

RISICO VOOR DE SCHEEPVAART BIJ AANWIJZING WINDGEBIED "HOLLANDSE KUST"

Eindrapport

Rapport nr. : 26455-2-MSCN-rev.4
Datum : 19 september 2013

Paraaf Management :

MARIN
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

T +31 317 47 99 11
F +31 317 49 32 45

E mscn@marin.nl
I www.marin.nl

RISICO VOOR DE SCHEEPVAART BIJ AANWIJZING WINDGEBIED "HOLLANDSE KUST"

Opdrachtgever : Rijkswaterstaat
Waterdienst
Postbus 7
8200 AA LELYSTAD

Revisienr.	Status	Datum	Auteur	Voor gezien
0	Concept	2 november 2012	C. van der Tak	W.H. van Iperen
1	Eind	28 november 2012	C. van der Tak	W.H. van Iperen
2	Eind	10 december 2012	C. van der Tak	W.H. van Iperen
3	Eind (gewijzigde minimum variant)	15 augustus 2013	C. van der Tak	W.H. van Iperen
4	Eind	19 september 2013	C. van der Tak	W.H. van Iperen

INHOUDSOPGAVE

Pag.

LIJST MET GEBRUIKTE AFKORINGEN 5

1 SUMMARY IN ENGLISH 6
1.1 Introduction 6
1.2 Objective 6
1.3 Approach 6
1.4 Modelling 7
1.4.1 Wind turbines 7
1.4.2 Traffic database 7
1.5 Results of the QRA 10
1.5.1 Impact of HK on the risk for ships outside the wind farm area 10
1.5.2 Risk of a contact against a wind turbine of HK 10
1.5.3 Risk of an oil spill 11
1.6 Risk reducing measures 12
1.7 Conclusions and assumptions 12

2 INLEIDING 14

3 DOELSTELLING 16

4 AANPAK 17

5 MODELLERING 19
5.1 Invullen van gebieden met windturbines 19
5.2 Verkeersafwikkeling van de scheepvaart 23
5.3 Verkeersafwikkeling van de scheepvaart voor 2020 26

6 RESULTATEN 29
6.1 Het resultaat van de QRA 29
6.2 Extra risico voor de scheepvaart door contact met een windturbine 33
6.3 Milieuschade 50
6.4 Conclusies 52

7 RISICO REDUCERENDE MAATREGELEN 54

8 CONCLUSIES, UITGANGSPUNTEN EN SLOTOPMERKINGEN 55

REFERENTIES 60

BIJLAGE A BESCHRIJVING SAMSON-MODEL

OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN

Tabellen:

Table 1-1 Probability of a ramming or drifting with a wind turbine for HK, scaled to 3000 MW 10
Table 1-2 Risk factor for transition from minimum to maximum variant and from traffic in 2008 to traffic in 2020....10
Table 1-3 Probability of an outflow of oil due to a drifting against one of the wind turbines for 3000 MW installed 11
Table 1-4 Factor for frequency of outflow from the minimum to the maximum variant and from traffic in 2008 to traffic in 2020 11

Tabel 6-1 QRA voor minimum- en maximumvariant voor HK voor verkeer van 2008 31
Tabel 6-2 QRA voor minimum- en maximumvariant voor HK voor verkeer van 2020 32
Tabel 6-3 Kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine per jaar voor de minimumvariant van HK en het jaar 2008 34
Tabel 6-4 Kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine per jaar voor de maximumvariant van HK en het jaar 2008 34
Tabel 6-5 Kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine per jaar voorde minimumvariant HK en het jaar 2020 35
Tabel 6-6 Kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine per jaar voor de maximumvariant en het jaar 2020 35
Tabel 6-7 Kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine per jaar in HK, teruggerekend naar 3000 MW 36
Tabel 6-8 Verandering van kans bij overgang van variant of jaar teruggerekend naar 3000 MW 36
Tabel 6-9 Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie per jaar als gevolg van een aandrijving tegen een windturbine van HK in 2008 50
Tabel 6-10 Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie per jaar als gevolg van een aandrijving tegen een windturbine van HK in 2008 51
Tabel 6-11 Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie per jaar als gevolg van een aandrijving tegen een windturbine voor HK in 2020 51
Tabel 6-12 Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie per jaar als gevolg van een aandrijving tegen een windturbine voor HK in 2020 51
Tabel 6-13 Frequentie van een uitstroom van olie als gevolg van een aandrijving tegen een windturbine voor alle varianten 52
Tabel 6-14 Verandering van kans bij overgang van variant of jaar 52
Tabel 8-1 Aantal incidenten per jaar buiten en binnen het windgebied in 2008 55
Tabel 8-2 Aantal incidenten per jaarbuiten en binnen het windgebied in 2020 56
Tabel 8-3 Verandering aantal incidenten per jaar van 2008 naar 2020 56

Figuren:

Figure 1-1 Traffic database for the minimum variant of HK in 2020 9
Figure 1-2 Traffic database for the maximum variant of HK in 2020 9

Figuur 5-1 Afstand x en y tussen de windturbines in twee hoofdrichtingen....19
Figuur 5-2 Geplaatste windturbines van HK met de kabels (rood) waarvoor windturbines zijn verwijderd 20
Figuur 5-3 De minimumvariant van HK met windturbines en de kabels waardoor windturbines zijn verwijderd 22

Figuur 5-4 De maximumvariant van HK met windturbines en de kabels waardoor windturbines zijn verwijderd 22
Figuur 5-5 T0-situatie: Verkeersafwikkeling vanaf augustus 2013 op basis van scheepsbewegingen in 2008. De oranje gebieden zijn de vergunde windparken 23
Figuur 5-6 Verkeersafwikkeling (niveau 2008) bij het windgebied HK voordat er windturbines geplaatst zullen worden 24
Figuur 5-7 Verkeersafwikkeling (niveau 2008) bij het windgebied HK wanneer dit volgebouwd is met windturbines 24
Figuur 5-8 Plot van AIS posities van supply schepen gedurende een korte periode in 2011 25
Figuur 5-9 Verkeersafwikkeling (niveau 2020) bij de minimumvariant van windgebied HK 26
Figuur 5-10 Verkeersafwikkeling (niveau 2020) bij de maximumvariant van windgebied HK 27
Figuur 5-11 Verkeersafwikkeling (niveau 2020) door het nieuwe verkeersscheidingsstelsel bij IJmuiden en de minimumvariant van windgebied HK 28
Figuur 6-1 Gebied waarvoor het risico van de scheepvaart op zee is bepaald 29
Figuur 6-2 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor alle schepen (R+N) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008 38
Figuur 6-3 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor routegebonden schepen (R) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008 39
Figuur 6-4 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor niet-routegebonden schepen (N) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008 40
Figuur 6-5 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor alle schepen (R+N) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008 41
Figuur 6-6 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor routegebonden schepen (R) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008 42
Figuur 6-7 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor niet-routegebonden schepen (N) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008 43
Figuur 6-8 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor alle schepen (R+N) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020 44
Figuur 6-9 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor routegebonden schepen (R) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020 45
Figuur 6-10 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor niet-routegebonden schepen (N) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020 46
Figuur 6-11 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor alle schepen (R+N) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020 47
Figuur 6-12 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor routegebonden schepen (R) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020 48
Figuur 6-13 Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor niet-routegebonden schepen (N) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020 49

LIJST MET GEBRUIKTE AFKORINGEN

AIS	Automatic Identification System
GT	Gross Tonnage
IMO	International Maritime Organization
MW	Mega Watt
N-schepen	Niet-routegebonden schepen
QRA	Quantitative Risk Assessment
R-schepen	Routegebonden schepen
SAMSON	Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea
TSS	Traffic Separation Scheme (scheidingsstelsel)
VSS	(=TSS) Verkeersscheidingsstelsel
Windgebied	gebied bedoeld voor de bouw van windparken

km	kilometer
kton	kiloton
m	meter
nm	nautische mijl
kabel	0,1 nautische mijl

1 SUMMARY IN ENGLISH

1.1 Introduction

The Dutch government intends to allocate the areas “Hollandse Kust” (HK) and “Ten Noorden van de Waddeneilanden” (TNW) for wind farms. The process to achieve this allocation is described in the “Notitie Reikwijdte en Detailniveau” (NRD) [1] of the Ministry of Infrastructure and the Environment. Part of the process is the quantitative risk assessment (QRA) for shipping when these areas are filled with wind turbines. This report is the QRA for wind area HK.
The base for the calculations (T0) is the situation with the two existing wind farms OWEZ and Princess Amalia where the ship movements of 2008 are routed through the new route structure that came into force at August 1, 2013. To gain insight into the change of the risk in the future, a forecast is made for 2020.

1.2 Objective

The objective of the study is to quantify the change in safety when the area HK is filled with wind turbines.

1.3 Approach

The impacts for shipping are quantified with the SAMSON-model that has been developed, extended, validated and improved continuously during the last 25 years in studies performed for the Dutch Maritime Safety Authority, European projects and commercial projects. A brief description of the model is given in Appendix A.

The following effects can be quantified with the SAMSON-model:

- Expected number of accidents per year, divided over type of accident, ship types and sizes;
- Extra miles that have to be travelled as a result of a certain development and the costs involved;
- Emitted environmental dangerous goods, e.g. exhaust;
- Consequences of the accidents such as the outflow of oil or personal injuries.

For quantifying the risk, the model requires the following input:

- Description of the geographical area;
- A traffic database describing all traffic flows;
- Current;
- Wind compass.

The impact of an offshore wind farm is quantified by comparing the risk for the case with the wind farm with the risk for the base case without the wind farm.

An offshore wind farm introduces an additional type of risk, being the risk that a wind turbine is struck by a ship. Two types of collision risk are distinguished, namely:

- A ***ramming*** contact that takes place when a ship is on a collision course with a wind turbine and a navigational error occurs. A navigational error can have various causes, such as lack of information, not being able to see the wind farm, not being present on the bridge, getting unwell and not being able to act, making

an error etc. A ramming contact will take place at high speed: 90% of the service speed of a vessel.

- A ***drifting*** contact occurs when a ship in the vicinity of a wind turbine experiences a failure in the propulsion engine or in the steering equipment. Since the ship slowly becomes uncontrollable as it loses speed, the combined effect of wind, waves and current may carry the ship towards the wind turbine. If dropping an anchor does not help or is not practical and the repair time exceeds the available time, the ship may collide against a turbine. This generally happens at a low speed.

The probability of a contact with a wind turbine depends on where the traffic flows are located with respect to the wind farms. In order to quantify this ramming and drifting risk, the offshore wind farm areas have to be filled with wind turbines with a real geographical position.

1.4 Modelling

1.4.1 Wind turbines

For the calculation of the ramming and drifting risk it is necessary to define the actual positions of wind turbines, instead of only defining an area. For this reason, the area HK is filled up with wind turbines. Because it is very time consuming to develop the optimal configuration of wind turbines, a more pragmatic approach is followed. The approach, already explained and used in [2], contains the following steps:

1. 5 MW wind turbines are placed in the whole North Sea according to a close packing of spheres with a distance of 960m (8 times the rotor diameter);
2. Only the wind turbines within the designated areas are collected;
3. Wind turbines closer than 500 m to a cable are removed;
4. Wind turbines along the borders of the area within 500 m of a cable are not removed, to avoid that ships will enter, or better, are allowed to enter, the wind farm;
5. It is assumed that the required 100m distance to a pipeline will not be a real restriction and this requirement can be fulfilled in the final design.

Two variants are considered, namely:

1. The **minimum variant** for which the distance between the borders of the shipping routes and the outer wind turbines is at least 2 nm, and a 5 nm safety zone for helicopter approach to manned platforms is fully maintained;
2. The **maximum variant** for which the distance between the borders of the shipping routes is reduced to 500 m and this distance is also kept to the offshore platforms. This is a more theoretical variant and will be changed later where necessary.

1.4.2 Traffic database

Some parties have objected to the permits granted for the construction of wind farms on certain locations. These wind farms have not been built to date. In the context of elongation of the permits, a process was started to obtain more support. The process with port authorities and the wind sector has led to a new route structure for shipping on the North Sea. This new structure is in force since August 1, 2013. Therefore, this route structure is considered as base for the QRA.

A traffic database has been constructed by assigning the shipping movements of 2008 to this route structure. This database is used for the minimum variant. A second

database has been constructed for the maximum variant. This was necessary because some traffic flows from IJmuiden to the NE coast of the UK were blocked by the maximum variant.
Next, a traffic database was constructed for 2020 by extrapolating the growth in the Antwerp-Hamburg range from 2000 to 2008. The average growth in the Antwerp-Hamburg range showed a 0,5% growth in the number of ships and 3,9% growth in the size of a ship, but showed considerable differences between the ship types and sizes. These differences are accounted for in the traffic database for 2020. However, due to the crisis, it is expected that the traffic databases constructed for 2020 will be achieved not in 2020 but some years later.
On the other hand, the expected extra growth of shipping by the development of Maasvlakte 2 is not taken into account. In forecasts for Rotterdam, a growth is expected from 35000 ships now to 55000 in 2035, which means 1,9% growth per year. This growth, however, will not apply to the entire range and possibly causes negative growth in other ports. Rotterdam will operate more as feeder port. The total volume of transported cargo that goes north will be less affected, but the intensity of the routes will shift from routes directly from The Channel to the Baltic, to routes via Rotterdam. This change will also affect the safety among shipping. Estimates of the impact of this change are particularly hard to make as no further information is known about the growth per shiptype and shipsize, and of the origins and destinations of ships. This is therefore outside the scope of this study.

Everything considered, the prediction for shipping of 2020 seems to be good enough to provide insight into where the additional risk to shipping by HK wind area is going. Figure 1-1 shows the traffic database with the wind turbines of the minimum variant of HK for 2020 and Figure 1-2 shows the traffic database and the wind turbines for the maximum variant.

The database for non-route-bound traffic is not changed because the number of fishing vessels, being the largest part of the non-route-bound vessels, has been decreasing over the last years.



Figure 1-1 Traffic database for the minimum variant of HK in 2020

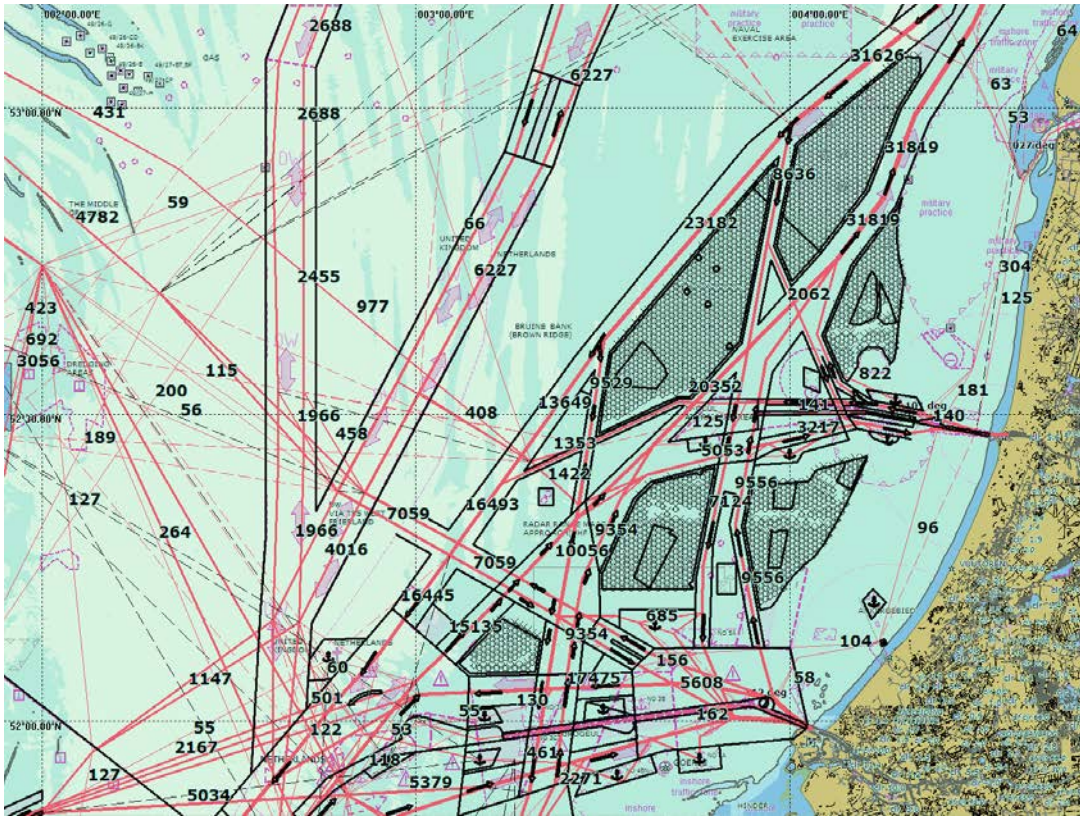


Figure 1-2 Traffic database for the maximum variant of HK in 2020

1.5 Results of the QRA

1.5.1 Impact of HK on the risk for ships outside the wind farm area

The impact of HK on the risk of shipping is determined by assessing the risk for the traffic databases with the minimum and maximum variant for 2008 and 2020. The minimum variant has no impact on the risk because the shipping routes do not change. The maximum variant causes a slight increase of the risk because some routes are changed leading to an average of 0,33 more ships at sea. This results in 1 extra collision in 83 years for the traffic of 2020.

1.5.2 Risk of a contact against a wind turbine of HK

An offshore wind farm introduces an additional type of risk, being the risk that a ship collides against a wind turbine. The collision risk has been calculated for 504 wind turbines in the minimum variant and 2233 wind turbines in the maximum variant. The results for the 10 wind turbines with the highest risk were compared. The summarized risk for the top 10 is 3,8 times higher for the maximum variant than for the minimum variant in 2008. The risk of the top 10 increases by changes in the traffic from 2008 to 2020, for the minimum variant the increase in risk is 10% and for the maximum variant the increase is 26%.
Furthermore, the risk is scaled to the case that 3000 MW will be installed in the area, thus 576 new 5 MW wind turbines, since 60 2 MW wind turbines are already present in wind farm Princess Amalia. This is based on the average risk of a wind turbine in the variant. The risk for 3000 MW installed power for all variants is given in Table 1-1. For comparison purposes, the results for the variants are divided upon each other in Table 1-2.

The main conclusions from these tables are mentioned in the final Section 1.7, among all other conclusions.

Table 1-1 ***Probability of a ramming or drifting with a wind turbine for HK, scaled to 3000 MW***

Variant for HK	Ramming		Drifting		Total	Incident once in .. years
	R-ships	N-ships	R-ships	N-ships		
Minimum variant 2008	0,005773	0,038379	0,219568	0,033786	0,297506	3,4
Maximum variant 2008	0,109463	0,022338	0,307906	0,026353	0,466060	2,1
Minimum variant 2020	0,008940	0,038379	0,243213	0,033786	0,324317	3,1
Maximum variant 2020	0,149951	0,022338	0,342594	0,026353	0,541236	1,8

Table 1-2 ***Risk factor for transition from minimum to maximum variant and from traffic in 2008 to traffic in 2020***

	Ramming		Drifting		Total
	R-ships	N-ships	R-ships	N-ships	
Maximum variant 2008/ Minimum variant 2008	18,96	0,58	1,40	0,78	1,57
Maximum variant 2020/ Minimum variant 2020	16,77	0,58	1,41	0,78	1,67
Minimum variant 2020/ Minimum variant 2008	1,55	1,00	1,11	1,00	1,09
Maximum variant 2020/ Maximum variant 2008	1,37	1,00	1,11	1,00	1,16

1.5.3 Risk of an oil spill

In case of a ramming collision against the wind turbine there will be (serious) damage to the bow of the ship, but no (serious) damage to the side of the ship, where the cargo tanks are located. The construction of the ship in front of the collision bulkhead is very rigid, and as a result the damage remains limited to the front of the ship. Thus, it will not cause cargo (oil) or fuel oil to flow out of the ship.

Environmental damage can be expected in case of a drifting collision, where the hull of the ship can be penetrated by some thickenings of the pile of the wind turbine. In the calculations it is assumed that the hull of each ship above 1000 GT (approximately 96% of routebound ships) is penetrated after a drifting contact with a wind turbine. This is a "worst case" approach because it is expected that the probability will be less. With this approach the probability of an outflow of cargo oil or bunker oil could be estimated. The results scaled to 3000 MW installed in HK are given in Table 1-3 and the transition factors in Table 1-4.

The main conclusions from these tables are mentioned in the final Section 1.7 with all conclusions.

Table 1-3 Probability of an outflow of oil due to a drifting against one of the wind turbines for 3000 MW installed

Variant	Bunker oil			Cargo oil			Total
	Frequency	Once in… years	Average outflow per year in m^3	Frequency	Once in… years	Average outflow per year in m^3	Once in… years
Minimum variant 2008	0,011833	85	7,045	0,001880	532	16,374	73
Maximum variant 2008	0,016824	59	10,338	0,001867	536	16,913	54
Minimum variant 2020	0,013681	73	10,141	0,002099	476	17,825	63
Maximum variant 2020	0,019550	51	14,879	0,002007	498	17,560	46

Table 1-4 Factor for frequency of outflow from the minimum to the maximum variant and from traffic in 2008 to traffic in 2020

Transition	Bunker oil		Cargo oil		Total frequency
	Frequency	Average outflow per year in m^3	Frequency	Average outflow per year in m^3	
Maximum variant 2008/ Minimum variant 2008	1,42	1,47	0,99	1,03	1,36
Maximum variant 2020/ Minimum variant 2020	1,43	1,47	0,96	0,99	1,37
Minimum variant 2020/ Minimum variant 2008	1,16	1,44	1,12	1,09	1,15
Maximum variant 2020/ Maximum variant 2008	1,16	1,44	1,07	1,04	1,15

1.6 Risk reducing measures

The calculations are performed without any risk reducing measures. The risk reducing measure that would be most effective, is the involvement of an emergency towing vessel (ETV). The probability of getting an engine failure is higher during severe weather conditions and also the drifting speed will be larger. For this reason, an ETV is often positioned at sea during wind conditions from 5 Beaufort, resulting in low response times.
An ETV in the vicinity of a concentration of wind farms can reduce the probability of a drifting contact considerably, by more than 50%. This percentage is based on experience from many other studies for wind farms on the North Sea that were carried out. The calculation of the effect of an ETV is outside the scope of this study.

