

Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

VEILIGHEIDSTUDIE OFFSHORE WINDPARK "Q4"

Eindrapport

Rapport Nr. : 22510.622/B1
Datum : 3 september 2008

Paraaf Management:



VEILIGHEIDSSTUDIE OFFSHORE WINDPARK "Q4"

MARIN opdracht nr. : 22510.622

Opdrachtgever : E-Connection Project BV
Postbus 101
3980 CC BUNNIK

Auteur : W.H. van Iperen
C. van der Tak

INHOUDSOPGAVE

	Pag.
1	INLEIDING 7
2	DOELSTELLING 7
3	WERKWIJZE 8
3.1	SAMSON 8
3.2	Effect van het windpark..... 10
3.3	Modelinvoer en uitgangspunten..... 11
3.3.1	Verkeer 11
3.3.2	Gebruikte modellen 12
3.4	Gevolgschade 13
3.4.1	Schade aan windturbine en schip. 13
3.4.2	Bepalen van persoonlijk letsel..... 16
3.5	Effecten voor de scheepvaart 16
3.6	Cumulatieve effect 18
3.7	Kruisende scheepvaart 20
3.8	Tijdelijk onmanoeuvrereerbare schepen..... 33
4	RESULTATEN 36
4.1	Locatie en inrichtingsvarianten 36
4.2	Aanvaar/aandrijf frequenties 37
4.3	Gevolgschade 39
4.3.1	Schade aan het schip 39
4.3.2	Schade aan de windturbines 39
4.3.3	Milieuschade..... 39
4.3.4	Persoonlijk letsel..... 41
4.4	Effecten voor de scheepvaart 42
4.5	Het effect van het werkverkeer op het risico 43
4.6	Het cumulatieve effect 43
4.7	Radardekking naar de Nederlandse havens 46
4.8	Kruisende scheepvaart 47
4.8.1	Vergelijking opstellingen voor de varianten..... 47
4.8.2	Extra aanvaringen door zichtbelemmering..... 56
5	MAATREGELEN 58
5.1	Gebruik van AIS..... 58
5.2	Inzet van De Waker 58
5.3	Autonome ontwikkeling uitstroom van olie..... 59
5.4	Mitigerende maatregelen bij kruisend verkeer..... 60
6	CONCLUSIES..... 61
	REFERENTIES..... 62
	APPENDIX A1: 63
	Resultaten windpark Q4, variant Q4_3MW, 40 windturbines van 3 MW 63
	APPENDIX A2: 71
	Resultaten windpark Q4, variant Q4_4.5MW, 24 windturbines van 4.5 MW 71

OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN

Tabellen:

Tabel 3-1	Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip. . 15
Tabel 4-1	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Station) 38
Tabel 4-2	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Station) 38
Tabel 4-3	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per km ² voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Station) 38
Tabel 4-4	Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie 40
Tabel 4-5	Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als percentage van de uitstroom op het EEZ 40
Tabel 4-6	De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh..... 40
Tabel 4-7	De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per km ² 40
Tabel 4-8	Scoretabel voor de effecten van het windpark Q4 voor de scheepvaart. 42
Tabel 4-9	Cumulatieve effect voor Q7, NSW, Thetys en Helmveld..... 45
Tabel 4-10	Risico en extra risico voor kruisend verkeer 57
Tabel 5-1	Aandrijffrequenties voor het windpark met en zonder de inzet van De Waker. 59
Tabel 6-1	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten 61
Tabel 6-2	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per MWh energieopbrengst voor de beschouwde inrichtingsvarianten 61
Tabel A1-1	Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant Q4_3MW64
Tabel A1-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant Q4_3 MW 65
Tabel A1-3	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen 65
Tabel A1-4	Schade aan het totale windpark..... 65
Tabel A1-5	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines 66
Tabel A1-6	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine..... 67
Tabel A1-7	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine..... 67
Tabel A1-8	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine..... 67
Tabel A1-9	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine..... 68
Tabel A1-10	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt 68
Tabel A1-11	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling. 69
Tabel A1-12	Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling..... 69
Tabel A1-13	Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling 69
Tabel A1-14	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling. 70
Tabel A1-15	Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling..... 70



Tabel A1-16	Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling	70
Tabel A2-1	Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant Q4_4.5 MW	72
Tabel A2-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant Q4_4.5MW....	73
Tabel A2-3	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen	73
Tabel A2-4	Schade aan het totale windpark.....	73
Tabel A2-5	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines	74
Tabel A2-6	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	75
Tabel A2-7	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	75
Tabel A2-8	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.....	75
Tabel A2-9	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	76
Tabel A2-10	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt	76
Tabel A2-11	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling .	77
Tabel A2-12	Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling.....	77
Tabel A2-13	Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling	77
Tabel A2-14	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling .	78
Tabel A2-15	Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling.....	78
Tabel A2-16	Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling	78

Figuren:

Figuur 3-1	Systeemdiagram SAMSON	9
Figuur 3-2	Figuren van de verschillende bezwijkvormen.	13
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 > 30 m, > 40 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 3-16	NUC-records met snelheid over de grond < 6 knopen en drifthoek > 30° (maart -december 2005).....	33
Figuur 3-17	Aantal storingen op traject tot havenmond.....	35
Figuur 3-18	Aantal storingen op traject tot havenmond.....	35
Figuur 4-1	Verkeersbeeld bij windparklocatie Q4 in de huidige situatie	36
Figuur 4-2	De windparklocatie Q4 vrijgemaakt van scheepvaartverkeer	37
Figuur 4-3	Q4 (geclusterd scenario).....	44
Figuur 4-4	Verkeersafwikkeling bij Q4.....	47
Figuur 4-5	Kruising tussen routegebonden verkeer ten noorden van de 3 MW variant van Q4.....	48
Figuur 4-6	Kruising tussen routegebonden verkeer ten noorden van de 4.5 MW variant van Q4.....	49
Figuur 4-7	Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en 30m voor noordwaarts routegebonden verkeer kruisend ten noordoosten van het windpark met oostwaarts varende routegebonden verkeer.....	50
Figuur 4-8	Aantallen schaduwstukken >40m, >50m en maximale lengte van een schaduwstuk voor noordwaarts routegebonden verkeer kruisend ten noordoosten van het windpark met oostwaarts varende routegebonden verkeer.....	51
Figuur 4-9	Niet-routegebonden verkeer kruisend voor de 3 MW variant.....	52
Figuur 4-10	Niet-routegebonden verkeer kruisend ten zuiden van de 4.5 MW variant	53
Figuur 4-11	Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en 30m voor niet- routegebonden kruisend verkeer	54
Figuur 4-12	Aantallen schaduwstukken >40m, >50m en maximale lengte van een schaduwstuk voor niet-routegebonden kruisend verkeer.....	55
Figuur A1-1	Windpark Q4, variant Q4_3MW, 40 windturbines van 3 MW inclusief High Voltage Station	63
Figuur A1-2	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)	66
Figuur A2-1	Windpark Q4, variant Q4_4.5MW, 24 windturbines van 4.5 MW inclusief High Voltage Station	71
Figuur A2-2	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)	74

1 INLEIDING

Dit rapport beschrijft de veiligheidsstudie voor het offshore windpark "Q4" die het MARIN in opdracht van E-Connection heeft uitgevoerd. Hierbij worden de effecten op de scheepvaart door de aanwezigheid van het windpark gekwantificeerd. De berekeningen zijn uitgevoerd voor twee inrichtingsvarianten.

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. Dit hoofdstuk is voor iedere veiligheidsstudie voor de milieueffectrapportage van een windpark gelijk gehouden en bevat geen windparkspecifieke gegevens. Het kan dus worden overgeslagen wanneer men bekend is met de werkwijze.

De resultaten van de veiligheidsstudie voor het windpark Q4 worden gegeven in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op maatregelen die het risico voor de scheepvaart kunnen verkleinen.

In hoofdstuk 6 wordt de conclusie geformuleerd en de gunstigste inrichtingsvariant genoemd.

2 DOELSTELLING

De doelstelling van deze studie is het bepalen van de effecten op de scheepvaart voor twee verschillende inrichtingsvarianten van het windpark Q4. Hiertoe wordt specifiek het volgende gekwantificeerd:

- De kans op een aanvaring/aandrijving van een windmolen per jaar.
- De milieueffecten in termen van uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een windmolen.
- Persoonlijk letsel in termen van het verwachte aantal doden als gevolg van een aanvaring met een windmolen.

Bovendien worden de effecten buiten de parklocatie van het windpark op de scheepvaart geschat.

3 WERKWIJZE

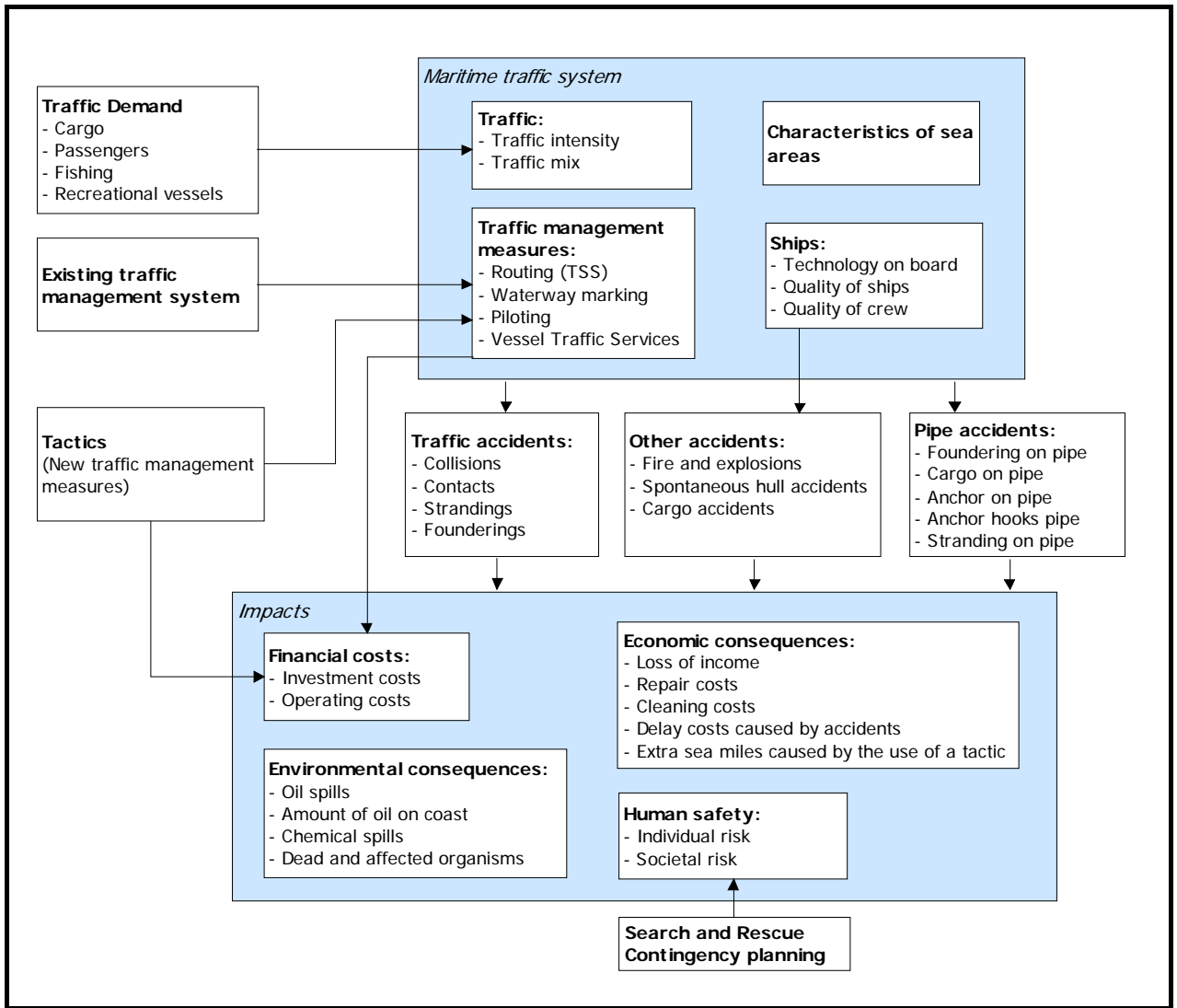
3.1 SAMSON

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 Transport en Luchtvaart) 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" (rechts boven) bevat vier sub-blokken. Deze vier sub-blokken beschrijven het verkeersbeeld; het aantal scheepsbewegingen, de scheepskenmerken (lengte enz.) 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 het windpark heeft gevolgen voor de scheepvaart. Een schip dat nu een route volgt door het toekomstige 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. Door de grootte van het windpark wordt de verkeersafwikkeling duidelijk beïnvloed door het windpark. Voor iedere locatie van het windpark is daarom een nieuwe verkeersdatabase aangemaakt, waarin het veranderde vaarpatroon is ingebracht. Vervolgens kunnen de ongevalskansmodellen 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 met 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 koopvaardischepen, 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.

Het *routegebonden* verkeer is gemodelleerd op scheepvaartroutes over de Noordzee. Vanwege de ligging van de havens en de verkeersscheidingsstelsels in de Nederlandse Economische Exclusieve Zone 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 verbindingen tussen havens omvatten. De intensiteiten (aantal schepen dat per jaar passeert) op de scheepvaartroutes worden 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 Marine Intelligence Unit (voorheen Lloyd's Maritime Information Services) verzameld. De laatste keer dat deze informatie ten behoeve van SAMSON is gekocht en verwerkt betrof alle scheepsreizen van het jaar 2004.

Bij het samenstellen van de verkeersdatabase voor 2004 is rekening gehouden met de autonome ontwikkeling van windparken, dus zijn de locaties Q7 en Near Shore Windpark al meegenomen bij het bepalen van de routes en is tevens rekening gehouden met het toekomstige verkeersscheidingsstelsel in Rotterdam dat naar verwachting in gebruik is wanneer het windpark gebouwd wordt.

Voor de locatie wordt een aangepaste verkeersdatabase voor 2004 gegenereerd, waarbij ervoor wordt gezorgd dat het *routegebonden* verkeer niet door de desbetreffende windparklocatie vaart. De aanvaar-/aandrijf kansen voor de turbines worden alleen bepaald voor de aangepaste verkeersdatabase, de database waarbij de locatie voor het windpark is vrijgemaakt.

Het *niet-routegebonden* verkeer (visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart) kan niet op de voorgaande wijze worden gemodelleerd. Enerzijds omdat Lloyd's deze informatie niet verzamelt, maar ook omdat het gedrag van dit verkeer op zee duidelijk anders is. 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 komt uit het Verkeers Onderzoek NOordzee Visuele Identificatie

(VONNOVI). VONNOVI 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 VONNOVI-vlucht wordt een aantal raaien afgevlogen. Zodra men een schip dat binnen een raai vaart ziet, wordt de positie en de scheepsnaam genoteerd. Later worden andere scheepskenmerken toegevoegd en worden alle waarnemingen verwerkt. Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van de verkeersdichtheden op basis van de VONNOVI-vluchten van 1999 -2001. Het overgrote deel van de *niet-routegebonden* scheepvaart bestaat uit vissers.

Supplyvaart: De supplyvaart verzorgt de bevoorrading van de platforms. Ze onderscheiden zich van de vissers, recreatievaart doordat de bestemming vaak vast ligt. IJmuiden en Den Helder zijn supply bases. Er is relatief veel supplyvaart. Deze vaart gedraagt zich direct buiten de havens veel meer als *routegebonden* vaart. De supplyvaart is dan ook uit het *niet-routegebonden* verkeer gehaald en op extra links aan de routestructuur van de *routegebonden* schepen toegevoegd.

3.3.2 Gebruikte modellen

Het totale SAMSON-model bestaat uit verschillende submodellen voor de verschillende ongevallen. Om het effect van het windpark te kwantificeren op de locatie van het wind park 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 navigatie fout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)

Om het effect van het windpark voor de scheepvaart buiten de windparklocatie te schatten, wordt het risiconiveau met en zonder het windpark vergeleken. Om het "algemene" risiconiveau vast te stellen worden de volgende modellen gebruikt:

- Schip-schip aanvaringen
- Contact met een platform
 - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)
- Contact met een pier
 - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)
- Stranden
 - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)

3.4 Gevolgschade

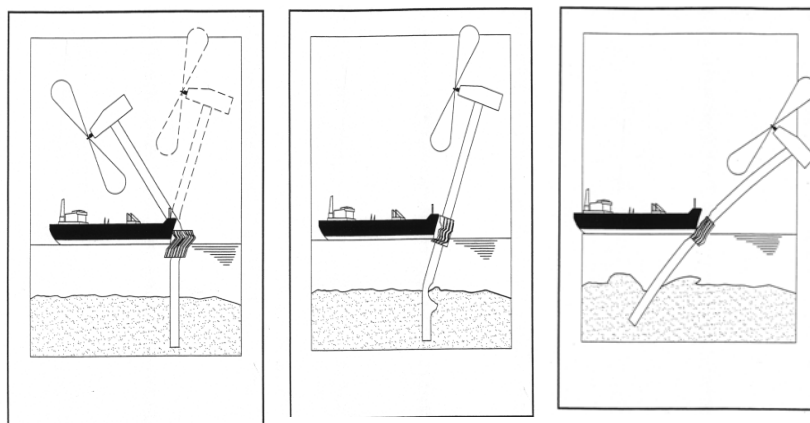
Als gevolg van een aandrijving of een aanvaring van een windturbine kan schade ontstaan, zogenaamde gevolgschade. Deze schade bestaat uit schade aan de windturbine, schade aan het schip, milieuschade als gevolg van een uitstroom van olie bij schade aan een schip en persoonlijk letsel als gevolg van de 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 energie welke maximaal aanwezig is in de botsing te bepalen. Deze energiemaat wordt gebruikt om deels op basis van ervaring deels op basis van complexe berekeningen de schade aan het schip te bepalen die in aanvaring met elkaar of een object komen. 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 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 [3]. 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 impact, gevolgd door plastische vervorming, waarbij de mast blijft vast zitten. Ten slotte 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 ingeval 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 de veiligheidsstudie voor het Near Shore Windpark 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 10%) en bij schampen treedt dit pas op bij 1600 GT. Bij aandrijven is de energie onvoldoende om de turbine te doen knikken.

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

Bij aandrijving van een windturbine wordt geen milieuschade verwacht omdat de windturbine zodanig is opgebouwd dat er geen uitsteeksels zijn die de huid van het tegen de windturbine drijvende schip beschadigen.

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

Wel komt er 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).

Bezijsvormen	Scheepsgrootte	Aanvaring (rammen)						Aandrijving (driften)					
		Frontaal (10%)			Schampen (90%)			Lateraal middenships (100%)			Lateraal excentrisch (0%)		
		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging	
Turbine	Schip		Turbine	Schip		Turbine	Schip		Turbine	Schip			
Knikken	<500	0%	Nee	Geen	0%	Nee	Geen						
	500-1000	0%	Ja	Geen	0%	Nee	Geen						
	1000-1600	5%	Gos Mos ¹	Dek	0%	Ja	Geen						
	1600-10000	10%	Gos Mos	Dek	5%	Gos Mos	Dek						
	10000-30000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	30000-60000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	60000-100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	>100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
Scharnieren	<500	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	500-1000	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	1000-1600	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Huid	100%	Nee	Geen
	1600-10000	90%	Ja	Geen	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Nee	Geen
	10000-30000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	30000-60000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	60000-100000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	>100000	90%	Ja	Geen	91%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen

Tabel 3-1

Bezijsvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip.

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

3.4.2 Bepalen van persoonlijk letsel

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

Uitgaande van het aantal aanvaringen/aandrijvingen zijn de volgende rekenslagen 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

Het gebied van het windpark indien het eenmaal gebouwd is, vormt een "verboden" gebied voor alle scheepvaart (met uitzondering van reparatie/onderhoudsvaartuigen). Het is dus goed mogelijk dat schepen een andere route moeten volgen dan voor de bouw van het windpark (vergelijk Figuur 4-1 en Figuur 4-2). Hierdoor verandert het verkeersbeeld rond het windpark. Het kan zijn dat op sommige locaties de verkeersintensiteit toeneemt en op andere juist af. De verschuiving van de verkeersintensiteit heeft effect op de "algemene" veiligheid van de scheepvaart.

In de POLSSS (POLicy for Sea Shipping Safety) studie [2] voor het Directoraat-Generaal Goederenvervoer (DGG) is gebruik gemaakt van een scorekaart voor het weergeven van effecten voor de scheepvaart van maatregelen. De aanwezigheid van het windpark heeft 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 het 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, de zogenaamde autonome situatie. De autonome situatie is hier de verkeersafwikkeling zonder het windpark voor het jaar 2004, voor het bepalen van de autonome verkeersdatabase is rekening gehouden met de aanleg van het windpark Q7 en het NearShoreWindpark.

Voor ieder item van de scorekaart wordt het totaal resultaat voor de Nederlandse Exclusieve Economische Zone 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 gemiddeld 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 (rammen);
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een motorstoring (driften);
- Het aantal aanvaringen tegen een platform door een navigatiefout (rammen);
- Het aantal aandrijvingen tegen een platform door een motorstoring (driften);
- Het aantal schepen dat gemiddeld per jaar zinkt;
- Het verwachte aantal incidenten per jaar waarbij door de externe omstandigheden een gat in de huid ontstaat, waardoor bijvoorbeeld olie in zee kan stromen;
- Het verwachte aantal ongevallen per jaar met brand en/of een explosie aan boord;
- Totaal aantal ongevallen per jaar.

Economisch effect:

Door de aanwezigheid van het windpark kan het zijn dat schepen moeten "omvaren", dit brengt extra kosten met zich mee. Als economisch effect van het windpark worden de totale kosten voor alle afgelegde zeemijlen per jaar gegeven.

3.6 Cumulatieve effect

Naast het windpark beschreven in dit rapport wordt wellicht een aantal andere windparken gebouwd in de EEZ. Het cumulatieve effect van deze windparken op de verkeersveiligheid wordt naast de bijdrage van het onderhavige park inzichtelijk gemaakt.

Het totale vermogen voor windenergie op zee waarvoor initiatieven zijn ontplooid overstijgt vele malen de verwachting van het uiteindelijke vermogen dat naar verwachting gerealiseerd zal worden. Het is daarom niet realistisch om alle windparken mee te nemen bij de berekening van het cumulatieve effect.

In navolging van de richtlijnen voor het MER wordt bij de bepaling van het cumulatieve effect uitgegaan van:

- het onderhavige windpark;
- realisatie van windturbineparken in de nabijheid van het windpark met een gezamenlijk vermogen van ten minste 1000 MW;
- de maximaal mogelijke energieopbrengst van de beschikbare ruimte, dus maximale bezetting van de beschikbare oppervlakte.

Het cumulatieve effect wordt voor iedere inrichtingsvariant van het onderhavige park bepaald voor twee scenario's voor de andere windparken, namelijk:

- de minimumvariant met 3 MW turbines;
- de maximumvariant met 5 MW turbines.

