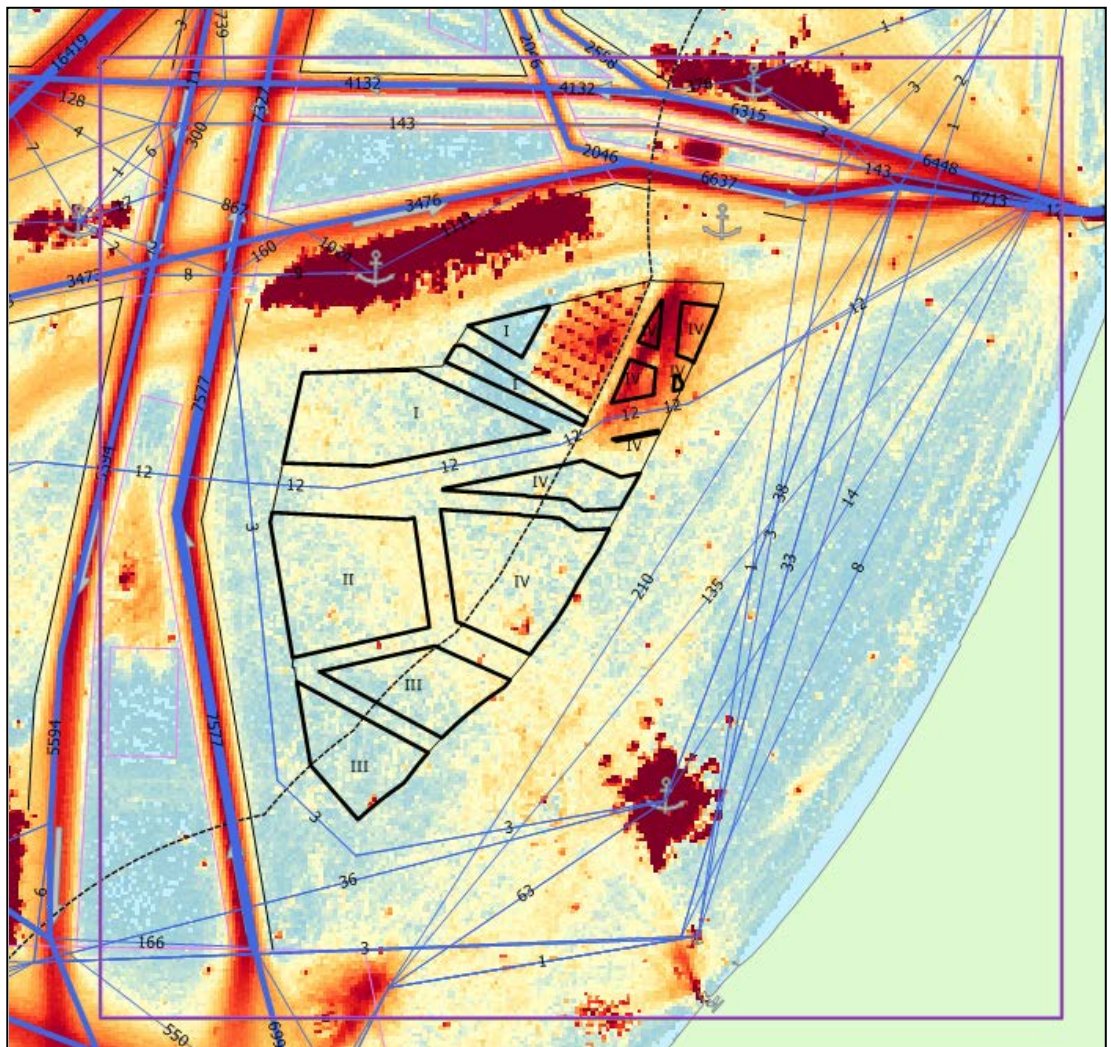
Scoretabel voor de effecten van de aanwezigheid van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) op de scheepvaart binnen de EEZ

Omschrijving	Eenheid	Resultaat voor EEZ na aanpassing van het verkeer volgens cumulatief scenario Hollandse Kust (zuid)	Absoluut effect cumulatief scenario t.o.v. het basis scenario	Relatief effect cumulatief scenario t.o.v. het basis scenario
Algemeen				
Gemiddeld aantal aanwezige schepen:				
OBO's		0.560	0.0000	0.000%
Chemicaliëntankers		26.558	0.0000	0.000%
Olietankers		8.914	0.0000	0.000%
Gastankers		5.387	0.0000	0.000%
Bulkers		10.310	0.0000	0.000%
Unitised		33.378	0.0000	0.000%
General Dry Cargo		50.832	0.0000	0.000%
Passagiersschepen + conventionele ferries		2.917	0.0000	0.000%
High Speed Ferries		0.052	0.0000	0.000%
Overig		1.842	0.0000	0.000%
Totaal routegebonden		140.750	0.0000	0.000%
Totaal niet-routegebonden (zie 3.3.1.2)		151.386	0.0000	0.000%
Veiligheid				
Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	aantal/jaar	12.835	0.0440	0.344%
Stranding als gevolg van navigatiefout	aantal/jaar	8.600	0.0000	0.000%
Stranding als gevolg van motorstoring	aantal/jaar	1.577	0.0007	0.042%
Zinken	aantal/jaar	0.659	0.0000	0.001%
Gat in scheepshuid	aantal/jaar	1.356	0.0000	0.001%
Brand/explosie	aantal/jaar	1.228	0.0000	0.000%
Totaal		26.255	0.0447	0.170%
Economische effect				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€ / jaar	1447.769	0.0000	0.000%
Emissies				
CO2	kton / year	4651	0	0.000%
CO	kton / year	18	0	0.000%
SO2	kton / year	48	0	0.000%
NOx	kton / year	121	0	0.000%

5.4.5 Lokale effecten wijziging routestructuur

Naast de effecten als gevolg van een wijziging in de routestructuur voor de gehele EEZ is ook naar het lokale effect gekeken. Hiervoor zijn dezelfde parameters bepaald als weergegeven in Tabel 5-8, alleen nu voor het paars omrande gebied weergegeven in Figuur 5-1. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 5-9

Ook lokaal is een lichte toename van het totaal aantal ongevallen te zien van 0.0456 (3.845% voor dit gebied). Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door toename van het aantal aanvaringen met 7.389% en voor een klein deel door toename van het aantal strandingen door motorstoring met 0.592%. Zoals al beschreven bij de resultaten voor de EEZ, komt de toename van het aantal aanvaringen door verplaatsing van het niet-routegebonden verkeer groter dan 24m vanuit het windenergiegebied naar de directe omgeving van het gebied.



Figuur 5-1 Het beschouwde gebied voor de lokale analyse

Tabel 5-9

Scoretabel voor de effecten van de aanwezigheid windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) op de scheepvaart binnen een lokaal gebied (zie Figuur 5-1)

Omschrijving	Eenheid	Resultaat voor directe omgeving na aanpassing van het verkeer volgens cumulatief scenario Hollandse Kust (zuid)	Absoluut effect cumulatief scenario t.o.v. het basis scenario	Relatief effect cumulatief scenario t.o.v. het basis scenario
Algemeen				
Gemiddeld aantal aanwezige schepen:				
OBO's		0.009	0.0000	0.000%
Chemicaliëntankers		1.299	0.0000	0.000%
Olietankers		0.372	0.0000	0.000%
Gastankers		0.108	0.0000	0.000%
Bulkers		0.398	0.0000	0.000%
Unitised		1.190	0.0000	0.000%
General Dry Cargo		2.353	0.0000	0.000%
Passagiersschepen + conventionele ferries		0.157	0.0000	0.000%
High Speed Ferries		0.000	0.0000	
Overig		0.013	0.0000	0.000%
Totaal routegebonden		5.899	0.0000	0.000%
Totaal niet-routegebonden (zie 3.3.1.2)		12.489	0.0000	0.000%
Veiligheid				
Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	aantal/jaar	0.655	0.0451	7.389%
Stranding als gevolg van navigatiefout	aantal/jaar	0.289	0.0000	0.000%
Stranding als gevolg van motorstoring	aantal/jaar	0.084	0.0005	0.592%
Zinken	aantal/jaar	0.047	0.0000	0.004%
Gat in scheepshuid	aantal/jaar	0.085	0.0000	0.008%
Brand/explosie	aantal/jaar	0.071	0.0000	0.006%
Totaal		1.231	0.0456	3.845%
Economische effect				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€ / jaar	55.719	0.0084	0.015%
Emissies				
CO2	kton / year	176	0	0.014%
CO	kton / year	1	0	0.012%
SO2	kton / year	2	0	0.014%
NOx	kton / year	5	0	0.011%

5.5 Het effect van het werkverkeer op het risico

Gedurende de bouwperiode varen dagelijks enkele schepen van en naar het windpark. De meeste van deze vaarbewegingen worden uitgevoerd met normale snelheid en geven daardoor niet meer hinder voor de andere scheepvaart dan een normale scheepsbeweging. Het effect van deze scheepvaart op het totale risico in een gebied hangt af van de drukte in het gebied. Deze vaarbewegingen moeten gezien worden als normale bedrijvigheid. Het verhoogde risico is van tijdelijke aard.

IJmuiden zal de uitvalsbasis voor het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) worden. Vanuit IJmuiden naar kavel III is het gemiddeld ongeveer 2.5 uur varen. Met acht schepen zijn dit $8 \times 2.5 \text{ uur} \times 2$ (heen + terug) = 40 extra vaaruren per dag. Tijdens de bouwperiode is dus gemiddeld $40/24 = 1\frac{2}{3}$ extra schip aanwezig (buiten het park) per dag. Deze extra scheepsbewegingen vinden voornamelijk overdag plaats. Op een totaal van gemiddeld 300 aanwezige schepen op het NCP is dit een verhoging van 0.56%. Gedurende de bouwperiode is de kans op een aanvaring tussen schepen door de verhoogde verkeersintensiteit daarom $(1.0056^2 - 1) \times 100\% \approx 1.11\%$ hoger¹ dan normaal. In de praktijk zal dit minder zijn omdat de schepen een deel van de tijd in relatief stille gebieden varen.

De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 0.56% (lineair met de toename van het aantal schepen).

5.6 Kwalitatieve beschouwing aanwezigheid individueel kavel

Het cumulatieve effect is in deze studie geen afzonderlijk onderwerp omdat de andere geplande windparken op de Noordzee de verkeersroutes voor het routegebonden verkeer niet zullen wijzigen. De nieuwe routestructuur is juist dusdanig ontworpen dat deze rekening houdt met reeds aangelegde en aan te leggen windparken. In het kader van het aanpassen van het stelsel in augustus 2013 zijn verschillende risicostudies uitgevoerd, bijvoorbeeld 'Risico voor de scheepvaart bij aanwijzing windgebied "Hollandse Kust"'[3]. Binnen deze studie komt ook het cumulatieve effect aan de orde.

Daarnaast is er in deze studie voor gekozen in de verkeersroutering rekening te houden met bebouwing in de overige kavels van windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) (zie 4.1). De beschouwde situatie is dus tevens het cumulatieve scenario waarin het verkeer ook om de windparken in andere kavels heen vaart. Afhankelijk van welke kavels er in windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) bebouwd zullen worden, zullen met name de routes door het gebied van en naar ankergebied Scheveningen en de route IJmuiden – Engeland verschuiven, zoals al in 4.1 is toegelicht.