1.7 Conclusions and assumptions

Conclusions
The conclusions with respect to the impact of HK on the risk for shipping are:

For risk outside the area HK

- The risk does not change for the minimum variant, because none of the route bound ships has to change her route.

- For the maximum variant an extra collision is expected once in the 83 years for the traffic of 2020.

For the collision risk of a wind turbine

- The sum of the collision risk for the top 10 wind turbines with the highest risk, is 3,8 times higher for the maximum variant than for the minimum variant in 2008 and 4,3 in 2020.

- The collision risk for the top 10 most risky wind turbines increases with 10% when the traffic changes from 2008 to 2020 for the minimum variant and with 26% for the maximum variant. The larger growth is due to the larger ships in 2020 with respect to the distance to the wind turbines.

- The probability of a contact with one of the 636 wind turbines (576x5MW + 60x2MW = 3000 MW) is 0,32 per year for the minimum variant and the traffic of 2020, which is once in 3,1 years (Table 1-1). Once in 63 years such a contact results in outflow of on average 1772 m^3 oil (Table 1-3).

- The probability of a contact with one of the 636 wind turbine (576x5MW + 60x2MW = 3000 MW) is 0,54 per year for the maximum variant and the traffic of 2020, which is once in the 1,8 years (see Table 1-1). Once in 46 years such a contact results in an outflow of oil of on average 1505 m^3 (Table 1-3). This is based on the average of 2233 wind turbines positioned in the area of the maximum variant of HK.

- Effect of the transition from the minimum variant to the maximum variant in 2020 (see Table 1-2):
    - The probability of a ramming against a wind turbine by a route-bound ship (R-ship) is 17 times as large;
    - The probability of a drifting against a wind turbine by a route-bound ship increases by 41%;
    - The probability of a ramming against a wind turbine by a non-route-bound ship (N-ship) decreases by 42% (transition factor 0,58 of (Table 1-2);
    - The probability of a drifting against a wind turbine by a non-route-bound ship decreases by 22%.

  The increase in risk for route-bound traffic is due to the fact that the distance between the edge of the route and the outer wind turbines decreases from 2 nm in the minimum variant to 500 m in the maximum variant. The decrease for the non-route-bound traffic is the sum of two effects. The risk for an individual ship moving along the border of a wind farm will not change. In the maximum variant there will be more non-route-bound traffic along the border because the traffic that operated inside the wind farm before, is moved to just outside. The collision risk of the ship to the inner wind turbines is much lower because the distance to the non-route-bound traffic is increased. Because there are much more inner wind turbines the average risk per wind turbine for non-route-bound traffic is less for the maximum variant.

- Effect of the traffic growth from 2008 to 2020 (see Table 1-2):
    - The probability of a ramming against a wind turbine increases by 55% for the minimum variant and by 37% for the maximum variant by the growth of the ship size;
    - The probability of a drifting collision against a wind turbine by a route-bound ship increases in both variants by 11%;
    - The probabilities for non-route bound ships do not change because the traffic database for these types of vessels is not changed.

Assumptions

Within the calculations it is assumed that the drifting ship is not stopped by a contact with a wind turbine, but continues drifting. Thus one drifter can count for more than one drifting contact with wind turbines.

An Emergency Towing Vessel (ETV) to recover drifting ships can deliver a reduction in the probability of drifting of more than 50% in case the ETV is located in the vicinity of the wind farm. The present calculations have been carried out without an ETV.

2 INLEIDING

Het kabinet is voornemens tot aanwijzing over te gaan van de windgebieden Hollandse Kust (HK) en Ten Noorden van de Wadden (TNW). In de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu [1] wordt inzicht gegeven in de wijze waarop het Rijk het onderzoek naar en de beoordeling van milieueffecten denkt uit te voeren. Een onderdeel van dit traject is het kwantificeren van de risico's voor de scheepvaart voor beide gebieden. Voor beide gebieden wordt een afzonderlijke risicoanalyse gemaakt. Het betreft immers gebieden met verschillende omvang en scheepvaartintensiteiten. In dit rapport wordt het effect van windgebied HK op het risico voor de scheepvaart gekwantificeerd in een QRA (Quantitative Risk Assessment) voor twee varianten.

Betekenis van varianten
In het kader van het PlanMER/Passende Beoordeling Proces voor de partiële herziening van het Nationaal Waterplan voor het aanwijzen van gebieden voor wind op zee zijn voor het zoekgebied de Hollandse Kust twee varianten ontwikkeld.
Uitgangspunt daarbij is geweest dat, vanwege alle onzekerheden over de toekomstige mogelijkheden voor het invullen van de beschikbare gebieden, in de PlanMER/PB de milieueffecten van de uitersten aan mogelijkheden in beeld moeten zijn gebracht. Dit om te voorkomen dat er in de toekomst binnen het zoekgebied opties voor gebieden aangegeven worden die niet op hun milieueffecten beoordeeld zijn.

Vanuit deze gedachtegang zijn de volgende varianten ontworpen: de minimumvariant en de maximumvariant. Voor een volledige beschrijving van de varianten wordt verwezen naar de ''Notitie Reikwijdte en Detailniveau ten behoeve van het planMER/PB voor de tussentijdse herziening van de structuurvisie Noordzee in het Nationaal Waterplan.''

Het hanteren van meerdere varianten voor het PlanMER/PB onderzoek, alsmede voor het risico-scheepvaartonderzoek, houdt op geen enkele wijze een voorkeur voor de ene of andere variant in. Hiervoor loopt juist een apart traject om te komen tot deze herziening van het Nationaal Waterplan met de volgende stappen: kennisgeving van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau, de inspraak hierop, het opstellen van een ontwerp-structuurvisie en PlanMER/PB die vervolgens weer ter inspraak worden gelegd. Het is wel de bedoeling om in de ontwerp-structuurvisie te werken met één, nog nader te bepalen, ruimtelijk voorkeursalternatief voor de Hollandse Kust (HK).

Voor het windgebied HK is het vertrekpunt de in het Nationaal Waterplan geformuleerde zoekopdracht om ruimte te vinden voor 3000 MW.
In beide varianten wordt echter – gegeven het beleidsmatige NWP-uitgangspunt van 6 MW per km^2 – een afwijkende hoeveelheid ruimte gevonden. In de berekeningen voor de risico's wordt wel uitgegaan van de volledige invulling van de beschikbare ruimte omdat in dit stadium niet aan te geven is welke gebieden in welke omvang benut zullen worden. Om in beeld te krijgen wat de benutting van de beschikbare ruimte met de opgedragen 3000 MW betekent, wordt op de uitkomst een correctiefactor toegepast waarmee het in de variant plaatsbare vermogen gecorrigeerd wordt naar 3000 MW.

Tot slot: conform de NWP-benadering wordt hier gewerkt met een 'bruto-benadering' bij het beoordelen van beschikbare ruimte: in de praktijk zal deze ruimte beperkt kunnen worden door b.v. het zogeffect van windparken op elkaar waardoor een grotere onderlinge ruimte tussen parken nodig kan zijn.

Het voorgaande komt dan neer op de hieronder vermelde varianten:

Minimumvariant
Deze betreft de beschikbare ruimte in het zoekgebied indien de maximaal wenselijke afstand tussen scheepvaartroutes en windparken van 2 nm overal wordt aangehouden en ook de veiligheidszone voor helikopterbenadering van bemande platforms van 5 nm overal volledig wordt aangehouden.

Maximumvariant
In de maximumvariant wordt uitgegaan van de volledige beschikbaarheid van de ruimte tussen scheepvaartroutes met uitzondering van de 500 m afstand tussen obstakels en scheepvaart en de volledige beschikbaarheid van de 5 nm veiligheidscirkel t.b.v. de obstakelvrije benadering van platforms door helikopters. Ook is er hierbij uitgegaan van de beschikbaarheid voor windparken van de separatiezone ten westen van de kop van Noord-Holland.

T0-situatie
De T0-situatie is de situatie met de twee gebouwde windparken OWEZ en Prinses Amalia waarbij de scheepsbewegingen van 2008 worden gerouteerd door de nieuwe routestructuur die op 1 augustus 2013 van kracht is geworden. De verkeersafwikkeling in de T0-situatie is gelijk aan de verkeersafwikkeling met windparken in de minimumvariant. Er is daarom geen verschil in ongevallen buiten het windpark voor de minimumvariant. Wel komen er voor de minimumvariant door de aanwezigheid van de windpark incidenten bij: de aanvaringen en aandrijvingen van windturbines.
Om inzicht te verkrijgen in de verandering van het risico naar de toekomst is ook een voorspelling gemaakt van het risico voor 2020.

Leeswijzer
Na de doelstelling in Hoofdstuk 3 wordt in Hoofdstuk 4 de algemene aanpak van de risicostudie beschreven. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 5 beschreven waar de turbines in het windgebied geplaatst zijn en wordt de verkeersafwikkeling beschreven. Vervolgens wordt het resultaat van de QRA gegeven in Hoofdstuk 6. In Hoofdstuk 7 volgt dan hoe het risico kan worden gereduceerd. Hoofdstuk 8 bevat de belangrijkste conclusies en de belangrijkste uitgangspunten voor de juiste interpretatie van de conclusies.

Notatie
Sommige getallen worden met een groot aantal cijfers weergegeven. Dit wil niet zeggen dat er zoveel significante cijfers zijn. Het grote aantal cijfers wordt vooral veroorzaakt doordat deze gekopieerd zijn uit de resultaten.

3 DOELSTELLING

Het doel van de studie is inzicht te verkrijgen in de verandering van de veiligheidssituatie voor de scheepvaart bij aanwijzing van het windgebied Hollandse Kust.

4 AANPAK

In de NRD [1] is het aan te wijzen gebied HK afgebakend. Het gebied HK omvat windpark gebieden waarvoor reeds in ronde 2 een vergunning is afgegeven. Voor de HK risicoanalyse worden twee varianten geanalyseerd, namelijk:

1. De minimumvariant, waarbij de maximaal wenselijke afstand tussen scheepvaartroutes en windparken van 2 nm overal wordt aangehouden en ook de veiligheidszone voor helikopterbenadering van bemande platforms van 5 nm overal volledig wordt aangehouden.
2. De maximumvariant, waarbij wordt uitgegaan van de volledige beschikbaarheid van de ruimte tussen scheepvaartroutes met uitzondering van de 500 m afstand tussen obstakels en scheepvaart en de volledige beschikbaarheid van de 5 nm veiligheidscirkel ten behoeve van de obstakelvrije benadering van platforms door helikopters. Ook is er hierbij uitgegaan van de beschikbaarheid voor windparken van de separatiezone ten westen van de kop van Noord-Holland.

Gelet op de voorwaarden is de minimumvariant altijd te realiseren en vereist een uitbreiding richting maximumvariant maatwerk. De gebieden voor de twee varianten zijn aangeleverd en worden in 5.1 bij de modellering getoond.

Om de toekomstige veiligheidssituatie te kunnen bepalen moet die situatie gemodelleerd worden. Dit betreft zowel de verkeersafwikkeling als de locaties van de windturbines. Vervolgens kan met SAMSON (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore in the North Sea) worden bepaald wat de verwachte risico's zijn. Voor deze modellering zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Het bepalen van de verkeersafwikkeling waarbij het gebied voor windturbines wordt vrijgehouden van scheepvaartverkeer;
- Invulling van het windgebied met windturbines waarbij rekening is gehouden met de belangrijkste restricties;
- Bepalen van de effecten met SAMSON, waaronder:
    - De verandering van het aantal ongevallen voor de scheepvaart buiten het windpark door de verandering van de routes en intensiteiten op de routes;
    - De kans op nieuwe ongevallen, namelijk aanvaringen en aandrijvingen van een schip met een windturbine.
    - De extra zeemijlen die door de scheepvaart moeten worden afgelegd;
    - De kosten voor de scheepvaart van de extra mijlen;
    - De verandering van de emissies door de extra zeemijlen.

Bij deze aanpak wordt het windgebied volgens een bepaald proces (beschreven in 5.1) zo vol mogelijk gezet met 5 MW windmolens, aangezien windmolens vereist zijn om de modelberekeningen te kunnen uitvoeren. Dit heeft tot resultaat dat het totaal geplaatste vermogen afwijkt van het totaal van 3000 MW, wat de opgave is voor windgebied HK. De geplande hoeveelheid MW in HK is gebaseerd op een bruto dichtheid van 6 MW/km^2. In de planfase is echter nog geen rekening gehouden met verliezen door de vorm van het gebied en ook niet met kabels die door het gebied lopen. Vooral de kabels met de vereiste afstand van 500 m zorgen er voor dat de dichtheid van 6 MW/km^2 niet altijd gehaald kan worden. Aangezien het in deze fase over globale berekeningen gaat, is in de risicoberekening een correctiefactor toegepast waarmee de kans op het aanvaren of aandrijven van een windturbine wordt vermenigvuldigd. Deze correctiefactor volgt uit (het gewenste aantal windturbines) / (het geplaatste aantal windturbines). Het gebruik van deze factor is een goede optie, omdat de windturbines

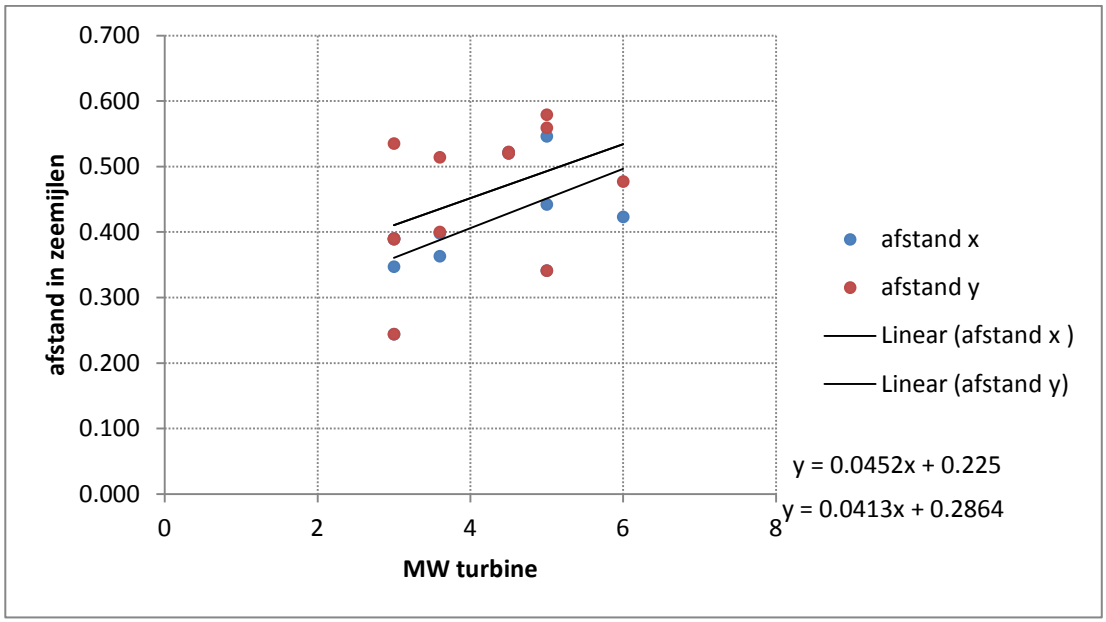
voldoende representatief staan opgesteld. Het risico is in dat geval ongeveer evenredig met het aantal windturbines en minder met het geïnstalleerd vermogen.

5 MODELLERING

5.1 Invullen van gebieden met windturbines

De windturbines worden zo goed mogelijk geplaatst in een windgebied om het risico op aanvaren of aandrijven van een windturbine te kunnen bepalen. Het proces dat daarvoor ontwikkeld is, is voor het eerst gebuikt in de studie [2] van 2009, waarbij een aantal varianten voor zoekgebieden is onderzocht. Vanaf dat moment is deze methode verder in alle volgende veiligheidsstudies studies voor varianten van de windparkgebieden in samenspel met de verkeersafwikkeling toegepast. Het proces wordt hier kort beschreven.

Uit de uitgevoerde veiligheidsstudies voor individuele windparken door MARIN is voor een groot aantal inrichtingen van windparken de onderlinge afstand tussen de windturbines bepaald in twee hoofdrichtingen, die meestal niet loodrecht op elkaar staan maar onder een variërende hoek. De twee afstanden x en y worden groter met het vermogen van de windturbines. Figuur 5-1 bevat de gemeten afstanden x en y met het bijbehorende vermogen van de windturbine. Er zijn iets minder blauwe dan rode punten te zien omdat in een aantal gevallen de x en y-waarde gelijk zijn, waardoor de blauwe punt onder de rode punt valt.

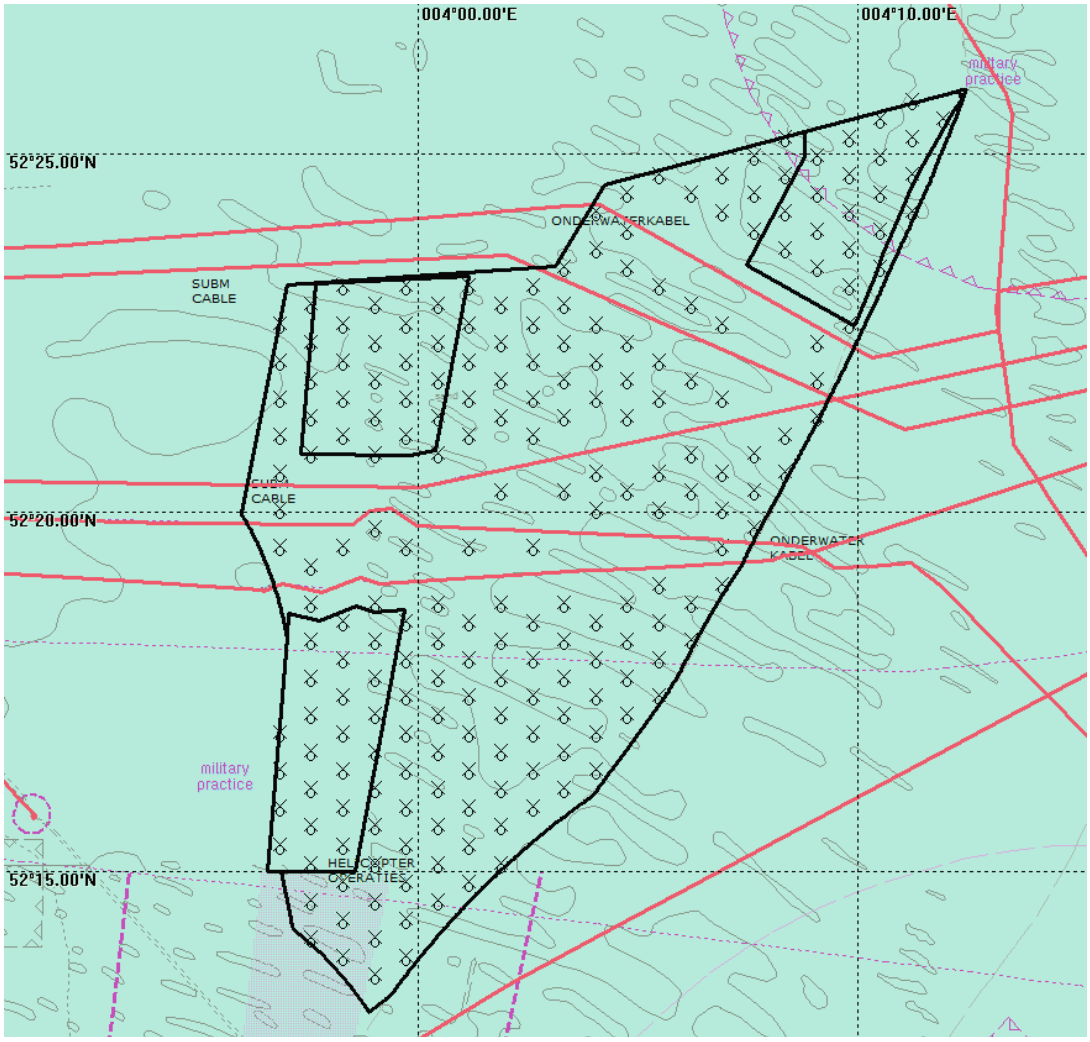


Figuur 5-1 Afstand x en y tussen de windturbines in twee hoofdrichtingen

Over het algemeen verandert het totale geïnstalleerde vermogen in een gebied niet veel wanneer wordt gekozen voor een grotere windturbine omdat dan ook de onderlinge afstand toeneemt. Bij het plaatsten van de windturbines is uitgegaan van 5 MW windturbines in een dichtste bolopstelling waarbij zowel x als y gelijk is aan 0,52 zeemijl (960m, ofwel 8 x de rotordiameter).