Voor het bepalen van de cumulatieve effecten op de scheepvaartveiligheid van een aantal windparken samen is het **eigenlijk nodig** dat de inrichtingen van alle windparken die hierin meegenomen worden, bekend zijn. Deze inrichting is echter op het moment van het opstellen van de startnotitie nog niet bekend. Het vrijmaken van alle windparklocaties van scheepvaartverkeer en het opvullen van alle locaties met windturbines geeft dan ook een "schijnnaauwkeurigheid" die niet nodig is. Immers door een andere invulling van een windparklocatie door een andere initiatiefnemer dan verondersteld zal het cumulatieve effect al anders worden dan berekend. Daarom wordt een berekeningsmethode gehanteerd die inzicht geeft in het cumulatieve effect zonder in detail de inrichting van de andere windparken te kennen.

Bij het bepalen van het cumulatieve effect wordt voor de andere windparken uitgegaan van de uiterste begrenzings van de locatie. Verder wordt voor de parken die nog niet vergund zijn, gerekend met:

- een volledige bezetting van het gebied binnen de in de startnotitie genoemde coördinaten.

Bij het maken van een inrichting van de beschikbare ruimte met windturbines blijkt dat de totale energieopbrengst van de beschikbare ruimte nagenoeg gelijk blijft wanneer windturbines met groter vermogen worden gebruikt. De reden is dat windturbines met een groter vermogen meer ruimte nodig hebben, waardoor er minder geplaatst kunnen worden.

Deze methode analoog aan de richtlijnen leidt tot een ander aantal windturbines en een ander geïnstalleerd vermogen dan in de startnotitie van het windpark is opgenomen. De afwijkingen ontstaan doordat in de startnotitie een andere invulling, dan wel het gebruik van een ander type turbine, is genoemd. Bovendien zijn er afwijkingen tussen in de

startnotitie genoemde oppervlaktes van het windpark en de berekende oppervlakte van de beschikbare ruimte (tussen de uiterste coördinaten).

Bij de berekening wordt bij de minimumvariant uitgegaan van 3 MW windturbines die compact staan opgesteld met een dichtheid van 4.8 windturbine per km². Deze dichtheid van 4.8 windturbine per km² is bepaald uit een aantal windparken waarvan de compacte inrichting met 3 MW turbines bekend is. Aangezien er bij kleinere oppervlaktes meer ruimteverlies is, wordt een **oppervlakteaafhankelijke correctiefactor toegepast**. Deze methode leidt tot het aantal windturbines van 3 MW dat wordt meegenomen in de minimumvariant.

Bij de maximumvariant wordt het windpark gevuld met turbines van 5 MW ook in een compacte opstelling. Doordat de benodigde ruimte per turbine groter is zal het totaal geïnstalleerd vermogen nauwelijks veranderen. Er wordt bij de maximumvariant gerekend met $3/5 \times 4.8 = 2.88$ windturbine per km² bij de maximumvariant, waarop weer dezelfde oppervlakteaafhankelijke correctiefactor wordt toegepast. Deze aanpak zorgt er ook voor dat bij de minimumvariant en maximumvariant met dezelfde verzameling van windparken wordt gewerkt. Ook zorgt deze aanpak voor een consistente berekening van het risico van alle windparken van andere initiatiefnemers.

Het effect van een windpark op de scheepvaartveiligheid wordt vooral bepaald door:

- Aanvaringen en aandrijvingen met een windturbine van het windpark.
- De kans op uitstroom van lading of bunkerolie.
- Verhoogde kans op aanvaringen tussen schepen onderling door een grotere concentratie van de scheepvaart op de scheepvaartroutes langs de windparken.
- De mogelijke omweg ten gevolge van de aanwezigheid van de windparken, welke leidt tot economische verliezen en een verhoogde kans op een ongeval door de langere route.

In opdracht van de Directie Transportveiligheid, onderdeel van Directoraat-Generaal Goederenvervoer (het huidige DGTL), is een studie [4] uitgevoerd naar het effect van ruimteclaims in de Noordzee op de veiligheid van de scheepvaart. In deze studie is al het verkeer door de zogenaamde clearways geleid en is nagegaan wat dit betekent in termen van extra risico en economische gevolgen. Het effect is minimaal, namelijk niet meer dan een paar procent verandering. De locaties voor de windparken liggen buiten deze clearways, wat betekent dat het cumulatieve effect van de windparken op de veiligheid van de scheepvaart als gevolg van de aanwezigheid van de windparken, genoemd achter de laatste twee aandachtspunten hierboven, dus door de hogere concentratie van de scheepvaart, minimaal is. Deze effecten blijven daarom bij het afschatten van het cumulatieve effect buiten beschouwing.

Door de aanwezigheid van windparken zullen echter nieuwe ongevallen optreden, waarbij een windturbine wordt aangevaren of er een aandrijving met een windturbine plaatsvindt. Deze nieuwe ongevallen worden in het MER bepaald en zijn in de clearways studie [4] buiten beschouwing gelaten, omdat er in die studie vrije zee naast de clearways aanwezig was. De wijze waarop het cumulatieve risico genoemd onder de eerste twee aandachtspunten kan worden geschat, wordt nu geschatst.

Berekening van het risico voor een windpark van een ander initiatief

Van ieder windpark, dat meegenomen wordt in een scenario van het cumulatieve effect, worden de uiterste coördinaten gehaald van www.noordzeeloket.nl en gecontroleerd met de coördinaten genoemd in bijbehorende startnotitie. Op ieder hoekpunt, dus coördinatenpaar, wordt een windturbine van 3 MW voor de minimumvariant en een windturbine van 5 MW voor de maximumvariant geplaatst en ook een windturbine in het

midden van het gebied. De aanvaarkans en aandrijfkans wordt voor de turbines op deze posities bepaald. Uit de waarden op de hoekpunten en die van het midden wordt de gemiddelde aanvaarkans en aandrijfkans voor een turbine in de locatie geschat. De uitkomsten van deze berekeningen zijn vergeleken met de resultaten van detailberekeningen van locaties die reeds door MARIN zijn uitgevoerd. Op basis hiervan zijn correctiefactoren bepaald, die vervolgens worden toegepast om een betere schatting te verkrijgen voor de windparken die meegenomen worden bij de bepaling van het cumulatieve effect. Deze factoren zijn afhankelijk van de grootte van het windpark. Bij een groter windpark is er over het algemeen minder ruimteverlies en is er ook een grotere afscherming van de binnenste windturbines.

De uitstroom van ladingolie is bepaald door aan te nemen dat de kans op een uitstroom gegeven een aanvaring of aandrijving voor de beschouwde parken gelijk is aan dat van het onderhavige windpark.

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 cq 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", (artikel 8) eisen dat men tijdig en duidelijk actie neemt op basis van betrouwbare informatie.

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

Om meer inzicht in de problematiek te verkrijgen is een windpark 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 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

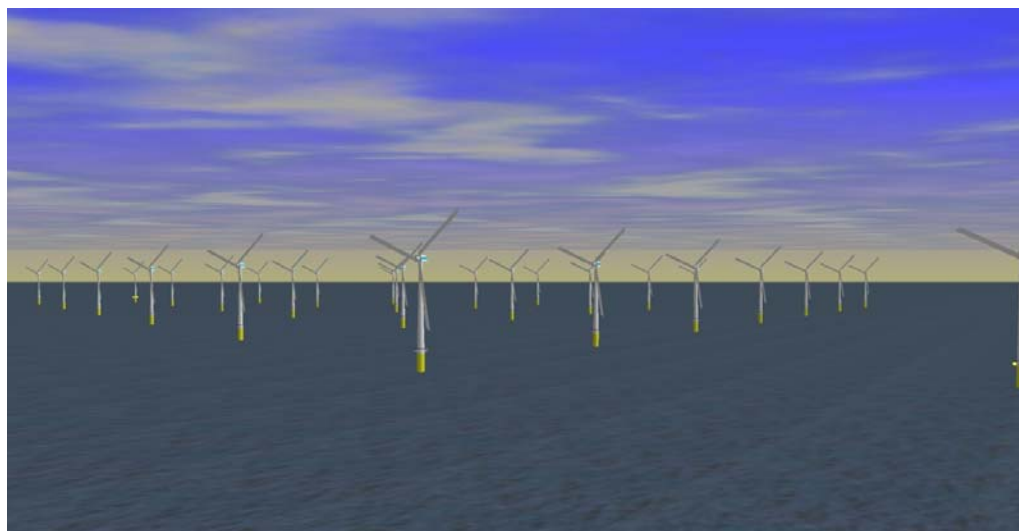
geen tweede schip te zien en in Figuur 3-4 is het tweede schip wel aanwezig. Het feit dat het tweede schip slecht te zien is, komt meer door de foto dan door de verstoring van de windturbines.

Voor dit scenario zijn de volgende parameters gevarieerd:

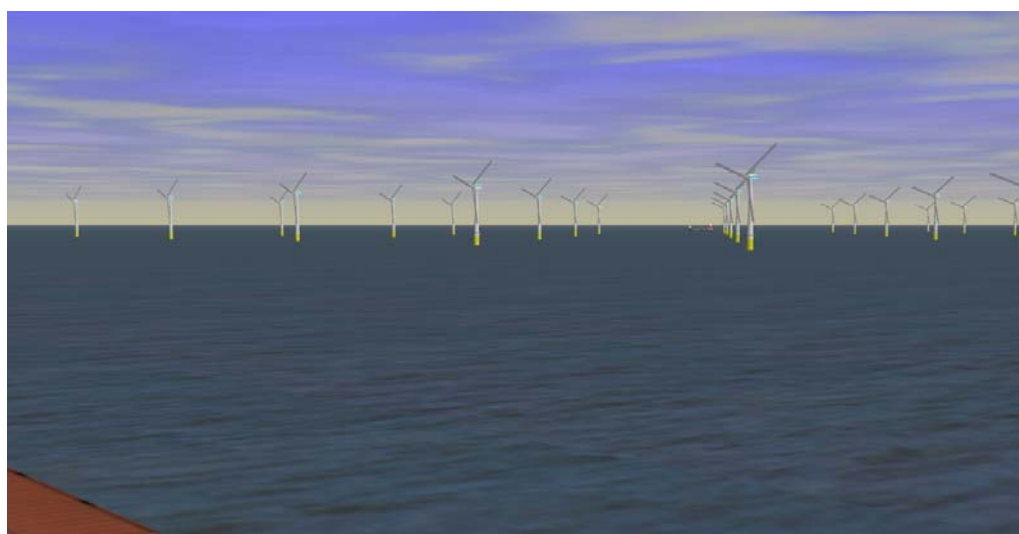
- Dag en nacht;
- Configuratie van het windpark;
- Afstand tot het windpark.

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. In de praktijk kunnen er meer schepen varen die de uitwijkmanoeuvres kunnen bemoeilijken. Op de simulator is 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 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 zeemannschap). 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 specifieke aspecten voor een windpark wordt in hoofdstuk 4 ingegaan.

Met behulp van een simulatorstudie kunnen kwalitatieve uitspraken worden gedaan, maar is het onmogelijk om een bepaald risico te kwantificeren. De simulatorstudie heeft aangetoond dat de verstoring van het zicht en het radarbeeld niet zo groot is dat dit direct tot onoverkomelijke problemen zal leiden.

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. In hoofdstuk 4 worden voor de opstellingen van het eigen windpark dezelfde figuren gemaakt.

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, welke als representatief beschouwd kunnen worden voor een windpark met 3 MW windturbines. 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 oplettende 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.

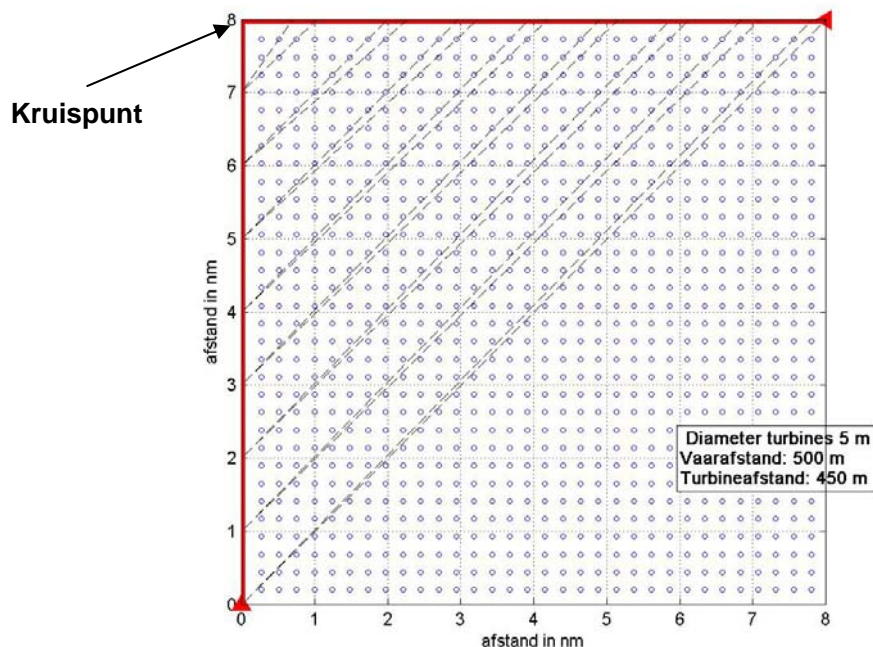
De figuren tonen dat er geen groot verschil is in de doorzichtbaarheid van de hier beschouwde opstellingen voor de windparken.

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 5 MW turbines met een afstand 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. De groene lijn ligt ook meestal onder de blauwe lijn, wat betekent dat een windpark met 5 MW turbines beter is dan een 3 MW park maar dat door de toegenomen diameter een deel van het voordeel wordt weggenomen. Ook leidt de toegenomen diameter tot een iets grotere maximale schaduw.

Conclusie

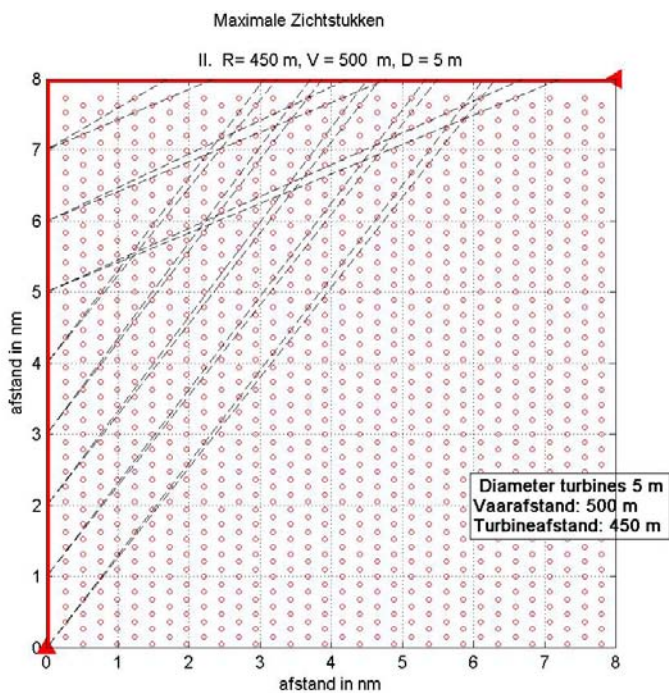
Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- 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 5 MW turbines is iets minder groot, maar het voordeel van de grotere afstand tussen de windturbines wordt deels tenietgedaan door de grotere diameter van de windturbine.

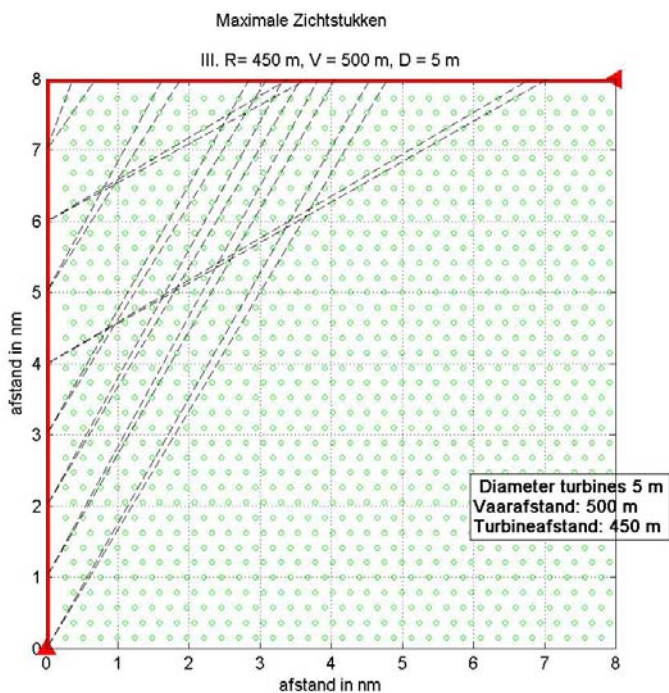


Figuur 3-5

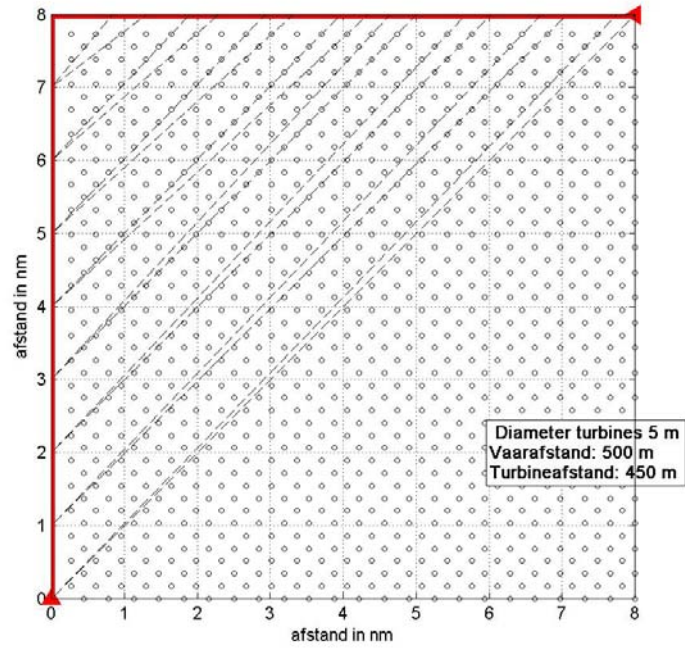
Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (I)