Wanneer alleen kavel III bebouwd wordt, en de overige kavels niet, dan zal het verkeer van ankergebied Scheveningen naar het noordwesten, en vice versa, langs de noordoostelijke hoek van kavel III varen, min of meer zoals het in de huidige situatie ook vaart (zie Figuur 4-2). Dit betreft echter een relatief kleine verkeersstroom (426 schepen in vergelijking met de ruim 7500 noordgaand passerende schepen vanuit stelsel Maas Noord), en het aandeel hiervan in de aanvarings- en aandrijffrequenties is daardoor klein. De verplaatsing van deze verkeersstroom zal daarom nauwelijks effect hebben op de resultaten.

¹ Het aantal aanvaringen tussen schepen neemt kwadratisch met de intensiteit toe.

Het niet-routegebonden verkeer groter dan 24m dat buiten de windparken moet blijven, is in de berekeningen naar de directe omgeving van het windenergiegebied verplaatst, waardoor de aanvaarkansen voor turbines aan de westelijke en oostelijke rand relatief hoger zijn. Het is moeilijk te voorspellen waar deze schepen zullen gaan varen als de overige kavels niet bebouwd worden. Het kan zijn dat dit verkeer zich over de overige kavels verspreid, waardoor het op grotere afstand van kavel III vaart. De aanvaarkansen voor de windturbines aan de rand van kavel III zullen dan afnemen. Aan de andere kant, als de overige kavels niet zijn afgesloten, zal er in bijvoorbeeld kavel II ten noorden van kavel III niet-routegebonden verkeer varen dat nu in de berekeningen juist niet aanwezig is. De aanvaarkansen van de windturbines aan de noordelijke rand zullen daardoor juist weer toenemen.

5.7 Radardekking van de Nederlandse havens

Het te ontwikkelen windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) wordt gedeeltelijk gedekt door het bereik van de walradarketen (walradar plus steunzenders) vanuit de grote Nederlandse havens Rotterdam en Amsterdam/IJmuiden. Hierdoor is er nu radarzicht op de nog te ontwikkelen kavels.

Wanneer alle kavels in het windenergiegebied met windturbines bebouwd zijn, is het aannemelijk dat de kwaliteit en het bereik van het huidige radarbeeld van de walradarketen afneemt door de effecten (verstoringen) die windparken hebben op radar performance. De meest voorkomende effecten zijn hierbij het ontstaan van valse echo's achter de windparken (terwijl er drukke verkeersroutes achter het windenergiegebied lopen) en de degradatie van het huidige radarbeeld, zowel wat betreft bereik, betrouwbaarheid als nauwkeurigheid. Beide effecten zorgen voor verwarring met mogelijk gevaarlijk gedrag bij andere scheepvaart, en/of verwarring bij scheepvaartbegeleiding waardoor de scheepvaartveiligheid afneemt. Naar de exacte effecten van windparken op radar dient nog verder en specifiek onderzoek gedaan te worden.

De scheepvaartbegeleiding (VTS en Kustwacht) heeft weliswaar met de komst van AIS een ondersteunende sensor voor de beeldopbouw en is niet meer alleen afhankelijk van de radarwaarnemingen. Toch is het noodzakelijk dat de kwaliteit en het bereik van het radarbeeld van de walradarketen gegarandeerd kan worden. Voor de positiebepaling van schepen geeft een radarpositie de "ware" aanwezigheid van een object weer (verstoringen daargelaten) en geeft AIS een aanvullend of bevestigend beeld. De werking van AIS berust echter op een ander principe, waardoor nooit alleen op AIS-informatie vertrouwd kan worden voor de beeldopbouw. Een belangrijke reden hiervoor is dat AIS relatief eenvoudig gemanipuleerd kan worden door verstoring van buitenaf (spoofing/jamming) of door (bewust) menselijk handelen (uitschakelen van AIS of het bewust uitzenden van andere posities). Bovendien is ook niet gegarandeerd dat er in windparken volledige AIS dekking is.

5.8 Kruisende scheepvaart

Op dezelfde wijze als in 3.7 zijn voor twee locaties bij het windpark waar verkeer elkaar kan kruisen, de zichtlijnen en schaduwstukken bepaald zowel voor de variant met 6 MW turbines op jackets van 17 x 17 meter, als voor de variant met 10 MW op monopiles met een diameter van 10 meter. In het geval van de jackets is de grootte van het schaduwstuk ook afhankelijk van de hoek waaronder de jacket wordt gezien. Er wordt

daarom gerekend met de gemiddelde breedte waaronder het jacket wordt gezien, te weten 21.64m ($= (L+B) \times 2/p$).

De configuratie van het windpark ligt op dit moment nog niet vast, maar de resultaten voor de twee varianten geven een indicatie van eventuele hinder door zichtbelemmering.

5.8.1 Kruisend verkeer bij de zuidelijke hoek westwaarts

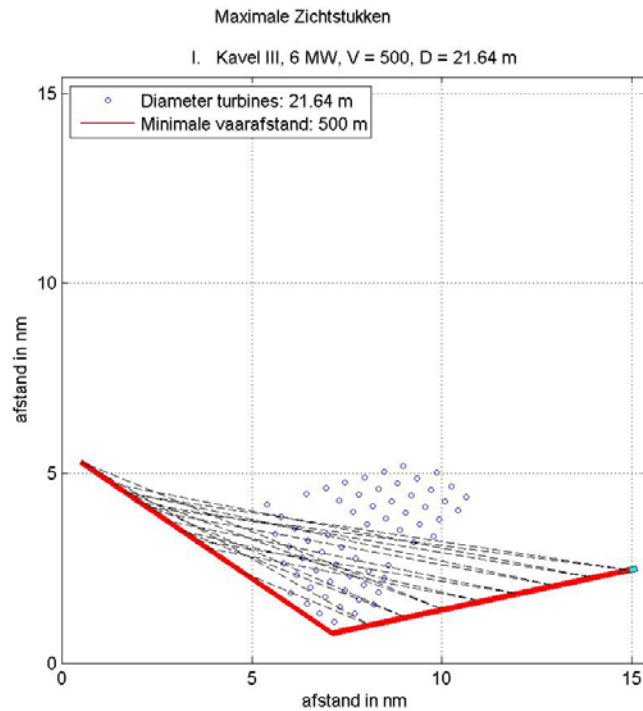
Bij de zuidelijke hoek van het windpark kan een westwaarts varende schip vanuit ankergebied Scheveningen een kleiner niet-routegebonden schip ontmoeten dat zuidoostwaarts langs de westelijke rand van het windpark vaart. Het westwaarts varende schip is hierbij uitwijkplichtig, en zal daarom het schip achter het windpark tijdig willen waarnemen. Aangenomen wordt dat beide schepen 500m afstand tot de buitenste windturbines aanhouden. In werkelijkheid is dit de minimale afstand, en zullen zeker de grotere schepen meer afstand houden.

In Figuur 5-2 en Figuur 5-3 is de situatie voor de twee varianten weergegeven. Hierbij zijn ter indicatie de maximale zichtstukken voor het westwaarts varende schip voor diverse posities tijdens het naderen weergegeven. In de figuren is te zien dat de hoek tussen de lijnen varieert. Dit geeft aan dat op sommige locaties het zicht op het traject van het andere schip beter is dan op andere.

Figuur 5-4 en Figuur 5-5 laten zien dat bij de 10 MW variant op monopiles het laatste schaduwstuk op iets meer dan 0.5 mijl van de kruising ligt. Dit schaduwstuk is ongeveer 30m. Voor de 6 MW variant op jackets zijn de schaduwstukken vanzelfsprekend groter. Dit is in de onderste grafiek van Figuur 5-5 te zien. Het laatste schaduwstuk voor de 6 MW variant ligt op ongeveer 0.6 mijl van de kruising, maar is ruim 100m lang.

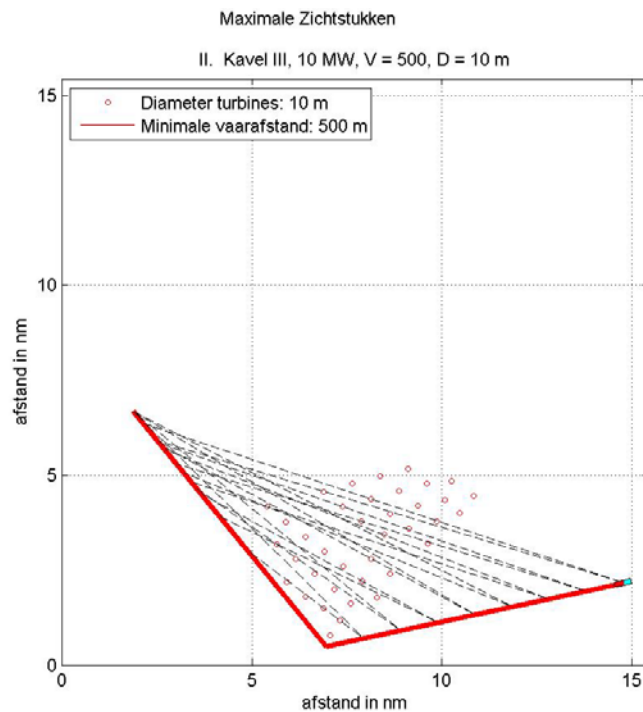
Kleinere schepen hebben aan de (in het slechtste geval) 0.6 mijl genoeg om uit te wijken; 0.6 mijl komt bij een snelheid van 12 knopen overeen met 3 minuten voordat het kruispunt wordt bereikt. Ook voor grotere schepen zal dit voldoende zijn voor een ontwijkende manoeuvre, maar juist om dit te voorkomen zullen schepen meer dan de krappe 500m afstand aanhouden.

In Figuur 5-6 is te zien dat wanneer de schepen 700m in plaats van 500m afstand aanhouden, het laatste schaduwstuk voor de 6 MW variant al is verschoven van 0.6 mijl naar 1 mijl voor de kruising.