De verwachting was, dat volstaan kon worden met het schatten van het percentage dat zou afvallen wanneer wel rekening zou worden gehouden met de kabels en pijpleidingen. In overleg met de windsector is toch besloten om iets nauwkeuriger te werk te gaan omdat door sommige gebieden vrij veel kabels lopen en de invloed hiervan

op het aantal turbines moeilijk te schatten is. Daarom is overgegaan op een aanpak waarbij meer naar de lokale situatie is gekeken. Uitgaande van de standaardopstelling met een vaste afstand, zijn vervolgens de windturbines verwijderd die op een kleinere afstand dan 500 m van een kabel af stonden. De windturbines aan de rand van het gebied zijn niet verwijderd om er voor te zorgen dat er geen doorgang ontstaat welke groter is dan 1000m, om te vermijden dat schepen door het windpark zouden mogen varen. De gewenste afstand van 100m tot een pijpleiding is niet beschouwd, omdat deze afstand relatief klein is waardoor het mogelijk zal zijn door kleine veranderingen in de opstelling hieraan tegemoet te komen. Verder worden de windturbines weggehaald die binnen 500 m van de offshore platforms staan.

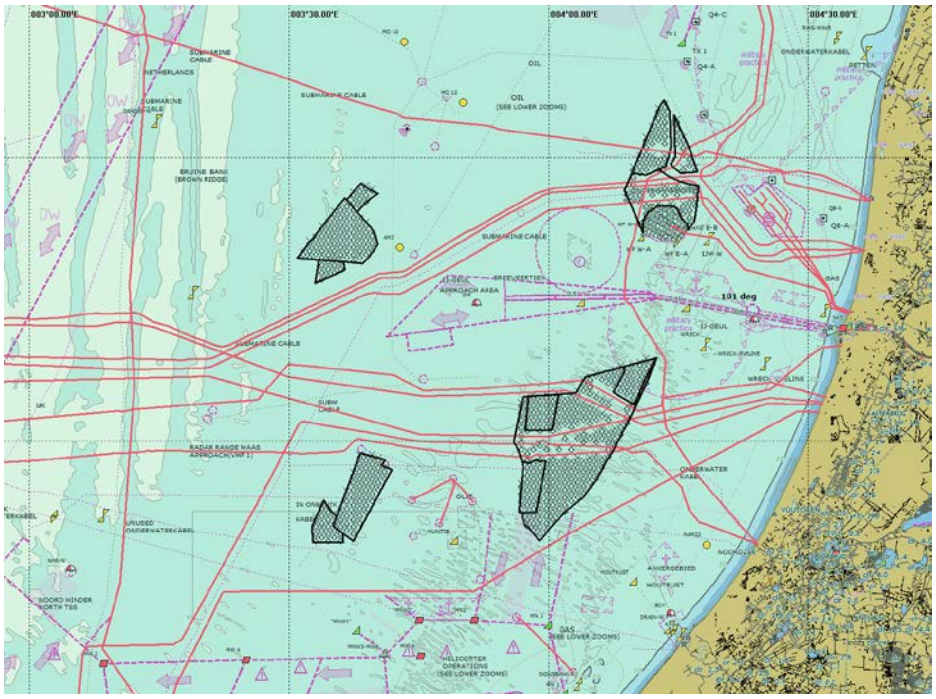


Figuur 5-2 ***Geplaatste windturbines van HK met de kabels (rood) waarvoor windturbines zijn verwijderd***

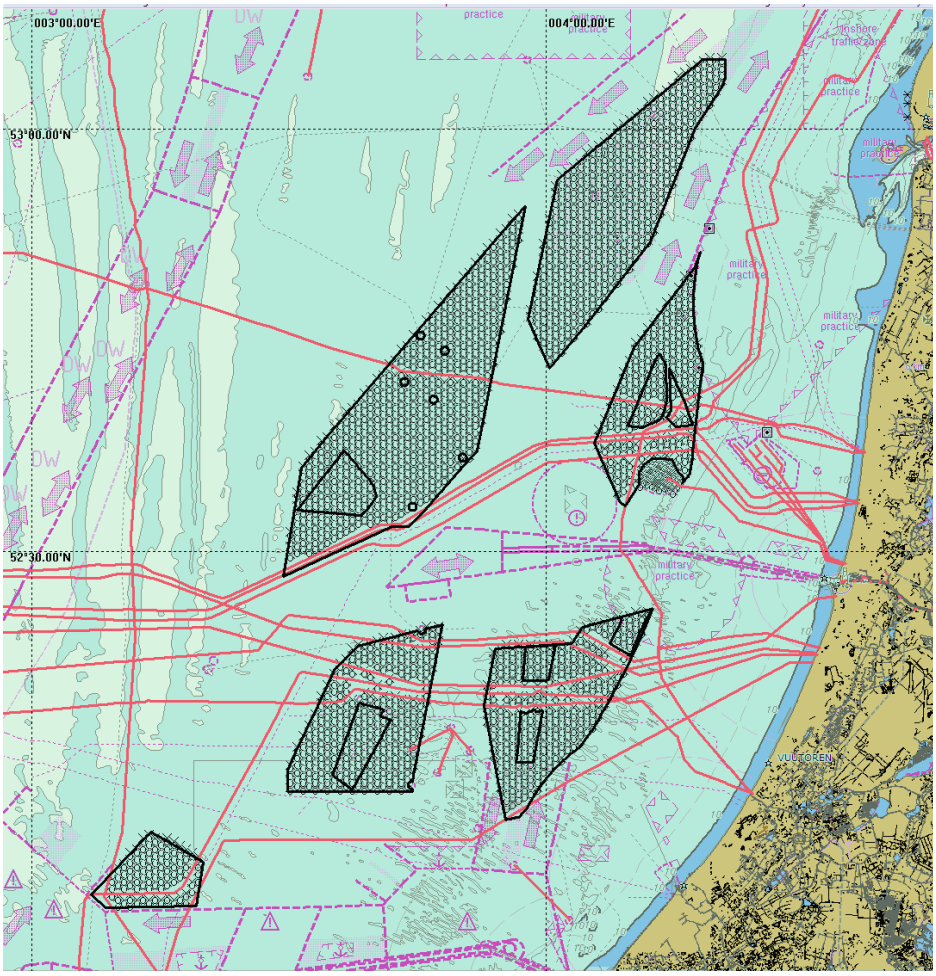
Figuur 5-2 bevat de invulling van deel van het windgebied HK voor de kust van Noordwijk met windturbines. De rode lijnen zijn de kabels waarvoor windturbines zijn verwijderd. De dunne rode streepjeslijnen zijn kabels die niet meer gebruikt worden en waar dus verder geen rekening mee gehouden is. De windturbines aan de randen zijn gehandhaafd om er voor te zorgen dat er geen scheepvaart het gebied binnen vaart wanneer er een opening groter dan 1000m ontstaat, dus 2 keer de afstand van 500 m die men moet houden tot een offshore constructie.

De gebieden voor de minimum- en maximumvariant zijn aangeleverd. Opvullen volgens de beschreven methode heeft geleid tot de windturbines voor de minimumvariant zoals getoond in Figuur 5-3 en voor de maximumvariant zoals getoond in Figuur 5-4.

Het verschil in oppervlakte tussen de minimum- en de maximumvariant is heel groot. In de minimumvariant konden 444 windturbines van 5 MW geplaatst worden en in de maximumvariant 2173 windturbines van 5 MW. Samen met de 60 windturbines van het bestaande windpark Prinses Amalia levert dit respectievelijk 2340 MW en 10985 MW op voor het windgebied HK. Om de bijbehorende risico's te kunnen vergelijken wordt een correctiefactor toegepast waarbij het risico wordt gegeven voor een totaal van 3000 MW in HK. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat het risico recht evenredig is met het aantal windturbines. In de praktijk is dit niet zo omdat de middelste windturbines van grote windparken minder risico opleveren dan de middelste windturbines van kleine parken. Aan de ander kant zal het risico van de buitenste turbines weer veel groter zijn omdat ze dichter bij de verkeersstromen staan. Dit facet zal verder worden belicht bij de bespreking van de resultaten in Hoofdstuk 6.



Figuur 5-3 ***De minimumvariant van HK met windturbines en de kabels waardoor windturbines zijn verwijderd***



Figuur 5-4 ***De maximumvariant van HK met windturbines en de kabels waardoor windturbines zijn verwijderd***

5.2 Verkeersafwikkeling van de scheepvaart

Om het effect van het windgebied op de veiligheid van de scheepvaart te kunnen bepalen moet de verkeersafwikkeling zowel zonder als met windgebied HK gemodelleerd worden.

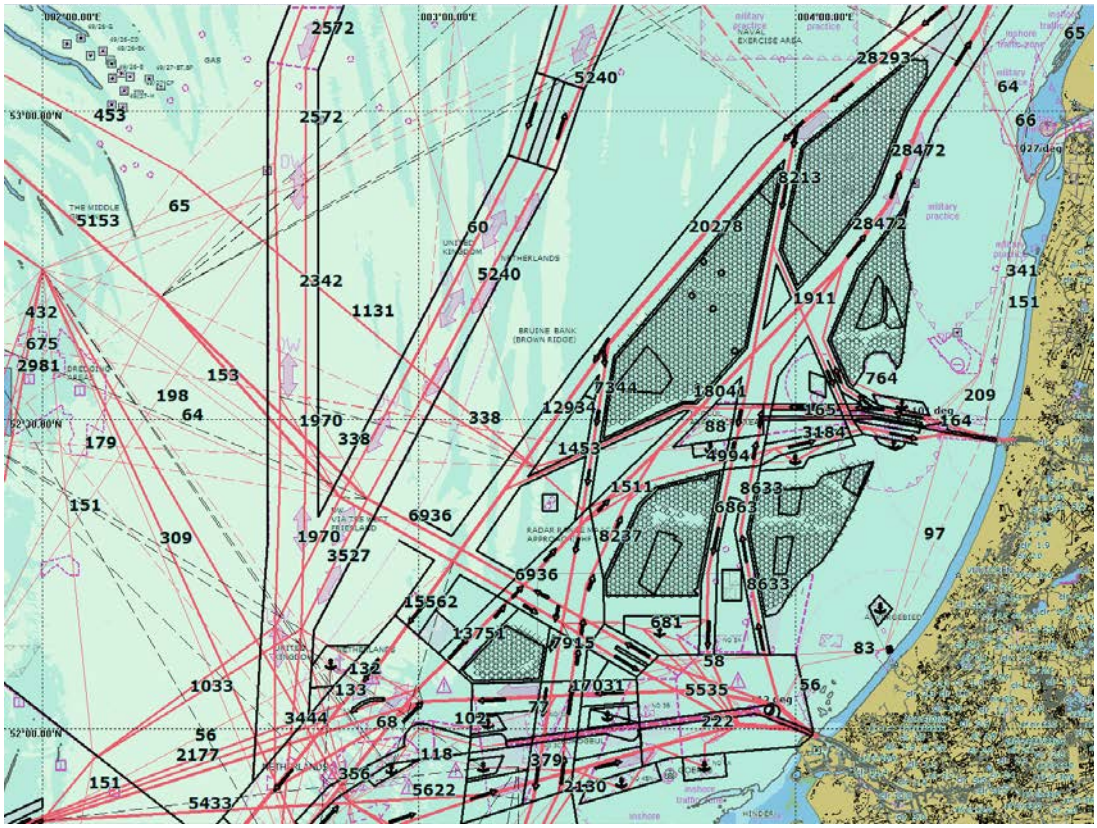
In 2010 en 2011 is er door een aantal partijen bezwaar gemaakt tegen verleende vergunningen voor de bouw van windparken op bepaalde locaties. Op deze locaties is tot op heden niet gebouwd. In het kader van het verlengen van de vergunningen voor windparken is een proces gestart om meer draagvlak te verkrijgen. Overleg met havenbedrijven en windsector heeft geleid tot een nieuwe routestructuur op de Noordzee. Onderdeel van die nieuwe routering is tevens de instelling van een VSS IJmuiden en een ankergebied op de rede IJmuiden en een verbetering van de veiligheidssituatie nabij IJmuiden en het Horizon platform. Inmiddels is bij de IMO een aanvraag tot instemming met de invoering van deze routestructuur ingediend. Deze aanvraag is voorzien van een document met een beoordeling van de risico's van de voorgestelde routestructuur [4] met een aantal bijlagen, waaronder [5] waarin de verkeersafwikkeling is weergegeven en het bijbehorende risico is gekwantificeerd. De uiteindelijke routestructuur waarvoor instemming is aangevraagd wijkt af van die in [5]. Het stelsel Maas Noord is ten opzichte van [5] gewijzigd om er voor te zorgen dat de twee bestaande dumpinggebieden voor explosief materiaal geheel in de scheidingszone komen te liggen. De nieuwe routestructuur is op 1 augustus 2013 van kracht geworden. De verkeersafwikkeling door deze nieuwe routestructuur, zoals weergegeven in Figuur 5-5, moet dan ook beschouwd worden als de verkeersafwikkeling voor de T0-situatie zonder windparken en dus ook zonder windgebied HK.



Figuur 5-5 ***T0-situatie: Verkeersafwikkeling vanaf augustus 2013 op basis van scheepsbewegingen in 2008. De oranje gebieden zijn de vergunde windparken***



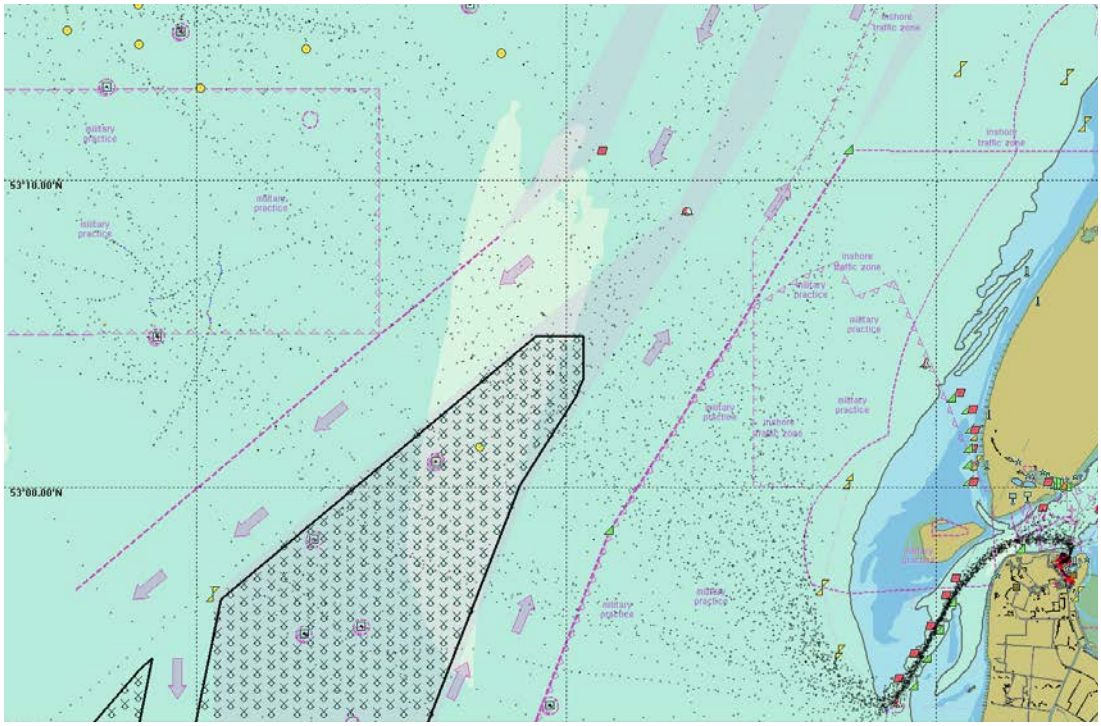
Figuur 5-6 ***Verkeersafwikkeling (niveau 2008) bij het windgebied HK voordat er windturbines geplaatst zullen worden***



Figuur 5-7 ***Verkeersafwikkeling (niveau 2008) bij het windgebied HK wanneer dit volgebouwd is met windturbines***

Voor het bepalen van het risico voor de scheepvaart is voor beide varianten de verkeersafwikkeling bepaald. De verkeersafwikkeling bij de minimumvariant van HK, weergegeven in Figuur 5-6, is gelijk aan de verkeersafwikkeling voor de nieuwe routestructuur van Figuur 5-5.

Bij de maximumvariant moeten de schepen vanuit IJmuiden naar de noordoostkust van het Verenigd Koninkrijk niet meer in noordwestelijke richting vertrekken maar langs de zuidkant van de grote windgebieden varen. Ook de tankers vanuit het noorden naar IJmuiden en vice versa, moeten hun route meer naar het zuiden verleggen. De nieuwe routes worden volgens het “kortste weg” criterium gekozen met in achtneming van de voorschriften. De verkeersafwikkeling bij de maximumvariant is weergegeven in Figuur 5-7.
Verder zijn de verkeersstromen die het verkeersscheidingsstelsel Texel kruisen iets naar het noorden verplaatst. Ook de supplyvaart op weg vanuit Den Helder naar de offshore platforms en weer terug, zullen iets noordelijker het stelsel moeten kruisen. In 2011 waren dit ongeveer 2000 reizen vanuit Den Helder, zie Figuur 5-8. De omweg die deze schepen zullen moeten maken is over het algemeen zeer klein, maar deze groep moet wel aandacht krijgen bij het maatwerk van de overgang van de minimumvariant naar de maximumvariant.



Figuur 5-8 ***Plot van AIS posities van supply schepen gedurende een korte periode in 2011***

In de afbeeldingen van de verkeersafwikkeling van de maximumvariant in dit rapport is bij IJmuiden nog een extra ankergebied aan de zuidoostkant van de vaargeul weergegeven. Dit zuidoostelijke ankergebied is uiteindelijk niet opgenomen in de nieuwe routestructuur die 1 augustus 2013 is ingegaan. Het effect van het weglaten van dit ankergebied op de scheepvaartveiligheid is echter zeer klein. Daarom zijn er geen nieuwe berekeningen uitgevoerd voor de maximumvariant, en is dit ankergebied dus nog meegenomen in de berekeningen voor de maximumvariant.

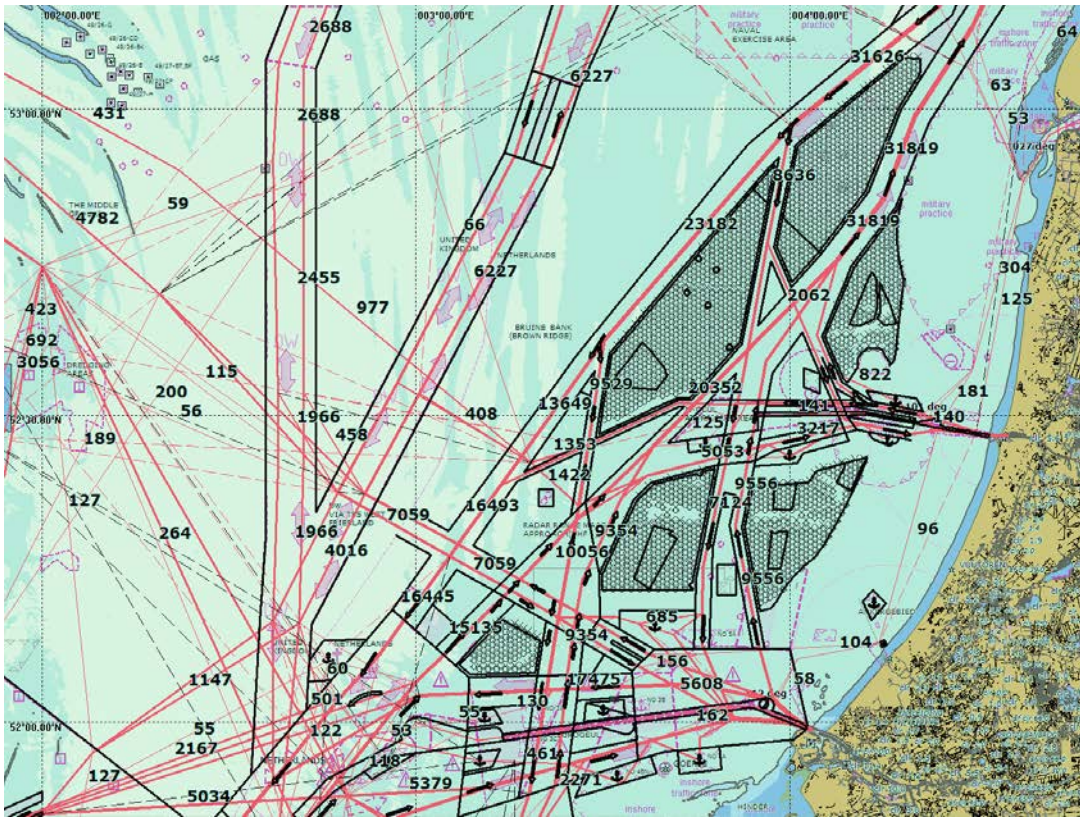
Het effect van het windgebied HK op de scheepvaart wordt nu gekwantificeerd door het risico voor de scheepvaart voor de twee verkeersdatabases te bepalen. Verder wordt voor de tweede verkeersdatabase de kans bepaald op een aanvaring of aandrijving van een windturbine van het windgebied HK.

5.3 Verkeersafwikkeling van de scheepvaart voor 2020

Om de ontwikkeling van het risico naar de toekomst te voorspellen is een verkeersdatabase voor 2020 bepaald. Deze verkeersdatabase is geëxtrapoleerd uit de ontwikkeling die heeft plaatsgevonden van 2000 tot 2008 in de range Antwerpen-Hamburg. Deze ontwikkeling gaf een 0,5% groei te zien in het aantal schepen en een 3,9% groei in de grootte van het schip.