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

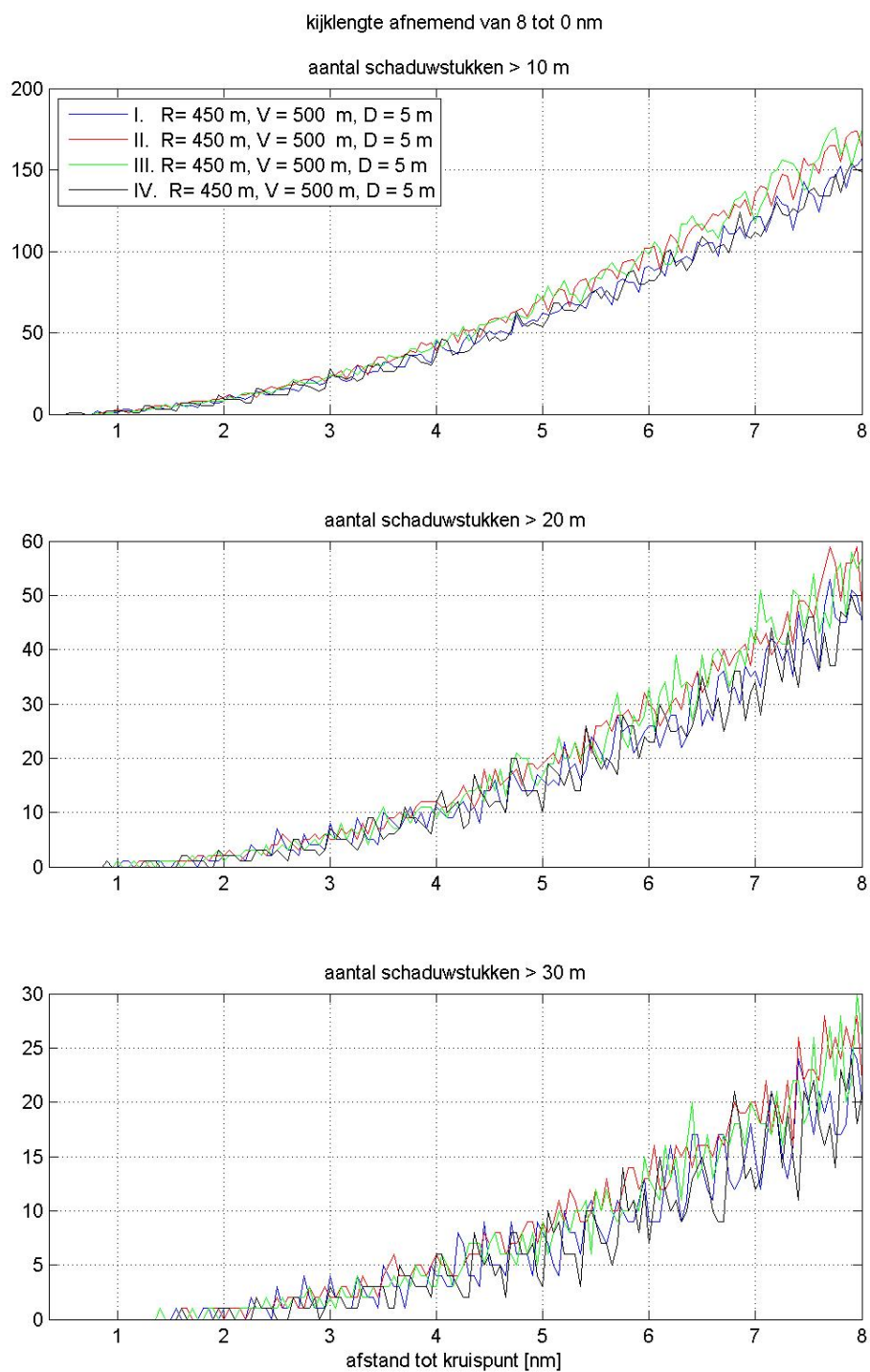


Figuur 3-7 *Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III)*

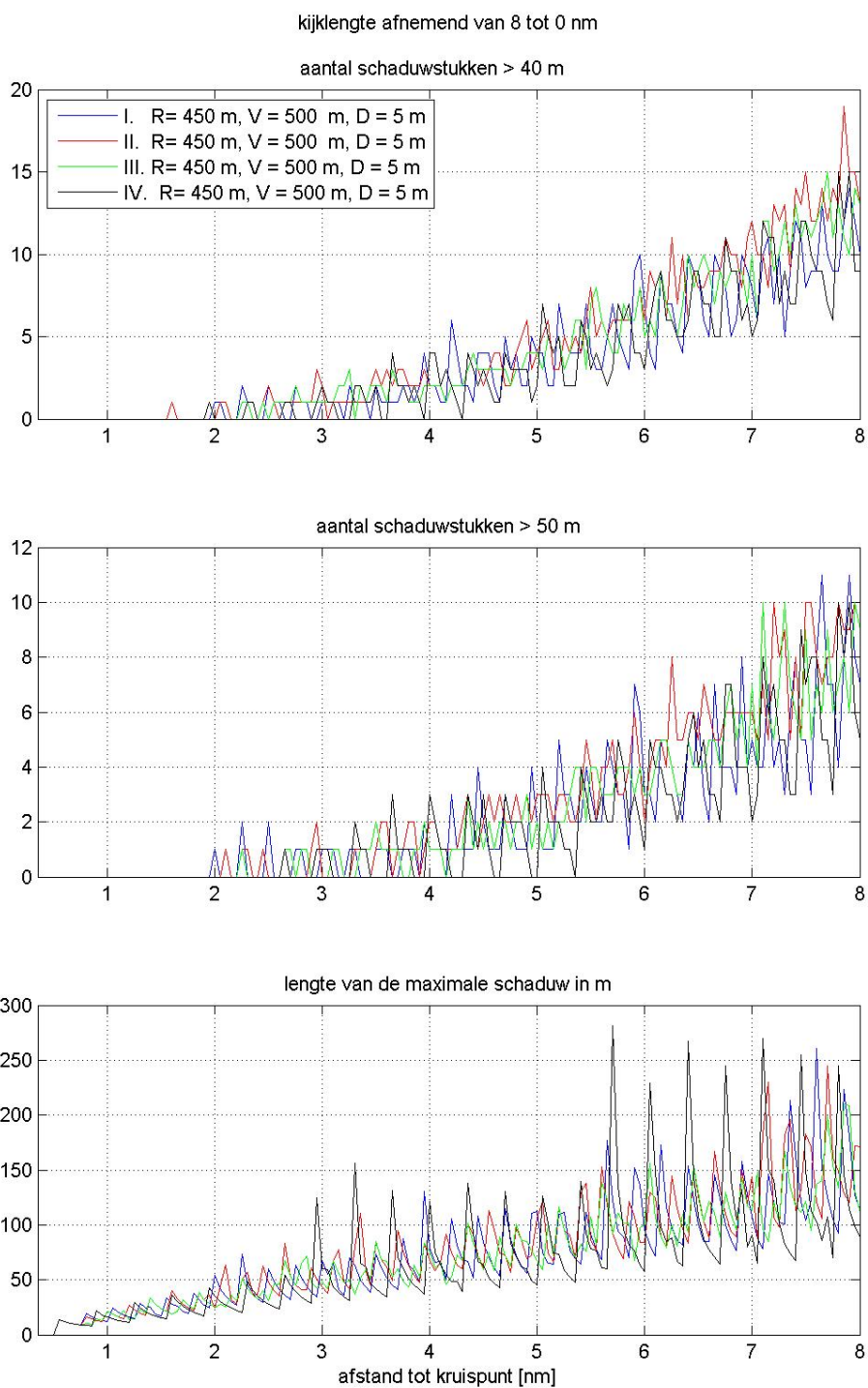


Figuur 3-8

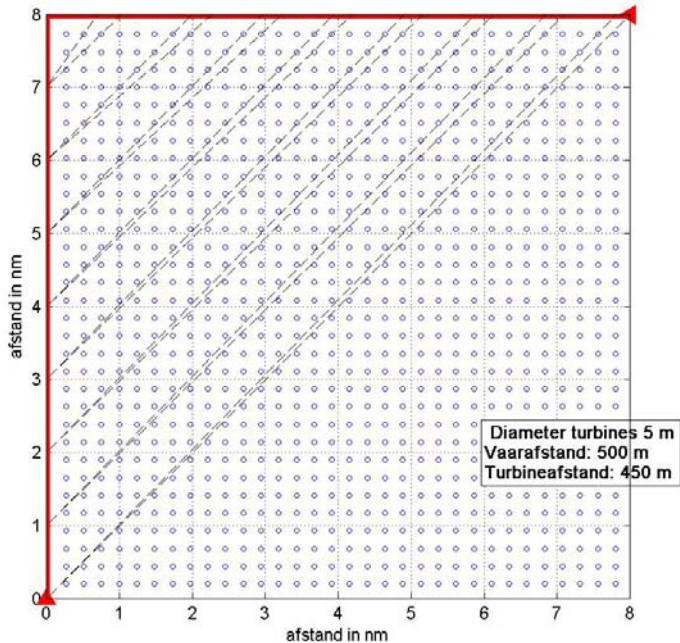
Opstelling vierkant als I maar dan 45° gedraaid (IV)



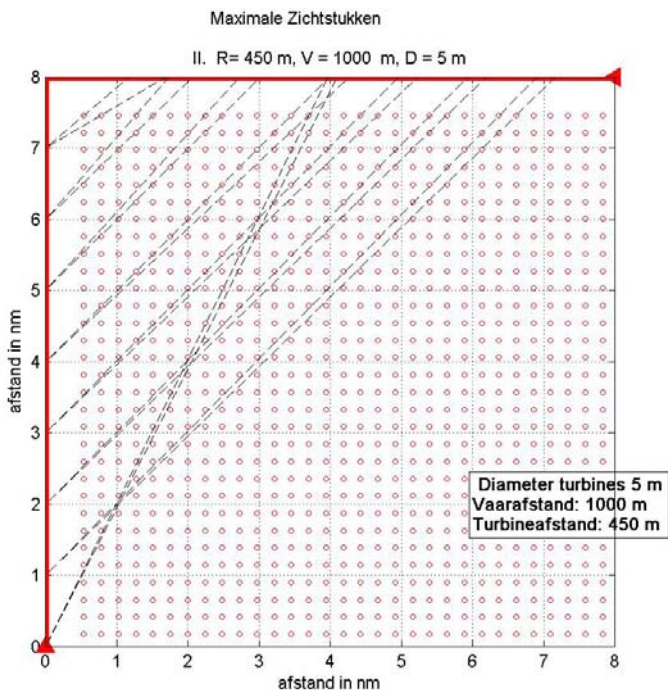
Figuur 3-9 **Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m**



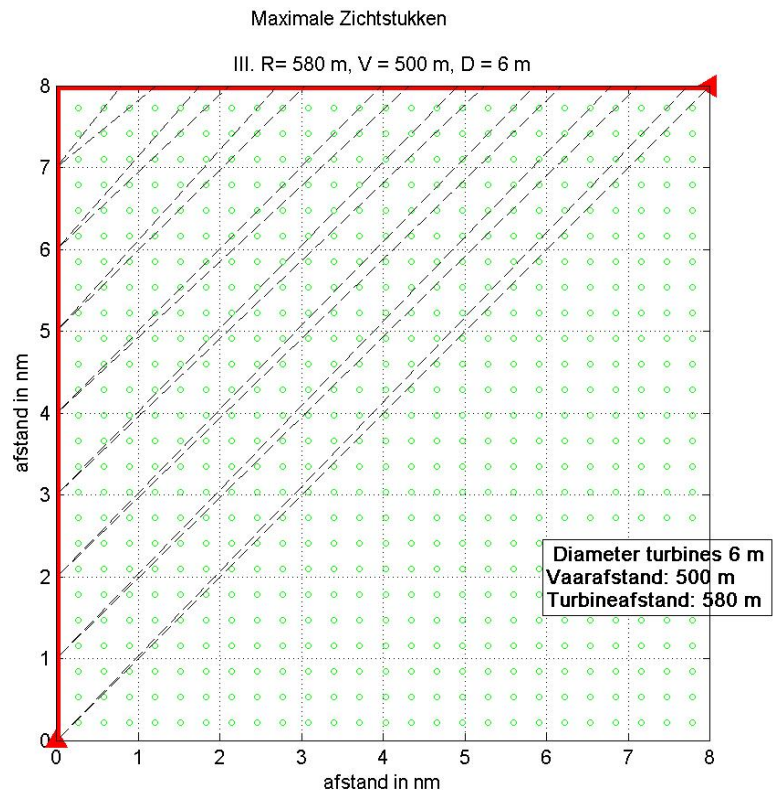
Figuur 3-10 **Schaduw > 30 m, > 40 m en maximale lengte van een schaduwstuk**



Figuur 3-11 Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 500 m

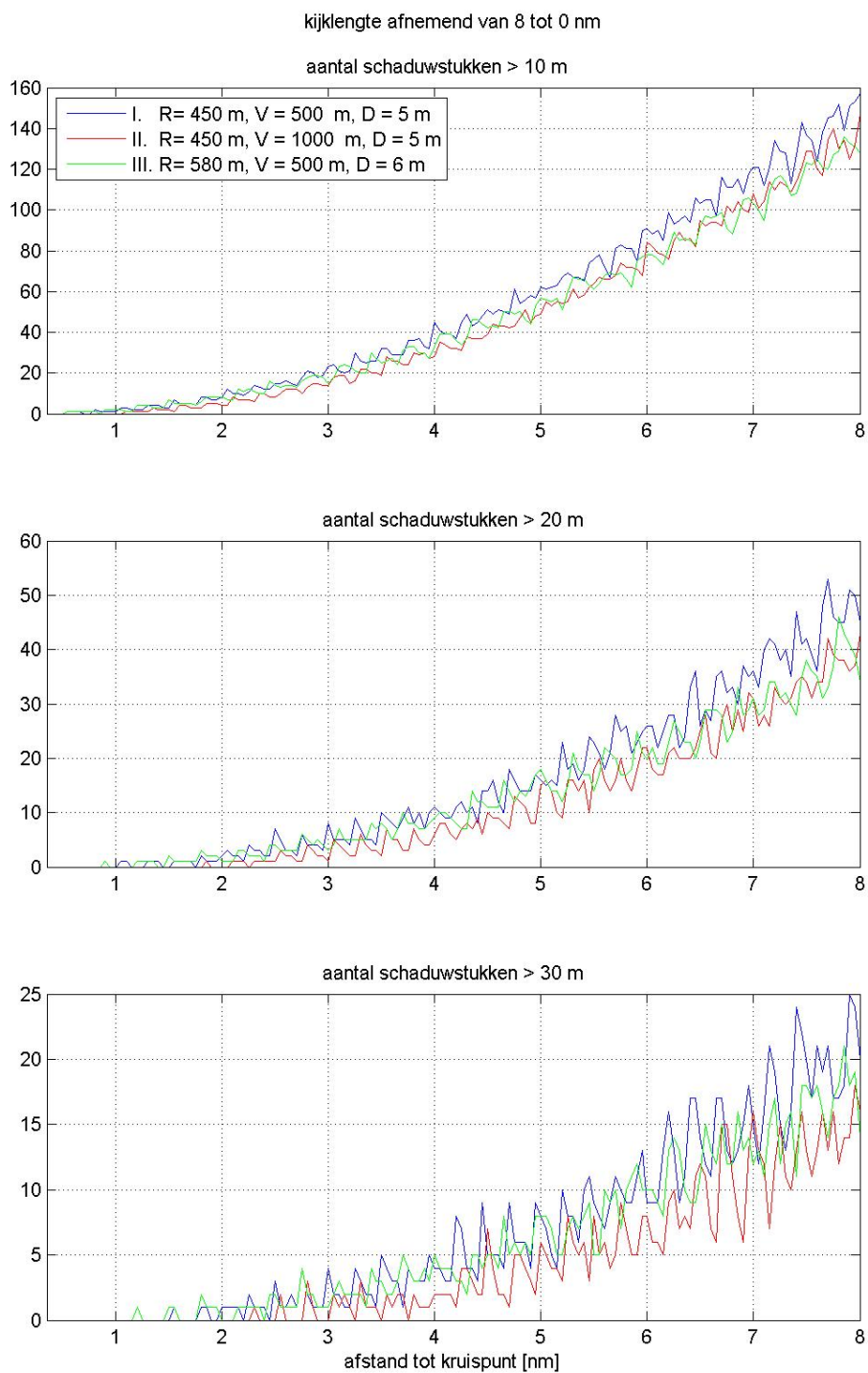


Figuur 3-12 Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 1000 m

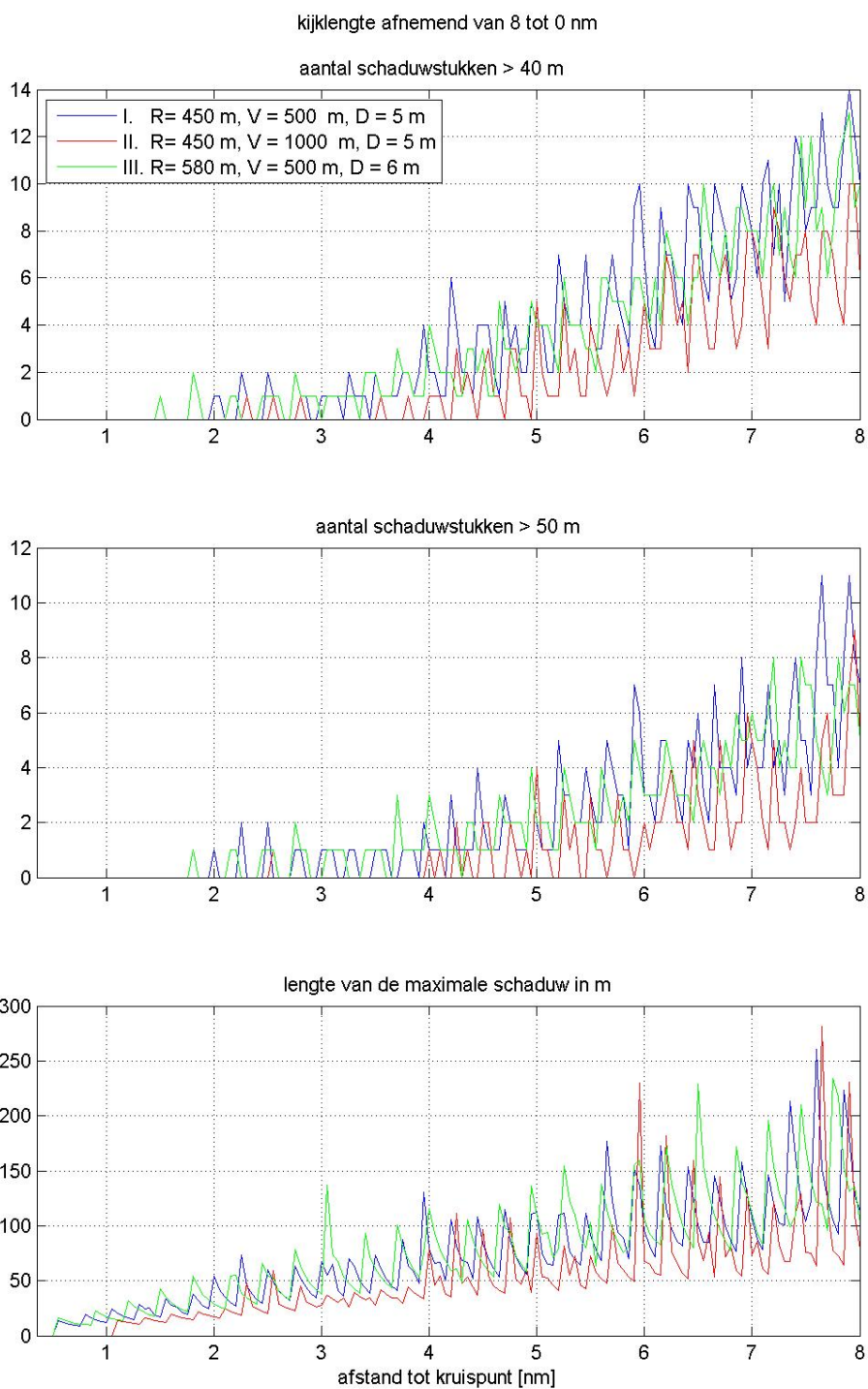


Figuur 3-13

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*



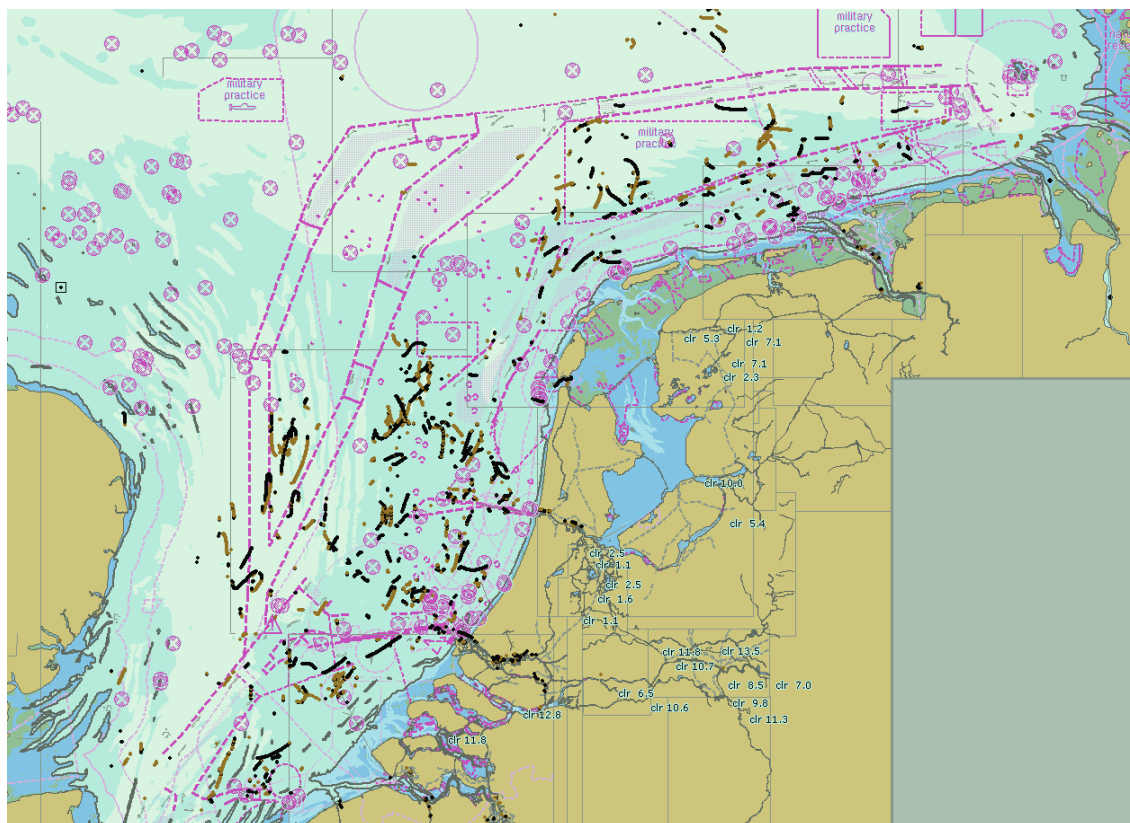
Figuur 3-15

Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse

3.8 Tijdelijk onmanoeuvrerbare schepen

In 2006 heeft MARIN een studie uit voor DGTL naar het aantal drifters op de Noordzee. Hierin valt een analyse van de AIS-data van de kustwacht van 1 maart 2005 – 31 december 2005. Deze dataset bevat alle vaarbewegingen van de schepen met AIS aan boord, die zijn ontvangen door de AIS-basestations langs de Nederlandse kust. Deze set dekt een strook langs de Nederlandse kust. De records zijn onderzocht op de navigatiestatus “Not under command” (verder aangeduid met NUC-records), wat wil zeggen dat ze op dat moment niet in staat zijn om de normale uitwijkregels in acht te nemen. Alle drifters zouden dat moeten uitzenden. De dataset is niet volmaakt, mede door het feit dat de navigatie status handmatig ingevoerd moet worden in de AIS-transponder, daarom zijn er een aantal filters toegepast om de waarschijnlijke drifters over te houden. In Figuur 3-16 zijn de waarschijnlijke drifters geplot. De zwarte lijnen geven een koers over de grond tussen 0° en 180° aan en de bruine lijnen een koers groter dan 180°.

De data van 10 maanden is ook geanalyseerd om na te gaan of er een verhoogde kans is op een drifter nabij de haven en wat de orde van grootte van deze extra kans is. In dit rapport wordt niet in detail op deze analyse ingegaan maar worden de resultaten van de analyse voor wat betreft de onmanoeuvrerbare schepen nabij havens gepresenteerd.



