

The background of the top section is a photograph of a turbulent sea with white-capped waves under a bright sky. A thin white horizontal line is visible near the top edge of the image.

## Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

### EFFECTEN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID VOOR WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (ZUID)

Veiligheidsstudie voor kavel IV

Eindrapport

Rapport Nr. : 28955-4-MSCN-rev.2

Datum : 25 april 2017

Paraaf Management:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. J. J. J.', is written over a circular blue stamp. The signature is fluid and cursive.

## **EFFECTEN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID VOOR WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (ZUID)**

Veiligheidsstudie voor kavel IV

Opdrachtgever : Pondera Consult  
Welbergweg 49  
7556 PE Hengelo

<b>Revisienr.</b>	<b>Status</b>	<b>Datum</b>	<b>Auteur</b>	<b>Voor gezien</b>
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

<b>INHOUDSOPGAVE</b>	<b>Pag.</b>
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 aan de oostzijde van het windpark zuidwestwaarts55	55
5.8.2 Kruisend verkeer aan de oostzijde van het windpark oostwaarts .....	59
6 MAATREGELEN .....	63
6.1 Gebruik van AIS.....	63
6.2 Inzet van een ETV (Emergency Towing Vessel) .....	64

7	CONCLUSIES .....	65
	REFERENTIES .....	67
	APPENDIX A1: .....	1
	Resultaten kavel IV variant 6 MW .....	1
	APPENDIX A2: .....	6
	Resultaten kavel IV variant 10 MW .....	6

## OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN

### Tabellen:

Tabel 3-1	Beziijkvormen 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 IV.....	42
Tabel 5-2	Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor kavel IV per variant.....	44
Tabel 5-3	Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen gemiddeld per turbine voor kavel IV 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 IV variant 6 MW voor verkeer >24m .....	1
Tabel A1-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel IV 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 IV variant 6 MW .....	3
Tabel A1-5	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines van kavel IV 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 IV variant 10 MW voor verkeer >24m .....	6
Tabel A2-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel IV 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 IV variant 10 MW .....	8
Tabel A2-5	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor kavel IV 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 varend 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 oostwaarts varend schip vanuit de corridor aan de oostzijde van kavel IV, gezien vanuit een zuidwestwaarts langs het park varend schip voor de 6 MW variant met jackets.....	56
Figuur 5-3	Ontmoeting met een oostwaarts varend schip vanuit de corridor aan de oostzijde van kavel IV, gezien vanuit een zuidwestwaarts langs het park varend schip voor de 10 MW variant met monopiles .....	56
Figuur 5-4	Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting aan de oostzijde bij de corridor gezien vanuit het zuidwestwaarts langs het park varende schip voor beide varianten.....	57
Figuur 5-5	Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting aan de oostzijde bij de corridor gezien vanuit het zuidwestwaarts langs het park varende schip voor beide varianten.....	58

Figuur 5-6	Ontmoeting met een noordoostwaarts langs het windpark varende schip aan de oostzijde van kavel IV, gezien vanuit het oostwaarts door de corridor varende schip voor de 6 MW variant met jackets .....	60
Figuur 5-7	Ontmoeting met een noordoostwaarts langs het windpark varende schip aan de oostzijde van kavel IV, gezien vanuit het oostwaarts door de corridor varende schip voor de 10 MW variant met monopiles .....	60
Figuur 5-8	Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting aan de oostzijde van het park gezien vanuit het oostwaarts door de corridor varende schip voor beide varianten .....	61
Figuur 5-9	Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting aan de oostzijde van het park gezien vanuit het oostwaarts door de corridor varende schip voor beide varianten.....	62
Figuur A1-1	Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines voor kavel IV 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 IV 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 IV 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 IV 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 IV 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.

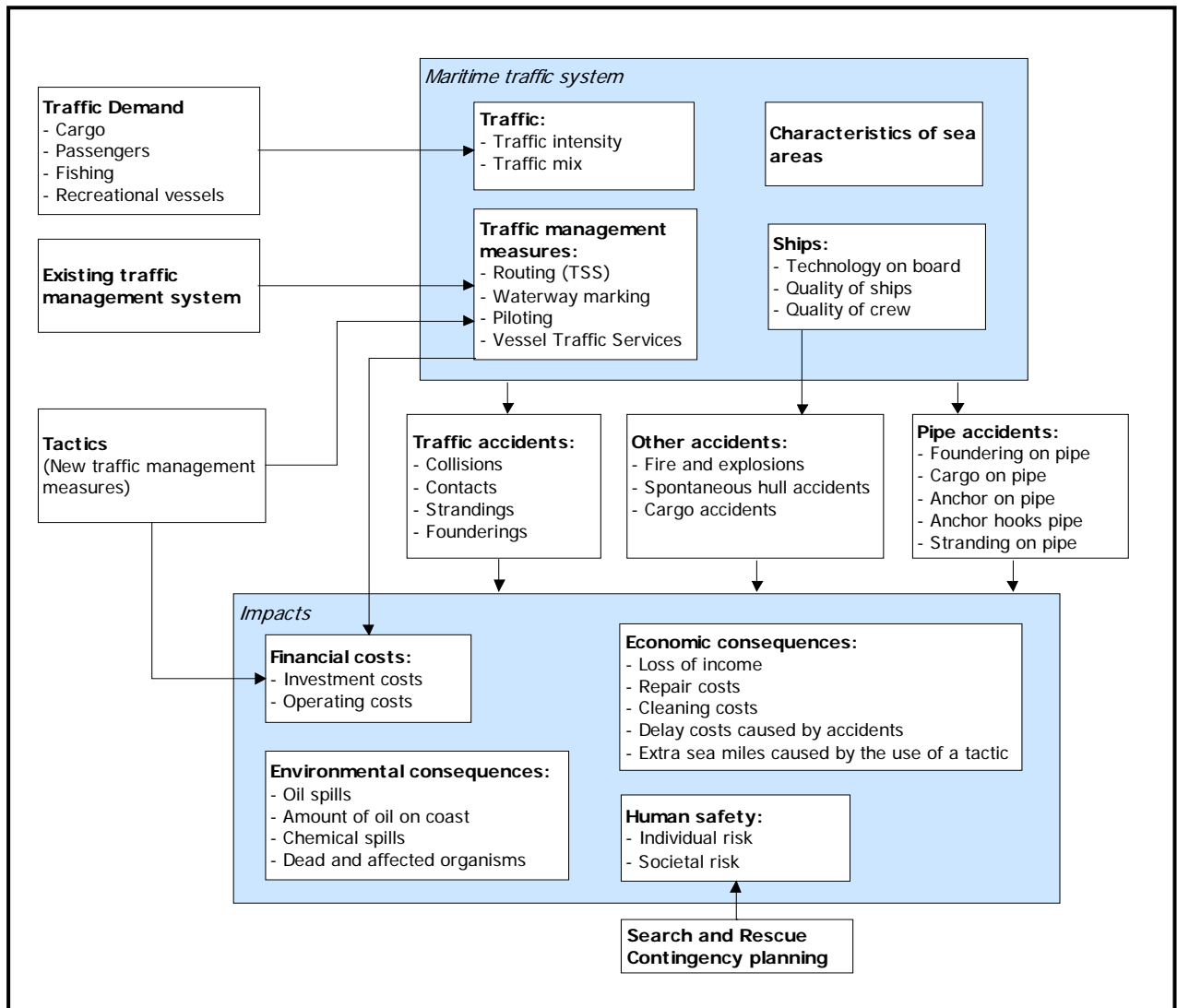
#### 3.1 SAMSON

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 verkeer<sup>1</sup>, 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):

---

<sup>1</sup> 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

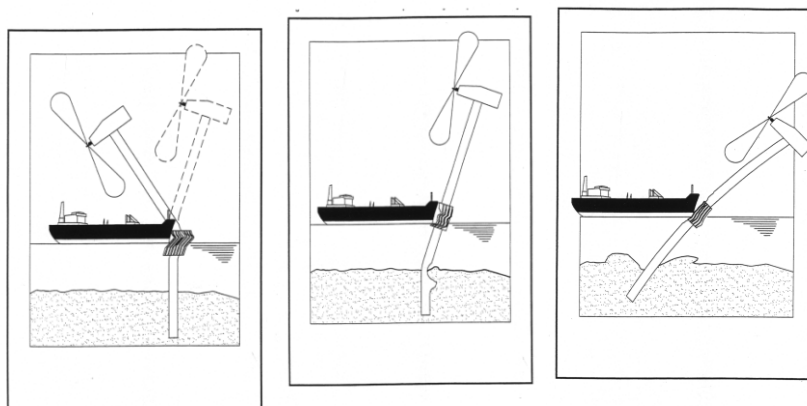
Als gevolg van een aandrijving of een aanvaring van een windturbine kan schade ontstaan, zogenaamde gevolgschade. Deze schade bestaat uit schade aan de windturbine, schade aan het schip, milieuschade als gevolg van een uitstroom van olie bij schade aan een schip en persoonlijk letsel als gevolg van de 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 uitwaaierende 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			
<b>Knikken</b>	<500	0%	Nee	Geen	0%	Nee	Geen						
	500-1000	0%	Ja	Geen	0%	Nee	Geen						
	1000-1600	5%	Gos Mos <sup>1</sup>	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						

<sup>1</sup> 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			
<b>Scharnieren</b>	<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 CO<sub>2</sub>-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 IV gecumuleerd over de overige kavels in het windenergiegebied; de routestructuur voor kavel IV 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 windpark<sup>1</sup> 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

---

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



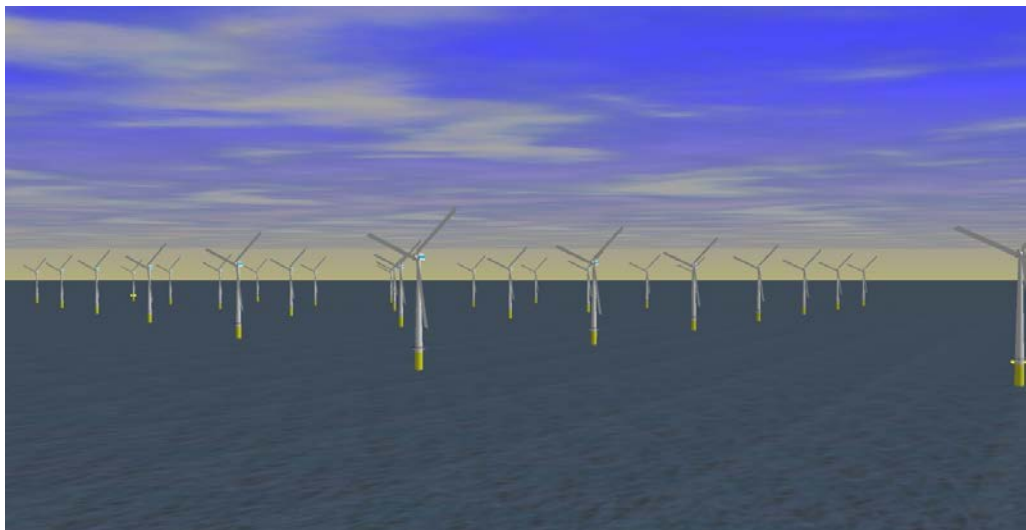
aan deze kant bevindt. Figuur 3-3 en Figuur 3-4 zijn twee opnames van wat men kan zien vanaf de brug van het eigen schip. Het eigen schip is het schip waarvoor in de simulator het buitenbeeld wordt geprojecteerd en dat bedienbaar is. In Figuur 3-3 is nog geen tweede schip te zien en in Figuur 3-4 is 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:

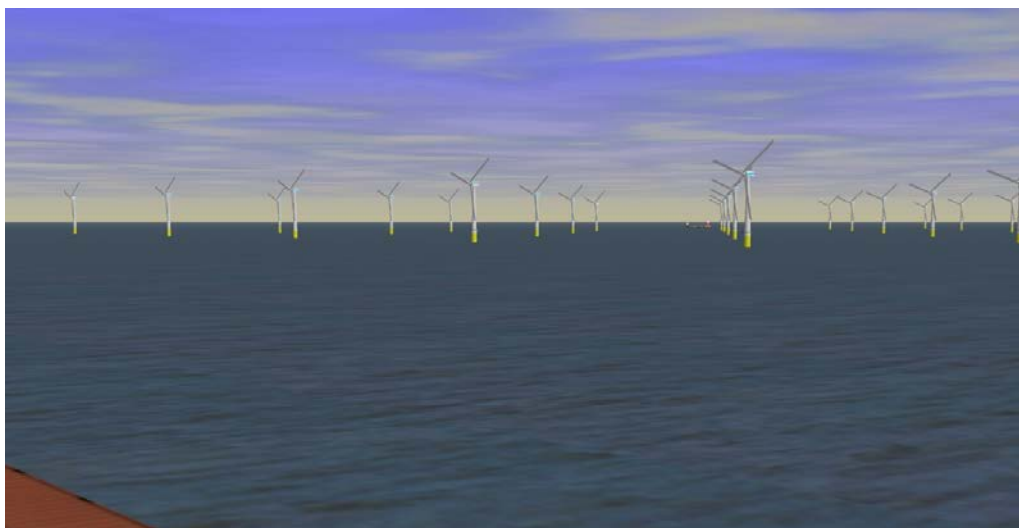
1. Dag en nacht;
2. Configuratie van het windpark;
3. Afstand tot het windpark.

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.

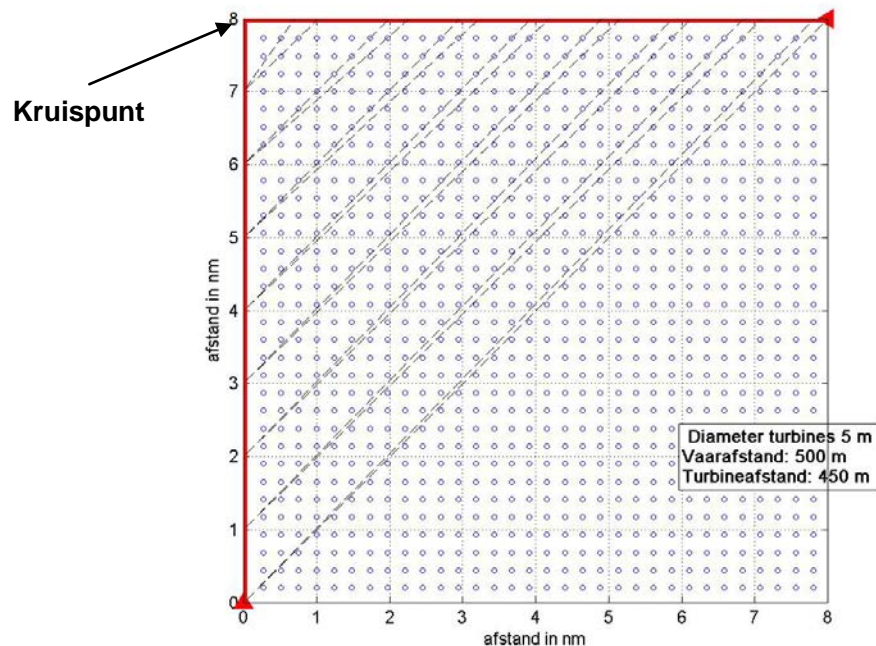
De doorzichtbaarheid verandert als de afstand tot het windpark groter wordt en ook wanneer de afstand tussen de windturbines anders wordt. Om dit te onderzoeken zijn er nog drie opstellingen met elkaar vergeleken, maar dan alleen voor de eerste opstelling met de windturbines in een vierkant. De eerste 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

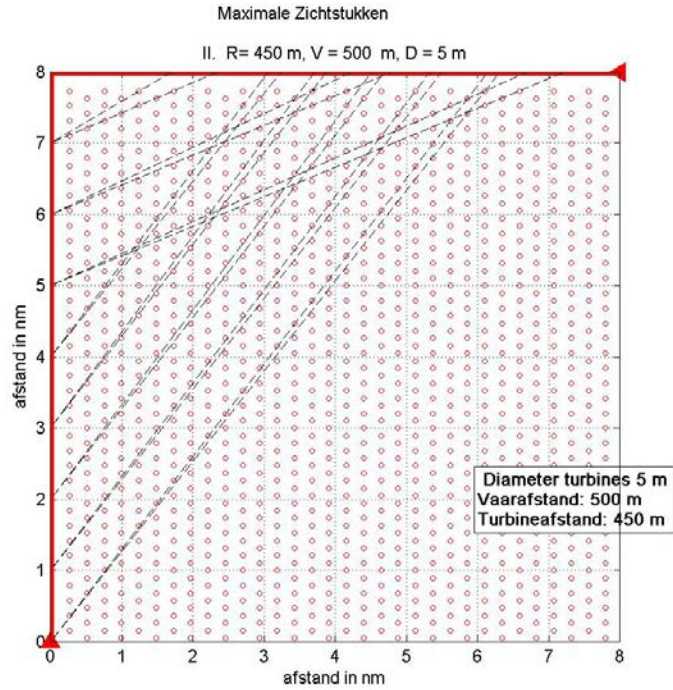
Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- 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.

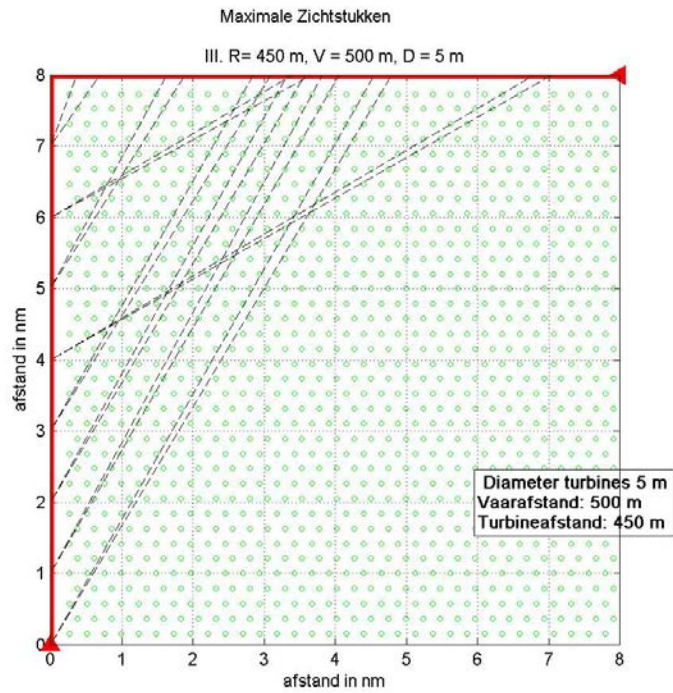


**Figuur 3-5**

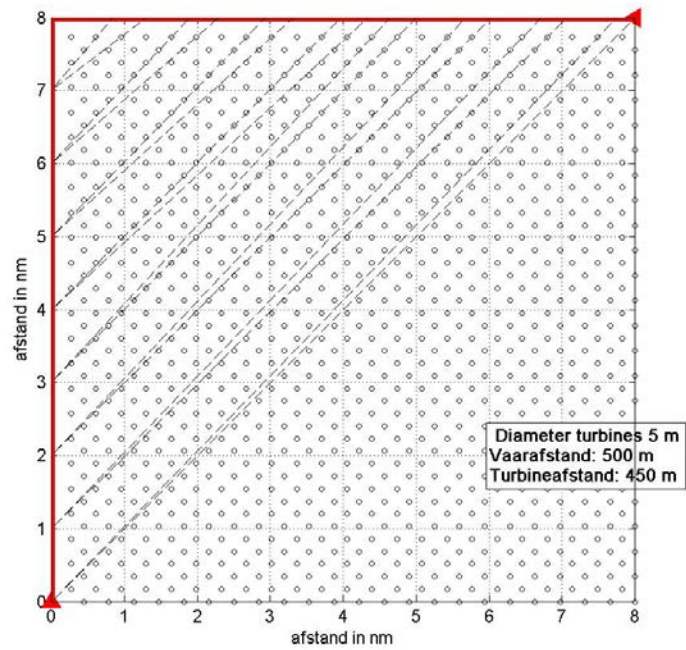
**Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (I)**



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



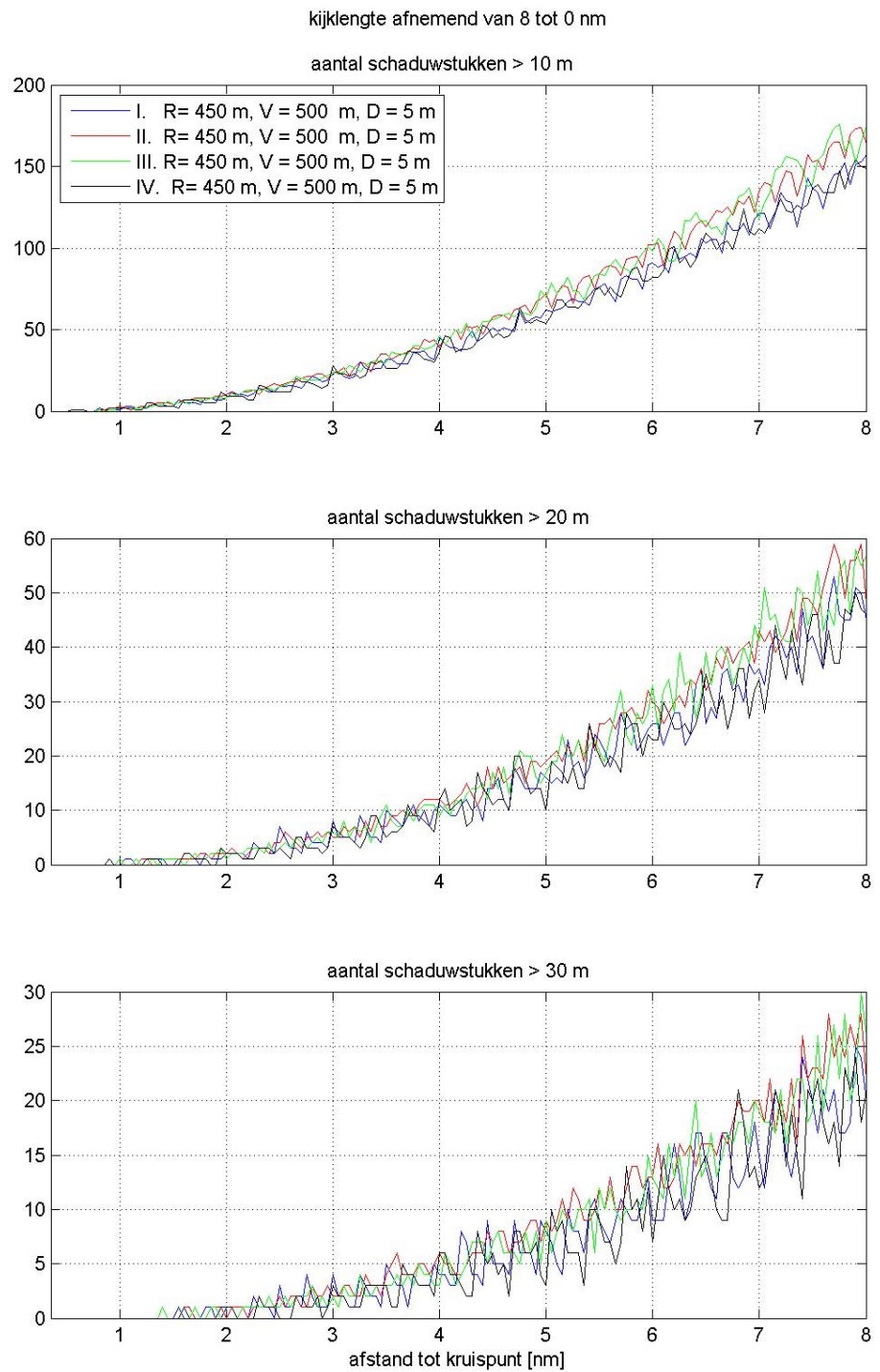
**Figuur 3-7** Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III)



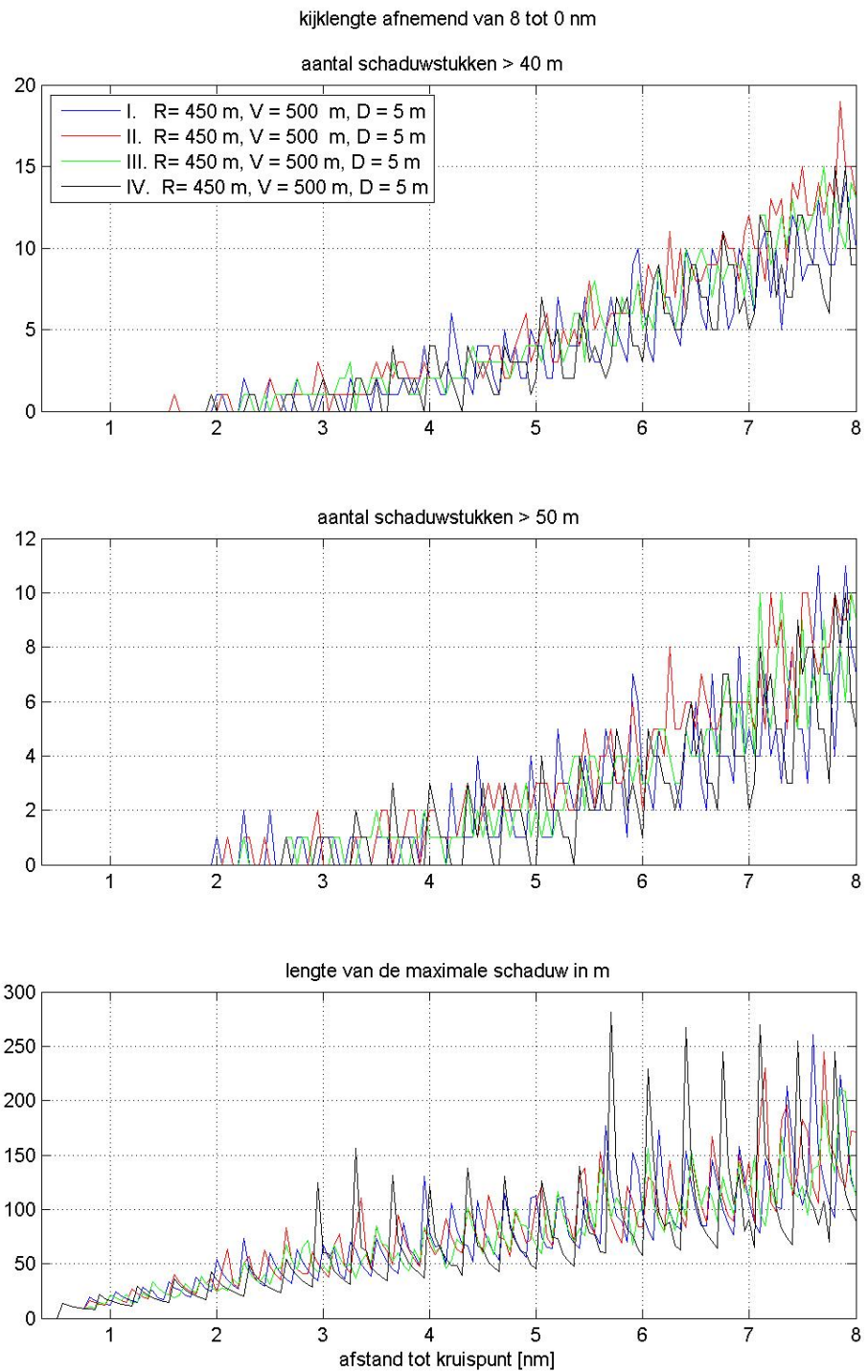
**Figuur 3-8**

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

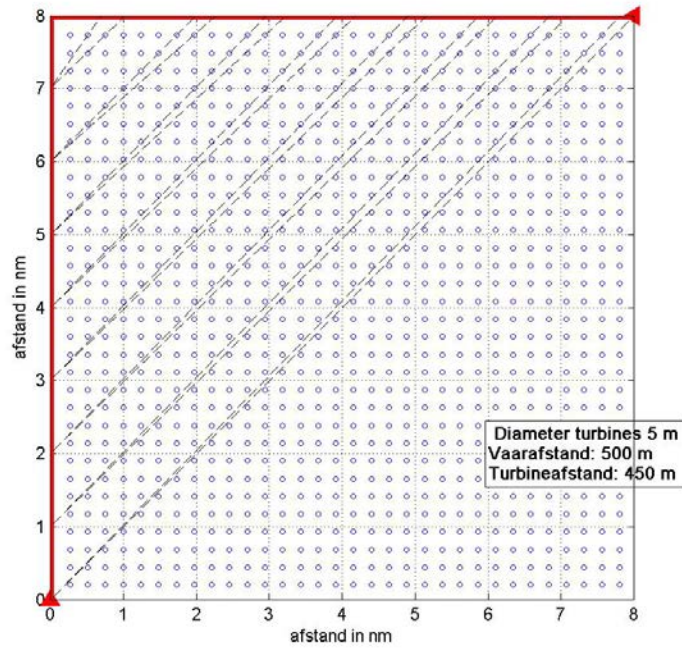




**Figuur 3-9**      **Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m**

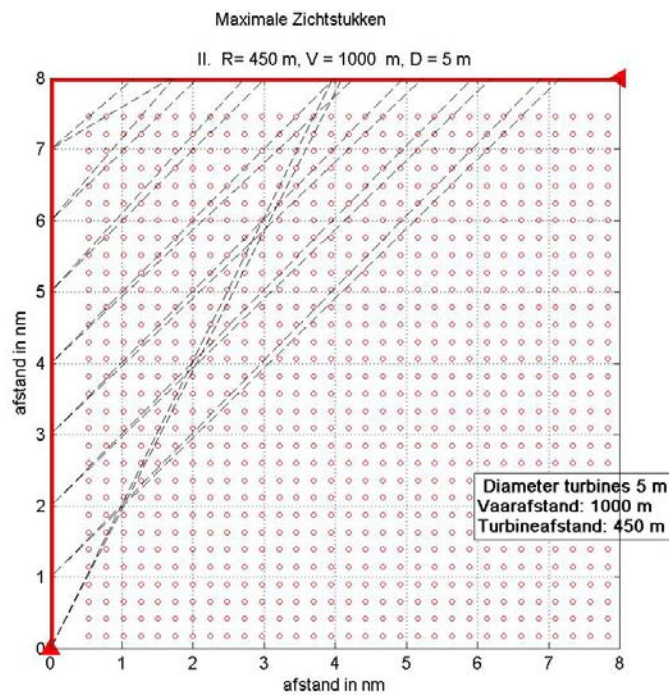


**Figuur 3-10**      **Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk**



Figuur 3-11

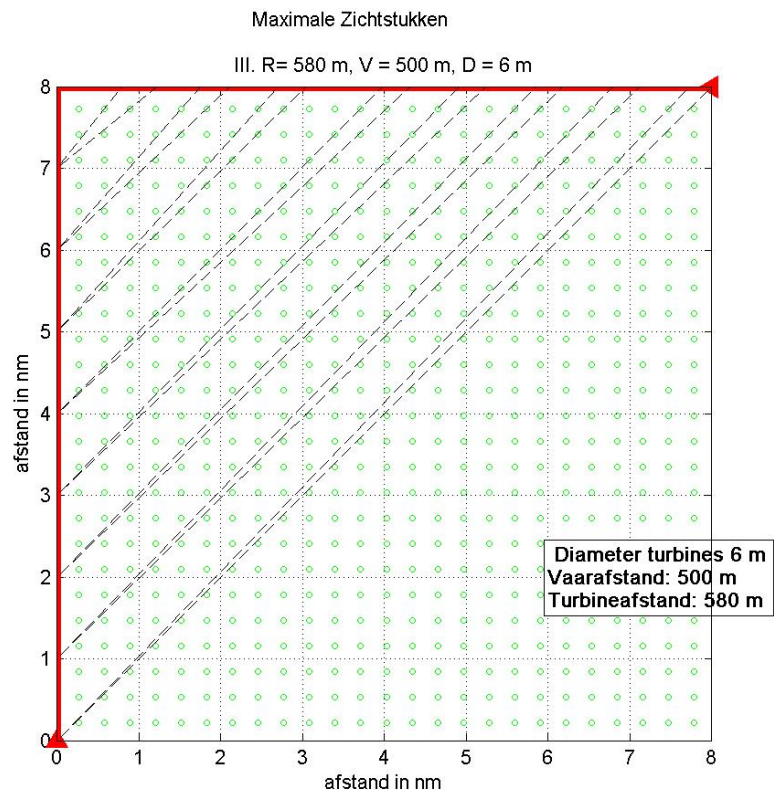
**Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 500 m**



Figuur 3-12

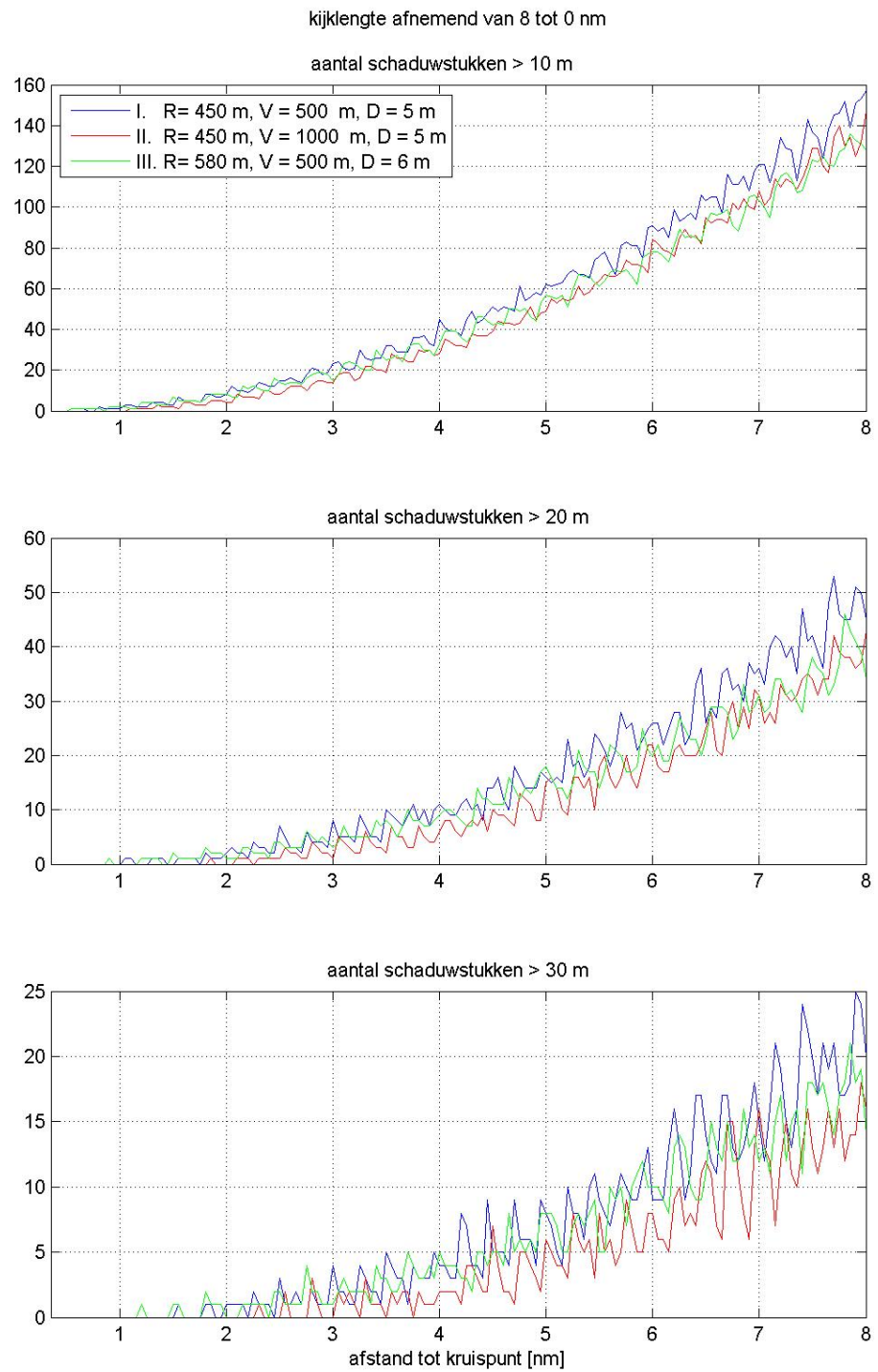
**Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 1000 m**



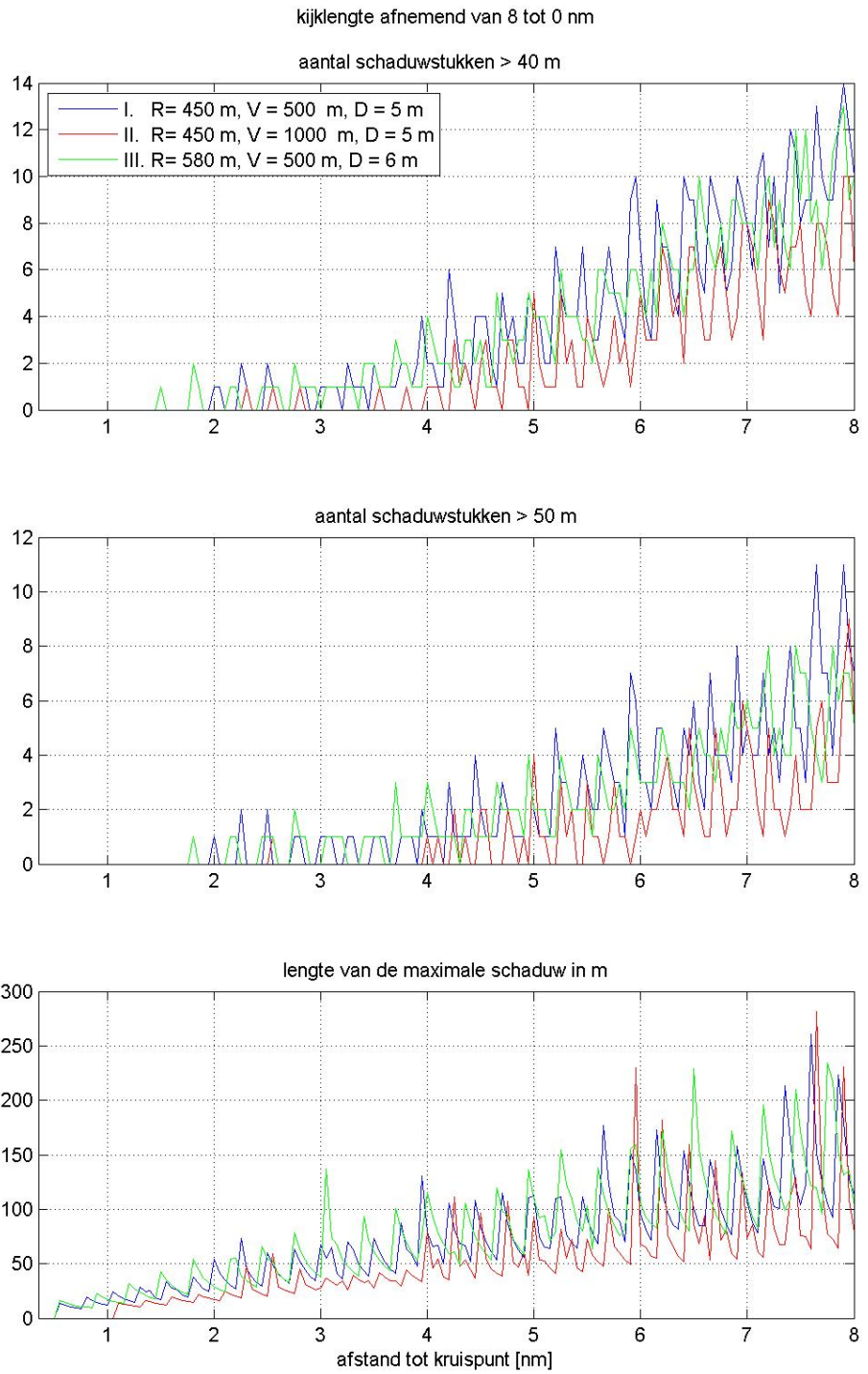


**Figuur 3-13**

**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.

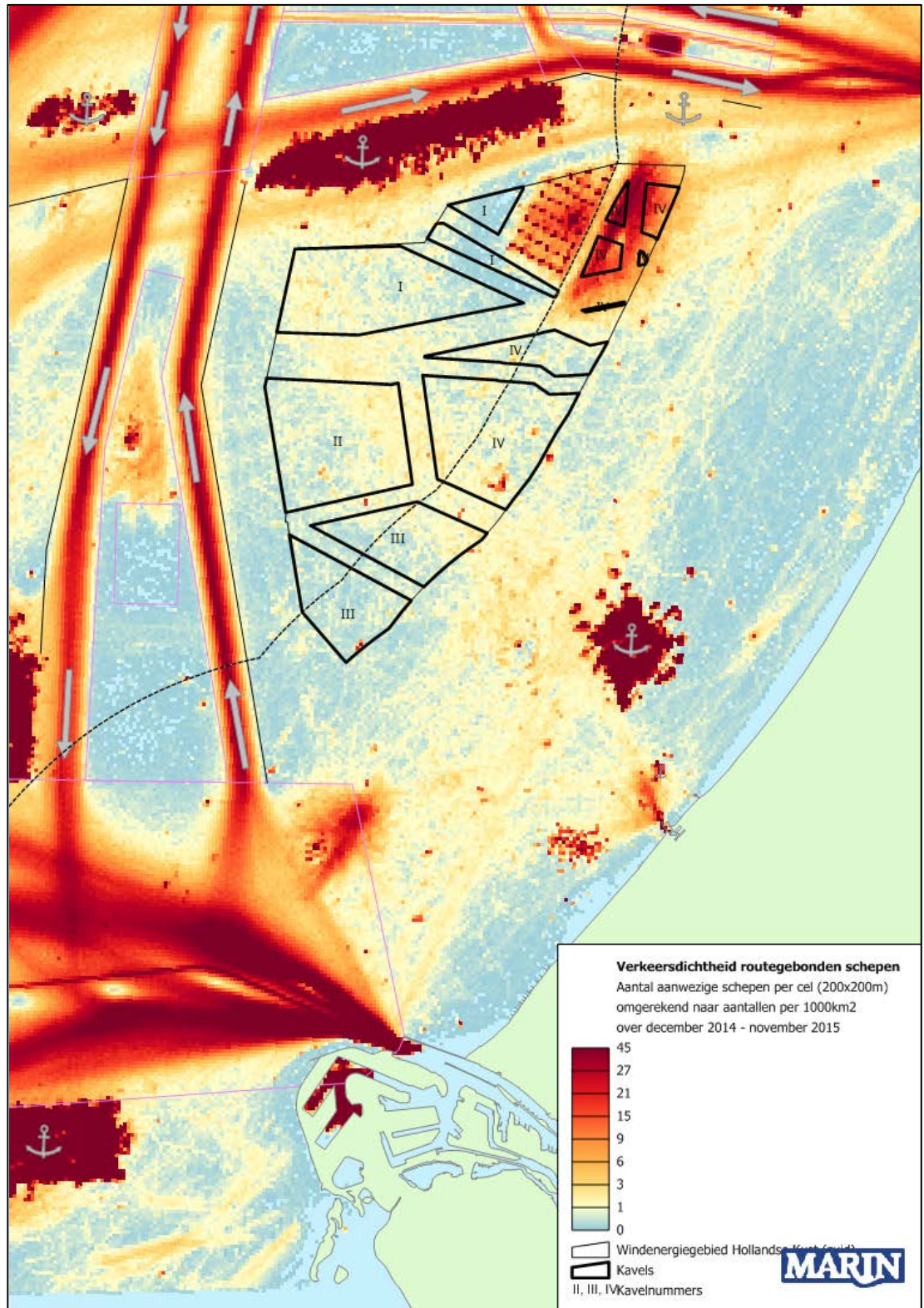
Figuur 4-2 toont alle scheepstracks gedurende het hele jaar op de meer gebruikelijke routes door het windenergiegebied. Behalve de verwachte verkeersbewegingen van en naar Scheveningen (426 schepen gedurende het jaar, met name tankers en vrachtschepen naar het ankergebied), is hierop een duidelijke stroom 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

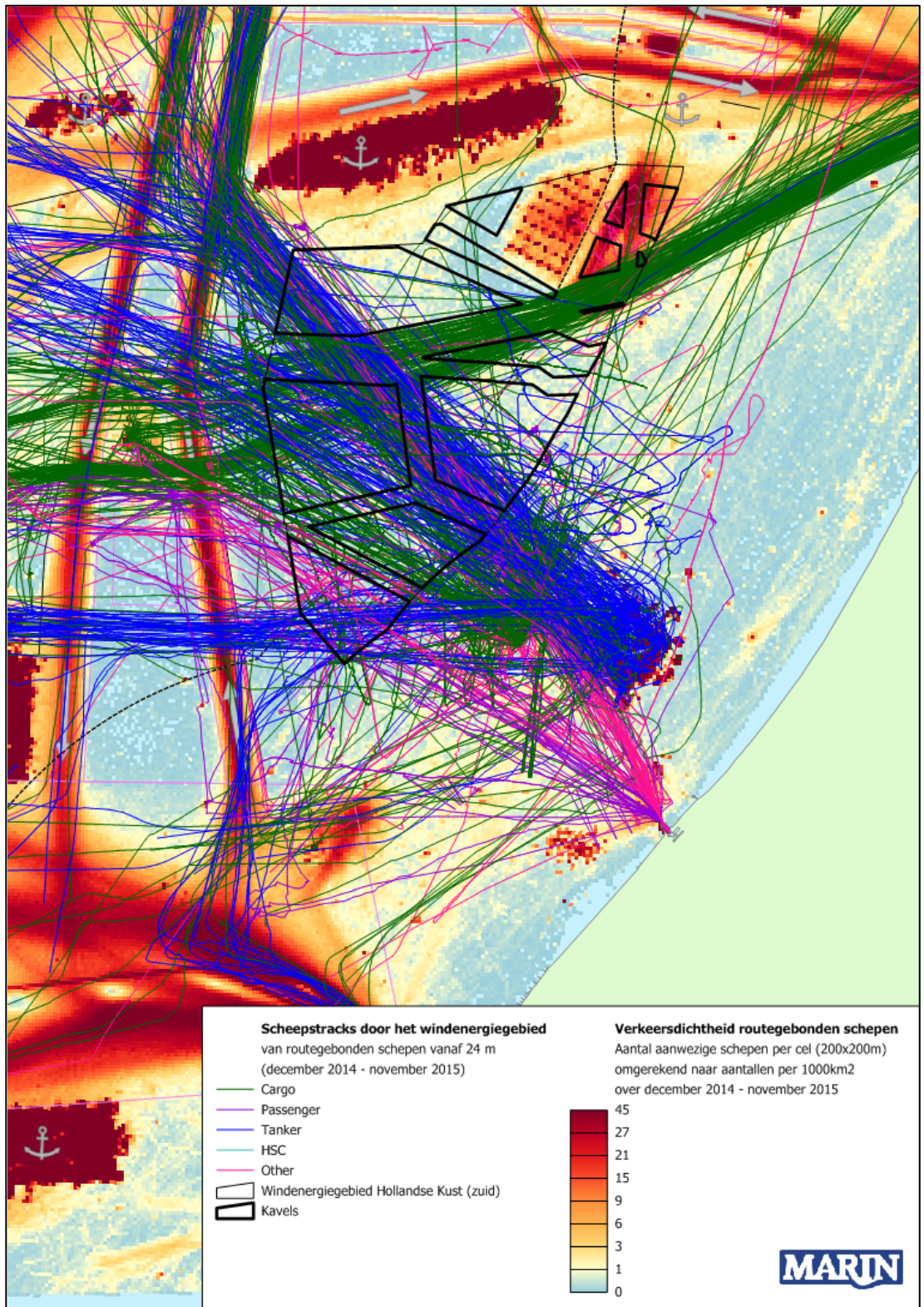


laten zien of er nog verkeersstromen over het hoofd zijn gezien. De figuur laat zien dat, buiten een relatief klein aantal willekeurige bewegingen door het gebied, er ten oosten van Luchterduinen inderdaad veel bewegingen van werkverkeer zijn, en ten zuiden van het ankergebied IJmuiden zijn veel tankerscheperen 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

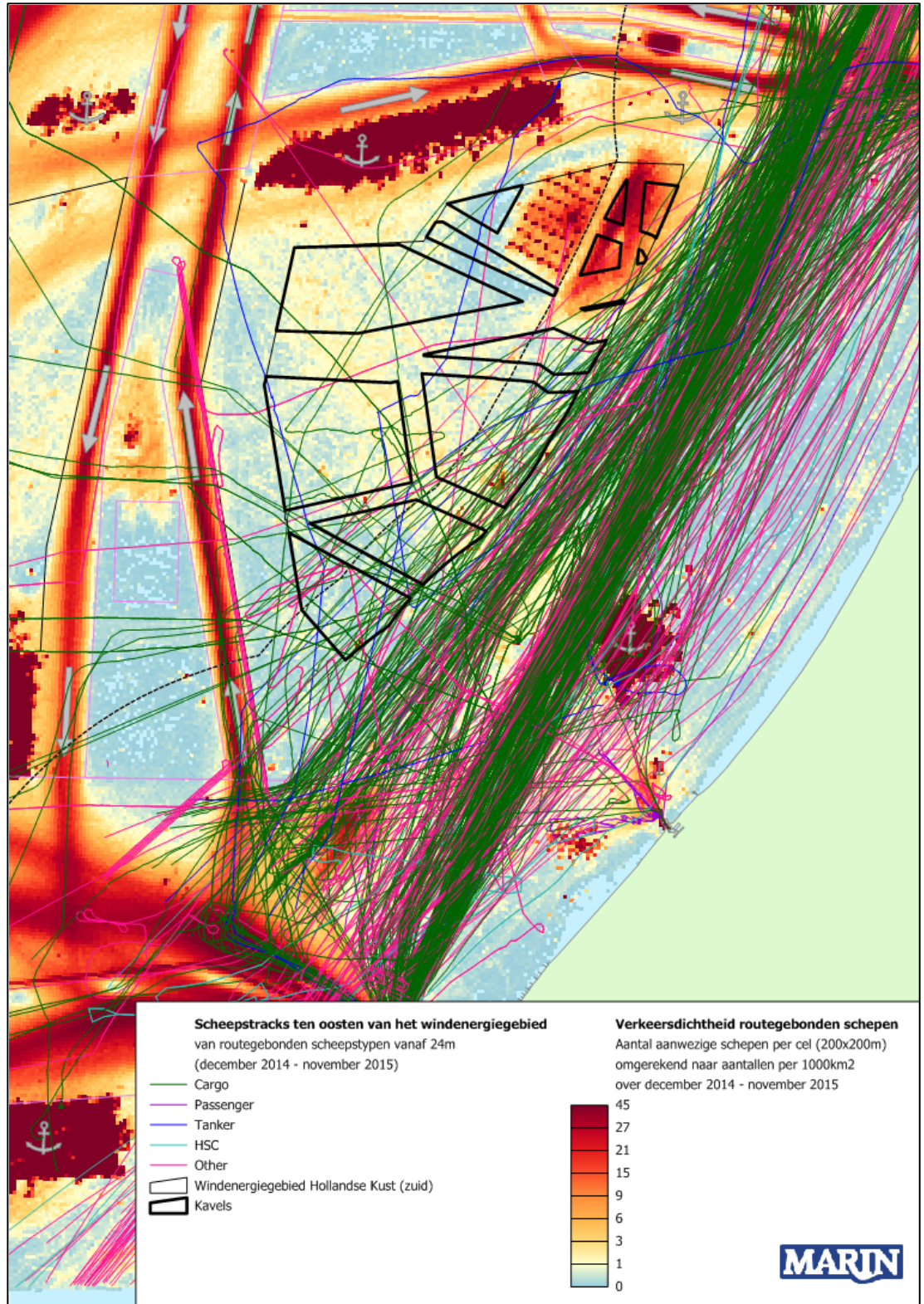




**Figuur 4-2**

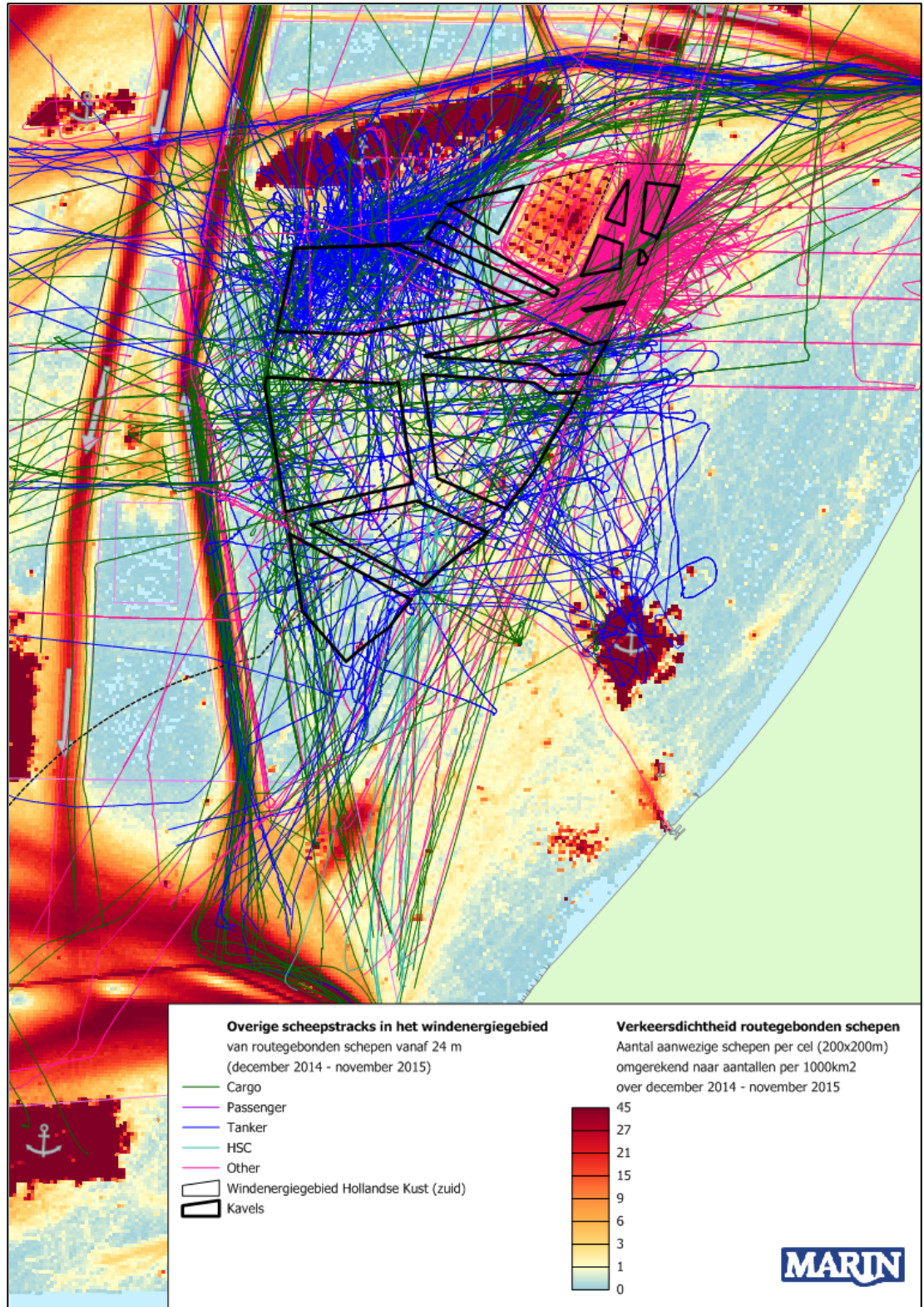
**Schipstracks van routegebonden verkeer op de hoofdverkeersstromen door het windenergiegebied van december 2014 tot en met november 2015**





**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 IV 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 IV, zal het verkeer van Scheveningen richting het noordwesten, en vice versa, korter langs de zuidwestelijke hoek van kavel IV gaan. Wanneer alle kavels volgebouwd zijn, zal dit verkeer verder om moeten varen langs de zuidpunt van het gehele windenergiegebied Hollandse Kust (zuid). 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 IV bebouwd is, of alle kavels.

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 IV 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

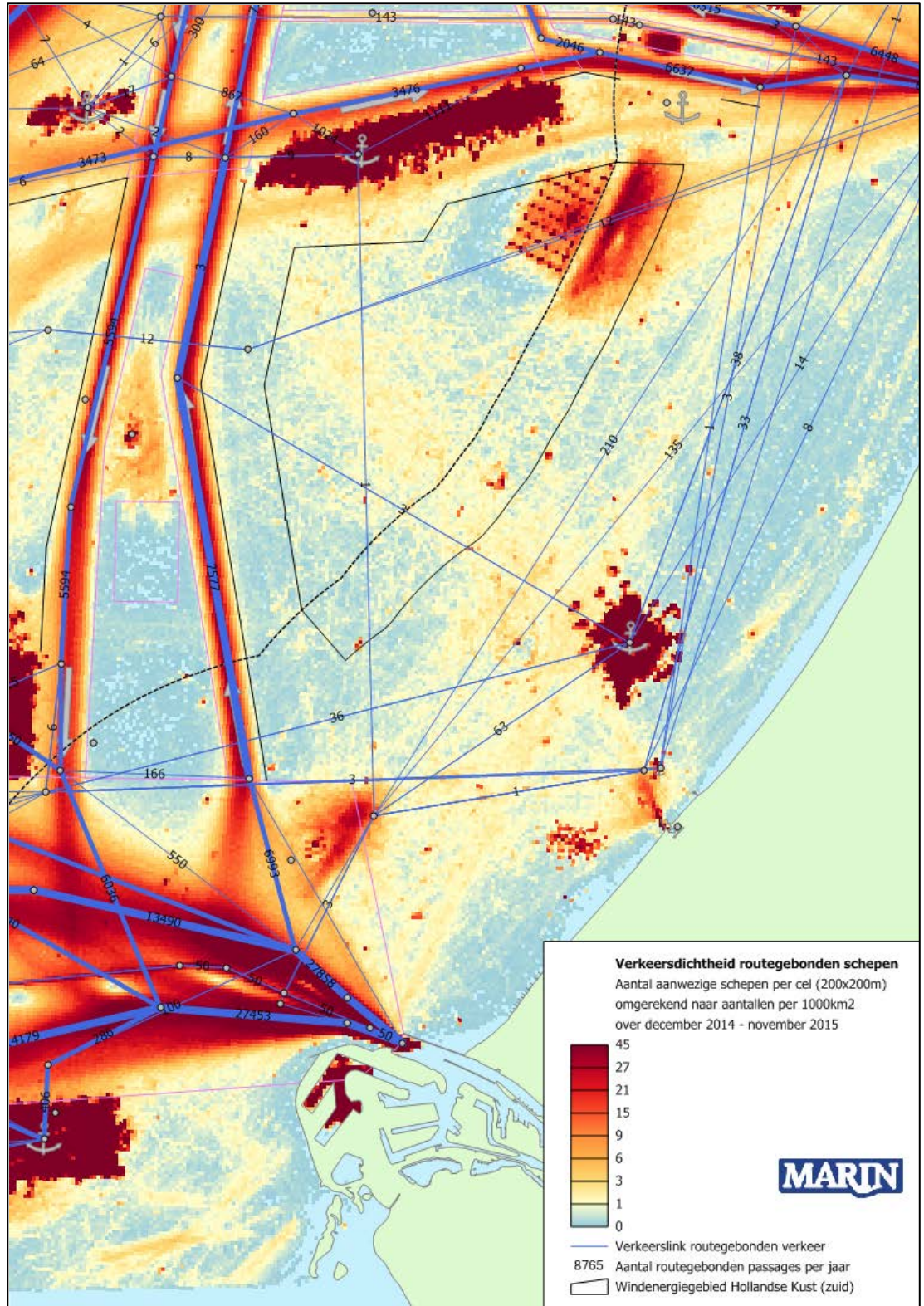
Om de overige effecten te berekenen van de verschuivingen van de verkeersstromen door aanwezigheid van windparken, wordt er vergeleken met een basis situatie. Figuur 4-5 laat de verkeersmodellering zien voor het routegebonden verkeer voor deze situatie. In dit geval loopt de verkeersstroom vanuit IJmuiden 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 Verkeersroutering voor de basis situatie zonder windparken**

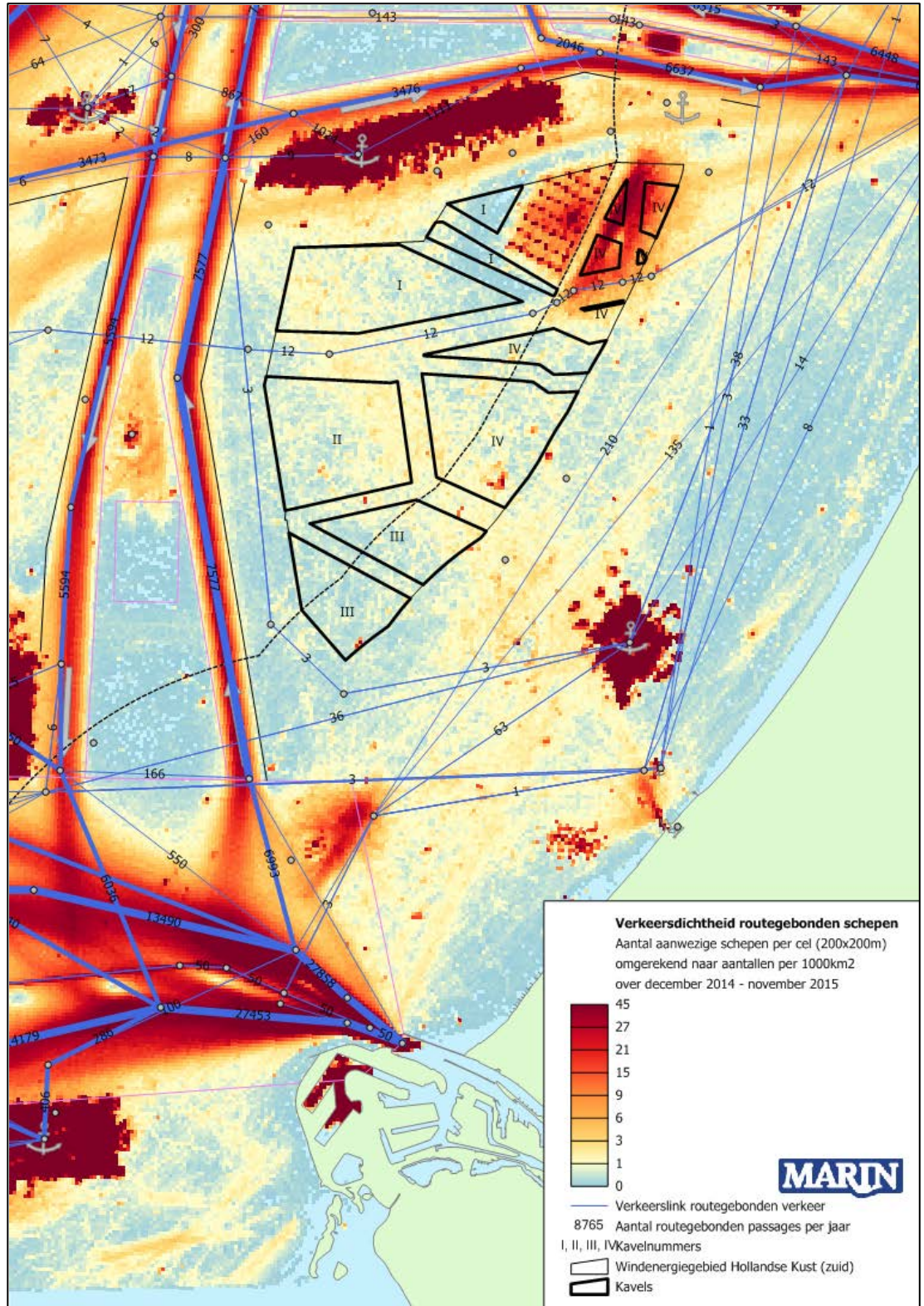
Tabel 4-1 geeft een overzicht van de twee verkeersscenario's in deze studie.

**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 aanvaar- en aandrijffrequenties en de gevolgschade voor kavel IV. 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 IV 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 IV*

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

### 5.2 Aanvaar-/ aandrijffrequenties windparken

Door de aanwezigheid van het windpark op kavel IV 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 IV 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 voor kavel IV vooral de windturbines aan beide zijden van de corridor een hogere aanvaarkans hebben vergeleken met de turbines in de rest van de kavel. Dit wordt veroorzaakt door de hogere kans op rammen voor deze windturbines door het niet-routegebonden verkeer groter dan 24m dat nu verplaatst is naar de directe omgeving van de kavels.

Verder is er in beide varianten een opvallend hogere aanvaarkans voor een enkele windturbine aan de zuidoostelijke rand. Ook dit verschil heeft te maken met het niet-routegebonden verkeer groter dan 24m dat naar buiten is verplaatst, maar het verschil wordt in dit geval versterkt doordat het niet-routegebonden verkeer per gridcel van 8 x 8 km wordt toegewezen; deze turbine grenst aan een cel met een groter aantal schepen. In werkelijkheid zal het verschil hier minder groot zijn.

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 0.03900 voor de 6 MW variant, en 0.01714 voor de 10 MW variant. Dit is equivalent aan respectievelijk eens per 25.6 jaar en 58.3 jaar. Voor schepen kleiner dan 24m is de aanvaar- en aandrijffrequentie respectievelijk 0.01517 voor de 6 MW variant en 0.00485 voor de 10 MW variant, oftewel respectievelijk eens per 65.9 jaar en 206.1 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 0.000017 (eens per 58824 jaar).

**Tabel 5-2 Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor kavel IV 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 IV 6MW Schepen >24m	63	0.00017	0.01948	0.01367	0.00569	0.03900	25.6
Kavel IV 6MW Schepen <24m	63	0.00000	0.01371	0.00000	0.00146	0.01517	65.9
Kavel IV 10MW Schepen >24m	38	0.00007	0.00621	0.00783	0.00302	0.01714	58.3
Kavel IV 10MW Schepen <24m	38	0.00000	0.00420	0.00000	0.00065	0.00485	206.1

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 0.000619 bedraagt (eens per 1615.3 jaar), en in de 10 MW variant 0.000451 (eens per 2217.2 jaar). Dit geeft de invloed van de afmetingen van de fundering aan. Voor de doorvaart is de invloed van de fundering op kansen groter: 0.000241 voor jackets (eens per 4152.7 jaar) en 0.000128 voor monopiles (eens per 7833.4 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 IV 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 IV 6MW Schepen >24m	63	0.000003	0.000309	0.000217	0.000090	0.000619	1615.3
Kavel IV 6MW Schepen <24m	63	0.000000	0.000218	0.000000	0.000023	0.000241	4152.7
Kavel IV 10MW Schepen >24m	38	0.000002	0.000164	0.000206	0.000080	0.000451	2217.2
Kavel IV 10MW Schepen <24m	38	0.000000	0.000111	0.000000	0.000017	0.000128	7833.4

### 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 8.25% 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 11.92%.

Uit onderstaande tabel en de genoemde tabel in de appendix blijkt ook dat alle aanvaringen met schepen kleiner dan 24m (28.00% en 22.06% 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	0.00%	2.55%	0.02%	2.57%	0.00%	3.68%	0.00%	3.68%
Chemicaliëntanker	0.00%	5.03%	0.01%	5.04%	0.00%	6.98%	0.02%	7.00%
Gastanker	0.00%	0.42%	0.00%	0.42%	0.00%	0.59%	0.00%	0.59%
Container+ RoRo	0.01%	8.25%	0.04%	8.29%	0.00%	11.92%	0.04%	11.97%
Ferry	0.00%	0.23%	0.03%	0.27%	0.00%	0.34%	0.04%	0.38%
Overige R-schepen	0.01%	8.41%	0.53%	8.96%	0.01%	11.68%	0.63%	12.32%
N-schepen >24m	0.16%	0.37%	45.92%	46.45%	0.51%	0.55%	40.95%	42.01%
Alle schepen >24m	0.18%	25.26%	46.55%	72.00%	0.53%	35.74%	41.68%	77.94%
N-schepen <24m	0.00%	0.00%	28.00%	28.00%	0.00%	0.00%	22.06%	22.06%
Alle schepen	0.18%	25.26%	74.56%	100.00%	0.53%	35.74%	63.73%	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 types 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 14.2% en 17.5% van de aanvaringen of aandrijvingen de turbine als gevolg ervan scheef staat. In 65.1% en 56.3% 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	0.035292	65.1%	0.012381	56.3%
Scheef	0.007708	14.2%	0.003854	17.5%
Omvallen	0.010875	20.1%	0.005647	25.7%
GosMos	0.000306	0.6%	0.000117	0.5%
Totaal	0.054180	100.0%	0.021998	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 38.4% van de contacten met turbines door driften wordt veroorzaakt, en 61.6% door rammen. Voor 34.5% van de gevallen is het energieniveau lager dan 1 MJ. Hierbij is vrijwel altijd sprake van niet-routegebonden verkeer (34.4% tegen 0.1% 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 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  $1/(0.001047+0.000055) \approx 907$  jaar voor de 6 MW variant.

De gemiddelde uitstroom van  $0.919 \text{ m}^3$  ladingolie voor deze variant in Tabel 5-6 dient alleen als vergelijking. Een uitstroom van  $0.919 \text{ m}^3$  ieder jaar geeft immers een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van  $919 \text{ m}^3$  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  $(0.001047+0.000055) / (0.353402+0.148723) * 100 \approx 0.22\%$ . Voor de 10 MW variant ligt dit lager (0.12%).

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

Variant	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in $\text{m}^3$	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in $\text{m}^3$	Eens in de ... jaar
Variant 6 MW	0.001047	955	0.284	0.000055	18140	0.919	907
Variant 10 MW	0.000577	1732	0.164	0.000032	31541	0.533	1642
Gehele NCP (zonder windparken) <sup>1</sup>	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.

<sup>1</sup> 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	0.000044	0.000025
Hoog ecologisch risico	0.000009	0.000005
Gemiddeld ecologisch risico	0.000007	0.000004
Gering ecologisch risico	0.000058	0.000033
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000031	0.000017
Totaal	0.000149	0.000084
Eens in de ... jaar	6706	11881

#### 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  $0.000196$  ( $1.96 \times 10^{-4}$ , zie Tabel A1-10). Het verwachte aantal doden voor de 10 MW variant is  $0.000093$  ( $0.93 \times 10^{-4}$ , 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 omliggende 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 CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> door schepen in de gehanteerde verkeersdatabase, en alleen binnen de EEZ.

Tabel 5-8

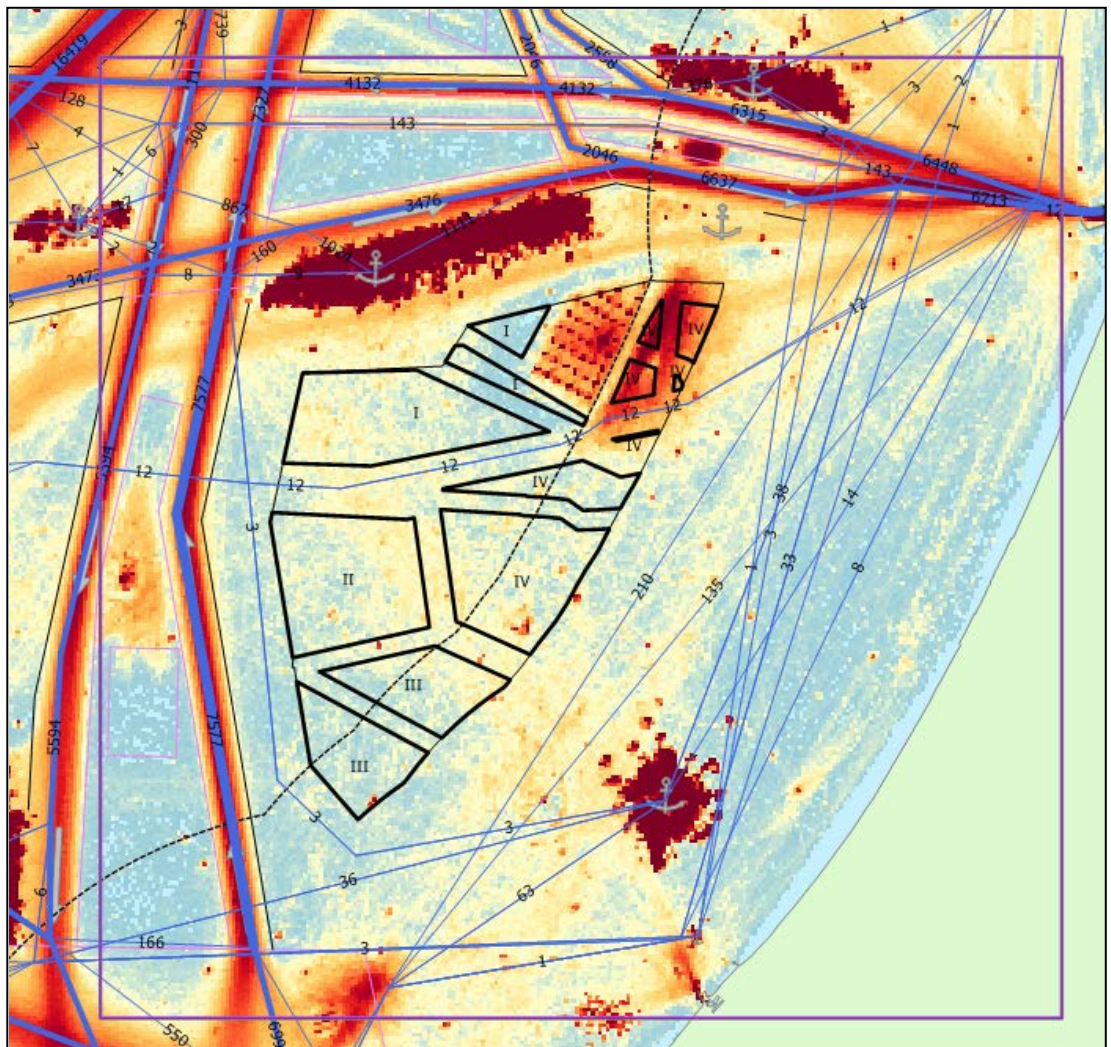
**Scoretabel voor de effecten van de aanwezigheid van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) op de scheepvaart binnen de EEZ**

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
<b>Algemeen</b>				
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%
<b>Veiligheid</b>				
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%
<b>Economische effect</b>				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€ / jaar	1447.769	0.0000	0.000%
<b>Emissies</b>				
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
<b>Algemeen</b>				
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%
<b>Veiligheid</b>				
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%
<b>Economische effect</b>				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€ / jaar	55.719	0.0084	0.015%
<b>Emissies</b>				
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 IV is het gemiddeld ongeveer 2 uur varen. Met acht schepen zijn dit  $8 \times 2$  uur  $\times 2$  (heen + terug) = 32 extra vaaruren per dag. Tijdens de bouwperiode is dus gemiddeld  $32/24 = 1\frac{1}{3}$  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 0.44%. Gedurende de bouwperiode is de kans op een aanvaring tussen schepen door de verhoogde verkeersintensiteit daarom  $(1.0044^2 - 1) \times 100\% \approx 0.89\%$  hoger<sup>1</sup> 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 0.44% (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 IV bebouwd wordt, en de overige kavels niet, dan zal het verkeer van Scheveningen richting het noordwesten, en vice versa, kort langs de zuidwestelijke hoek van kavel IV varen. Deze stroom van ongeveer 426 schepen per jaar, bestaat uit tankers en vrachtschepen. Hierdoor zal de aanvaringsfrequentie voor de windturbines in die zuidwestelijke hoek toenemen. De toename is echter beperkt, want het gaat om een relatief kleine verkeersstroom.

Voor het verkeer vanuit IJmuiden door de corridor (136 passages westwaarts, 12 oostwaarts), maakt het met betrekking tot kavel IV geen verschil of de overige kavels bebouwd zijn.

---

<sup>1</sup> 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 met name de windturbines aan de noordoostelijke rand en langs de corridor 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 IV vaart. De aanvaarkansen voor de windturbines aan de oostelijke rand van kavel IV zullen dan afnemen. Aan de andere kant, als de overige kavels niet zijn afgesloten, zal er in bijvoorbeeld kavel II en III ten zuidwesten van kavel IV 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 aan de oostzijde van het windpark zuidwestwaarts**

Aan de oostzijde van het windpark kan een zuidwestwaarts varend schip vanuit IJmuiden richting Maas Noord, een oostwaarts varend schip uit de corridor ontmoeten. Het zuidwestwaarts varende schip is hierbij uitwijkplichtig, en zal daarom het schip uit de corridor tijdig willen waarnemen.

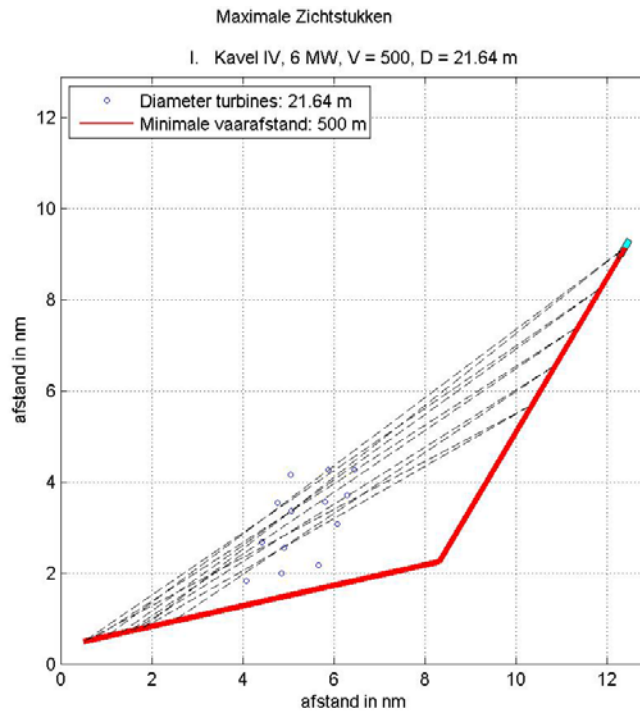
Zuidwestwaarts langs de kust varende schepen varen op deze locatie al op grotere afstand van het windpark. Dit komt door het verkeersscheidingsstelsel bij IJmuiden (zie Figuur 4-3).

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 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 5-4 en Figuur 5-5 laten zien dat voor beide varianten het laatste schaduwstuk op ongeveer 3.7 mijl voor de kruising ligt. Voor de 6 MW variant is dit schaduwstuk ongeveer 70m lang, en voor de 10 MW variant ongeveer 30m lang. Dit is in de onderste grafiek van Figuur 5-5 te zien.

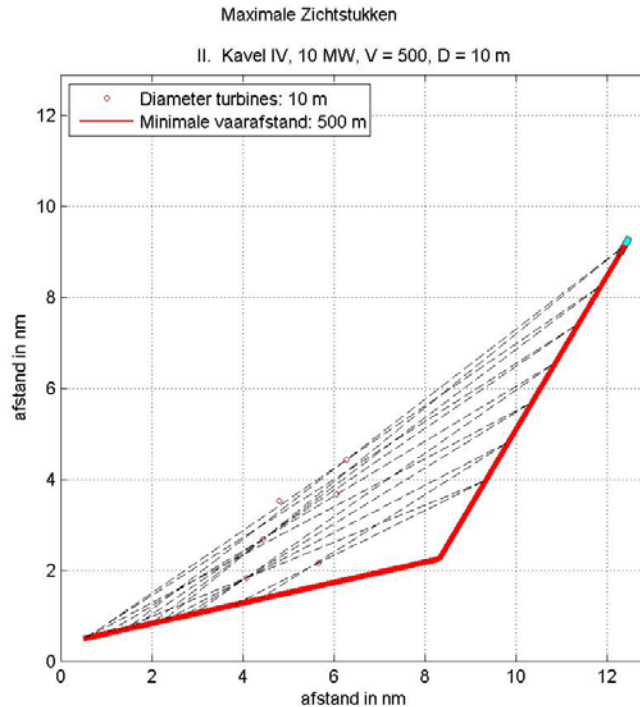
Gezien de grote afstand van het laatste schaduwstuk tot het kruispunt, is er bij deze ontmoetingssituatie geen hinder door zichtbelemmering door de windturbines.





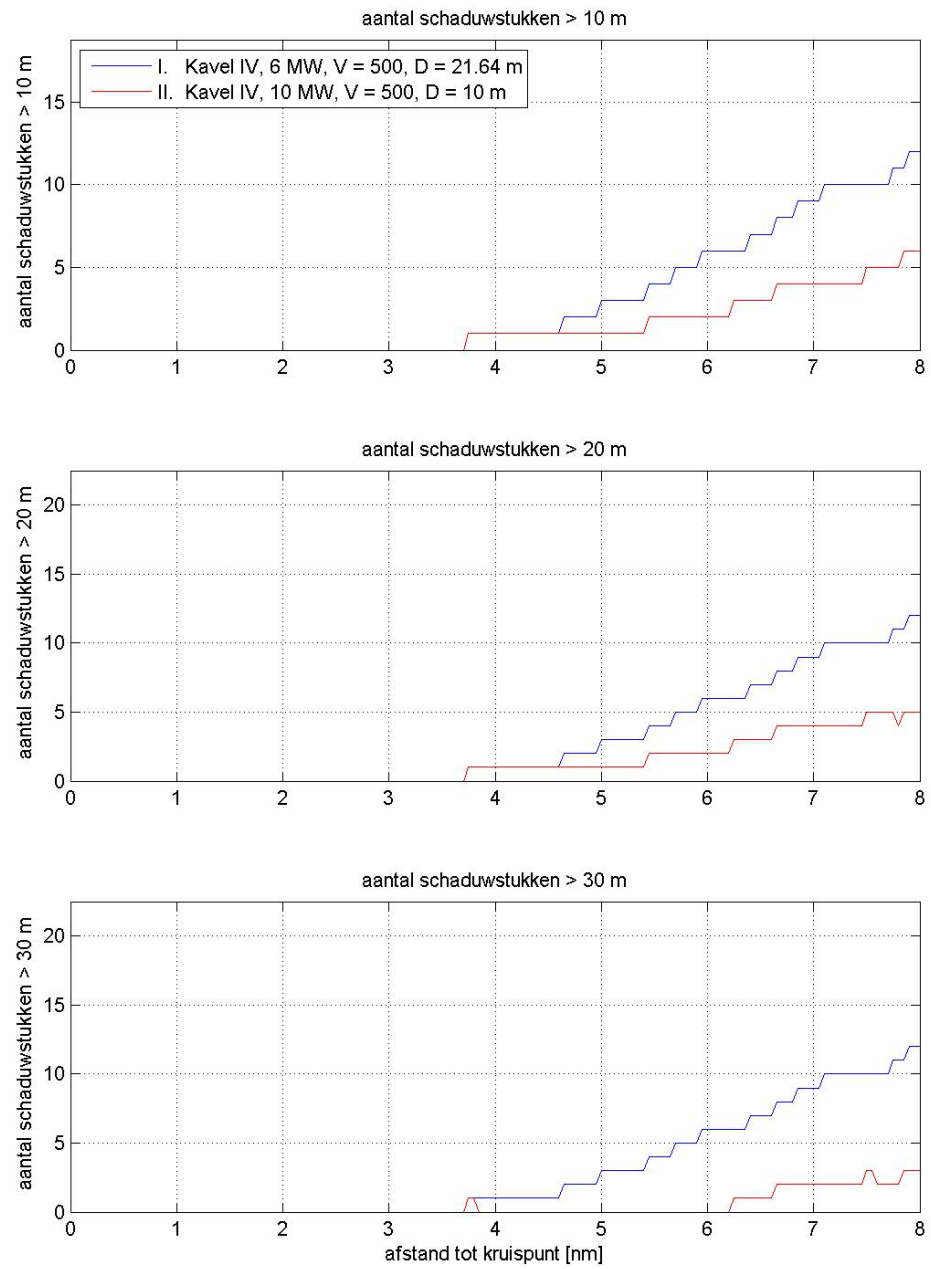
**Figuur 5-2**

**Ontmoeting met een oostwaarts varend schip vanuit de corridor aan de oostzijde van kavel IV, gezien vanuit een zuidwestwaarts langs het park varend schip voor de 6 MW variant met jackets**

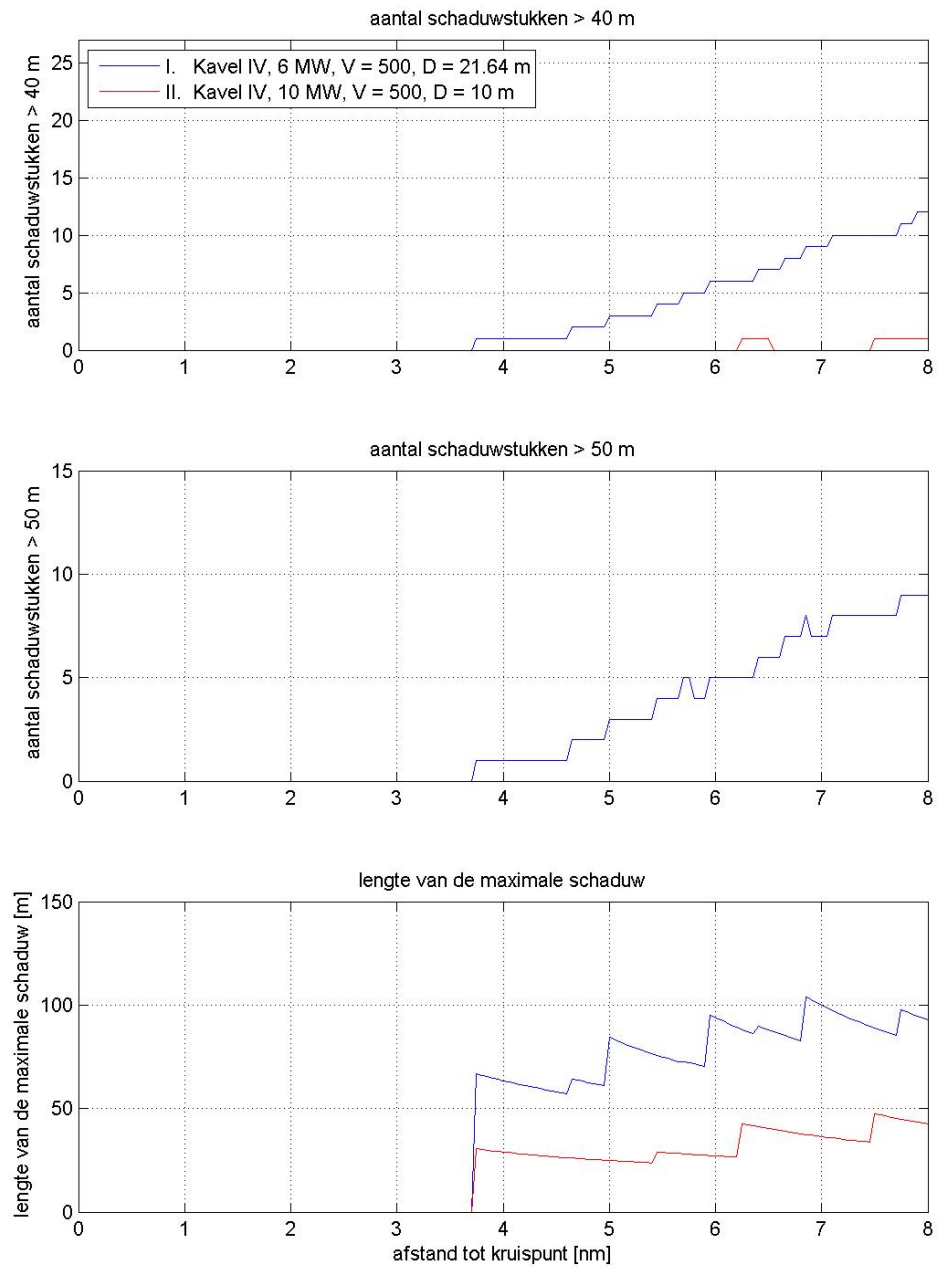


**Figuur 5-3**

**Ontmoeting met een oostwaarts varend schip vanuit de corridor aan de oostzijde van kavel IV, gezien vanuit een zuidwestwaarts langs het park varend schip voor de 10 MW variant met monopiles**


**Figuur 5-4**

**Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting aan de oostzijde bij de corridor gezien vanuit het zuidwestwaarts langs het park varende schip voor beide varianten**



**Figuur 5-5**

**Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting aan de oostzijde bij de corridor gezien vanuit het zuidwestwaarts langs het park varende schip voor beide varianten**

### 5.8.2 Kruisend verkeer aan de oostzijde van het windpark oostwaarts

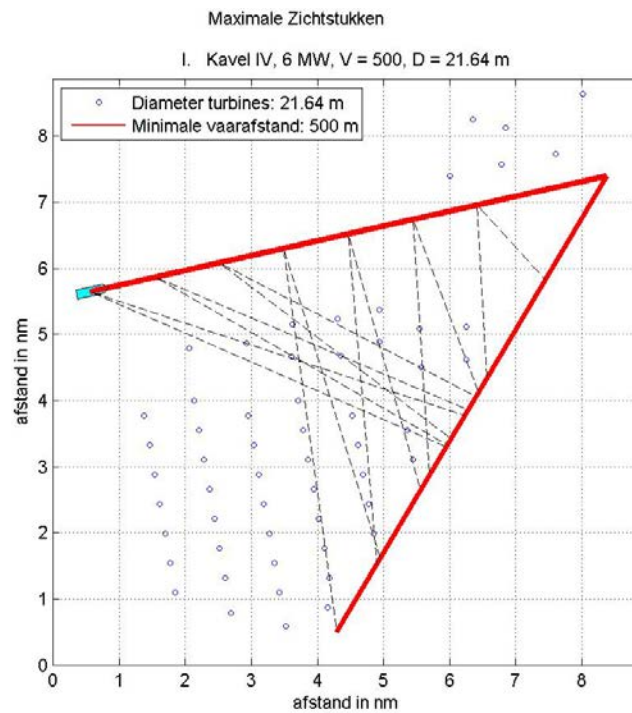
Aan de oostzijde van het windpark kan een oostwaarts door de corridor varende schip een noordoostwaards langs het windpark varende schip ontmoeten. In dit geval wordt er wel vanuit gegaan dat het langs het park varende schip op 500m afstand van de turbines vaart. Het door de corridor varende schip is op weg naar IJmuiden en houdt daarom meer afstand tot de windturbines in het zuidelijke gedeelte van het windpark aan. Het schip uit de corridor is in dit geval uitwijkplichtig, en zal het noordoostwaarts varende schip vroegtijdig willen waarnemen.

In Figuur 5-6 en Figuur 5-7 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 behoorlijk groot is. Dit geeft aan dat het zicht op het traject van het andere schip goed is.

Figuur 5-8 laat zien dat voor beide varianten het laatste schaduwstuk op ongeveer 3.3 mijl voor de kruising ligt. Voor de 6 MW variant is dit schaduwstuk ongeveer 30m lang, en voor de 10 MW variant ongeveer 15m lang. Dit is in de onderste grafiek van Figuur 5-9 te zien.

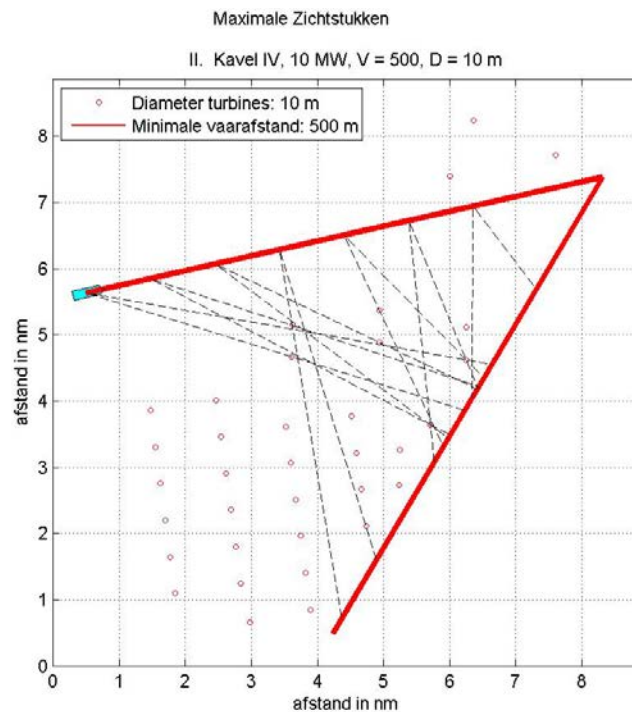
Gezien de grote afstand van het laatste schaduwstuk tot het kruispunt, is er bij deze ontmoetingssituatie geen hinder door zichtbelemmering door de windturbines.





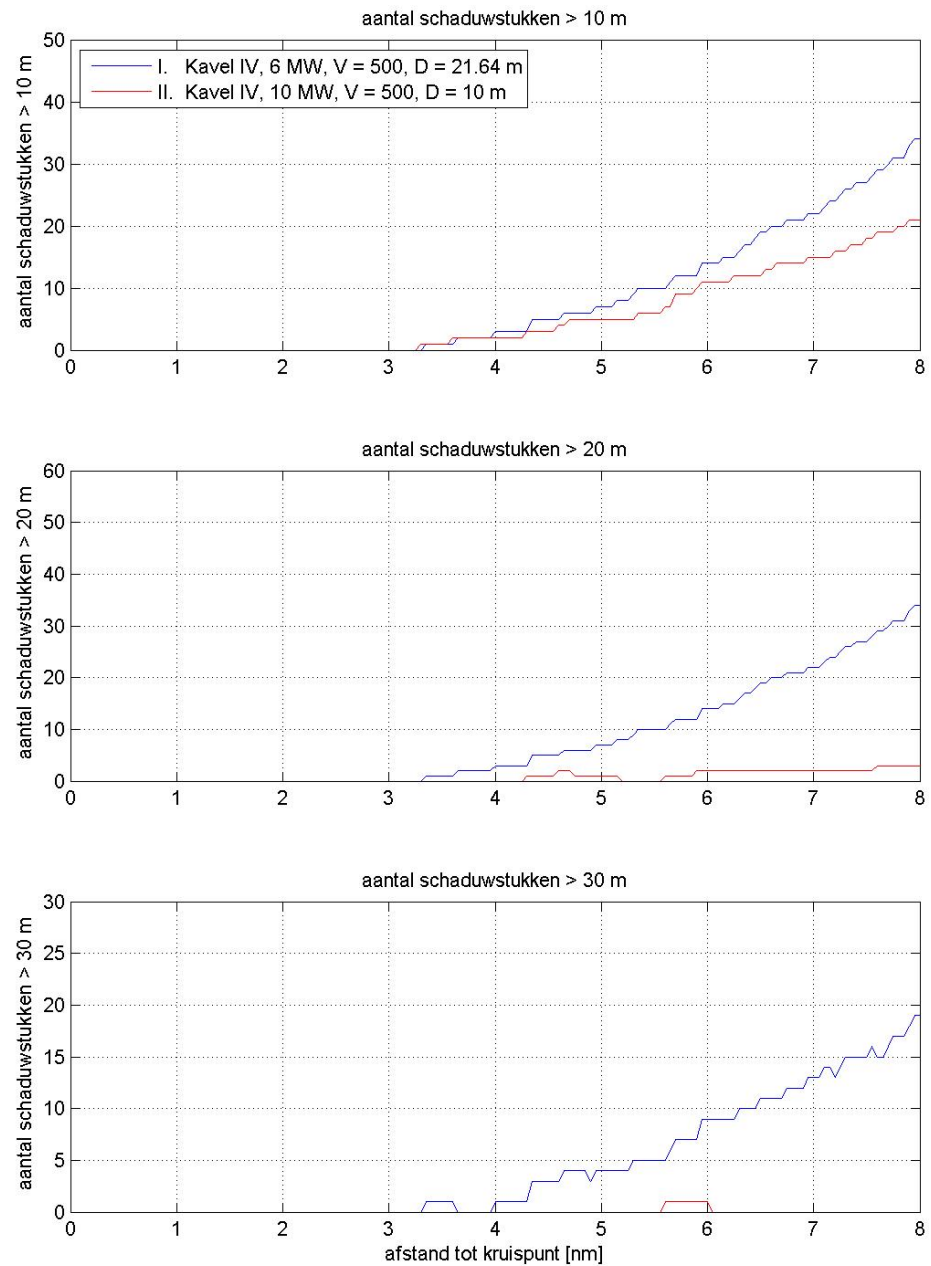
Figuur 5-6

*Ontmoeting met een noordoostwaarts langs het windpark varende schip aan de oostzijde van kavel IV, gezien vanuit het oostwaarts door de corridor varende schip voor de 6 MW variant met jackets*

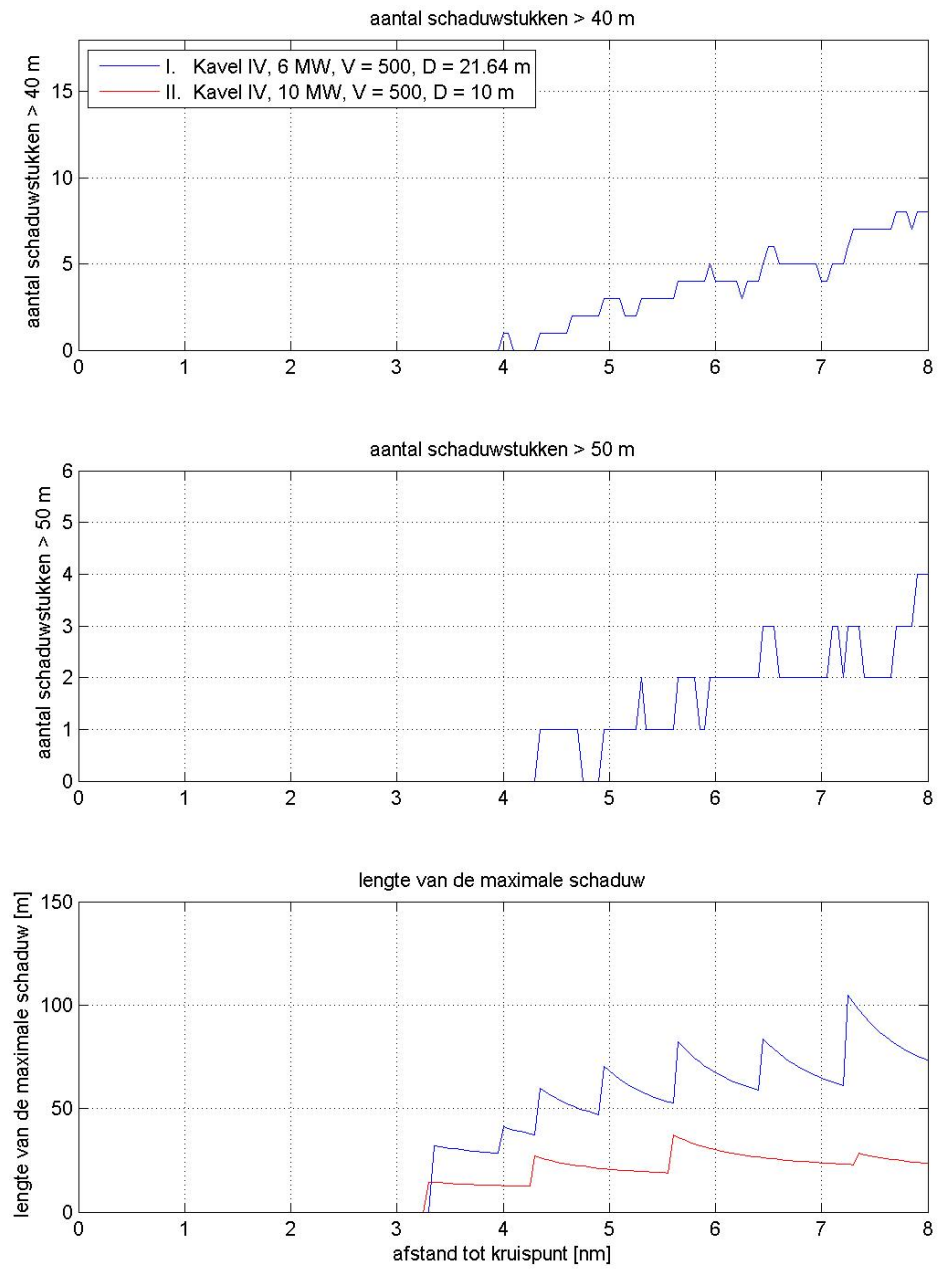


Figuur 5-7

*Ontmoeting met een noordoostwaarts langs het windpark varende schip aan de oostzijde van kavel IV, gezien vanuit het oostwaarts door de corridor varende schip voor de 10 MW variant met monopiles*


**Figuur 5-8**

**Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting aan de oostzijde van het park gezien vanuit het oostwaarts door de corridor varende schip voor beide varianten**



**Figuur 5-9**

**Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting aan de oostzijde van het park gezien vanuit het oostwaarts door de corridor 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, vormt aandrijven een aanzienlijk deel van het 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 IV 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 IV 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 IV 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 0.03900 voor de 6 MW variant, en 0.01714 voor de 10 MW variant. Dit is equivalent aan respectievelijk eens per 25.6 jaar en 58.3 jaar. Voor schepen kleiner dan 24m is de aanvaar- en aandrijffrequentie respectievelijk 0.01517 voor de 6 MW variant en 0.00485 voor de 10 MW variant, oftewel respectievelijk eens per 65.9 jaar en 206.1 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 0.000017 (eens per 58824 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 IV 6MW Schepen >24m	63	0.00017	0.01948	0.01367	0.00569	0.03900	25.6
Kavel IV 6MW Schepen <24m	63	0.00000	0.01371	0.00000	0.00146	0.01517	65.9
Kavel IV 10MW Schepen >24m	38	0.00007	0.00621	0.00783	0.00302	0.01714	58.3
Kavel IV 10MW Schepen <24m	38	0.00000	0.00420	0.00000	0.00065	0.00485	206.1

Als gevolg van de 6 MW variant wordt eens per 907 jaar een uitstroom van olie verwacht, terwijl dit voor de 10 MW eens per 1642 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 IV toe met respectievelijk 0.22% en 0.12%.

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 6706 jaar en voor de 10 MW variant eens per 11881 jaar.

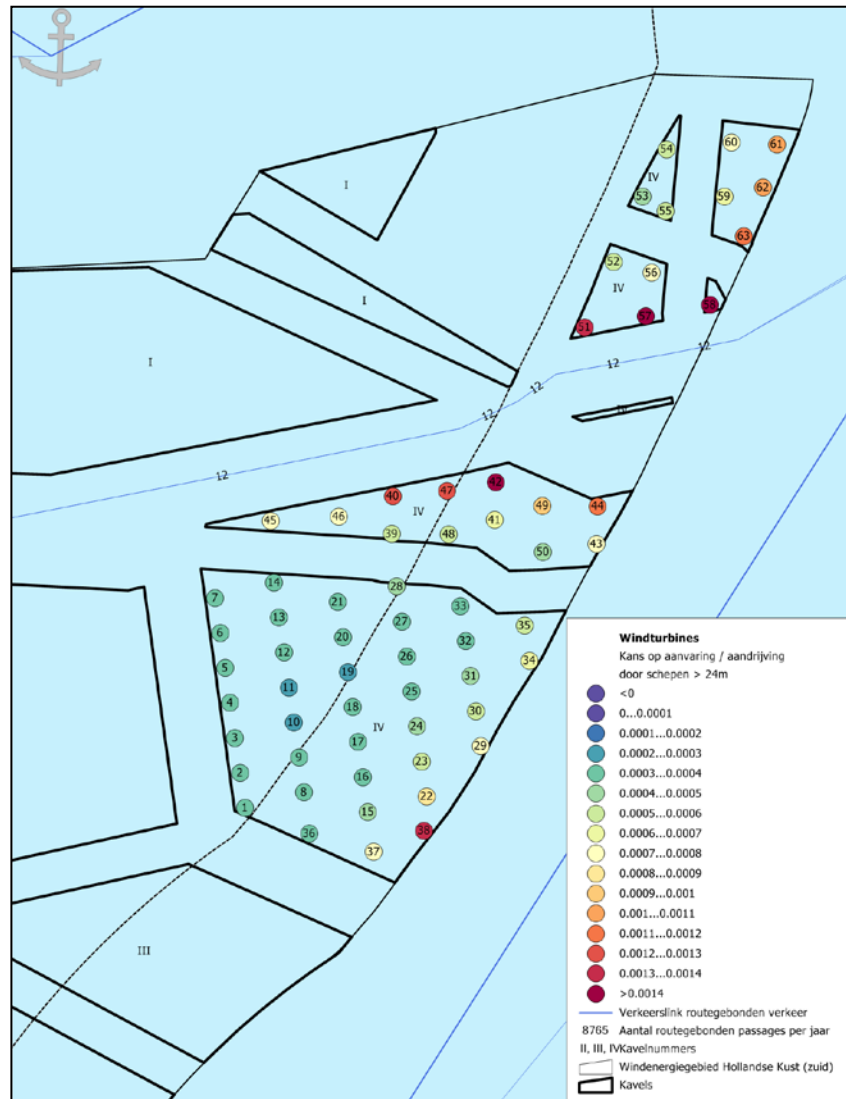
Ecologische risico-indicator	Variant 6 MW	Variant 10 MW
Zeer hoog ecologisch risico	0.000044	0.000025
Hoog ecologisch risico	0.000009	0.000005
Gemiddeld ecologisch risico	0.000007	0.000004
Gering ecologisch risico	0.000058	0.000033
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000031	0.000017
Totaal	0.000149	0.000084
Eens in de ... jaar	6706	11881

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  $1.96 \times 10^{-4}$ . Het verwachte aantal doden voor de 10 MW variant is  $0.93 \times 10^{-4}$ .

## REFERENTIES

- [1] C. van der Tak, J.H. de Jong  
Safety Management Assessment Ranking Tool (SMART)  
8<sup>th</sup> 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 IV variant 6 MW**


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

**Tabel A1-1** Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel IV 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_IV_6MW	5216.4	404.1	0.000000	0.000011	0.000238	0.000070	0.000319	3136
002.HKZ_IV_6MW	5216.8	404.0	0.000000	0.000006	0.000234	0.000065	0.000305	3281
003.HKZ_IV_6MW	5217.3	403.9	0.000000	0.000003	0.000236	0.000062	0.000301	3318
004.HKZ_IV_6MW	5217.7	403.8	0.000000	0.000005	0.000237	0.000063	0.000306	3269
005.HKZ_IV_6MW	5218.2	403.7	0.000000	0.000008	0.000238	0.000064	0.000311	3216
006.HKZ_IV_6MW	5218.6	403.5	0.000000	0.000016	0.000239	0.000066	0.000321	3115
007.HKZ_IV_6MW	5219.1	403.4	0.000000	0.000047	0.000241	0.000069	0.000358	2796
008.HKZ_IV_6MW	5216.6	405.4	0.000000	0.000028	0.000227	0.000078	0.000332	3008
009.HKZ_IV_6MW	5217.1	405.3	0.000000	0.000013	0.000225	0.000070	0.000308	3245
010.HKZ_IV_6MW	5217.5	405.2	0.000000	0.000007	0.000225	0.000065	0.000297	3364

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
011.HKZ_IV_6MW	5218.0	405.0	0.000000	0.000007	0.000227	0.000065	0.000300	3337
012.HKZ_IV_6MW	5218.4	404.9	0.000000	0.000010	0.000229	0.000067	0.000307	3256
013.HKZ_IV_6MW	5218.9	404.8	0.000000	0.000022	0.000230	0.000070	0.000322	3101
014.HKZ_IV_6MW	5219.3	404.7	0.000000	0.000066	0.000233	0.000071	0.000370	2705
015.HKZ_IV_6MW	5216.4	406.7	0.000000	0.000164	0.000220	0.000092	0.000476	2101
016.HKZ_IV_6MW	5216.8	406.6	0.000000	0.000073	0.000219	0.000086	0.000378	2648
017.HKZ_IV_6MW	5217.3	406.5	0.000000	0.000035	0.000217	0.000079	0.000330	3026
018.HKZ_IV_6MW	5217.7	406.4	0.000000	0.000018	0.000218	0.000073	0.000310	3231
019.HKZ_IV_6MW	5218.2	406.2	0.000000	0.000011	0.000219	0.000069	0.000299	3344
020.HKZ_IV_6MW	5218.6	406.1	0.000000	0.000014	0.000220	0.000073	0.000307	3254
021.HKZ_IV_6MW	5219.1	406.0	0.000000	0.000031	0.000221	0.000075	0.000328	3053
022.HKZ_IV_6MW	5216.6	407.9	0.000002	0.000511	0.000201	0.000102	0.000815	1227
023.HKZ_IV_6MW	5217.0	407.8	0.000000	0.000256	0.000208	0.000089	0.000553	1808
024.HKZ_IV_6MW	5217.5	407.7	0.000000	0.000143	0.000211	0.000079	0.000433	2308
025.HKZ_IV_6MW	5217.9	407.6	0.000000	0.000097	0.000212	0.000076	0.000385	2600
026.HKZ_IV_6MW	5218.4	407.5	0.000000	0.000079	0.000212	0.000073	0.000363	2753
027.HKZ_IV_6MW	5218.8	407.4	0.000000	0.000079	0.000213	0.000073	0.000364	2744
028.HKZ_IV_6MW	5219.3	407.3	0.000000	0.000114	0.000213	0.000074	0.000402	2491
029.HKZ_IV_6MW	5217.2	409.1	0.000004	0.000465	0.000191	0.000096	0.000757	1322
030.HKZ_IV_6MW	5217.7	408.9	0.000001	0.000258	0.000191	0.000088	0.000538	1858
031.HKZ_IV_6MW	5218.1	408.8	0.000000	0.000156	0.000192	0.000082	0.000431	2320
032.HKZ_IV_6MW	5218.6	408.7	0.000000	0.000110	0.000195	0.000078	0.000384	2602
033.HKZ_IV_6MW	5219.0	408.6	0.000000	0.000095	0.000200	0.000077	0.000373	2682
034.HKZ_IV_6MW	5218.4	410.0	0.000004	0.000403	0.000187	0.000091	0.000685	1461
035.HKZ_IV_6MW	5218.8	409.9	0.000001	0.000233	0.000189	0.000086	0.000509	1967
036.HKZ_IV_6MW	5216.1	405.5	0.000000	0.000072	0.000228	0.000087	0.000387	2585
037.HKZ_IV_6MW	5215.9	406.8	0.000001	0.000453	0.000221	0.000105	0.000780	1282
038.HKZ_IV_6MW	5216.2	407.9	0.000004	0.000996	0.000202	0.000117	0.001320	758
039.HKZ_IV_6MW	5219.9	407.1	0.000002	0.000295	0.000218	0.000083	0.000598	1672
040.HKZ_IV_6MW	5220.4	407.1	0.000012	0.000934	0.000223	0.000094	0.001262	792
041.HKZ_IV_6MW	5220.1	409.2	0.000001	0.000314	0.000200	0.000093	0.000608	1645
042.HKZ_IV_6MW	5220.6	409.3	0.000005	0.001094	0.000204	0.000114	0.001418	705
043.HKZ_IV_6MW	5219.9	411.4	0.000004	0.000471	0.000186	0.000101	0.000762	1312
044.HKZ_IV_6MW	5220.3	411.4	0.000005	0.000872	0.000191	0.000116	0.001184	845
045.HKZ_IV_6MW	5220.1	404.6	0.000009	0.000445	0.000240	0.000074	0.000768	1302
046.HKZ_IV_6MW	5220.2	406.0	0.000005	0.000411	0.000228	0.000082	0.000726	1377
047.HKZ_IV_6MW	5220.5	408.3	0.000010	0.000966	0.000214	0.000105	0.001296	772
048.HKZ_IV_6MW	5220.0	408.3	0.000001	0.000251	0.000212	0.000085	0.000549	1821
049.HKZ_IV_6MW	5220.3	410.3	0.000001	0.000603	0.000196	0.000106	0.000906	1104
050.HKZ_IV_6MW	5219.8	410.3	0.000000	0.000188	0.000194	0.000090	0.000472	2120
051.HKZ_IV_6MW	5222.6	411.1	0.000012	0.000970	0.000211	0.000135	0.001329	752
052.HKZ_IV_6MW	5223.5	411.6	0.000004	0.000259	0.000217	0.000112	0.000594	1685
053.HKZ_IV_6MW	5224.3	412.2	0.000002	0.000148	0.000226	0.000106	0.000482	2077
054.HKZ_IV_6MW	5224.9	412.7	0.000003	0.000246	0.000241	0.000109	0.000599	1670
055.HKZ_IV_6MW	5224.1	412.7	0.000001	0.000177	0.000223	0.000104	0.000505	1980
056.HKZ_IV_6MW	5223.3	412.5	0.000003	0.000390	0.000217	0.000122	0.000731	1368
057.HKZ_IV_6MW	5222.8	412.4	0.000014	0.001111	0.000209	0.000142	0.001477	677
058.HKZ_IV_6MW	5223.0	413.7	0.000029	0.001315	0.000203	0.000141	0.001688	592
059.HKZ_IV_6MW	5224.3	414.0	0.000004	0.000352	0.000227	0.000117	0.000700	1429
060.HKZ_IV_6MW	5225.0	414.1	0.000005	0.000407	0.000241	0.000117	0.000771	1297
061.HKZ_IV_6MW	5225.0	415.1	0.000003	0.000637	0.000240	0.000121	0.001002	998
062.HKZ_IV_6MW	5224.5	414.8	0.000006	0.000734	0.000229	0.000128	0.001096	912
063.HKZ_IV_6MW	5223.8	414.4	0.000006	0.000770	0.000221	0.000130	0.001127	887
Totaal per jaar			0.000169	0.019476	0.013672	0.005694	0.039010	26
Dit is eens in .. jaar			5916	51	73	176	26	

**Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel IV 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	0.000166	6024	0.013669	73	0.013835	72
N-schepen >24m	0.019475	51	0.005693	176	0.025168	40
Totaal schepen >24m	0.019641	51	0.019362	52	0.039003	26
N-schepen <24m	0.013707	73	0.001464	683	0.015171	66

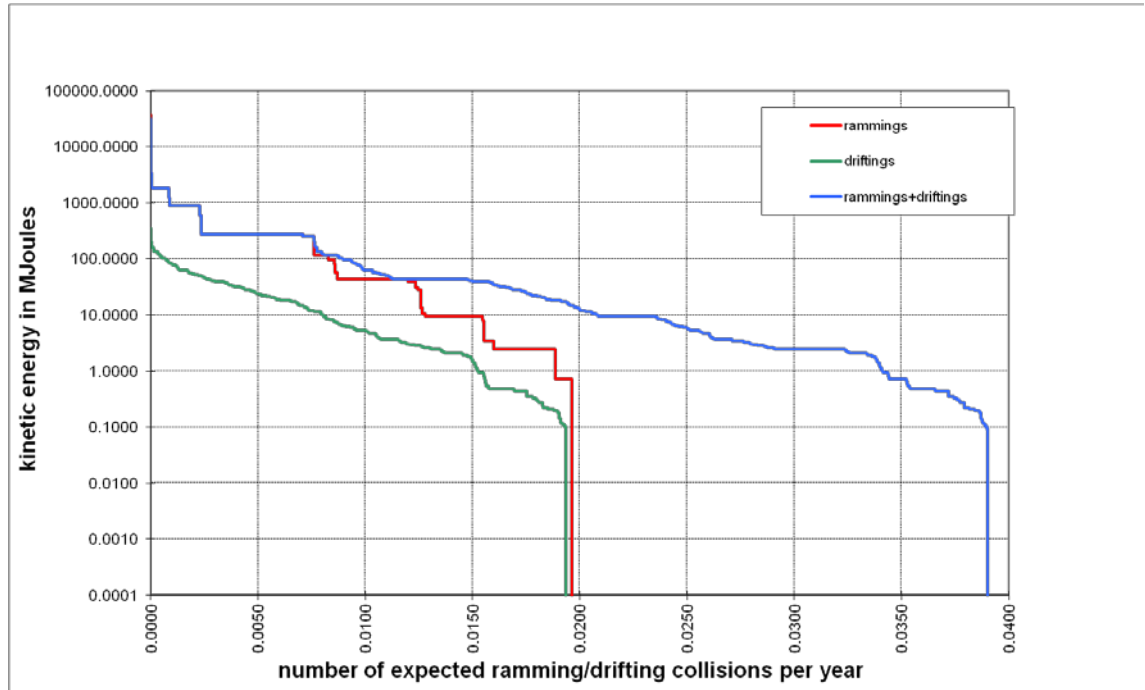
**Tabel A1-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen**

Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos <sup>1</sup>	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000000	0.001383	0.000009	0.001392
Chemicaliëntanker	0.000000	0.002723	0.000005	0.002728
Gastanker	0.000000	0.000228	0.000001	0.000229
Container+ RoRo	0.000003	0.004468	0.000023	0.004493
Ferry	0.000001	0.000125	0.000018	0.000144
Overige R-schepen	0.000007	0.004558	0.000289	0.004854
N-schepen >24m	0.000088	0.000202	0.024879	0.025169
Alle schepen >24m	0.000099	0.013687	0.025223	0.039009
N-schepen <24m	0.000000	0.000000	0.015171	0.015171

**Tabel A1-4 Schade aan het totale windpark in kavel IV 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	0.002459	0.000000	0.025311	0.000619	0.006903	0.000619	0.034673	0.035292	28
Scheef	0.000000	0.000353	0.000002	0.001407	0.005757	0.000189	0.005759	0.001949	0.007708	130
Omvallen	0.000015	0.000463	0.000140	0.002895	0.007297	0.000065	0.007452	0.003423	0.010875	92
GosMos <sup>1</sup>	0.000002	0.000043	0.000010	0.000252	0.000000	0.000000	0.000011	0.000294	0.000306	3270
Totaal	0.000017	0.003318	0.000151	0.029864	0.013673	0.007157	0.013841	0.040339	0.054180	18

<sup>1</sup> 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 aanvar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines van kavel IV 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%	24.2%	24.2%	0.2%	10.1%	10.3%	0.2%	34.4%	34.5%
1-3	0.0%	7.8%	7.8%	3.7%	2.0%	5.7%	3.7%	9.8%	13.5%
3-5	0.0%	0.8%	0.8%	3.8%	0.0%	3.8%	3.8%	0.8%	4.7%
5-10	0.0%	5.1%	5.1%	3.0%	0.7%	3.8%	3.0%	5.8%	8.9%
10-15	0.0%	0.3%	0.3%	1.8%	0.3%	2.1%	1.8%	0.6%	2.4%
15-50	0.0%	7.2%	7.2%	8.4%	0.0%	8.4%	8.4%	7.2%	15.6%
50-100	0.0%	0.8%	0.8%	3.1%	0.0%	3.1%	3.1%	0.8%	3.9%
100-200	0.2%	1.0%	1.2%	1.2%	0.0%	1.2%	1.4%	1.0%	2.4%
>200	0.1%	14.0%	14.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%	14.0%	14.1%
Totaal	0.3%	61.2%	61.6%	25.2%	13.2%	38.4%	25.5%	74.5%	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 <sup>3</sup>	Kavel IV variant 6 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>
0.01-20	0.000002	597793	0.000
20-150	0.000741	1349	0.061
150-750	0.000224	4466	0.081
750-3000	0.000068	14657	0.086
3000-10000	0.000012	83820	0.055
Totaal	0.001047	955	0.284



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

Uitstroom van ladingolie in m <sup>3</sup>	Kavel IV variant 6 MW		
	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000001	1532337	0.000
750-3000	0.000006	179879	0.011
3000-10000	0.000019	52245	0.109
10000-30000	0.000022	45934	0.334
30000-100000	0.000007	142175	0.333
Totaal	0.000055	18140	0.919

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

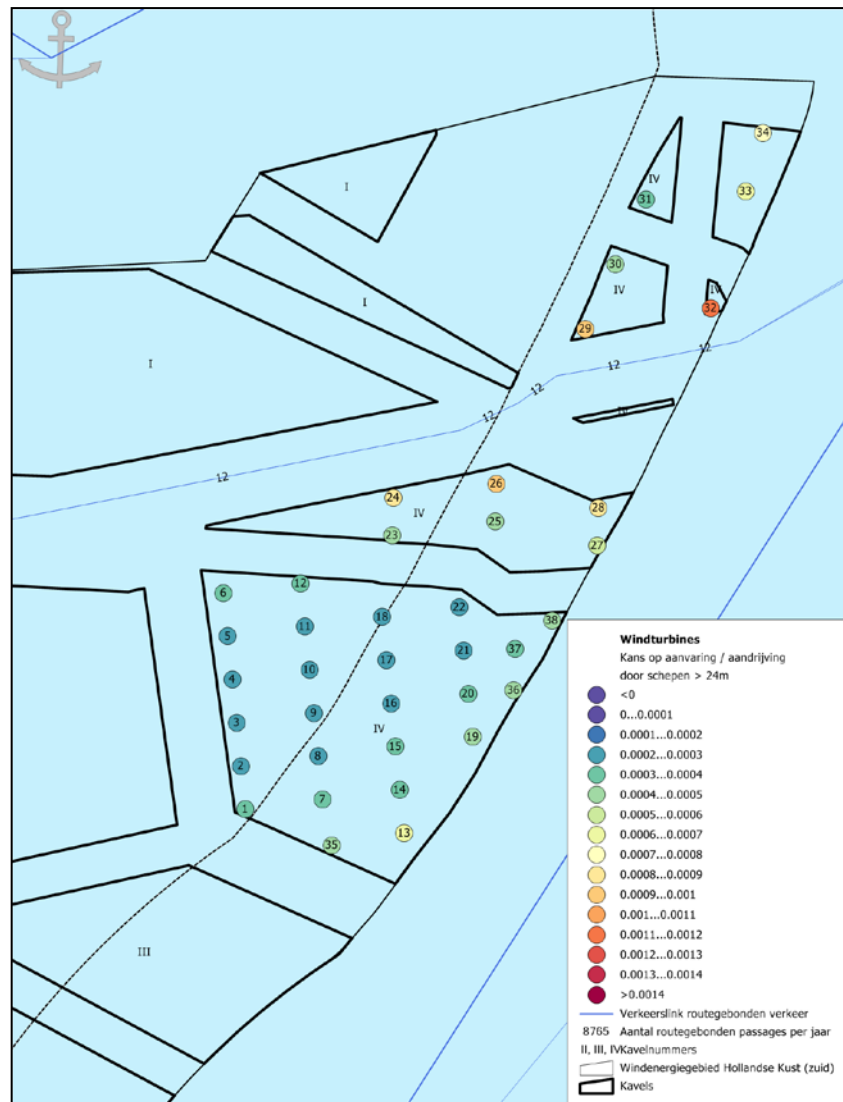
Kavel IV variant 6 MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Eens in de ... jaar
	0.001047	955	0.284	0.000055	18140	0.919	907

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

Ecologische risico-indicator	
Zeer hoog ecologisch risico	0.000044
Hoog ecologisch risico	0.000009
Gemiddeld ecologisch risico	0.000007
Gering ecologisch risico	0.000058
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000031
Totaal	0.000149
Eens in de ... jaar	6706

**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	0.000000	0.000000	2197802	1.15	0.000001	
Chemicaliëntanker	0.000000	0.000000	4545455	0.70	0.000000	
Gastanker	0.000000	0.000000			0.000000	
Container + RoRo	0.000000	0.000002	400000	26.26	0.000066	833333
Ferry	0.000000	0.000001	1428571	51.80	0.000036	1428571
Overige R-schepen	0.000001	0.000006	137552	0.82	0.000006	
N-schepen	0.000043	0.000252	3397	0.30	0.000088	
Totaal	0.000044	0.000261	3273	0.64	0.000196	526316

**APPENDIX A2:**
**Resultaten kavel IV variant 10 MW**


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

**Tabel A2-1** Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel IV variant 10 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_IV_10MW	5216.4	404.1	0.000000	0.000009	0.000226	0.000071	0.000306	3266
002.HKZ_IV_10MW	5217.0	404.0	0.000000	0.000005	0.000223	0.000067	0.000294	3401
003.HKZ_IV_10MW	5217.5	404.0	0.000000	0.000003	0.000225	0.000065	0.000294	3405
004.HKZ_IV_10MW	5218.1	403.8	0.000000	0.000005	0.000226	0.000060	0.000290	3448
005.HKZ_IV_10MW	5218.6	403.7	0.000000	0.000010	0.000226	0.000060	0.000297	3370
006.HKZ_IV_10MW	5219.2	403.6	0.000000	0.000037	0.000230	0.000060	0.000327	3057
007.HKZ_IV_10MW	5216.5	405.8	0.000000	0.000034	0.000213	0.000072	0.000318	3146
008.HKZ_IV_10MW	5217.1	405.6	0.000000	0.000012	0.000212	0.000065	0.000290	3452
009.HKZ_IV_10MW	5217.7	405.5	0.000000	0.000005	0.000212	0.000060	0.000277	3611
010.HKZ_IV_10MW	5218.2	405.5	0.000000	0.000006	0.000217	0.000059	0.000282	3543

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
011.HKZ_IV_10MW	5218.8	405.3	0.000000	0.000013	0.000216	0.000063	0.000292	3426
012.HKZ_IV_10MW	5219.3	405.2	0.000000	0.000042	0.000219	0.000064	0.000325	3077
013.HKZ_IV_10MW	5216.1	407.5	0.000001	0.000366	0.000204	0.000096	0.000668	1497
014.HKZ_IV_10MW	5216.7	407.4	0.000000	0.000108	0.000205	0.000080	0.000393	2542
015.HKZ_IV_10MW	5217.2	407.3	0.000000	0.000039	0.000205	0.000072	0.000316	3165
016.HKZ_IV_10MW	5217.8	407.1	0.000000	0.000018	0.000205	0.000067	0.000291	3442
017.HKZ_IV_10MW	5218.3	407.0	0.000000	0.000010	0.000206	0.000064	0.000279	3580
018.HKZ_IV_10MW	5218.9	407.0	0.000000	0.000016	0.000207	0.000065	0.000289	3458
019.HKZ_IV_10MW	5217.4	408.9	0.000001	0.000170	0.000185	0.000083	0.000439	2277
020.HKZ_IV_10MW	5217.9	408.8	0.000000	0.000073	0.000184	0.000078	0.000336	2978
021.HKZ_IV_10MW	5218.5	408.6	0.000000	0.000035	0.000187	0.000071	0.000292	3423
022.HKZ_IV_10MW	5219.0	408.5	0.000000	0.000019	0.000192	0.000067	0.000278	3602
023.HKZ_IV_10MW	5219.9	407.1	0.000001	0.000137	0.000209	0.000074	0.000422	2372
024.HKZ_IV_10MW	5220.4	407.1	0.000008	0.000502	0.000214	0.000082	0.000806	1241
025.HKZ_IV_10MW	5220.1	409.2	0.000001	0.000161	0.000192	0.000084	0.000437	2287
026.HKZ_IV_10MW	5220.6	409.3	0.000004	0.000681	0.000196	0.000103	0.000984	1016
027.HKZ_IV_10MW	5219.9	411.4	0.000003	0.000258	0.000179	0.000086	0.000526	1903
028.HKZ_IV_10MW	5220.3	411.4	0.000003	0.000535	0.000183	0.000102	0.000824	1214
035.HKZ_IV_10MW	5216.0	405.9	0.000000	0.000113	0.000216	0.000083	0.000413	2422
036.HKZ_IV_10MW	5218.0	409.7	0.000003	0.000221	0.000179	0.000083	0.000485	2060
037.HKZ_IV_10MW	5218.5	409.7	0.000001	0.000120	0.000181	0.000077	0.000379	2641
038.HKZ_IV_10MW	5218.9	410.5	0.000002	0.000212	0.000180	0.000081	0.000475	2106
029.HKZ_IV_10MW	5222.6	411.1	0.000009	0.000590	0.000204	0.000122	0.000924	1082
030.HKZ_IV_10MW	5223.5	411.7	0.000003	0.000114	0.000210	0.000100	0.000427	2340
031.HKZ_IV_10MW	5224.3	412.3	0.000001	0.000034	0.000219	0.000089	0.000344	2910
032.HKZ_IV_10MW	5222.9	413.7	0.000022	0.000823	0.000196	0.000125	0.001166	858
033.HKZ_IV_10MW	5224.4	414.4	0.000004	0.000270	0.000220	0.000110	0.000603	1658
034.HKZ_IV_10MW	5225.2	414.8	0.000003	0.000407	0.000234	0.000114	0.000759	1318
Totaal per jaar			0.000073	0.006215	0.007834	0.003024	0.017146	58
Dit is eens in .. jaar			13687	161	128	331	58	

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

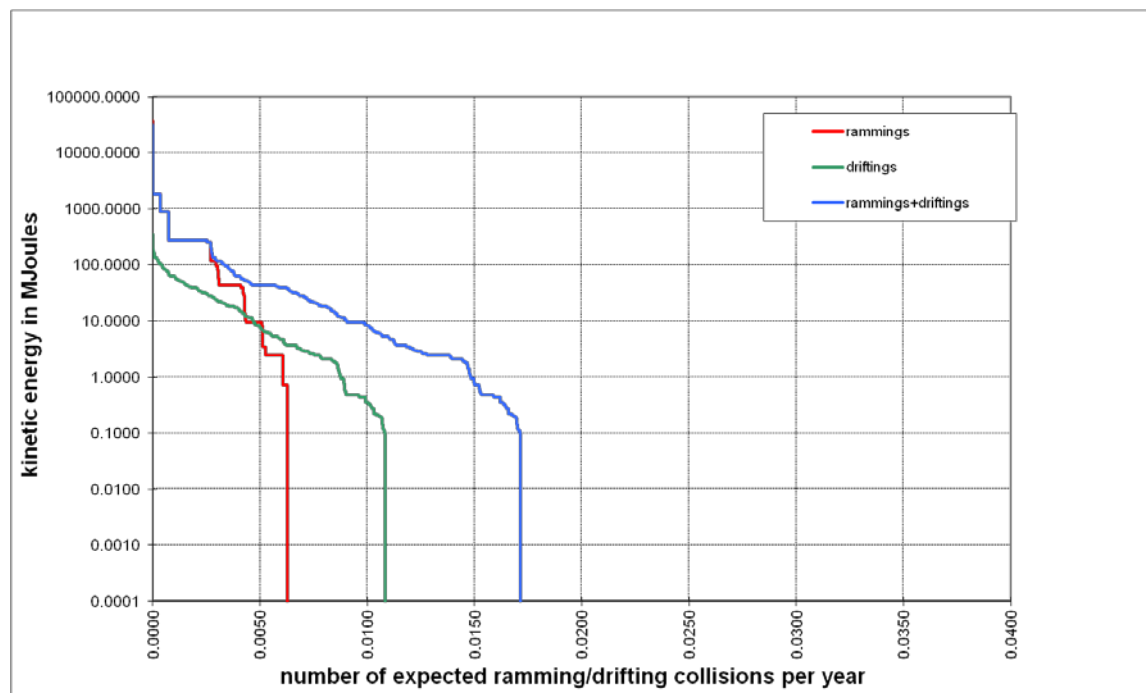
Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
R-schepen	0.000070	14286	0.007831	128	0.007901	127
N-schepen >24m	0.006214	161	0.003024	331	0.009238	108
Totaal schepen >24m	0.006284	159	0.010855	92	0.017139	58
N-schepen <24m	0.004201	238	0.000650	1537	0.004851	206

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

Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos <sup>1</sup>	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000000	0.000809	0.000001	0.000810
Chemicaliëntanker	0.000000	0.001535	0.000005	0.001540
Gastanker	0.000000	0.000129	0.000000	0.000129
Container+ RoRo	0.000001	0.002622	0.000009	0.002632
Ferry	0.000000	0.000075	0.000008	0.000083
Overige R-schepen	0.000003	0.002569	0.000138	0.002710
N-schepen	0.000112	0.000121	0.009006	0.009239
Alle schepen >24m	0.000117	0.007860	0.009166	0.017143
N-schepen <24m	0.000000	0.000000	0.004851	0.004851

**Tabel A2-4** *Schade aan het totale windpark kavel IV 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	0.000738	0.000000	0.007790	0.000329	0.003524	0.000329	0.012052	0.012381	81
Scheef	0.000000	0.000127	0.000001	0.000380	0.003233	0.000113	0.003234	0.000620	0.003854	259
Omvallen	0.000007	0.000161	0.000061	0.001108	0.004274	0.000037	0.004341	0.001305	0.005647	177
GosMos <sup>1</sup>	0.000001	0.000015	0.000004	0.000096	0.000000	0.000000	0.000005	0.000112	0.000117	8562
Totaal	0.000007	0.001042	0.000066	0.009374	0.007836	0.003674	0.007909	0.014089	0.021998	45


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

**Tabel A2-5** *Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor kavel IV 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%	18.2%	18.2%	0.2%	12.3%	12.5%	0.2%	30.4%	30.6%
1-3	0.0%	5.6%	5.6%	5.0%	2.9%	7.9%	5.0%	8.5%	13.5%
3-5	0.0%	0.6%	0.6%	5.2%	0.0%	5.2%	5.2%	0.6%	5.8%
5-10	0.0%	3.6%	3.6%	4.2%	1.1%	5.3%	4.2%	4.6%	8.9%
10-15	0.0%	0.3%	0.3%	2.6%	0.4%	3.0%	2.6%	0.7%	3.2%
15-50	0.0%	5.5%	5.5%	12.0%	0.0%	12.0%	12.0%	5.5%	17.5%
50-100	0.0%	0.6%	0.7%	4.5%	0.0%	4.5%	4.5%	0.6%	5.1%
100-200	0.2%	0.9%	1.1%	1.8%	0.0%	1.8%	2.0%	0.9%	2.9%
>200	0.1%	12.2%	12.3%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%	12.2%	12.4%
Totaal	0.3%	47.4%	47.7%	35.6%	16.7%	52.3%	35.9%	64.1%	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 <sup>3</sup>	Kavel IV variant 10 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>
0.01-20	0.000001	1156411	0.000
20-150	0.000401	2491	0.033
150-750	0.000128	7804	0.047
750-3000	0.000040	25085	0.051
3000-10000	0.000007	139517	0.033
Totaal	0.000577	1732	0.164

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

Uitstroom van ladingolie in m <sup>3</sup>	Kavel IV variant 10 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000000	2749019	0.000
750-3000	0.000003	316251	0.006
3000-10000	0.000011	91128	0.063
10000-30000	0.000013	79567	0.193
30000-100000	0.000004	246330	0.193
Totaal	0.000032	31541	0.533

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

Kavel IV variant 10 MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	
	0.000577	1732	0.164	0.000032	31541	0.533	1642



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

Ecologische risico-indicator	
Zeer hoog ecologisch risico	0.000025
Hoog ecologisch risico	0.000005
Gemiddeld ecologisch risico	0.000004
Gering ecologisch risico	0.000033
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000017
Totaal	0.000084
;Eens in de ... jaar	11881

**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	0.000000	10000000	1.70	0.000000	
Chemicaliëntanker	0.000000	0.000000	18181818	0.70	0.000000	
Gastanker	0.000000	0.000000			0.000000	
Container + RoRo	0.000000	0.000001	11111111	30.41	0.000027	2500000
Ferry	0.000000	0.000000	33333333	72.93	0.000022	3333333
Overige R-schepen	0.000001	0.000003	307220	0.87	0.000003	
N-schepen	0.000015	0.000096	8931	0.37	0.000041	
Totaal	0.000016	0.000100	8577	0.80	0.000093	1428571