Figuur 5-9 Verkeersafwikkeling (niveau 2020) bij de minimumvariant van windgebied HK

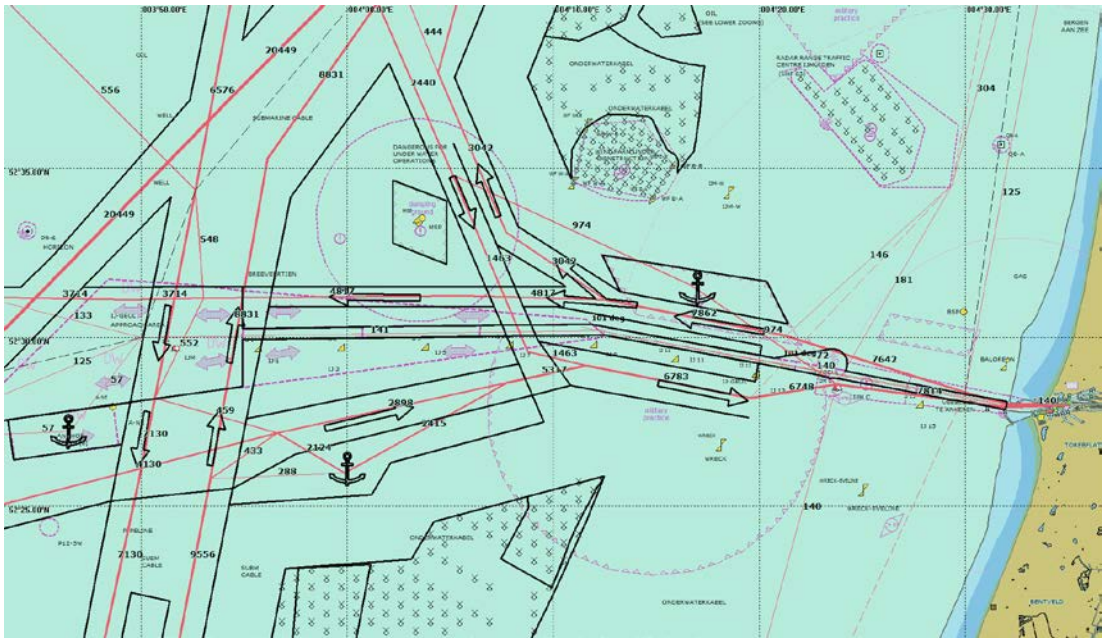


Figuur 5-10 Verkeersafwikkeling (niveau 2020) bij de maximumvariant van windgebied HK

Deze groei is toegepast vanaf 2008 tot aan 2020 om de verkeersdatabase voor 2020 te bepalen. Hierbij is onderscheid gemaakt in de groeicijfers van de verschillende scheepstypen. Vermoedelijk zullen de verkeersintensiteiten zoals deze zijn weergegeven in Figuur 5-9 en in Figuur 5-10, pas later dan in 2020 gehaald worden doordat er geen rekening is gehouden met de crisis van de afgelopen jaren.
Aan de andere kant is er geen rekening gehouden met een extra groei van Rotterdam door de ontwikkeling van Maasvlakte 2. In prognoses voor Rotterdam wordt een groei verwacht van 35000 schepen nu naar 55000 in 2035, wat een groei zou betekenen van 1,9% per jaar. Deze groei zal echter niet voor de hele range gelden en mogelijk een negatieve groei in andere havens tot gevolg hebben. Rotterdam zal voor veel deep-sea rederijen de logische eerste Europese aanloophaven worden. Vanuit Rotterdam wordt dan een deel van de lading verder vervoerd naar kleinere havens. De totale vervoerde hoeveelheid lading die naar het noorden gaat zal minder worden beïnvloed, maar wel zal de intensiteit op de vaarroutes verschuiven van vaarroutes direct vanuit Het Kanaal naar de Baltic, naar vaarroutes vanuit Rotterdam naar de Baltic, omdat de lading via Rotterdam gaat. Deze verandering heeft ook effect op de veiligheid van de scheepvaart onderling. Een schatting van de impact op de veiligheid is erg moeilijk te maken, aangezien verdere informatie over de veranderingen per scheepstype en scheepsgrootte ontbreken, alsmede herkomst en bestemming van de schepen. Dit valt daarom buiten de scope van deze studie.
Alles overwegende lijkt de voorspelling voor het scheepvaartverkeer van 2020 goed genoeg om inzicht te geven in waar het extra risico voor de scheepvaart door het windgebied HK naar toe gaat.

De getallen bij de scheepvaartroutes (de links, oftewel de rode lijnen) in de figuren geven het aantal passages per jaar in één richting aan. Omdat niet bij iedere link een getal staat en vaak niet duidelijk is bij welke link een getal behoort, is in Figuur 5-11 een

uitvergroting gemaakt voor de verwachte verkeersstromen door het nieuwe verkeersscheidingsstelsel bij IJmuiden in 2020.



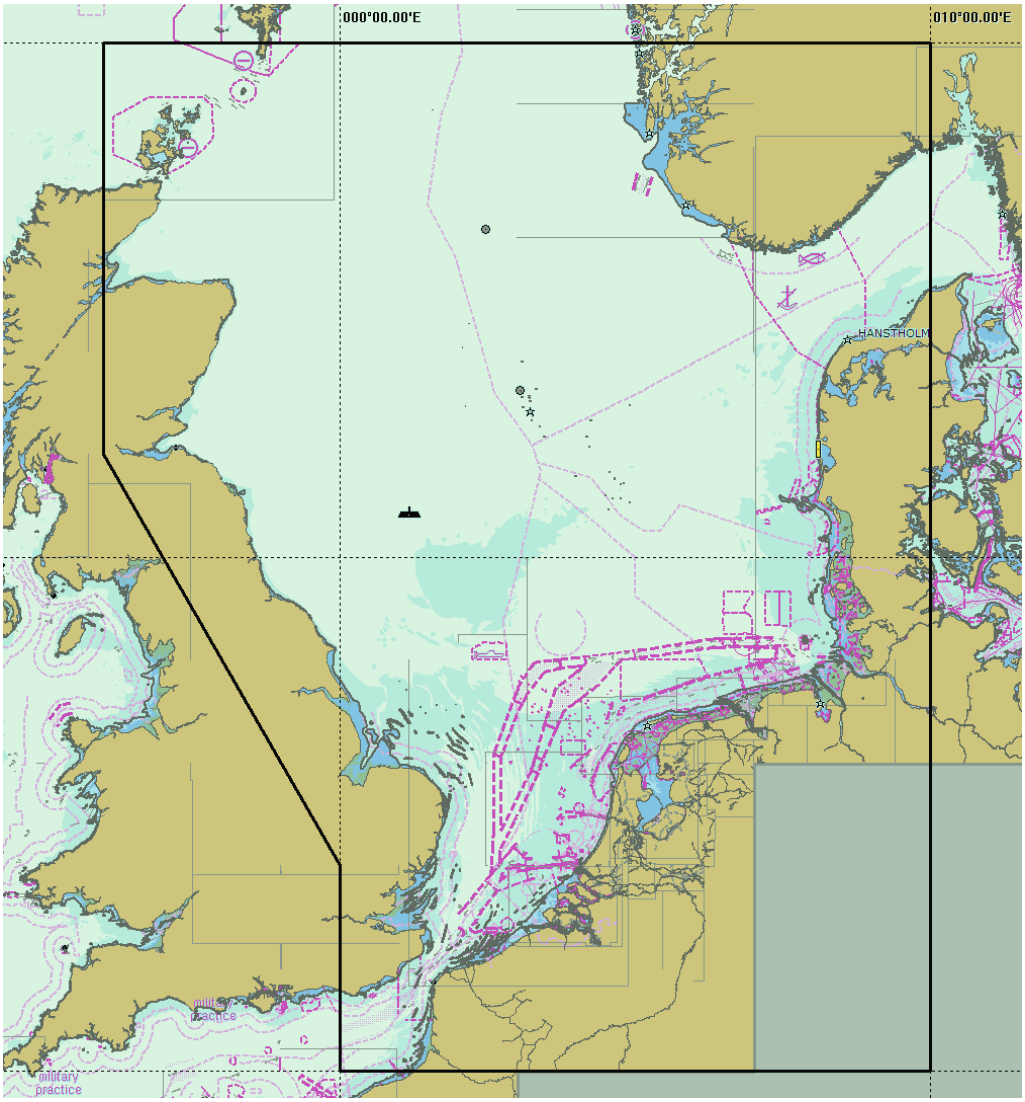
Figuur 5-11 Verkeersafwikkeling (niveau 2020) door het nieuwe verkeersscheidingsstelsel bij IJmuiden en de minimumvariant van windgebied HK

De verkeersdatabase voor het niet-routegebonden verkeer is niet aangepast voor 2020, omdat het aantal niet-routegebonden schepen de laatste jaren is afgenomen door de grote afname van vissersschepen.

6 RESULTATEN

6.1 Het resultaat van de QRA

Met het SAMSON-model kan op basis van de verkeersafwikkeling, vastgelegd in een verkeersdatabase, de impact van de aanwezigheid van een windpark worden gekwantificeerd via een groot aantal grootheden. De berekeningen zijn uitgevoerd voor het zeegebied weergegeven in Figuur 6-1.



Figuur 6-1 Gebied waarvoor het risico van de scheepvaart op zee is bepaald

Dit gebied is zo groot genomen omdat de gevolgen zich vaak nog voordoen ver buiten het gebied waar de windparken worden gebouwd. De berekening van het risico voor de scheepvaart is uitgevoerd voor de verkeersafwikkeling in 2008 en 2020 voor beide varianten van windgebied HK. De verkeersafwikkeling zoals die wordt verwacht na de invoering van de nieuwe routestructuur op 1 augustus 2013 wordt niet aangetast door de bouw van minimumvariant voor HK. De minimumvariant heeft dan ook geen effect op het risico voor de scheepvaart buiten het windpark, maar deze variant heeft natuurlijk wel een risicoverhogend effect door de kans op een aanvaring c.q. aandrijving met een windturbine. Bij de maximumvariant zijn er een paar kleine veranderingen in de

afwikkeling van het scheepvaartverkeer die benoemd zijn in 5.2. Deze verandering heeft wel effect op het risico voor de scheepvaart buiten het windgebied HK. De resultaten zijn verzameld in Tabel 6-1 voor 2008 en in Tabel 6-2 voor 2020. De tabellen tonen het effect van de overgang van de minimumvariant naar de maximumvariant voor windgebied HK.

De berekende grootheden zijn:

- Gemiddeld aantal varende schepen aanwezig op zee in studiegebied op enig moment, onderverdeeld naar scheepstype;
- Veiligheid, met het verwachte aantal aanvaringen per jaar en dat van andere typen ongevallen;
- Economie, uitgedrukt in kosten van omvaren per jaar;
- Emissies bepaald uit de gevaren mijlen en de emissie per mijl per scheepstype en grootte;
- Kans op een uitstroom van olie na een aanvaring voor verschillende groottes van de uitstroom;
- Kans op een uitstroom van chemicaliën en verontreiniging na een aanvaring, en een gradatie over de ernst van deze uitstroom;
- De kosten van aanvaringen en zinken per jaar.

In de laatste kolom van Tabel 6-1 wordt het effect van de overgang van de minimumvariant naar de maximumvariant van windgebied HK gegeven door de twee voorgaande kolommen van elkaar af te trekken.

Alle kosten in de tabellen zijn berekend voor het prijspeil van 2008.
Bij het kwantificeren van het risico worden de consequenties in kosten uitgedrukt. Hiervoor was het ook nodig om de kosten van een mensenleven in geld uit te drukken. Hiervoor is de “willingness to pay” gebruikt, namelijk het bedrag dat de gemeenschap bereid is te betalen voor een mensenleven. Er wordt uitgegaan van een willingness to pay van 2 M€. Dit bedrag is ook in eerdere studies voor de EU aangehouden.

Op basis van de tabellen kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt:

Gemiddeld aanwezige schepen:
Het gemiddeld aantal aanwezige schepen geeft aan hoeveel varende schepen er gemiddeld op een foto zouden staan in het zeegebied waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd. Gemiddeld zouden er bij de minimumvariant voor HK iets meer dan 597 varende routegebonden schepen te zien zijn en iets minder dan 282 niet-routegebonden schepen.
Het gemiddeld aantal aanwezige schepen neemt toe met gemiddeld 0,331 schip bij de maximumvariant, doordat bepaalde schepen moeten omvaren. Het verschil zit vooral bij de chemicaliën en olietankers die vanuit het noorden naar IJmuiden en vice versa moeten omvaren, en bij de ferry waarvoor de uitreis vanuit IJmuiden naar Newcastle wordt geblokkeerd, waardoor deze moet omvaren.

Tabel 6-1 QRA voor minimum- en maximumvariant voor HK voor verkeer van 2008

	eenheid	2008 Minimum-variant HK	2008 Maximum-variant HK	2008 Maximumvariant - minimumvariant
Gemiddeld aantal varende schepen op zee in studiegebied op enig moment				
OBO's	schepen	0,985	0,987	0,002
Chemicaliën tankers	schepen	81,651	81,798	0,147
Olietankers	schepen	41,751	41,783	0,032
Gas tankers	schepen	23,533	23,540	0,007
Bulkers	schepen	44,652	44,663	0,011
Unitised	schepen	128,720	128,737	0,017
General Dry Cargo	schepen	232,789	232,820	0,031
Passagiersch. + conv. Ferries	schepen	14,162	14,218	0,056
High Speed Ferries	schepen	0,184	0,184	0,000
Overig	schepen	28,749	28,777	0,028
Totaal Routegebonden	schepen	597,176	597,507	0,331
Totaal Niet-routegebonden	schepen	281,650	281,650	0,000
Veiligheid				
Schepen betrokken bij aanvaringen	schepen R+N / jaar	24,172	24,201	0,029
Stranding na navigatiefout	schepen R+N / jaar	9,151	9,151	0,000
Stranding na technische storing	schepen R+N / jaar	1,510	1,510	0,000
Rammen platform na navigatiefout	schepen R+N / jaar	0,405	0,412	0,007
Driften tegen platform door storing	schepen R+N / jaar	0,083	0,084	0,001
Rammen ankerligger na navigatiefout	schepen R+N / jaar	1,541	1,542	0,001
Driften tegen ankerligger na storing	schepen R+N / jaar	0,017	0,017	0,000
Zinken	schepen R+N / jaar	3,253	3,254	0,001
Hull Failure	schepen R+N / jaar	3,981	3,984	0,003
Brand/explosive	schepen R+N / jaar	7,181	7,186	0,005
Totaal	schepen R+N / jaar	51,294	51,340	0,046
Economie				
Scheepskosten, vaste kosten + brandstof	M€/jaar	4879	4883	4,348
Scheepsmijlen	Mnm/jaar	66,942	66,984	0,042
Emissies routegebonden schepen				
KW verbruikt	GWh	29620	29638	18,061
CO_2	kton / jaar	14745	14754	9,498
CO	kton / jaar	56,736	56,772	0,036
SO_2	kton / jaar	150,528	150,626	0,099
NO_x	kton / jaar	378,362	378,601	0,239
Olie routegebonden schepen				
Schepen in ongevallen	kans/jaar	33,6259	33,6600	0,0341
Chem+olie tankers in ongevallen	kans/jaar	8,2111	8,2231	0,0120
Olie tanker in ongevallen	kans/jaar	2,9501	2,9501	0,0000
Olie-uitstroom totaal	kans/jaar	0,3918	0,3922	0,0004
Olie-uitstroom meer dan 10000 m^3	kans/jaar	0,0728	0,0729	0,0001
Olie-uitstroom meer dan 30000 m^3	kans/jaar	0,0381	0,0381	0,0000
Olie-uitstroom meer dan 100000 m^3	kans/jaar	0,0152	0,0152	0,0000
Olie-uitstroom totaal	m^3 / jaar	5329,2	5333,5	4,3
Chemical spills na aanvaringen				
Zeer hoog ecologisch risico	kans/jaar	0,0212	0,0212	0,0000
Hoog ecologisch risico	kans/jaar	0,0043	0,0043	0,0000
Gemiddeld ecologische risico	kans/jaar	0,0124	0,0124	0,0000
Gering ecologisch risico	kans/jaar	0,0324	0,0324	0,0000
Verwaarloosbaar ecologische risico	kans/jaar	0,0468	0,0469	0,0001
Kosten aanvaringen & zinken routegebonden schepen				
Reparatie	M€ / jaar	3,135	3,138	0,002
Bergingskosten	M€ / jaar	1,568	1,569	0,001
Schoonmaakkosten + schade aan milieu	M€ / jaar	15,775	15,783	0,008
Kosten van vertraging	M€ / jaar	0,593	0,593	0,000
Verlies aan inkomsten	M€ / jaar	3,866	3,875	0,009
"Willingness to pay" voor doden	M€ / jaar	8,847	8,946	0,099
Schip+lading bij zinken	M€ / jaar	25,672	25,685	0,013
Totaal		59,455	59,588	0,133

Tabel 6-2 QRA voor minimum- en maximumvariant voor HK voor verkeer van 2020

	Eenheid	2020 Minimum-variant HK	2020 Maximum-variant HK	2020 Maximumvariant - minimumvariant
Gemiddeld aantal varende schepen op zee in studiegebied op enig moment				
OBO's	schepen	0,694	0,696	0,002
Chemicaliën tankers	schepen	93,208	93,394	0,186
Olietankers	schepen	43,267	43,300	0,033
Gas tankers	schepen	23,529	23,536	0,007
Bulkers	schepen	46,891	46,902	0,011
Unitised	schepen	153,021	153,039	0,018
General Dry Cargo	schepen	217,311	217,343	0,032
Passagiersch. + conv. ferries	schepen	16,322	16,361	0,039
High Speed Ferries	schepen	0,109	0,109	0,000
Overig	schepen	25,574	25,600	0,026
Totaal Routegebonden	schepen	619,926	620,280	0,354
Totaal Niet-routegebonden	schepen	281,650	281,650	0,000
Veiligheid				
Schepen betrokken bij aanvaringen	schepen R+N / jaar	26,178	26,202	0,024
Stranding na navigatiefout	schepen R+N / jaar	10,381	10,381	0,000
Stranding na technische storing	schepen R+N / jaar	1,557	1,557	0,000
Rammen platform na navigatiefout	schepen R+N / jaar	0,450	0,455	0,005
Driften tegen platform door storing	schepen R+N / jaar	0,085	0,086	0,001
Rammen ankerligger na navigatiefout	schepen R+N / jaar	1,889	1,890	0,001
Driften tegen ankerligger na storing	schepen R+N / jaar	0,018	0,018	0,000
Zinken	schepen R+N / jaar	3,113	3,115	0,002
Hull Failure	schepen R+N / jaar	4,122	4,123	0,001
Brand/explosive	schepen R+N / jaar	7,433	7,435	0,002
Totaal	schepen R+N / jaar	55,227	55,259	0,036
Economie				
Scheepskosten, vaste kosten + brandstof	M€/jaar	5987	5991	4,406
Scheepsmijlen	Mnm/jaar	71,487	71,528	0,041
Emissies routegebonden schepen				
KW verbruikt	GWh	35969	35988	19,363
CO_2	kton / jaar	17893	17903	9,889
CO	kton / jaar	67,833	67,870	0,037
SO_2	kton / jaar	182,992	183,094	0,102
NO_x	kton / jaar	456,217	456,465	0,247
Olie routegebonden schepen				
Schepen in ongevallen	kans/jaar	36,8504	36,8715	0,0211
Chem+olie tankers in ongevallen	kans/jaar	9,1357	9,1447	0,0090
Olie tanker in ongevallen	kans/jaar	3,0467	3,0477	0,0010
Olie-uitstroom totaal	kans/jaar	0,4131	0,4136	0,0005
Olie-uitstroom meer dan 10000 m^3	kans/jaar	0,0774	0,0774	0,0001
Olie-uitstroom meer dan 30000 m^3	kans/jaar	0,0396	0,0396	0,0000
Olie-uitstroom meer dan 100000 m^3	kans/jaar	0,0094	0,0094	0,0000
Olie-uitstroom totaal	m^3 / jaar	5162,3	5165,7	3,4
Chemical spills na aanvaringen				
Zeer hoog ecologisch risico	kans/jaar	0,0229	0,0229	0,0000
Hoog ecologisch risico	kans/jaar	0,0047	0,0047	0,0000
Gemiddeld ecologische risico	kans/jaar	0,0141	0,0142	0,0000
Gering ecologisch risico	kans/jaar	0,0345	0,0346	0,0000
Verwaarloosbaar ecologische risico	kans/jaar	0,0500	0,0501	0,0001
Kosten aanvaringen & zinken routegebonden schepen				
Reparatie	M€ / jaar	3,583	3,585	0,002
Bergingskosten	M€ / jaar	1,792	1,793	0,001
Schoonmaakkosten + schade aan milieu	M€ / jaar	14,963	14,963	0,000
Kosten van vertraging	M€ / jaar	0,785	0,785	0,000
Verlies aan inkomsten	M€ / jaar	5,184	5,190	0,006
"Willingness to pay" voor doden	M€ / jaar	11,319	11,376	0,057
Schip+lading bij zinken	M€ / jaar	26,205	26,213	0,009
Totaal		63,830	63,906	0,076

Veiligheid
De verandering in risico voor de scheepvaart bij de maximumvariant ten opzichte van de minimumvariant wordt veroorzaakt door de andere vaarroute zoals hierboven is benoemd. De risicoverhoging is het grootst voor aanvaringen, waarbij in 2020 0,024 meer schepen betrokken zijn. Omdat er twee schepen betrokken zijn bij een aanvaring, betekent dit dat één extra aanvaring per 83 jaar wordt verwacht. Dit volgt uit 1/((0,024 kans op schepen betrokken bij een aanvaring)/(2 schepen betrokken bij een aanvaring))= 83.

Economie
De kosten van het omvaren bedragen in 2020 4,4 miljoen Euro.

Overige rubrieken
Voor alle overige rubrieken geldt dat er voor de maximumvariant een kleine toename is ten opzichte van de minimumvariant welke wordt veroorzaakt door de schepen die moeten omvaren. Het openhouden van de vaarroute voor de schepen die dan moeten omvaren zal tot gevolg hebben dat ook voor de maximumvariant de effecten op het risico voor de scheepvaart buiten het windgebied verwaarloosbaar zijn.

6.2 Extra risico voor de scheepvaart door contact met een windturbine

Door de aanwezigheid van de windturbines in het windgebied ontstaat er ook een kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine van het windpark.

- Een aanvaring (ramming) met een windturbine 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 aandrijving (drifting) 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. De snelheid is over het algemeen laag.

De kans op het optreden van deze ongevallen wordt ook met SAMSON bepaald. De resultaten worden voor iedere windturbine afzonderlijk bepaald. Bij het bepalen van de kansen wordt ook onderscheid gemaakt tussen routegebonden schepen (R-schepen) en niet-routegebonden schepen (N-schepen). De niet-routegebonden schepen, zoals vissers, supplyvaart en werkvaart zijn beschreven in een aparte database met dichtheden op een grid van 8 bij 8 km. Er wordt aangenomen dat de niet-routegebonden schepen die in het gebied van het windpark opereren, na bouw van het windpark vlak bij het windpark opereren. Dit is een “worst case” benadering omdat ze zich in de praktijk over een groter gebied zullen verspreiden.

Het resultaat van de deze berekeningen staat in een aantal tabellen samengevat. Voor het verkeer in 2008 staat het resultaat voor de minimumvariant in Tabel 6-3 en de maximumvariant in Tabel 6-4. Voor het verkeer in 2020 staat het resultaat voor de minimumvariant in Tabel 6-5 en voor de maximumvariant in Tabel 6-6. De kans is

uitgerekend voor ieder van de 504 windturbines in de minimumvariant en ieder van de 2233 windturbines in de maximumvariant. Om het resultaat zo overzichtelijk mogelijk te houden en toch inzicht te geven in het risico van afzonderlijke windturbines, bevatten de tabellen alleen de 10 windturbines met het hoogste risico.

Tabel 6-3 Kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine per jaar voor de minimumvariant van HK en het jaar 2008

nr	WGS84 (°')		Aanvaren		Aandrijven		Totaal	Incident eens in de .. jaar
	NB	OL	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
1-1	5233,2	331,6	0,000310	0,000154	0,000593	0,000042	0,001098	911
1-4	5234,0	332,3	0,000169	0,000126	0,000565	0,000038	0,000898	1113
1-8	5231,4	333,8	0,000038	0,000216	0,000504	0,000054	0,000811	1232
6-1	5237,4	409,1	0,000002	0,000409	0,000389	0,000068	0,000868	1151
6-9	5235,3	410,5	0,000004	0,000450	0,000370	0,000076	0,000900	1111
6-82	5242,5	414,8	0,000006	0,000434	0,000332	0,000081	0,000853	1173
6-92	5241,2	415,5	0,000001	0,000446	0,000286	0,000085	0,000817	1224
6-105	5239,2	417,0	0,000000	0,000568	0,000244	0,000090	0,000902	1108
A-59	5234,3	413,2	0,000016	0,000429	0,000348	0,000081	0,000874	1144
A-60	5234,6	411,0	0,000025	0,000461	0,000382	0,000079	0,000948	1055
Totaal top 10			0,000572	0,003693	0,004012	0,000694	0,008970	111
Totaal 504 windturbines			0,004575	0,030413	0,173997	0,026774	0,235759	4,2
Gemiddeld per windturbine			0,000009	0,000060	0,000345	0,000053	0,000468	2138
Risico voor 3000 MW in HK (60x2MW+576x5MW)			0,005773	0,038379	0,219568	0,033786	0,297506	3,4
Incident eens in de .. jaar			173	26	5	30	3,4	

Tabel 6-4 Kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine per jaar voor de maximumvariant van HK en het jaar 2008

nr	WGS84 (°')		Aanvaren		Aandrijven		Totaal	Incident eens in de .. jaar
	NB	OL	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
2-440	5234,0	346,7	0,002137	0,000133	0,000873	0,000047	0,003190	313
2-465	5234,2	347,5	0,002366	0,000142	0,000893	0,000049	0,003450	290
2-593	5236,6	351,1	0,002612	0,000144	0,000924	0,000048	0,003729	268
2-619	5237,4	351,8	0,002533	0,000105	0,000871	0,000043	0,003553	281
2-718	5252,4	354,7	0,002119	0,000108	0,000817	0,000036	0,003080	325
2-735	5253,4	356,1	0,002459	0,000110	0,000871	0,000038	0,003478	288
2-739	5253,7	356,8	0,002396	0,000112	0,000876	0,000040	0,003423	292
6-93	5244,6	410,5	0,002236	0,000072	0,000908	0,000060	0,003277	305
6-190	5247,5	414,1	0,001928	0,000243	0,000870	0,000070	0,003111	321
6-265	5249,3	416,3	0,002127	0,000319	0,000863	0,000073	0,003383	296
Totaal top 10			0,022913	0,001488	0,008766	0,000504	0,033674	30
Totaal 2233 windturbines			0,384326	0,078429	1,081059	0,092525	1,636339	0,6
Gemiddeld per windturbine			0,000172	0,000035	0,000484	0,000041	0,000733	1365
Risico voor 3000 MW in HK (60x2MW+576x5MW)			0,109463	0,022338	0,307906	0,026353	0,466060	2,1
Incident eens in de .. jaar			9	45	3,2	38	2,1	

Tabel 6-5 Kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine per jaar voorde minimumvariant HK en het jaar 2020

nr	WGS84 (°')		Aanvaren		Aandrijven		totaal	Incident eens in de .. jaar
	NB	OL	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
1-1	5233,2	331,6	0,000490	0,000154	0,000681	0,000042	0,001366	732
1-2	5232,9	332,3	0,000158	0,000090	0,000605	0,000043	0,000896	1117
1-3	5233,5	332,3	0,000188	0,000065	0,000618	0,000039	0,000910	1099
1-4	5234,0	332,3	0,000259	0,000126	0,000646	0,000038	0,001069	935
1-8	5231,4	333,8	0,000055	0,000216	0,000569	0,000054	0,000894	1118
6-1	5237,4	409,1	0,000005	0,000409	0,000428	0,000068	0,000910	1099
6-9	5235,3	410,5	0,000009	0,000450	0,000405	0,000076	0,000940	1064
6-105	5239,2	417,0	0,000000	0,000568	0,000270	0,000090	0,000929	1077
A-59	5234,3	413,2	0,000031	0,000429	0,000379	0,000081	0,000920	1086
A-60	5234,6	411,0	0,000045	0,000461	0,000416	0,000079	0,001002	998
Totaal top 10			0,001239	0,002968	0,005019	0,000609	0,009835	102
Totaal 504 windturbines			0,007084	0,030413	0,192735	0,026774	0,257006	3,9
Gemiddeld per windturbine			0,000014	0,000060	0,000382	0,000053	0,000510	1961
Risico voor 3000 MW in HK (60x2MW+576x5MW)			0,008940	0,038379	0,243213	0,033786	0,324317	3,1
Incident eens in de .. jaar			112	26	4	30	3,1	

Tabel 6-6 Kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine per jaar voor de maximumvariant en het jaar 2020

nr	WGS84 (°')		Aanvaren		Aandrijven		totaal	Incident eens in de .. jaar
	NB	OL	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
2-440	5234,0	346,7	0,002776	0,000133	0,000973	0,000047	0,003929	254
2-465	5234,2	347,5	0,003071	0,000142	0,000996	0,000049	0,004258	235
2-593	5236,6	351,1	0,003351	0,000144	0,001027	0,000048	0,004571	219
2-619	5237,4	351,8	0,003212	0,000105	0,000966	0,000043	0,004326	231
2-718	5252,4	354,7	0,002910	0,000108	0,000924	0,000036	0,003978	251
2-735	5253,4	356,1	0,003360	0,000110	0,000981	0,000038	0,004489	223
2-739	5253,7	356,8	0,003263	0,000112	0,000984	0,000040	0,004398	227
6-93	5244,6	410,5	0,003020	0,000072	0,001027	0,000060	0,004178	239
6-190	5247,5	414,1	0,002653	0,000243	0,000981	0,000070	0,003947	253
6-265	5249,3	416,3	0,002919	0,000319	0,000972	0,000073	0,004283	233
Totaal top 10			0,030535	0,001488	0,009831	0,000504	0,042357	24
Totaal 2233 windturbines			0,526480	0,078429	1,202848	0,092525	1,900282	0,5
Gemiddeld per windturbine			0,000236	0,000035	0,000539	0,000041	0,000851	1175
Risico voor 3000 MW in HK (60x2MW+576x5MW)			0,149951	0,022338	0,342594	0,026353	0,541236	1,8
Incident eens in de .. jaar			7	45	2,9	38	1,8	

De onderste vier rijen geven vervolgens een totaalresultaat, namelijk:

- Het totale risico van alle windturbines in de variant;
- Het gemiddelde per windturbine door het totaal te delen door het aantal windturbines van de variant;
- Het risico bij realisatie van 3000 MW in HK. Er wordt uitgegaan van de bouw van allemaal 5 MW windturbines, dus betekent dit 576 nieuwe windturbines van 5 MW samen met de 60 windturbines van 2 MW in het bestaande windpark Prinses Amalia;
- De laatste regel is 1/kans en geeft dus het risico uitgedrukt in gemiddeld eens in de zoveel jaar.

Bij de overgang van de minimumvariant naar de maximumvariant neemt het risico van de top 10 windturbines met een factor 3,8 toe in 2008 (= 0,033674/0,008970) en met een factor 4,3 in 2020 (=0,042357/0,009835). Er is een zeer grote toename in de kans op een aanvaring en een iets minder grote toename van de kans op een aandrijving, maar omdat er ook een bijdrage is van het niet-routegebonden verkeer en ook de geografische positie van de windturbine belangrijk is, is het moeilijk algemene conclusies af te leiden uit de top 10.
De overgang van 2008 naar 2020 is geleidelijker. De top 10 blijft bijna hetzelfde. De kans op een aanvaring en een aandrijving van een top 10 windturbine neemt voor de minimum variant toe met 10% en voor de maximumvariant toe met 26%. De grotere toename voor 2020 komt vooral door de grotere schepen in relatie tot de kleine afstand tot de windturbines.

Om de effecten wat beter zichtbaar te maken is Tabel 6-7 samengesteld met het risico voor 3000 MW uit de Tabel 6-3 tot Tabel 6-6. Dit risico is teruggerekend uit de varianten volgebouwd met windturbines.

Tabel 6-7 Kans op een aanvaring of aandrijving met een windturbine per jaar in HK, teruggerekend naar 3000 MW

Variant voor HK	Aanvaren		Aandrijven		Totaal	Incident eens in de .. jaar
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
Minimumvariant 2008	0,005773	0,038379	0,219568	0,033786	0,297506	3,4
Maximumvariant 2008	0,109463	0,022338	0,307906	0,026353	0,466060	2,1
Minimumvariant 2020	0,008940	0,038379	0,243213	0,033786	0,324317	3,1
Maximumvariant 2020	0,149951	0,022338	0,342594	0,026353	0,541236	1,8

Tabel 6-8 Verandering van kans bij overgang van variant of jaar teruggerekend naar 3000 MW

Overgang	Aanvaren		Aandrijven		Totaal
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
Maximumvariant 2008/ Minimumvariant 2008	18,96	0,58	1,40	0,78	1,57
Maximumvariant 2020/ Minimumvariant 2020	16,77	0,58	1,41	0,78	1,67
Minimumvariant 2020/ Minimumvariant 2008	1,55	1,00	1,11	1,00	1,09
Maximumvariant 2020/ Maximumvariant 2008	1,37	1,00	1,11	1,00	1,16

In Tabel 6-8 zijn de varianten op elkaar gedeeld om het effect van de veranderingen duidelijk te maken, waaruit de volgende conclusies voor 2020 kunnen worden getrokken:

- Bij overgang van de minimum variant naar de maximum variant geldt dat:
  - de kans op een aanvaring door een routegebonden schip 17 keer zo groot wordt (getal 16,77 uit Tabel 6-8);
  - de kans op een aandrijving door een routegebonden schip met 41% toeneemt (getal 1,41 uit Tabel 6-8);
  - de kans op een aanvaring door een niet-routegebonden schip met 42% afneemt (ofwel de factor 0,58 uit Tabel 6-8);
  - de kans op een aandrijving door een niet-routegebonden schip met 22% afneemt (ofwel de factor 0,78 uit Tabel 6-8).

  De toename van het risico voor het routegebonden verkeer komt doordat de afstand tussen de rand van de vaarroute en de buitenste windturbines van 2 nm bij de minimumvariant wordt verkleind tot 500 m bij de maximumvariant. Er komen meer risicovolle windturbines bij.

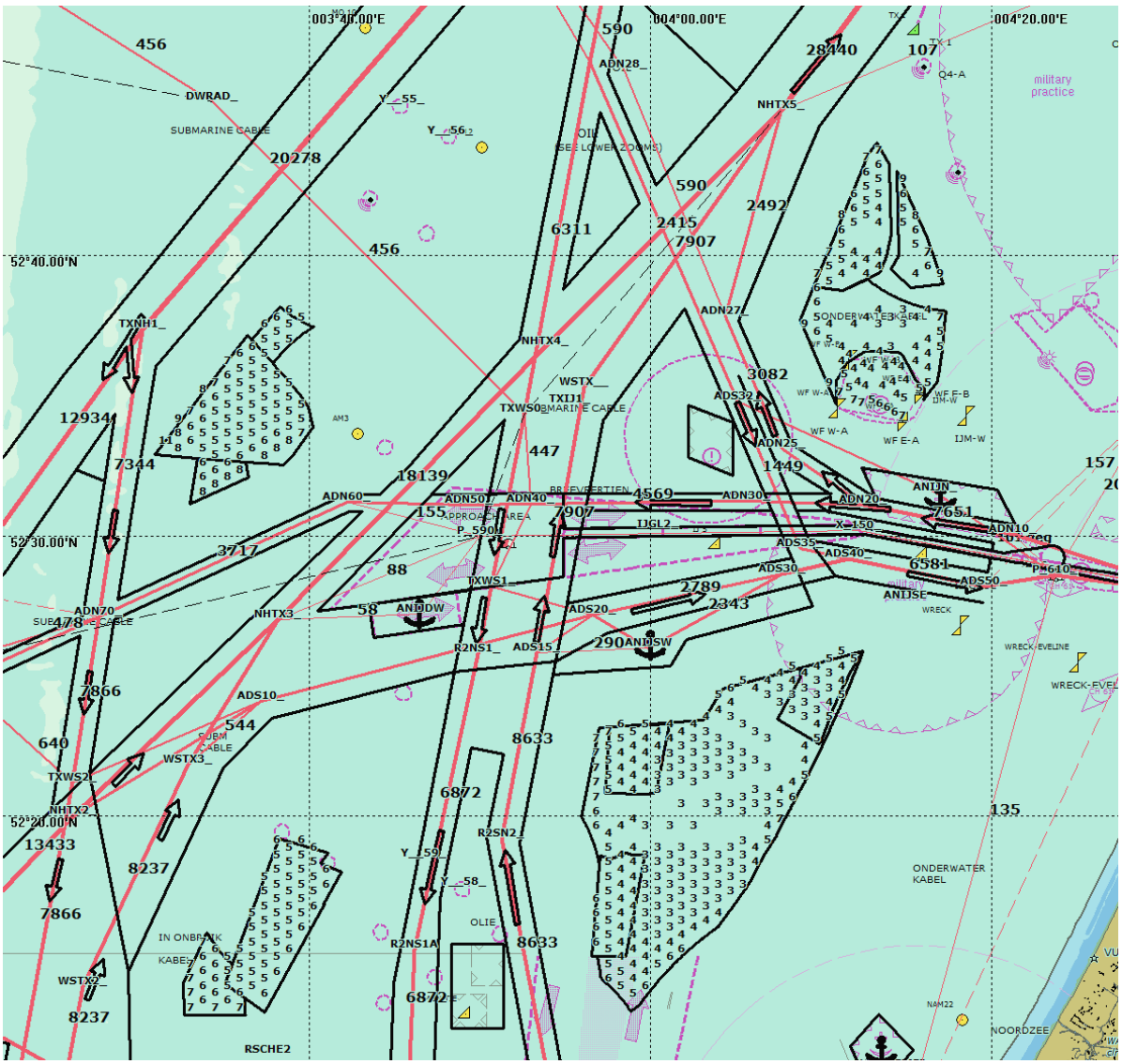
  Bij het niet-routegebonden verkeer zijn er twee tegengestelde effecten. Het risico voor een individueel niet-routegebonden schip dat langs een windpark vaart verandert nauwelijks omdat de afstand van 500 m gelijk blijft. Het totale risico neemt toe doordat er meer verkeer naar net buiten het windpark wordt verplaatst. Door het grotere gebied zijn er echter meer interne windturbines met een heel laag risico, waardoor het risico voor veel meer turbines laag blijft. Na sommatie van het risico over alle windturbines blijkt dit laatste effect groter te zijn dan het eerste waardoor het gemiddelde risico per windturbine kleiner is.
- Bij overgang van het verkeer van 2008 naar het verkeer van 2020 geldt dat:
  - de kans op een aanvaring door een routegebonden schip bij de minimumvariant met 55% toeneemt en bij de maximumvariant met 37% (getallen 1,55 en 1,37 uit Tabel 6-8);
  - de kans op een aandrijving door een routegebonden schip in beide varianten met 11% toeneemt;
  - de kansen voor het niet-routegebonden verkeer niet veranderen omdat de niet-routegebonden database onveranderd is gebleven.

Geografische verdeling van de incidenten

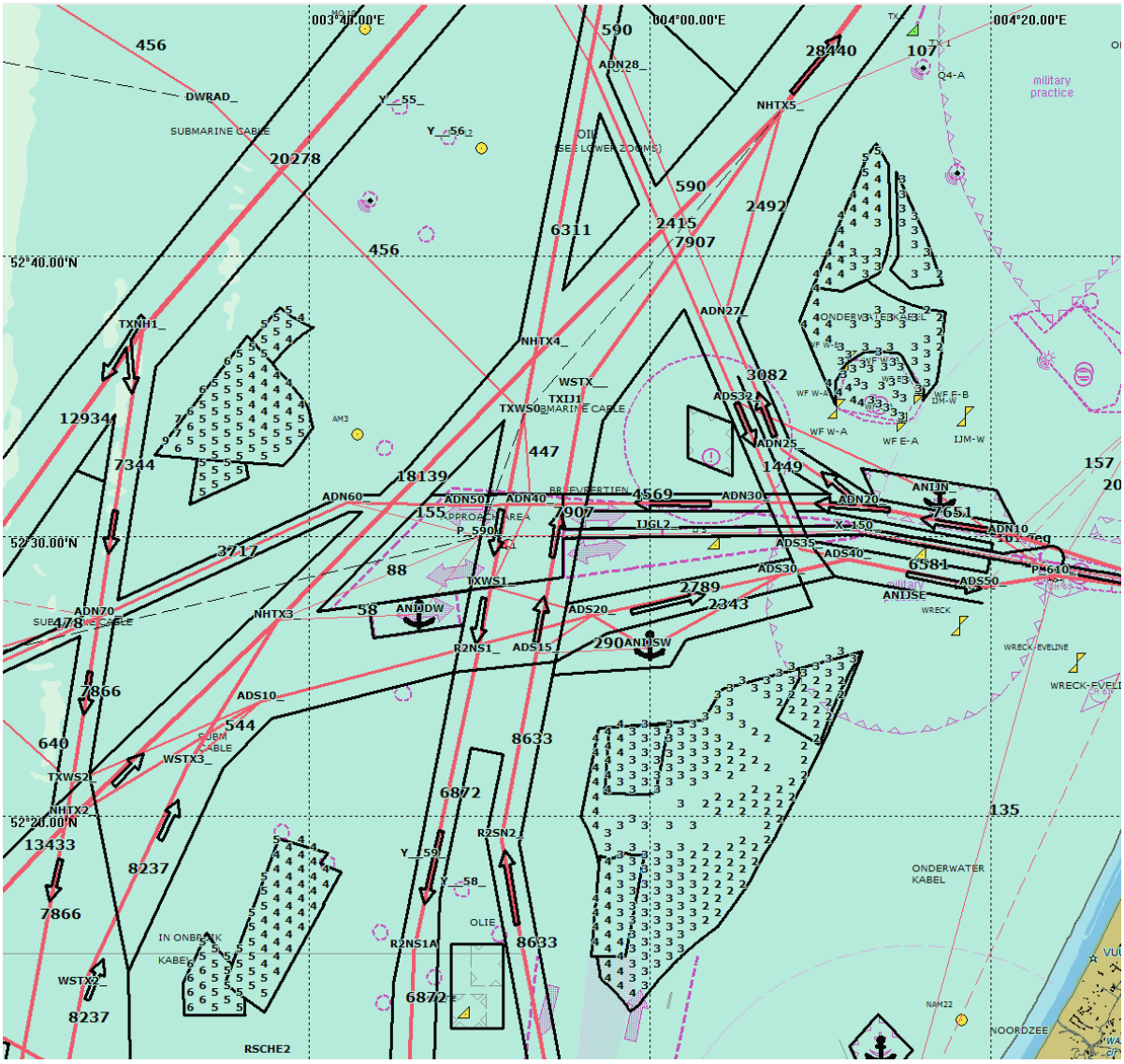
Om de geografische verdeling van de kansen op een aanvaring en aandrijving inzichtelijk te maken is de kans op een incident voor iedere windturbine met een getal aangegeven in de kaart op de locatie van de windturbine. Het getal is steeds de kans (zoals weergegeven in de tabellen) maal tienduizend. Een getal van 2 (dus kans 0,0002) betekent dat er gemiddeld 2 incidenten in tienduizend jaar verwacht worden. Er is de voorkeur gegeven aan een getal in plaats van een kleur, omdat de variatie in risico groot is en een getal direct een indicatie van het risico geeft. Er zijn 12 figuren gemaakt, namelijk voor de minimum- en maximumvariant en voor 2008 en 2020 steeds drie figuren, de eerste met het risico voor alle schepen en vervolgens opgesplitst naar routegebonden schepen (R-schepen) en niet-routegebonden schepen (N-schepen). De figuren voor niet-routegebonden schepen voor 2008 en 2020 zijn gelijk omdat de database voor het niet-routegebonden schepen ongewijzigd is.

Bij het doorlopen van de figuren valt goed op dat het risico van de buitenste windturbines bij de maximumvariant veel groter is dan bij de minimumvariant, vooral voor routegebonden schepen. Dit zorgt voor een grote toename van het risico, dat voor een deel verdwijnt wanneer het risico wordt teruggerekend naar 3000 MW geïnstalleerd vermogen, waarbij wordt uitgegaan van een gemiddeld risico per windturbine. Voor het

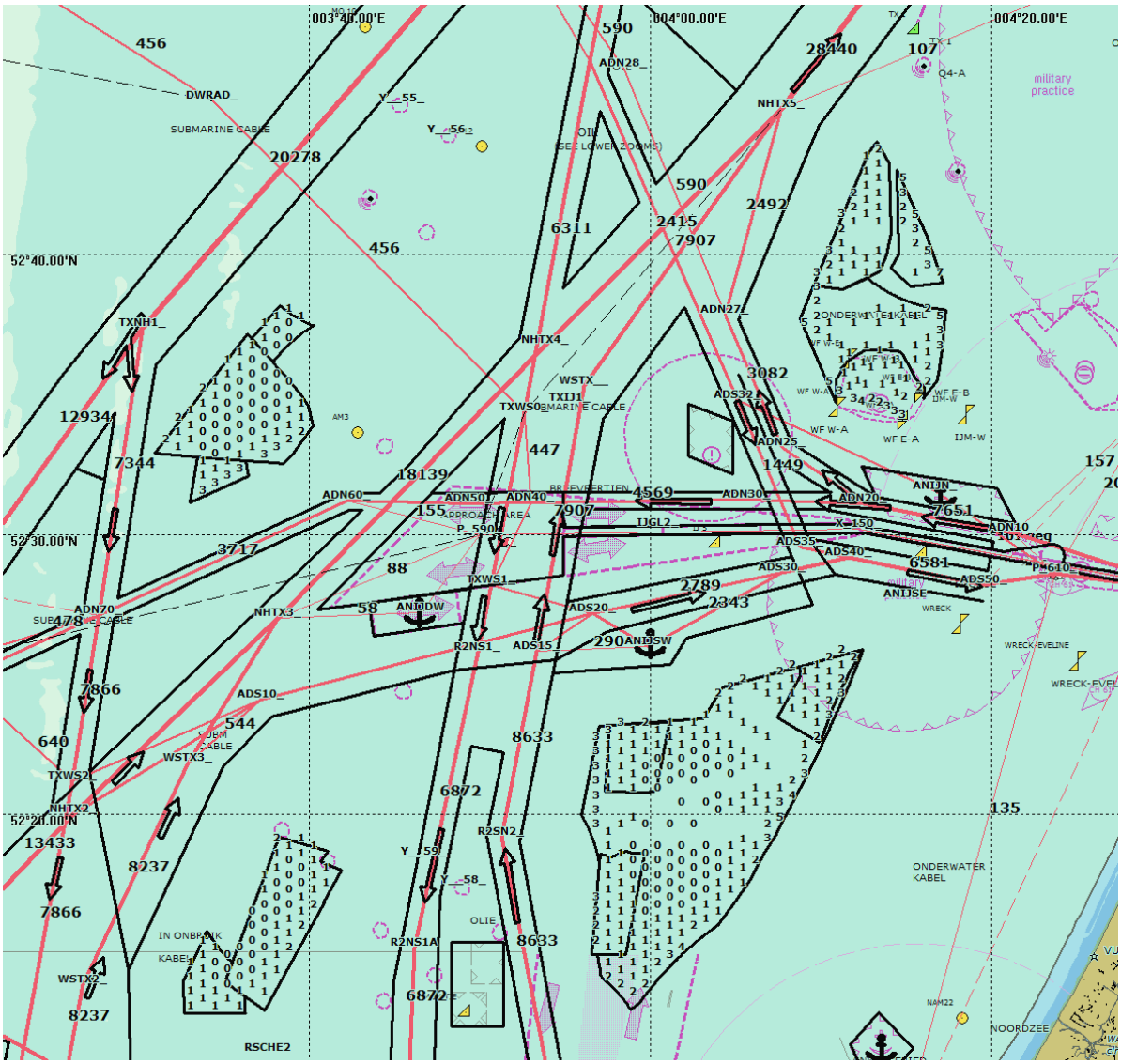
echte risico maakt het wel degelijk uit waar de windturbines uiteindelijk geplaatst worden.



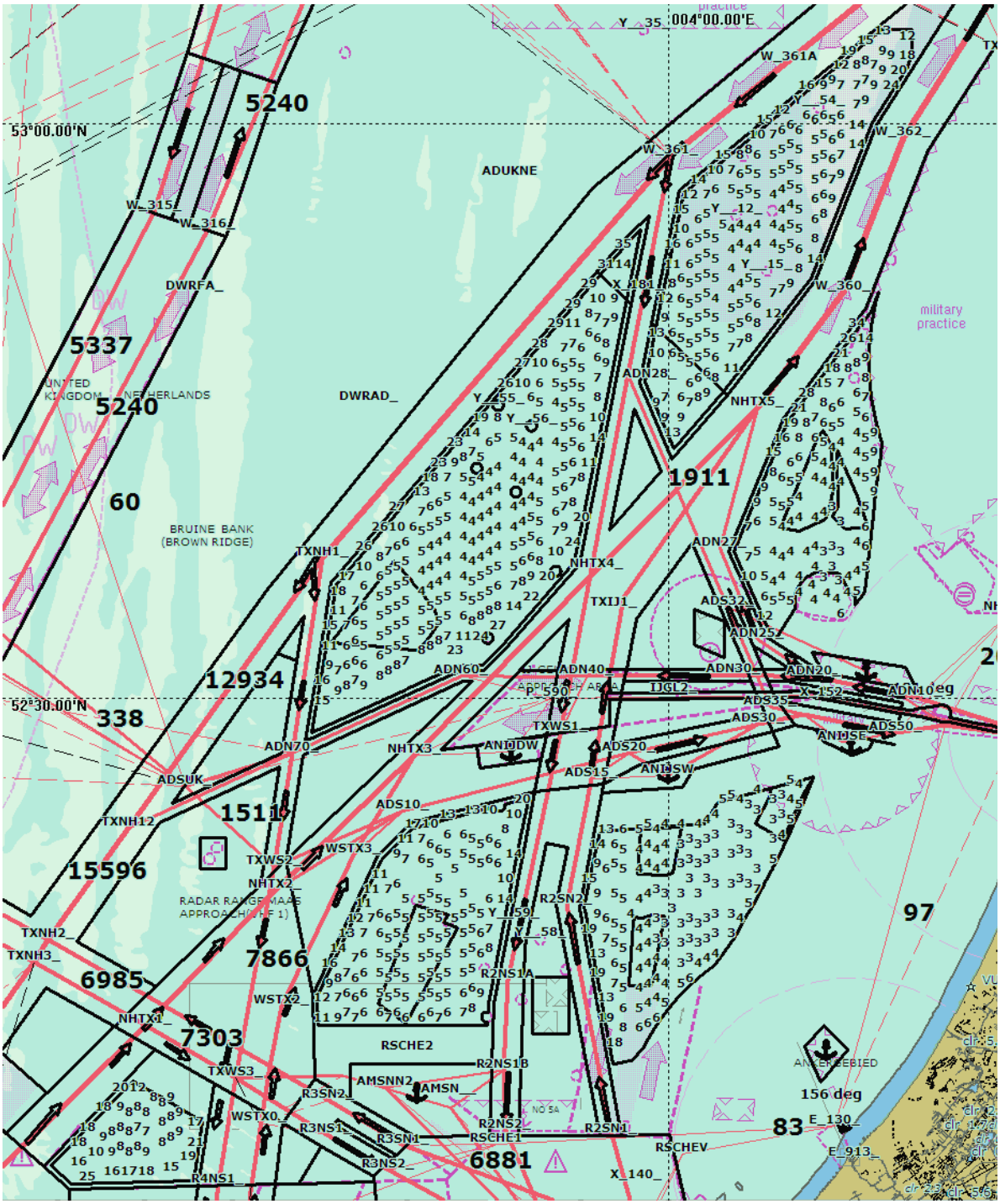
Figuur 6-2 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor alle schepen (R+N) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008***



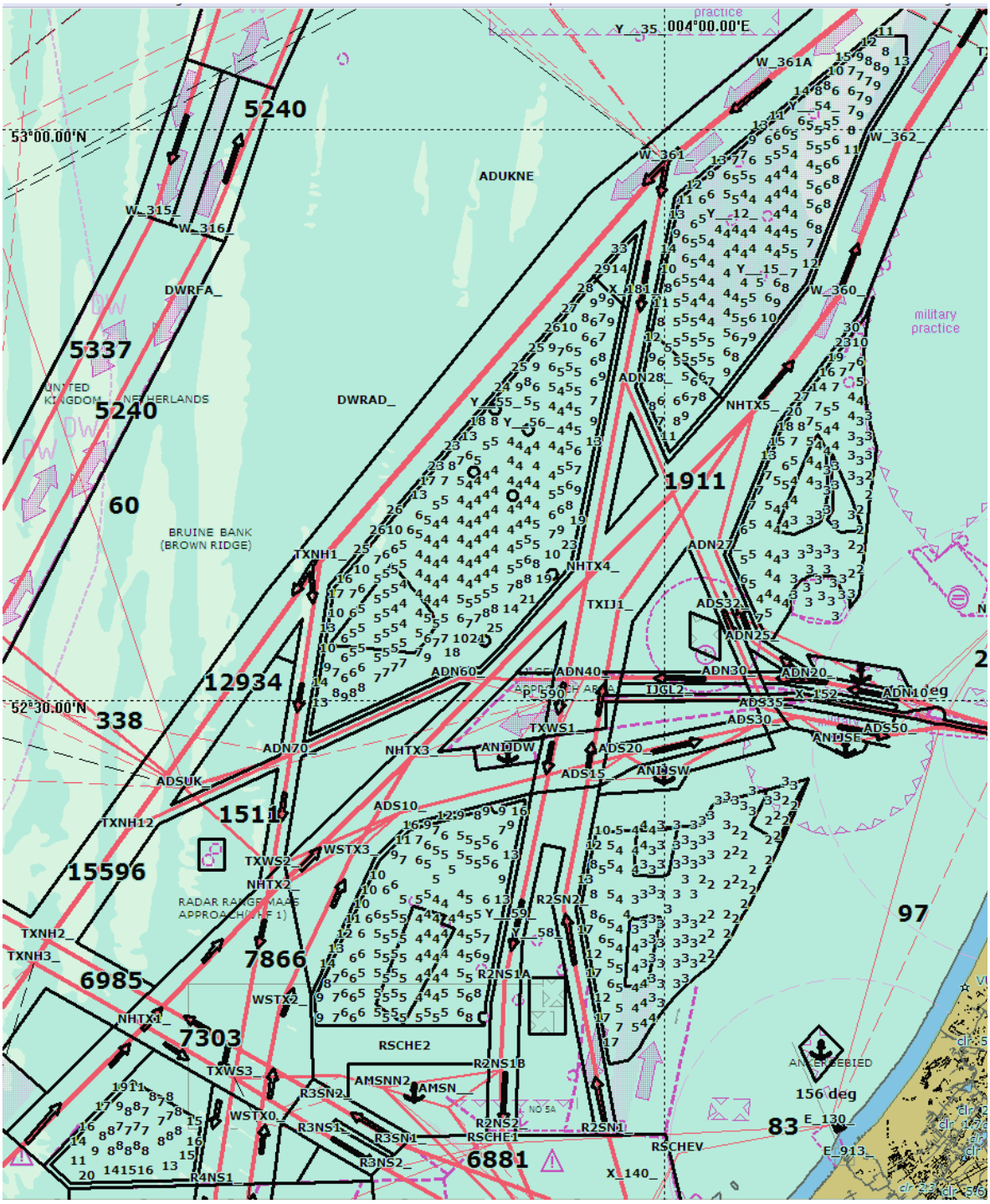
Figuur 6-3 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor routegebonden schepen (R) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008***



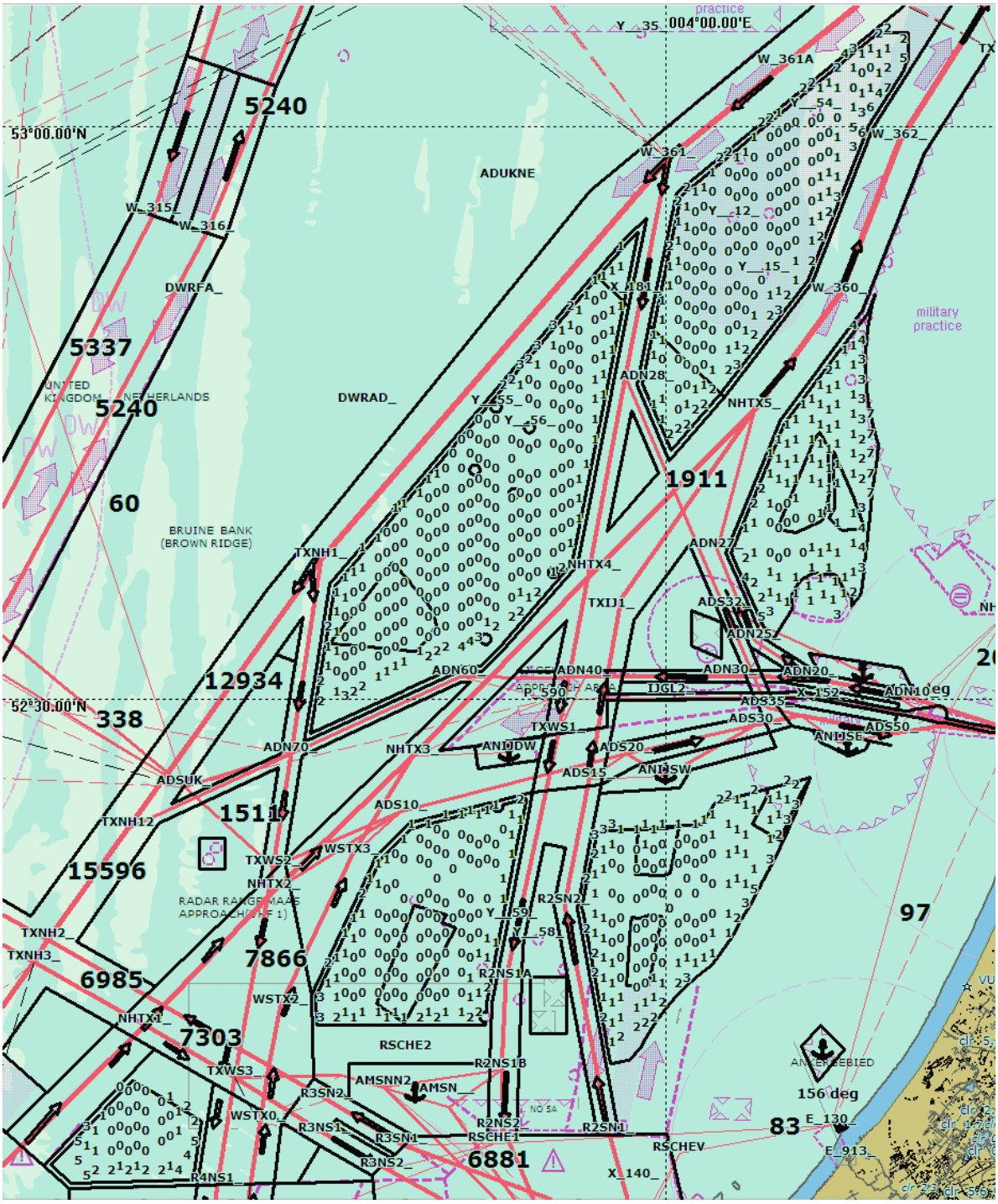
Figuur 6-4 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor niet-routegebonden schepen (N) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008***



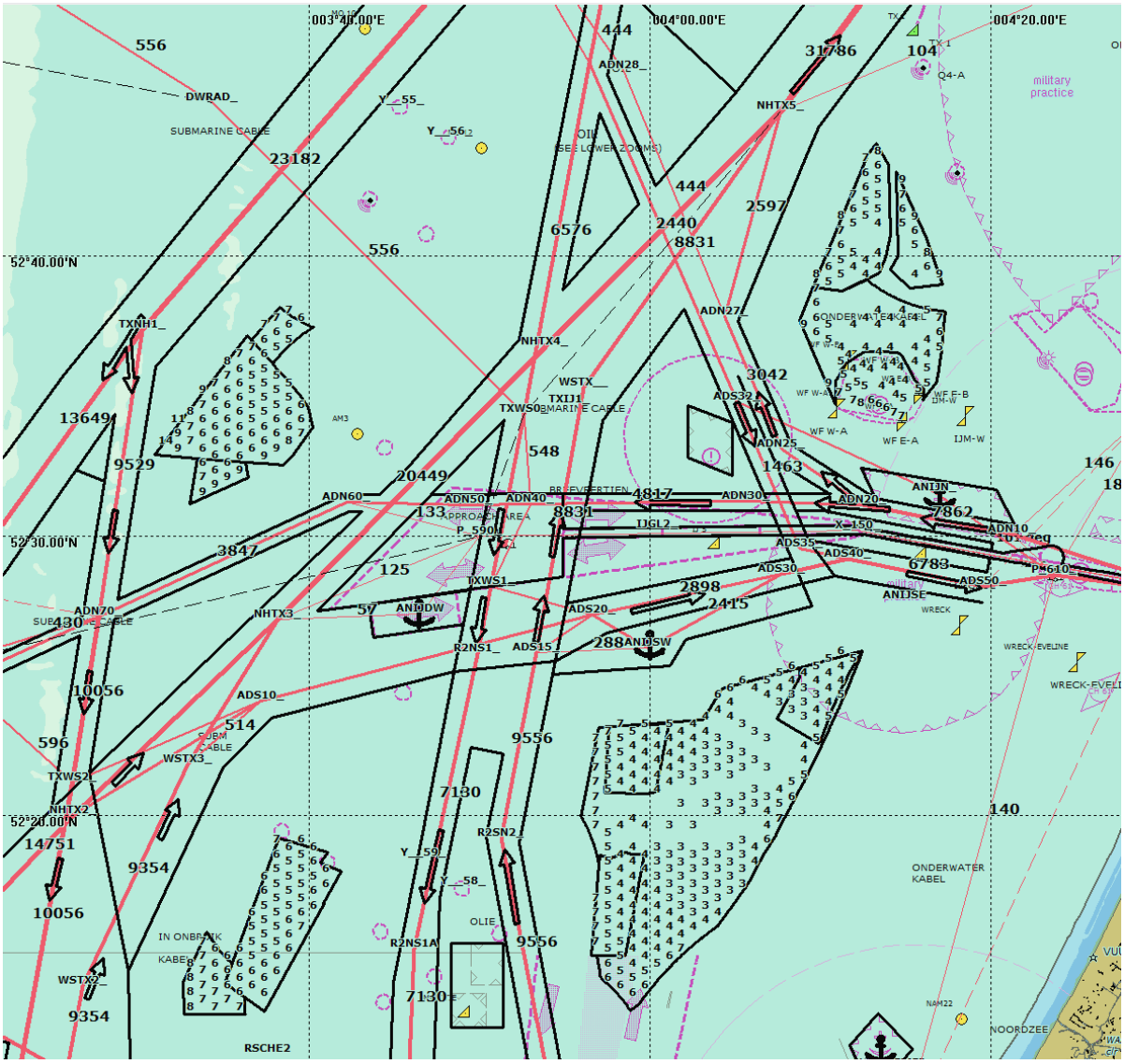
Figuur 6-5 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor alle schepen (R+N) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008***