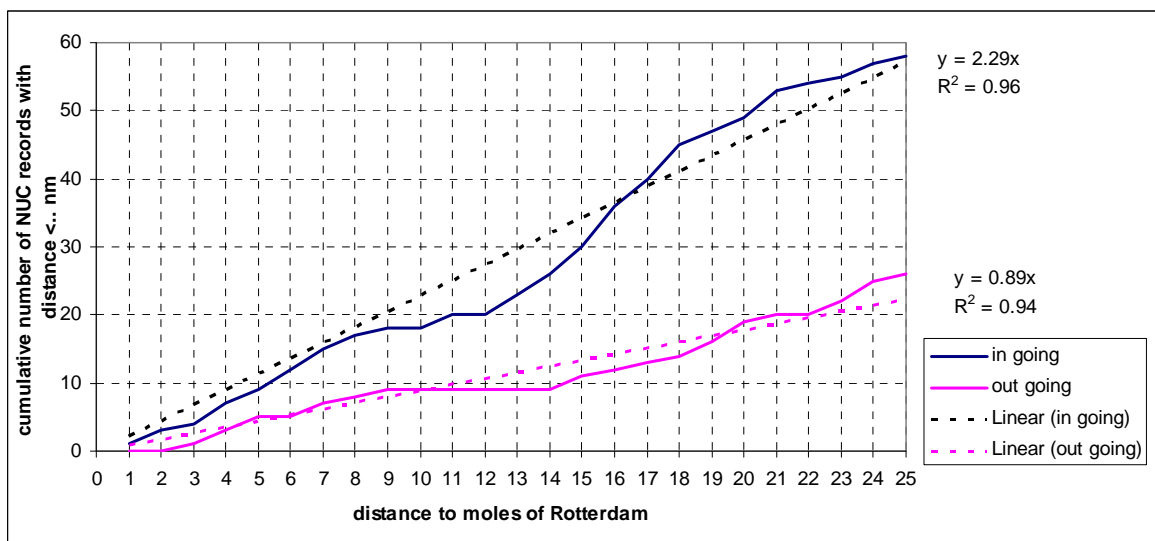
Figuur 3-16 NUC-records met snelheid over de grond < 6 knopen en drifthoek > 30° (maart -december 2005)

Figuur 3-16 laat zien dat bij het inkomende verkeer door Maas West meer stringen voorkomen dan bij het uitgaande verkeer door Maas West. Dit wordt onder andere veroorzaakt door het overgaan van zeebedrijf naar havenbedrijf, waarbij de kans op een storting groter is, maar ook door het vaart verminderen voor het oppakken van de loods. Om dit verschil te kwantificeren is voor alle NUC-records op zee de afstand tot de

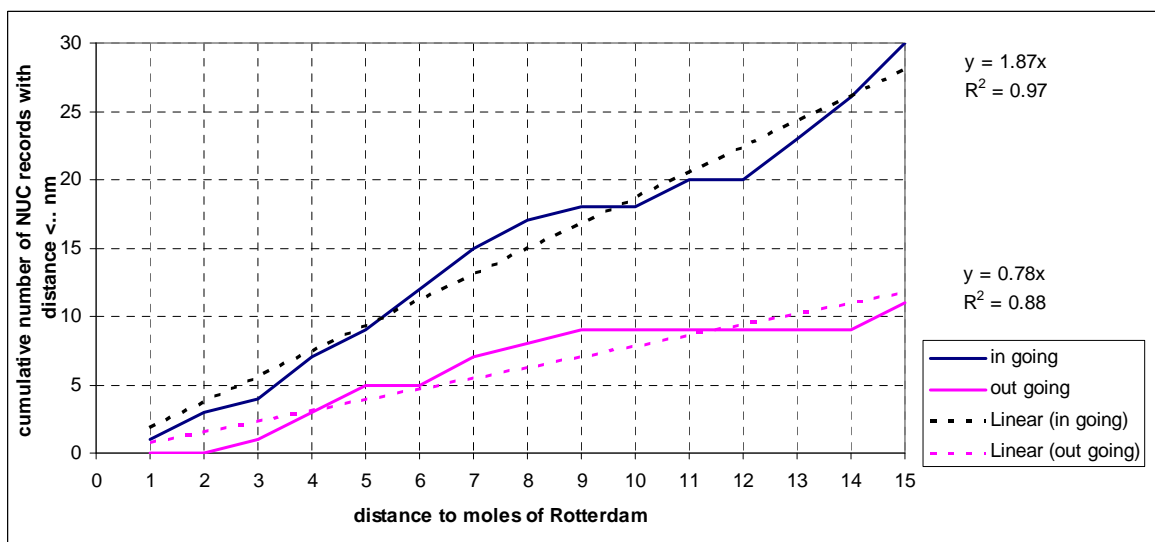
havenmond bepaald. Gerekend is met de kortste afstand, dus niet helemaal gelijk aan de vaarafstand, maar dat heeft geen effect op de resultaten van deze analyse. Vervolgens is een tabel gemaakt met het aantal NUC-records per mijl. Hierbij is een splitsing gemaakt tussen de inkomende schepen (bestemming Rotterdam, Moerdijk etc.) en de uitgaande schepen. De schepen zonder bestemming zijn niet behandeld. De resultaten worden getoond in Figuur 3-17. Uit de figuur blijkt dat het aantal NUC-records inkomend, groter is dan uitgaand, wat de grotere kans op een storing bij inkomende schepen bevestigt. Figuur 3-17 dient als volgt gelezen te worden. Er zijn 30 inkomende schepen die NUC-records hebben verzonden binnen een afstand van 15 mijl tot de havenmond van Rotterdam. Voor uitgaande schepen bedraagt dit aantal 11. Voor de grotere afstanden tot Rotterdam neemt het aantal voor uitgaande schepen relatief meer toe. De reden is dat deze schepen niet allemaal uit Rotterdam zijn vertrokken, maar bijvoorbeeld uit Hamburg met bestemming Antwerpen. Alleen voor schepen met een afstand kleiner dan 15 zeemijl van de havenmond van Rotterdam en bestemming buiten Rotterdam kan worden aangenomen dat ze uit Rotterdam vertrokken zijn. Om deze reden is Figuur 3-18 toegevoegd, waarbij de afstand en de regressielijnen zijn bepaald voor het traject tot 15 mijl voor Rotterdam. Op dit traject is de kans op een NUC $1.87/0.78 = 2.4$ keer zo groot.

Voor de berekeningen in hoofdstuk 4 wordt met deze factor van 2.4 gewerkt om het extra risico voor tijdelijk niet manoeuvreerbare schepen te kwantificeren. Hierbij wordt dan aangenomen dat bij deze schepen dezelfde storingsduur optreedt als gemiddeld op de Noordzee, wat vermoedelijk een overschatting van het probleem is omdat de storingen elders op zee eerder het gevolg zijn van een defecte machine en dus waarschijnlijk langer duren dan de storingen door het overgaan van zeestatus naar havenstatus.

Voor het kwantificeren van de extra aandrijfkans voor een windpark is een extra verkeersdatabase aangemaakt die alleen de ingaande links naar een haven bevatten. Er is verondersteld dat de extra storingskans optreedt op een traject van 10 zeemijl, voordat het loodsstation wordt bereikt vanuit alle richtingen voor de bestemmingen in de Rijnmond, IJmond, Den Helder, Harlingen en de Eemmond.



Figuur 3-17 Aantal storingen op traject tot havenmond



Figuur 3-18 Aantal storingen op traject tot havenmond

4 RESULTATEN

De resultaten van de berekeningen voor de twee varianten worden gegeven in verschillende tabellen in de Appendix.

Voor iedere inrichtingsvariant is eenzelfde set tabellen gegeven. In de tekst in dit hoofdstuk wordt alleen verwezen naar de tabellen voor de eerste inrichtingsvariant. Iedere variant begint met een figuur met de lay-out van het windpark en de nummering van de windturbines. De routegebonden schepen worden in de tabellen verkort weergegeven met "R-schepen" en de niet-routegebonden schepen worden aangeduid met "N-schepen".

4.1 Locatie en inrichtingsvarianten

Voor Q4 is het effect op de scheepvaart voor twee inrichtingsvarianten onderzocht, namelijk:

- een variant met 40 turbines van 3 MW, verder aangeduid met Q4_3MW;
- een variant met 24 turbines van 4.5 MW, verder aangeduid met Q4_4.5MW.

In Figuur 4-1 is de windparklocatie Q4 weergegeven met de verkeersdatabase voor 2004, waarbij de locatie nog niet vrijgemaakt is. In Figuur 4-2 wordt de verkeersdatabases getoond waarbij de windparklocatie Q4 is vrijgemaakt.

In de figuren zijn twee gebieden getekend. Het binnenste gebied is getrokken over de buitenste turbines van de 3 MW-variant. Het buitenste gebied is een gebied op een afstand van 1 zeemijl van de buitenste turbines.



Figuur 4-1

Verkeersbeeld bij windparklocatie Q4 in de huidige situatie



Figuur 4-2 De windparklocatie Q4 vrijgemaakt van scheepvaartverkeer

4.2 Aanvaar/aandrijf frequenties

Door de aanwezigheid van het windpark 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 aandriift (driften). De frequenties voor deze ongevallen zijn bepaald met het SAMSON-model. Voor deze berekeningen is de verkeersdatabase gebruikt voor 2004 waarbij de windparklocatie is vrijgemaakt van verkeer (zie Figuur 4-2). De resultaten van deze berekening worden gegeven in termen van het aantal mogelijke aanvaringen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk en voor het gehele windpark.

Bij het bepalen van de frequenties is rekening gehouden met de extra aandrijfkans (door routegebonden schepen) als gevolg van de verhoogde storingskans nabij de aanloop van een haven (zie 3.8). Door de ligging van het windpark Q4 nabij IJmuiden is het effect hiervan vrij groot. Het totaal aantal aandrijvingen per jaar door routegebonden schepen neemt door de extra storingskans nabij de aanloop van een haven (in dit geval IJmuiden) met 7.2% toe.

In Tabel A1-1 van Appendix A staan voor de eerste variant de aanvaar- en aandrijffrequenties per windturbine. Voor de tweede variant staan deze frequenties in Tabel A2-1 (voor het gemak zal in het vervolg alleen worden verwezen worden naar het tabel nummer van de eerste variant). In Tabel A1-2 in Appendix A staat het totaal verwachte aantal aanvaringen en aandrijvingen per jaar voor het gehele windpark.

Uit Tabel A1-1 en Tabel A2-1 volgt dat de buitenste windturbines, vooral die aan de noordwestelijke rand, een grotere aanvaarkans hebben. De turbines op de noordelijke en westelijke hoek hebben de hoogste aanvaarkans (respectievelijk turbines 1 en 22 voor de eerste variant, zie Figuur A1-1). De meest centraal gelegen turbines (bijvoorbeeld turbines 32 en 18 voor de eerste variant) hebben de kleinste aanvaarkans.

Tabel 4-1 bevat de kans op een aanvaring/aandrijving per jaar gesommeerd over alle windturbines (en het high voltage station) in het windpark Q4. De variant met de 4.5 MW turbines geeft het kleinste risico, aangezien deze variant minder turbines bevat.

In Tabel 4-2 wordt de aanvaar/aandrijfkans gegeven per verwachte energieopbrengst in MWh voor iedere variant. Deze getallen moeten dus geminimaliseerd worden om het risico per energieopbrengst te minimaliseren. Op basis van deze tabel is er een voorkeur voor de 4.5 MW turbines, waarvoor het risico per MWh op 64% ligt van het risico bij gebruik van de 3 MW turbines.

Ten slotte worden in Tabel 4-3 de aanvaar/aandrijffrequenties per km² gegeven.

Inrichtingsvariant Q4	Oppervlakte [km ²]	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
				R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	
Q4_3MW	18.01	465200	40	0.004641	0.012317	0.018168	0.002692	0.037818
Q4_4.5MW	17.51	456000	24	0.002868	0.008011	0.011139	0.001706	0.023724

Tabel 4-1 *Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Station)*

Inrichtingsvariant Q4	Oppervlakte [km ²]	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per MWh		Aantal aandrijvingen (driften) per MWh		Totaal per MWh
				R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	
Q4_3MW	18.01	465200	40	9.98E-09	2.65E-08	3.91E-08	5.79E-09	8.13E-08
Q4_4.5MW	17.51	456000	24	6.29E-09	1.76E-08	2.44E-08	3.74E-09	5.20E-08

Tabel 4-2 *Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Station)*

Inrichtingsvariant Q4	Oppervlakte [km ²]	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar / km ²		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar / km ²		Totaal per jaar / km ²
				R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	
Q4_3MW	18.01	465200	40	0.000258	0.000684	0.001009	0.000149	0.002100
Q4_4.5MW	17.51	456000	24	0.000164	0.000458	0.000636	0.000097	0.001355

Tabel 4-3 *Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per km² voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Station)*

4.3 Gevolgschade

4.3.1 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. 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.

De onderlinge vergelijking vindt plaats in 4.3.3 bij de behandeling van de bunker en olie-uitstroom.

4.3.2 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 voor het gehele windpark gesommeerd is voor de eerste variant gegeven in Tabel A1-4 in de Appendix.

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 impactenergie-niveaus is gegeven in Tabel A1-5. Uit deze tabel volgt dat bij de 3 MW variant ongeveer 55% van de contacten met turbines door driften wordt veroorzaakt, en 45% door rammen. Verder blijkt dat het voor ruim 60% routegebonden schepen betreft. Figuur A1-2 bevat nogmaals de aanvaringsfrequenties. De grafiek moet als volgt worden afgelezen: elk punt op een lijn geeft de frequentie per jaar (x-as) dat de kinetische energie hoger zal zijn dan een bepaalde waarde (y-as).

4.3.3 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 uitstroomvolume klassen. In Tabel A1-7 wordt de frequentie van uitstroom van ladingolie gegeven. 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 4-4. Op basis van de frequenties is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie bepaald, bijvoorbeeld $1/(0.000948+0.000098) \approx 956$ jaar voor variant Q4_3MW.

De gemiddelde uitstroom van afgerond 0.2 m^3 ladingolie voor deze variant in Tabel 4-4 dient alleen als vergelijking. Een gemiddelde van afgerond 0.2 m^3 ieder jaar geeft immers een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van 200 m^3 eens in de 1000 jaar. 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 de gehele Exclusieve Economische Zone (EEZ) toegevoegd (uit [5]). In Tabel 4-5 zijn de waarden van Tabel 4-4 als percentage van het totaal in de EEZ gegeven. Voor bunkerolie en ladingolie samen is de kans op een uitstroom in de EEZ toegenomen met 0.21% $(=(0.000948+0.000098) / (0.353402+0.148723) \times 100\%)$ voor de 3 MW variant.

In Tabel 4-6 zijn de uitstroombereikingsfrequenties gegeven per MWh. De kans op een uitstroom omgerekend naar de frequentie per km² wordt gegeven in Tabel 4-7.

Variant Q4	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Q4_3MW	0.000948	1055	0.343	0.000098	10160	0.208	956
Q4_4.5MW	0.000581	1721	0.209	0.000060	16571	0.127	1559
EEZ	0.353402	2.8	68.04	0.148723	6.7	1499.5	2

Tabel 4-4 *Uitstroombereikingskans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie*

Variant Q4	Bunkerolie		Ladingolie	
	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
Q4_3MW	0.27%	0.50%	0.07%	0.01%
Q4_4.5MW	0.16%	0.31%	0.04%	0.01%
EEZ	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Tabel 4-5 *Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als percentage van de uitstroom op het EEZ*

Variant Q4	Energie- opbrengst [MWh/jaar]	Bunkerolie		Ladingolie	
		Frequentie per MWh	Gemiddelde uitstroom (m ³ /MWh)	Frequentie per MWh	Gemiddelde uitstroom (m ³ /MWh)
Q4_3MW	465200	2.04E-09	7.37E-07	2.12E-10	4.47E-07
Q4_4.5MW	456000	1.27E-09	4.59E-07	1.32E-10	2.79E-07

Tabel 4-6 *De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh*

Variant Q4	Oppervlakte [km ²]	Bunkerolie		Ladingolie	
		Frequentie per km ²	Gemiddelde uitstroom per jaar (m ³ /km ²)	Frequentie per km ²	Gemiddelde uitstroom per jaar (m ³ /km ²)
Q4_3MW	18.01	0.000053	0.019042	0.000005	0.011535
Q4_4.5MW	17.51	0.000033	0.011957	0.000003	0.007274

Tabel 4-7 *De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per km²*



De uitstroom vertoont hetzelfde beeld als het aanvaar/aandrijfrisico. Per MWh is de milieuschade bij 4.5 MW turbines kleiner dan bij de 3 MW variant. Het gebruik van de 4.5 MW turbines is dan ook veel gunstiger en wordt nog gunstiger wanneer naar het economisch gebruik van de oppervlakte wordt gekeken.

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 ecologisch risico. In Tabel A1-9 worden de frequenties gegeven van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine voor verschillend ecologisch risico. Bij vergelijking van de varianten geeft de uitstroom van chemicaliën hetzelfde beeld als de uitstroom van olie.

4.3.4 Persoonlijk letsel

Persoonlijk letsel wordt veroorzaakt doordat de gondel en de mast op het dek van een schip vallen. In Tabel A1-10 is voor de 3 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 chemicaliën tanker, een ferry of een gastanker de windturbine aanvaart, waarna deze knikt en op het dek terecht komt. Voor de frequenties wordt verwezen naar de detailtabellen in Appendix A.

Beoordeling van het risico

Er bestaan geen echte normen voor het risico op zee maar voor het afschatten van de externe veiligheid is aansluiting gezocht bij de risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen, zoals beschreven in [6].

Voor een windpark liggen alle contouren voor het individuele risico op het water zodat altijd aan de (eventuele) norm voor het individueel risico wordt voldaan.

In [6] is een oriënterende waarde voor het groepsrisico gegeven van 10^{-4} per jaar per kilometer route (vaarweg) voor een ramp met minstens 10 slachtoffers. Het is overigens de vraag of deze norm toegepast mag worden, want het gaat hier om slachtoffers van de vervoerders (die het ongeval veroorzaken) en niet om slachtoffers in de directe omgeving van de route. Toch is deze oriënterende waarde gebruikt voor het beoordelen van het groepsrisico. Bij de inrichtingsvariant Q4_3MW is de kans op meer dan 10 doden gelijk aan $1/42790$ per jaar (zie Tabel A1-10). Het windpark heeft een lengte van ongeveer 8.2 km (gemeten langs de oostelijke kant), dus per km vaarweg is de kans van $2.85 \cdot 10^{-6}$. Gezien de 'worst case' benaderingen mag geconcludeerd worden dat het overlijdensrisico geen echte rol speelt bij de keuze van de inrichtingsvariant.

Bij het gebruik van 4.5 MW turbines is het gemiddelde aantal doden per incident waarbij een dodelijk slachtoffer valt wel iets groter, bijvoorbeeld 2.63 tegen 2.02 voor de 3 MW turbines. Dit verschil wordt veroorzaakt door het feit dat de 4.5 MW turbine groter is en dus een groter oppervlakte beslaat wanneer de turbine op het dek valt.

4.4 Effecten voor de scheepvaart

Tabel 4-8 geeft het effect van het windpark op de scheepvaartongevallen buiten het windpark, door de verandering van de vaarroutes. De tabel toont dat het effect verwaarloosbaar is.

Omschrijving	Eenheid	Resultaat voor hele EEZ na aanpassing van het verkeer bij Q4	Effect windpark t.o.v. autonome situatie	Relatieve effect van het windpark t.o.v. autonome situatie.
Algemeen				
Gemiddeld aantal aanwezige schepen:				
OBO's	aantal	0.492	0.0000	0.00%
Chemicaliën tankers	aantal	19.545	0.0010	0.01%
Olietankers	aantal	9.252	0.0000	0.00%
Gas tankers	aantal	5.287	0.0000	0.00%
Bulkers	aantal	11.638	0.0000	0.00%
Unitised	aantal	31.076	0.0010	0.00%
General Dry Cargo	aantal	70.496	0.0050	0.01%
Passenger schepen + conv. ferries	aantal	3.694	0.0000	0.00%
High Speed Ferries	aantal	0.274	0.0000	0.00%
Overig	aantal	5.085	0.0010	0.02%
Totaal routegebonden	aantal	156.839	0.0080	0.01%
Totaal niet routegebonden	aantal	194.149	0.0000	0.00%
Veiligheid				
Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	aantal/jaar	10.520	0.0000	0.00%
Stranding als gevolg van navigatiefout	aantal/jaar	6.370	-0.0010	-0.02%
Stranding als gevolg van motorstoring	aantal/jaar	1.420	-0.0004	-0.03%
Rammen van platform na navigatiefout	aantal/jaar	0.267	0.0000	-0.01%
Driften tegen platform na motorstoring	aantal/jaar	0.048	0.0000	-0.01%
Zinken	aantal/jaar	1.426	0.0000	0.00%
Gat in scheepshuid	aantal/jaar	0.000	0.0000	
Brand/Explosie	aantal/jaar	0.000	0.0000	
Totaal	aantal/jaar	20.052	-0.0014	-0.01%
Economische effect				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€/ year	1236.832	0.0000	0.00%

Tabel 4-8

Scoretabel voor de effecten van het windpark Q4 voor de scheepvaart.

4.5 Het effect van het werkverkeer op het risico

De aanlegfase van een windpark duurt een jaar. In de periode van een half jaar varen dan dagelijks enkele schepen (maximaal vijf) 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. In een gebied bij Rotterdam is het aandeel van 5 bewegingen op 100 vertrekkende schepen per dag kleiner dan voor een haven als IJmuiden/Amsterdam waar zo'n 25 schepen per dag vertrekken. Het relatieve effect op de scheepvaartveiligheid is dus bij Rotterdam kleiner dan bij IJmuiden, maar aan de andere kant is het absolute effect op de verkeersveiligheid bij Rotterdam weer groter. Deze vaarbewegingen moeten gezien worden als normale bedrijvigheid. Het verhoogde risico is van tijdelijke aard.

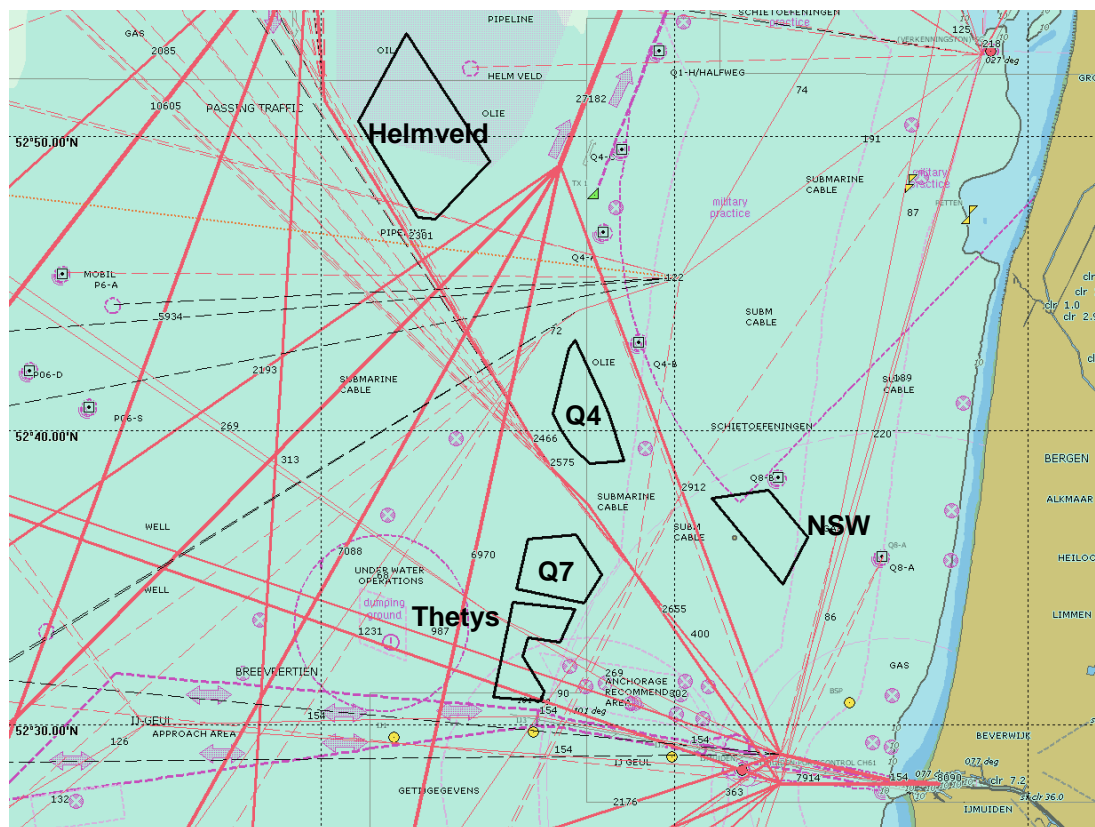
Vermoedelijk zal IJmuiden de uitvalsbasis voor het windpark Q4 worden. Vanuit IJmuiden naar Q4 is het ongeveer 1 uur varen. Voor alle bewegingen per jaar dus 2 (heen + terug) x 5 (reizen/dag) x 180 (periode van 6 maanden) x 1 uur varen = 1800 vaaruren voor de aanleg. Dit levert een verhoging van het gemiddelde aantal schepen op zee op van 0.2 schip (= 1800 vaaruren/(365 x 24 uren in een jaar)) op een totaal van 300 varende schepen. Aangezien de bouw maar een half jaar duurt, is de verhoging gedurende dit deel van het jaar 0.4 schip. In deze periode van een half jaar is de kans op een aanvaring tussen schepen door de verhoogde verkeersintensiteit 0.26% hoger dan normaal. De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 0.13%.