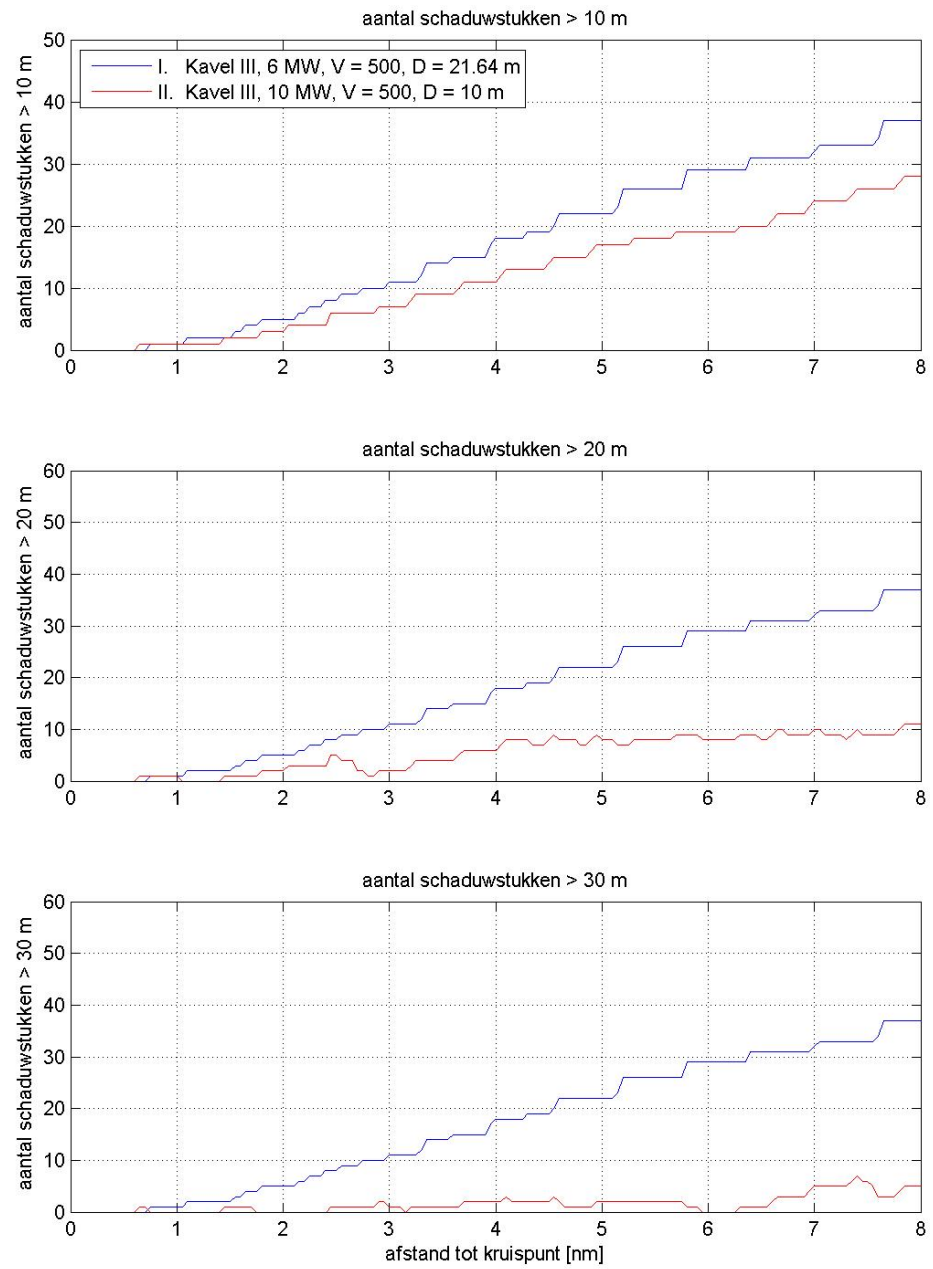
Figuur 5-2

Ontmoeting met een zuidoostwaarts langs het park varende schip bij de zuidelijke hoek van kavel III, gezien vanuit een westwaarts varende schip vanuit ankergebied Scheveningen voor de 6 MW variant met jackets

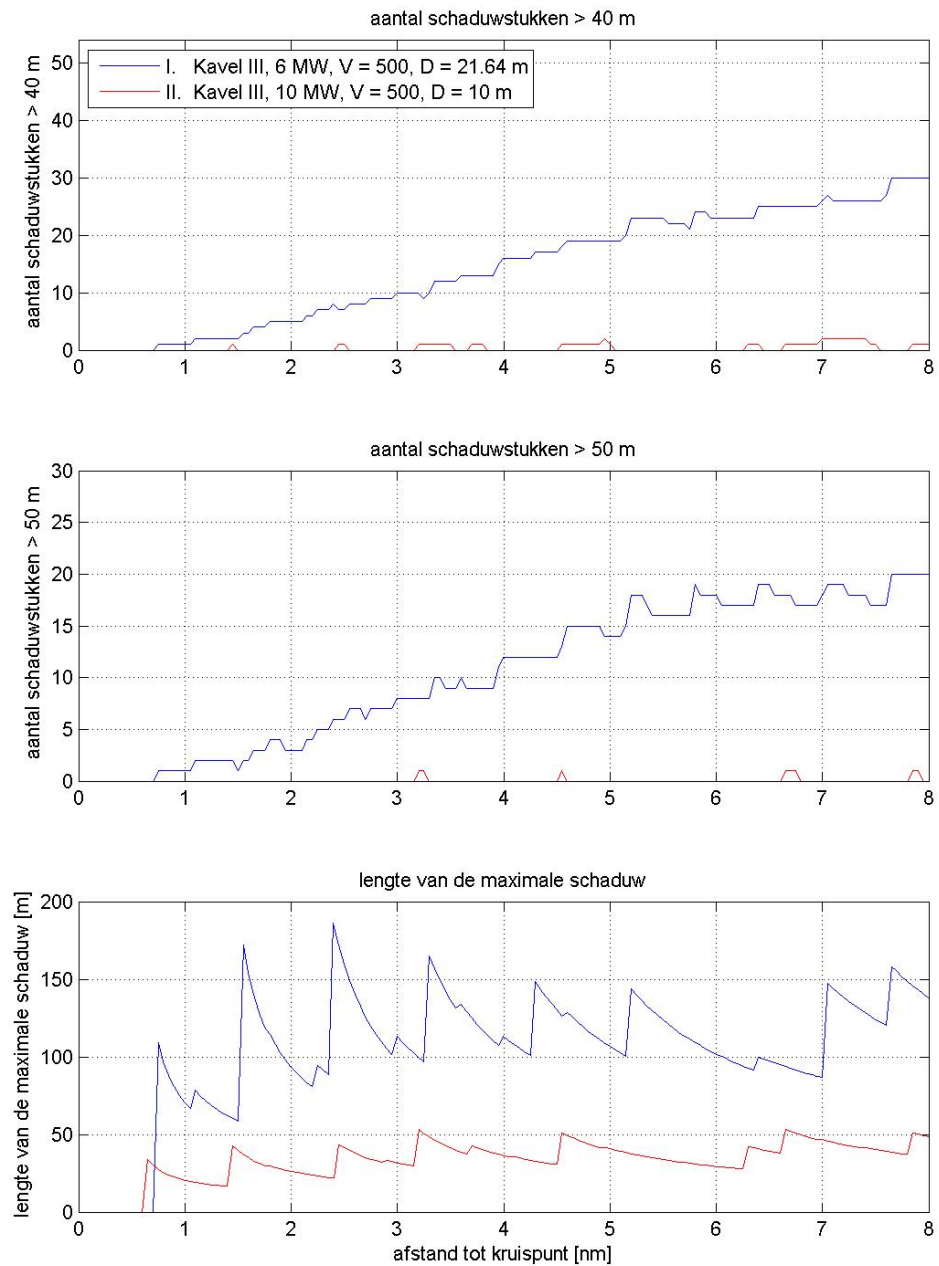


Figuur 5-3

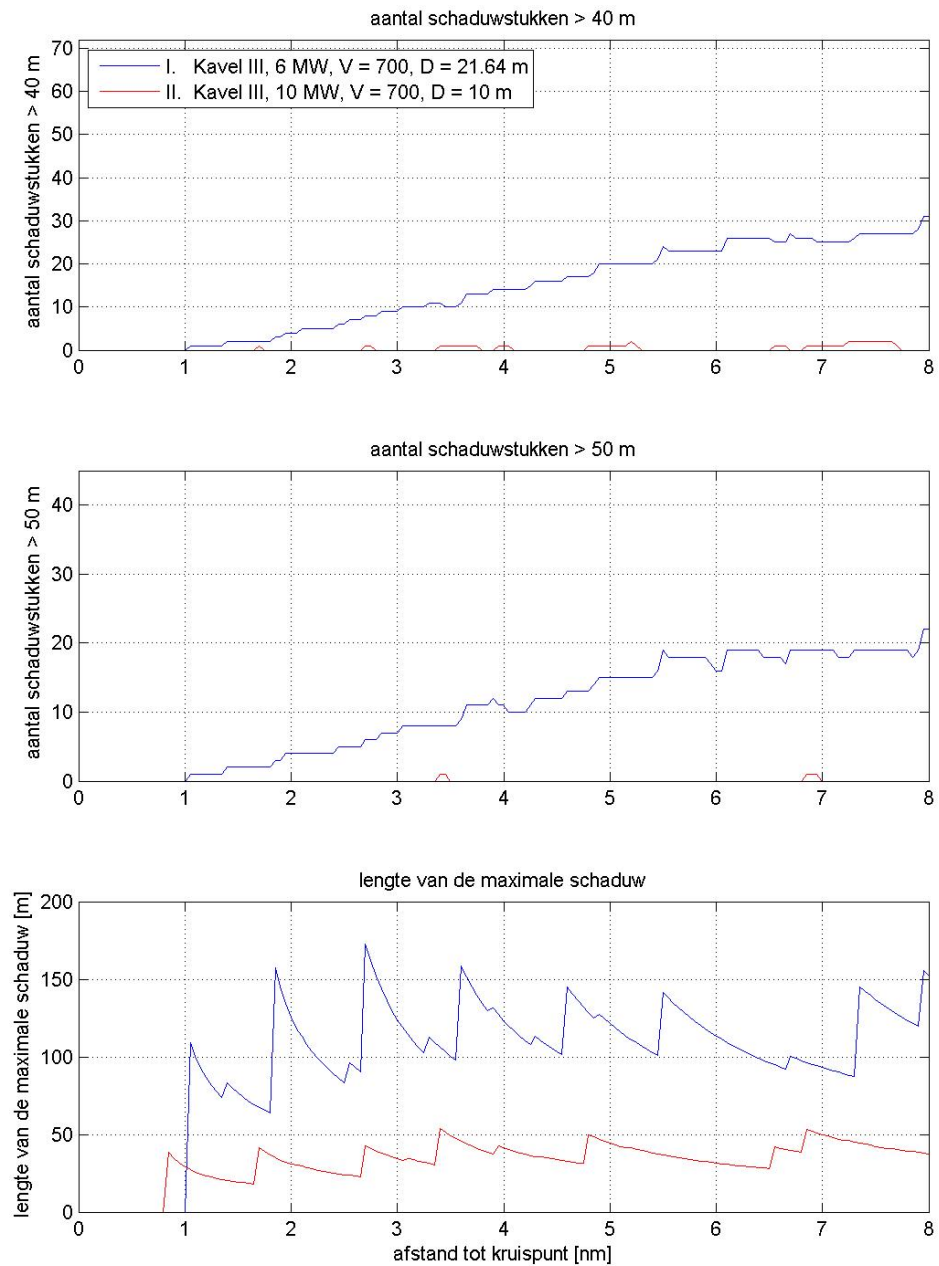
Ontmoeting met een zuidoostwaarts langs het park varende schip bij de zuidelijke hoek van kavel III, gezien vanuit een westwaarts varende schip vanuit ankergebied Scheveningen voor de 10 MW variant met monopiles


Figuur 5-4

Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting bij de zuidelijke hoek gezien vanuit het westwaarts varende schip voor beide varianten


Figuur 5-5

Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting bij de zuidelijke hoek gezien vanuit het westwaarts varende schip voor beide varianten


Figuur 5-6

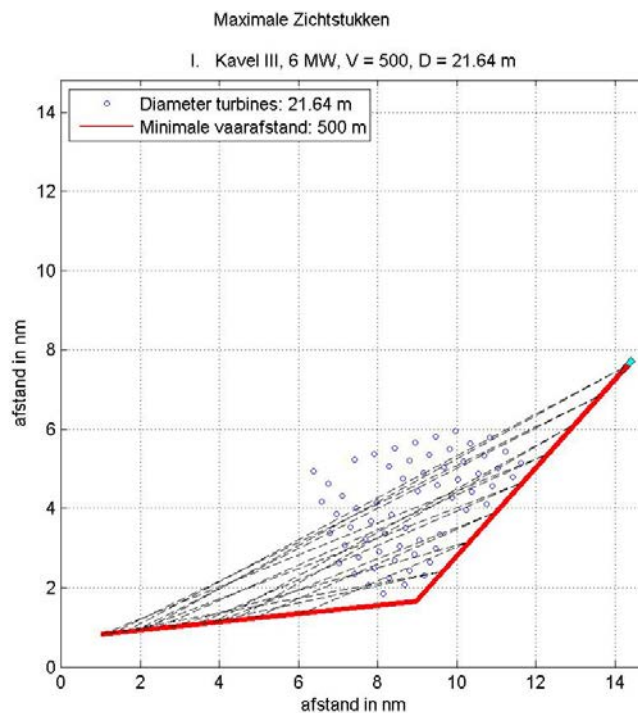
Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting bij de zuidelijke hoek gezien vanuit het westwaarts varende schip voor beide varianten voor het geval 700m afstand wordt gehouden

5.8.2 Kruisend verkeer bij de zuidelijke hoek zuidwestwaarts

Bij dezelfde zuidelijke hoek van het windpark kan een zuidwestwaarts langs het windpark varende schip richting Maas Noord, een oostwaarts richting Scheveningen varende schip ontmoeten. Het zuidwestwaarts varende schip is in dit geval uitwijkplichtig, en zal het oostwaarts varende schip vroegtijdig willen waarnemen.