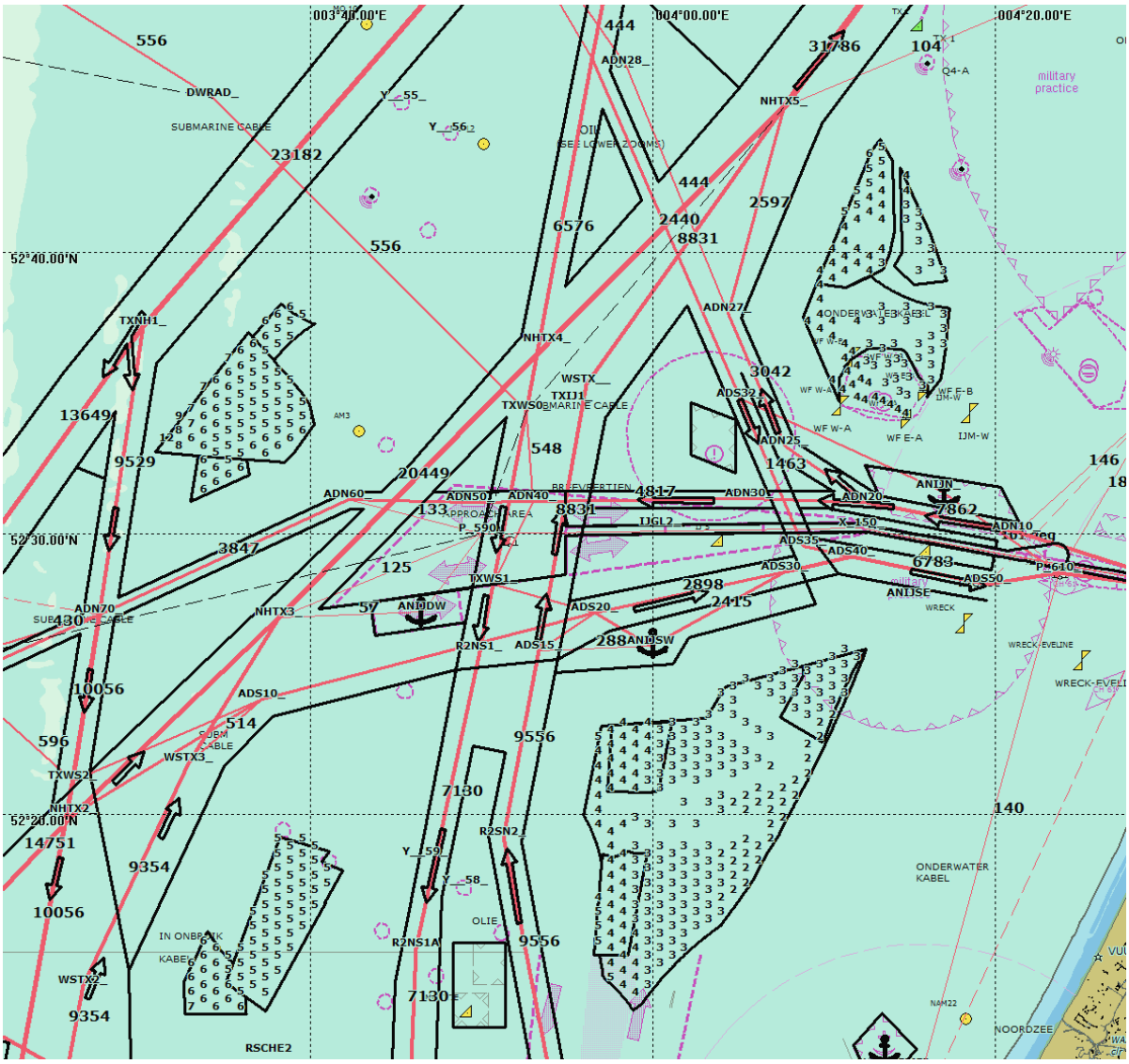
Figuur 6-6 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor routegebonden schepen (R) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008***



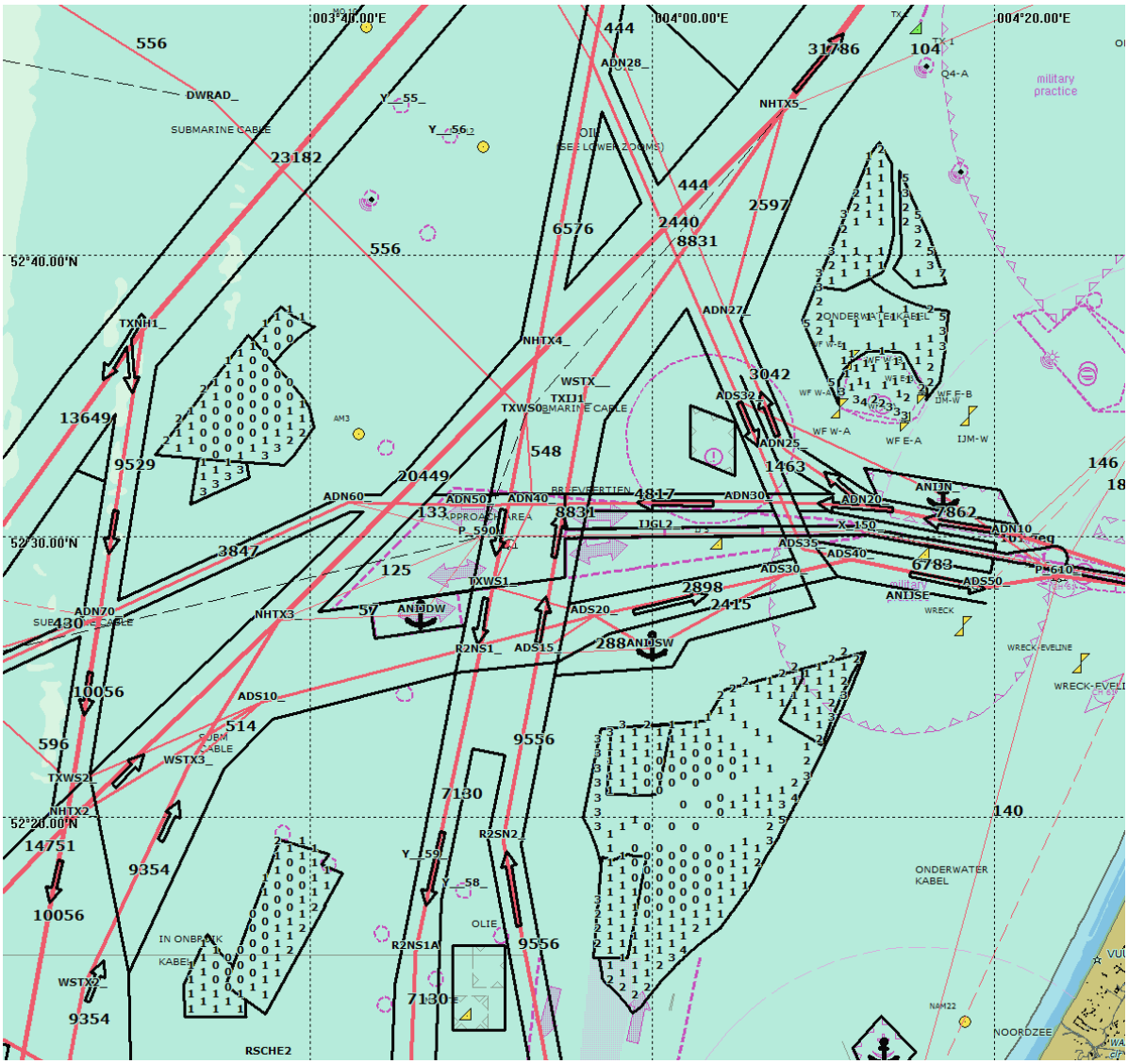
Figuur 6-7 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor niet-routegebonden schepen (N) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2008***



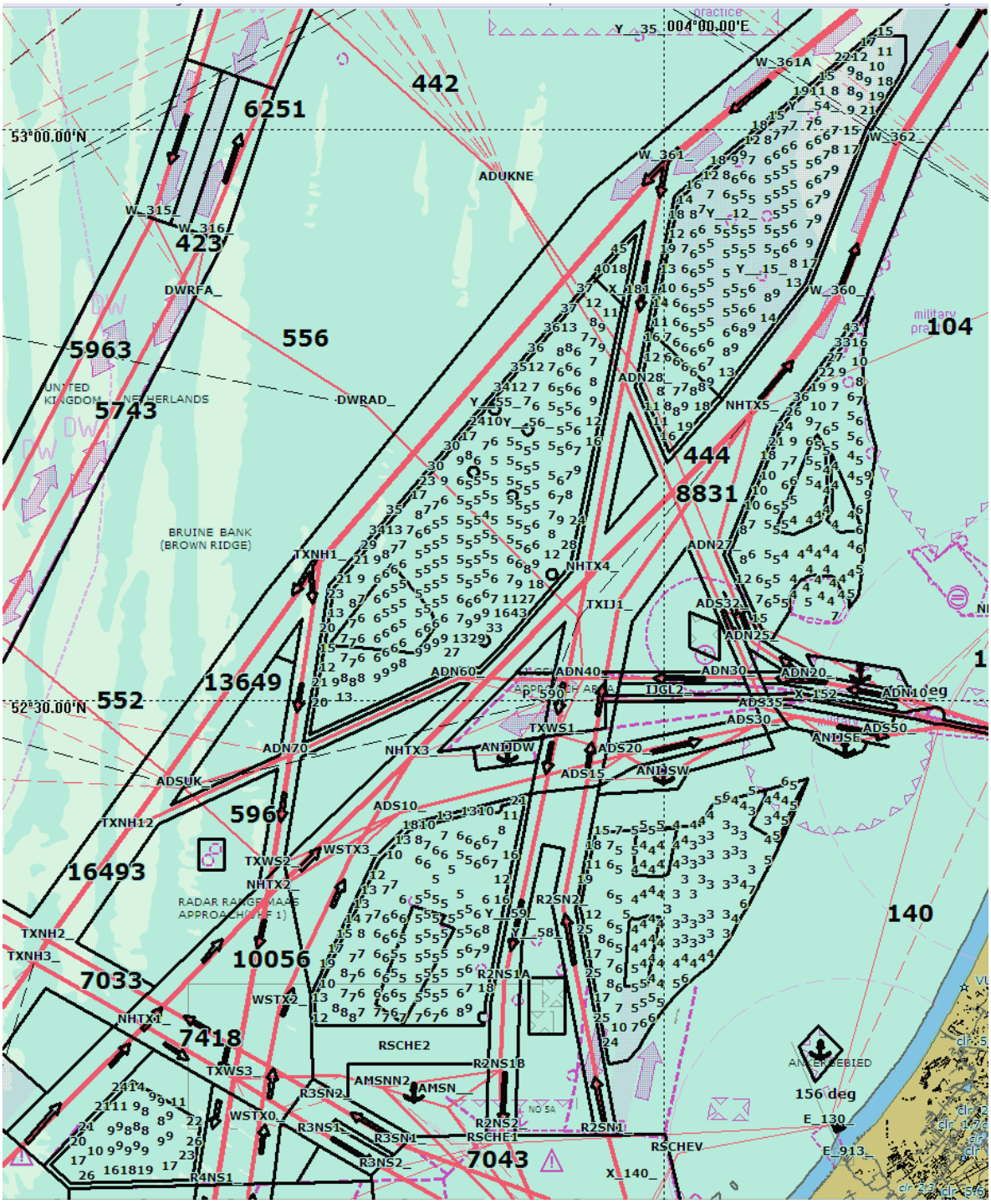
Figuur 6-8 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor alle schepen (R+N) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020***



Figuur 6-9 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor routegebonden schepen (R) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020***



Figuur 6-10 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor niet-routegebonden schepen (N) voor de minimumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020***



Figuur 6-11 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor alle schepen (R+N) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020***



Figuur 6-12 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor routegebonden schepen (R) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020***



Figuur 6-13 ***Aantal incidenten per windturbine in tienduizend jaar voor niet-routegebonden schepen (N) voor de maximumvariant en de verkeersafwikkeling in 2020***

6.3 Milieuschade

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.

Er zijn complexe berekeningen mogelijk om bij een gegeven snelheid bij de aandrijving c.q. aanvaring van de windturbine te bepalen of het schip dusdanig beschadigd wordt dat er een gat in de huid ontstaat. Bij de veiligheidsstudies van windparken is echter steeds een “worst case” benadering toegepast door aan te nemen dat bij een aandrijving een gat in de huid ontstaat bij alle schepen groter dan 1000 GT (ongeveer 96% van de routegebonden scheepvaart), waardoor ladingolie of bunkerolie kan uitstromen. Bij een aanvaring wordt geen uitstroom verwacht, omdat de meeste schade zal ontstaan in het voorste deel van het schip voor het aanvaringsschot.
De verwachting is dat de kans op een uitstroom in de praktijk kleiner zal zijn doordat de aandrijving niet altijd tot een gat in de lading tank van een dubbelwandig schip zal leiden.

Met de worst case benadering is de kans op een uitstroom van ladingolie en bunkerolie bepaald na een aandrijving met een windturbine van windgebied HK. De berekeningen zijn uitgevoerd voor beide varianten en voor het verkeer in 2008 en 2020. De resultaten zijn gegeven in Tabel 6-9, Tabel 6-10 en Tabel 6-11 voor bunkerolie en ladingolie in een aantal onderscheiden uitstroomklassen.

Tabel 6-9 Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie per jaar als gevolg van een aandrijving tegen een windturbine van HK in 2008

Uitstroom van bunkerolie in m^3	Minimumvariant windgebied HK 2008			Maximumvariant windgebied HK 2008		
	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Eens in de …. Jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
0,01-20	0,000134	7458	0,002	0,000179	5598	0,002
20-150	0,004988	200	0,330	0,007280	137	0,482
150-750	0,004226	237	1,576	0,005650	177	2,082
750-3000	0,001770	565	2,449	0,002604	384	3,617
3000-10000	0,000716	1397	2,688	0,001112	899	4,155
Totaal	0,011833	85	7,045	0,016824	59	10,338

Tabel 6-10 Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie per jaar als gevolg van een aandrijving tegen een windturbine van HK in 2008

Uitstroom van ladingolie in m^3	Minimumvariant windgebied HK 2008			Maximumvariant windgebied HK 2008		
	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
20-150	0,000000		0,000	0,000000		0,000
150-750	0,000009	114455	0,003	0,000016	63187	0,006
750-3000	0,000217	4605	0,455	0,000199	5025	0,418
3000-10000	0,000851	1175	4,886	0,000787	1270	4,555
10000-30000	0,000797	1255	10,829	0,000858	1165	11,710
30000-100000	0,000006	168762	0,201	0,000007	150831	0,225
Totaal	0,001880	532	16,374	0,001867	536	16,913

Tabel 6-11 Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie per jaar als gevolg van een aandrijving tegen een windturbine voor HK in 2020

Uitstroom van bunkerolie in m^3	Minimumvariant windgebied HK 2020			Maximumvariant windgebied HK 2020		
	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
0,01-20	0,000096	10421	0,001	0,000128	7830	0,001
20-150	0,004766	210	0,317	0,006989	143	0,464
150-750	0,004655	215	1,701	0,006202	161	2,228
750-3000	0,003139	319	3,922	0,004664	214	5,802
3000-10000	0,001025	976	4,199	0,001568	638	6,384
Totaal	0,013681	73	10,141	0,019550	51	14,879

Tabel 6-12 Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie per jaar als gevolg van een aandrijving tegen een windturbine voor HK in 2020

Uitstroom van ladingolie in m^3	Minimumvariant windgebied HK 2020			Maximumvariant windgebied HK 2020		
	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
20-150	0,000000		0,000	0,000000		0,000
150-750	0,000007	142613	0,003	0,000013	79675	0,005
750-3000	0,000277	3615	0,581	0,000249	4024	0,523
3000-10000	0,000962	1039	6,066	0,000874	1144	5,556
10000-30000	0,000849	1178	11,047	0,000867	1153	11,335
30000-100000	0,000004	262731	0,129	0,000004	239568	0,141
Totaal	0,002099	476	17,825	0,002007	498	17,560

Om beter conclusies te kunnen trekken zijn in Tabel 6-13 de totalen van de voorgaande tabellen verzameld en zijn in Tabel 6-14 verschillende varianten op elkaar gedeeld. Uit Tabel 6-14 kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Bij overgang van de minimum variant naar de maximumvariant geldt dat:
  - de kans op een uitstroom van bunkerolie met 42% toeneemt (getal 1,42 in Tabel 6-14) in 2008 en met 43% in 2020;
  - de kans op een uitstroom van ladingolie met 1% afneemt in 2008 en met 4% in 2020 (getallen 0,99 en 0,96 in Tabel 6-14).

  De kans op een uitstroom neemt toe door de toegenomen kans op een aandrijving door een routegebonden schip, zie ook Tabel 6-8. De afname van de kans op ladingolie komt doordat de olietankers, die voor deze uitstroom zorgen, bij de maximumvariant een andere route volgen.
- Bij overgang van het verkeer van 2008 naar het verkeer van 2020 neemt de kans op een uitstroom van bunker- of ladingolie rond de 15% toe.

Tabel 6-13 Frequentie van een uitstroom van olie als gevolg van een aandrijving tegen een windturbine voor alle varianten

Variant	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Eens in de … jaar
Minimumvariant 2008	0,011833	85	7,045	0,001880	532	16,374	73
Maximumvariant 2008	0,016824	59	10,338	0,001867	536	16,913	54
Minimumvariant 2020	0,013681	73	10,141	0,002099	476	17,825	63
Maximumvariant 2020	0,019550	51	14,879	0,002007	498	17,560	46

Tabel 6-14 Verandering van kans bij overgang van variant of jaar

Overgang	Bunkerolie		Ladingolie		Totaal frequentie
	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	
Maximumvariant 2008/ Minimumvariant 2008	1,42	1,47	0,99	1,03	1,36
Maximumvariant 2020/ Minimumvariant 2020	1,43	1,47	0,96	0,99	1,37
Minimumvariant 2020/ Minimumvariant 2008	1,16	1,44	1,12	1,09	1,15
Maximumvariant 2020/ Maximumvariant 2008	1,16	1,44	1,07	1,04	1,15

6.4 Conclusies

Uit de berekeningen volgen de kansen op de volgende incidenten:

De kans op een aanvaring of een aandrijving met een van de 636 windturbines (576x5MW + 60x2MW=3000 MW) van de minimumvariant HK bedraagt in 2020 0,32 per jaar, ofwel een incident eens in de 3,1 jaar (uit Tabel 6-5). Eens in 63 jaar wordt daarbij een uitstroom van olie verwacht van gemiddeld 1772 m^3 (= (10,141+17,825) / (0,013681+0,002099) uit Tabel 6-13).

De kans op een aanvaring of een aandrijving met 636 windturbines (576x5MW + 60x2MW=3000 MW) geplaatst in de maximumvariant van HK in 2020 is gemiddeld 0,54 per jaar, ofwel een incident eens in de 1,8 jaar (uit tabel Tabel 6-6). Eens in 46 jaar wordt daarbij een uitstroom van olie verwacht van gemiddeld 1505 m^3 (= (14,879+17,560) / (0,019550+0,002007) uit Tabel 6-13). Deze resultaten zijn gebaseerd op de gemiddelde resultaten uit de berekeningen voor 2173 windturbines van 5 MW en de 60 bestaande windturbines van windpark Prinses Amalia, dus 10985 MW die geplaatst was in de maximumvariant HK.

7 RISICO REDUCERENDE MAATREGELEN

De berekeningen zijn uitgevoerd zonder risico reducerende maatregelen. De risico reducerende maatregel met het meeste effect is de inzet van een bergingsvaartuig (Emergency Towing Vessel of ETV genoemd). Deze taak is in 2010 door de Ievoli Black overgenomen van de Waker welk schip na een brand in 2009 niet meer inzetbaar was. Zodra een drifter wordt gemeld en assistentie nodig is, wordt de Ievoli Black er op af gestuurd. Omdat de kans op een storing groter is bij slecht weer condities en de driftsnelheid onder deze omstandigheden ook groter is, vertrekt de Ievoli Black windkrachten vanaf 5 Beaufort preventief naar zee en kiest positie nabij de belangrijkste scheepvaartroutes bij de Waddeneilanden.
Een ETV in de buurt van windparken kan de kans op een aandrijving reduceren. Een reductie van 50% wordt geschat op basis van eerder uitgevoerde veiligheidsstudies voor windparken en is alleen haalbaar wanneer de ETV voldoende dichtbij het windpark aanwezig is. De berekeningen met een ETV vallen buiten de scope van dit onderzoek.

8 CONCLUSIES, UITGANGSPUNTEN EN SLOTOPMERKINGEN

Conclusies

De belangrijkste resultaten van de berekeningen zijn voor 2008 samengevat in Tabel 8-1 en voor 2020 in Tabel 8-2. Als basis situatie (T0-situatie) is uitgegaan van de situatie met de twee gebouwde windparken OWEZ en Prinses Amalia, en waarbij de scheepsbewegingen van 2008 worden gerouteerd door de nieuwe routestructuur die vanaf 1 augustus 2013 van kracht is.
Om inzicht te verkrijgen in de verandering van het risico naar de toekomst is ook een voorspelling gemaakt van het risico voor 2020. Tabel 8-3 bevat de verandering van de incidenten per jaar in 2020 ten opzichte van 2008.