4.6 Het cumulatieve effect

Het cumulatieve effect is bepaald volgens de richtlijnen en de aanpak beschreven in 3.6. Het cumulatieve effect is bepaald voor de twee inrichtingsvarianten van Q4 gecombineerd met de dichtst bij gelegen windparken, zijnde Q7, NSW, Thetys en Helmveld. Voor de nog niet gerealiseerde parken Thetys en Helmveld is hierbij gerekend met een minimumvariant en een maximumvariant.

Bij de berekening van het cumulatieve effect is gerekend met de volledige oppervlakte van de potentiële windparken Thetys en Helmveld. De contourlijnen, de verbindingslijnen van de uiterste coördinaten uit de startnotities, zijn getekend in Figuur 4-3 met de verkeersdatabase waarbij Q4 is vrijgemaakt.

De resultaten van het cumulatieve effect voor een variant van het windpark zijn weergegeven in drie tabellen voor de minimumvariant (Tabel A1-11, Tabel A1-12 en Tabel A1-13 voor de eerste variant van Q4) en drie tabellen voor de maximumvariant (Tabel A1-14, Tabel A1-15 en Tabel A1-16 voor de eerste variant van Q4). De tabellen voor de andere inrichtingsvariant van Q4 worden gegeven in tabellen in Appendix A2.



Figuur 4-3 Q4 (geclusterd scenario)

In de eerste van de drie tabellen voor iedere variant wordt voor ieder windpark het aantal windturbines, het totale vermogen en de kans op een aanvaring, aandrijving en kans op een uitstroom per jaar gegeven. In Tabel A1-12 worden de resultaten van Tabel A1-11 cumulatief weergegeven, dus steeds is aan het eigen windpark een nieuw windpark toegevoegd. Tabel A1-13 geeft hetzelfde weer als Tabel A1-12, maar dan in de vorm van een optreden van de gebeurtenis eens in de zoveel jaar. Tabel A1-12 en Tabel A1-13 bevatten als laatste rij de risico's teruggerekend naar 1000 MW om vergelijking tussen de verschillende scenario's te vergemakkelijken. In de laatste kolom van alle tabellen is de kans op een uitstroom per 1000 MW weergegeven.

Tabel A1-12 geeft voor 1000 MW geïnstalleerd vermogen een kans op een aanvaring of aandrijving van 0.2435, dus eens in de 4.1 jaar (zie Tabel A1-13) en een kans op een uitstroom van lading of bunkerolie van 0.0081, dus eens in de 123.6 jaar.

De resultaten van alle cumulatieve berekeningen zijn samengevoegd in Tabel 4-9 waarbij de risico's voor 1000 MW geïnstalleerd vermogen uit de tabellen van de Appendix zijn overgenomen.

Cumulatief 1000 MW		Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar
Variant voor Q4	Andere parken	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
Q4_3MW	3 MW	0.0330	0.0493	0.1422	0.0191	0.2435	0.0081
Q4_4.5MW	3 MW	0.0319	0.0462	0.1378	0.0184	0.2343	0.0078
Q4_3MW	5 MW	0.0235	0.0382	0.1018	0.0145	0.1781	0.0058
Q4_4.5MW	5 MW	0.0223	0.0351	0.0970	0.0139	0.1682	0.0056

Tabel 4-9 Cumulatieve effect voor Q7, NSW, Thetys en Helmveld

De tabel toont duidelijk dat de risico's bij het gebruik van 5 MW turbines (maximumvariant) lager liggen (orde grootte 0.17 versus 0.24), voornamelijk doordat er minder windturbines nodig zijn. De 5 MW turbine geeft door de afmetingen wel een iets groter risico dan een 3 MW turbine maar dit is veel minder dan de 67% meer vermogen per windturbine.

De verschillen tussen de varianten van het eigen park zijn kleiner omdat deze verschillen worden genivelleerd door de andere parken. De effecten van de inrichting van het eigen park op de scheepvaartveiligheid zijn beschreven in hoofdstuk 4.2.

De uitstroomkansen voor 1000 MW worden vergeleken met de uitstroomkansen in de hele EEZ, zijnde een gemiddelde van eens in de 2.8 jaar voor bunkerolie en eens in de 6.7 jaar voor ladingolie, dus samen een uitstroomkans van $(1/2.8+1/6.7)=0.50$ per jaar. De cumulatieve uitstroomkans voor olie (teruggerekend voor 1000 MW) voor de minimumvariant bedraagt gemiddeld 0.0080 (zie Tabel 4-9) per jaar en voor de maximumvariant 0.0057 per jaar, dus ongeveer 1.6% bij gebruik van 3 MW windturbines en 1.1% bij gebruik van 5 MW turbines.

Door andere maatregelen, zoals de inzet van De Waker en/of andere sleepboten (zie hoofdstuk 5.2) kan 51% van het aantal aandrijvingen worden voorkomen en worden de percentages dus 0.78% en 0.56%.

Wanneer er, door de energie die de windparken opleveren, minder transport van olie over zee hoeft plaats te vinden, dan leidt de bouw van windparken ook tot een lagere kans op een olie-uitstroom in de EEZ. Dit is als volgt gekwantificeerd. Uitgaande van 1000 MW geïnstalleerd vermogen en 34%² rendement is de totale energie opbrengst geschat op $0.34 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 1000 \text{ MW} / 1000 = 2978 \text{ GWh}$ per jaar. Het olie equivalent van 2978 GWh is 0.26 miljoen ton olie. In Rotterdam wordt ongeveer 100 miljoen ton olie aangevoerd. Wanneer de olie op weg naar/van Rotterdam 50% is van het totale transport in de EEZ, dan is de vermindering van het olietransport 0.13%, dus 0.13% minder kans op een olie-uitstroom door een ander incident. Dit weegt nog niet op tegen de hierboven genoemde toename van 1.1-1.6% zonder De Waker en 0.56-0.78% met De Waker.

Verder is de kans op een uitstroom een worst case benadering. Daar het percentage olietankers met een dubbele huid steeds groter wordt, is de kans op een uitstroom van ladingolie kleiner dan gemodelleerd, zoals in 5.3 wordt uitgelegd.

² Het rendement voor de verschillende initiatiefnemers varieert van 28% tot 50%. Voor de berekening is gekozen voor een rendement van 34%.

Kwalitatief

Voor de scheepvaartveiligheid betekent een aaneenschakeling van windparken dat het totale risico over het algemeen minder is dan de som van de risico's van de individuele parken, waarmee nu gerekend is. Dit komt omdat over het algemeen schepen door een ander park eerder verder weg van het eigen park zullen worden geleid dan dichterbij.

Het risico voor Q4 zou door de aanwezigheid van de parken Helmveld en Thetys vrijwel gelijk blijven, omdat de routes rond Q4 niet beïnvloed zullen worden door deze parken (zie Figuur 4-3). Omdat Q7 en NSW reeds bestaan, is met deze parken al rekening gehouden in de routing.

Bij een geclusterd aantal windparken is de totale omweg meer dan de omweg van de individuele windparken. Echter, door het vrijhouden van de clearways en het vroegtijdig anticiperen op de locatie van de windparken zijn de extra af te leggen zeemijlen verwaarloosbaar klein [4]. Alleen voor sommige niet-routegebonden schepen die een missie/visgrond hebben vlak achter een windpark, kan een windpark hinderlijk in de weg liggen. Voor Q4 kan echter geconcludeerd worden dat de extra toename van de omweg door de andere windparken in de cluster verwaarloosbaar is, aangezien deze windparken zodanig ver van Q4 af liggen dat schepen Q4 aan alle zijden kunnen passeren, zonder ook om een ander windpark te hoeven varen.

4.7 Radardekking naar de Nederlandse havens

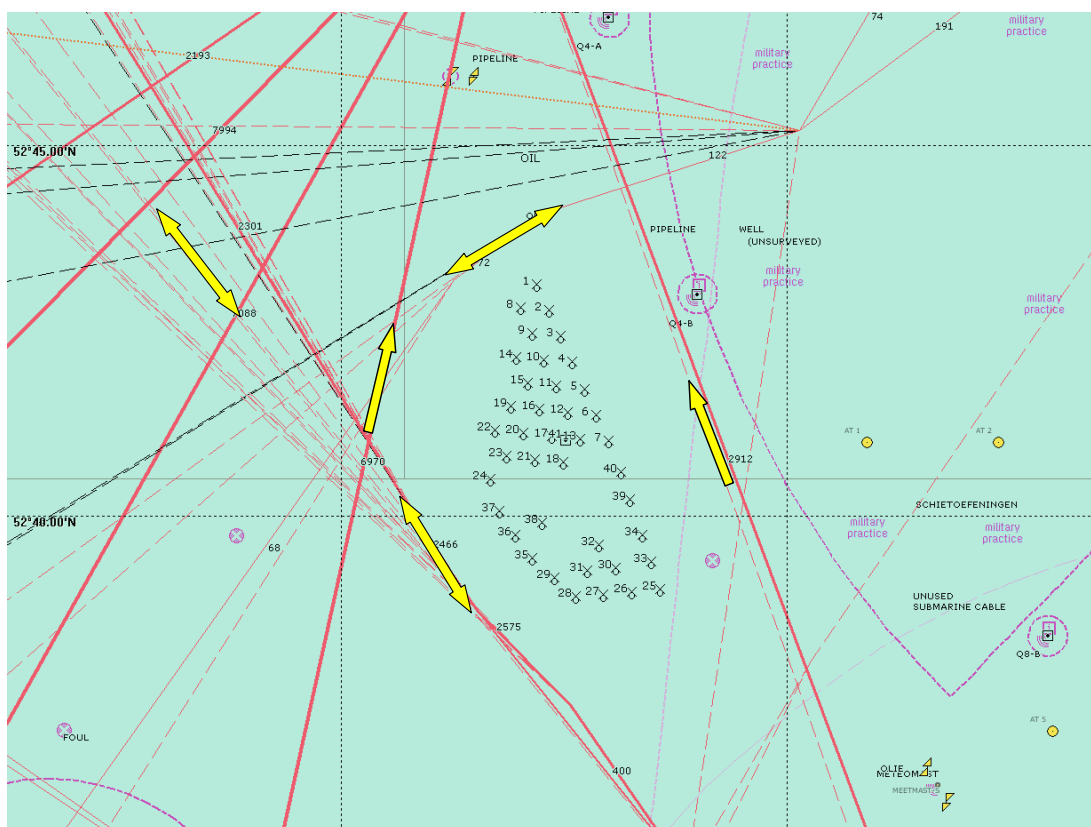
Windpark Q4 valt buiten de radardekking naar een Nederlandse haven. Zowel de radar van IJmuiden, Rotterdam en Scheveningen bereiken het windpark niet.

4.8 Kruisende scheepvaart

In 4.8.1 zijn voor alle inrichtingsvarianten de figuren opgemaakt die aangeven hoeveel schaduwstukken van een bepaalde grootte optreden op het traject van 8 nm tot aan het kruispunt. In 4.8.2 wordt aangegeven wat de orde van grootte is van de extra kans op een aanvaring door de zichtbelemmering.

4.8.1 Vergelijking opstellingen voor de varianten

Figuur 4-4 toont de scheepvaartlinks in de buurt van het windpark Q4 waarbij het windpark vrijgemaakt is. Op de figuur is met pijlen de algemene richting aangegeven waarin de schepen varen die zich op de verschillende links bevinden. Uit de figuur volgt dat er aan de noordzijde van het park twee kruisingen van routes zijn, waar het windpark een zichtbelemmering kan vormen. Dit zijn de kruisingen waar de drukke noordwaartse routes richting het scheidingstelsel aan respectievelijk de west- en oostzijde van het park de minder drukke route ten noorden van het park kruisen. Vooral bij de kruising ten noordoosten van het park zou hinder van het park kunnen worden ondervonden. Voor deze kruising zijn schaduwstukken bepaald voor een schip dat ten noorden van het park oostwaarts vaart en een schip kruist dat ten oosten van het park noordwaarts vaart. De schaduwstukken zijn voor de twee inrichtingsvarianten bepaald. Hierbij is ervan uitgegaan dat de kruisende schepen het park tot op 500 meter naderen. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 4-5 tot en met Figuur 4-8 voor het blauwe schip dat langs de rode track vaart.



Figuur 4-4 Verkeersafwikkeling bij Q4

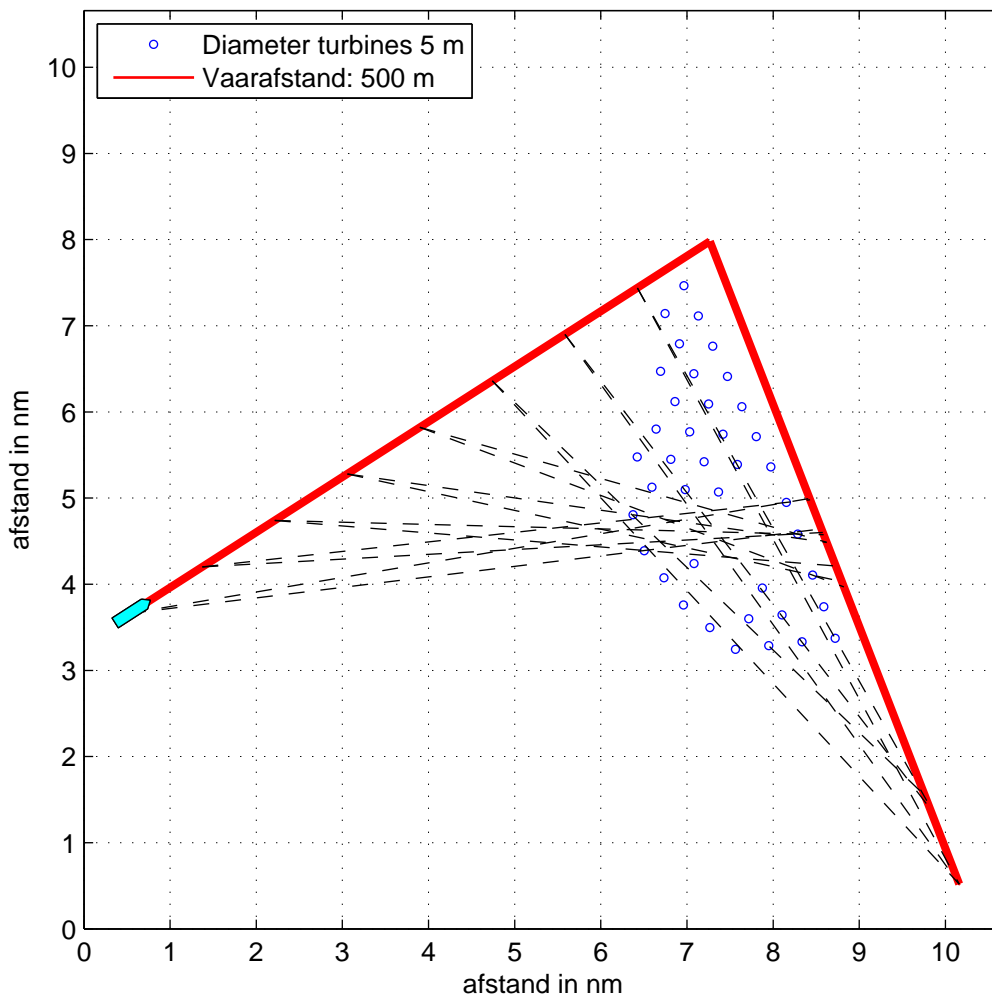
De figuren tonen dat er voor beide varianten geen schaduwstukken groter dan 30 meter zijn. Voor beide varianten ligt het maximale schaduwstuk op meer dan 4.5 nm van het kruispunt. Het laatste schaduwstuk bij nadering van het kruispunt ligt voor beide

varianten op ongeveer 0.8 nm van het kruispunt. Het betreft hier een schaduwstuk van minder dan 20 meter.

In 4.8.2 wordt aangegeven wat de orde van grootte is van de extra kans op een aanvaring door de zichtbelemmering.

Maximale Zichtstukken

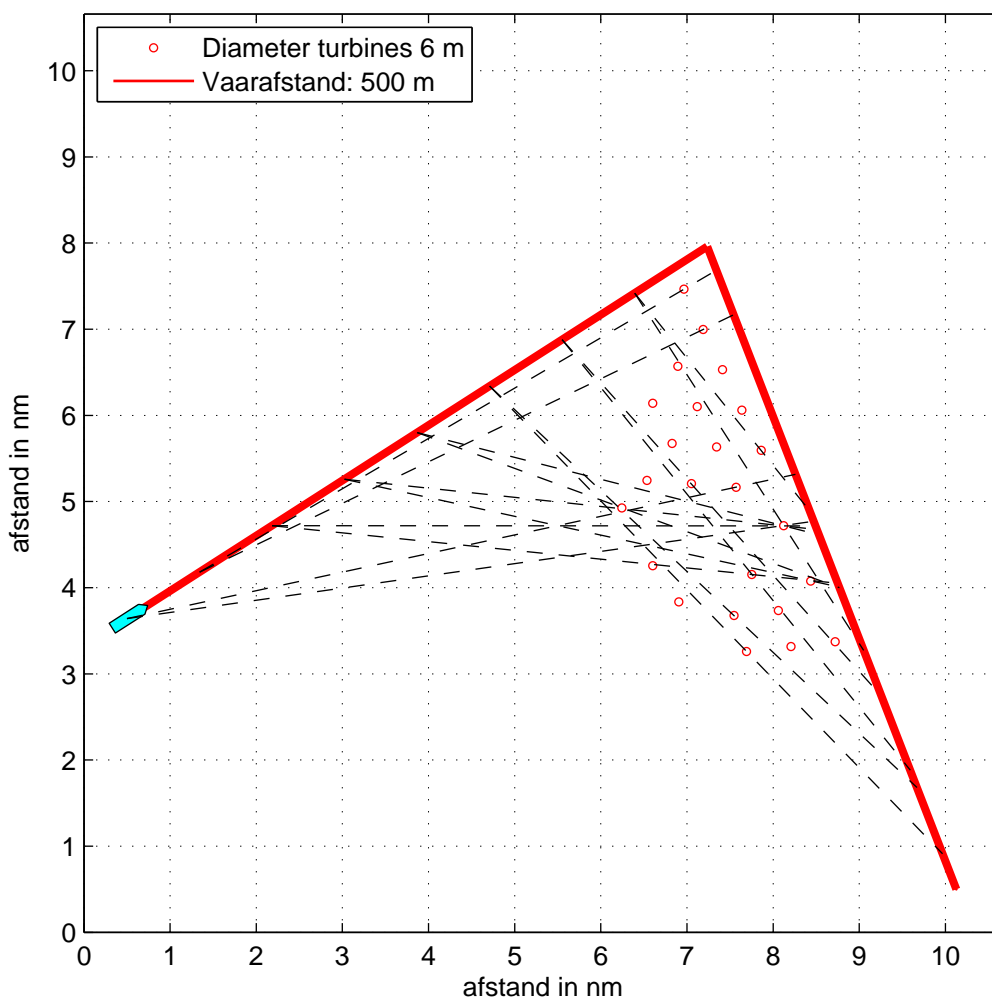
I. Q4 3MW, V = 500, D = 5 m



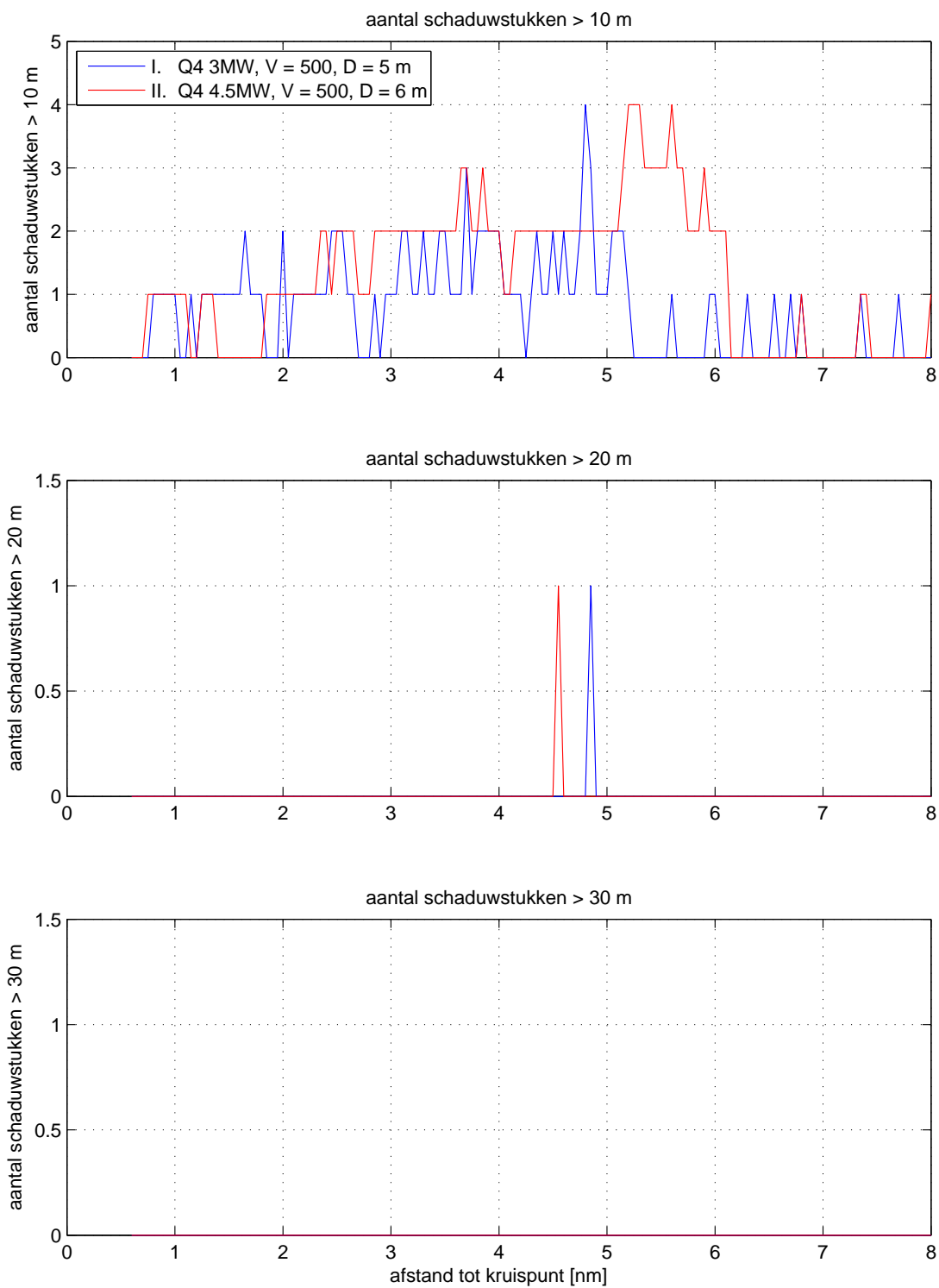
Figuur 4-5 *Kruising tussen routegebonden verkeer ten noorden van de 3 MW variant van Q4*