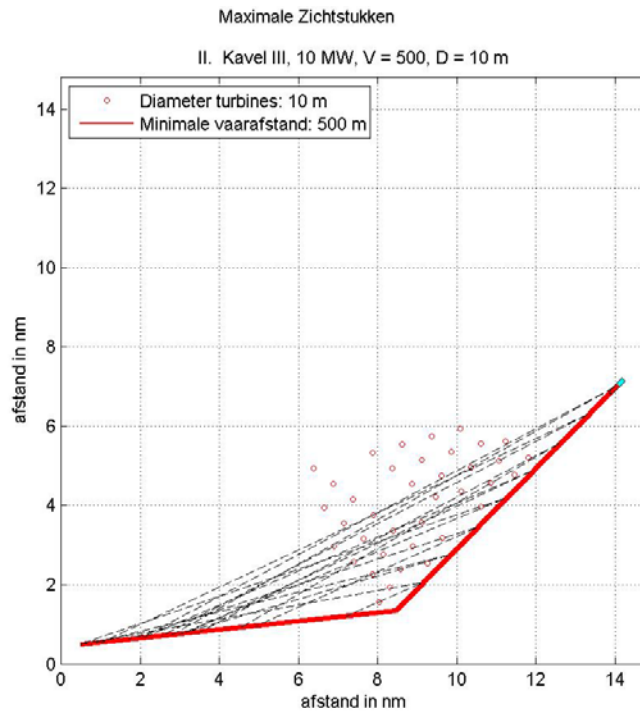
In Figuur 5-7 en Figuur 5-8 is de situatie voor de twee varianten weergegeven. Hierbij zijn ter indicatie de maximale zichtstukken voor het zuidwestwaarts varende schip voor diverse posities tijdens het naderen weergegeven. In de figuren is te zien dat de hoek tussen de lijnen varieert. Dit geeft aan dat op sommige locaties het zicht op het traject van het andere schip beter is dan op andere.

Figuur 5-10 laat zien dat er voor deze situatie voor de 10 MW variant binnen 1 mijl (5 minuten bij een snelheid van 12 knopen) voor het kruispunt geen schaduwstukken meer voorkomen en er dus vrij zicht is op het andere traject. Voor de 6 MW variant is dit zelfs binnen 1.4 mijl voor het kruispunt het geval (7 minuten). Dit laatste schaduwstuk voor de 6 MW variant op 1.4 mijl heeft wel een lengte van bijna 200m, genoeg om het gehele zicht op het oostwaarts varende schip te ontnemen. Het vrije zicht vanaf 1.4 mijl voor het kruispunt is vervolgens genoeg om eventueel een ontwijkende manoeuvre uit te voeren.



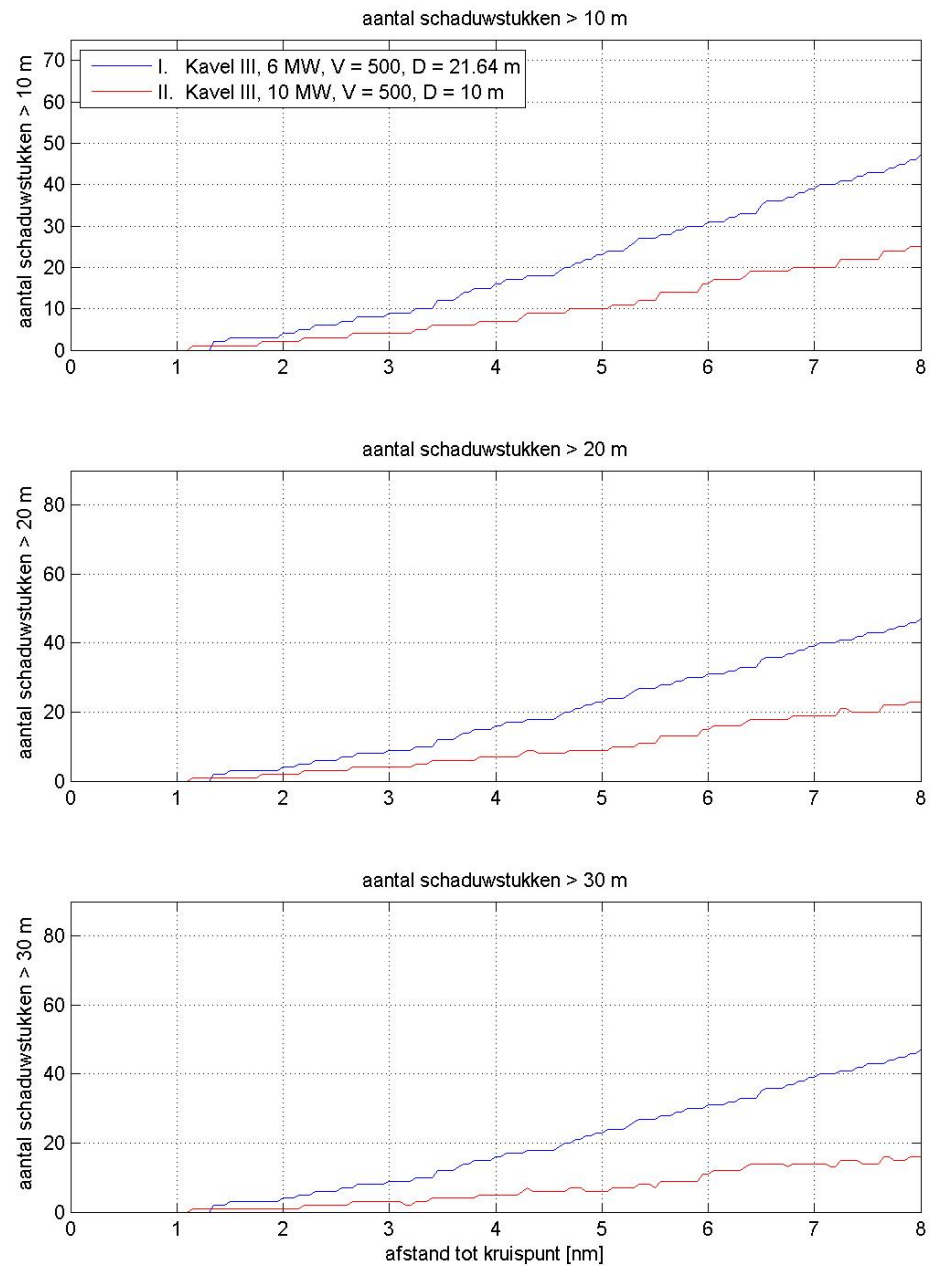
Figuur 5-7

Ontmoeting met een oostwaarts richting Scheveningen varende schip bij de zuidelijke hoek van kavel III, gezien vanuit een zuidwestwaarts langs het park varende schip voor de 6 MW variant met jackets

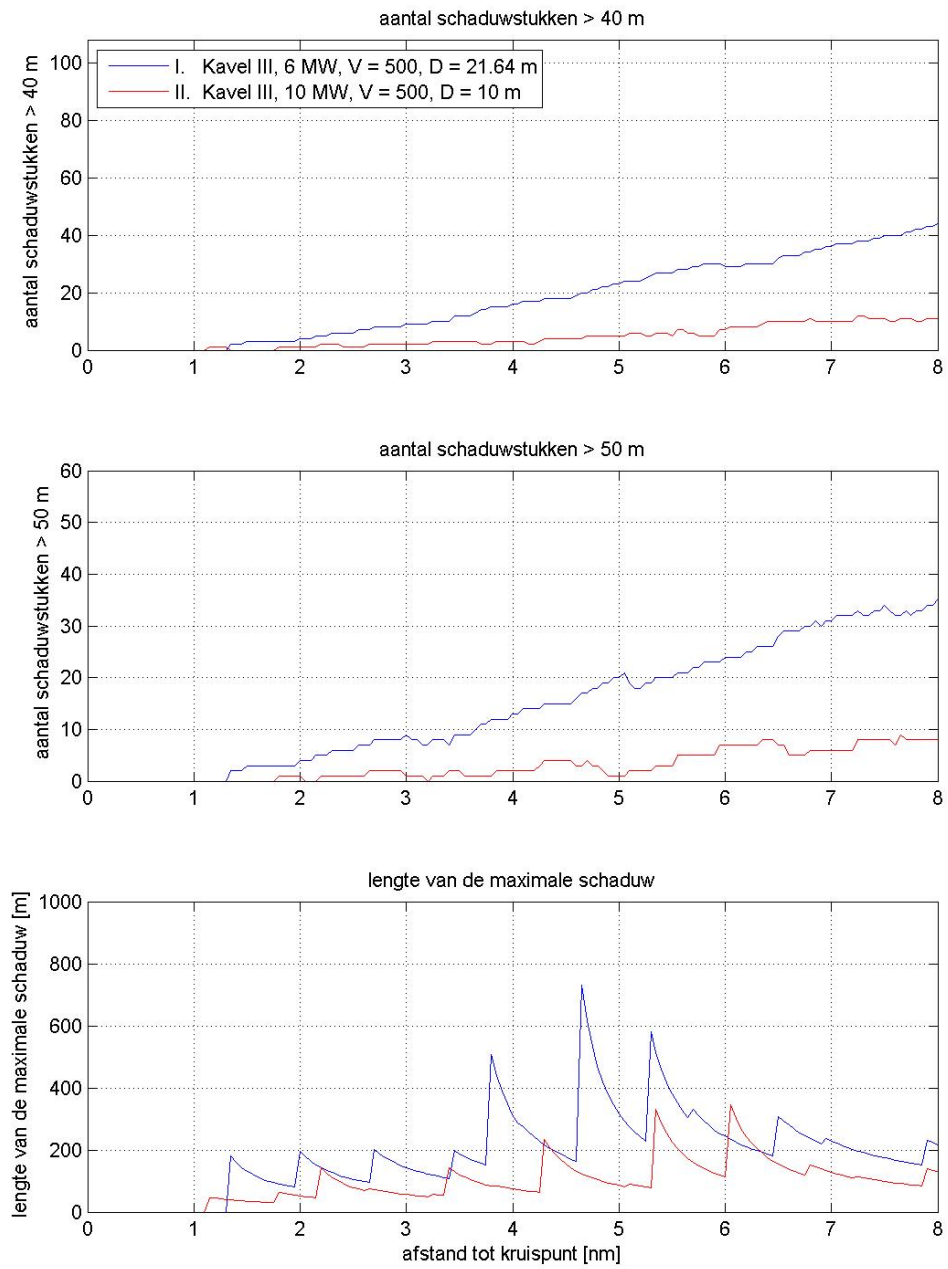


Figuur 5-8

Ontmoeting met een oostwaarts richting Scheveningen varend schip bij de zuidelijke hoek van kavel III, gezien vanuit een zuidwestwaarts langs het park varend schip voor de 10 MW variant met monopiles


Figuur 5-9

Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting bij de zuidelijke hoek gezien vanuit het zuidwestwaarts langs het windpark varende schip voor beide varianten


Figuur 5-10

Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting bij de zuidelijke hoek gezien vanuit het zuidwestwaarts langs het windpark varende schip voor beide varianten

6 MAATREGELEN

6.1 Gebruik van AIS

Sinds 1 januari 2005 zijn alle zeevaartschepen boven de 300 GT (ongeveer 55 m) wettelijk verplicht om een AIS-transponder (Automatic Identification System) aan boord te hebben die de positie van het schip continu uitzendt. Recentere wetgeving legt ook kleinere schepen zoals vissers en recreatievaart de verplichting op om AIS te gebruiken. Schepen die in de buurt varen kunnen de uitgezonden signalen met hun eigen AIS ontvangen, waarmee de positie, koers en snelheid van het andere schip bekend wordt. AIS, mits geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug (zoals radar en/of elektronische zeekaart) en uitgaande van goede regelmatige overdracht van signalen, biedt in dat geval extra mogelijkheden om het kruisende schip vroegtijdig te zien, temeer daar AIS minder storingsgevoelig is dan radar door de aanwezigheid van windturbines in het windpark.

De goede regelmatige overdracht van signalen is hierbij wel een vereiste, en deze kan in het geding komen als de bandbreedte vol raakt en er niet voldoende time-slots beschikbaar zijn om elke twee seconden een positie update te geven. Hierdoor kunnen de posities uit de AIS van zulke schepen op de navigatiehulpmiddelen afwijken van de werkelijkheid en van de radar-posities. Een gegarandeerde AIS-dekking op zowel A- en B-niveau en een goede, regelmatige overdracht van signalen is daarbij wel een vereiste, en deze kan in het geding komen als de bandbreedte vol raakt en er niet voldoende time-slots beschikbaar zijn om elke twee seconden een positie update te geven. Als de AIS dekking of capaciteit van infrastructuur niet voldoende is voor het scheepvaartaanbod, dan zullen de posities uit de AIS van schepen op de navigatiehulpmiddelen van alle gebruikers (zowel VTS/Kustwacht als varende schepen) niet correct zijn. In deze gevallen zal AIS haar updates prioriteren via haar eigen algoritmes. Hierdoor zullen sommige schepen niet meer worden weergegeven en zullen andere met een tijdsvertraging worden weergegeven; AIS wijkt dan af van de werkelijkheid en van de radar-posities.

De verwachting is dat AIS, vooral wanneer AIS is geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug, de veiligheid op zee zal bevorderen. In het SAFESHIP-project en de harmonisatie van de aannamen ten behoeve van veiligheidsstudies voor windparken voor de Duitse autoriteiten [6] is geconcludeerd dat door AIS de kans dat een schip tegen een windturbine aanvaart (rammen) zal afnemen met 20%.

Inmiddels varen de meeste vissers met een AIS-transponder, en gaat ook het overige kleine verkeer (recreatie) steeds meer AIS gebruiken, juist vanwege het veiligheidsaspect (kleine schepen worden met correct werkende AIS infrastructuur "gezien" door grotere). Hierdoor zal het probleem van kruisende scheepvaart steeds minder groot worden, mits echter de positie-updates voor de kleinere schepen ook continu worden doorgegeven. Zoals boven beschreven is het niet gegarandeerd dat dit altijd het geval is.

Door AIS zal de kans op een aandrijving niet veranderen. Een hele kleine (eerder theoretische) reductie wordt verwacht doordat een te hulp geroepen sleepboot de positie van de drifter beter kent en ook doordat men met de AIS-data sneller in staat is de dichtstbijzijnde sleepboot naar de drifter te sturen.

6.2 Inzet van een ETV (Emergency Towing Vessel)

Zoals uit de berekeningen volgt, geeft aandrijven het grootste risico. Een aandrijving, als gevolg van een storing in de voortstuwing, wordt voorkomen wanneer het schip voor anker kan gaan of de storing op tijd verholpen wordt. Met deze processen is in de berekening rekening gehouden.

Een derde mogelijkheid waardoor de storing niet tot een aandrijving leidt is wanneer de drifter vroegtijdig wordt opgevangen door een sleepboot.

Een sleepboot van de Nederlandse overheid (ETV, Emergency Towing Vessel) wordt naar een drifter gestuurd zodra er een melding binnenkomt bij de Kustwacht. Een dergelijke ETV kan een aandrijving voorkomen wanneer het schip de drifter kan bereiken voordat een windturbine wordt geraakt. De reductie van het aantal aandrijvingen hangt sterk af van de positie van de ETV op het moment van de melding. De thuishaven van de ETV is Den Helder. Bij een windkracht vanaf 5 Beaufort kan de ETV op wacht liggen in het Texel-verkeersscheidingsstelsel, omdat bij deze weersomstandigheden de kans op een drifter relatief groot is, evenals de kans op een aandrijving omdat de driftsnelheid relatief groot is.

De plaats van de ETV bij het verkeersscheidingsstelsel is gebaseerd op het huidige gevaar van een drifter met het oog op de offshore olie- en gasplatforms. Wanneer er veel windparken gebouwd gaan worden zou de positie van de ETV bij slecht weer kunnen veranderen. Om deze reden is de ETV niet in de standaardberekening opgenomen.

Voor Hollandse Kust (zuid) is het effect van de ETV op het aantal aandrijvingen niet berekend. Het positioneren van de ETV in de buurt van windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) zal de aandrijvingskansen voor kavel III wel reduceren. Uit eerdere studies is gebleken dat dit kan leiden tot een reductie van meer dan 50% tot 80% (afhankelijk van de locatie van het windpark t.o.v. de positionering van de ETV).

7 CONCLUSIES

Voor twee windparkvarianten in kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) zijn berekeningen uitgevoerd naar de aanvaar- en aandrijfkansen van de turbines. Hierbij is uitgegaan van de situatie dat alle kavels in het windenergiegebied zijn bebouwd. Een analyse van de verkeersstromen maakt duidelijk dat dit uitgangspunt geen grote gevolgen heeft voor de resultaten. De verkeersstromen die door het gebied lopen en beïnvloed worden door aanwezigheid van windparken in de overige kavels, zijn relatief klein.

De bestudeerde varianten van kavel III betreffen een variant van 63 6 MW windturbines op jackets, en een variant van 38 10 MW turbines op een monopile. Schepen tot 24m zullen door de windparken mogen varen. Voor deze schepen zijn de aanvarings- en aandrijvingskansen apart berekend.

Onderstaande tabel (Tabel 5-2) geeft de totale kansen per variant. Voor de 6 MW variant zijn de kansen hoger dan voor de 10 MW variant. Dit komt zowel door het hogere aantal turbines als door het gebruik van jackets binnen de eerste variant.

De totale aanvaar- en aandrijffrequentie door verkeer groter dan 24m is 0.03474 voor de 6 MW variant, en 0.01860 voor de 10 MW variant. Dit is equivalent aan respectievelijk eens per 28.8 jaar en 53.8 jaar. Voor schepen kleiner dan 24m is de aanvaar- en aandrijffrequentie respectievelijk 0.01530 voor de 6 MW variant en 0.00521 voor de 10 MW variant, oftewel respectievelijk eens per 65.4 jaar en 191.9 jaar. Het energieniveau bij aanvaring is voor schepen kleiner dan 24m te laag om tot schade aan de windturbine te komen.

Van de aantallen ram-aanvaringen wordt in de berekeningen van de schade aangenomen dat 10% frontaal plaatsvindt, en 90% van de schepen slechts schampt. De frequentie van frontale ram-aanvaringen is dus een factor 10 lager dan van alle ram-aanvaringen in onderstaande tabel. Voor de 6 MW variant voor routegebonden schepen is dit dus bijvoorbeeld 0.000111 (eens per 9009 jaar).

Variant	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar	Eens per ... jaar
		R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
Kavel III 6MW Schepen >24m	63	0.00111	0.00898	0.01931	0.00536	0.03474	28.8
Kavel III 6MW Schepen <24m	63	0.00000	0.01399	0.00000	0.00131	0.01530	65.4
Kavel III 10MW Schepen >24m	38	0.00060	0.00363	0.01137	0.00299	0.01860	53.8
Kavel III 10MW Schepen <24m	38	0.00000	0.00463	0.00000	0.00058	0.00521	191.9

Als gevolg van de 6 MW variant wordt eens per 734 jaar een uitstroom van olie verwacht, terwijl dit voor de 10 MW eens per 1278 jaar is. De frequentie van uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het gehele NCP neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een windturbine in kavel III toe met respectievelijk 0.27% en 0.16%.

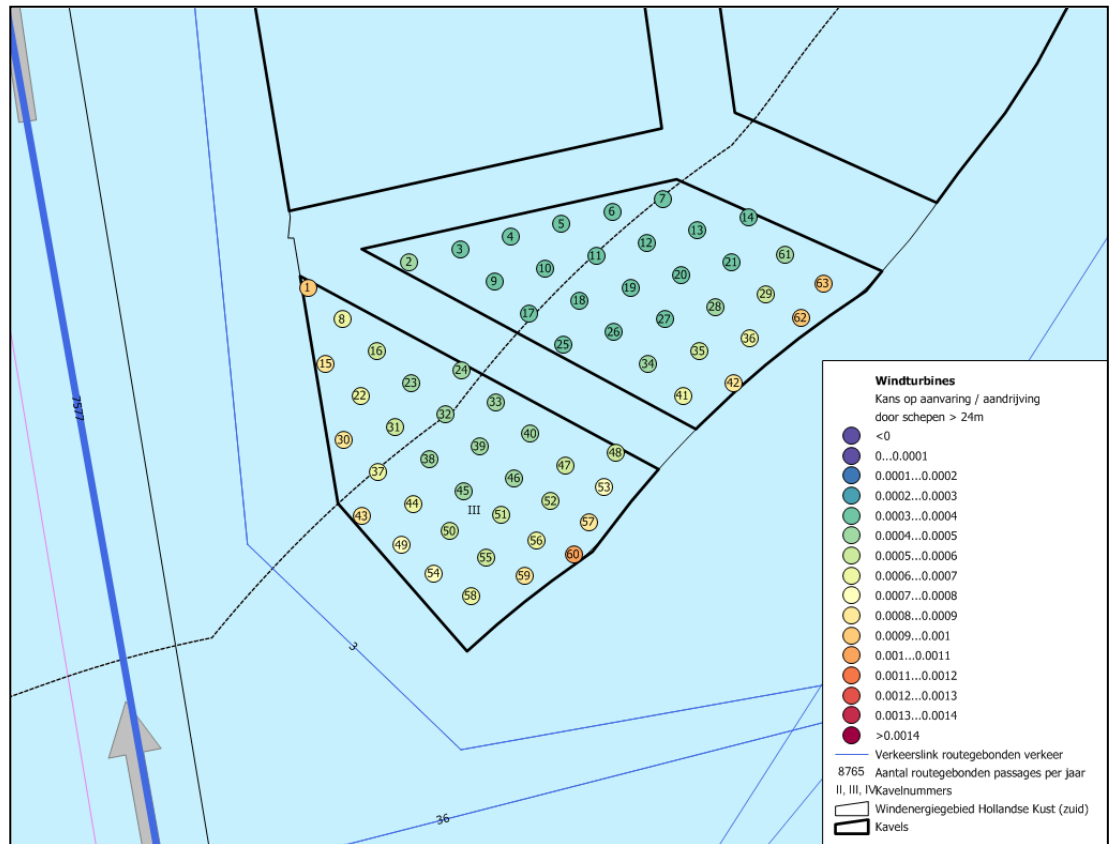
De frequentie van de uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van het windpark is weergegeven in de volgende tabel (Tabel 5-7). De verwachte uitstroom is voor de 6 MW variant eens per 4487 jaar en voor de 10 MW variant eens per 7679 jaar.

Ecologische risico-indicator	Variant 6 MW	Variant 10 MW
Zeer hoog ecologisch risico	0.000062	0.000037
Hoog ecologisch risico	0.000015	0.000009
Gemiddeld ecologisch risico	0.000011	0.000007
Gering ecologisch risico	0.000084	0.000049
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000050	0.000029
Totaal	0.000223	0.000130
Eens in de ... jaar	4487	7679

De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein. Bij de 6 MW variant is het verwachte gemiddelde aantal doden per jaar als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een turbine 2.18×10^{-4} . Het verwachte aantal doden voor de 10 MW variant is 1.46×10^{-4} .

REFERENTIES

- [1] C. van der Tak, J.H. de Jong
Safety Management Assessment Ranking Tool (SMART)
8th International Symposium on Vessel Traffic Services 1996
- [2] W.E. Walker, M. Pöyhönen, C. van der Tak, J.H. de Jong
POLSSS - Policy for Sea Shipping Safety, Executive Summary
RAND Europe and MARIN, December 1998
- [3] C. van der Tak
Risico voor de scheepvaart bij aanwijzing windgebied "Hollandse Kust"
MARIN, 26455-2-MSCN-rev.4, 19 september 2013
- [4] L. van Schaijk
Netwerkevaluatie Noordzee na invoering nieuwe stelsel
MARIN, 27918-1-MSCN-rev.2, 7 november 2014
- [5] J. Barentse
Nadere toelichting: Gevolgen van aanvaringen door de windturbine-installatie
Jacobs Comprimo Nederland, juli 2000
- [6] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Abschlussberichts der Unterarbeitsgruppe "Parameter für Risikoanalysen"
BSH 2005
- [7] Y. Koldenhof, C. van der Tak
Risico vervoer (milieu)gevaarlijke stoffen op zee
MARIN, 19287.630/4, juli 2004
- [8] Verdrag inzake de Internationale Bepalingen ter voorkoming van aanvaringen op zee (COLREGs)
Londen, 1972
- [9] L. van Schaijk
Actualisatie SAMSON – Niet-routegebonden verkeersdatabase
MARIN, 28556.602-1-MSCN-rev.0, 15 maart 2016

APPENDIX A1:
Resultaten kavel III variant 6 MW


Figuur A1-1 Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines voor kavel III variant 6 MW voor verkeer >24m

Tabel A1-1 Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel III variant 6 MW voor verkeer >24m

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
001.HKZ_III_6MW	5214.5	356.9	0.000113	0.000344	0.000393	0.000076	0.000927	1079
002.HKZ_III_6MW	5214.8	358.6	0.000020	0.000026	0.000325	0.000070	0.000441	2266
003.HKZ_III_6MW	5214.9	359.4	0.000010	0.000010	0.000306	0.000067	0.000394	2541
004.HKZ_III_6MW	5215.1	400.2	0.000004	0.000005	0.000287	0.000065	0.000360	2775
005.HKZ_III_6MW	5215.2	401.1	0.000002	0.000003	0.000274	0.000063	0.000342	2928
006.HKZ_III_6MW	5215.3	401.9	0.000001	0.000005	0.000264	0.000069	0.000340	2944
007.HKZ_III_6MW	5215.5	402.8	0.000000	0.000009	0.000255	0.000072	0.000336	2972
008.HKZ_III_6MW	5214.2	357.5	0.000067	0.000157	0.000376	0.000076	0.000675	1481
009.HKZ_III_6MW	5214.6	400.0	0.000006	0.000006	0.000295	0.000066	0.000374	2674
010.HKZ_III_6MW	5214.7	400.8	0.000003	0.000004	0.000280	0.000066	0.000353	2835
011.HKZ_III_6MW	5214.9	401.7	0.000001	0.000007	0.000271	0.000070	0.000349	2864
012.HKZ_III_6MW	5215.0	402.5	0.000001	0.000012	0.000261	0.000073	0.000347	2885
013.HKZ_III_6MW	5215.1	403.4	0.000000	0.000025	0.000253	0.000079	0.000357	2802
014.HKZ_III_6MW	5215.3	404.2	0.000000	0.000047	0.000239	0.000085	0.000371	2695
015.HKZ_III_6MW	5213.7	357.2	0.000097	0.000297	0.000392	0.000079	0.000864	1157
016.HKZ_III_6MW	5213.9	358.1	0.000040	0.000071	0.000359	0.000078	0.000548	1825
017.HKZ_III_6MW	5214.3	400.6	0.000004	0.000006	0.000288	0.000068	0.000365	2738
018.HKZ_III_6MW	5214.4	401.4	0.000002	0.000010	0.000280	0.000072	0.000363	2757
019.HKZ_III_6MW	5214.6	402.3	0.000001	0.000016	0.000267	0.000076	0.000360	2774

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
020.HKZ_III_6MW	5214.7	403.1	0.000000	0.000030	0.000255	0.000081	0.000366	2729
021.HKZ_III_6MW	5214.8	404.0	0.000000	0.000060	0.000247	0.000086	0.000393	2543
022.HKZ_III_6MW	5213.4	357.8	0.000062	0.000137	0.000374	0.000078	0.000652	1535
023.HKZ_III_6MW	5213.5	358.7	0.000028	0.000036	0.000345	0.000074	0.000484	2067
024.HKZ_III_6MW	5213.7	359.5	0.000012	0.000015	0.000314	0.000072	0.000413	2420
025.HKZ_III_6MW	5214.0	401.1	0.000003	0.000014	0.000286	0.000075	0.000377	2651
026.HKZ_III_6MW	5214.1	402.0	0.000001	0.000023	0.000274	0.000080	0.000379	2639
027.HKZ_III_6MW	5214.2	402.8	0.000001	0.000044	0.000261	0.000085	0.000391	2556
028.HKZ_III_6MW	5214.4	403.7	0.000000	0.000094	0.000253	0.000090	0.000437	2286
029.HKZ_III_6MW	5214.5	404.5	0.000000	0.000214	0.000244	0.000101	0.000560	1785
030.HKZ_III_6MW	5212.9	357.5	0.000089	0.000251	0.000393	0.000082	0.000813	1229
031.HKZ_III_6MW	5213.1	358.4	0.000040	0.000068	0.000363	0.000080	0.000551	1814
032.HKZ_III_6MW	5213.2	359.2	0.000016	0.000025	0.000327	0.000074	0.000443	2258
033.HKZ_III_6MW	5213.4	400.1	0.000008	0.000014	0.000308	0.000072	0.000401	2493
034.HKZ_III_6MW	5213.8	402.6	0.000001	0.000066	0.000271	0.000086	0.000424	2360
035.HKZ_III_6MW	5213.9	403.4	0.000001	0.000147	0.000260	0.000096	0.000503	1989
036.HKZ_III_6MW	5214.1	404.3	0.000001	0.000320	0.000250	0.000104	0.000675	1481
037.HKZ_III_6MW	5212.6	358.1	0.000058	0.000127	0.000380	0.000083	0.000648	1544
038.HKZ_III_6MW	5212.8	359.0	0.000024	0.000044	0.000348	0.000080	0.000495	2019
039.HKZ_III_6MW	5212.9	359.8	0.000011	0.000022	0.000319	0.000077	0.000429	2330
040.HKZ_III_6MW	5213.0	400.7	0.000006	0.000034	0.000306	0.000080	0.000425	2352
041.HKZ_III_6MW	5213.5	403.2	0.000001	0.000235	0.000269	0.000099	0.000604	1656
042.HKZ_III_6MW	5213.6	404.0	0.000001	0.000494	0.000255	0.000109	0.000859	1164
043.HKZ_III_6MW	5212.2	357.9	0.000085	0.000307	0.000401	0.000087	0.000880	1137
044.HKZ_III_6MW	5212.3	358.7	0.000036	0.000109	0.000373	0.000087	0.000604	1655
045.HKZ_III_6MW	5212.5	359.6	0.000017	0.000050	0.000333	0.000084	0.000484	2066
046.HKZ_III_6MW	5212.6	400.4	0.000009	0.000055	0.000316	0.000084	0.000464	2157
047.HKZ_III_6MW	5212.7	401.3	0.000004	0.000106	0.000301	0.000092	0.000503	1987
048.HKZ_III_6MW	5212.9	402.0	0.000002	0.000197	0.000288	0.000099	0.000586	1706
049.HKZ_III_6MW	5211.9	358.6	0.000051	0.000250	0.000388	0.000091	0.000780	1282
050.HKZ_III_6MW	5212.0	359.3	0.000025	0.000104	0.000348	0.000091	0.000568	1759
051.HKZ_III_6MW	5212.2	400.2	0.000011	0.000086	0.000326	0.000090	0.000513	1949
052.HKZ_III_6MW	5212.4	401.0	0.000006	0.000155	0.000312	0.000095	0.000568	1760
053.HKZ_III_6MW	5212.5	401.9	0.000003	0.000303	0.000297	0.000104	0.000707	1415
054.HKZ_III_6MW	5211.6	359.1	0.000038	0.000245	0.000379	0.000095	0.000756	1323
055.HKZ_III_6MW	5211.8	359.9	0.000018	0.000142	0.000338	0.000095	0.000593	1685
056.HKZ_III_6MW	5212.0	400.8	0.000009	0.000243	0.000322	0.000100	0.000674	1484
057.HKZ_III_6MW	5212.2	401.6	0.000005	0.000443	0.000307	0.000108	0.000863	1158
058.HKZ_III_6MW	5211.4	359.7	0.000026	0.000214	0.000350	0.000100	0.000690	1449
059.HKZ_III_6MW	5211.6	400.6	0.000013	0.000404	0.000333	0.000103	0.000853	1172
060.HKZ_III_6MW	5211.8	401.4	0.000008	0.000638	0.000316	0.000110	0.001072	933
061.HKZ_III_6MW	5214.9	404.8	0.000000	0.000166	0.000236	0.000096	0.000499	2005
062.HKZ_III_6MW	5214.3	405.1	0.000002	0.000622	0.000242	0.000116	0.000982	1018
063.HKZ_III_6MW	5214.6	405.5	0.000002	0.000563	0.000237	0.000115	0.000916	1091
Totaal per jaar			0.001108	0.008973	0.019312	0.005353	0.034746	29
Dit is eens in .. jaar			903	111	52	187	29	

Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel III variant 6 MW

Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
R-schepen	0.001105	905	0.019307	52	0.020412	49
N-schepen >24m	0.008975	111	0.005355	187	0.014330	70
Totaal schepen >24m	0.010080	99	0.024662	41	0.034742	29
N-schepen <24m	0.013987	71	0.001310	763	0.015297	65

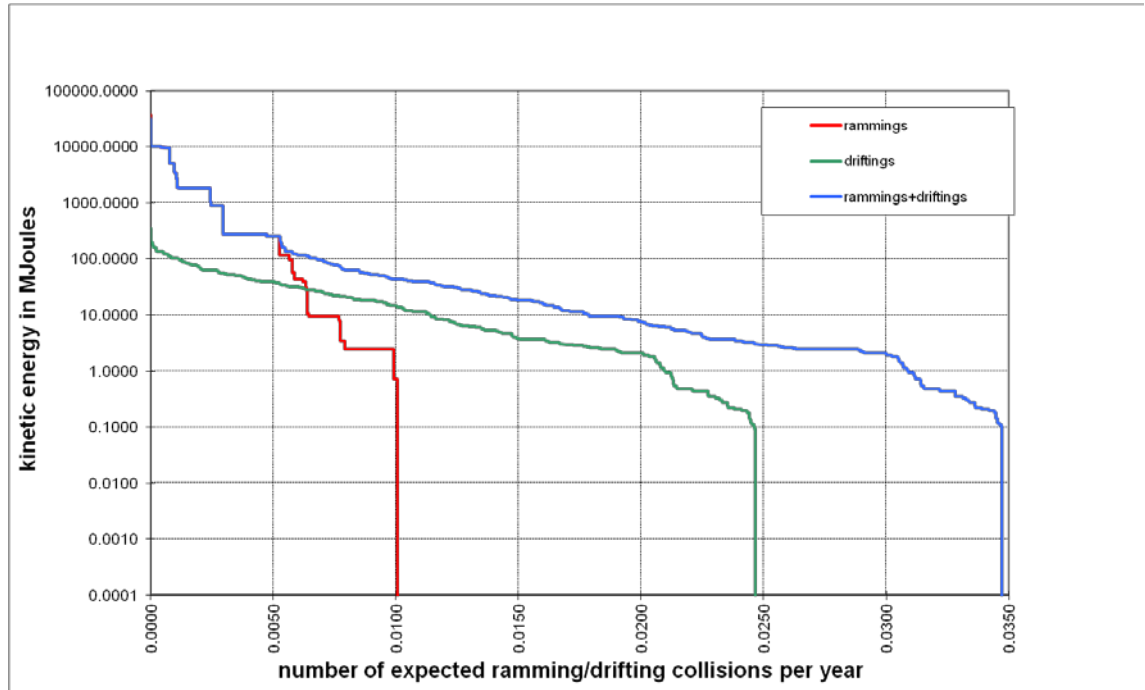
Tabel A1-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen

Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ¹	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000005	0.002081	0.000049	0.002135
Chemicaliëntanker	0.000001	0.003858	0.000011	0.003870
Gastanker	0.000001	0.000392	0.000011	0.000404
Container+ RoRo	0.000099	0.006962	0.000896	0.007957
Ferry	0.000001	0.000095	0.000014	0.000109
Overige R-schepen	0.000003	0.005754	0.000187	0.005944
N-schepen >24m	0.000103	0.000272	0.013952	0.014327
Alle schepen >24m	0.000213	0.019414	0.015119	0.034746
N-schepen <24m	0.000000	0.000000	0.015297	0.015297

Tabel A1-4 Schade aan het totale windpark in kavel III variant 6 MW

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	frontaal		Schampen		R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen						
Geen	0.000000	0.001820	0.000000	0.017757	0.000791	0.006362	0.000791	0.025939	0.026730	37
Scheef	0.000000	0.000154	0.000000	0.000548	0.008271	0.000247	0.008271	0.000949	0.009220	108
Omvallen	0.000100	0.000294	0.000898	0.002201	0.010251	0.000056	0.011249	0.002551	0.013800	72
GosMos ¹	0.000011	0.000029	0.000099	0.000160	0.000000	0.000000	0.000110	0.000189	0.000299	3344
Totaal	0.000111	0.002296	0.000997	0.020666	0.019313	0.006665	0.020421	0.029627	0.050048	20

¹ Gondel en mastdeel vallen op schip na plastische vervorming



Figuur A1-2 *Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer >24m)*

Tabel A1-5 *Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines van kavel III variant 6 MW*

Kinetische energie in MJ	Rammen			Driften			Totaal		
	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal
<1	0.0%	24.0%	24.0%	0.2%	9.8%	10.0%	0.2%	33.8%	34.0%
1-3	0.0%	8.2%	8.2%	5.7%	2.3%	8.0%	5.7%	10.5%	16.2%
3-5	0.0%	0.4%	0.4%	5.6%	0.0%	5.6%	5.6%	0.4%	6.0%
5-10	0.0%	2.5%	2.5%	4.7%	0.8%	5.5%	4.7%	3.3%	8.0%
10-15	0.0%	0.1%	0.1%	3.0%	0.4%	3.5%	3.0%	0.6%	3.6%
15-50	0.0%	1.1%	1.1%	12.0%	0.1%	12.0%	12.0%	1.1%	13.1%
50-100	0.0%	0.4%	0.4%	5.1%	0.0%	5.1%	5.1%	0.4%	5.5%
100-200	0.0%	0.7%	0.8%	2.2%	0.0%	2.2%	2.2%	0.7%	2.9%
>200	2.2%	8.3%	10.5%	0.1%	0.0%	0.1%	2.3%	8.3%	10.6%
Totaal	2.2%	45.9%	48.1%	38.6%	13.3%	51.9%	40.8%	59.2%	100.0%

Tabel A1-6 *Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Kavel III variant 6 MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000002	646124	0.000
20-150	0.000871	1148	0.079
150-750	0.000299	3341	0.109
750-3000	0.000092	10815	0.119
3000-10000	0.000020	48986	0.094
Totaal	0.001284	779	0.400

Tabel A1-7 Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine

Uitstroom van ladingolie in m ³	Kavel III variant 6 MW		
	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000001	921723	0.001
750-3000	0.000008	131427	0.015
3000-10000	0.000026	38219	0.149
10000-30000	0.000033	30622	0.492
30000-100000	0.000009	110243	0.443
Totaal	0.000078	12746	1.357

Tabel A1-8 Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine

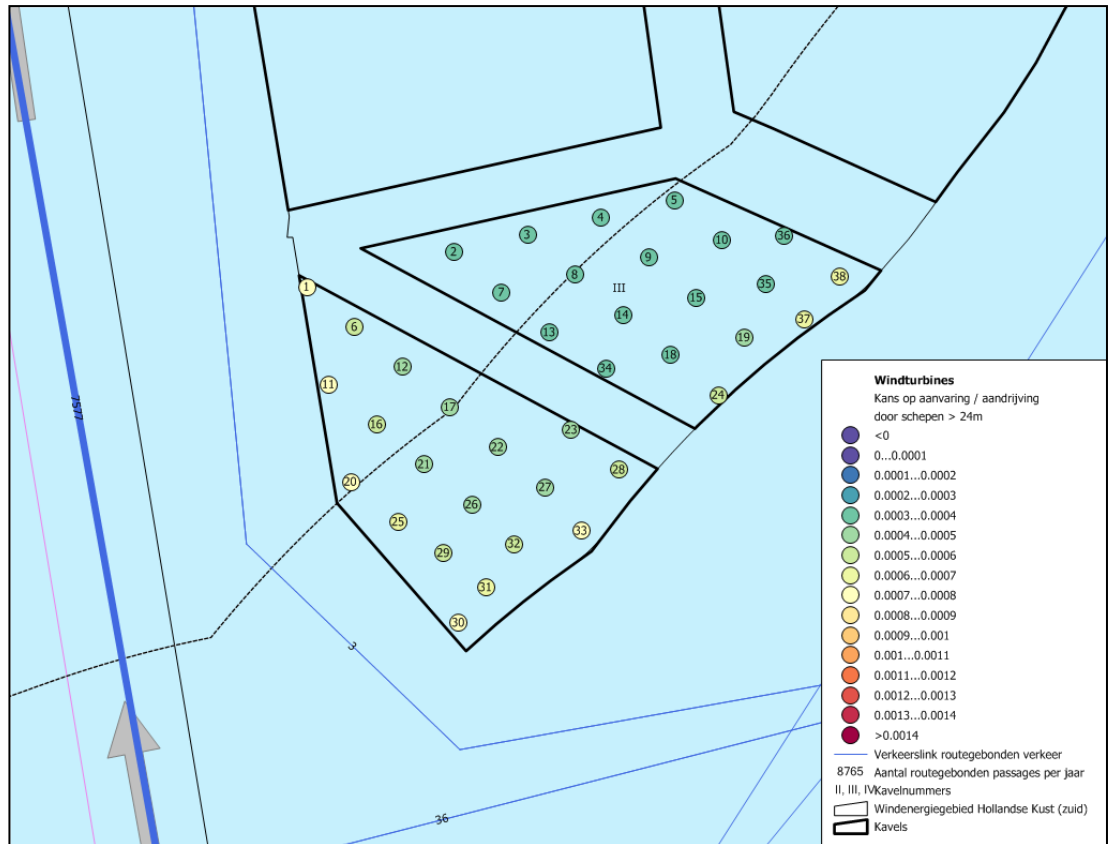
Kavel III variant 6 MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
	0.001284	779	0.400	0.000078	12746	1.357	734

Tabel A1-9 Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine

Ecologische risico-indicator	
Zeer hoog ecologisch risico	0.000062
Hoog ecologisch risico	0.000015
Gemiddeld ecologisch risico	0.000011
Gering ecologisch risico	0.000084
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000050
Totaal	0.000223
Eens in de ... jaar	4487

Tabel A1-10 Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000001	0.000005	200000	1.05	0.000005	
Chemicaliëntanker	0.000000	0.000001	1526718	1.43	0.000001	
Gastanker	0.000000	0.000001	1000000	0.93	0.000001	
Container + RoRo	0.000010	0.000089	10086	0.92	0.000091	3333333
Ferry	0.000000	0.000000	2000000	57.83	0.000029	2000000
Overige R-schepen	0.000000	0.000003	299401	1.27	0.000004	
N-schepen	0.000090	0.000160	4005	0.35	0.000087	
Totaal	0.000101	0.000259	2783	0.61	0.000218	1250000

APPENDIX A2:
Resultaten kavel III variant 10 MW


Figuur A2-1 Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel III variant 10 MW voor verkeer >24m

Tabel A2-1 Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel III variant 10 MW voor verkeer >24m

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB gmm.m	OL gmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
001.HKZ_III_10MW	5214.5	356.9	0.000096	0.000234	0.000385	0.000069	0.000784	1275
002.HKZ_III_10MW	5214.9	359.3	0.000010	0.000011	0.000305	0.000063	0.000389	2573
003.HKZ_III_10MW	5215.1	400.5	0.000003	0.000003	0.000279	0.000067	0.000352	2845
004.HKZ_III_10MW	5215.3	401.8	0.000001	0.000004	0.000264	0.000066	0.000335	2988
005.HKZ_III_10MW	5215.5	403.0	0.000000	0.000008	0.000241	0.000070	0.000319	3134
006.HKZ_III_10MW	5214.1	357.7	0.000045	0.000085	0.000367	0.000069	0.000566	1767
007.HKZ_III_10MW	5214.5	400.1	0.000004	0.000006	0.000290	0.000073	0.000374	2675
008.HKZ_III_10MW	5214.7	401.4	0.000002	0.000005	0.000274	0.000070	0.000351	2848
009.HKZ_III_10MW	5214.9	402.6	0.000001	0.000010	0.000258	0.000074	0.000343	2916
010.HKZ_III_10MW	5215.1	403.8	0.000000	0.000022	0.000235	0.000077	0.000335	2988
011.HKZ_III_10MW	5213.5	357.3	0.000086	0.000199	0.000387	0.000071	0.000743	1346
012.HKZ_III_10MW	5213.7	358.5	0.000024	0.000039	0.000345	0.000070	0.000478	2092
013.HKZ_III_10MW	5214.1	401.0	0.000002	0.000008	0.000283	0.000075	0.000369	2711
014.HKZ_III_10MW	5214.3	402.2	0.000001	0.000014	0.000267	0.000069	0.000352	2842
015.HKZ_III_10MW	5214.5	403.4	0.000000	0.000029	0.000241	0.000075	0.000345	2896
016.HKZ_III_10MW	5213.1	358.1	0.000045	0.000078	0.000368	0.000072	0.000563	1776
017.HKZ_III_10MW	5213.3	359.3	0.000012	0.000021	0.000321	0.000069	0.000424	2360
018.HKZ_III_10MW	5213.9	402.9	0.000001	0.000048	0.000252	0.000079	0.000379	2635
019.HKZ_III_10MW	5214.1	404.2	0.000000	0.000129	0.000238	0.000091	0.000459	2179

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
020.HKZ_III_10MW	5212.5	357.7	0.000078	0.000171	0.000395	0.000075	0.000719	1391
021.HKZ_III_10MW	5212.7	358.9	0.000022	0.000041	0.000349	0.000073	0.000484	2065
022.HKZ_III_10MW	5212.9	400.1	0.000008	0.000023	0.000311	0.000085	0.000427	2344
023.HKZ_III_10MW	5213.1	401.3	0.000003	0.000043	0.000291	0.000078	0.000415	2408
024.HKZ_III_10MW	5213.5	403.8	0.000001	0.000226	0.000244	0.000096	0.000568	1762
025.HKZ_III_10MW	5212.1	358.5	0.000044	0.000127	0.000378	0.000078	0.000627	1595
026.HKZ_III_10MW	5212.3	359.7	0.000013	0.000040	0.000329	0.000078	0.000460	2176
027.HKZ_III_10MW	5212.5	401.0	0.000005	0.000076	0.000309	0.000082	0.000472	2120
028.HKZ_III_10MW	5212.7	402.2	0.000002	0.000173	0.000288	0.000091	0.000554	1804
029.HKZ_III_10MW	5211.8	359.3	0.000025	0.000115	0.000358	0.000083	0.000581	1722
030.HKZ_III_10MW	5211.1	359.5	0.000031	0.000285	0.000363	0.000093	0.000772	1295
031.HKZ_III_10MW	5211.5	400.0	0.000018	0.000184	0.000339	0.000090	0.000630	1587
032.HKZ_III_10MW	5211.9	400.4	0.000010	0.000130	0.000324	0.000087	0.000551	1816
033.HKZ_III_10MW	5212.1	401.6	0.000005	0.000303	0.000308	0.000096	0.000711	1406
034.HKZ_III_10MW	5213.7	401.9	0.000001	0.000024	0.000278	0.000074	0.000377	2649
035.HKZ_III_10MW	5214.6	404.5	0.000000	0.000080	0.000231	0.000086	0.000397	2519
036.HKZ_III_10MW	5215.1	404.8	0.000000	0.000064	0.000225	0.000083	0.000372	2685
037.HKZ_III_10MW	5214.3	405.2	0.000001	0.000275	0.000230	0.000099	0.000605	1654
038.HKZ_III_10MW	5214.7	405.8	0.000001	0.000294	0.000223	0.000100	0.000618	1618
Totaal per jaar			0.000601	0.003629	0.011375	0.002995	0.018599	54
Dit is eens in .. jaar			1665	276	88	334	54	

Tabel A2-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel III variant 10 MW

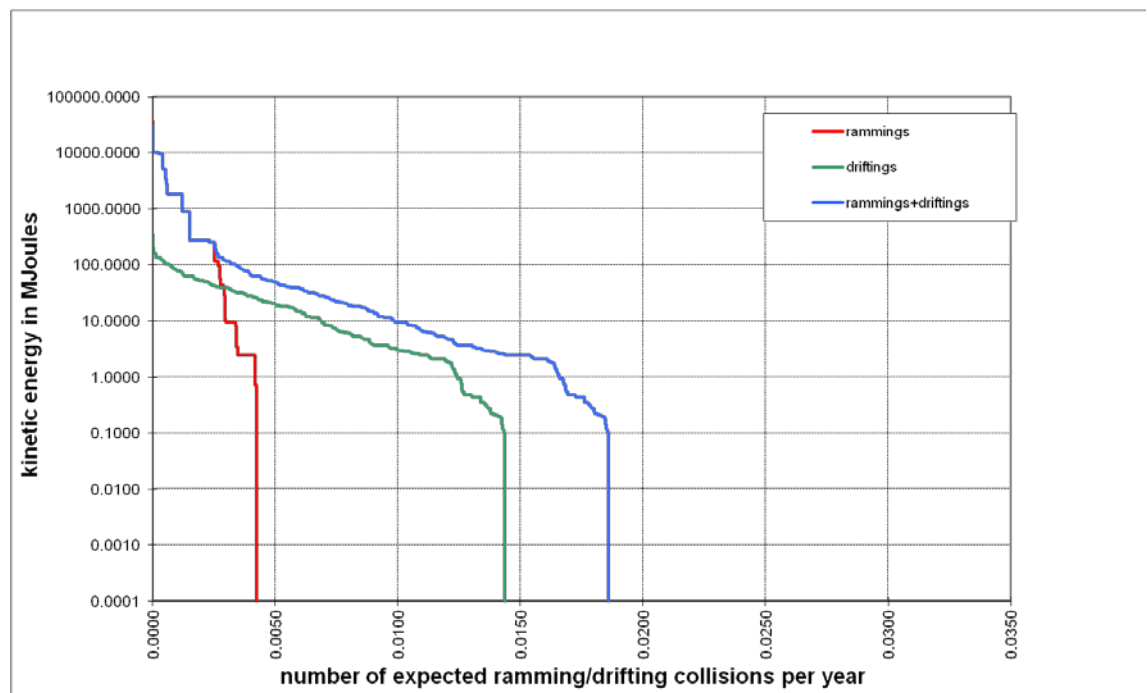
Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
R-schepen	0.000601	1664	0.011372	88	0.011973	84
N-schepen >24m	0.003628	276	0.002994	334	0.006622	151
Totaal schepen >24m	0.004229	236	0.014366	70	0.018595	54
N-schepen <24m	0.004628	216	0.000583	1715	0.005211	192

Tabel A2-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen

Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ¹	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000003	0.001270	0.000025	0.001298
Chemicaliëntanker	0.000000	0.002275	0.000005	0.002280
Gastanker	0.000001	0.000222	0.000006	0.000229
Container+ RoRo	0.000054	0.004155	0.000488	0.004697
Ferry	0.000000	0.000057	0.000007	0.000064
Overige R-schepen	0.000002	0.003308	0.000098	0.003408
N-schepen	0.000047	0.000166	0.006411	0.006624
Alle schepen >24m	0.000106	0.011453	0.007041	0.018600
N-schepen <24m	0.000000	0.000000	0.005211	0.005211

Tabel A2-4 Schade aan het totale windpark kavel III variant 10 MW

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	Frontaal		Schampen		R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen						
Geen	0.000000	0.000608	0.000000	0.006066	0.000434	0.003393	0.000434	0.010067	0.010501	95
Scheef	0.000000	0.000066	0.000000	0.000306	0.004744	0.000151	0.004744	0.000523	0.005267	190
Omvallen	0.000054	0.000138	0.000488	0.000986	0.006197	0.000033	0.006739	0.001158	0.007897	127
GosMos ¹	0.000006	0.000013	0.000054	0.000072	0.000000	0.000000	0.000060	0.000085	0.000145	6891
Totaal	0.000060	0.000826	0.000542	0.007430	0.011375	0.003577	0.011977	0.011833	0.023810	42


Figuur A2-2 Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer >24m)
¹ Gondel en mastdeel vallen op schip na plastische vervorming

Tabel A2-5 *Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor kavel III variant 10 MW*

Kinetische energie in MJ	Rammen			Driften			Totaal		
	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal
<1	0.0%	16.7%	16.7%	0.2%	10.4%	10.6%	0.2%	27.0%	27.3%
1-3	0.0%	5.9%	5.9%	6.8%	2.9%	9.7%	6.8%	8.8%	15.6%
3-5	0.0%	0.3%	0.3%	6.7%	0.0%	6.7%	6.7%	0.3%	7.0%
5-10	0.0%	1.9%	1.9%	5.8%	1.1%	6.9%	5.8%	2.9%	8.7%
10-15	0.0%	0.1%	0.1%	3.8%	0.6%	4.3%	3.8%	0.7%	4.4%
15-50	0.0%	0.7%	0.7%	15.2%	0.1%	15.2%	15.2%	0.8%	16.0%
50-100	0.0%	0.4%	0.4%	6.5%	0.0%	6.5%	6.5%	0.4%	6.9%
100-200	0.0%	0.6%	0.6%	2.8%	0.0%	2.8%	2.8%	0.6%	3.4%
>200	2.5%	8.1%	10.6%	0.1%	0.0%	0.1%	2.6%	8.1%	10.8%
Totaal	2.5%	34.7%	37.2%	47.8%	15.0%	62.8%	50.3%	49.7%	100.0%

Tabel A2-6 *Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Kavel III variant 10 MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000001	1191168	0.000
20-150	0.000488	2048	0.044
150-750	0.000178	5622	0.065
750-3000	0.000056	17951	0.072
3000-10000	0.000012	80349	0.057
Totaal	0.000735	1360	0.238

Tabel A2-7 *Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Uitstroom van ladingolie in m ³	Kavel III variant 10 MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000001	1624187	0.000
750-3000	0.000005	220506	0.009
3000-10000	0.000016	63943	0.090
10000-30000	0.000020	50385	0.299
30000-100000	0.000006	181134	0.270
Totaal	0.000047	21134	0.828

Tabel A2-8 *Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine*

Kavel III variant 10 MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
	0.000735	1360	0.238	0.000047	21134	0.828	1278

Tabel A2-9 *Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Ecologische risico-indicator	
Zeer hoog ecologisch risico	0.000037
Hoog ecologisch risico	0.000009
Gemiddeld ecologisch risico	0.000007
Gering ecologisch risico	0.000049
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000029
Totaal	0.000130
Eens in de ... jaar	7679

Tabel A2-10 *Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt*

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000000	0.000003	357143	1.51	0.000004	
Chemicaliëntanker	0.000000	0.000000	2500000	1.70	0.000001	
Gastanker	0.000000	0.000001	1666667	1.35	0.000001	
Container + RoRo	0.000005	0.000048	18561	1.27	0.000068	10000000
Ferry	0.000000	0.000000	3333333	86.73	0.000026	3333333
Overige R-schepen	0.000000	0.000002	581395	1.59	0.000003	
N-schepen	0.000013	0.000072	11735	0.51	0.000043	
Totaal	0.000019	0.000125	6901	1.01	0.000146	2500000