Tabel 8-1 Aantal incidenten per jaar buiten en binnen het windgebied in 2008

Omschrijving	eenheid	minimumvariant				maximumvariant			
		volgebouwd			gecorri-geerd	volgebouwd			gecorri-geerd
		R	N	R+N	R+N	R	N	R+N	R+N
Geïnstalleerd vermogen	MW	2340	2340	2340	3000	10980	10980	10980	3000
Aantal windturbines		504	504	504	636	2233	2233	2233	636
Correctie factor naar 3000 MW					636/504				636/2233
Incidenten buiten windpark in berekeningsgebied van Fig.6-1									
Aanvaringen schip-schip	schepen/jaar			12,086				12,101	
Overige incidenten gesommeerd	aantal/jaar			27,122				27,139	
Aantal slachtoffers		4,423				4,473			
Kosten aanvaringen en zinken	M€	59,5				59,6			
Omvaren	Mnm			0,000				0,042	
Incident met olieuitstroom				0,392				0,392	
Olielozing	m^3/jaar			5329,2				5333,5	
Incidenten scheepvaart windpark									
Aanvaring schip-windturbine	aantal/jaar	0,0046	0,0304	0,0350	0,0442	0,3843	0,0784	0,4628	0,1318
Aandrijving schip-windturbine	aantal/jaar	0,1740	0,0268	0,2008	0,2534	1,0811	0,0925	1,1736	0,3343
Aanvaren+aandrijven	aantal/jaar	0,1786	0,0572	0,2358	0,2975	1,4654	0,1710	1,6363	0,4661
Incidenten met olieuitstroom	aantal/jaar			0,0109	0,0137			0,0656	0,0187
Olielozing m3/jr	m^3/jaar			18,6	23,4			95,7	27,3

Tabel 8-2 Aantal incidenten per jaarbuiten en binnen het windgebied in 2020

Omschrijving	eenheid	minimumvariant				maximumvariant			
		volgebouwd			gecorri-geerd	volgebouwd			gecorri-geerd
		R	N	R+N	R+N	R	N	R+N	R+N
Geïnstalleerd vermogen	MW	2340	2340	2340	3000	10980	10980	10980	3000
Aantal windturbines		504	504	504	636	2233	2233	2233	636
Correctie factor naar 3000 MW					636/504				636/2233
Incidenten buiten windpark in berekeningsgebied van Fig.6-1									
Aanvaringen schip-schip	schepen/jaar			13,089				13,101	
Overige incidenten gesommeerd	aantal/jaar			29,049				29,057	
Aantal slachtoffers		5,659				5,688			
Kosten aanvaringen en zinken	M€	63,8				63,9			
Omvaren	Mnm			0,000				0,041	
Incident met olieuitstroom				0,413				0,414	
Olielozing	m^3/jaar			5162,3				5165,7	
Incidenten scheepvaart windpark									
Aanvaring schip-windturbine	aantal/jaar	0,0071	0,0304	0,0375	0,0473	0,5265	0,0784	0,6049	0,1723
Aandrijving schip-windturbine	aantal/jaar	0,1927	0,0268	0,2195	0,2770	1,2028	0,0925	1,2954	0,3689
Aanvaren+aandrijven	aantal/jaar	0,1998	0,0572	0,2570	0,3243	1,7293	0,1710	1,9003	0,5412
Incidenten met olieuitstroom	aantal/jaar			0,0125	0,0158			0,0757	0,0216
Olielozing m3/jr	m^3/jaar			22,2	28,0			113,9	32,4

Tabel 8-3 Verandering aantal incidenten per jaar van 2008 naar 2020

Omschrijving	eenheid	minimumvariant				maximumvariant			
		volgebouwd			gecorri-geerd	volgebouwd			gecorri-geerd
		R	N	R+N	R+N	R	N	R+N	R+N
Geïnstalleerd vermogen	MW	2340	2340	2340	3000	10980	10980	10980	3000
Aantal windturbines		504	504	504	636	2233	2233	2233	636
Correctie factor naar 3000 MW					636/504				636/2233
Incidenten buiten windpark in berekeningsgebied van Fig.6-1									
Aanvaringen schip-schip	schepen/jaar			1,003				1,001	
Overige incidenten gesommeerd	aantal/jaar			1,895				1,886	
Aantal slachtoffers		1,236				1,215			
Kosten aanvaringen en zinken	M€	4,4				4,3			
Omvaren	Mnm			0,000				-0,001	
Incident met olieuitstroom				0,021				0,021	
Olielozing	m^3/jaar			-166,9				-167,8	
Incidenten scheepvaart windpark									
Aanvaring schip-windturbine	aantal/jaar	0,0025	0,0000	0,0025	0,0032	0,1422	0,0000	0,1422	0,0405
Aandrijving schip-windturbine	aantal/jaar	0,0187	0,0000	0,0187	0,0236	0,1218	0,0000	0,1218	0,0347
Aanvaren+aandrijven	aantal/jaar	0,0212	0,0000	0,0212	0,0268	0,2639	0,0000	0,2639	0,0752
Incidenten met olieuitstroom	aantal/jaar			0,0016	0,0021			0,0101	0,0029
Olielozing m3/jr	m^3/jaar			3,6	4,5			18,2	5,2

Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies worden verwoord voor 2020:

Voor de ongevallen buiten het windgebied:

- Bij de minimumvariant hoeft geen enkel routegebonden schip een andere route te volgen, waardoor het risico buiten het windpark niet verandert;

- Bij de maximumvariant moet een klein aantal schepen (tankers en ferries) een andere route gaan volgen waardoor 1 extra aanvaring in 83 jaar wordt verwacht voor de verkeersintensiteit van 2020;

Voor het risico op een aanvaring of aandrijving met een windturbine:

- De kans op een aanvaring of een aandrijving met een van de 636 windturbines (576x5MW + 60x2MW=3000 MW) van de minimumvariant HK bedraagt in 2020 0,32 per jaar, of wel een incident eens in de 3,1 jaar. Eens in 63 jaar wordt daarbij een uitstroom van olie verwacht van gemiddeld 1772 m^3.

- De kans op een aanvaring of een aandrijving met 636 windturbines (576x5MW + 60x2MW=3000 MW) geplaatst in de maximumvariant van HK in 2020 is gemiddeld 0,54 per jaar, of wel een incident eens in de 1,8 jaar. Eens in 46 jaar wordt daarbij een uitstroom van olie verwacht van gemiddeld 1505 m^3. Deze resultaten zijn de gemiddelde waarden uit de berekeningen voor 2173 windturbines van 5 MW en de 60 bestaande windturbines van windpark Prinses Amalia, dus 10985 MW die geplaatst was in de maximumvariant HK.

- Het risico van de top 10 windturbines is bij de maximumvariant 3,8 keer zo groot als bij de minimumvariant in 2008 en 4,3 keer zo groot in 2020, doordat de afstand tussen de scheepvaart en de windturbines van 2 nm is afgenomen tot 500 m;

- De overgang van de verkeersdatabase van 2008 naar 2020 heeft ook een risico verhoging voor de top 10 turbines tot gevolg, namelijk van 10% voor de minimumvariant en 26% voor de maximumvariant wat volgt bij vergelijken van het totaal van de risico's van de top 10 uit Tabel 6-3 - Tabel 6-6).

- Bij overgang van de minimum variant naar de maximumvariant in 2020 (uit Tabel 6-8) geldt dat:
  - de kans op een aanvaring door een routegebonden schip 17 keer zo groot wordt;
  - de kans op een aandrijving door een routegebonden schip met 41% toeneemt;
  - de kans op een aanvaring door een niet-routegebonden schip met 42% afneemt;
  - de kans op een aandrijving door een niet-routegebonden schip met 22% afneemt.

  De toename van het risico voor het routegebonden verkeer komt doordat de afstand tussen de rand van de vaarroute en de buitenste windturbines van 2 nm bij de minimumvariant wordt verkleind tot 500 m bij de maximumvariant. Er komen meer risicovolle windturbines bij.
  Bij het niet-routegebonden verkeer zijn er twee tegengestelde effecten. Het risico voor een individueel niet routegebonden schip dat langs een windpark

vaart verandert nauwelijks omdat de afstand van 500 m gelijk blijft. Het totale risico neemt toe doordat er meer verkeer naar net buiten het windpark wordt verplaatst. Door het grotere gebied zijn er echter meer interne windturbines met een heel laag risico, waardoor het risico voor veel meer turbines laag blijft. Na sommatie van het risico over alle windturbines blijkt dit laatste effect groter te zijn dan het eerste waardoor het gemiddelde risico per windturbine kleiner is.

- Bij overgang van het verkeer van 2008 naar het verkeer van 2020 geldt dat:
  - de kans op een aanvaring door een routegebonden schip bij de minimumvariant met 55% toeneemt en bij de maximumvariant met 37%;
  - de kans op een aandrijving door een routegebonden schip in beide varianten met 11% toeneemt;
  - de kansen voor het niet-routegebonden verkeer niet veranderen omdat de niet-routegebonden database onveranderd is gebleven.

Uitgangspunten en slotopmerkingen

Bij gemaakte aannamen voor het uitvoeren van de berekeningen is, indien nodig, steeds uitgegaan van een worst-case benadering.

Bij de berekening van de kansen is aangenomen dat een driftend schip niet wordt geremd door een windturbine. Een driftend schip kan dus meerdere windturbines raken voordat de storing wordt verholpen of externe hulp arriveert.

Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met mogelijke interventie van een sleepboot die een aandrijving kan voorkomen. Een ETV is de beste risicoreducerende maatregel met betrekking tot het voorkomen van een aandrijving met een windturbine.

Bij gelijkblijvend geïnstalleerd vermogen zal het risico toenemen bij gebruik van windturbines met een kleiner vermogen dan 5 MW en afnemen bij gebruik van windturbines met een groter vermogen. Het risico is min om meer evenredig met het aantal windturbines.

Bij het bepalen van de kans op een uitstroom van olie is ook een conservatieve benadering gevolgd door aan te nemen dat er in de scheepshuid een gat ontstaat in de bij alle schepen die tegen een windturbine aandrijven en groter zijn dan 1000GT, dus ook een gat in de ladingtank van dubbelwandige tankers. Dit zijn bijna alle routegebonden schepen.

Er wordt aangenomen dat de niet-routegebonden schepen die in het gebied van het windpark opereren, na bouw van het windpark vlak bij het windpark opereren. Dit is een “worst case” benadering omdat ze zich in de praktijk over een groter gebied zullen verspreiden. Wanneer echter de ruimte steeds meer beperkt gaat worden voor het niet-routegebonden verkeer, dan zal dit verkeer zich steeds meer gaan mengen met het routegebonden verkeer waardoor de kans op een aanvaring tussen een routegebonden schip en een niet routegebonden schip gaat toenemen. Dit aspect is tot op heden niet meegenomen omdat het effect hiervan niet groot zal zijn en onvoldoende bekend is wat het effect van een windpark op het niet routegebonden verkeer zal zijn. Bovendien blijkt uit alle berekeningen dat er meer incidenten met de windturbines te verwachten zijn dan incidenten buiten de windparken. Echter bij windgebieden van de grootte richting de maximumvariant mag dit niet langer onderbelicht blijven.

Belangrijk hiervoor is de vraag of medegebruik van de ruimte van een windpark door kleine scheepvaart en visserij van de windgebieden mogelijk is. In de NRD [1] is opgenomen dat dit in een afzonderlijk traject zal worden onderzocht.

REFERENTIES

[1] Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Windenergiegebieden op zee, Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD)
april 2013

[2] C. van der Tak
Verkeerseffecten Windparken
MARIN, rapport 23601.620/4, 18 december 2009

[3] C. van der Tak
Quantitative Risk Assessment for offshore wind farms in the North Sea,
MARIN, report 23601.621 May 3, 2010

[4] Routeing of ships, ship reporting and related matters. Report on the safety assessments for the proposed route structure on the North Sea off the Coast of the Netherlands, IMO/NAV 58/INF.2, 29 March 2012

[5] C. van der Tak
Quantitative Risk Assessment for the proposed route structure in the North Sea,;
MARIN, report 25648-1-MSCN-rev.2, November 30, 2011

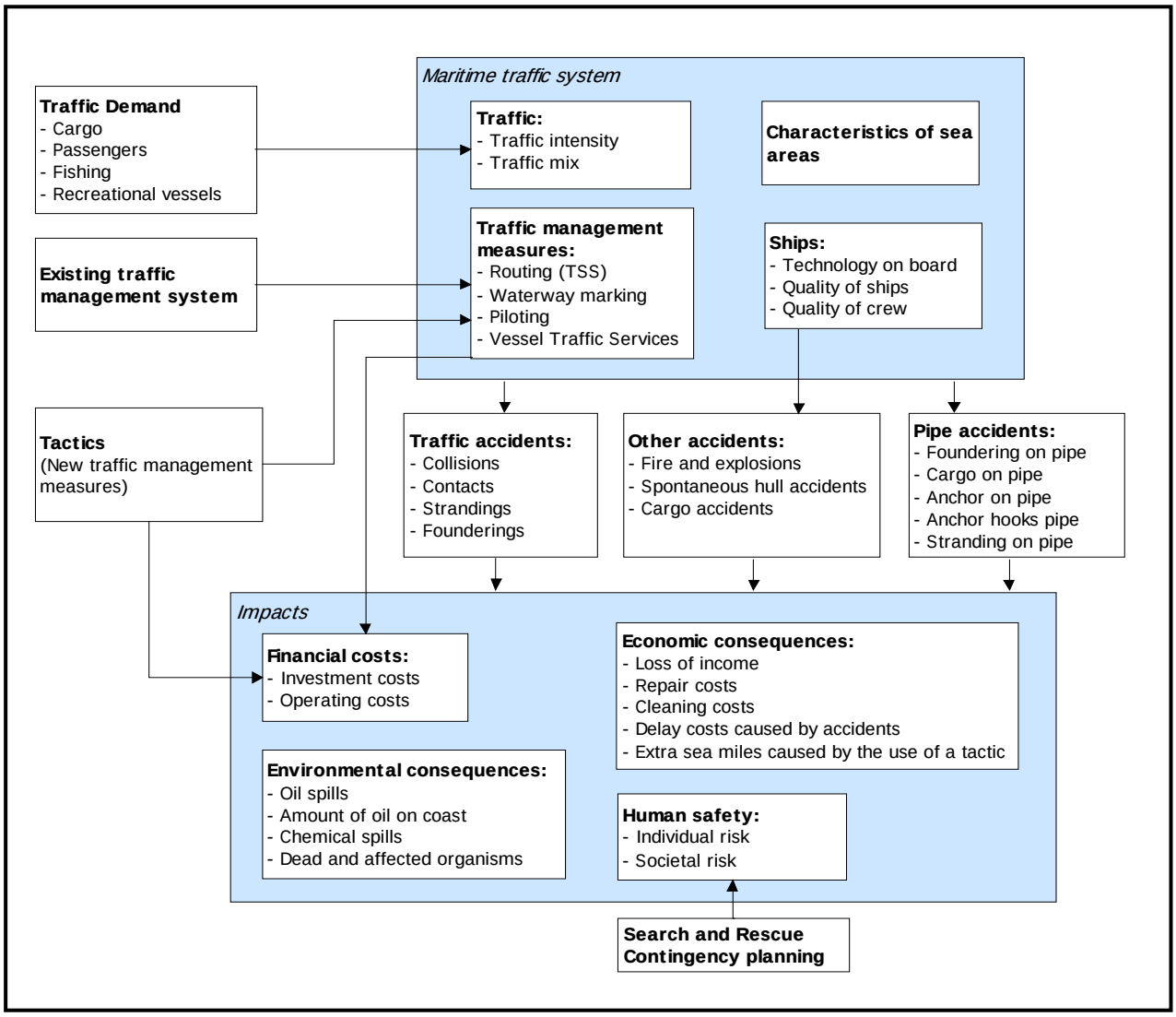
BIJLAGE A: BESCHRIJVING SAMSON-MODEL

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 letstel.

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 [6]. In de executive summary van POLSSS, Policy for Sea Shipping Safety [7], wordt beschreven op welke wijze SAMSON gebruikt is om de kosten en gevolgen van een groot aantal beleidsmaatregelen te voorspellen. Het model is in de afgelopen 25 jaar continu verder uitgebouwd en verbeterd gedurende studies voor de overheid, in Europese research projecten en bij de uitvoering van commerciële projecten.

In Figuur A- 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 A- 1 SAMSON; systeem diagram

De modelparameters zijn bepaald uit analyse van de wereldwijde ongevallendatabase van 1990-2006 van Lloyds' Register Fairplay.
Daar waar mogelijk, zijn steeds de uitkomsten van SAMSON vergeleken met de gevonden waarden uit historische ongevalsdatabases. Steeds werd een goede overeenkomst gevonden, wat vertrouwen geeft in toepassing van het model in gebieden waar wegens gebrek aan data geen validatie kan plaatsvinden.

Het SAMSON-model is uitermate geschikt om te worden toegepast voor ongevalsvoorspellingen in een veranderende situatie. Dit komt omdat het model het aantal ongevallen voorspelt op basis van *"exposures*", zijnde gevaarlijke situaties die optreden bij de afwikkeling van het scheepvaartverkeer. De *"exposures"* worden berekend op basis van de beschrijving van het scheepvaartverkeer, de scheepskarakteristieken en het vaargebied. De ongevalscasuïstiek is gebruikt voor het bepalen van het verband tussen de *"exposures"* en het aantal ongevallen. Dit verband is ondergebracht in de modelparameters van de ongevalskansmodellen. Door toepassen van het SAMSON-model op een nieuwe in modeltermen beschreven situatie wordt het aantal ongevallen dat verwacht kan worden in de nieuwe situatie bepaald.

SAMSON voorspelt het aantal ongevallen en de gevolgen van de ongevallen op basis van de volgende beschrijving van de afwikkeling van de scheepvaart. Het verkeersmodel bevat:

- Scheepvaartroutes (links). Beschrijving van begin- en eindpunten van links.
- Scheepskarakteristieken per cel van de scheepsmatrix (lengte, breedte, diepgang, GT, DWT , lay-out lading tanks en bunkertanks etc.). De scheepsmatrix voor routegebonden schepen ((koopvaardijschepen) bevat 36 scheepstypen en 8 scheepsgrootte klassen en het niet routegebonden verkeer is onderverdeeld naar werkvaart, visserij (varend en vissend), suppliers en recreatie.
- Intensiteiten:
  - Voor routegebonden schepen (koopvaardijschepen) het aantal passages per link per jaar in iedere matrixcel.
  - Voor niet routegebonden schepen (werkvaart, visserij, supplyvaart en recreatie) de dichtheid aan schepen in een gebied per matrixcel.
- Laterale verdeling van de scheepvaart varende over een link.
- Een beschrijving van het vaargebied. Kustlijn en strandingslijnen.

In het huidige SAMSON-model is het scheepvaartverkeer voor 1987, 1995 en 2000, 2004 en 2008 beschreven op basis van alle scheepsbewegingen over de Noordzee in het beschouwde jaar. Deze informatie is van Lloyd's Marine Intelligence Unit gekocht en verwerkt.

Het SAMSON-model bevat modellen die de ongevalskansen bepalen voor de volgende ongevalstypen:

- Schip – schip (beide varend)
- Schip – ankerligger (aanvaring waarbij het aangevaren schip voor anker ligt)
- Schip – platform (een schip dat tegen een platform aanvaart of aandrijft)
- Schip – pier (een schip dat tegen een pier, havenhoofd of andere constructie aanvaart of aandrijft
- Schip dat zinkt (door schuiven van lading, of doordat spontaan een lek ontstaat door de slechte conditie waarin het schip verkeert al dan niet in combinatie met slechte weersomstandigheden)
- Schip dat strandt / vastloopt op de grond.
- Brand of explosie aan boord van een schip.
- Het incident dat een schip een storing krijgt, waardoor het niet meer in de hand te houden is en op drift raakt, waarbij een van de hierboven genoemde gebeurtenissen kan optreden.

Voor ieder van de bovengenoemde typen kan de ongevalsfrequentie in een bepaald gebied op zee bepaald worden en een schatting worden gegeven van de kans op een uitstroom. Alle frequenties worden gegeven verdeeld over scheepstypen en scheepsgroottes. De verdeling over de scheepstypen en groottes wordt vooral gebruikt in de vervolgberekeningen om de consequenties van de gebeurtenissen te bepalen in termen van doden, schade aan schip, mogelijk verlies van een platform, windmolen of ander object. Deze vervolgberekeningen zitten niet in de schil van SAMSON maar bepalen wel mede de kracht van SAMSON.

Verder bevat SAMSON een mogelijkheid om bepaalde grootheden aan een scheepstype en grootte te koppelen. Deze optie wordt gebruikt voor het berekenen van emissies naar lucht en water.

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 type 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 navigatie fout, 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.

Toepassingen

Het SAMSON is inmiddels gebruikt in een groot aantal verschillende studies, waaronder:

- Ten minste 25 aanvaarrisico studies voor offshore platforms;
- Ten minste 30 safety assessment studies voor mogelijke locaties voor offshore windparken in de Nederlandse, Duitse, Belgische en Franse sector;
- Safety assessment studie voor de aanpassing van het scheidingsstelsel bij de aanloop naar Rotterdam;
- Verschillende risicostudies voor afgemeerde schepen, waarbij gekeken is naar de aanvaarkansen door passerende schepen;
- Capaciteitsstudie voor SAR (Search and Rescue) op het Nederlandse Continentaal Plat;
- Capaciteitsstudie voor sleepboot- en bergingscapaciteit op het Nederlandse Continentaal Plat;
- Bijdrage aan de capaciteitsstudie voor de oliebestrijding op de Noordzee, waarbij de kans, het volume en de locatie van een mogelijke olieuitstroom bepaald is;
- Effect van de verdieping van de Westerschelde;
- Verschillende QRA-studies voor de aanlanding van LNG voor verschillende havens (Ferrol (Spanje), Rotterdam (twee studies), Eemshaven, Goldboro (Canada), Le Verdon (Frankrijk), Zeebrugge (België)).

Referenties

[6] C. van der Tak, J.H. de Jong
Safety Management Assessment Ranking Tool (SMART)
8th International Symposium on Vessel Traffic Services 1996

[7] 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

[8] W.H. van Iperen, Y. Koldenhof, C. van der Tak
Technical Documentation SAMSON
MARIN 18591.620/TECH_DOC/2, 18591.620, June 2009