Maximale Zichtstukken

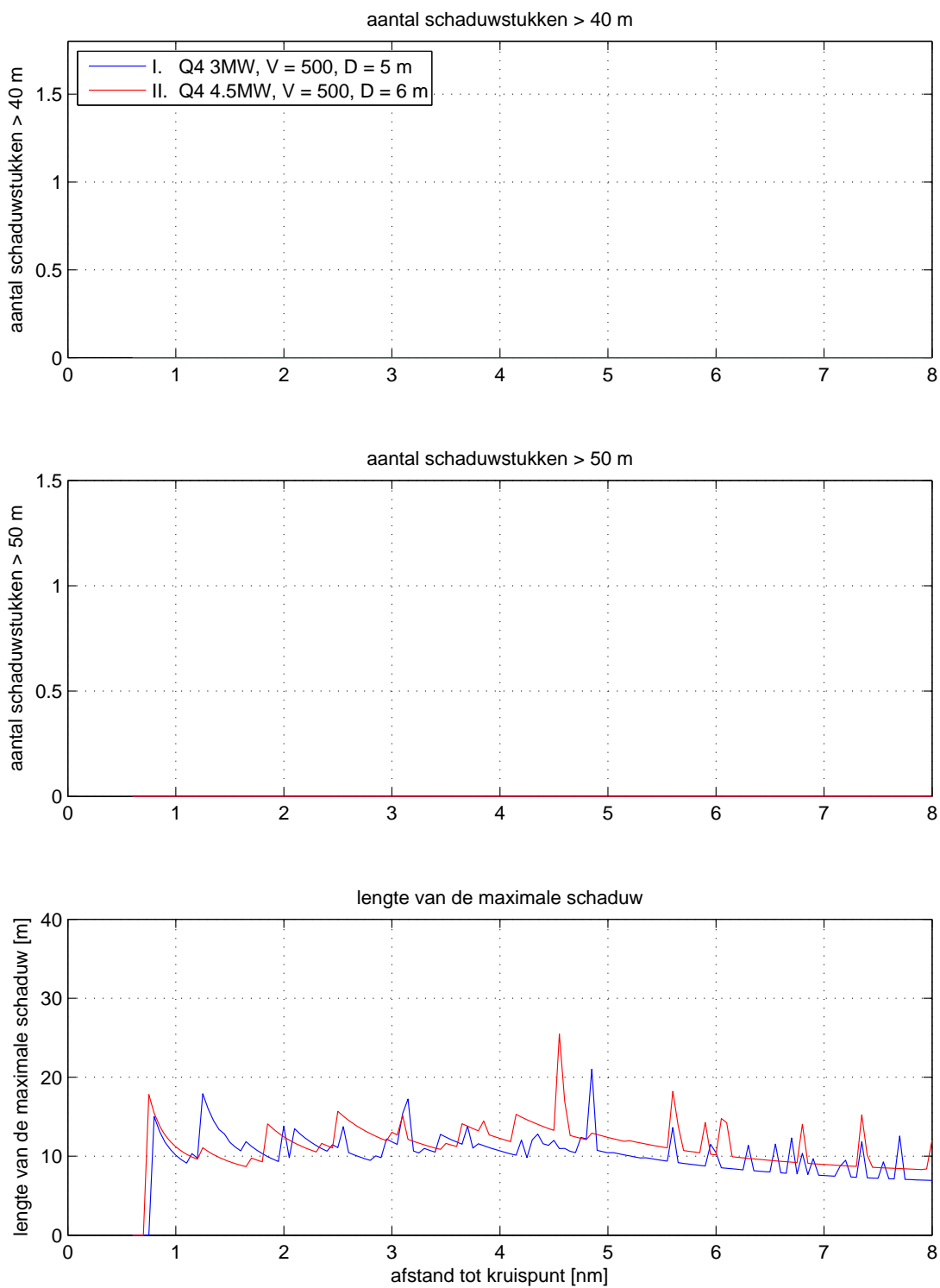
II. Q4 4.5MW, V = 500, D = 6 m



Figuur 4-6 *Kruising tussen routegebonden verkeer ten noorden van de 4.5 MW variant van Q4*



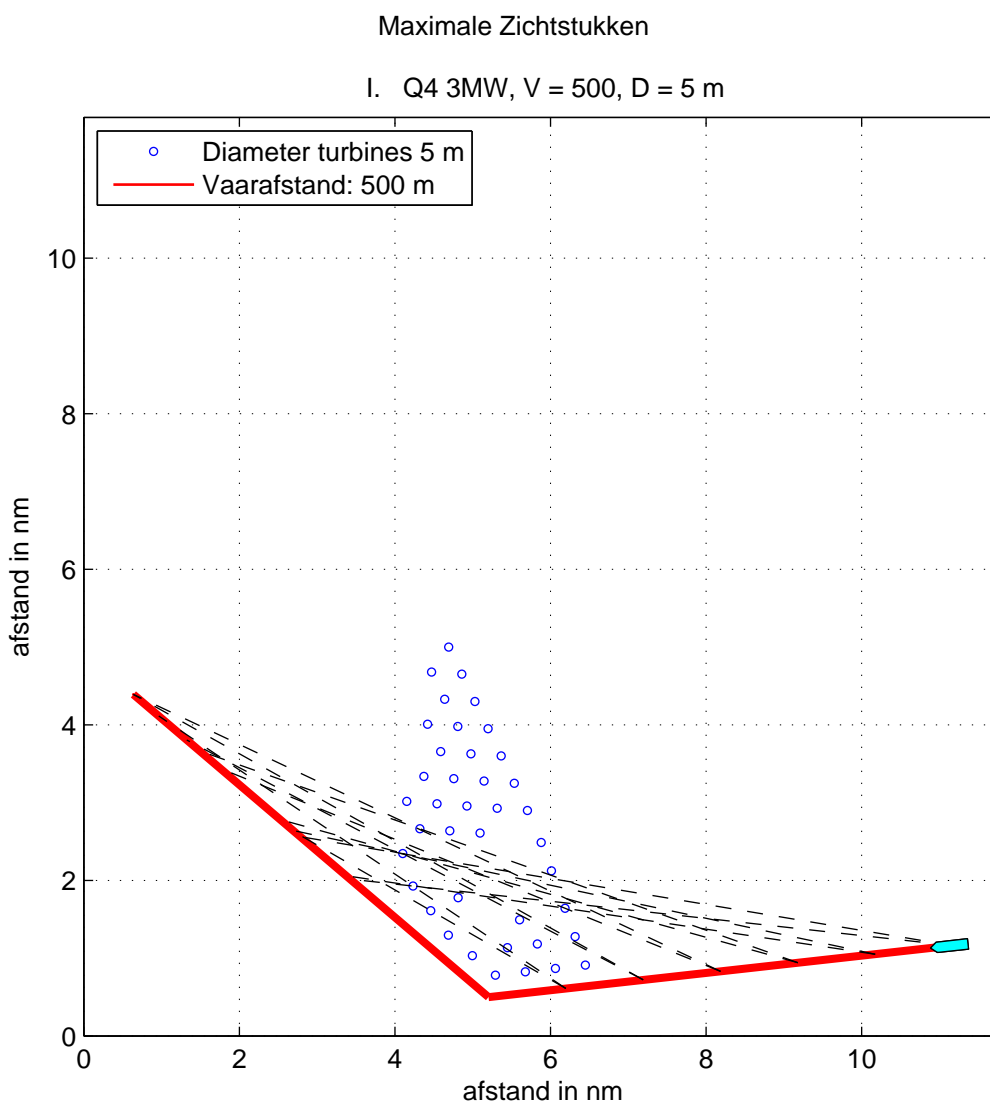
Figuur 4-7 Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en 30m voor oostwaarts routegebonden verkeer kruisend ten noordoosten van het windpark met noordwaarts varend routegebonden verkeer



Figuur 4-8 Aantallen schaduwstukken >40m, >50m en maximale lengte van een schaduwstuk voor oostwaarts routegebonden verkeer kruisend ten noordoosten van het windpark met noordwaarts varende routegebonden verkeer

Voor een kruising tussen twee niet-routegebonden schepen is gekeken naar de zuidelijke hoek van het windpark. Voor een schip dat langs de zuidkant van het park westwaarts vaart zijn de schaduwstukken bepaald voor een kruising met een schip dat langs de zuidkant van het park zuidoostwaarts vaart. Beide schepen varen op 500 meter langs het park. In Figuur 4-9 tot en met Figuur 4-12 zijn de figuren gemaakt voor deze situatie.

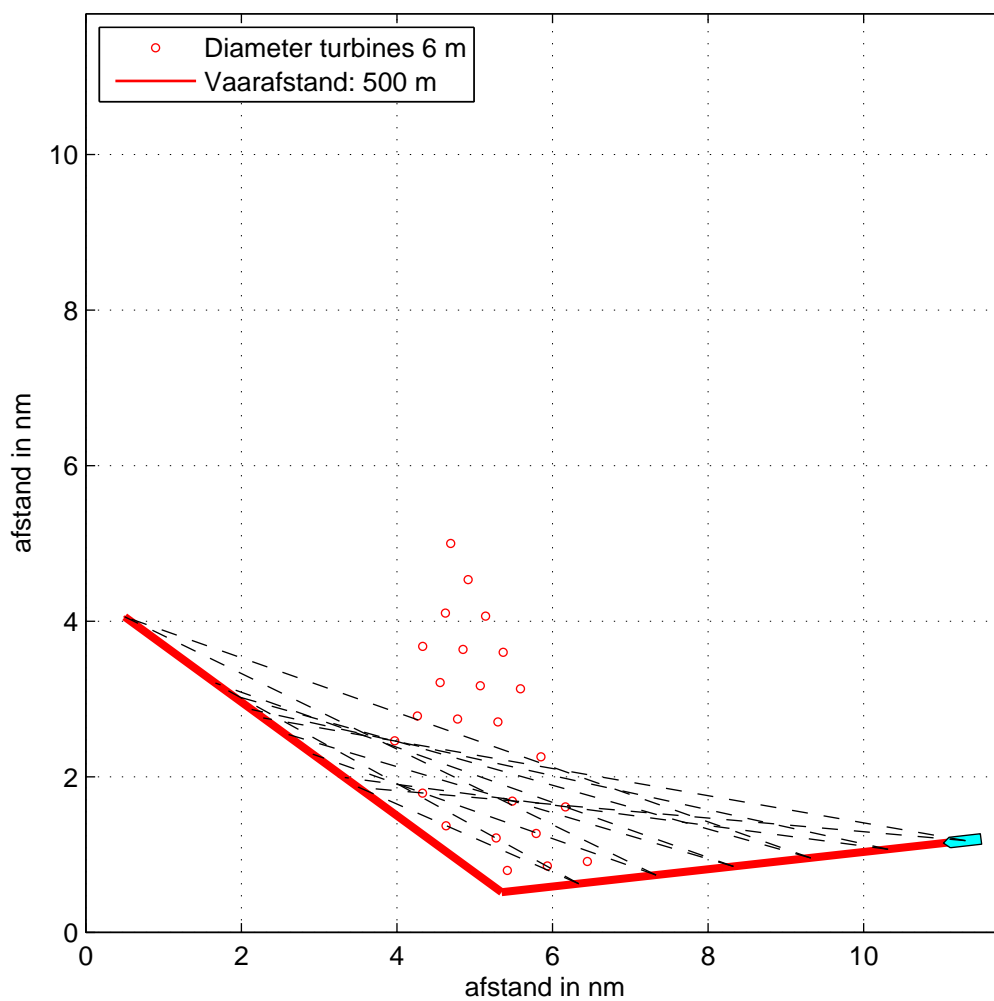
De figuren tonen dat er voor deze situatie tot op ongeveer 0.75 nm van het kruispunt schaduwstukken zijn. Voor de 4.5 MW variant is het schaduwstuk op 0.75 nm van het kruispunt groter dan 30 meter. Een groter schaduwstuk (>40 meter) bevindt zich voor de 3 MW variant op 1.5 nm van het kruispunt en voor de 4.5 MW variant op 1.3 nm.



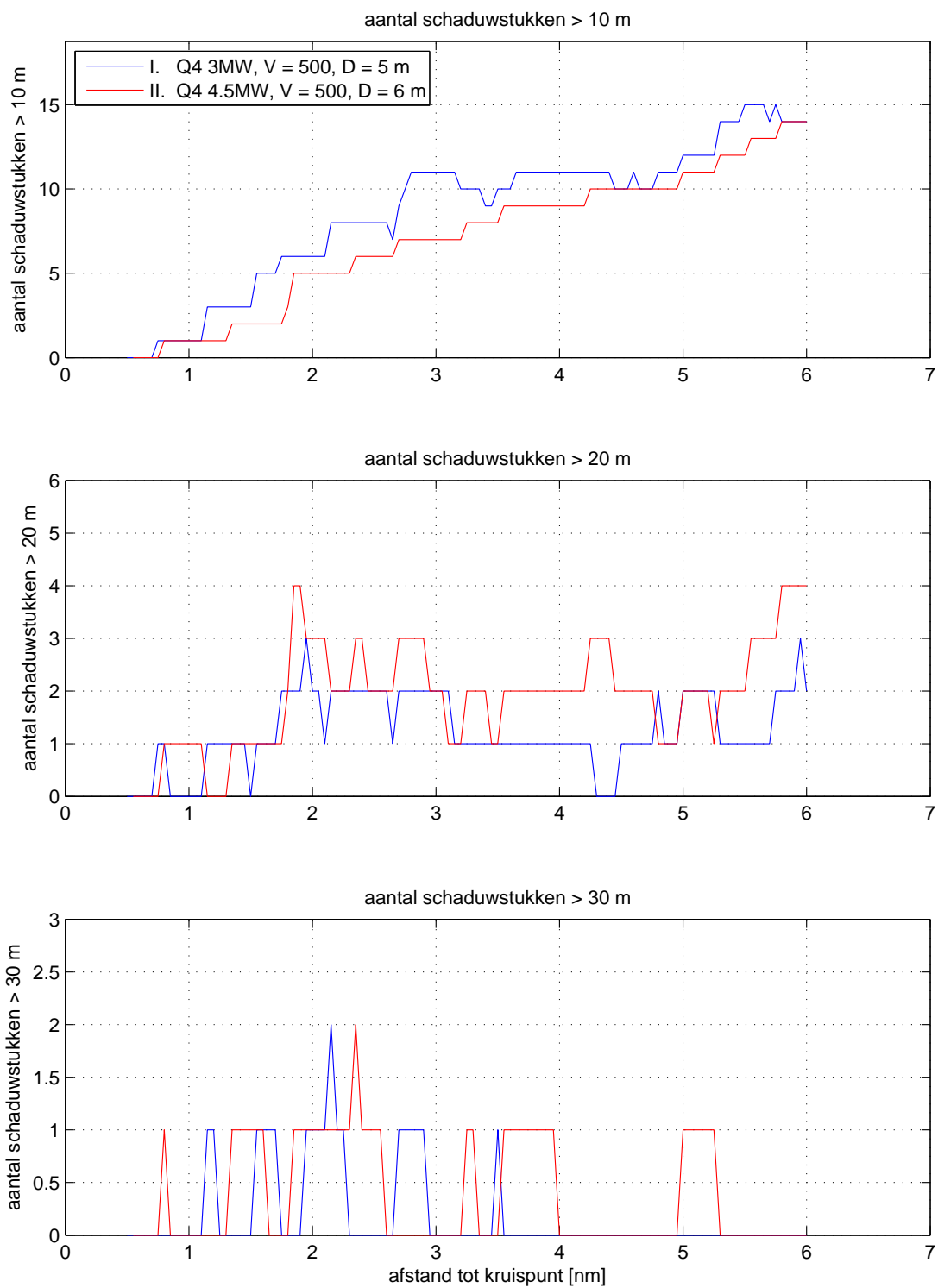
Figuur 4-9 Niet-routegebonden verkeer kruisend voor de 3 MW variant

Maximale Zichtstukken

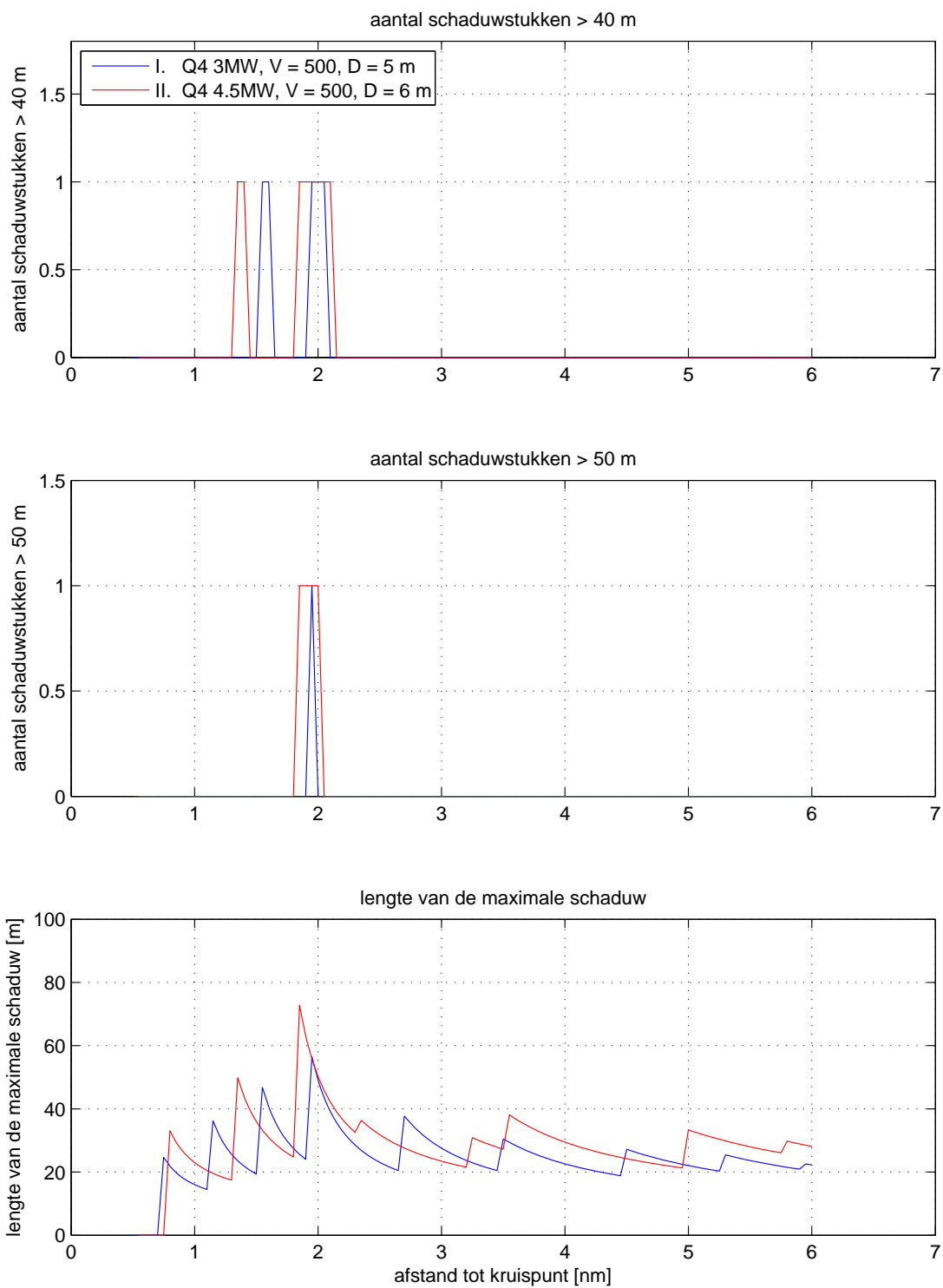
II. Q4 4.5MW, V = 500, D = 6 m



Figuur 4-10 Niet-routegebonden verkeer kruisend ten zuiden van de 4.5 MW variant



Figuur 4-11 Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en 30m voor niet-routegebonden kruisend verkeer



Figuur 4-12 Aantallen schaduwstukken >40m, >50m en maximale lengte van een schaduwstuk voor niet-routegebonden kruisend verkeer

4.8.2 Extra aanvaringen door zichtbelemmering

In Figuur 4-4 is de verkeersafwikkeling voor de locatie Q4 gegeven.

De meest kritische situatie zal zich voordoen aan de noordoostkant van het windpark. In de figuren zijn de verkeersstromen voor het routegebonden verkeer getekend, maar een moeilijke ontmoetingssituatie kan zich ook voordoen tussen een routegebonden schip (koopvaardij) en een niet-routegebonden schip (meestal visser) of tussen twee niet-routegebonden schepen. Voor een niet-routegebonden schip is de zichtkwesitie wel hetzelfde, maar een visser heeft veel minder ruimte nodig om een aanvaring te voorkomen. De verplichte 500 m afstand is ruim voldoende voor een noodmanoeuvre, welke natuurlijk zoveel mogelijk voorkomen moet worden.

In Tabel 4-10 is de extra kans op een aanvaring door de belemmering van het zicht bepaald op basis van berekeningen en een aantal aannames. In het linkerdeel staat het resultaat van de modelberekening zonder de zichtbeperking door het windpark mee te nemen. De tabel geeft dat er 0.0423 aanvaringen tussen kruisend verkeer per jaar verwacht worden ofwel een aanvaring eens in de 24 jaar. De "overtaking" en "head-on" aanvaringen zijn hier buiten beschouwing gelaten omdat voor dit type aanvaring geen extra risico door het park optreedt. De tabel geeft ook aan tussen welke scheepstypen deze aanvaring verwacht wordt. Voor de niet-routegebonden vaart is aangenomen dat de dichtheid rondom het park twee keer zo groot wordt omdat deze schepen dicht langs het park zullen varen.

In het rechterdeel van de tabel wordt het extra aantal aanvaringen als volgt geschat. Alleen de ontmoetingen tussen kruisende schepen waarbij het windpark zich tussen de schepen bevindt zijn extra gevaarlijk. Dit percentage is voor iedere gridcel geschat, zie Tabel 4-10 in de kolom "fractie moeilijk door windpark". Aan de zuidkant en westkant van het windpark Q4 is er geen probleem omdat er steeds een open hoek, met kruisend verkeer aanwezig is. Alleen aan de noordwestkant zijn er ontmoetingen tussen de oost gaande verkeersstroom naar Den Helder en de noord gaande verkeersstroom naar het Texel-stelsel, waarbij het windpark in de zichthoek staat. Er is een verhoogd risico in dit gebied bij 50% van de kruisende ontmoetingen.

Aangenomen wordt dat 10% dicht langs het park vaart en in moeilijkheden kan komen. Voor de niet-routegebonden schepen wordt aangenomen dat er meer schepen (20%) vlak langs het park varen omdat het windpark voor deze schepen meer een obstakel vormt.

Er wordt een factor toegepast om de extra ongevalsgevoeligheid, gegeven een moeilijke ontmoeting, mee te nemen. Deze factor is 3 voor een ontmoeting tussen twee routegebonden schepen, 2.25 voor een ontmoeting tussen een routegebonden schip en een niet-routegebonden schip en 1.5 voor een ontmoeting tussen twee niet-routegebonden schepen. Feitelijk zou deze factor moeten variëren met de inrichtingsvariant, maar gezien de resultaten van 4.8.1 is het verschil tussen de inrichtingsvarianten minimaal.

Type aanvaring	zonder extra factor voor moeilijk kruisend verkeer				toegepaste factoren			extra aantal aanvaringen door windpark eens in de .. jaar
	R-schepen	N-schepen	aantal aanvaringen per jaar	aanvaringen eens in de .. Jaar	fractie moeilijk door windpark	fractie met kleine afstand	extra factor voor kans op aanvaring gegeven een ontmoeting	
Tussen twee routegebonden schepen	0.0208	0	0.0104	96	50%	10%	3	64164
Een routegebonden schip met een niet-routegebonden schip	0.0152	0.0152	0.0152	66	25%	20%	2.25	1051
Tussen twee niet-routegebonden schepen	0	0.0333	0.0167	60	25%	20%	1.5	2402
Totaal			0.0423	24				723

Tabel 4-10 *Risico en extra risico voor kruisend verkeer*

Conclusie

De schatting resulteert in een extra aanvaring door het windpark eens in de 723 jaar. De betrouwbaarheid van dit resultaat is niet groot omdat de gebruikte factoren en aannames arbitrair zijn, maar het toont wel aan dat de extra kans op een aanvaring klein is.

5 MAATREGELEN

5.1 Gebruik van AIS

Sinds 1 januari 2005 hebben alle schepen boven 300 GT (ongeveer 55 m) een AIS-transponder (Automatic Identification System), die de positie van het schip continu uitzendt. In de buurt varende schepen kunnen deze signalen ontvangen en hiermee is de positie, koers en snelheid van het andere schip bekend.

AIS, mits geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug, biedt dan ook extra mogelijkheden om het kruisende schip vroegtijdig te zien. Te meer daar AIS niet verstoord wordt door het windpark. De verwachting is dat AIS, vooral wanneer AIS wordt geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug de veiligheid op zee zal bevorderen. De verwachting is dat daardoor de kans dat een schip tegen een windturbine aanvaart (rammen) zal afnemen met 20%. Deze reductie volgt uit het SAFESHIP-project en de harmonisatie van de aannamen ten behoeve van veiligheidsstudies voor windparken voor de Duitse autoriteiten.

Het is de verwachting dat in de toekomst steeds meer kleinere schepen, waaronder vissers, met een AIS-transponder gaan varen, waardoor het probleem van kruisende scheepvaart steeds minder groot wordt.

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.

5.2 Inzet van De Waker

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

Een derde mogelijkheid waardoor de storing niet tot een aandrijving leidt is wanneer de drifter vroegtijdig wordt opgevangen door een sleepboot. De Waker is een sleepboot van de overheid die naar een drifter wordt gestuurd zodra er een melding binnenkomt bij de Kustwacht. De Waker kan dus 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 Waker op het moment van de melding. De thuishaven van de Waker is Den Helder en bij windkracht vanaf 5 Beaufort ligt de Waker op wacht in het Texel verkeersscheidingsstelsel.

De plaats van De Waker bij het verkeersscheidingsstelsel is echter 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 Waker bij slecht weer kunnen veranderen. Om deze reden is De Waker niet in de standaardberekening opgenomen.

Om een inschatting te maken van het effect van de aanwezigheid van De Waker op de aanvaarfrequenties van het windpark, is een korte aanvullende berekening gemaakt waarbij de inzet van De Waker vanuit Den Helder (bij 0-4 Bft) of het verkeersscheidingsstelsel (vanaf 5 Bft) is meegenomen. De Waker reduceert alleen het

aantal aandrijvingen. In Tabel 5-1 zijn de aandrijffrequenties met en zonder De Waker naast elkaar gezet.

	aandrijffrequentie		Procentuele verandering als gevolg van de aanwezigheid waker
	Zonder de Waker	Met de Waker	
Q4_3MW	0.020860	0.010160	-51.30%
Q4_4.5MW	0.012850	0.006235	-51.48%

Tabel 5-1 Aandrijffrequenties voor het windpark met en zonder de inzet van De Waker.

De Waker reduceert het aantal aandrijvingen met ruim 51%. Deze 51% loopt op tot 70% voor een windpark vlak bij de positie van De Waker bij een windkracht vanaf 5 Beaufort.

Wanneer zeer veel windparken op de Noordzee gebouwd gaan worden zal de meest gunstige locatie voor De Waker waarschijnlijk opnieuw bepaald worden, waardoor de berekende reductie zou kunnen veranderen. Ook is het mogelijk dat meerdere ETV's (Emergency Towing Vessels) zullen worden ingezet.

5.3 Autonome ontwikkeling uitstroom van olie

Voor het bepalen van de kans op een uitstroom van olie is gebruik gemaakt van de schadematrix die is samengesteld uit het onderzoek uitgevoerd voor het Near Shore Windpark. Dit is een 'worst-case' benadering. Wanneer nu 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:

- De uitstroom van ladingolie en bunkerolie kan 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 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.
- Het gebruik van een monopaal zonder uitsteeksels (een aanvaringsvriendelijke monopaal) zal minder vaak tot een gat in de scheepshuid leiden dan een tripod of een monopaal 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 uitgefaseerd worden en worden 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 Norske 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 NSW-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 er ook berekeningen uitgevoerd waarbij is aangetoond dat er geen gat zal ontstaan in de ladingtank bij een dubbelwandig schip.

Conclusie

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.

5.4 Mitigerende maatregelen bij kruisend verkeer

Afstand vergroten

De meest effectieve maatregel is om de afstand van het passerende verkeer tot het windpark te vergroten. De wettelijke afstand is 500 meter. Het plaatsen van een boei op grotere afstand helpt niet, omdat de scheepvaart in de praktijk aan weerszijden van een boei passeert indien er niet werkelijk gevaar dreigt. Andere manieren om de afstand tot het passerende verkeer te vergroten zijn:

- het park kleiner maken;
- het instellen van "traffic lanes" (verkeersstelsels) bij het windpark.

De eerste maatregel helpt alleen wanneer het verkeer door de meest waarschijnlijke verkeersafwikkeling op basis van herkomst en bestemming dan verder van het windpark passeert, maar niet wanneer het verkeer met een kleiner wordend windpark mee schuift. Voor Q4 betekent dit dat de eerste optie beperkt helpt, omdat een deel van de verkeersstromen mee zal schuiven wanneer er turbines aan de buitenkant van het park worden weggehaald. Deze maatregel geldt ook minder voor niet-routegebonden schepen die vlak langs het park zullen blijven varen.

Voor de tweede optie zal niet zo gauw gekozen worden omdat men internationaal het aantal verplichte verkeersstelsels zo klein mogelijk wil houden. Er moet dus een goede reden zijn om ergens een stelsel in te voeren om het bij de IMO te kunnen verantwoorden. Het instellen van een verplicht stelsel nabij een windpark lijkt daarom geen reële optie.

6 CONCLUSIES

Tabel 6-1 is het meest illustratief voor de keuze van de variant. De variant met de 4.5 MW turbines is het meest gunstig. Om een zo hoog mogelijk rendement per oppervlakte eenheid te behalen is een inrichting met zoveel mogelijk 4.5 MW turbines het meest aantrekkelijk.

Bij de keuze van zoveel mogelijk 4.5 MW turbines in Q4 of een andere locatie moet de absolute veiligheid of de veiligheid per MWh voor Q4 vergeleken worden met die van andere locaties (met behulp van Tabel 6-2).

Inrichtingsvariant Q4	Oppervlakte [km ²]	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
				R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	
Q4_3MW	18.01	465200	40	0.004641	0.012317	0.018168	0.002692	0.037818
Q4_4.5MW	17.51	456000	24	0.002868	0.008011	0.011139	0.001706	0.023724

Tabel 6-1 *Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten*

Inrichtingsvariant Q4	Oppervlakte [km ²]	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per MWh		Aantal aandrijvingen (driften) per MWh		Totaal per MWh
				R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	
Q4_3MW	18.01	465200	40	9.98E-09	2.65E-08	3.91E-08	5.79E-09	8.13E-08
Q4_4.5MW	17.51	456000	24	6.29E-09	1.76E-08	2.44E-08	3.74E-09	5.20E-08

Tabel 6-2 *Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per MWh energieopbrengst voor de beschouwde inrichtingsvarianten*

De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein. Er wordt dan ook ruimschoots aan de criteria voor het extern risico, zowel het individueel als het groepsrisico, voldaan.

Voor bunkerolie en ladingolie samen is de kans op een uitstroom in de EEZ tegenomen met 0.21% voor de 3 MW variant.

De sleepboot De Waker kan een deel van de aandrijvingen voorkomen. Voor de huidige locatie op zee van De Waker nabij het Texel-verkeersscheidingsstelsel bij windkracht vanaf 5 Bft kan ruim 51% van het aantal aandrijvingen worden voorkomen.

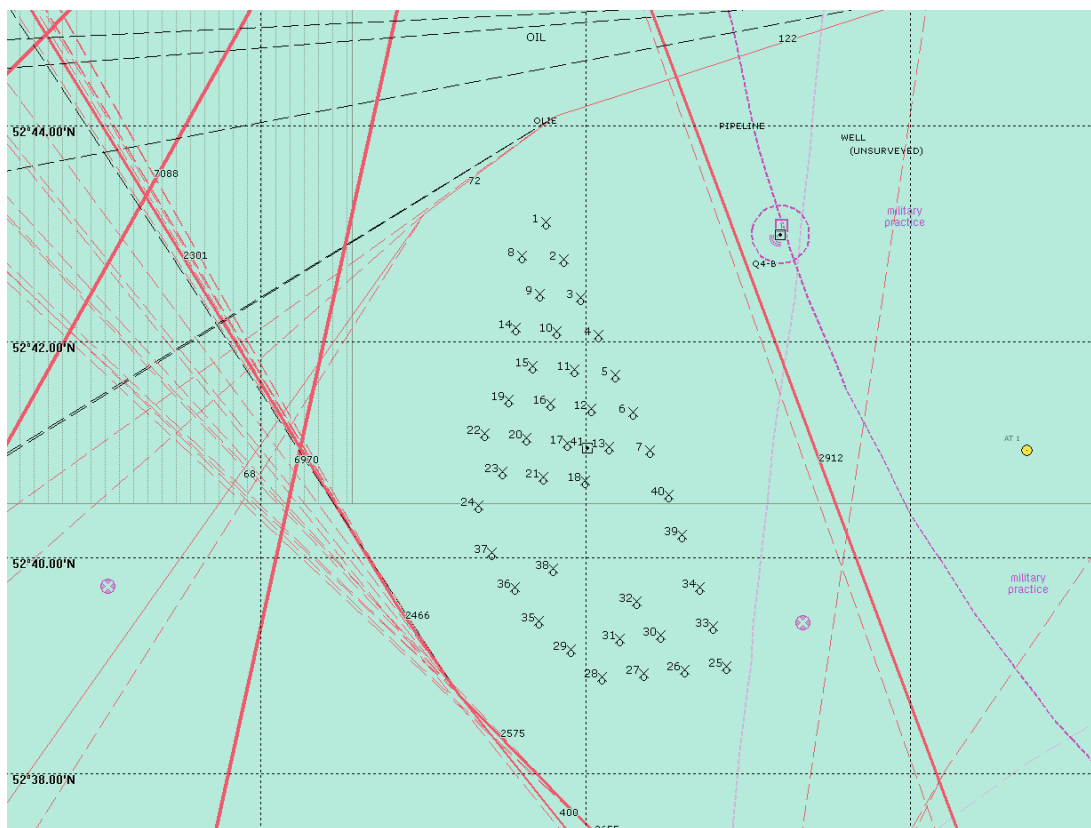
De gemodelleerde uitstroom van olie is een worst case benadering. Doordat het percentage tankers met een dubbele huid toeneemt, zal de kans op een uitstroom van olie na een aandrijving met een windturbine afnemen.

REFERENTIES

- [1] C. van der Tak, J.H. de Jong
Safety Management Assessment Ranking Tool (SMART)
8th International Symposium on Vessel Traffic Services 1996
- [2] W.E. Walker, M. Pöyhönen, C. van der Tak, J.H. de Jong
POLSSS - Policy for Sea Shipping Safety, Executive Summary
RAND Europe and MARIN, December 1998
- [3] J. Barentse
Nadere toelichting: Gevolgen van aanvaringen door de windturbine-installatie
Jacobs Comprimo Nederland, juli 2000
- [4] C. van der Tak
Effecten van ruimteclaims in de Noordzee op de scheepvaart
MARIN, nr 16498.620/2, november 2001
- [5] Y. Koldenhof, C. van der Tak
Risico vervoer (milieu)gevaarlijke stoffen op zee
MARIN, juli 2004
- [6] Kamerstuk 24611; vergaderjaar 1995-1996
Risico-normering vervoer gevaarlijke stoffen

APPENDIX A1:

Resultaten windpark Q4, variant Q4_3MW, 40 windturbines van 3 MW inclusief High Voltage Station



Figuur A1-1 Windpark Q4, variant Q4_3MW, 40 windturbines van 3 MW inclusief High Voltage Station



Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
001.Q4_3MW	5243.1	414.4	0.000257	0.000303	0.000538	0.000064	0.001162	860
002.Q4_3MW	5242.7	414.6	0.000199	0.000360	0.000507	0.000066	0.001132	883
003.Q4_3MW	5242.4	414.9	0.000154	0.000406	0.000478	0.000067	0.001105	905
004.Q4_3MW	5242.0	415.2	0.000118	0.000464	0.000451	0.000069	0.001103	906
005.Q4_3MW	5241.7	415.5	0.000095	0.000485	0.000429	0.000071	0.001080	926
006.Q4_3MW	5241.3	415.7	0.000084	0.000507	0.000409	0.000071	0.001072	933
007.Q4_3MW	5241.0	416.0	0.000080	0.000516	0.000394	0.000072	0.001062	941
008.Q4_3MW	5242.8	414.0	0.000287	0.000242	0.000546	0.000062	0.001138	879
009.Q4_3MW	5242.4	414.3	0.000139	0.000152	0.000505	0.000061	0.000857	1167
010.Q4_3MW	5242.1	414.6	0.000091	0.000128	0.000477	0.000061	0.000758	1320
011.Q4_3MW	5241.7	414.8	0.000072	0.000145	0.000452	0.000061	0.000731	1368
012.Q4_3MW	5241.4	415.1	0.000058	0.000164	0.000431	0.000063	0.000716	1397
013.Q4_3MW	5241.0	415.4	0.000047	0.000177	0.000410	0.000063	0.000697	1435
014.Q4_3MW	5242.1	413.9	0.000210	0.000210	0.000520	0.000061	0.001001	999
015.Q4_3MW	5241.8	414.2	0.000108	0.000133	0.000486	0.000060	0.000787	1271
016.Q4_3MW	5241.4	414.5	0.000061	0.000077	0.000455	0.000058	0.000651	1535
017.Q4_3MW	5241.1	414.7	0.000042	0.000057	0.000434	0.000058	0.000590	1694
018.Q4_3MW	5240.7	415.0	0.000035	0.000062	0.000415	0.000058	0.000571	1753
019.Q4_3MW	5241.4	413.8	0.000165	0.000208	0.000506	0.000060	0.000939	1064
020.Q4_3MW	5241.1	414.1	0.000089	0.000119	0.000472	0.000058	0.000738	1355
021.Q4_3MW	5240.7	414.3	0.000055	0.000072	0.000444	0.000057	0.000627	1596
022.Q4_3MW	5241.1	413.4	0.000281	0.000291	0.000530	0.000059	0.001161	861
023.Q4_3MW	5240.8	413.7	0.000149	0.000193	0.000495	0.000059	0.000896	1116
024.Q4_3MW	5240.5	413.3	0.000279	0.000291	0.000522	0.000059	0.001152	868
025.Q4_3MW	5239.0	417.2	0.000082	0.000528	0.000351	0.000074	0.001034	967
026.Q4_3MW	5238.9	416.5	0.000068	0.000523	0.000362	0.000072	0.001025	976
027.Q4_3MW	5238.9	415.9	0.000076	0.000506	0.000377	0.000071	0.001030	971
028.Q4_3MW	5238.9	415.2	0.000083	0.000496	0.000397	0.000068	0.001044	958
029.Q4_3MW	5239.1	414.8	0.000095	0.000447	0.000419	0.000066	0.001028	973
030.Q4_3MW	5239.3	416.1	0.000033	0.000195	0.000365	0.000066	0.000660	1515
031.Q4_3MW	5239.2	415.5	0.000036	0.000185	0.000382	0.000065	0.000668	1497
032.Q4_3MW	5239.6	415.8	0.000024	0.000088	0.000372	0.000062	0.000547	1830
033.Q4_3MW	5239.3	417.0	0.000077	0.000528	0.000357	0.000074	0.001036	966
034.Q4_3MW	5239.7	416.7	0.000075	0.000521	0.000361	0.000073	0.001030	971
035.Q4_3MW	5239.4	414.3	0.000140	0.000393	0.000446	0.000064	0.001043	959
036.Q4_3MW	5239.7	413.9	0.000176	0.000351	0.000472	0.000062	0.001062	942
037.Q4_3MW	5240.0	413.6	0.000237	0.000313	0.000501	0.000061	0.001112	899
038.Q4_3MW	5239.9	414.5	0.000059	0.000136	0.000430	0.000061	0.000686	1459
039.Q4_3MW	5240.2	416.5	0.000076	0.000526	0.000370	0.000073	0.001046	956
040.Q4_3MW	5240.6	416.3	0.000078	0.000518	0.000380	0.000072	0.001048	954
OHVS.Q4_3MW	5241.0	415.1	0.000074	0.000300	0.000518	0.000107	0.000998	1002
Totaal per jaar			0.004644	0.012318	0.018169	0.002690	0.037822	26
Dit is eens in ... jaar			215	81	55	372	26	

Tabel A1-1

Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant Q4_3MW

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
Routegebonden	0.004641	215	0.018168	55	0.022809	44
Niet-routegebonden	0.012317	81	0.002690	372	0.015007	67
Totaal	0.016958	59	0.020858	48	0.037816	26

Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant Q4_3 MW

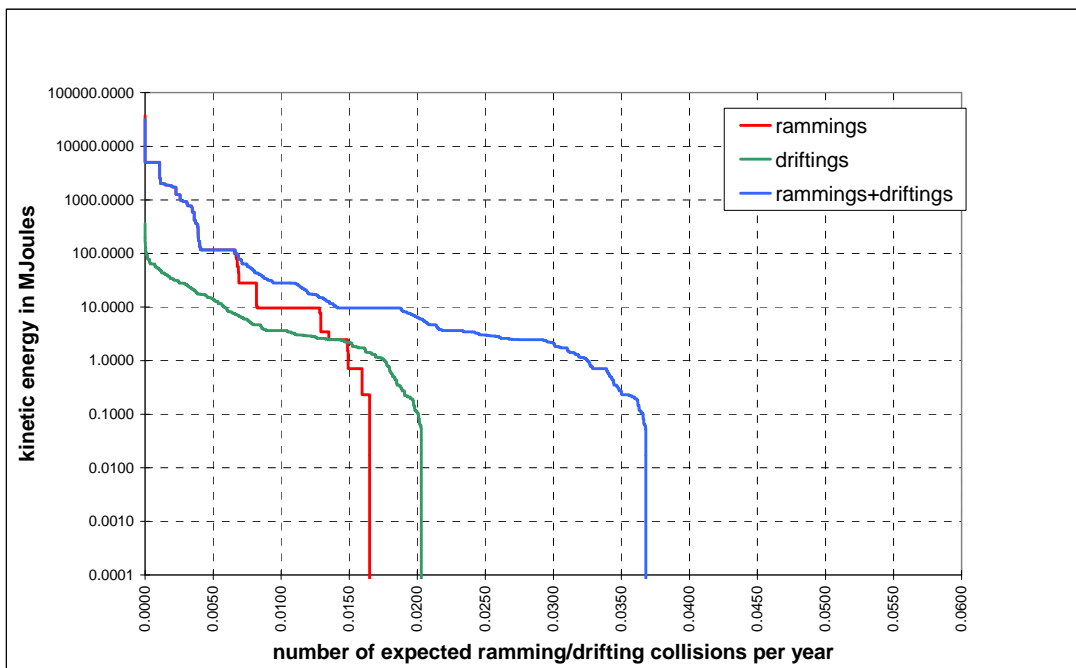
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ³	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000003	0.000622	0.000087	0.000712
Chemicaliën tanker	0.000004	0.001423	0.000134	0.001561
Gastanker	0.000001	0.000327	0.000016	0.000344
Container+ RoRo	0.000208	0.003971	0.001980	0.006159
Ferry	0.000018	0.000133	0.000168	0.000319
Overige R-schepen	0.000168	0.011047	0.002504	0.013719
N-schepen	0.000120	0.000037	0.014851	0.015008
Totaal	0.000523	0.017560	0.019739	0.037822

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

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	0.000869	0.000000	0.009038	0.003312	0.002653	0.003312	0.012560	0.015872	63
Scheef	0.000001	0.000135	0.000108	0.000084	0.009579	0.000037	0.009688	0.000256	0.009944	101
Omvallen	0.000418	0.000205	0.003709	0.001866	0.005278	0.000000	0.009405	0.002071	0.011476	87
GosMos ¹	0.000046	0.000022	0.000357	0.000098	0.000000	0.000000	0.000403	0.000120	0.000523	1911
Totaal	0.000464	0.001232	0.004174	0.011085	0.018169	0.002690	0.022808	0.015007	0.037815	26

Tabel A1-4 Schade aan het totale windpark

³ Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



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

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%	5.4%	5.4%	1.6%	7.0%	8.6%	1.6%	12.4%	14.0%
1-3	0.0%	3.8%	3.8%	15.8%	0.1%	15.9%	15.8%	3.9%	19.7%
3-5	0.0%	1.6%	1.6%	10.0%	0.0%	10.0%	10.0%	1.6%	11.5%
5-10	0.0%	12.4%	12.4%	5.2%	0.0%	5.2%	5.2%	12.4%	17.6%
10-15	0.0%	0.1%	0.1%	3.2%	0.0%	3.2%	3.2%	0.1%	3.4%
15-50	0.1%	3.4%	3.5%	9.5%	0.0%	9.5%	9.6%	3.4%	13.0%
50-100	0.5%	0.2%	0.7%	2.6%	0.0%	2.6%	3.1%	0.2%	3.3%
100-200	1.3%	5.8%	7.1%	0.2%	0.0%	0.2%	1.5%	5.8%	7.3%
>200	10.3%	0.0%	10.3%	0.0%	0.0%	0.0%	10.3%	0.0%	10.3%
Totaal	12.3%	32.6%	44.8%	48.0%	7.1%	55.2%	60.3%	39.7%	100.0%

Tabel A1-5 *Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines*

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Windpark variant Q4_3MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000018	55631	0.000
20-150	0.000395	2530	0.028
150-750	0.000413	2420	0.135
750-3000	0.000121	8266	0.179
3000-10000	0.000000	6997300	0.001
Totaal	0.000948	1055	0.343

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

Uitstroom van ladingolie in m ³	Windpark variant Q4_3MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000058	17325	0.030
750-3000	0.000014	71627	0.033
3000-10000	0.000026	38854	0.129
10000-30000	0.000001	1013423	0.015
30000-100000	0.000000	49555914	0.001
Totaal	0.000098	10160	0.208

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

Windpark variant Q4_3MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Verkeer 2004	0.000948	1055	0.343	0.000098	10160	0.208	956

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

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2004
Zeer hoog ecologisch risico	0.000020
Hoog ecologisch risico	0.000010
Gemiddeld ecologische risico	0.000007
Gering ecologisch risico	0.000029
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000040
Totaal	0.000106
Eens in de ... jaar	9473

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

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000001	0.000003	291971	0.75	0.000003	
Chemicaliën tanker	0.000001	0.000004	224215	0.68	0.000003	224215
Gastanker	0.000000	0.000001	1136364	0.75	0.000001	1136364
Container + RoRo	0.000022	0.000186	4812	2.08	0.000433	
Ferry	0.000002	0.000016	55463	25.81	0.000465	55463
Overige R-schepen	0.000020	0.000148	5945	0.80	0.000135	
N-schepen	0.000022	0.000098		0.00	0.000016	
Totaal	0.000068	0.000455	1911	2.02	0.001056	42790

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

nr	Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
1	Q4_3MW	40	120	0.0046	0.0123	0.0182	0.0027	0.0378	0.0010	0.0087
2	Q7-WP	60	120	0.0056	0.0098	0.0241	0.0039	0.0434	0.0014	0.0117
3	NSW	36	99	0.0011	0.0044	0.0082	0.0030	0.0167	0.0006	0.0056
4	Thetys	55	165	0.0097	0.0118	0.0208	0.0039	0.0461	0.0012	0.0075
5	Helmveld	240	720	0.0194	0.0221	0.1027	0.0098	0.1540	0.0057	0.0079

Tabel A1-11 *Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling*

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
Q4_3MW	40	120	0.0046	0.0123	0.0182	0.0027	0.0378	0.0010	0.0087
Q4_3MW + Q7-WP	100	240	0.0103	0.0221	0.0423	0.0066	0.0812	0.0024	0.0102
Q4_3MW + Q7-WP + NSW	136	339	0.0113	0.0265	0.0505	0.0095	0.0979	0.0030	0.0089
Q4_3MW + Q7-WP + NSW + Thetys	191	504	0.0210	0.0383	0.0713	0.0135	0.1441	0.0042	0.0084
Q4_3MW + Q7-WP + NSW + Thetys + Helmveld	431	1224	0.0404	0.0603	0.1740	0.0233	0.2980	0.0099	0.0081
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0330	0.0493	0.1422	0.0191	0.2435	0.0081	0.0081

Tabel A1-12 *Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling*

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar	Kans op uitstroom per 1000 MW eens in de ... jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
Q4_3MW	40	120	215.5	81.2	55.0	371.5	26.4	956.0	114.7
Q4_3MW + Q7-WP	100	240	97.3	45.3	23.6	152.4	12.3	408.2	98.0
Q4_3MW + Q7-WP + NSW	136	339	88.1	37.8	19.8	104.8	10.2	333.0	112.9
Q4_3MW + Q7-WP + NSW + Thetys	191	504	47.6	26.1	14.0	74.1	6.9	236.0	118.9
Q4_3MW + Q7-WP + NSW + Thetys + Helmveld	431	1224	24.8	16.6	5.7	42.9	3.4	100.9	123.6
Gemiddeld per 1000 MW		1000	30.3	20.3	7.0	52.5	4.1	123.6	123.6

Tabel A1-13 *Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling*

nr	Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
1	Q4_3MW	40	120	0.0046	0.0123	0.0182	0.0027	0.0378	0.0010	0.0087
2	Q7-WP	60	120	0.0056	0.0098	0.0241	0.0039	0.0434	0.0014	0.0117
3	NSW	36	99	0.0011	0.0044	0.0082	0.0030	0.0167	0.0006	0.0056
4	Thetys	33	165	0.0058	0.0071	0.0125	0.0024	0.0277	0.0007	0.0045
5	Helmveld	144	720	0.0116	0.0132	0.0616	0.0059	0.0924	0.0034	0.0047

Tabel A1-14 *Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling*

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
Q4_3MW	40	120	0.0046	0.0123	0.0182	0.0027	0.0378	0.0010	0.0087
Q4_3MW + Q7-WP	100	240	0.0103	0.0221	0.0423	0.0066	0.0812	0.0024	0.0102
Q4_3MW + Q7-WP + NSW	136	339	0.0113	0.0265	0.0505	0.0095	0.0979	0.0030	0.0089
Q4_3MW + Q7-WP + NSW + Thetys	169	504	0.0171	0.0336	0.0630	0.0119	0.1256	0.0037	0.0074
Q4_3MW + Q7-WP + NSW + Thetys + Helmveld	313	1224	0.0288	0.0468	0.1246	0.0178	0.2180	0.0071	0.0058
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0235	0.0382	0.1018	0.0145	0.1781	0.0058	0.0058

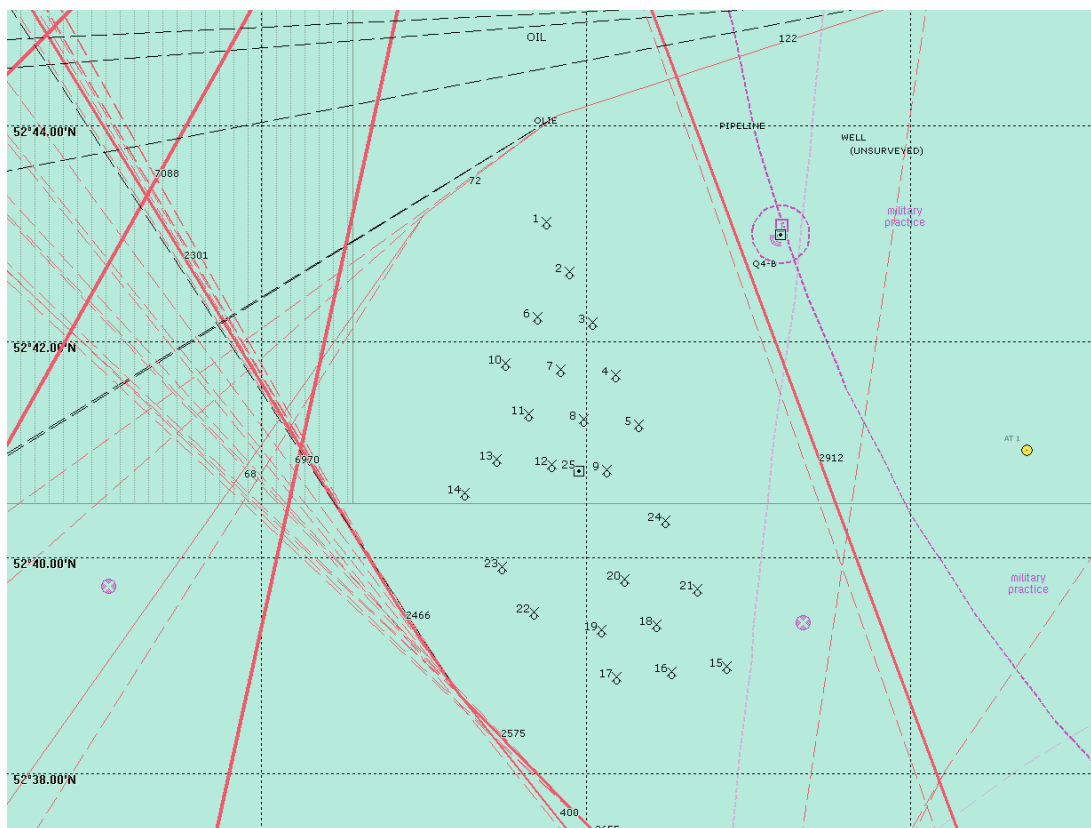
Tabel A1-15 *Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling*

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar	Kans op uitstroom per 1000 MW eens in de ... jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
Q4_3MW	40	120	215.5	81.2	55.0	371.5	26.4	956.0	114.7
Q4_3MW + Q7-WP	100	240	97.3	45.3	23.6	152.4	12.3	408.2	98.0
Q4_3MW + Q7-WP + NSW	136	339	88.1	37.8	19.8	104.8	10.2	333.0	112.9
Q4_3MW + Q7-WP + NSW + Thetys	169	504	58.4	29.8	15.9	84.0	8.0	267.1	134.6
Q4_3MW + Q7-WP + NSW + Thetys + Helmveld	313	1224	34.8	21.4	8.0	56.2	4.6	140.0	171.3
Gemiddeld per 1000 MW		1000	42.5	26.2	9.8	68.7	5.6	171.3	171.3

Tabel A1-16 *Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling*

APPENDIX A2:

Resultaten windpark Q4, variant Q4_4.5MW, 24 windturbines van 4.5 MW inclusief High Voltage Station



Figuur A2-1 Windpark Q4, variant Q4_4.5MW, 24 windturbines van 4.5 MW inclusief High Voltage Station



Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
001.Q4_4.5MW	5243.1	414.4	0.000265	0.000332	0.000543	0.000066	0.001206	829
002.Q4_4.5MW	5242.6	414.8	0.000185	0.000409	0.000501	0.000069	0.001164	859
003.Q4_4.5MW	5242.2	415.1	0.000131	0.000494	0.000464	0.000072	0.001161	861
004.Q4_4.5MW	5241.7	415.5	0.000098	0.000528	0.000433	0.000073	0.001133	883
005.Q4_4.5MW	5241.2	415.8	0.000085	0.000551	0.000407	0.000073	0.001116	896
006.Q4_4.5MW	5242.2	414.3	0.000149	0.000199	0.000507	0.000063	0.000917	1090
007.Q4_4.5MW	5241.7	414.6	0.000070	0.000106	0.000465	0.000062	0.000703	1423
008.Q4_4.5MW	5241.3	414.9	0.000052	0.000124	0.000436	0.000063	0.000676	1480
009.Q4_4.5MW	5240.8	415.3	0.000041	0.000146	0.000409	0.000064	0.000660	1515
010.Q4_4.5MW	5241.8	413.7	0.000254	0.000285	0.000529	0.000063	0.001131	884
011.Q4_4.5MW	5241.3	414.1	0.000097	0.000137	0.000480	0.000061	0.000774	1291
012.Q4_4.5MW	5240.8	414.5	0.000046	0.000057	0.000442	0.000059	0.000603	1658
013.Q4_4.5MW	5240.9	413.6	0.000164	0.000201	0.000508	0.000060	0.000933	1071
014.Q4_4.5MW	5240.6	413.1	0.000338	0.000298	0.000547	0.000061	0.001244	804
015.Q4_4.5MW	5239.0	417.2	0.000085	0.000573	0.000354	0.000076	0.001088	919
016.Q4_4.5MW	5238.9	416.3	0.000067	0.000558	0.000370	0.000073	0.001068	936
017.Q4_4.5MW	5238.9	415.5	0.000092	0.000542	0.000393	0.000072	0.001099	910
018.Q4_4.5MW	5239.3	416.1	0.000029	0.000160	0.000369	0.000067	0.000625	1599
019.Q4_4.5MW	5239.3	415.2	0.000047	0.000248	0.000399	0.000067	0.000760	1315
020.Q4_4.5MW	5239.8	415.6	0.000026	0.000086	0.000383	0.000063	0.000558	1792
021.Q4_4.5MW	5239.7	416.7	0.000073	0.000554	0.000363	0.000075	0.001065	939
022.Q4_4.5MW	5239.5	414.2	0.000145	0.000420	0.000458	0.000066	0.001088	919
023.Q4_4.5MW	5239.9	413.7	0.000212	0.000363	0.000493	0.000063	0.001131	884
024.Q4_4.5MW	5240.3	416.2	0.000062	0.000453	0.000379	0.000073	0.000966	1035
OHVS.Q4_4.5MW	5240.8	414.9	0.000063	0.000188	0.000515	0.000103	0.000868	1152
Totaal per jaar			0.002875	0.008011	0.011146	0.001704	0.023737	42
Dit is eens in .. jaar			348	125	90	587	42	

Tabel A2-1 **Locatie, aanvaar- en aandrijfkanalen per turbine voor variant Q4_4.5 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
Routegebonden	0.002868	349	0.011139	90	0.014007	71
Niet-routegebonden	0.008011	125	0.001704	587	0.009715	103
Totaal	0.010879	92	0.012843	78	0.023722	42

Tabel A2-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant Q4_4.5MW

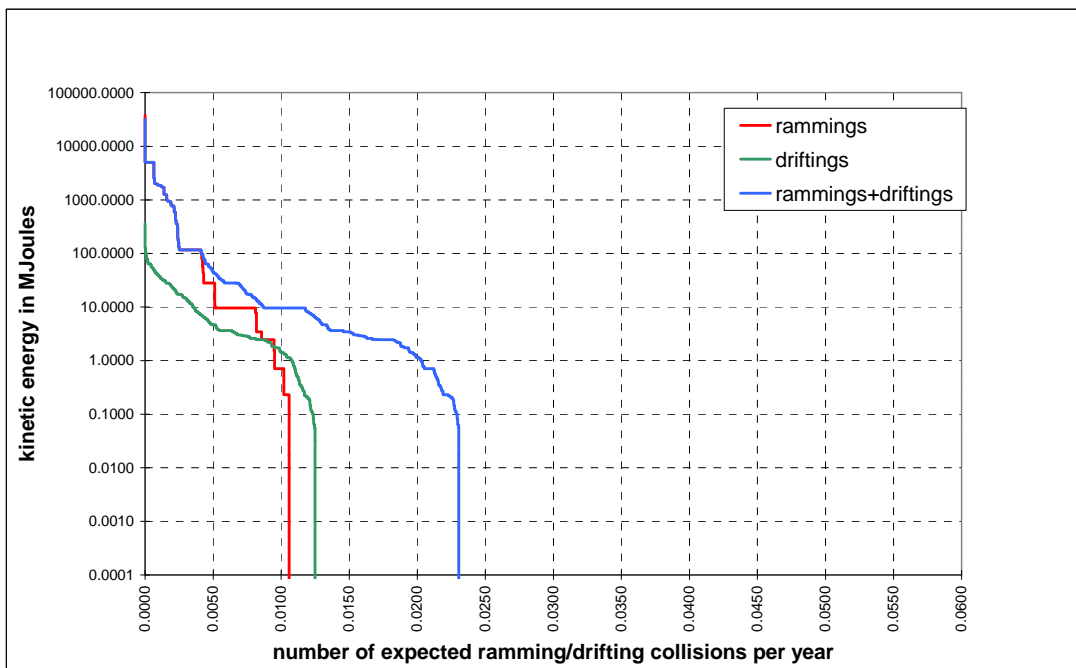
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ⁴	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000002	0.000381	0.000056	0.000439
Chemicaliën tanker	0.000003	0.000872	0.000084	0.000959
Gastanker	0.000000	0.000200	0.000008	0.000208
Container+ RoRo	0.000127	0.002422	0.001216	0.003765
Ferry	0.000011	0.000082	0.000104	0.000197
Overige R-schepen	0.000104	0.006781	0.001566	0.008451
N-schepen	0.000076	0.000023	0.009616	0.009715
Totaal	0.000324	0.010761	0.012649	0.023734

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

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	0.000572	0.000000	0.005918	0.002052	0.001681	0.002052	0.008171	0.010223	98
Scheef	0.000000	0.000086	0.000068	0.000053	0.005872	0.000023	0.005941	0.000162	0.006103	164
Omvalen	0.000259	0.000129	0.002296	0.001176	0.003223	0.000000	0.005778	0.001306	0.007084	141
GosMos ¹	0.000028	0.000014	0.000220	0.000062	0.000000	0.000000	0.000249	0.000076	0.000325	3079
Totaal	0.000288	0.000801	0.002585	0.007210	0.011147	0.001704	0.014019	0.009715	0.023734	42

Tabel A2-4 Schade aan het totale windpark

⁴ Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



Figuur A2-2 *Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)*

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%	5.8%	5.8%	1.6%	7.1%	8.6%	1.6%	12.8%	14.4%
1-3	0.0%	4.0%	4.0%	15.5%	0.1%	15.6%	15.5%	4.1%	19.6%
3-5	0.0%	1.6%	1.6%	9.8%	0.0%	9.8%	9.8%	1.6%	11.4%
5-10	0.0%	12.8%	12.8%	5.1%	0.0%	5.1%	5.1%	12.8%	17.9%
10-15	0.0%	0.1%	0.1%	3.1%	0.0%	3.1%	3.1%	0.1%	3.3%
15-50	0.1%	3.4%	3.6%	9.2%	0.0%	9.2%	9.3%	3.4%	12.8%
50-100	0.5%	0.2%	0.7%	2.5%	0.0%	2.5%	3.0%	0.2%	3.2%
100-200	1.3%	5.8%	7.1%	0.2%	0.0%	0.2%	1.5%	5.8%	7.3%
>200	10.1%	0.0%	10.1%	0.0%	0.0%	0.0%	10.1%	0.0%	10.1%
Totaal	12.1%	33.8%	45.9%	47.0%	7.2%	54.1%	59.0%	41.0%	100.0%

Tabel A2-5 *Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines*

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Windpark variant Q4_4.5MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000011	89679	0.000
20-150	0.000243	4111	0.017
150-750	0.000253	3954	0.083
750-3000	0.000074	13563	0.109
3000-10000	0.000000	11476972	0.000
Totaal	0.000581	1721	0.209

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

Uitstroom van ladingolie in m ³	Windpark variant Q4_4.5MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000035	28294	0.018
750-3000	0.000009	116268	0.021
3000-10000	0.000016	63329	0.079
10000-30000	0.000001	1662584	0.009
30000-100000	0.000000	81396680	0.000
Totaal	0.000060	16571	0.127

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

Windpark variant Q4_4.5MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Verkeer 2004	0.000581	1721	0.209	0.000060	16571	0.127	1559

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

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2004
Zeer hoog ecologisch risico	0.000012
Hoog ecologisch risico	0.000006
Gemiddeld ecologische risico	0.000004
Gering ecologisch risico	0.000018
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000024
Totaal	0.000065
Eens in de ... jaar	15454

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

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	0.000002	465116	0.91	0.000002	
Chemicaliën tanker	0.000001	0.000002	349040	0.70	0.000002	349040
Gastanker	0.000000	0.000000	2020202	0.81	0.000000	2020202
Container + RoRo	0.000013	0.000114	7862	2.70	0.000344	
Ferry	0.000001	0.000010	88771	34.08	0.000384	88771
Overige R-schepen	0.000013	0.000092	9574	1.03	0.000107	
N-schepen	0.000014	0.000062		0.00	0.000014	
Totaal	0.000042	0.000282	3083	2.63	0.000853	68376

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



nr	Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
1	Q4_4.5MW	24	108	0.0029	0.0080	0.0111	0.0017	0.0237	0.0006	0.0059
2	Q7-WP	60	120	0.0056	0.0098	0.0241	0.0039	0.0434	0.0014	0.0117
3	NSW	36	99	0.0011	0.0044	0.0082	0.0030	0.0167	0.0006	0.0056
4	Thetys	55	165	0.0097	0.0118	0.0208	0.0039	0.0461	0.0012	0.0075
5	Helmveld	240	720	0.0194	0.0221	0.1027	0.0098	0.1540	0.0057	0.0079

Tabel A2-11 *Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling*

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
Q4_4.5MW	24	108	0.0029	0.0080	0.0111	0.0017	0.0237	0.0006	0.0059
Q4_4.5MW + Q7-WP	84	228	0.0085	0.0178	0.0353	0.0056	0.0671	0.0020	0.0090
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW	120	327	0.0096	0.0222	0.0435	0.0086	0.0838	0.0026	0.0079
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW + Thetys	175	492	0.0192	0.0340	0.0643	0.0125	0.1300	0.0038	0.0078
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW + Thetys + Helmveld	415	1212	0.0386	0.0560	0.1670	0.0223	0.2840	0.0095	0.0078
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0319	0.0462	0.1378	0.0184	0.2343	0.0078	0.0078

Tabel A2-12 *Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling*

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar	Kans op uitstroom per 1000 MW eens in de ... jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
Q4_4.5MW	24	108	348.7	124.8	89.8	586.2	42.2	1560.1	168.5
Q4_4.5MW + Q7-WP	84	228	117.6	56.3	28.3	179.4	14.9	489.1	111.5
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW	120	327	104.5	45.1	23.0	116.9	11.9	384.9	125.8
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW + Thetys	175	492	52.0	29.4	15.6	80.0	7.7	260.9	128.4
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW + Thetys + Helmveld	415	1212	25.9	17.8	6.0	44.8	3.5	105.2	127.6
Gemiddeld per 1000 MW		1000	31.4	21.6	7.3	54.3	4.3	127.6	127.6

Tabel A2-13 *Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling*

nr	Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
1	Q4_4.5MW	24	108	0.0029	0.0080	0.0111	0.0017	0.0237	0.0006	0.0059
2	Q7-WP	60	120	0.0056	0.0098	0.0241	0.0039	0.0434	0.0014	0.0117
3	NSW	36	99	0.0011	0.0044	0.0082	0.0030	0.0167	0.0006	0.0056
4	Thetys	33	165	0.0058	0.0071	0.0125	0.0024	0.0277	0.0007	0.0045
5	Helmveld	144	720	0.0116	0.0132	0.0616	0.0059	0.0924	0.0034	0.0047

Tabel A2-14 *Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling*

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
Q4_4.5MW	24	108	0.0029	0.0080	0.0111	0.0017	0.0237	0.0006	0.0059
Q4_4.5MW + Q7-WP	84	228	0.0085	0.0178	0.0353	0.0056	0.0671	0.0020	0.0090
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW	120	327	0.0096	0.0222	0.0435	0.0086	0.0838	0.0026	0.0079
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW + Thetys	153	492	0.0154	0.0292	0.0560	0.0109	0.1115	0.0033	0.0068
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW + Thetys + Helmveld	297	1212	0.0270	0.0425	0.1176	0.0168	0.2039	0.0067	0.0056
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0223	0.0351	0.0970	0.0139	0.1682	0.0056	0.0056

Tabel A2-15 *Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling*

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar	Kans op uitstroom per 1000 MW eens in de ... jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
Q4_4.5MW	24	108	348.7	124.8	89.8	586.2	42.2	1560.1	168.5
Q4_4.5MW + Q7-WP	84	228	117.6	56.3	28.3	179.4	14.9	489.1	111.5
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW	120	327	104.5	45.1	23.0	116.9	11.9	384.9	125.8
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW + Thetys	153	492	65.1	34.2	17.9	91.6	9.0	299.5	147.3
Q4_4.5MW + Q7-WP + NSW + Thetys + Helmveld	297	1212	37.0	23.5	8.5	59.5	4.9	148.4	179.8
Gemiddeld per 1000 MW		1000	44.9	28.5	10.3	72.1	5.9	179.8	179.8

Tabel A2-16 *Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling*