

Veiligheid en beveiliging van offshore Windturbineparken Integrale veiligheidsstudie

J.A. van Dalfsen, J.E. Tamis, J.T. van der Wal, V.G.
Blankendaal (TNO), M. P.N. Spruijt (TNO),
Th. Logtenberg (TNO), J.C.M. Kleijweg (TNO),
W.F.M. van der Heijden (TNO), Q.Sluijs /Luuk Folkers (Ecofys),
E. Leemans (Stichting de Noordzee)

Rapport C072/09



IMARES Wageningen UR

(IMARES - institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever: Programmabureau We@Sea
Postbus 1
1755 ZG Petten

Publicatiedatum: September 2009

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

© 2009 IMARES Wageningen UR

IMARES is geregistreerd in het
Handelsregister Amsterdam nr. 34135929,
BTW nr. NL 811383696B04.

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-v78.0

Inhoudsopgave

Voorwoord en stand van zaken 2008	7
Samenvatting	9
Summary	11
1	
Inleiding.....	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Probleemschets.....	13
1.3 Doel en opzet.....	15
2	
Stakeholderanalyse en interviews	16
2.1 Belangrijke issues voor stakeholders	16
2.2 Stakeholders	19
2.3 Interviews.....	19
3	
Risicoaspecten van een offshore windturbinepark	21
3.1 Inleiding	21
3.2 Vergroting aanvaringskans voor schepen onderling	21
3.2.1 Afname beschikbare ruimte.....	21
3.2.2 Beperking manoeuvreerbaarheid	22
3.2.3 Meerkruisend Verkeer.....	23
3.3 Aanvaringen van schepen met OWP.....	23
3.3.1 Kans op aanvaringen	23
3.3.2 Drifters.....	23
3.3.3 Kabelbeschadigingen door ankeren	24
3.4 Verstoring waarnemingssystemen door aanwezigheid OWP's.....	24
3.4.1 Relevante waarnemingssystemen	24
3.4.2 Schaduwwerking voor radar	25
3.4.3 Verstoring radarbeeld door draaiende wieken.....	26
3.4.4 Optreden van schijndoelen	27
3.4.5 Verstoring VHF communicatie door grote obstakels	28
3.4.6 Conclusie	28
3.5 Overige ongevallen door aanwezigheid OWP's	29
3.5.1 Helikoptervluchten.....	29
3.5.2 Weggeslingerde rotordelen	29
4	
Cumulatieve effecten.....	30
4.1.1 Cumulatieve effecten: eerste inschatting	33

5	Process Hazard Analysis	35
5.1	Scenarioanalyse veiligheidsaspecten OWP	35
5.1.1	Beperking vaarroute	35
5.1.2	Drifters in het windturbinepark.....	40
5.1.3	Interne veiligheid	41
5.1.4	Uitvoer offshore windparken (kabels)	42
5.2	Conclusies scenarioanalyse	43
6	Bestaande risico- modellen	48
6.1	DYMITRI (Dynamic Marine Traffic System)	48
6.2	SAMSON	48
6.3	Germanischer Lloyd	49
6.4	Det Norske Veritas (DNV).....	49
7	Mitigerende maatregelen	50
7.1	Inleiding	50
7.2	Plaatsing van RACON-bakens	50
7.3	Beveiliging van OWP met radarsystemen	50
7.4	AIS 52	
7.4.1	Eigenschappen en gebruik AIS	52
7.4.2	Doelstelling van AIS voor de beveiliging van windturbineparken	53
7.4.3	Toepassing van AIS voor OWP's	54
7.4.4	Conclusies en aanbevelingen.....	56
7.5	Fendering systemen.....	56
8	Conclusies en aanbevelingen.....	57
9	Referenties	59
	Verantwoording	61
Bijlage 1	Kansenkaart windturbineparken	62
Bijlage 2	Verslag gesprek veiligheid op zee Ministerie van Verkeer en Waterstaat	63
Bijlage 3	Verslag gesprek veiligheid op zee het Kustwacht Centrum.....	63
Bijlage 3	Verslag gesprek veiligheid op zee het Kustwacht Centrum.....	64
Bijlage 4	Verslag gesprek veiligheid op zee Zeeloodsen.....	66
Bijlage 5	Verslag aanvullend gesprek veiligheid op zee Rijkswaterstaat Dienst Noordzee (2008)	68

Bijlage 6	Verslag aanvullend gesprek veiligheid op zee Stichting De Noordzee (2008).....	70
Bijlage 7	Kaarten bestaand gebruik van de Noordzee	72
Bijlage 8	Werking en toepassingen van radarsystemen	74
Bijlage 9	Het Automatic Identification System (AIS).....	86
Bijlage 10	Maritime safety of offshore wind farms	92

Voorwoord en stand van zaken 2008

Het oorspronkelijke onderzoek voor dit rapport is uitgevoerd en beschreven in 2006 en geeft de toenmalige stand van zaken weer. De rapportage is toen niet afgerond. In 2008/09 is het besluit genomen om dit rapport alsnog te voltooien. Aanleiding hiervoor was dat van twee zijden, vanuit Rijkswaterstaat en We@Sea, belangstelling voor het onderwerp offshore windturbineparken (OWP) en veiligheid werd getoond. Om de bestaande rapportage goed te kunnen positioneren in de huidige inzichten rond de veiligheidsaspecten van offshore windturbineparken zijn twee aanvullende interviews gehouden. Ten eerste met vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat – Directie Noordzee en ten tweede met een vertegenwoordiger van de Stichting De Noordzee.

Ten opzichte van 2006 blijken de inzichten enkele jaren later gewijzigd te zijn. Waar er toen weliswaar aandacht was voor de veiligheidsaspecten van offshore windturbineparken, werden deze niet als ernstig ingeschat. Heden ten dage worden deze risico's zwaarder opgenomen. Zo blijken deze aspecten een vertragende rol te spelen bij het verlenen van vergunningen voor initiatieven voor de bouw van OWP. De initiatieven waarvoor actueel de vergunningaanvragen in behandeling zijn behoren tot de tweede ronde. In de eerste ronde zijn twee parken vergund en ondertussen gerealiseerd, het Offshore Windpark Egmond aan Zee en een tweede park dat iets verder op zee ligt in het Q7-mijnbouwblok: het Prinses Amalia-windpark. Aangaande de veiligheidsaspecten van OWP wordt al vooruitgekeken naar de derde ronde van vergunningen voor OWP. In een door het IDON geïnitieerde studie werken Christensen *et al.* (2008) stapsgewijs uit welke gebieden het beste kunnen worden benut voor OWP, rekening houdend met het beleidsdoel om minstens 6000 MW elektriciteit op de Noordzee te genereren. In de afweging van Christensen *et al.* (2008) is rekening gehouden met

- de balans tussen kosten en opbrengsten van een OWP,
- de gevolgen voor de scheepvaart zowel voor wat betreft mogelijke gevolgen voor de reisafstand als ook veiligheid,
- de gevolgen voor de visserij,
- de gevolgen voor andere gebruiksfuncties van de Noordzee.

Met name de wederzijdse veiligheidsaspecten die spelen tussen scheepvaart en windturbines vormen een belangrijk onderdeel van dit rapport.

De in dit rapport geïdentificeerde gebieden (Figuur 1 en Figuur 3) en de ligging van de huidige initiatieven komen overigens redelijk overeen.

Op basis van de gesprekken met Rijkswaterstaat wordt duidelijk dat zij verwachten dat slechts een klein aantal van de huidige initiatieven (circa 75) ook daadwerkelijk gerealiseerd zullen worden. De bottle-neck ligt hierbij niet bij de vergunningverlening door Rijkswaterstaat. De volgende stap in het proces is dat de initiatiefnemers via het Ministerie van Economische Zaken een subsidie zullen proberen te verwerven. Het gaat hierbij om subsidies voor maximaal 450 MW opgesteld vermogen, dus voldoende voor slechts enkele parken. De subsidies zijn bedoeld om de 'onrendabele top' te vergoeden. Het om een afbouwend bedrag, voor de periode tot 2020, mede omdat de onrendabele top steeds kleiner zal worden door oplopende energieprijzen. Jaarbedragen voor deze subsidie zullen in de orde van grootte liggen van 100 tot 150 miljoen euro per jaar. Vermoedelijk worden uitsluitend de OWP die succesvol zijn in het verwerven van deze subsidie gerealiseerd. Dit plaatst de omvang van de veiligheidsproblematiek voor de nabije toekomst in context.

Verder komen nog de volgende punten naar voren uit het interview met vertegenwoordigers van Directie Noordzee. De scheepvaart rond bestaande OWP kan door de Kustwacht goed gevolgd worden vanuit haar controlecentrum in Den Helder. Hier komen de gegevens samen van de schepen die met AIS zijn uitgerust (voornamelijk passagiersschepen en vrachtschepen groter dan 300 ton laadvermogen) en de gegevens van het VTS (Vessel Tracking System), waarmee ook de kleinere scheepvaart inclusief vissersschepen en recreatievaart gevolgd worden. Om dit ook bij nieuwe OWP te kunnen doen is men van plan om in de vergunning voorwaarden op te nemen aangaande het verzamelen van AIS-gegevens van scheepvaart rond het park en het bieden van VTS-radardekking inclusief verplichte aanlevering van beide gegevensstromen aan de Kustwacht. Op deze wijze kan de scheepvaart rond OWP goed gevolgd en bestudeerd worden.

Vanuit Stichting De Noordzee is er eveneens duidelijk aandacht voor dit onderwerp. De stichting heeft onder andere meegewerkt aan het EU-project Safety At Sea. In het kader van dit project is ook gewerkt aan het in beeld

brenge de veiligheidsaspecten van OWP in relatie tot scheepvaart (Safety At Sea, 2005 en 2007). In het gesprek komen diverse aspecten aan de orde.

Zo wordt een vraag gesteld aangaande de verantwoordelijkheden van de operator van een OWP. Tot hoever reikt diens verantwoordelijkheid rond de operationele veiligheid van een OWP? Wat betekent het in juridische zin dat de nieuwe OWP wel binnen de Economisc Exclusieve Zone (EEZ) van Nederland liggen, maar niet in de territoriale wateren.

Aan scheepzijde kunnen incidenten hun oorzaak hebben in technisch falen maar ook in menselijke fouten. Deze verschillen kunnen in de mate van aansprakelijkheid van de betrokken partijen van belang zijn.

De recreatievaart wordt door hen ook duidelijk als stakeholder gezien in het kader van OWP. Juist van recreatievaart wordt de verwachting uitgesproken dat deze geneigd zullen zijn om een OWP te doorkruizen op weg naar hun bestemming. Zeker wanneer verslechterende weersomstandigheden nopen tot het zo snel mogelijk willen bereiken van een veilige haven. Gebaseerd op de aanname dat scheepvaart binnen het OWP en een omringende veiligheidszone niet is toegestaan speelt hier een handhavingsprobleem. Immers al wordt de overtreding geconstateerd, dan moet voor het uitvoeren van een sanctie (b.v. het opleggen van een boete) het overtredende vaartuig afdoende geïdentificeerd worden om dit te kunnen doen.

Het toepassen van AIS, om OWP op de brug van hiermee uitgeruste schepen duidelijk aan te markeren, wordt verwacht. Eén van de redenen om dit te willen toepassen is, dat er ook problemen geconstateerd zijn rond het gebruik van navigatieradar in de nabijheid van OWP.

In beide interview zijn ook de gevolgen voor Search and Rescue (SAR) operaties aan de orde geweest. Wanneer in of in de nabijheid van een OWP naar b.v. drenkelingen gezocht moet worden of assistentie verleend moet worden aan een schip in nood, dan zijn de windturbines obstakels die de mogelijkheden van hulpverleners kunnen belemmeren. Het is daarom van belang om ook aan deze aspecten in de toekomst aandacht te schenken.

Samenvattend blijken de bevindingen van de oorspronkelijke studie van waarde te zijn. Zo is er veel aandacht besteed aan mogelijke mitigerende maatregelen en de technologische mogelijkheden. Technische mogelijkheden gelegen in de combinatie van AIS en radarsystemen, eventueel te combineren met ander technieken worden in het rapport en de bijlagen uitgewerkt. Een uitwerking waarin ook mogelijkheden worden onderkend om ook kleine scheepvaart te kunnen identificeren.

Samenvatting

Dit rapport geeft de bevindingen weer van een integrale studie naar de veiligheidsaspecten rond de realisatie van (meerdere) offshore windturbineparken op het Nederlandse deel van de Noordzee. Het onderzoek is geïnitieerd in het kader van het onderzoeksprogramma We@Sea. Offshore windturbineparken beïnvloeden de veiligheid op zee b.v. doordat ze ruimte innemen die voorheen vrij gebruikt konden worden door scheepvaart en visserij. Door verdringing treedt verdichting op van het scheepvaartverkeer rondom het windturbinepark en het ingenomen gebied wordt onbereikbaar voor vissers. Daarnaast zijn de windturbines objecten waarmee schepen in aanvaring kunnen komen b.v. wanneer zij op drift raken. De gevaren in deze zijn wederzijds, zowel de windturbines kunnen schade oplopen door zo'n gebeurtenis, maar ook de schepen kunnen beschadigd raken. In het geval dat het schip een milieugevaarlijke lading b.v. chemicaliën of olie vervoert, dreigt er tevens gevaar voor het milieu.

In de studie zijn de gebeurtenissen die tot een gevaarlijke situatie kunnen leiden geïnventariseerd. Een belangrijk hulpmiddel hierbij zijn de interviews met stakeholders (Hoofdstuk 2). Onder deze stakeholders waren zowel autoriteiten, non-gouvernementele organisaties, initiatiefnemers als zeevarende vertegenwoordigt. De risicoaspecten van de gebeurtenissen zijn nader uitgewerkt (Hoofdstuk 3) om een inschatting te kunnen maken van de mogelijke cumulatieve effecten (op veiligheidsaspecten) van offshore windturbineparken (Hoofdstuk 4). Met name tijdens de opbouwfase worden cumulatieve effecten op het scheepvaartverkeer verwacht, geassocieerd met het grote aantal scheepsbewegingen dat voor de bouw van het park het andere verkeer veelal zal moeten kruisen. Voor de andere effecten worden voornamelijk lineaire effecten verwacht. Ook dient de uitwerking van de risicoaspecten als voorbereiding op een scenarioanalyse volgens de methodiek van de Process Hazard Analysis (PHA). Hierin vormen de gebeurtenissen het begin van een keten: Gebeurtenissen – Ongevallen – Consequenties – Mitigerende maatregelen – Aanbevelingen. De resultaten van de PHA staan tabellarisch weergegeven in Hoofdstuk 5. De gebeurtenissen die per (sub)scenario uitgewerkt worden, zijn grofweg in te delen in gebeurtenissen met betrekking tot de scheepvaart, de luchtvaart en het technisch falen van een OWP (inclusief kabeltracé), zie Tabel 18. De gebeurtenissen die het meeste voorkomen in de analyse zijn een toename van het scheepvaartverkeer door bouw van een park, een toename van kruisend verkeer en een beperking van de manoeuvreerbaarheid. Voor wat betreft ongevallen blijkt dat een grotere kans op aanvaringen, zowel tussen schip en OWP, als tussen schepen onderling het meest in de scenario's voorkomen (zie Tabel 19). De consequenties van de mogelijke ongevallen met betrekking tot OWP's staan in Tabel 20 weergegeven. Hieruit blijkt dat het vrijkomen van gevaarlijke stoffen en schade aan het OWP het meest voorkomt in de scenarioanalyse. Het losraken van lading, het stuurloos raken en het verloren gaan van één of twee schepen zijn ook veel voorkomende consequenties. Het vaak voorkomen in de scenarioanalyse zegt echter niets over de kans dat de betreffende gebeurtenis of het betreffende ongeval en consequenties daadwerkelijk voorkomen.

De scenarioanalyse geeft ook een aantal mitigerende maatregelen (safeguards). Deze maatregelen staan in Tabel 21 weergegeven. De maatregelen die het meest voorkomen in de analyse zijn de gebruikelijke signalering van een OWP, het wijzigen van de procedure voor benadering van een haven (indien een OWP nabij kruisende vaarwegen geplaatst is) en het opzetten van een procedure voor de opbouw en het onderhoud van een OWP voor wat betreft de verkeersregeling. Verder wordt als meest voorkomende maatregel om technisch falen te voorkomen het onderhoud van een OWP genoemd, ofwel het opzetten van een onderhoudstrategie. Voor wat betreft luchtvaartongevallen worden geen mitigerende maatregelen genoemd. Uiteindelijk leiden de maatregelen tot aanbevelingen. Deze aanbevelingen worden in Tabel 22 weergegeven.

Een aantal beschikbare modellen voor een meer gedetailleerde uitwerking van de risico's wordt in Hoofdstuk 6 besproken. In Hoofdstuk 7 worden de mitigerende maatregelen nader uitgewerkt. Hierbij gaat vooral veel aandacht naar het combineren van de mogelijkheden van systemen als AIS (Automatic Identifications System) en radarsystemen.

In Hoofdstuk 8 worden conclusies en aanbevelingen geformuleerd. Belangrijk zijn de realisatie dat de aandachtspunten tijdens de bouw van een windturbinepark anders zijn dan tijdens de exploitatiefase. De meeste mitigerende maatregelen zijn erop gericht zeker te stellen dat het windturbinepark goed waarneembaar is voor de scheepvaart (inclusief visserij) door het aanbrenge van afdoende signaleringen. Met name onder zware weersomstandigheden moeten deze gecombineerde signalen elkaar aanvullen.

Ter aanvulling op de oorspronkelijke studie, in 2005 en 2006 is uitgevoerd, zijn bij de afronding van de rapportage in 2008 twee aanvullende interviews gehouden. Deze interviews, in combinatie met enkele recente studies, zijn gebruikt om in het Voorwoord de resultaten van deze studie een plaats te geven in de stand van zaken anno 2008.

Tenslotte zijn er een aantal bijlagen waarin de technische aspecten en mogelijkheden van radar- en AIS-apparatuur in relatie tot offshore windturbineparken nader worden besproken.

Summary

This report presents the findings of an integral study on the safety aspects of constructing (several) offshore wind turbine parks on the Dutch part of the North Sea. The study has been initiated as part of the We@Sea research program. Offshore wind turbine parks influence safety at sea e.g. they occupy space that previously was freely available for shipping and fisheries. By displacement shipping density increases in the area surrounding the wind turbine park and the occupied area is no longer accessible for fishermen. Furthermore wind turbines are obstacles with which ships can collide. The dangers here are mutual, both the wind turbines can suffer damages from such an incident, as well as the ships. In case a ship is carrying a hazardous cargo, b.v. chemicals or oil, there is a threat to the environment as well.

In the study an inventory of possible situations (What if ...) has been build. An important tool that was used for this, were stakeholder interviews (Chapter 2). Amongst the stakeholders that were interviewed were authorities, non-governmental organizations, operators and mariners. The risk aspects of the situations were developed further (Chapter 3) to allow a preliminary assessment of (possible) cumulative safety effects of offshore wind turbine parks (Chapter 4). Especially during the construction phase cumulative effects are expected. These effects are associated with the high number of ship movements of traffic to and from the site that will need to cross shipping lanes. For the rest effects are expected to behave linearly. Next the developed risk aspects are used in preparation for a scenario analysis using the Process Hazard Analysis method or PHA. In this method the situation with its risk aspects forms the start of a chain: Situation (or What if ...) – Hazard – Consequences – Safeguards – Recommendations. The results of the PHA are summarized in a number of table in Chapter 5. The events for each (sub)scenario are elaborated and these can be largely split up into three categories: shipping, air transport and technical failure of equipment within the OWP (including the cable corridor). (Tabel 18). The most frequent events identified by the analyses are an increase in shipping traffic during construction of the wind turbine park, an increase in traffic crossing shipping lanes and a reduction in maneuvering space available for shipping in the vicinity of the offshore windturbine park. As far as accidents an increased risk for collisions, both between ships and wind turbines as well as between ships is noted (Tabel 19). The consequence of possible accidents related to OWPs are listed in Tabel 20. This shows that the release of hazardous substances and damage to the OWP are the most common events according to the scenario analysis. Loss of cargo, loss of navigational capabilities by a vessel and the loss of one or two vessels are also possible consequences. It should be noted however that the occurrence of an incident within the scenario analysis does say much about the risk of such an event actually occurring.

The scenario analysis also list a number of mitigation measures (safeguards). These measure are listed in Tabel 21. The measures mostly frequently identified include measures for properly signaling the presence of an OWP to shipping, adjustment to he procedure for approaching a port (mainly in cases where an OWP has been located close to crossing shipping lanes) and the introduction of procedures to regulate the traffic associated with the OWP. This final measure would have to include procedures both for the construction phase of an OWP as well as for maintenance related traffic during normal operation. Finally a frequently suggested measure to prevent technical failures to the equipment and infrastructure of an OWP is to have good and preventive maintenance procedures in place. As far as air traffic incidents are concerned, no mitigation measures are suggested. The final recommendations resulting from the scenarion analyses are listed in Tabel 22.

A number of models suited for performing a more in-depth study of safety issue's are listed in Chapter 6. In Chapter 7 the available safeguards or mitigation measures are elaborated. Here much attention is given to the possibilities of integrating systems as AIS (Automatic Identification System) and radar systems.

In Chapter 8 conclusions are drawn and recommendations formulated. An important point here is the realization that the main risks are different during the construction phase then once the wind turbine park is operating normally. Most safeguards are geared towards ensuring that the wind turbine park will be detected by ships, including fishing vessels, by introducing sufficient signaling systems. Especially under foul weather conditions these combined signals need to complement each other.

In addition to the original study, which was performed during 2005 and 2006, two new interviews were held when the report was finalized during 2008. These interviews combined some recent studies were used in a Preface (Voorwoord) to position the study results relative to the state of affairs in 2008.

To conclude a number of appendices are available that give further details on the technical aspects and possibilities of radar- and AIS-systems in relation to their application to offshore wind turbine parks.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Beleid ten aanzien van offshore windenergie

De Nederlandse overheid heeft de intentie om 6.000 Megawatt (MW) aan offshore windenergie te realiseren voor 2020 waarmee circa 25% van de energiebehoefte in Nederland moeten worden gedekt. Bij de huidige stand van de techniek zal voor de opwekking van 6.000 MW in totaal 400 tot maximaal 1.000 km² nodig zijn (IDON, 2005). Dit zal een forse claim leggen op de nog beschikbare ruimte op zee. Vergunningaanvragen voor offshore windturbineparken worden momenteel getoetst op eventuele conflicten met beleid en regelgeving, op ruimtebeslag en eventueel ander gebruik.

Voor de bouw van windturbineparken geldt volgens de Nota Ruimte (2004) een uitsluitingsbeleid. Dit uitsluitingsbeleid houdt in dat windturbineparken niet zijn toegestaan binnen de 12 mijlszone¹ en niet in gebieden waar reeds ander (bestaand) gebruik plaatsvindt. Uitsluitingsgebieden zijn veiligheidszones rond kabels en leidingen, scheepvaartroutes, (toekomstige) zandwingebieden en defensierestrictiegebieden. Gebruiksfuncties, zoals visserij, recreatievaart of natuurgebieden, zijn niet opgenomen in de uitsluitingsgebieden. In het IBN 2015 is een kanskaart opgenomen voor windturbineparken op de Noordzee (zie aldaar Kaart 11) waarin de meest waarschijnlijke locaties aangegeven zijn.

Onderzoeksprogramma We@Sea

Een breed consortium met onder meer energieproducenten, bedrijven die actief zijn in de windturbineindustrie en offshore activiteiten, kennisinstellingen en natuurbeschermingsorganisaties heeft een onderzoeksprogramma neergelegd voor de verzameling en ontwikkeling van kennis ten behoeve van de grootschalige productie van windenergie op de Noordzee. Dit gebeurde in het kader van het BSIK-programma (Besluit Subsidies Investerings Kennisinfrastructuur) van de rijksoverheid, ook wel bekend als het ICES/KIS-3 ² programma. Het onderzoeksprogramma, getiteld 'We@Sea', is goedgekeurd en in 2004 van start gegaan. Het onderhavige project "Veiligheid en beveiliging offshore windparken" betreft één van de projecten binnen het programma We@Sea. Dit project is door het programmabureau van We@Sea goedgekeurd onder projectnummer 2004-022.

1.2 Probleemschets

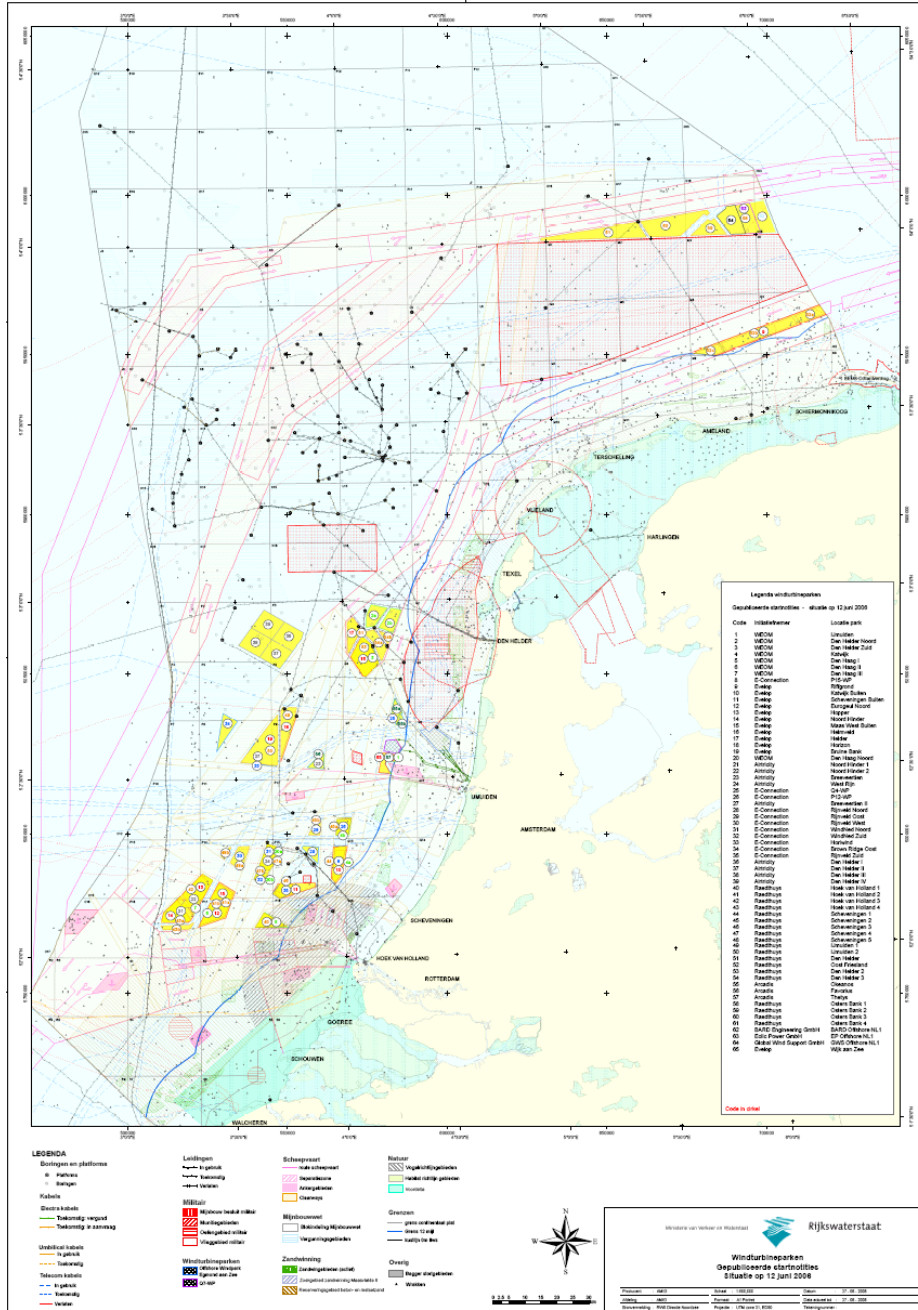
In de huidige Nederlandse situatie is voor een zeer groot aantal parken een startnotitie ingediend (situatie 10 oktober 2006: 65 startnotities). In Figuur 1 is een overzicht gegeven van huidige initiatieven voor offshore windenergie. Deze aanvragen liggen overwegend ook in de kansrijke gebieden volgens de inschatting van het IBN 2015. Indien een redelijk deel van deze aanvragen gehonoreerd worden zijn problemen te voorzien. Door de Commissie voor de m.e.r. is in hun advies aan de overheid voor richtlijnen voor de milieueffectrapporten voor de bouw van diverse offshore windturbineparken opgenomen dat veiligheid een belangrijk aspect is waarbij tevens zal moeten worden gekeken naar de cumulatieve effecten.

Het beleid dat momenteel in Nederland gevoerd wordt ten aanzien van windenergie op zee maakt dat het optreden van cumulatieve effecten van de aanwezigheid van meerdere parken en de plaatsing van additionele parken in de toekomst als reëel moet worden beschouwd. Het huidige beleid is niet sturend in de locatiekeuze voor offshore windenergie. Er is geen strategisch milieueffectrapportage gemaakt, waardoor feitelijk alle niet op voorhand uitgesloten gebieden in aanmerking komen voor offshore windturbineparken. Dit zou vergaande consequenties kunnen hebben voor de veiligheid van onderhoudsschepen voor offshore windenergie maar ook voor de overige gebruikers van de zee.

¹ Met uitzondering van het NSW (Near Shore Windpark)

² Interdepartementale Commissie Economische Structuurversterking (ICES). In de werkgroep ICES/KIS, die in 1994 is opgericht, werken de volgende ministeries samen: EZ, OC&W, LNV, V&W, VROM en Financiën. ICES/KIS-3 is de derde investeringsimpuls in de kennisinfrastructuur.

Offshore windturbineparken kunnen door fysieke aanwezigheid en de ruimtelijke schaal waarop windturbineparken zullen worden aangelegd, effect hebben op andere gebruikers van de Noordzee. Het in kaart brengen van de effecten en de hieraan verbonden risico's is van groot belang voor het beheer van de Noordzee



Figuur 1 Overzichtkaart van initiatieven voor offshore windenergie per 12 juni 2006

1.3 Doel en opzet

De voorliggende studie naar de veiligheidsaspecten van de plaatsing van meerdere windturbineparken in de Noordzee heeft als doel inzicht te geven in:

- De toename van het risico voor belanghebbenden zonder gerichte maatregelen;
- De beheersbaarheid van het risico door gerichte maatregelen.

Het doel van de voorliggende studie wordt bereikt door het:

- Inzichtelijk maken van de veiligheidsproblematiek;
- Vaststellen van de benodigde instrumenten voor het bepalen van de risico's;
- Nagaan van de aanvaardbaarheid van de risico's;
- Uitwerken van voorstellen voor maatregelen ter beperking van de risico's.

Veiligheid van offshore personeel valt niet binnen de scope van deze studie. Dit aspect wordt onderzocht in het We@Sea project van Fabricon (nummer 2004-032). Het Fabricon project is gericht op de veiligheid van offshore personeel en gaat met name in op de HSE (health, safety & environment)- aspecten van offshore windturbineparken

De voorliggende studie bestaat uit drie werkpakketten:

1. Stakeholder participatie, met als doel een inventarisatie van veiligheidsvragen en reeds aanwezige informatie en modellen bij verschillende offshore windenergie en veiligheid op zee betrokken partijen. Tevens wordt een aanzet gegeven voor de aanvaardbaarheid van de risico's.
2. Uitvoering scenarioanalyse, waarbij wordt nagegaan welke ongewenste gebeurtenissen zich kunnen voordoen en wat de oorzaken, de effecten, en de gevolgen van een gebeurtenis zijn, met de daarbij behorende waarschijnlijkheid. Hiertoe worden verschillende bestaande modellen geëvalueerd en beoordeeld op hun bruikbaarheid. Ook de mogelijkheid tot implementatie van cumulatieve veiligheidsaspecten zal worden onderzocht.
3. Mitigerende maatregelen, waarbij wordt onderzocht welke maatregelen er zijn om de veiligheidsrisico's van offshore windturbineparken te beperken en de offshore windturbineparken te beveiligen tegen ernstige beschadigingen met als doel een aanbeveling van gerichte maatregelen.

2 Stakeholderanalyse en interviews

Om een goed overzicht te krijgen van de issues die in de Nederlandse situatie spelen is het noodzakelijk met de verschillende belanghebbende partijen van gedachten te wisselen. Op basis hiervan wordt duidelijk in hoeverre men al met het vraagstuk van risico en beveiliging bezig is en wat men als problemen dan wel beperkingen ziet. Daarnaast kan inzicht worden verkregen of de gewenste gegevens beschikbaar zijn en overdraagbaar zijn.

De analyse is als volgt uitgevoerd: Allereerst is relevante literatuur verzameld en doorgenomen om een beeld te vormen van de betrokken partijen en de mogelijke problemen en aandachtspunten (§ 2.1). Vervolgens zijn inleidende gesprekken gehouden met mogelijke belanghebbenden om een overzicht van stakeholders te verkrijgen (§ 2.2). Op basis van deze bevindingen zijn met een aantal stakeholders interviews afgenomen (§ 2.3). Het doel hiervan is om de verschillende belangen rondom veiligheid op zee in relatie tot offshore windturbineparken in kaart te brengen

2.1 Belangrijke issues voor stakeholders

Binnen het We@Sea project 'Basisstructuur site-atlas' is een vraagarticulatie op hoofdpunten uitgevoerd door middel van een workshop (Reijs *et al*, 2007). Onder de aanwezigen bij de stakeholder workshops van het 'Basisstructuur site-atlas' project leefden de mogelijke risico's voor de scheepvaartveiligheid niet echt als een probleem. Hier werd meer de kustveiligheid als probleem geadresseerd

In het buitenland is men zich meer bewust van de potentiële veiligheidsproblemen van offshore windturbineparken. Onderzoek dat tijdens de Conferentie met betrekking tot Offshore Windfarms and the Environment in Billund (2004) werd gepresenteerd heeft uitgewezen dat er door de aanwezigheid van offshore windturbineparken in Denemarken geen aanzienlijke schade is opgetreden aan natuur en milieu. Een belangrijk aspect aan offshore windturbineparken dat nog niet uitgebreid is geëvalueerd betreft de veiligheid van offshore windturbineparken voor medegebruikers van de zee (en de ruimte erboven). Ook de hiermee samenhangende beveiliging van de windturbineparken is belangrijk. Wel zijn inmiddels verschillende studies verricht aan botsingen etc. (conferenties cq artikelen; uitkomsten).

De Noordzee is een van de drukst bevaren zeeën ter wereld. In Figuur 2 zijn de scheepvaartintensiteiten op de Noordzee weergegeven. Het waarborgen van een vlotte én veilige afwikkeling van het scheepvaartverkeer is dan ook een hoofddoelstelling van het beleid voor de Noordzee (IDON, 2005). De uitvoering van het beleid voor de Noordzee is vastgelegd in het Integraal Beheersplan Noordzee 2015 (IBN 2015). Het IBN 2015 is een uitwerking van de Noordzeeparagraaf uit de Nota Ruimte.

Voor het beheer van het scheepvaartverkeer op de Noordzee (nautisch beheer) worden diverse instrumenten gebruikt (IDON, 2005):

- Verkeersregels
 - o Internationale bepalingen ter voorkoming van aanvaringen op zee;
 - o Scheepvaartreglement territoriale zee.
- Scheepvaartroutes en verkeersscheidingsstelsels

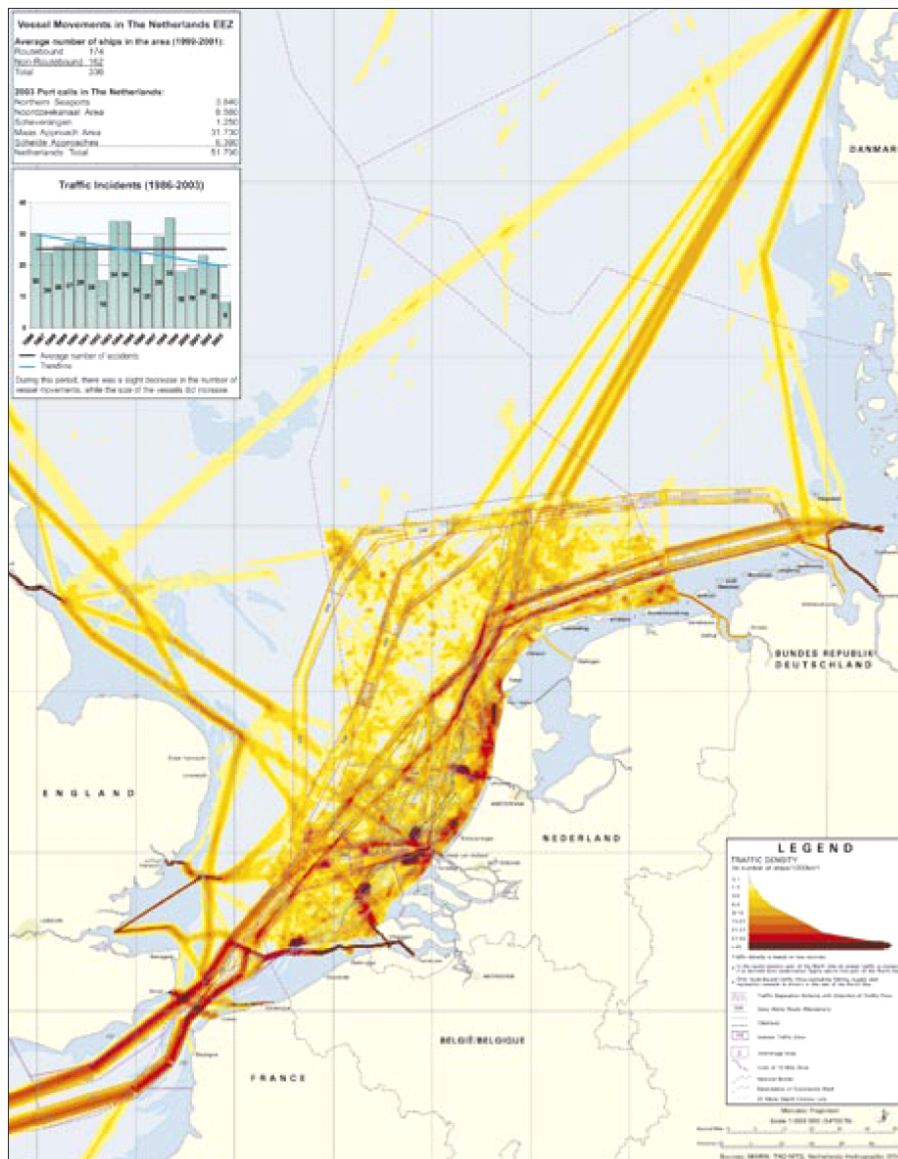
Er bestaan internationaal vastgestelde routingssystemen voor de scheepvaart. Scheepvaartroutes zijn niet alleen voor de ordening van het scheepvaartverkeer zelf van belang, maar ook voor de afstemming tussen de scheepvaart en andere gebruiksfuncties. Verkeersscheidingsstelsels bieden een belangrijke basis om tegengestelde verkeersstromen te scheiden. De verkeersscheidingsstelsels hoeft men echter niet verplicht te gebruiken.
- Clearways

Het geheel van routeringsmaatregelen op de Noordzee is gekaderd in een systeem van clearways. In een clearway is het niet toegestaan kunstmatige eilanden, installaties, constructies en dergelijke te bouwen, te plaatsen of op te richten.

- Veiligheidszones
Rondom windturbineparken en mijnbouwactiviteiten gelden veiligheidszones van 500 meter. In deze veiligheidszones is scheepvaartverkeer (inclusief visserij en recreatieverkeer) niet toegestaan.
- Plaatsbepalingssystemen
 - o Satellietplaatsbepaling en satellietnavigatie (GPS, differential GPS, Galileo³);
 - o Terrestrische radioplaatsbepalingssystemen en;
 - o Vaarwegmarkering op zee (boeien en bakens)
- Informatievoorziening voor de scheepvaart
 - o Statische informatie (m.n. Dienst der Hydrografie);
 - o Dynamische, actuele informatie (m.n. Kustwachtcentrum).
- Loodsen
- Verkeersbegeleiding (Vessel Traffic Services; VTS)
- Meld- en volgsysteem met betrekking tot het vervoer van gevaarlijke of milieuverontreinigende goederen.
- Maritieme noodhulp.

Het plaatsen van OWPs op de Noordzee kan mogelijk gevolgen hebben voor het gebruik van de instrumenten die hierboven worden genoemd. Een belangrijke stakeholder in dit kader is dan ook de nautisch beheerder van installaties op de Noordzee.

³ Europees satelliet-navigatiesysteem dat in 2008 operationeel zou moeten worden.



Figuur 2 Scheepvaartintensiteit op de Noordzee (IDON, 2005).

Vanuit verzekeringszijde is belangstelling getoond voor de risico's van offshore windturbineparken. Een van de aspecten die voortvloeit uit de risico-inschatting van offshore windturbineparken is de verzekerbaarheid van dergelijke parken. Voor de haalbaarheid van offshore windenergie is de risico-inschatting voor van buitenaf komende onheilen van OWP's van groot belang voor de premiebepaling. De verzekeringspremie voor een OWP wordt geschat op 12 – 15 % (onshore wordt 9 % berekend). Premiekorting zal kunnen worden bereikt door reductie van het risico. Daarnaast is het voor de verzekeringsmaatschappijen van belang dat er duidelijkheid is ten aanzien van de aansprakelijkheidsstelling bij het optreden van schade.

Het is gebruikelijk in een technische risicoanalyse om de gevonden waarden van de scenario's in een kans/effectmatrix weer te geven waarin ook een lijn voor de acceptatiewaarde is getekend. Waarden boven de lijn vereisen in ieder geval aanvullende maatregelen. Daarnaast is een grijs en een geaccepteerd gebied. De mogelijke en maximale schadegroottes door aanwezigheid van een OWP zullen moeten worden vastgesteld. Nadere discussie op basis van uitkomsten van de analyses met overheid en verzekeraars zullen moeten worden gevoerd.

2.2 Stakeholders

Op basis van het vooronderzoek is gebleken dat de volgende groepen belang hebben bij de veiligheid met betrekking tot offshore windturbineparken:

- Overheidsinstanties (vergunningverlening, verkeersgeleiding, nautisch beheerder, calamiteiten beheersing en afhandeling);
- Bouwers van de parken (vervoer materiaal en inrichting parken, veiligheid personeel). Belangrijke bouwers zijn Ballast Nedam (bouwbedrijf) en Vestas (Deense windturbinebouwer);
- Eigenaren (schade verhalen), parkbeheerders (beschikbaarheid, beveiliging) en onderhoudsverantwoordelijkheden (vervoer van en naar en uitvoeren van inspecties en reparaties);
- Gebruikers van de Noordzee: scheepvaart algemeen (verdichting vaarwegen, aanvaringsrisico, berging over boord geslagen materiaal), visserij (beperking visgronden en beperking vaarwegen), pleziervaart;
- Projectontwikkelaars (projectrisico, vergunningvoorwaarden, m.e.r.) en verzekeraars (frequentie en omvang schade, mogelijke mitigerende maatregelen);
- Natuurbescherming (gevolgen schade voor ecosysteem);
- De luchtverkeersbegeleiding van Schiphol zijnde gebruiker van het luchtruim boven de Noordzee. Tevens is deze partij risico-eigenaar wegens de mogelijke beperking van hun waarnemingen door radarbeïnvloeding en/of het optreden van reflecties.
- Instanties voor de kust en belanghebbenden aan de kust (toerisme, milieu, horeca, recreatie).

Niet alle stakeholders en al hun belangen komen in deze studie uitgebreid aan bod. De focus ligt op veiligheidsaspecten en hoe te bepalen welke hiervan de meest relevante zijn. In een nadere uitwerking wordt aandacht geschonken aan mogelijkheden om door middel van technologische oplossingen ongewenste aspecten te verminderen.

2.3 Interviews

Vanuit de eerder genoemde stakeholders (§ 2.2) zijn een aantal personen benaderd voor een gesprek. De interviews zijn afgenomen met het Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Goederenvervoer (V&W-DGG) als verantwoordelijke voor een veilig goederenvervoersysteem op het water, het Kustwacht Centrum als nautisch beheerder van de offshore windturbineparken en het loodswezen als navigatieadviseur van het scheepvaartverkeer. De gesprekken zijn gevoerd met:

- mev. Kok en J. van Kooten van het Ministerie van V&W-DGG;
- J. Ricken van het Kustwacht Centrum;
- Captain G. van Santen M.N.I en Captain H. van Popta van de firma Dirkwager (zeeloodsen).

Verder is er informeel overleg geweest met medewerkers van Ecofys, Stichting de Noordzee, E-Connection en Rijkswaterstaat Directie Noordzee. In Tabel 1 is een overzicht van de stakeholders weergegeven waarbij de geïnterviewde- of informeel gehoorde instanties/bedrijven zijn aangegeven (onderstreept).

Tabel 1 Overzicht stakeholders met betrekking tot veiligheid en offshore windturbineparken (de instanties en bedrijven die zijn onderstreept zijn geïnterviewd)

Categorie	Instanties/bedrijven
Overheidsinstanties	<u>Ministerie van V&W DGG</u> , <u>Kustwacht Centrum</u>
Gebruikers van de Noordzee	Beroepsscheepvaart/ <u>zeeloodsen</u> , visserij, recreatie, Schiphol luchtverkeersbegeleiding
Eigenaren en projectontwikkelaars windturbineparken	WEOM, <u>E-Connection</u> , Evelop, Airtricity (Ierland), Raedthuys Holding, ARCADIS Ruimte & Milieu, BARD Engineering GmbH, Eolic Power GmbH, Global Wind Support GmbH
Natuurbescherming	<u>Stichting de Noordzee</u> , Stichting Natuur en Milieu
Kennisinstanties/onderzoek- en adviesbureaus	<u>Ecofys</u> , SenterNovem, TNO

Verslagen van de interviews zijn te vinden in de bijlagen: 0 (V&W-DGG); 0 (Kustwacht Centrum); en 0 (Loodswezen). De uitkomsten van de interviews zijn verwerkt in de scenarioanalyse (zie Hoofdstuk 5). Hieronder wordt een korte samenvatting weergegeven.

Ministerie V&W

Het Directoraat-Generaal Goederenvervoer (DGG) is binnen het ministerie van Verkeer en Waterstaat onder andere verantwoordelijk voor een veilig goederenvervoersysteem over water. Het Ministerie van V&W is van mening dat de risico's van offshore windturbineparken voor de veiligheid zeer beperkt zijn aangezien slechts 2 tot hooguit 4-5 windturbineparken daadwerkelijk gerealiseerd zullen worden. Gezien deze beperkte omvang van risico's wordt het niet zinvol geacht om nader in te gaan op de veiligheidsaspecten rondom OWP's.

Kustwacht Centrum

Het Kustwacht Centrum als nautisch beheerder houdt zich voornamelijk bezig met de operationele- en de beheersaspecten van OWP's. Voor het Kustwacht Centrum zijn drifters (gemiddeld <5/jaar) het belangrijkste aandachtspunt met betrekking tot OWP's. Hierbij maakt het Kustwacht Centrum onderscheid in (1) gecontroleerde drifters en (2) ongecontroleerde drifters. Gecontroleerde drifters zijn schepen die bijvoorbeeld voor een reparatie op zee een aantal uren zonder voortstuwing zitten en dit vooraf melden aan het Kustwacht Centrum of in overleg met het Kustwacht Centrum een tijdlang zonder voortstuwing zitten. Deze drifters vormen normaal gesproken geen enkel probleem en worden met AIS (Autonomic Identification System) extra in de gaten gehouden.

De ongecontroleerde drifters die plotseling stuurloos of zonder voortstuwing zitten kunnen wel een probleem voor windturbineparken vormen. Voor dit soort schepen heeft het Kustwacht Centrum het ms de Waker (sleepboot) in Den Helder stand-by liggen. Indien een ongecontroleerde drifter echter vlakbij een OWP voorkomt, is er onvoldoende tijd voor ankeren of om de Waker te laten ingrijpen. Ook kan het voorkomen dat het anker geen grip krijgt door te hoge snelheid, of dat een anker schade veroorzaakt aan pijpleidingen/kabels. Het Kustwacht Centrum voorspelt de verplaatsing van een onbestuurbaar schip en geeft aanwijzingen/opdrachten aan de schipper.

Zeeloodsen

Zeeloodsen treden aan boord van een schip op als adviseur van de gezagvoerder en hebben meestal de leiding over de navigatie. De belangrijkste rol van zeeloodsen is het veilig en vlot afwikkelen van het scheepvaartverkeer en de bescherming van het milieu en de infrastructuur.

Voor het loodswezen zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- Kans op invaren funderingspalen en sleepkabels tijdens opbouw van de parken;
- Verdichting van de vaarroutes;
- Drifters;
- Vervaging op het radarscherm van schepen door OWP;
- Manoeuvrbaarheid en voorrangregels van schepen indien OWP ligt nabij kruisende vaarwegen, olie- en gaswinningactiviteiten, munitiedumpplaats, ankerplaatsen (i.v.m. drifters) en kabels en leidingen (i.v.m. jaarlijkse inspectie);
- Het gedrag en de kennis van de bemanning aan boord van de schepen.

Conclusie interviews

Uit het gesprek met Rijkswaterstaat DGG volgt dat er geen knelpunten te verwachten zijn voor wat betreft de veiligheid op zee met de bouw en exploitatie van OWP's. Echter, uit de gesprekken met de Kustwacht en de zeeloodsen blijkt dat nadere studie en overwegingen vereist is alvorens met de bouw van offshore windparken wordt gestart. Voor de opbouwfase wordt vooral de kans op invaren op de funderingspalen en sleepkabels gezien als een aandachtspunt. Tijdens de exploitatiefase zijn de aandachtspunten het voorkomen van drifters, verdichting van de vaarroutes, verstoring van radar en de manoeuvrbaarheid en voorrangregels van schepen indien OWP's in de nabijheid van andere gebruiksfuncties liggen.

Uit de gesprekken blijkt dat er problemen verwacht kunnen worden voor de scheepvaart. Aandacht zou besteed moeten worden aan de bestaande verkeersroutes en verkeersscheidingsstelsels. Bijvoorbeeld, het verkeersscheidingsstelsel is nu gebaseerd op de routes die de schepen historisch gezien nemen, echter een aanpassing kan wenselijk zijn in overeenstemming met het gewenste gebruik van de Noordzee.

3 Risicoaspecten van een offshore windturbinepark

3.1 Inleiding

De risico's die in dit hoofdstuk worden besproken gaan uit van activiteiten die buiten een offshore windturbinepark plaatsvinden. Binnen een windturbinepark, inclusief een veiligheidszone van 500 meter, is scheepvaart (waaronder ook recreatievaart en (sport)vissers) niet toegestaan. In het IBN 2015 wordt toelichting gegeven voor het verbod van scheepvaart binnen windturbineparken: "Scheepvaart binnen windturbineparken verhoogt de kans op aanvaringen en dus ongevallen met schade als gevolg. Bovendien wordt de hulpverlening en het redden van mensen in een offshore windturbinepark ernstig bemoeilijkt doordat hulpverlenings- en reddingsmateriaal lastiger (en minder veilig) ter plaatse kan komen, zeker in slechte weersomstandigheden".

De risicoaspecten van een OWP zijn uitvoerig onderwerp van studie geweest (o.a. Safety at Sea, 2005; E-Connection, 2005). Interessant zijn de presentaties tijdens de Seminar "Maritime Safety of Offshore Wind Farms (2005), waarin modellen, effecten en kansen worden gegeven.

Bij plaatsing van een meerdere OWP's met een groot aantal windturbines is een toename van het risico te verwachten als gevolg van:

1. Vergroting aanvaringskans voor schepen onderling door:
 - a. Afname van de beschikbare ruimte;
 - b. Beperking manoeuvreerbaarheid;
 - c. Meer kruisend verkeer door vaarroutes voor opbouw en onderhoud.
2. Aanvaringen van schepen met OWP:
 - a. Kans op aanvaringen;
 - b. Drifters (containers en onbestuurbare schepen);
 - c. Kabelbeschadiging door ankeren.
3. Overige ongevallen door aanwezigheid OWP's
 - a. Helikoptervluchten;
 - b. Weggeslingerde rotordelen, omvallen masten en turbines.
4. Verstoring waarnemingssystemen door aanwezigheid OWP's
 - a. Schaduwwerking voor radar;
 - b. Verstoring radarbeeld door draaiende wieken;
 - c. Optreden van schijndoelen;
 - d. Verstoring VHF communicatie door grote obstakels.

Deze aspecten worden in de paragrafen hieronder nader toegelicht

3.2 Vergroting aanvaringskans voor schepen onderling

3.2.1 Afname beschikbare ruimte

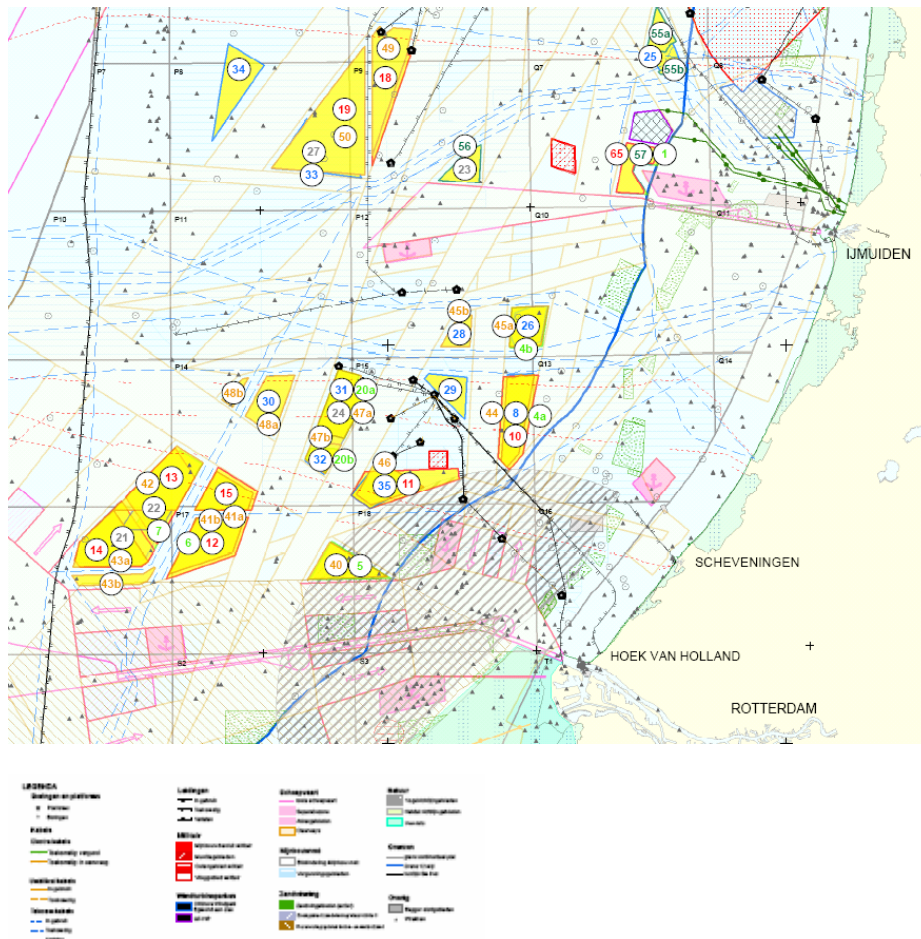
Door de groei van bestaande activiteiten op de Noordzee, maar vooral ook door de komst van nieuwe activiteiten op de Noordzee neemt de ruimtedruk op de Noordzee toe. OWP's vormen een belangrijke nieuwe activiteit met forse ruimtevrage. De maximaal toegestane afmeting van een OWP op de Noordzee is 50 km² (7 x 7 km) per locatie. De OWP's mogen niet aaneengesloten worden. De tussenruimte tussen twee locaties staat nog ter discussie (mogelijk 3 mijl). Uitgaande van de maximale afmeting van een OWP, inclusief veiligheidszone rondom een locatie (500 meter vanuit de hoekpunten), wordt er per locatie een oppervlak van maximaal 57 km² ingenomen. Het Nederlandse deel van de Noordzee, het Nederlands Continentaal Plat (NCP), is een gebied van circa 57.000 km² en daarmee anderhalf keer de oppervlakte van Nederland. De realisatie van één OWP zal dus maximaal 0,1% van de totale ruimte innemen. Op basis van het totale oppervlak van het NCP zal er dus slechts een beperkte ruimte worden ingenomen door OWP's, die niet langer beschikbaar is voor de scheepvaart. Veel offshore activiteiten, waaronder de geplande OWP's, worden echter relatief dicht bij de kust uitgevoerd. Hierdoor

is de druk op de ruimte in dat gebied hoger. Aangezien de scheepvaartdichtheid nabij de kust ook hoger is, zie Figuur 2, zal het ruimtebeslag van OWP's een grotere invloed hebben op de scheepvaart.

3.2.2 Beperking manoeuvreerbaarheid

De beperking van de manoeuvreerbaarheid is vooral van belang voor de grote koopvaardij en passagiersschepen indien een OWP dicht tegen een vaarroute aanligt. Deze situatie lijkt zich voor te doen voor de haven van Rotterdam en bij het Noordzeekanaal (zie Figuur 3).

In de Process Hazard Analysis (PHA), zie paragraaf 5, wordt dit scenario uitgewerkt



Figuur 3 Geplande windturbineparken nabij belangrijke scheepvaartroutes:Richting de haven van Rotterdam (Hoek van Holland) en het Noordzeekanaal (IJmuiden). De figuur is een vergrote uitsnede van de kaart gepubliceerd door RWS Noordzee, zie Figuur 1.

3.2.3 Meerkrusend Verkeer

De realisatie en de aanwezigheid van een OWP zal gepaard gaan met een groot aantal scheepsbewegingen. Onderscheid kan worden gemaakt in de toename van het aantal scheepvaartbewegingen als gevolg van de aanleg en in een toename van het aantal bewegingen voor onderhoud tijdens de productiefase. In een later stadium dient ook rekening gehouden te worden met extra verkeer voor de verwijdering van het park. De scheepvaartbewegingen worden gevormd door verkeer ten behoeve van de voorbereidende bodemsurveys, de aanleg van de funderingen en plaatsing van de turbines en van de infrastructuur, de aanvoer van materiaal en personeel voor onderhoud. Voor Horns Rev wordt bijvoorbeeld gesproken van 75.000 (onderhouds)trips in anderhalf jaar (Anonymous, 2004). Voor de bepaling van de toename van het aantal scheepvaartbewegingen zal verder rekening gehouden moeten worden met het aantal parken dat op een gegeven moment wordt gerealiseerd en/of in gebruik is.

Op basis hiervan kan een inschatting gemaakt worden van het aantal scheepsbewegingen voor een park en voor meerdere parken per tijdseenheid. Hierbij kan er zelfs nog sprake zijn van seizoensverschillen.

Voor een schatting van de toename van kruisend verkeer voor specifieke locaties zijn nadere gegevens gewenst over:

- In hoeverre er sprake is van kruisend verkeer (rechtstreeks zoals een vissersboot of via vaarroutes).
- De scheepsdichtheid op een bepaalde vaarroute.
- Het geschatte aantal en type van de scheepsbewegingen van en naar de OWP's in een bepaalde periode.

Voor het eerste punt is nadere informatie te verkrijgen door in contact te treden met scheepvaartdeskundigen over de huidige wijze van afhandeling hierin het kader van verkeersmanagement en welke toekomstige aanpassingen hierin zijn te voorzien. Het tweede punt kan worden in eerste instantie worden beoordeeld op basis van scheepsdichtheid (IDON, 2005; Van der Tak, 2002). Deze gegevensbron bevat echter geen informatie over het type schepen en de vaarrichting. Een nauwkeuriger gegevensbron kan wenselijk zijn. Het derde punt aangaande de scheepsbewegingen direct gerelateerd aan offshore windturbineparken zal mede afhankelijk zijn van het type werk dat moet worden uitgevoerd en van de hoeveelheid materiaal dat per schip kan worden aangevoerd. Momenteel is al merkbaar dat met het oog op de toenemende vraag aan scheeps capaciteit de markt zich aan het voorbereiden is door schepen aan te kopen en opdrachten tot bouw van gespecialiseerde schepen geven. De benodigde informatie aangaande toekomstige parken kan worden samengesteld op basis van reeds gerealiseerde parken in zowel het binnen- als het buitenland, b.v. het Deense Horns Rev.

3.3 Aanvaringen van schepen met OWP

3.3.1 Kans op aanvaringen

In een van de presentaties van Germanischer Lloyd's op het seminar "Maritime Safety of Offshore Wind Farms" wordt een kans vermeld voor aanvaring van een object in zee: "Empirical data for collisions with fixed objects varies between 4.26×10^{-4} and 8.21×10^{-5} ". Niet bekend is voor welk type schepen dat geldt en wat precies een object is of de grootte van een object is. Het getal kan gelden voor een gehele OWP of moet worden gecorrigeerd voor de omvang van een OWP.

De kans op een menselijke fout die mogelijk kan leiden tot een aanvaring wordt geschat op 2×10^{-4} per passage gedurende 20 minuten (Christensen *et al.*, 2001). Voor het Deense OWP Rødsand is de kans op een aanvaring door een menselijke fout berekend op 3.6×10^{-3} met een terugkeerperiode van 300 jaar. De kans op een aanvaring door een fout in het stuurmechanisme wordt berekend op 1.6×10^{-5} met een terugkeerperiode van 60000 jaar. In totaal, inclusief de aanvaringskans door drifters (zie subparagraaf hieronder), wordt de aanvaringskans geschat op 0.21 per 5 jaar (Christensen *et al.*, 2001).

3.3.2 Drifters

Onder drifters wordt verstaan schepen die stuurloos zijn. Er wordt onderscheid gemaakt tussen gecontroleerde en ongecontroleerde drifters. Gecontroleerde drifters zijn schepen die bijvoorbeeld voor een reparatie op zee een aantal uren zonder voortstuwing zitten en dit vooraf melden aan het Kustwacht Centrum of in overleg met het Kustwacht Centrum een tijdlang zonder voortstuwing zitten. Deze drifters vormen normaal gesproken geen enkel probleem en worden met het AIS systeem door het Kustwacht Centrum extra in de gaten gehouden. De

ongecontroleerde drifters die onverwacht stuurloos of zonder voortstuwing zitten kunnen wel een probleem voor windturbineparken vormen. Voor dit soort schepen ligt een sleepboot stand-by in de haven van Den Helder. De kans dat een schip stuurloos raakt wordt geschat op $6,3 \times 10^{-5}$ per uur (Christensen *et al.*, 2001). Het falen van de voorstuwing wordt in deze studie geschat op een kans van $1,5 \times 10^{-4}$ per uur en de kans op ankeren wordt in dat geval geschat op 0,7. Op basis van deze kansen en de scheepvaartroutes en -intensiteit ter plaatse is voor het Deense OWP Rødsand een aanvaringskans door drifters berekend op $2,1 \times 10^{-1}$ per 5 jaar. Aanvaringskansen door een menselijke fout of door een fout in het sturingsmechanisme zijn aanzienlijk kleiner, zie paragraaf 3.3.1. Hieruit blijkt dat, wat betreft aanvaringen door schepen, drifters veruit het grootste risico vormen voor OWP's.

De schade door drifters is eveneens onderwerp van een presentatie geweest op het seminar "Maritime Safety of Offshore Wind Farms" (E-Connection, 2005). Een berekening is uitgevoerd bij welke snelheid en scheepsgrootte een windturbine omgeduwd kan worden. De studie toont aan dat een schip, afhankelijk van de driftraverse door OWP in staat is om meerdere turbines te beschadigen dan wel om te duwen. Verder worden gegevens vermeld ten aanzien van de mogelijkheden en tijdsduur om een drifter weer op koers te krijgen en dit is mede bepalend voor de kans zoals vermeld in de voorgaande paragraaf. In deze studie is niet onderzocht welke schade aan een schip kan worden toegebracht als gevolg van het omvallen van de mast of het afbreken van onderdelen zoals de gondel of de wieken (bijvoorbeeld wanneer een turbine van circa 6 ton van grote hoogte op het dek van een schip valt).

Vrij zeker is dat van tijd tot tijd belangrijke reparaties (en of bergingen) zullen moeten worden verricht hetzij door eigen technisch falen van de turbines dan wel door de drifters. Dit vraagt inzet van materieel dat zelf ook weer een drifter kan worden. Overigens geldt dat wellicht in versterkte mate tijdens de opbouwfase. Bij de bovenstaande schattingen wordt geen rekening gehouden met de scheepvaart nodig voor onderhoud en opbouw van het OWP. De aanvaringskansen inclusief voor het OWP bestemde scheepvaart zal naar verwachting hoger liggen.

3.3.3 Kabelbeschadigingen door ankeren

Stroomkabels die op de zeebodem worden geplaatst worden tegen beschadiging beschermd door deze in te graven en soms daarnaast nog te voorzien van een beschermende afdeklaag van bijvoorbeeld stortsteen. Het is mogelijk dat kabels en leidingen beschadigd worden door schepen die hun ankers uit zetten. De ankers van grote schepen kunnen tot enkele meters diep de zeebodem in getrokken worden. Ankeren is echter verboden in de nabijheid van leidingen en kabels, mede vanwege de grote (financiële) risico's zullen kapiteins slechts in uiterste noodzaak geneigd zijn dit verbod te overtreden. Noodsituaties zijn bijvoorbeeld het falen van de voorstuwing of de besturing van het schip.

Nabij de kust en bij de grote waterwegen zijn speciale ankergebieden voor schepen die moeten wachten. Stroomkabels op de bodem van de Noordzee vanaf de OWP's kunnen dan ook vooral theoretisch door ankerende schepen worden beschadigd. De kans daarop is te vergelijken met de kans dat buisleidingen en andere aanwezige kabels worden beschadigd. De benodigde informatie kan worden verkregen van bijvoorbeeld platformbeheerders, energieleveranciers en telefoonmaatschappijen.

3.4 Verstoring waarnemingssystemen door aanwezigheid OWP's

3.4.1 Relevante waarnemingssystemen

Door TNO is onderzoek verricht naar de invloed die windturbines hebben op de werking van radar en bakens. Door Van Ewijk (2006) is een technische notitie opgesteld waarin een korte technische beschrijving wordt gegeven van radar en de nu voorziene problemen ten gevolge van de plaatsing van windturbines worden beschreven. De tekst in deze paragraaf is grotendeels overgenomen uit de notitie van Van Ewijk (2006).

Relevante waarnemingssystemen zijn radar en VHF (Very High Frequency). Radar is een acroniem voor RAdio Detecting And Ranging. Zoals deze naam impliceert is het een systeem dat gebruik maakt van radiosignalen om objecten te detecteren en om de afstand ervan tot de radar te bepalen. Voor waarnemingen op de Noordzee wordt gebruik gemaakt van zowel radar vanaf de wal (walradar) als vanaf een schip (scheepsradar). Het bereik van een walradar is meestal groter omdat deze over meer vermogen kan beschikken en omdat deze op grotere hoogte is geplaatst. Ook is de nauwkeurigheid van een walradar groter. De VHF, ook wel ultrakorte golf

genoemd, is een radioband die loopt van 30 tot 300 MHz (in golflengte: 10 tot 1 meter). Binnen de maritieme sector wordt VHF communicatie gebruikt om schepen in kustwateren en binnenwateren te begeleiden en in noodgevallen te bereiken. Het bereik (voor een gemiddeld schip) is dit ongeveer 30 zeemijl (55 kilometer).

De verstoring die op radar en VHF communicatie kan werken ten gevolge van windturbines is een punt van veel onderzoek in veel Europese landen. Hoewel in eerste instantie een windturbine niet overdreven groot lijkt ten opzichte van de afstanden waarop de systemen werken en hoewel een dergelijke windturbine op enkele kilometers afstand zelfs een rank voorwerp lijkt, kan de invloed ervan op de genoemde systemen verstoring werken. Dit komt voornamelijk omdat met name radar een erg gevoelig systeem is, maar ook omdat de metingen die ermee verricht worden een hoge mate van nauwkeurigheid vereisen.

De volgende problemen die kunnen optreden door het plaatsen van windturbines of grote obstakels nabij radar of VHF communicatie systemen zijn momenteel bekend:

- Schaduwwerking voor radar;
- Verstoring radarbeeld door draaiende wieken;
- Optreden van schijndoelen;
- Verstoring VHF communicatie door grote obstakels.

Deze problemen zijn vooral gericht op die welke in de maritieme omgeving kunnen voorkomen, dus de problemen die alleen te maken hebben met vliegtuigen worden niet nader behandeld. In de subparagrafen hieronder wordt ingegaan op de genoemde problemen.

3.4.2 Schaduwwerking voor radar

De prestaties van grondgebonden radarsystemen voor lange en korte afstand zullen afnemen als grote obstakels in de nabijheid van de radars worden geplaatst, zowel bij het zenden als bij het ontvangen. Deze invloed uit zich onder andere in een schaduwgebiedje achter het obstakel. Deze schaduw wordt veroorzaakt doordat een deel van de door de radar uitgezonden energie wordt geblokkeerd door het obstakel.

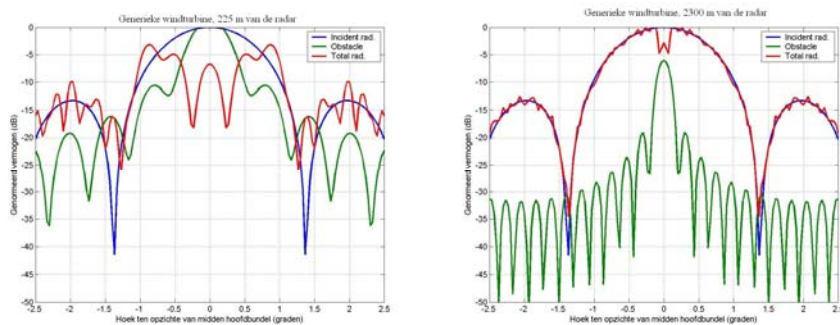
Hoewel over schaduw wordt gesproken in dit verband moet in ogenschouw worden genomen dat er geen sprake is van volledige blokkering van de radarstraling, het betreft een vermindering van het vermogen en dientengevolge een verslechtering van de radarwerking. De mate waarin de detectiekans van bepaalde objecten wordt verminderd zal uitsluitend door analyse kunnen worden vastgesteld. De mate waarin dit acceptabel is zal uitsluitend kunnen worden bepaald door deze vermindering te toetsen aan vastgestelde normen.

Enkele vuistregels voor de schaduw achter obstakels zijn:

- De schaduw is dieper naarmate het obstakel dichterbij de radar is geplaatst.
- De schaduw is dieper naarmate de dwarsafmetingen van het obstakel groter zijn.
- De schaduw is dieper als er meerdere obstakels op een rechte lijn vanuit de radar zijn geplaatst.

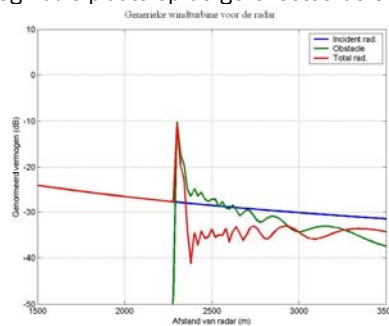
Vooraf deze laatste vuistregel is belangrijk, een obstakel geplaatst in de schaduw van een ander obstakel veroorzaakt een verslechtering van de situatie. Dit geldt namelijk voor OWPs, waar meerdere windturbines in rijen worden geplaatst.

Als voorbeelden voor de schaduwwerking wordt een aantal berekende resultaten getoond in *Figuur 4* en *Figuur 5*. Deze resultaten tonen het effect van een obstakel op de bundel van een radar.



Figuur 4 Twee voorbeelden van het effect van schaduw op de bundel van een radar. De plaatjes tonen drie lijnen, de ongestoorde bundel (blauw), de invloed van de verstorende (groen) en de verstoorde bundel (rood). In de linker figuur is een windturbine zeer dicht bij de radar geplaatst, in de rechterfiguur is de windturbine op iets grotere afstand geplaatst (Van Ewijk, 2006).

In deze figuur is het effect op de bundel getoond voor een windturbine die relatief dichtbij de radar is geplaatst. Dit is gedaan om het effect duidelijk weer te geven. Deze berekeningen zijn voor éénwegsbeïnvloeding door de windturbine. Dezelfde invloed vindt nogmaals plaats op de gereflecteerde signalen.



Figuur 5 De invloed van de windturbine als functie van de afstand achter de turbine zelf. Het is duidelijk dat zeer dicht achter de windturbine de schaduw het grootst is (Van Ewijk, 2006).

In *Figuur 5* is het effect te zien van de invloed van de windturbine als functie van de afstand achter de windturbine. Als in een analyse wordt gekeken naar de invloed wordt altijd uitgegaan van de waarde daarvan op zeer grote afstand achter de windturbine.

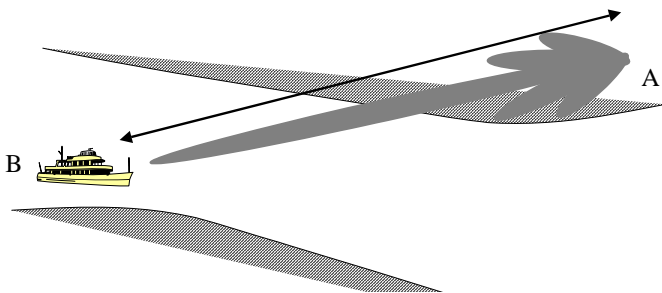
3.4.3 Verstoring radarbeeld door draaiende wieken

Een coherente radar meet de snelheid van doelen in een enkele puls door het doel slechts eenmaal aan te stralen en de Doppler verschuiving te meten in het gereflecteerde signaal. Draaiende turbinebladen kunnen deze metingen verstoren voor een radar omdat de snelheden die hierbij optreden in het voor de radar van belang zijnde gebied terechtkomen. Hoewel de omwentelingsnelheid van een turbine niet hoog is (in de orde van 0.5 omwenteling per seconde), leveren de grote wieken hoge snelheden op. De snelheden kunnen worden bepaald door de hoeksnelheid te vermenigvuldigen met de straal van de wiek. De snelheid van een wiek van 35 m lengte wordt geschat op ongeveer 264 km/u (Van Ewijk, 2006). Deze snelheid komt ook voor bij diverse luchtvaartuigen zoals verkeersvliegtuigen, jachtvliegtuigen, sportvliegtuigen en helikopters.

Omdat andere delen van de wieken dichterbij de as geplaatst zijn, veroorzaken deze lagere snelheden, zodat het gehele spectrum van 0 tot maximum snelheid door de wiek wordt veroorzaakt. Bij helikopters komt dit aspect ook voor, dus voor het waarnemen van deze categorie doelen zijn de bewegende wieken extra verstorend.

3.4.4 Optreden van schijndoelen

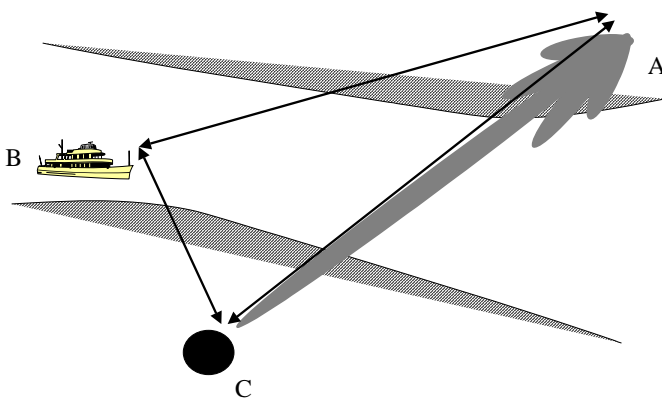
Het optreden van schijndoelen, waarnemingen die niet berusten op het bestaan van een werkelijk doel op die plaats, is een bekend verschijnsel voor een radar en wordt feitelijk veroorzaakt door het feit dat de radarenergie niet uitsluitend in een bepaalde richting wordt uitgezonden. Een radar zendt de straling voornamelijk uit in een bepaalde richting, de hoofdbundel, maar tevens in alle andere richtingen, de zijbundels, schematisch weergegeven in Figuur . De energie in de zijbundels is veel lager dan de energie in de hoofdbundel, maar als een doel door een zijbundel belicht wordt, en dat doel de straling voldoende reflecteert kan de radar dat doel toch waarnemen. Echter de richting waarin dat doel wordt waargenomen komt overeen met de richting van de hoofdbundel op dat moment. Er is nu dus sprake van een schijndoel omdat een object wordt waargenomen op een plaats waar dat object zich niet bevindt. De meeste radars zijn toegerust om deze schijndoelen niet als echte doelen waar te nemen.



Figuur 6 Schematische weergave van de normale waarneming door een radar, de energie uit de radar gaat over het pad A-B-A. (Van Ewijk, 2006)

In *Figuur 6* is de normale waarneming van een schip door een (wal)radar geschetst. De straling van de radar volgt het pad A-B-A en als de ontvangen energie voldoende hoog is zal het schip worden waargenomen door de radar. De afstand van het schip wordt bepaald uit de tijd die de straling nodig heeft om het genoemde pad af te leggen en de richting waarin het schip zich bevindt wordt bepaald aan de hand van de richting waarin de radar op dat moment straalt.

In het geval dat er een groot obstakel, zoals een windturbine, staat in de buurt van de radar en een echt doel kan er echter een ander reflectiepad optreden, zie *Figuur 7*



Figuur 7: Schematische weergave van een mogelijke reflectieweg die kan leiden tot het ontstaan van dubbele schijndoelen, A-C-B-A. (Van Ewijk, 2006)

In de figuur is weergegeven via welke weg (behalve A-B-A) de radar het doel kan waarnemen. Als de radar namelijk de windturbine aanstraalt (A-C) kan er reflectie optreden in de richting van het schip (A-C-B). Via het schip kan er reflectie optreden in de richting van de radar (A-C-B-A) waardoor de radar een doel kan waarnemen indien het ontvangen vermogen voldoende hoog is. Het aldus ontstane schijndoel wordt waargenomen in de richting van de windturbine, omdat de radar op dat moment in die richting straalt. De afstand waarop dit schijndoel wordt

waargenomen is gelijk aan de helft van de totale lengte van het pad (A-C-B-A). Een andere weg waarbij dit effect optreedt is als de radar gericht is op het doel en er een extra reflectie optreedt aan de windturbine, dus A-B-C-A. In dit geval wordt het schijndoel waargenomen in de richting van het echte doel, maar op een grotere afstand.

3.4.5 Verstoring VHF communicatie door grote obstakels

Met de plaatsing van windturbines in de directe omgeving van een VHF antenne kunnen de stralingsdiagrammen worden beïnvloed. Dit wordt veroorzaakt doordat de door de antenne opgewekte elektromagnetische velden invallen op de metalen delen van de windturbines. Als gevolg hiervan zullen elektrische stromen worden geïnduceerd waardoor de door de windturbines opgevangen energie, vanuit hun opstelpunten, rondom wordt heruitgestraald. Hierdoor fungeren de windturbines als reflectors van elektromagnetische energie.

Aangezien de windturbines over het algemeen vele malen langer zijn dan de gebruikte golflengte zal de windturbine slechts in zeer geringe mate als antenne fungeren. Met andere woorden, windturbines hebben een slechte antennewerking.

Bij de bepaling van de vermogenscontouren worden normaliter twee gebieden onderscheiden, het nabije veld en het verre veld. De contouren in het verre veld worden bepaald door de vectoriële (fase en amplitude) optelling van de velden opgewekt door de zendantenne en de door de windturbines opnieuw uitgestraalde velden. In het nabije veld mag de vectoriële optelling niet zondermeer worden uitgevoerd.

Versterking op een bepaalde afstand tot en richting ten opzichte van de zendmasten treedt op indien de velden elkaar in dit punt versterken, verzwakking of uitdoving echter indien de veldcomponenten elkaar gedeeltelijk of geheel opheffen.

De mate van beïnvloeding van het stralingsdiagram is afhankelijk van een groot aantal factoren waaronder het aantal windturbines, de locatie van de windturbines ten opzichte van elkaar en ten opzichte van de zendantenne, de lengte van de windturbines, de aangestraalde frequentie en de bodemgesteldheid.

In vrijwel alle tot nu toe geanalyseerde situaties is de invloed van windturbines op de VHF communicatie zeer klein gebleken, hetgeen leidt tot de conclusie dat een dergelijke analyse alleen hoeft te worden uitgevoerd in situaties waarbij de windturbine zeer dicht bij de zender wordt geplaatst.

3.4.6 Conclusie

Er zijn verschillende invloeden van een OWP op radar te verwachten:

- **Schaduwwerking voor radar**
De mate waarin de detectiekans van bepaalde objecten wordt verminderd door schaduwwerking van een OWP zal uitsluitend door specifieke analyse kunnen worden vastgesteld. De mate waarin dit acceptabel is zal uitsluitend kunnen worden bepaald door deze vermindering te toetsen aan vastgestelde normen.
- **Verstoring radarbeeld door draaiende wieken**
Draaiende turbinebladen kunnen radarmetingen verstoren aangezien de snelheden hiervan ook voorkomen bij diverse luchtvaartuigen zoals verkeersvliegtuigen, jachtvliegtuigen, sportvliegtuigen en helikopters.
- **Optreden van schijndoelen**
In het geval dat er een windturbine staat in de buurt van de radar en een echt doel kan er een ander reflectiepad optreden. Dit kan resulteren in een waarneming van een schijndoel in de richting van: 1) het echte doel, maar op een grotere afstand of 2) de windturbine, op een afstand gelijk aan de helft van de totale lengte van het pad. De meeste radars zijn toegerust om schijndoelen niet als echte doelen waar te nemen.
- **Verstoring VHF communicatie door grote obstakels**
In vrijwel alle tot nu toe geanalyseerde situaties is de invloed van windturbines op de VHF communicatie zeer klein gebleken, hetgeen leidt tot de conclusie dat een dergelijke analyse alleen hoeft te worden uitgevoerd in situaties waarbij de windturbine zeer dicht bij de zender wordt geplaatst.

3.5 Overige ongevallen door aanwezigheid OWP's

3.5.1 Helikoptervluchten

Afhankelijk van de gekozen optie voor onderhoud en inspectie kan het aantal vliegbewegingen bij een OWP toenemen. Een aantal helikoptervluchten zal mogelijk worden gemaakt voor het (deels) installeren van de turbines en voor het vervoer van personen. Het risico op een ongeval met een helikopter neemt daardoor ook toe met een stijging van het aantal OWP's. Voor een bepaling van het risico kunnen de benodigde gegevens verkregen worden uit:

- Het verwacht aantal helikoptervluchten per park voor aanleg en onderhoud (mogelijk dat gegevens van Horns Rev. hierover informatie kan verstrekken);
- Het aantal ongevallen met helikopters op zee (of de kans daarop).

Een vergelijking is te maken met de vluchten naar de platforms op zee

3.5.2 Weggeslingerde rotordelen

Behalve schade aan de turbines door aanvaringen is het ook mogelijk dat schade aan de windturbines ontstaat door eigen falen. In het Handboek "Risicozonering voor windturbines (op land)" staan de volgende faalgegevens (SenterNovem, 2005):

- Bladbreek $4,2 \times 10^{-4}$ per toren per jaar bij nominaal toerental
- Idem bij dubbel nominaal toerental 5×10^{-6} per turbine per jaar
- Omvallen gehele turbine (mastbreek) $3,2 \times 10^{-4}$ per turbine per jaar

Het offshore windpark bij Egmond aan Zee bestaat uit 36 turbines. Ervan uitgaande dat de 65 initiatieven een soortgelijke omvang hebben en allemaal gerealiseerd zullen worden, komt dat neer op 2340 turbines op de Noordzee. Dit betekent dat er gemiddeld 1,7 maal per jaar een dergelijke gebeurtenis plaats zal vinden. Mogelijk vaker, indien rekening wordt gehouden met de toestand op zee (gemiddeld grotere windsnelheid van 10 tot 15 m/s, tipsnelheid is dan circa 666 km/h). Een nadere schatting van het verschil van de kans op falen tussen landturbines en zeeturbines dient te gebeuren. De opstellers van het Handboek kunnen hiervoor worden benaderd.

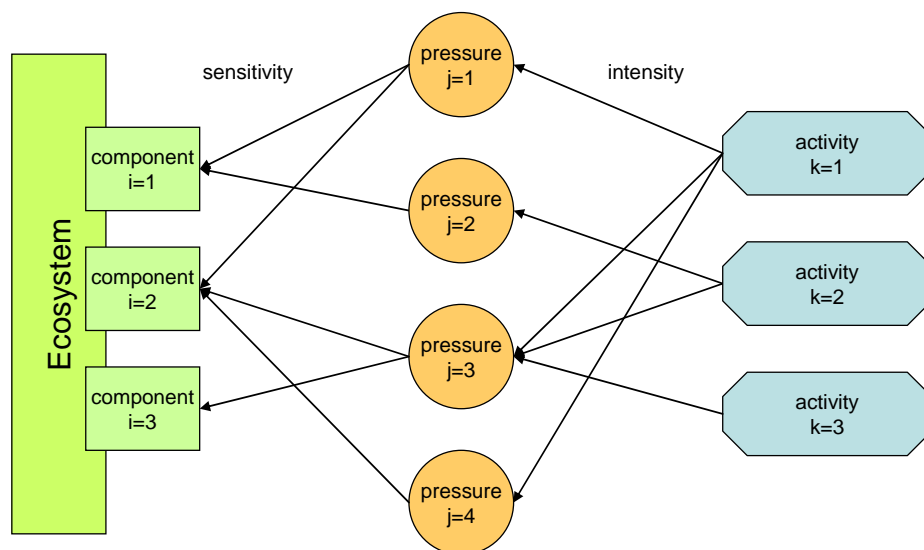
De schadeafstand voor bladbreek is bij 5 m/s maximaal circa 300 meter (SenterNovem, 2005). De onderlinge afstand tussen turbines is circa 500 m, zodat naar verwachting er geen domino-effect optreedt. Mogelijk wel van belang voor personeel op schepen voor onderhoud of indien kleine schepen in het overigens voor ander verkeer verboden gebied aanwezig zijn.

4 Cumulatieve effecten

De beoordeling van de veiligheidsaspecten van het plaatsen van offshore windturbineparken vormt slechts één aspect dat beoordeeld dient te worden. Ook de andere aspecten die met de plaatsing van OWP gepaard gaan dienen beoordeeld te worden.

De eerste stap naar een gemeenschappelijke begrip en aanpak van de beoordeling van cumulatieve effecten is het hanteren van een eenduidige definitie. Een alomvattende definitie is voorgesteld door Van der Walt (2005): “Cumulative effects are the resultant effects (positive/negative, significant/insignificant) when human-induced perturbations (which may be significant or insignificant in themselves, and may originate from past, present and/or future activities) on a valued ecosystem component (VECs) combine, in a linear (additive, incremental, ‘nibbling’) and/or non-linear (interactive, bio-magnification, structural collapse) manner. Perturbations may originate from multiple sources (multiple related/unrelated, similar/different development actions, and/or multiple activities within a single development action), or from persistent perturbations from a single source.” Gebaseerd op een discussie van alle belangrijke aspecten van (cumulatieve) effectbeoordeling stellen Karman en Jongbloed (2008) de volgende compactere definitie voor, die de belangrijkste kenmerken duidelijk weergeeft: “Alle effecten op het milieu die het gevolg zijn van de invloeden die een plan of project heeft, inclusief de overlap van effecten met vroegere, huidige en toekomstige projecten en activiteiten”

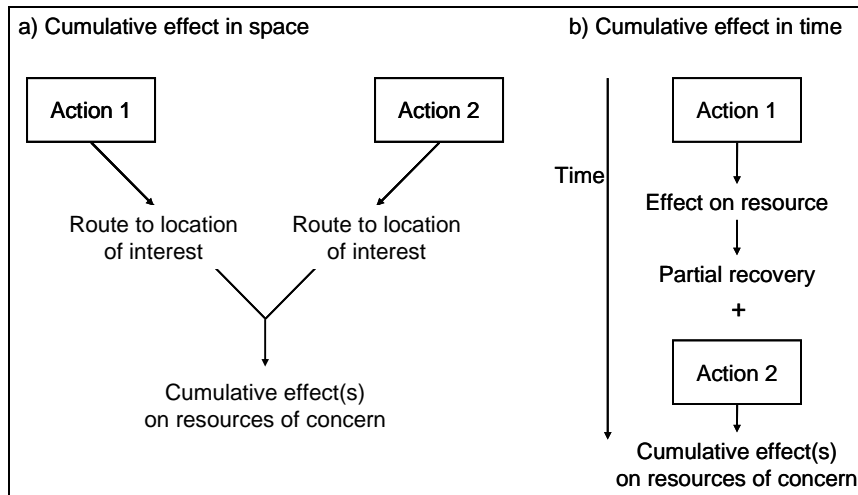
Volgens deze definitie is cumulatieve effectbeoordeling een volledige milieueffectbeoordeling (en dient als zodanig deel uit te maken van een milieu-effect rapportage (MER) inclusief de strategische variant hiervan), waar de gezamenlijke effecten van meerdere activiteiten beoordeeld worden. Alhoewel de complexiteit van de beoordeling toeneemt door het introduceren van de cumulatieve aspecten, blijven de basiselementen ongewijzigd: activiteiten oefenen druk uit het ecosysteem, wat zich in ongewenste effecten hierop kan vertalen. (Figuur 1). Het vaststellen van de ecologische druk van de menselijke activiteiten vereist een methode om deze activiteiten te vertalen in ecosysteem specifieke invloeden in combinatie met ruimtelijke gegevens over het voorkomen van zowel de activiteiten als de ecosystemen (Halpern et al., 2008).



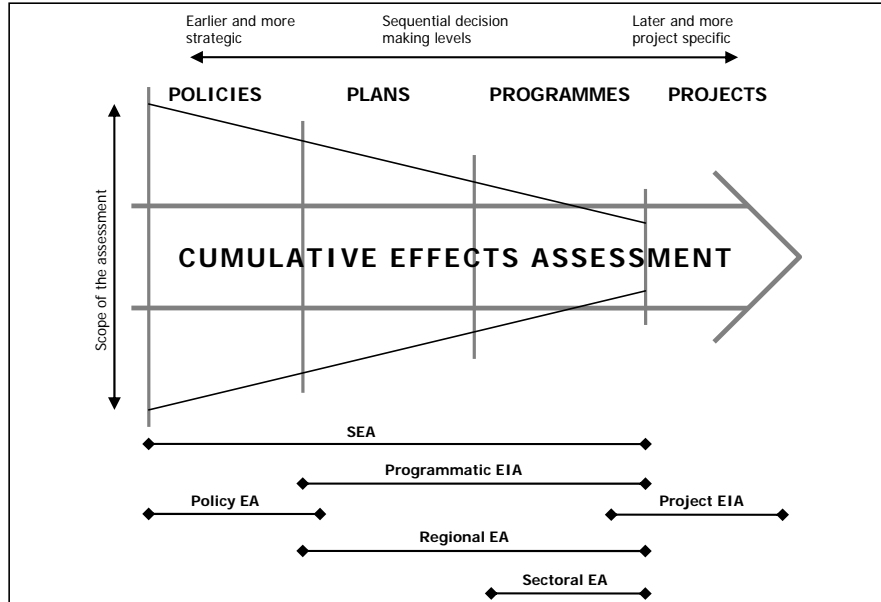
Figuur 8 Schematische weergaven van cumulatieve effectbeoordeling naar Karman en Jongbloed (2008).

Alhoewel *Figuur 8* de basiselementen van cumulatieve effectbeoordeling weergeeft, worden de elementen ruimte en tijd niet getoond. Dit zijn twee dimensies waarin effecten kunnen cumuleren *Figuur 9*. Een grote uitdaging in cumulatieve effectbeoordeling is het herkennen en voorspellen van de veel interacties en (indirecte) effecten. Het

is van belang te beseffen dat veel van de verwarring bij het classificeren, definiëren, beoordelen en beheersen van cumulatieve effecten zijn oorsprong heeft in het onvoldoende vastleggen van de te beoordelen bronnen en de ruimtelijke en temporele schaal van de analyse (MacDonald, 2000). "Scoping" oftewel het vaststellen van gewenste schaal van de analyse, is dan ook een belangrijk onderdeel van cumulatieve effectbeoordeling. Een schematische weergave van de samenhang tussen doel en schaal van de analyse wordt gegeven in Figuur 3.



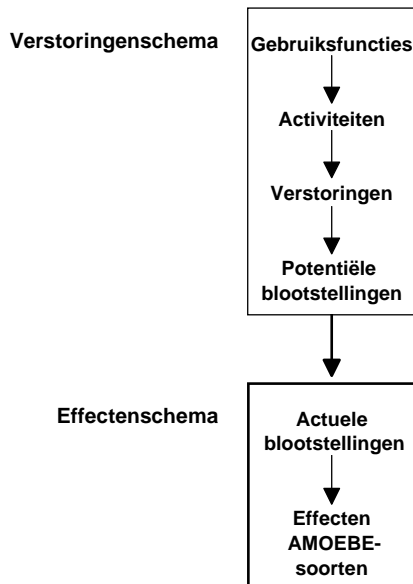
Figuur 9 Combinaties van activiteiten in ruimte (a) of tijd (b) die tot cumulatieve effecten aanleiding kunnen geven (MacDonald, 2000)



Figuur 10. Scoping van cumulatieve effectbeoordeling (van der Walt, 2005)

Om tot een samenhangende beoordelingsmethodiek te komen voor offshore windturbineparken en is door TNO resp. IMARES teruggerepen op een methodiek uit de jaren negentig om effecten van gebruiksfuncties van de Noordzee te bepalen (RAM-methodiek). Binnen het RAM project is een instrumentarium ontwikkeld waarmee de effecten van de verschillende gebruiksfuncties van de Noordzee en de Waddenzee op de daar levende planten en dieren (in het bijzonder AMOEBE-soorten) kunnen worden ingeschat (Jak et al., 2000). De AMOEBE-benadering is

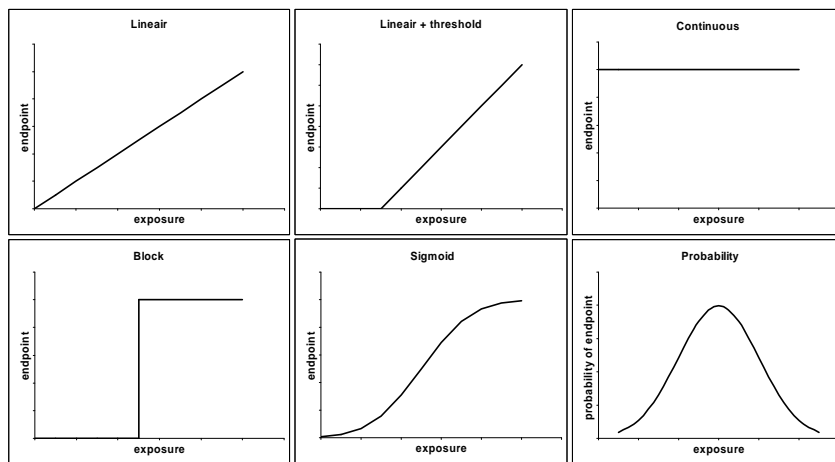
in de Derde Nota Waterhuishouding ontwikkeld (ten Brink, Hosper & Colijn, 1991). Met deze methode kan op een eenvoudige manier een (kwantitatieve) indicatie van de toestand van het mariene ecosysteem worden gegeven.



Figuur 11 Een schematische weergave van de effectenketen van gebruiksfunctie tot beïnvloeding van AMOEBE-soorten (Jak et al., 2000).

Binnen de RAM methodiek is gekozen voor een praktische beperking, door selectie van verstoring-effect relaties die, met een zekere mate van waarschijnlijkheid, in het veld daadwerkelijk van belang kunnen zijn. Hiervoor is een "blootstellingsmatrix" opgesteld waarin is gedefinieerd welke soorten daadwerkelijk aan de verschillende verstoringstypen blootgesteld kunnen worden *Figuur 11*).

Teneinde een niveau van actuele blootstelling te vertalen in een effect op de geselecteerde thema's is het noodzakelijk om blootstelling-effect relaties op te stellen. Blootstelling-effect relaties beschrijven de relatie tussen de intensiteit van een potentiële blootstelling en het effect. Om de effecten van verschillende verstoringen integraal te kunnen berekenen is het noodzakelijk dat de blootstelling-effect relaties een uniform karakter hebben (Jak et al, 2000). In *Figuur 12* staan verschillende typen blootstelling-effect relaties weergegeven.

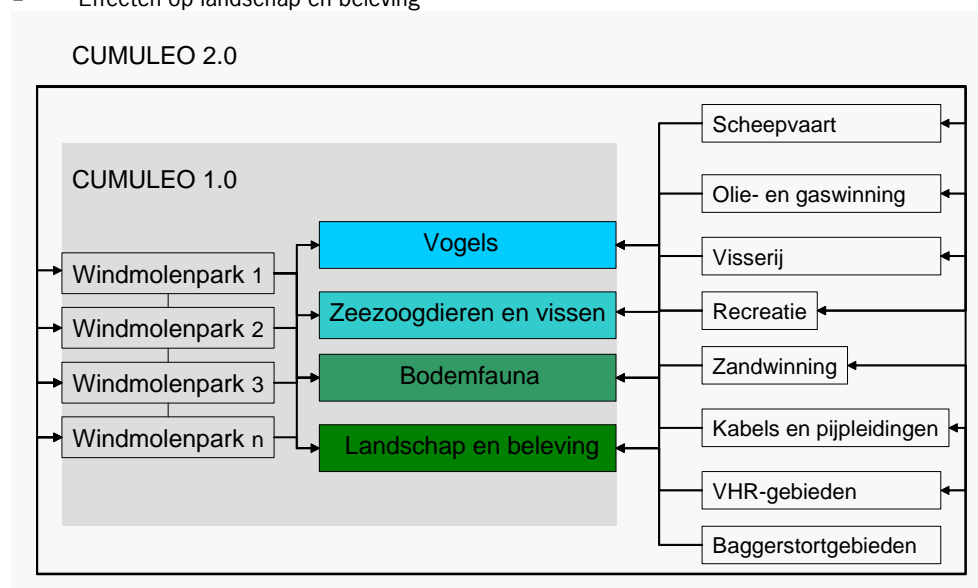


Figuur 12 Zes typen blootstelling-effect relaties (Smit & Karman, 2005).

In CUMULEO worden de effecten berekend op basis van verstoord gebied per thema en gebruiksfunctie (blootstelling). Er wordt een lineaire blootstelling-effect relatie aangenomen, zie *figuur 12* linksboven. Dit betekent dat een toename van de blootstelling (bijvoorbeeld het aantal windmolens of de scheepvaartintensiteit) resulteert in een recht evenredige toename van het effect (verstoord gebied per thema). Het effect per thema en type blootstelling worden in de volgende hoofdstukken verder uitgewerkt.

De nieuwe implementatie gericht op het beoordelen van cumulatieve effecten als gevolgen van het realiseren van offshore windturbine parken gaat onder de naam Cumuleo. De cumulatieve effecten in CUMULEO worden bepaald aan de hand van vier verschillende thema's (zie *Figuur 13*):

- Effecten op vogels
- Effecten op zeezoogdieren en vissen
- Effecten op bodemfauna
- Effecten op landschap en beleving



Figuur 13 *Overzicht cumulatieve effecten in CUMULEO 2.0.*

Per thema is een rekenregel opgesteld op basis van een aantal aannames. Vervolgens is het scenario doorgerekend op cumulatieve effecten voor dit thema. In van der Wal *et al.* (2006) worden de aannames, rekenregels en uitwerkingen beschreven.

Vanwege het sterke ruimtelijke karakter van de verstoringen en de te beschermen waarden is CUMULEO gebaseerd op GIS. In essentie bestaat CUMULEO v1.0 uit een aantal bewerkingen die op GIS-kaarten uit de (ook binnen We@Sea ontwikkelde) Site-atlas kunnen worden gedaan

4.1.1 Cumulatieve effecten: eerste inschatting

Een onderdeel van de oprichting en het exploiteren van offshore windturbineparken op de Noordzee is de inschatting van de risico's voor scheepvaartveiligheid. Het aandachtspunt is hierbij niet direct het risico van een enkel OWP, maar het cumulatieve risico indien meerdere parken in een zeker gebied aanwezig zijn. De vraag hierbij is of het risico lineair toeneemt (optellend) of juist versterkend?

Een eerste oriëntatie naar de cumulatieve effecten is gebeurd aan de hand van beschikbare informatie. Een lijst van geraadpleegde artikelen is in de bijlage opgenomen.

Hieronder worden op kwalitatieve wijze de risicoaspecten besproken, waarna wordt ingegaan op welke wijze een meer kwantitatieve inschatting van deze risico's kan gebeuren en welke gegevens al bekend zijn. Vervolgens wordt ter discussie aangegeven waar cumulatieve effecten voor de veiligheid zijn te verwachten.

Op basis van de inzichten tot dusver wordt tenslotte aangegeven welke acties op korte termijn nodig zijn om een vollediger beeld te krijgen en om na te gaan wat verder (in samenwerking) moet worden ontwikkeld en wie geïnteresseerd is in de uitkomsten van de risicoanalyse.

De vraag is welke van de hoofdstuk 3 genoemde risico's versterkend cumulatief kunnen zijn.

Tot dusver lijkt op basis van o.a. de informatie verkregen uit de interviews, voornamelijk het risico geassocieerd met een toename van kruisend verkeer van belang te zijn. Het betreft daarbij het verwachte en grote aantal bewegingen dat scheepsroutes zal moeten kruisen tijdens de min of meer gelijktijdige opbouw van de OWP. Extra maatregelen om het scheepvaartverkeer in goede banen te leiden kunnen nodig zijn gedurende deze periode.

De overige beschouwde risico's zijn tot dusver alleen lineair te noemen dat wil zeggen, een toename van het aantal objecten geeft een evenredige toename van het risico of de kans op de ongewenste gebeurtenis.

5 Process Hazard Analysis

5.1 Scenarioanalyse veiligheidsaspecten OWP

In het kader van dit onderzoek is een scenarioanalyse uitgevoerd met betrekking tot de veiligheidsaspecten van offshore windturbineparken. De analyse is uitgevoerd door TNO Defensie & Veiligheid, met gebruik van "PHAWorks", een Process Hazard Analysis (PHA) software programma van Primatech Inc. Het doel van de scenarioanalyse is om op systematische wijze alle gebeurtenissen die een kans op schade of letsel veroorzaken te beschrijven. Hierbij worden de gebeurtenis, de kans op optreden, en de gevolgen (schade letsel) met de kans op optreden aangegeven. De scenarioanalyse bouwt voort op de aandachtspunten die in de stakeholderanalyse naar voren zijn gekomen, en vormt de basis voor een eventuele modellering (mogelijk vervolg op de voorliggende studie, gedefinieerd als werkpakket 4). Op basis van de beschrijvingen zijn vervolgens een aantal scenario's opgesteld en uitgewerkt. De opstelling van de scenario's staat weergegeven in *Tabel 2*. In de navolgende subparagrafen zijn deze scenario's uitgewerkt.

Tabel 2 Opstelling scenario's veiligheidsaspecten offshore windturbineparken

Hoofdscenario	Subscenario
1. Beperking vaarroute	1.1. Eén park naast vaarroute 1.2. Twee parken aan weerszijde van vaarroute 1.3. Twee parken aan één zijde van de vaargeul 1.4. Meerdere parken aan beide zijden van de vaarroute
2. Drifters in park	2.1. Transformer platform 2.2. Windturbine(s) 2.3. OWP als geheel
3. Interne veiligheid OWP	3.1. Fundatie 3.2. Stator 3.3. Gondel 3.4. Transformator 3.5. Rotor 3.6. Beveiliging
4. OWP uitvoer (kabels)	4.1. Kabels in het park 4.2. Kabels naar de kust

5.1.1 Beperking vaarroute

De beperking van vaarroutes door offshore windparken is voor verschillende scenario's geanalyseerd: één park naast vaarroute (Tabel 3); twee parken aan weerszijde van vaarroute (Tabel 4); twee parken aan één zijde van vaarroute (Tabel 5); en meerdere parken aan beide zijden van de vaarroute (Tabel 6).

Tabel 3

Scenarioanalyse beperking van vaarroutes uitgaande van één park naast vaarroute

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Toename kruisend verkeer door verboden vaargebied rondom park	Door verdichting grotere kans op aanvaring door kruisend verkeer	Losraken van lading (containers / drifters)	Gebruikelijke signalering	Onderzoek toename kruisend verkeer en kans op aanvaring
		Stuurloos raken van één of twee schepen		
		Verloren gaan van een of twee schepen		
		Vrijkomen gevaarlijke stoffen		
Beperking manoeuvreerbaarheid indien OWP geplaatst in de nabijheid van kruisende vaarwegen	Door onjuiste manoeuvres invaren in OWP	Schade aan OWP	Gewijzigde procedure voor benadering van een haven, eventueel met sleepboten	Onderzoek geschikte procedure voor manoeuvreren
	Buiten de vaarroute komen	Vastlopen schip		
Invaren in een park door onbevoegden en onjuiste koers	Botsing met een turbine	Verlies van een turbine afhankelijk impact		Onderzoek waarschuwingssysteem voor binnenvaren van een OWP
Invaren park door bevoegden en onjuiste koers	Botsing met een turbine	Verlies van een turbine afhankelijk impact		
Toename bouwverkeer	Grotere kans op aanvaring	Losraken van lading (containers / drifters)	Procedure voor opbouw en onderhoud van een OWP, verkeersregeling	Onderzoek interferentie regulier verkeer met bouwverkeer. Nagaan logistiek opbouw
		Stuurloos raken van één of twee schepen		
		Verloren gaan van een of twee schepen		
		Vrijkomen gevaarlijke stoffen		

Tabel 4 Scenarioanalyse beperking van vaarroutes uitgaande van twee parken aan weerszijde van vaarroute

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Toename kruisend verkeer door verboden vaargebied rondom park (tunnel, omtrekkende beweging)	Door verdichting grotere kans op aanvaring door kruisend verkeer (beperkt meer dan bij een enkel park)	Losraken van lading (containers / drifters)	Gebruikelijke signalering	Onderzoek toename kruisend verkeer en kans op aanvaring
		Stuurloos raken van één of twee schepen		
		Verloren gaan van een of twee schepen		
		Vrijkomen gevaarlijke stoffen		
Beperking manoeuvreerbaarheid indien OWP geplaatst in de nabijheid van kruisende vaarwegen	Door onjuiste manoeuvres invaren in OWP (grotere kans door in-uitkomend verkeer)	Schade aan OWP	Gewijzigde procedure voor benadering van een haven, eventueel met sleepboten	Onderzoek geschikte procedure voor manoeuvreren
	Buiten de vaarroute komen	Vastlopen schip		
Toename bouwverkeer	Grotere kans op aanvaring (afhankelijk onderling fasering van oprichting en exploitatie c.q. onderhoud)	Losraken van lading (containers / drifters)	Procedure voor opbouw en onderhoud van een OWP, verkeersregeling	Onderzoek interferentie regulier verkeer met bouwverkeer. Nagaan logistiek opbouw, wijze van gebruik vaarwegen
		Stuurloos raken van één of twee schepen		
		Verloren gaan van een of twee schepen		
		Vrijkomen gevaarlijke stoffen		

Tabel 5 Scenarioanalyse beperking van vaarroutes uitgaande van twee parken aan één zijde van vaarroute

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Toename kruisend verkeer door verboden vaargebied rondom park	Door verdichting grotere kans op aanvaring door kruisend verkeer	Losraken van lading (containers / drifters)	Gebruikelijke signalering	Onderzoek toename kruisend verkeer en kans op aanvaring
		Stuurloos raken van één of twee schepen		
		Verloren gaan van een of twee schepen		
		Vrijkomen gevaarlijke stoffen		
Beperking manoeuvreerbaarheid indien OWP geplaatst in de nabijheid van kruisende vaarwegen	Door onjuiste manoeuvres invaren in OWP	Schade aan OWP	Gewijzigde procedure voor benadering van een haven, eventueel met sleepboten	Onderzoek geschikte procedure voor manoeuvreren
	Buiten de vaarroute komen	Vastlopen schip		
Toename bouwverkeer	Grotere kans op aanvaring	Losraken van lading (containers / drifters)	Procedure voor opbouw en onderhoud van een OWP, verkeersregeling	Onderzoek interferentie regulier verkeer met bouwverkeer. Nagaan logistiek opbouw
		Stuurloos raken van één of twee schepen		
		Verloren gaan van een of twee schepen		
		Vrijkomen gevaarlijke stoffen		

Tabel 6 Scenarioanalyse beperking van vaarroutes uitgaande van meerdere parken aan beide zijden van de vaarroute

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Toename kruisend verkeer door verboden vaargebied rondom park	Door verdichting grotere kans op aanvaring door kruisend verkeer	Losraken van lading (containers / drifters)	Gebruikelijke signalering	Onderzoek toename kruisend verkeer en kans op aanvaring
		Stuurloos raken van één of twee schepen		
		Verloren gaan van een of twee schepen		
		Vrijkomen gevaarlijke stoffen		
Beperking manoeuvreerbaarheid indien OWP geplaatst in de nabijheid van kruisende vaarwegen	Door onjuiste manoeuvres invaren in OWP	Schade aan OWP	Gewijzigde procedure voor benadering van een haven, eventueel met sleepboten	Onderzoek geschikte procedure voor manoeuvreren
	Buiten de vaarroute komen	Vastlopen schip		
Toename bouwverkeer	Grotere kans op aanvaring	Losraken van lading (containers / drifters)	Procedure voor opbouw en onderhoud van een OWP, verkeersregeling	Onderzoek interferentie regulier verkeer met bouwverkeer. Nagaan logistiek opbouw
		Stuurloos raken van één of twee schepen		
		Verloren gaan van een of twee schepen		
		Vrijkomen gevaarlijke stoffen		

5.1.2 Drifters in het windturbinepark

De mogelijkheden en gevolgen van drifters in offshore windparken zijn geanalyseerd voor verschillende scenario's, met betrekking tot: het transformatorplatform (Tabel 7); de windturbine(s) (Tabel 8); en het offshore windturbinepark als geheel (Tabel 9).

Tabel 7 Scenarioanalyse drifters in park met betrekking tot het transformatorplatform

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Drifter met voldoende massa (energieinhoud) ramt het platform	Ernstige beschadiging platform en transformator	Uitval energielevering	Reparatie binnen 20 minuten eventueel mogelijk	Onderzoek mogelijkheden beperking schade (meldingsplicht, sleepboten)
		Vrijkomen gevaarlijke stoffen		Onderzoek vraag wanneer beschadiging (container?, vissersschip? olietanker), soort schade
Helikopter maakt een onjuiste landing op transformatorplatform voor transport onderhoudspersoneel.	Crash helikopter	Ernstige beschadiging platform, letsel inzittenden, verlies helikopter		Inzet helikopter? Impact van een crash?

Tabel 8 Scenarioanalyse drifters in park met betrekking tot de windturbine(s)

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Drifter ramt een of meerdere turbines	Ernstige beschadiging turbines	Omvalen één turbine		Onderzoek soort schade bij stilstand of vol vermogen in verband met stroming en wind. Ingrijpen mogelijk bij drifter (stil zetten turbine)?
		Omvalen meerdere turbines		
		(Delen) van turbine vallen op een schip, ernstige beschadiging schip mogelijk vrijkomen gevaarlijke lading		Onderzoek naar wat kan er gebeuren bij aanvaring van een turbine, gevolgen voor het schip?

Tabel 9 Scenarioanalyse drifters in park met betrekking tot het offshore windturbinepark als geheel

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Invloed overig vliegverkeer	Crash in een OWP	Geheel of gedeeltelijke uitval OWP		
	Lozing kerosine	Vooralsnog zeer beperkt verondersteld		Onderzoek wat kan gebeuren bij lozing
	Radarverkeer verstoring	Beperking vluchtleiding		Radarreflectie vooraf oplossen

5.1.3 Interne veiligheid

De interne veiligheid van offshore windparken is geanalyseerd voor verschillende scenario's met betrekking tot: de fundatie (Tabel 10); de stator (Tabel 11); de gondel (Tabel 12); de transformator (Tabel 13); de rotor (Tabel 14); en de beveiliging (Tabel 15).

Tabel 10 Scenarioanalyse interne veiligheid met betrekking tot de fundatie

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Verzakking, wegspoeling	Aantasting stabiliteit windturbine(s)	Omvallen turbine	(Onderhoudstrategie)	
		Kortsluiting?		Onderzoek kortsluiting mogelijk?
Aantasting fundatie	Aantasting stabiliteit windturbine(s)	Omvallen turbine	(Onderhoudstrategie)	
		Kortsluiting?		Onderzoek kortsluiting mogelijk?

Tabel 11 Scenarioanalyse interne veiligheid met betrekking tot de stator

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Stator technisch falen	Omvallen turbine	Materiaalschade		
		Kortsluiting?		Zie vorig subsysteem
		Berging turbine		Onderzoek hoe berging zal worden uitgevoerd

Tabel 12 Scenarioanalyse interne veiligheid met betrekking tot de gondel

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Technisch falen gondel afbreken van stator (materiaalmoeheid, corrosie, erosie in combinatie met storm/golfslag)	Vaartuigen in de nabijheid voor regulier onderhoud of recreatievaart	Zware schade aan getroffen vaartuigen	Onderhoud	Dimensionering en onderhoudstrategie
Brand in de gondel	Schade aan gondel	Reparatie		Onderzoek hoe kan brand ontstaan?

Tabel 13 Scenarioanalyse interne veiligheid met betrekking tot de transformator

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Technisch falen afbreken van transformator (materiaalmoeheid, corrosie, erosie in combinatie met storm/golfslag)	Vaartuigen in de nabijheid voor regulier onderhoud of recreatievaart	Zware schade aan getroffen vaartuigen	Onderhoud	Dimensionering en onderhoudstrategie
Blikseminslag	Schade intern	Reparatie	Bliksembeveiliging	

Tabel 14 Scenarioanalyse interne veiligheid met betrekking tot de rotor

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Technisch falen rotor afbreken (materiaalmoetheid, corrosie, erosie in combinatie met storm/golfslag)	Vaartuigen in de nabijheid voor regulier onderhoud of recreatievaart	Zware schade aan getroffen vaartuigen (groter impactgebied dan bij breuk gondel)	Onderhoud	Dimensionering en onderhoudstrategie

Tabel 15 Scenarioanalyse interne veiligheid met betrekking tot de beveiliging

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Automatisch remsysteem werkt niet en storm (wk >9). Technisch falen gear en instelfout.	Afbreken rotor	Zie subsysteem rotor		Onderzoek (FMEA) remsysteem
	Schade aan generator			
Signaleringsysteem faalt (bewaking vanuit de kust, eigen systeem)	Geen waarschuwing van uit koers geraakte schepen	Mogelijk aanvaring van turbine of transformer platform		Onderzoek betrouwbaarheid signaleringssysteem

5.1.4 Uitvoer offshore windparken (kabels)

De mogelijkheden en gevolgen van schade aan kabels van offshore windparken zijn geanalyseerd voor verschillende scenario's, met betrekking tot: kabels binnen het park (Tabel 16); en kabels naar de kust (Tabel 17).

Tabel 16 Scenarioanalyse OWP uitvoer met betrekking tot kabels in het park

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Beschadiging tijdens reparatiewerkzaamheden	Beschadiging kabelnetwerk	Uitval meerdere windturbines		Onderzoek redundantie kabelnetwerk
Anker van een (vissers)boot treft kabel	Beschadiging kabelnetwerk	Uitval meerdere windturbines	Verboden gebied voor overig vaarverkeer	
Getijdeninvloeden	Breuk kabel	Uitval meerdere windturbines		
	Gewijzigde ligging	Kans op beschadiging bij reparatie		
Technisch falen van een kabel	Defect, contact met zeewater	Kortsluiting		

Tabel 17 Scenarioanalyse OWP uitvoer met betrekking tot kabels naar de kust

WHAT IF...	HAZARD	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS
Anker van een vaartuig treft kabel	Beschadiging kabel	Uitval OWP	Markering kabel	
Getijdeninvloeden	Breuk kabel	Uitval OWP		
	Gewijzigde ligging	Onjuiste aanduiding locatie		
Technisch falen van een kabel	Defect, contact met zeewater	Kortsluiting		Onderzoek gevolgen kortsluiting

5.2 Conclusies scenarioanalyse

Op basis van de scenarioanalyses die in de bovenstaande paragraaf staan beschreven, kan het volgende gezegd worden:

De gebeurtenissen die per (sub)scenario uitgewerkt worden, zijn grofweg in te delen in gebeurtenissen met betrekking tot de scheepvaart, de luchtvaart en het technisch falen van een OWP (inclusief kabeltracé), zie Tabel 18. De gebeurtenissen die het meeste voorkomen in de analyse zijn een toename van het scheepvaartverkeer door bouw van een park, een toename van kruisend verkeer en een beperking van de manoeuvreerbaarheid. Voor wat betreft ongevallen blijkt dat een grotere kans op aanvaringen, zowel tussen schip en OWP, als tussen schepen onderling het meest in de scenario's voorkomen (zie Tabel 19). De consequenties van de mogelijke ongevallen met betrekking tot OWP's staan in Tabel 20 weergegeven. Hieruit blijkt dat het vrijkomen van gevaarlijke stoffen en schade aan het OWP het meest voorkomt in de scenarioanalyse. Het losraken van lading, het stuurloos raken en het verloren gaan van één of twee schepen zijn ook veel voorkomende consequenties. Het vaak voorkomen in de scenarioanalyse zegt echter niets over de kans dat de betreffende gebeurtenis of het betreffende ongeval en consequenties daadwerkelijk voorkomen.

De scenarioanalyse geeft ook een aantal mitigerende maatregelen (safeguards). Deze maatregelen staan in Tabel 21 weergegeven. De maatregelen die het meest voorkomen in de analyse zijn de gebruikelijke signalering van een OWP, het wijzigen van de procedure voor benadering van een haven (indien een OWP nabij kruisende vaarwegen geplaatst is) en het opzetten van een procedure voor de opbouw en het onderhoud van een OWP voor wat betreft de verkeersregeling. Verder wordt als meest voorkomende maatregel om technisch falen te voorkomen het onderhoud van een OWP genoemd, ofwel het opzetten van een onderhoudstrategie. Voor wat betreft luchtvaartongevallen worden geen mitigerende maatregelen genoemd. Uiteindelijk leiden de maatregelen tot aanbevelingen. Deze aanbevelingen worden in Tabel 22 weergegeven.

Tabel 18 *Overzicht gebeurtenissen met betrekking tot OWP's*

Gebeurtenissen	Aantal keer voorgekomen in scenarioanalyse
<i>Scheepvaartongevallen</i>	
Toename bouwverkeer	4
Toename kruisend verkeer door verboden vaargebied rondom park	4
Beperking manoeuvreerbaarheid indien OWP geplaatst in de nabijheid van kruisende vaarwegen	4
Anker van een vaartuig treft kabel	2
Invaren in een park door (on)bevoegden en onjuiste koers	2
Drifter ramt het transformatorplatform, of één of meerdere turbines	2
<i>Luchtvaartongevallen</i>	
Helikopter maakt een onjuiste landing op transformatorplatform voor transport onderhoudspersoneel.	1
Invloed overig vliegverkeer	1
<i>Technisch falen OWP inclusief kabeltracé</i>	
Afbreken van transformator, gondel of rotor (materiaalmoetheid, corrosie, erosie in combinatie met storm/golfslag)	3
Technisch falen van een kabel	2
Getijdeninvloeden op ligging kabels	2
Beschadiging tijdens reparatiewerkzaamheden	1
Blikseminslag	1
Brand in de gondel	1
Automatisch remsysteem werkt niet en storm (wk >9). Technisch falen gear en instelfout.	1
Aantasting fundatie	1
Verzakking, wegspoeling	1
Signaleringssysteem faalt (bewaking vanuit de kust, eigen systeem)	1
Stator technisch falen	1

Tabel 19 Overzicht ongevallen met betrekking tot OWP's

Schade en/of letsel	Aantal keer voorgekomen in scenarioanalyse
Scheepvaartongevallen	
Grotere kans op aanvaring	8
Door onjuiste manoeuvres invaren in OWP	4
Buiten de vaarroute komen door beperkte manoeuvreerbaarheid	4
Gevaar voor vaartuigen in de nabijheid voor regulier onderhoud of recreatievaart door technisch falen OWP	3
Botsing met een turbine door onjuiste koers	2
Beschadiging turbines, platform en/of transformator door drifters	2
Beschadiging kabelnetwerk door schip	2
Luchtvaartongevallen	
Crash in een OWP	2
Radarverkeer verstoring	1
Lozing kerosine	1
Technisch falen OWP inclusief kabeltracé	
Schade aan transformator, generator of gondel	3
Aantasting stabiliteit windturbine(s) door fundatieproblemen	2
Geen waarschuwing van uit koers geraakte schepen door falen beveiligingssysteem	1
Omvallen turbine	1
Afbreken rotor	1
Beschadiging kabelnetwerk	4
Gewijzigde ligging kabels door getij	2

Tabel 20 Overzicht consequenties van ongevallen met betrekking tot OWP's

Consequenties	Aantal keer voorgekomen in scenarioanalyse
Scheepvaartongevallen	
Vrijkomen gevaarlijke stoffen	10
Schade aan OWP (o.a. omvallen één of meerdere turbines)	10
Stuurloos raken van één of twee schepen	8
Verloren gaan van één of twee schepen	8
Losraken van lading (containers / drifters)	8
Vastlopen schip	4
Zware schade aan getroffen vaartuigen in geval van drifter	1
Luchtvaartongevallen	
Ernstige beschadiging platform, letsel inzittenden, verlies helikopter	1
Geheel of gedeeltelijke uitval OWP	1
Beperking vluchtleiding door radarverstoring van vliegverkeer	1
Technisch falen OWP inclusief kabeltracé	
Kortsluiting	5
Zware schade aan getroffen vaartuigen in geval van falen windturbine	4
Uitval meerdere windturbines	3
Materiaalschade	1
Mogelijk aanvaring van turbines of transformer platform door falen beveiligingssysteem	1
Onjuiste aanduiding kabellocatie door gewijzigde ligging	1
Kans op beschadiging bij reparatie	1
Uitval energielevering	1
Uitval OWP	1
Reparatie	2
Berging turbine	1

Tabel 21 Overzicht mitigerende maatregelen voor ongevallen met betrekking tot OWP's

Mitigerende maatregelen	Aantal keer voorgekomen in scenarioanalyse
Scheepvaartongevallen	
Gebruikelijke signalering	4
Gewijzigde procedure voor benadering van een haven, eventueel met sleepboten	4
Procedure voor opbouw en onderhoud van een OWP, verkeersregeling	4
Verboden gebied voor overig vaarverkeer	1
Luchtvaartongevallen	
-	-
Technisch falen OWP	
Onderhoud(strategie)	4
Bliksembeveiliging	1
Reparatie binnen 20 minuten eventueel mogelijk	1
Markering kabel	1

Tabel 22 Overzicht aanbevelingen voor wat betreft de veiligheid van OWP's

Aanbevelingen	Aantal keer voorgekomen in scenarioanalyse
Scheepvaartongevallen	
Onderzoek geschikte procedure voor manoeuvreren	4
Onderzoek interferentie regulier verkeer met bouwverkeer. Nagaan logistiek opbouw, wijze van gebruik vaarwegen	4
Onderzoek toename kruisend verkeer en kans op aanvaring	4
Dimensionering en onderhoudstrategie	1
Onderzoek waarschuwingssysteem voor binnenvaren van een OWP	1
Onderzoek mogelijkheden beperking schade van drifter (meldingsplicht, sleepboten)	1
Onderzoek wanneer beschadiging drifter (container?, vissersschip? olietanker), soort schade	1
Onderzoek soort schade van drifter bij stilstand of vol vermogen in verband met stroming en wind. Ingrijpen mogelijk bij drifter (stil zetten turbine)?	1
Onderzoek naar wat kan er gebeuren bij aanvaring van een turbine, gevolgen voor het schip?	1
Luchtvaartongevallen	
Onderzoek inzet van een helikopter en impact van een crash	1
Onderzoek wat kan gebeuren bij lozing kerosine	1
Radarreflectie vooraf oplossen	1
Technisch falen OWP	
Dimensionering en onderhoudstrategie	3
Onderzoek mogelijkheden tot kortsluiting	3
Onderzoek gevolgen kortsluiting	1
Onderzoek (FMEA) remsysteem	1
Onderzoek betrouwbaarheid signaleringssysteem	1
Onderzoek redundantie kabelnetwerk	1
Onderzoek hoe berging van een turbine zal worden uitgevoerd	1
Onderzoek hoe brand in de gondel kan ontstaan	1

6 Bestaande risico- modellen

Er zijn verschillende modellen in omloop die de kans op aanvaringen beschrijven. In de volgende paragrafen zullen deze kort worden beschreven.

6.1 DYMITRI (Dynamic Marine Traffic System)

DYMITRI is een navigatie risk assessment tool dat door British Maritime Technology Ltd (BMT) reeds succesvol is toegepast bij offshore windturbinepark ontwikkelingen. BMT neemt deel aan het Interreg IIIB programma in het project Safety at Sea.

In het rapport van de Safety at Sea-project (2005), demonstratie project D, worden de volgende frequenties voor een aanvaring van een schip in de af- of aanwezigheid van een OWP gegeven:

- No wind farm = 0.04 & 0.37 collisions per year (inner & outer)
- Wind Farm, (vessels pass through wind farm) = 0.11 & 0.41 collisions per year (inner & outer)
- Wind farm, relocation of routes = 0.04 & 0.35 collisions/year (inner & outer)

De frequenties zijn relatief hoog (eens per 3 tot eens per 25 jaar), echter na relocatie van een route is de frequentie iets afgenomen. Het zou betekenen dat een OWP voor zover deze buiten de routes is gelegen nauwelijks een risico oplevert.

De methodiek die DYMITRI gebruikt is de mogelijkheid van een nadering in een scheepsdomein. Binnen het model worden de navigatie-interacties tussen verschillende schepen en vaste objecten in een scheepvaartroute gesimuleerd (Dand & Colwill, 2002).

6.2 SAMSON

Om het risico op ongevallen op (specifieke locaties op) zee te voorspellen is bij het Maritiem Research Instituut Nederland (MARIN) het zogenaamde SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore Northsea) ontwikkeld. Dit model bestaat uit drie hoofdonderdelen; een verkeersdatabase, een set (fysische) modellen en een "ongevalskansen"-database. De verkeersdatabase is een netwerk van lijnen en gedefinieerde punten (links en waypoints), die alle vaarroutes weergegeven op de Noordzee. Aan de hand van de vertrek- en aankomstgegevens van alle (grote) scheepvaart die over de Noordzee vaart, wordt bepaald hoeveel schepen van welk type, grootte en met welke lading zich gemiddeld op een lijn (link) bevindt.

Met deze verkeersgegevens en een set fysisch onderbouwde wiskundige modellen, die bijv. de driftsnelheid als gevolg van wind en golven bepalen, wordt bepaald hoeveel mogelijk gevaarlijke situaties voorkomen, die zouden kunnen resulteren in een ongeval. Een gevaarlijke situatie die kan leiden tot een aanvaring tussen twee schepen is bijvoorbeeld een ontmoeting tussen twee schepen. Om een schip in een scheepsdomein gedefinieerd, als een ander schip dit domein binnen dringt, spreekt men van een ontmoeting.

De informatie betreffende de scheepsbewegingen is aanwezig in het SAMSON-model bij MARIN. In de verkeersdatabases van SAMSON is het aantal scheepsbewegingen over iedere link bekend in aantallen per cel van de scheepsmatrix die 36 scheepstypen en 8 grootteklassen bevat. De database voor het niet-routegebonden verkeer (visserij, werkvaart en supplyvaart) in SAMSON is bepaald uit de VONNOVI-waarnemingen als dichtheid in cellen van 8 bij 8 km. VONNOVI staat voor VerkeersOnderzoek Noordzee Visuele Identificatie, waarbij gedurende een waarnemingsvlucht boven zee de gegevens van alle waargenomen schepen worden verzameld. Gedurende de jaren 1999-2001 zijn bijna 300 vluchten uitgevoerd die verwerkt zijn tot een verkeersbeeld.

6.3 Germanischer Lloyd

Germanischer Lloyd heeft een ontwerp gemaakt voor een risico-analyse voor offshore windturbineparken (Braasch *et al.*, 2002, Germanischer Lloyd, 2002). Zij hebben een scheepsvaartmodel dusdanig aangepast dat zij daarmee ook de risico's voor offshore windturbineparken kunnen berekenen (Otto & Dalhoff, 2002).

6.4 Det Norske Veritas (DNV)

DNV heft twee modellen ontwikkeld voor de simulering scheepvaartongevallen van CRASH (Computerised Risk Assessment of Shipping Hazards) and MARCS (Marine Accident Risk Calculation System). De modellen bestaan uit vier onderdelen:

- Aanvaringsfrequentie
- Aanvaringsconsequentie
- Risico analyse kwantificatie
- Risico reductie maatregelen (DNV, 2005)

7 Mitigerende maatregelen

7.1 Inleiding

Voor het verkleinen van bekende risico's kunnen mitigerende maatregelen worden getroffen. Diverse mogelijke maatregelen worden genoemd in de literatuur om de risico's van OWP's te verkleinen (DNV, 2005; den Boon *et al.*, 2004):

- Het vaststellen van een internationale overeengekomen bufferzone rondom windturbineparken waarbinnen scheepvaart niet is toegestaan;
- Vergroten van het gebied dat door calamiteitsleepboten (zoals de Waker) bereikt kan worden;
- Installatie van Raconbakens op de turbines;
- Beveiliging van het windturbinepark met radarsystemen;
- Gebruik van geautomatiseerde systemen om scheepvaartverkeer te waarschuwen, bijvoorbeeld AIS;
- Fenderingsystemen om potentiële schade aan OWP's te minimaliseren.

De laatste vier hiervan worden in de volgende paragrafen nader uitgewerkt.

7.2 Plaatsing van RACON-bakens

Door het plaatsen van RACON-bakens (een acroniem voor Radar beaCON) wordt de zichtbaarheid van een object op de navigatieradar van een schip verhoogd. Het gaat hier om apparatuur die na ontvangst van een radarpuls, reageert door het terugzenden van een signaal op dezelfde frequentie. Deze respons wordt zichtbaar, als een korte reeks van lijnen en punten die een Morse-teken vormen, op de radardisplay op de brug van een schip. Dergelijke bakens worden reeds langere tijd ingezet als navigatiehulpmiddel om de volgende structuren te markeren:

- Vuurtorens en navigatiebetonning;
- Punten op onopvallende kustlijnen;
- Doorvaartopeningen onder bruggen;
- Offshore olieplatformen en andere bouwwerken;
- Te beschermen natuurlijke gebieden, b.v. koraalriffen.

De technische karakteristieken en voorwaarden waaraan een RACON-baken dient te voldoen zijn vastgelegd in ITU-R Recommendation M.824, Technical Parameters of Radar Beacons (RACONS). De IALA (2004b) volgt de ITU voor wat betreft de technische specificaties, maar geeft tevens richtlijnen uit over de wijze waarop deze hulpmiddelen het beste kunnen worden toegepast. Aangaande windturbineparken worden RACON-bakens door de IALA (2004a) genoemd als aanvullende markeringen die toegepast kunnen worden. Het gaat hierbij in eerste instantie om het markeren van de hoekpunten (SPS of Significant Peripheral Structures) en daarnaast mogelijk een aantal tussenliggende turbines.

Aangezien een windturbinepark uit vele turbines bestaat is het wenselijk om deze niet allemaal te markeren, dit ook conform de IALA aanbevelingen (2004a). Deze bakens hebben de karakteristiek dat ze volgens een bepaalde cyclus een deel van de tijd niet resp. wel actief zijn (b.v. 40 sec. uit gevolgd door 20 sec. aan). Het doel hiervan is om het radarbeeld overzichtelijk te houden en om te voorkomen dat verder weggelegen doelen gemaskeerd worden. In het geval van een windturbinepark kan het nuttig zijn om de timing van de verschillende bakens op elkaar af te stemmen zodat de aard en omvang van het windturbinepark zo goed mogelijk op het radarscherm zichtbaar wordt gemaakt.

7.3 Beveiliging van OWP met radarsystemen

Beveiliging van windturbineparken is een nieuw fenomeen. Dit omdat windturbineparken een groot zeeoppervlak beslaan en onbemand werken.

Bovendien zal er verdichting van de scheepvaart optreden, waardoor de kans op aanvaring vergroot wordt. Daarentegen kunnen er op de platformen sensoren worden geplaatst welke de schepen informatie kunnen leveren

en de veiligheid juist bevorderen. Een ander fenomeen is dat naar verwachting de visstand toeneemt omdat er tussen de turbines niet gevestigd mag worden. Vissersschepen zullen echter wel trachten zo dicht mogelijk langs de turbines te vissen omdat hier de meeste vis te vangen valt. Controle hierop is belangrijk voor zowel (de veiligheid van) de vissersschepen als de windturbines. Ook het gedrag van kleine schepen rond en binnen de parken dient te worden gecontroleerd. Het gebruik van onbemande platformen als smokkelplaats voor drugs en sigaretten is namelijk in Nederland eerder een probleem geweest.

Voor het beveiligen van windturbineparken op zee moet het beveiligingssysteem voldoen aan de volgende randvoorwaarden:

- Het moet op elk tijdstip van de dag werken
- Onder elk weertype
- Robuust zijn
- Weinig onderhoud vergen
- Over grote oppervlakten informatie kunnen leveren
- Zo veel mogelijk gebruik maken van de bestaande infrastructuur
- Lage investeringskosten vergen
- Lage operationele kosten met zich mee brengen
- Continu werken

Beeldvormende radarsystemen voldoen voor een groot gedeelte aan bovengenoemde randvoorwaarden. De werking en toepassing van radarsystemen wordt in 0 beschreven. Beeldvormende radarsystemen kunnen geplaatst worden op bewegende platforms, zoals satellieten, vliegtuigen en schepen maar ook stationair zijn opgesteld bijv. VTS (Vessel Traffic Service) radarsystemen welke o.a. staan opgesteld langs de kust. Met name vliegende radarsystemen kunnen grote gebieden monitoren, maar zijn duur in aanschaf en operationeel gebruik. Ook kunnen zij niet continu op een bepaalde locatie beeldinformatie leveren. Stationaire radarsystemen (VTS) hebben deze nadelen niet, echter zijn relatief duur t.o.v. een navigatieradar zoals gebruikt wordt op schepen. Bovendien kunnen dergelijke radarsystemen meer functionaliteit bieden dan waar ze oorspronkelijk voor bedoeld zijn. Op de werking van de navigatieradar alsmede de extra functionaliteit zal nader worden ingegaan. Met name die functionaliteiten die betrekking hebben op de beveiliging van windturbineparken zal nader worden beschreven.

VTS of navigatieradarsystemen kunnen onder vrijwel alle weersomstandigheden en zowel overdag als 's nachts grote zeeoppervlakken monitoren. Omdat in Nederland windturbineparken in verband met horizonvervuiling achter de horizon gebouwd worden, zal beveiliging niet met radarsystemen vanaf de wal kunnen gebeuren. Ter plaatse zullen dus radarsystemen voor de beveiliging moeten worden geïnstalleerd. Naast beveiliging met radar zal ook AIS (Autonomic Identification System) zinvol kunnen worden gecombineerd met radar. AIS is verplicht voor de grotere (SOLAS) schepen. Met de combinatie van radar met AIS kan dan ook worden geïdentificeerd of een bepaalde object een groot of klein schip betreft. De beveiliging van windturbineparken voor de scheepvaart met AIS wordt beschreven in paragraaf 7.4. Binnen TNO wordt op dit moment een kustwachtdemonstrator, gebaseerd op bestaande "low-cost" waarnemingssystemen, gebouwd waarmee kleine drijvende doelen kunnen worden geïdentificeerd. Het is de bedoeling om deze ervaring te gebruiken bij de beveiliging van windturbineparken.

Conclusie

Zeer geschikt voor beveiliging van windturbineparken is een navigatieradar. Dit omdat het systeem:

- gedurende elk tijdstip van de dag in vrijwel elke weersconditie werkt.
- de prijs prestatieverhouding gunstig is wat zeker gezien de grote aantallen een belangrijk aspect is.
- robuust is, weinig onderhoud vergt
- lage installatie kosten met zich mee brengt

De plaatsing van de navigatieradarsystemen dient bij voorkeur op alle hoekpunten van de windturbineparken te gebeuren en liefst zo hoog mogelijk. Op de markt worden PC gebaseerde acquisitie systemen aangeboden die de functionaliteit van een navigatieradar aanzienlijk vergroten en hierdoor o.a. belangrijke bijdragen leveren aan de verkeersveiligheid en milieu bewaking. Genoemd kunnen worden

- betere detectiegevoeligheid van kleine drijvende objecten op zee, ook bij ruwe zee
- het leveren van golfdata en waterstroming
- het detecteren van olie vlekken
- het in kaart brengen van zeebodempogografie (verplaatsing)
- het op afstand identificeren van objecten, door het combineren met camera's

Dergelijke systemen kunnen op afstand worden bediend. Voor optimale prestatie van bovengenoemde functionaliteiten dient de radarantenne te worden gemodificeerd. Hierdoor kan een bereik van 4-6 km gerealiseerd worden. Het bereik is afhankelijk van de weerscondities en opstellingshoogte van de radarantenne

7.4 AIS

7.4.1 Eigenschappen en gebruik AIS

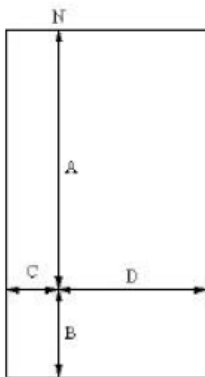
AIS (Automatic Identification System) kan gezien worden als het eerste data communicatie systeem voor de maritieme veiligheid. Het maakt gebruik van twee internationaal vrij gemaakte frequenties in de maritieme VHF band (marifoonband) en is gebaseerd op Time Division Multiple Access (TDMA) technologie. In 0 wordt AIS nader toegelicht.

AIS wordt in de eerste plaats gebruikt door schepen om de positie en identiteit uit te zenden die wordt ontvangen door andere schepen en walsystemen voor verkeersbegeleiding (VTS) en de Kustwacht. Dit is volledig in overeenstemming met de IMO richtlijnen. Daarnaast kunnen ook Base stations AIS berichten uitzenden. Dit betreft vooral veiligheidsgerelateerde berichten die door schepen worden ontvangen. Sinds kort is er overeenstemming over het gebruik van AIS op AtoN's (Aids to Navigation⁴) zoals vuurtorens, lichtopstanden en boeien. Offshore structuren zoals platforms worden tot deze categorie gerekend. Windturbineparken op zee gaan daar nu ook onder vallen. Maatregelen zijn genomen in de berichten om windturbineparken duidelijk te onderscheiden van andere AtoN's. In 0 wordt hierop verder ingegaan.

Voor windturbineparken is de volgende AIS informatie het meest relevant:

- Identificatie van het windturbinepark. Dit bestaat uit:
 - o MMSI nummer, een uniek nummer behorend bij het AIS station
 - o Naam van het windturbinepark. Indien het windturbinepark met meer dan één AIS station is beveiligd dan is het raadzaam een meer precieze aanduiding van het betreffende AIS AtoN station in de naam op te nemen (bijvoorbeeld: 'NAAM west').
- Type AtoN station. Voor AIS op het windturbinepark zal dit altijd 3 zijn: *Fixed structure off shore, such as oil platforms, wind farms. (Note: This code should identify an obstruction that is fitted with an Aid-to-Navigation AIS station.)*. Indien een de positie van een boei wordt uitgezonden, Realof Syntetic, zal een van Floating AtoN types moeten worden gebruikt (zie hiervoor later in dit rapport).
- Positie in longitude en latitude. De positie nauwkeurigheid zal bij een windturbinepark, waarbij de positie een ingemeten positie is, altijd hoog zijn. Bij het 'type position device' zal dan 7 staan (surveyed) en dit zal overeen moeten komen met de kaartpositie die wordt opgegeven voor (elektronische) zeekaarten.
- Afmetingen ten opzichte van het referentiepunt. Normaal worden afmetingen van een AIS object gegeven vanuit het punt waar de GNSS antenne staat opgesteld (daar wordt namelijk de positiebepaling gedaan). Zie hiervoor *Figuur 14* Heel vaak zal een windturbinepark dusdanige afmetingen hebben dat het niet past in het daarvoor bestemde dataveld. Voor verdere discussie over de afmetingen wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk..

⁴ IALA definitie voor AtoN (IALA, 2003): "a device or system external to vessels that is designed and operated to enhance the safe and efficient navigation of vessels and/or vessel traffic"



A = 0-511 meter
 B = 0-511 meter
 C = 0-63 meter
 D = 0-63 meter

Voor vaste AtoN stations moet de richting van A naar het ware noorden gericht zijn.

Figuur 14 Afmetingen van een AtoN gerelateerd aan het referentiepunt (plaats GNSS antenne)

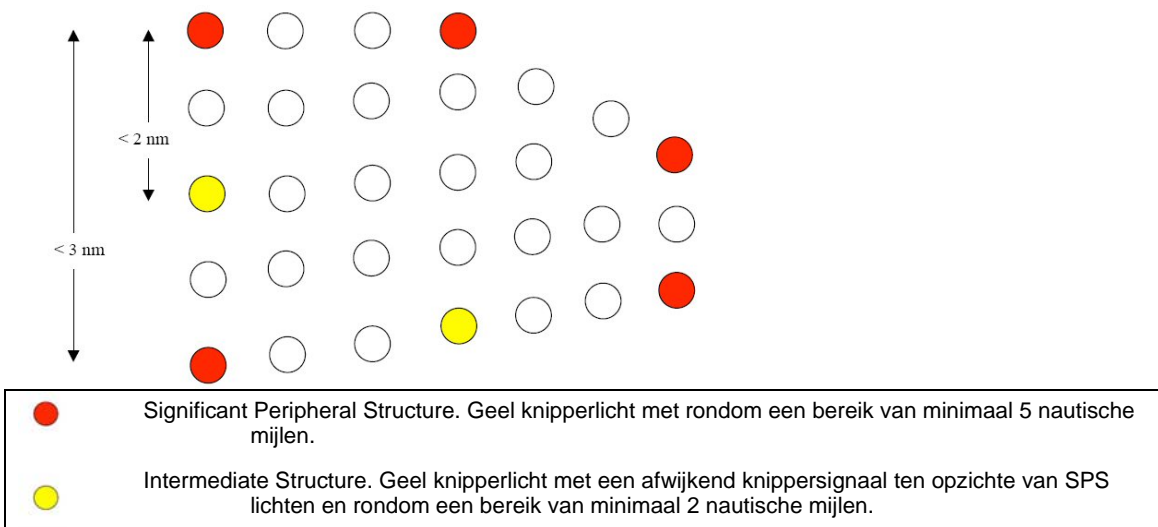
Buiten het uitzenden van AIS Message 21 door AIS AtoN stations kunnen onder controle van AIS Base stations ook incidenteel veiligheidsgerelateerde tekstberichten worden uitgezonden. Deze kunnen in bepaalde situaties waarschuwingen bevatten voor de scheepvaart in de omgeving van een windturbinepark op zee.

7.4.2 Doelstelling van AIS voor de beveiliging van windturbineparken

Om de aanwezigheid van windturbineparken op zee kenbaar te maken kunnen ze worden beveiligd zoals omschreven in de "IALA Recommendation O-117 on the marking of offshore wind farms" (IALA, 2004a). Dit betreft echter uitsluitend optische beveiliging met bepaalde kleuren en verlichting van zowel individuele windturbines (wind turbines) als van windturbineparken (wind farms). In de "IALA Recommendation A-126 on the use of the Automatic Identification System (AIS) in Marine Aids to Navigation" (IALA, 2003) worden aanbevelingen gedaan voor het gebruik van AIS. Genoemde documenten geven tevens een aantal definities die van belang zijn voor de beveiliging met AIS (IALA, 2004a):

- Een windturbinepark is een groep windturbines die één blok vormen en als een eenheid worden opgevat.
- Een "Significant Peripheral Structure" (SPS) is een windturbine die op de hoek of een ander significant punt van een windturbinepark staat.
- Een transformator station is een speciale eenheid binnen of buiten het windturbinepark. Deze vormt de verbinding tussen de windturbines en van hieruit wordt de verbinding met de wal gemaakt via een onderzeese kabel. Een transformator station of een eventuele meteorologische mast wordt gezien als deel van het windturbinepark. Indien de locatie zodanig is dat dit geheel buiten het windturbinepark ligt zal een dergelijk object apart moeten worden beveiligd.

In *Figuur 15* staat de IALA markering weergegeven.



Figuur 15 Optische markering windturbinepark volgens IALA Recommendation O-117

De beveiliging van windturbineparken op zee met AIS heeft twee doelstellingen die voor de veiligheid van de scheepvaart en van het windturbinepark zelf van belang zijn:

1. Het 'zichtbaar' maken van het windturbinepark voor de scheepvaart. AIS berichten, uitgezonden door AIS AtoN stations op het windturbinepark, worden door alle schepen binnen het bereik van AIS (ongeveer 25 NM, afhankelijk van de hoogte van de antenne) ontvangen en zullen zichtbaar zijn op displays aan boord van de schepen. Hierbij moet worden opgemerkt dat aan boord van schepen de koppeling van AIS met de scheepsradar in de nabije toekomst (medio 2008) verplicht gesteld wordt door IMO.
2. Het detecteren en identificeren van schepen in de omgeving van windturbineparken op zee. Afhankelijk van de configuratie van het windturbinepark (grootte van het windturbinepark, afstand tussen de individuele windturbines, etc.) is de doorgang en de toegang tot het windturbinepark vaak niet toegestaan voor de scheepvaart of voor bepaalde categorieën scheepvaart. Controle hierop kan worden uitgeoefend met de ontvangst van de AIS uitzendingen van de schepen, bij voorkeur in combinatie met radar om ongewenst uitschakelen van AIS te detecteren. Alle ontvangen AIS berichten kunnen naar een walcentrum worden gestuurd die de toegangscontrole en handhaving uitvoert. Voor deze toepassing moeten AtoN AIS stations worden gebruikt met volledige ontvangstmogelijkheden. Zie hiervoor het onderdeel over AIS AtoN stations in 0.

7.4.3 Toepassing van AIS voor OWP's

Er zijn diverse mogelijkheden voor de eigenlijke beveiliging van windturbineparken op zee. De keuze zal sterk afhangen van de grootte van het windturbinepark en de aanwezigheid van andere markeringen of beveiligingen van het windturbinepark. Een aantal mogelijkheden worden hier nader uitgewerkt.

Beveiliging met AIS van relatief kleine windturbineparken

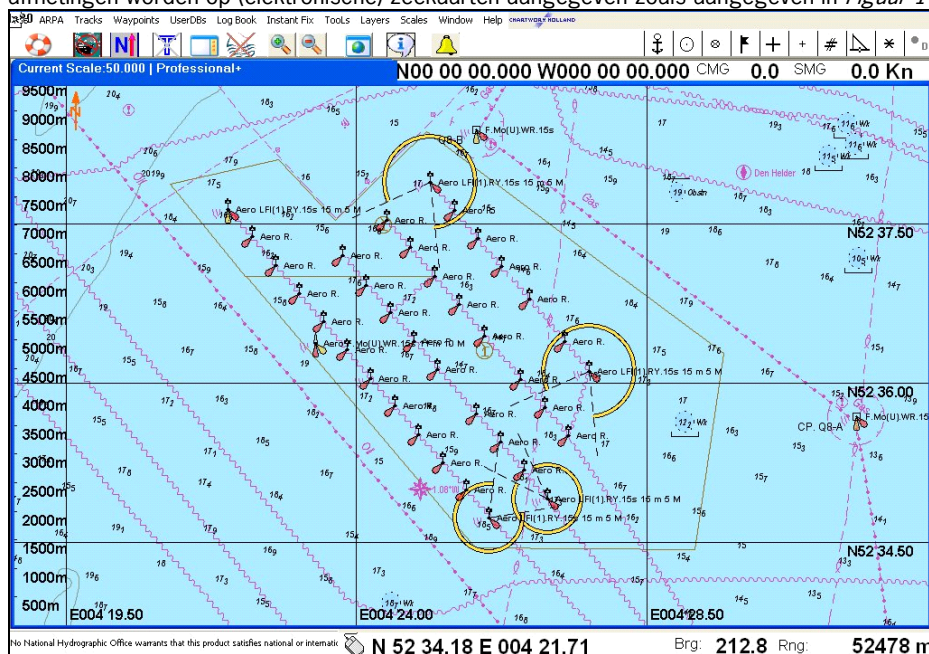
Een windturbinepark met afmetingen die vallen binnen de maximale afmetingen van AtoN objecten (1022 meter bij 126 meter) zoals aangegeven in Figuur 5 kan met één AIS AtoN station worden beveiligd. Deze moet dan zijn gelokaliseerd op een zodanige plaats dat de werkelijke afmetingen zoals aangegeven kunnen worden uitgezonden. Bij alle volgende opties wordt er vanuit gegaan dat de afmetingen van het windturbinepark groter zijn dan hiervoor beschreven.

Beveiliging met AIS van het windturbinepark

Het is mogelijk om Real AIS AtoN stations direct te bevestigen op één of een aantal eenheden van het windturbinepark zelf. De hoeveelheid te installeren AIS stations zal afhangen van de totale afmetingen van het windturbinepark. Hierbij moet gedacht worden om in ieder geval een AIS station te installeren op de zogenaamde Significant Peripheral Structures, alle hoekpunten van het windturbinepark. AIS stations op Intermediate Structures zijn alleen zinvol bij afmetingen die groter zijn dan 10 NM ($\approx 18,5$ km). De reden daarvoor is dat het

bereik van AIS groter is dan de visuele beveiliging zoals aangegeven in Figuur 4. Daarnaast moet het aantal te installeren AIS stations op een klein gebied zo veel mogelijk worden beperkt om verwarring en door elkaar heen presenteren op situatie displays te voorkomen.

Omdat AIS stations in deze opstelling als markeringspunten worden gezien en niet als zelfstandige objecten moeten de parameters voor de afmetingen voor '0' (nul) worden gezet (zie *Figuur 15*). Windturbineparken van deze afmetingen worden op (elektronische) zeekaarten aangegeven zoals aangegeven in *Figuur 16*



Figuur 16 Windturbinepark (Egmond aan Zee) op elektronische zeekaart. (bron: Chartworx-Holland navigatie systeem met C-Map CM93/3 Professional Plus digitale kaart)

Beveiliging met AIS op AtoN's rond het windturbinepark

Om het gebied rondom een windturbinepark te markeren en bijvoorbeeld ontoegankelijk te verklaren voor de scheepvaart is het mogelijk om een aantal AtoN's te plaatsen. Hierbij zullen voornamelijk boeien gebruikt worden. Een alternatief voor het installeren van AIS stations op het windturbinepark zelf is om Real AIS AtoN stations te plaatsen op de markeringsboeien. Het voordeel hiervan is dat hetzelfde gebied gemarkeerd wordt, nadeel is dat de energievoorziening voor de AIS stations op boeien bezwaarlijk kan zijn, zeker als AIS AtoN stations Type 3 worden gebruikt. Bij gebruik van andere types AtoN stations is het echter niet mogelijk om met behulp van het AIS station ook de scheepvaart in de omgeving te monitoren.

Beveiliging met Syntetic AIS AtoN stations op het windturbinepark

Als alternatief voor het hiervoor genoemde beveiligen met Real AIS AtoN stations op de AtoN's zelf, is het mogelijk om gebruik te maken van Syntetic AIS AtoN stations die geïnstalleerd worden op het windturbinepark maar toch de hele omgeving eromheen markeren. Daartoe worden door de AIS stations de posities uitgezonden van de markeringsboeien. Dit kan zolang de boeien fysiek gelegen zijn op een redelijke afstand van het AIS station (kleiner dan 2 NM). Het voordeel hiervan is dat Type 3 AIS AtoN stations gebruikt kunnen worden en de energievoorziening vanuit het windturbinepark kan gebeuren en niet vanaf de boei. Dit type is ook geschikt voor het ontvangen van AIS berichten van schepen. Daarnaast zijn de voorzieningen voor het versturen van dergelijke informatie naar een centraal punt beter te realiseren. Het nadeel is dat geen informatie wordt verkregen van een boei die van zijn positie afgaat (off-position).

Veiligheid van het windturbinepark

Met AIS is het mogelijk dat informatie van schepen wordt ontvangen door de aanwezige AIS stations. Door alle geïnstalleerde AIS stations in een netwerk op te nemen, kan alle informatie worden doorgestuurd naar een centrale computer. Deze kan dubbel ontvangen informatie (de AIS ontvangst van een schip door meer dan één AIS AtoN station) elimineren en het totaal ontvangen AIS verkeersbeeld naar een centrale post (controlekamer van

het windturbinepark, het Kustwachtcentrum in Den Helder of anderszins) sturen. Om verschillende redenen (safety en security) kan het ook wenselijk zijn om radarbeelden van de omgeving van het windturbinepark naar die centrale post te sturen.

Indien schepen, die geen toestemming hebben om het betreffende gebied binnen te varen, worden gedetecteerd, en dit kan vergaand worden geautomatiseerd, toch het gebied betreden, dan kunnen nader te bepalen maatregelen worden genomen. Door de bekendheid van de identiteit van de schepen kunnen ze per VHF radio (marifoon) worden opgeroepen. Ook is het mogelijk een geadresseerd AIS tekst bericht naar zo'n schip te sturen via een AIS AtoN station. Dit soort faciliteiten zijn alleen mogelijk indien gebruik gemaakt wordt van Type 3 AIS AtoN stations.

7.4.4 Conclusies en aanbevelingen

De volgende conclusies en aanbevelingen kunnen worden gemaakt voor de beveiliging van windturbineparken op zee met AIS.

- Er mag uitsluitend gebruik gemaakt worden van AIS AtoN. Deze zenden periodiek AIS Message 21 uit, eventueel en incidenteel aangevuld met tekst berichten. In een enkel voorkomend geval, en uitsluitend onder beheer van een 'Competent Authority' kan een AIS Base station worden toegepast. De beheerder van een windturbinepark wordt in deze context niet als zodanig gezien.
- Het is aan te bevelen om gebruik te maken van AIS Type 3 AtoN stations. Hierbij is het mogelijk om AIS berichten van andere gebruikers (met name schepen) te ontvangen om op deze manier, naar de beheerder toe, inzicht in het omringende scheepsverkeer te krijgen. Daarmee wordt het mogelijk om te controleren dat schepen die niet zijn toegestaan in het gebied van het windturbinepark, daar ook daadwerkelijk niet komen (controle en handhaving).
- Om energietechnische reden kan het gewenst zijn om de AIS stations op het windturbinepark te installeren in plaats van op markeringsboeien. In dat geval is er de volgende keuze:
 - o Het gebied markeren van het eigenlijke windturbinepark met Real AtoN stations.
 - o Het gebied van het windturbinepark plus, indien aanwezig, een gebied eromheen dat gemarkeerd wordt door boeien. In dat laatste geval kan gebruik gemaakt worden van Syntetic AtoN stations.
- AIS AtoN stations dienen minimaal geplaatst te worden op de hoekpunten van het windturbinepark (Significant Peripheral Structures). Afhankelijk van de grootte van het windturbinepark kunnen aanvullende AIS stations worden geplaatst.
- Alle AIS stations, behorend tot één windturbinepark, kunnen in een netwerk worden gekoppeld. Dit netwerk kan informatie naar de wal sturen ten behoeve van een controlepost waar operators het verkeersbeeld kunnen monitoren. Indien noodzakelijk kunnen deze operators ingrijpen. Deze taak zou eventueel ook door het Kustwachtcentrum in Den Helder kunnen worden uitgevoerd.

7.5 Fendering systemen

De mogelijkheden om fendering (remmingwerk) te gebruiken om schade aan OWP's en schepen te minimaliseren indien een schip in aanvaring komt met een OWP is onderzocht door den Boon *et al.* (2004). Uit dat onderzoek is gebleken dat fendering op de fundering van de monopiles niet geschikt is. Zelfs een aanvaring door een relatief klein schip, bijvoorbeeld een vissersboot, zal grote schade aanrichten aan de monopile fundering. Een alternatieve fundering die beter bestand is tegen zware krachten is noodzakelijk om fendering toe te passen.

8 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de gesprekken die met diverse stakeholders zijn gevoerd, de scenarioanalyse en het onderzoek naar de mitigerende maatregelen worden in dit hoofdstuk een aantal conclusies getrokken met betrekking tot:

- Aandachtspunten, ofwel, waar zitten mogelijke veiligheidsproblemen?
- Mitigerende maatregelen, ofwel, wat zijn momenteel de beschikbare beveiligende maatregelen?
- Aanbevelingen, ofwel, wat kunnen we nog meer doen om de veiligheid van toekomstige OWP's op de Noordzee te optimaliseren?

Aandachtspunten

Zowel op basis van de interviews als de scenarioanalyse is naar voren gekomen dat er veiligheidsproblemen kunnen ontstaan met betrekking tot OWP's op de Noordzee.

Voor de opbouwfase zijn dat vooral:

- De kans op invaren op de funderingspalen en sleepkabels;
- Toename bouwverkeer en daaraan gerelateerde toenemende aanvaringskans.

Tijdens de exploitatiefase zijn de aandachtspunten vooral:

- Het voorkomen van drifters;
- Verdichting van de vaarroutes en daaraan gerelateerde toenemende aanvaringskans;
- De manoeuvreerbaarheid en voorrangsregels van schepen indien OWP's in de nabijheid van andere gebruiksfuncties/kruisende vaarwegen liggen;
- Verstoring van radar;
- Technisch falen van OWP's.

Mitigerende maatregelen

Maatregelen die genomen kunnen worden om een OWP en omringend scheepvaartverkeer te beveiligen staan hieronder genoemd. Het zijn bestaande methodieken die ofwel standaard zijn voorgeschreven, ofwel extra kunnen worden toegepast.

- Signalering OWP
OWP's worden volgens de IALA voorschriften standaard gemarkeerd.
- Radarbeveiliging
Een navigatieradar blijkt vanwege de continue werking onder vrijwel alle omstandigheden, de lage kosten en onderhoudseisen, zeer geschikt voor beveiliging van windturbineparken.
- Gewijzigde procedure voor benadering van een haven
Per locatie nagaan of het OWP scheepvaartroutes naar havens beïnvloedt en of een wijziging van scheepvaartverkeerprocedures in dat geval noodzakelijk en mogelijk is.
- Scheepvaartverkeerprocedure voor opbouw en onderhoud van een OWP
Het opstellen van een procedure voor scheepvaartverkeer ten behoeve van de opbouw en het onderhoud van een OWP waarin specifieke verkeersregels voor de betreffende situatie worden vastgelegd.
- Verboden gebied voor overig vaarverkeer
Voor een OWP geldt een standaard veiligheidszone van 500 meter waarbinnen scheepvaart en overige activiteiten niet zijn toegestaan (uitgezonderd onderhoudsactiviteiten).
- Onderhoud(strategie)
Het opzetten en uitvoeren van een onderhoudsstrategie voor een OWP kan technisch falen en daaraan gerelateerde ongevallen voorkomen.
- Bliksembeveiliging
Het installeren van een bliksembeveiliging voor het OWP kan technisch falen ten gevolge van blikseminslag en daaraan gerelateerde ongevallen voorkomen.

Aanbevelingen

Uit de interviews en de scenarioanalyse zijn de volgende aanbevelingen naar voren gekomen:

- Onderzoek scheepvaartverkeer
Het scheepvaartverkeer ter plaatse van het toekomstige OWP analyseren op basis van:
 - wijze van gebruik vaarwegen;
 - toename kruisend verkeer en kans op aanvaring;
 - procedure voor manoeuvreren;
 - interferentie regulier verkeer met bouwverkeer.
- Onderzoek drifters
Het voorkomen van drifters ter plaatse van het toekomstige OWP analyseren op basis van:
 - mogelijkheden beperking schade van drifter (mogelijke ingrepen, meldingsplicht, sleepboten, etc.);
 - potentiële schade m.b.t. type schip, vermogen, stroming, wind.
- Onderzoek waarschuwingssysteem voor binnenvaren van een OWP.
- Radarverstoring vooraf oplossen.

Voor wat betreft de laatste twee aanbevelingen kan het volgende geconcludeerd worden:

- Er mag uitsluitend gebruik gemaakt worden van AIS AtoN, bij voorkeur AIS Type 3 AtoN stations en plaatsing op minimaal alle SPS-punten. Hierbij is het mogelijk om AIS berichten van andere gebruikers te ontvangen en inzicht in het omringende scheepsverkeer te krijgen. Dit maakt bijvoorbeeld de controle en handhaving van het scheepvaartverkeer(verbod) in de nabijheid van het OWP mogelijk.

De mate waarin de radardetectie van bepaalde objecten wordt verminderd door schaduwwerking van een OWP zal uitsluitend door specifieke analyse kunnen worden vastgesteld. De mate waarin dit acceptabel is zal uitsluitend kunnen worden bepaald door deze vermindering te toetsen aan vastgestelde normen.

9 Referenties

- Anonymous (2004): Horns Rev reveals the real hazards of offshore wind. Modern Power Systems. October 2004 pp 27,29.
- Braasch W., S. Otto, S. Nusser (2002): „Entwurf einer Richtlinie zur Erstellung von Risikoanalysen für Offshore-Windparks“; GLO-Bericht Nr. GL O –01-248, Hamburg, 2002.
- Brink B.J.E. ten, S.H. Hesper & F. Colijn (1991): A quantitative method for description & assessment of ecosystems: The AMOEBA-approach. Mar. Pollut. Bull. 23:265-270.
- Christensen C.F., L.W. Andersen & P.H. Pedersen (2001): Ship collision risk for an offshore wind farm. In Structural Safety and Reliability: Proceedings of the 8th International Conference on Structural Safety and Reliability, ICOSSAR '01, Newport Beach, California, USA, 17-22 June 2001 / Edited by R.B. Corotis, G.I. Schuëller, M. Shinozuka, Taylor & Francis, 2001, ISBN 905809197X, 9789058091970, 340 pages.
- Christensen, C.F., D. Brandon, K. van der Tak, R. Zwart, A. Gerretsen, C. Westra (2008): Identification of Suitable Areas for Wind Farms with Respect to Shipping and Safety September 2008, Report No. 646092-REP-01, 2008-09-24, Rev. 0, DNV, Hellerup, Danmark.
- Dand I.W. & R.D. Colwill (2002): Simulation of traffic flows using dynamic ship modeling. BMT.
- Den Boon H., H. Just, P.F. Hansen, E.S. Ravn, K. Frouws, S. Otto, P. Dalhoff, J. Stein, C. van der Tak & J. van Rooij (2004): Reduction of ship collision risks for offshore wind farms – SAFESHIP.
- DNV (2005): Offshore Wind Farms Ship Collision Risk Analysis.
- E-Connection (2005): Seminar “Maritime Safety of Offshore Wind Farms”. Reprints of Powerpoints. Wageningen 21 januari 2005-07-01.
- Germanischer Lloyd (2002): "Richtlinie zur Erstellung von technischen Risikoanalysen für Offshore-Windparks", Hamburg, 2002.
- Halpern BS, Walbridge S, Selkoe KA, Kappel CV, Micheli F, D'Agrosa C, Bruno JF, Casey KS, Ebert C, Fox HE, Fujita R, Heinemann D, Lenihan HS, Madin EMP, Perry MT, Selig ER, Spalding M, Steneck R, Watson R (2008) A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. Science 319:948-952
- IALA (2003): IALA Recommendation A-126 on the use of the Automatic Identification System (AIS) in Marine Aids to Navigation. Edition 1 December 2003.
- IALA (2004a): IALA Recommendation O-117 on the marking of offshore wind farms. Edition 2, December 2004.
- IALA (2004b): IALA Recommendation R-101 Marine Radar Beacons (Racons). Edition 2, December 2004.
- IDON (2005): Integraal Beheerplan Noordzee 2015. Interdepartementale Directeurenoverleg Noordzee (IDON) in samenwerking met het ministerie van V&W, het ministerie van LNV, het ministerie van VROM en het ministerie van EZ. Juli 2005.
- Jak RG, Kaag NHBM, Schobben HPM, Scholten MCT, Karman CC, Schobben JHM (2000) Kwantitatieve verstoring-effect relaties voor AMOEBA soorten, TNO-MEP
- Karman, C.C., J.E. Tamis, J.T. van der Wal (2008): Cumulative effect assessment – Case study: the Dutch EEZ-, Wageningen-IMARES, Location North, Den Helder, Report C089/08, November 2008

- Karman CC, Jongbloed RH (2008) Assessment of the Cumulative Effect of Activities in the Maritime Area. Overview of relevant legislation and proposal for a harmonised approach. Report No. C018/08, IMARES, Den Helder
- MacDonald LH (2000) Evaluating and Managing Cumulative Effects: Process and Constraints. *Environmental Management* 26:17
- Otto S. & P. Dalhoff (2002): Risikoanalysen für Offshore-Windparks. Germanischer Lloyd.
- Reijs, Th.A.M., G.M. Bouma, J.T. van der Wal, V.G. Blankendaal, *We@Sea Site-Atlas*, januari 2007, Delft, TNO-rapport 2007-D-R0073/A.
- Safety at sea (2005): Demonstration project D. Report No: D2_5.01 Revision 01, March 2005.
- Safety at sea (2007): Trans-national procedures and guidelines for offshore wind farm risk management, Demonstration Project D, Deliverable D9, Revision 01a, March 2007.
- SenterNovem (2005): Handboek risicozonering windturbines. 2e geactualiseerde versie januari 2005.
- Van der Heijden W.F.M. (2006): AIS voor windmolenparken op zee. TNO Defensie en Veiligheid. Opdracht 32007283. Versie 1.0, 1 november 2006.
- Van der Tak C. (2002): Het scheepvaartverkeer op de Noordzee 1999-2001 gezien vanuit de lucht. MARIN, 17035.620/4, juli 2002.
- van der Walt A (2005) The consideration of cumulative effects in environmental assessment: South African experience in an international context. University of Manchester
- Wal J.T. van der, V.G. Blankendaal, H.P. van Dokkum, H. van der Brugh, J.A. van Dalfsen & R. van Beek (2006): Integratieproject applicatie cumulatieve effecten Ontwikkeling van CUMULEO 1.0. TNO-rapport 2006-DH-0199/C.
- Van Dokkum H.P., V.G. Blankendaal, J.T. van der Wal, R. van Beek, A. van Beek (2005): Definitiestudie "Site atlas applicatie voor integrale afweging van (cumulatieve) effecten van offshore windmolenparken". TNO B&O-DH - R 2005/187.
- Van Ewijk L.J.(2006): Technische notitie m.b.t. radar en windturbines. Mogelijke optredende problemen. 11 september 2006

Verantwoording

Rapport C072/09
Projectnummer: 64119.01.03

Verantwoording

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: drs. C.C Karman
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 24-09-09

Akkoord: drs. J.H.M. Schobben
Afdelingshoofd Milieu

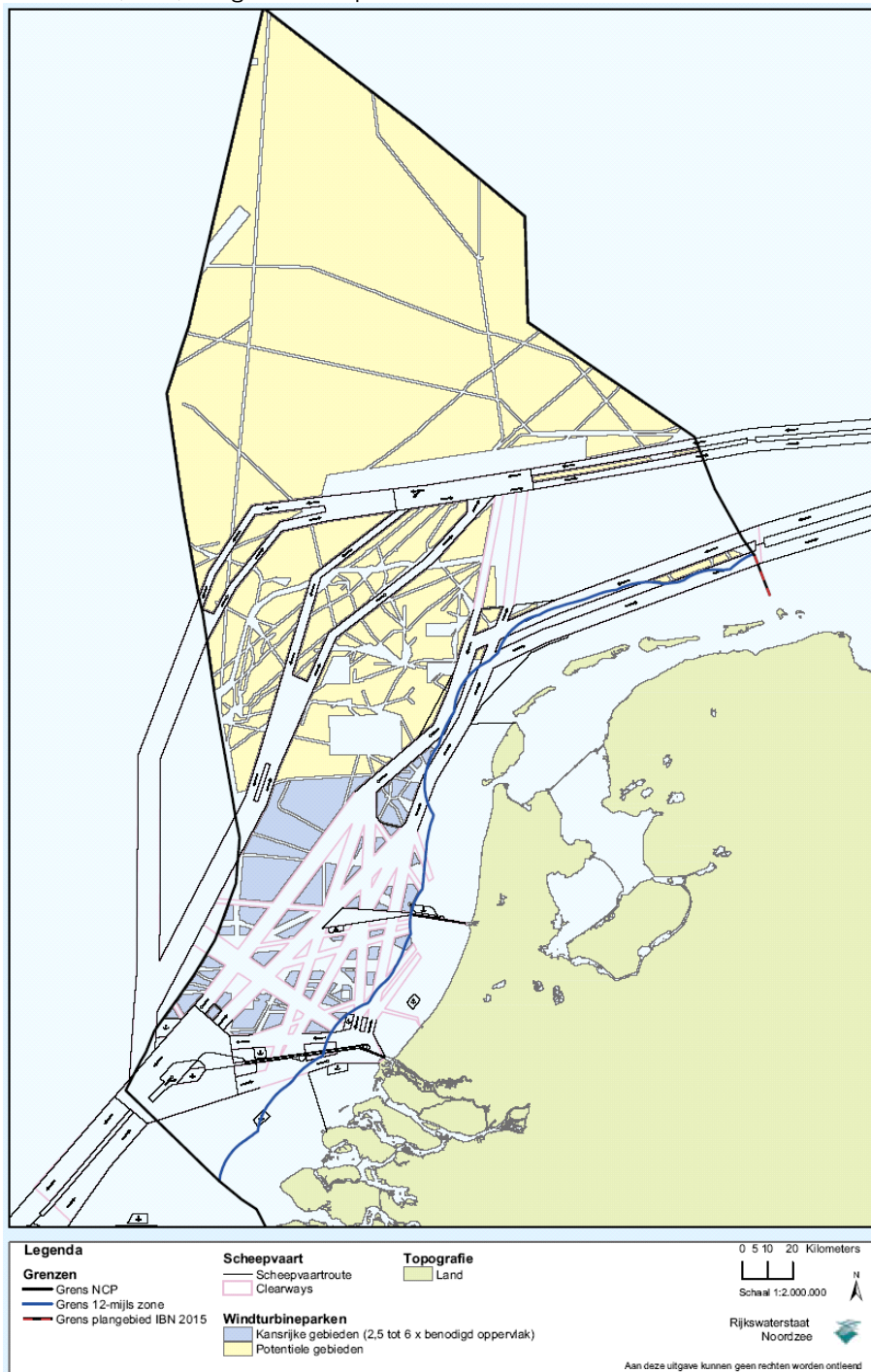
Handtekening:



Datum: 24-09-09

Bijlage 1 Kansenkaart windturbineparken

Bron: IDON (2005): Integraal Beheerplan Noordzee 2015



Bijlage 2 Verslag gesprek veiligheid op zee Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Datum: 16 oktober 2005

Aanwezig: Mark Spruijt (TNO), Jan van Dalftsen (TNO), mevr. Kok (V&W), Jacques van Kooten (V&W)
Het TNO veiligheidsonderzoek binnen We@Sea wordt met belangstelling gevolgd, en aansluiting met V&W initiatieven is gewenst. Deze initiatieven bestaan nu uit het innemen van het beleidsstandpunt dat met een paragraaf over veiligheid en een paragraaf over cumulatieve effecten in de MER, Nederland rustig kan gaan slapen.

Echter, probleem is dat niemand dat geloofd. Onderzoek is uitgezet bij Marin, nu ook nog iets over cumulatie en daarmee is voldoende bekend; de risico's zijn zeer beperkt. De mening van Dhr. van Kooten is dat het allemaal niet zo'n vaart zal lopen, 2 parken, hooguit 4-5 en daar houdt het wel mee op. Kortom, waar hebben we het over? Veiligheid wordt niet als een ernstig probleem ervaren.

In het gesprek is naar voren gebracht dat de onderliggende data mogelijk niet voldoende informatie opleveren. Goede gegevens over near misses zijn ook niet voorhanden zijn en het is onduidelijk hoe je die dan zou moeten gebruiken. Voorstel voor een studie intern al besproken en ter plaatse door Mark verwoord om voor beide vergunde parken (NSW & Q7) een monitoringprogramma uit te voeren gericht op scheepvaartveiligheid. Belangrijk is om duidelijkheid te verkrijgen over welke vragen daarmee beantwoord moeten worden.

Tijdens het interview werd duidelijk dat de verantwoordelijkheid van de verschillende ministeries (VROM, EZ, LNV en V&W) ten aanzien van het onderwerp offshore windenergie en veiligheid niet geheel duidelijk zijn. V&W is hiermee bekend, maar neemt het standpunt in dat met de huidige kennis eventuele vragen ten aanzien van veiligheid voldoende kunnen worden beantwoord en verdere verantwoordelijkheid bij de andere ministeries ligt. Tevens zou er sprake zijn dat dit onderwerp door het RIKZ wordt opgepakt.

▪

Bijlage 3 Verslag gesprek veiligheid op zee het Kustwacht Centrum

Datum: 4 augustus 2005

Tijd 10.00 – 12.00 uur

Plaats: Den Helder (Kustwacht Centrum)

Aanwezig: Jan. Ricken (KWC), Theo Logtenberg, Mark Spruijt (TNO) en Wierd Koops ASCC)

Introductie

Doel van het gesprek was om informatie te krijgen over windturbineparken op zee in relatie met de scheepvaart dit in het kader van het We@Sea project.

Theo licht de rol van TNO toe; We@Sea project TNO Den Helder site atlas, natuurwaarden, TNO Apeldoorn de veiligheidsaspecten en risicobenadering. Er komen meerdere gesprekken o.a. volgende week met het Marin en mogelijk met het loodswezen. Theo schets een aantal problemen die hij verwacht rond windturbineparken zoals drifters, afgebroken wieken, toenemend scheepvaartverkeer tijdens bouw en onderhoud etc.

J. Ricken meldt dat er momenteel een tijdelijke stop is van 3 maanden. Deze stop was nodig om de grote run op locaties te remmen en de overheid de gelegenheid te geven om zich te bezinnen i.v.m beperkte subsidie pot. Volgens Jan Ricken zijn er al 71 potentiële aanvragen. Jan Ricken meldt verder nog dat een aanvraag nog geen definitieve locatie wordt en hij verwacht niet dat alle aanvragen uiteindelijk een windturbinepark zullen worden.

Jan Ricken verwacht dat naast de huidige 2 locaties (Egmond en Q7) er pas in 2007 op zijn vroegst 2 vergunningen verleend zullen worden en dat volgende windturbineparken er heel geleidelijk bij zullen komen.

Rol overheid/kustwacht Centrum

Rond windturbineparken op zee zijn drie niveaus te onderscheiden

1. Operationeel,
2. Beheer
3. Beleid.

J. Ricken van de KWC houdt zich voornamelijk bezig met de operationele en de beheersaspecten. KWC is de nautisch beheerder. Het beleid wordt uitgevoerd door Rijkswaterstaat Noordzee (Rijswijk) die vergunningverlener is.

De scheepvaartaspecten (beleidsmatig) vallen onder DGTL (Directoraat Generaal Transport en Luchtvaart. En internationaal onder IMO

Er is een interdepartementale werkgroep onder voorzitterschap van RWS Noordzee ingesteld waarin de beleidszaken worden behandeld. J. Ricken is alleen agendalid van deze werkgroep. Formeel zit DGTL hierbij voor scheepvaartzaken. Jacques van Kooten <Jacques.van.Kooten@minvenw.nl> en Hetty Kop zijn hierbij betrokken

Voorwaarden

Vanuit de operationele zijde zijn er een aantal voorwaarden aan windturbineparken gesteld zoals:

1. Een maximale afmeting 50 km² (7 x 7 km) per locatie. Niet aaneengesloten. De tussenruimte tussen twee locaties staat nog ter discussie (mogelijk 3 mijl)
2. Aanwezigheid van een guard vessel (begeleidingsschip) tijdens bouwperiode
3. Veiligheidszone rondom een locatie (staat nog ter discussie 500 meter vanuit de hoekpunten tot 2 mijl vanuit de hoekpunten)
4. Verlichting van het park
5. AIS toepassing, verplicht transponder systeem per park waardoor de scheepvaart gegevens krijgt over afmetingen etc.
6. Turbines moeten snel en op afstand kunnen worden stopgezet in vaanstand

Verboden gebieden op het NCP

Momenteel stelt de overheid dat er geen locaties mogen komen binnen de 12 mijlszone en niet in de scheepvaartbanen (inclusief clearways).

Jan Ricken laat de clearway kaart zien. Een kaart met locaties waar niet gebouwd mag worden. Behalve de formele scheepvaartroutes zoals de scheidingstelsels bevat deze kaart ook de meest gebruikte routes die de scheepvaart neemt om van haven naar haven te varen. 80% van de schepen (exclusief de recreatie vaart en de visserij) op het NCP maakt gebruik van deze clearway gebieden.

Verplichte routes (buitenroutes) geldt voor olietankers >10.000 ton, chemicalientankers >5.000 ton en gastankers >5.000 ton

Drifters (schepen die stuurloos zijn)

Grootste gevaar voor de windturbineparken zijn de drifters. Hierbij maakt het KWC onderscheid in (1) gecontroleerde drifters en (2) ongecontroleerde drifters. Gecontroleerde drifters zijn schepen die bijvoorbeeld voor een reparatie op zee een aantal uren zonder voortstuwing zitten en dit vooraf melden aan het KWC of in overleg met het KWC een tijdlang zonder voortstuwing zitten. Deze drifters vormen normaal gesproken geen enkel probleem en worden met het AIS systeem extra in de gaten gehouden.

De ongecontroleerde drifters die plotseling stuurloos of zonder voortstuwing zitten kunnen wel een probleem voor windturbineparken vormen. Voor dit soort schepen heeft de KW het ms de Waker (sleepboot) in Den Helder stand-by liggen. Maar als dit dicht in de buurt van een windturbinepark plaatsvindt is er onvoldoende tijd voor ankeren of om de Waker te laten ingrijpen. Ook kan het voorkomen dat het anker geen grip krijgt door te hoge snelheid of dat een anker schade veroorzaakt aan pijpleidingen/kabels.

Vanuit het KWC voorspelt men de verplaatsing van een onbestuurbaar schip op basis van de stroom en windgegevens en de initiële drift (bijvoorbeeld eerste uur) gemeten via het AIS systeem.

Er is een procedure hoe het KWC handelt ingeval van drifters. Deze procedure bestaat uit drie stappen t.w:

- (1) aanwijzing door het KWC (b.v. kapitein wilt u gaan ankeren,
- (2) dwingende maatregel/opdracht en als laatste middel
- (3) overnemen van het gezag aan boord.

Er komen per jaar een aantal drifters voor (gemiddeld <5/jaar) deze lopen bijna altijd goed af. De meeste drifters zijn vissersschepen (80-90%).

Toekomstige veranderingen

Jan Ricken meldt nog dat er op de Noordzee veranderingen plaatsvinden zoals

1. het AIS systeem dat nu nog 25 mijl dekking heeft maar in de toekomst het gehele NCP gaat dekken. VHF gebeuren. Voordeel dat drifters eerder worden gemeld
2. Transponders op de windturbineparken
3. Door verbeterde seismologische apparatuur (3 D) worden olie en gas locaties steeds beter in kaart gebracht op de Noordzee. Mosselhang culturen in de kustwateren.
4. Scheepvaart verandert onder andere containervaart (jaren 70; 2.000 containers/schip nu 9.000 /schip en in de nabije toekomst 12 tot 14.000 containers/schip)

Enkele opmerkingen

Doelstelling van de overheid is om minder dan 25 ongevallen per jaar op het NC te hebben. Dit wordt momenteel ruimschoots gehaald. Er is een afnemende trend.

Ontwikkelingen zijn:

1. betere navigatie apparatuur
2. afnemende visserijvloot

Jan Ricken zag als ongevalsscenario een schip dat tegen een windturbine aan botst waarbij de paal onderwater breekt en de overblijvende stomp onderwater een scheur in het schip veroorzaakt of de huid perforereert Heave compensated gangways is een ontwikkeling bij Smit International waarmee ook onder slechtere weersomstandigheden mensen met een schip i.p.v. een helikopter naar een windturbine kunnen worden gebracht.

Bijlage 4 Verslag gesprek veiligheid op zee Zeeloodsen

Datum: 8 augustus 2005
Plaats: Rotterdam (firma Dirkzwager)

Inleiding

Het gesprek met de zeeloodsen is gehouden op advies van Jan Ricken van de Kustwacht. Er is gesproken met de heren:

- Captain G. van Santen M.N.I. – Manager
- Captain H. van Popta – Deep Sea Pilot

Uitgangspunt voor het gesprek was de kaart met de voorlopige locaties van windturbineparken. De volgende punten zijn aan de orde geweest:

- Betrokkenheid zeeloodsen bij een advies over de locaties
- Waar zitten probleempunten?
- Waardoor worden problemen veroorzaakt
- Wat zijn eventueel maatregelen?

Betrokkenheid zeeloodsen

De zeeloodsen worden niet betrokken bij een advies over de locaties van de windturbineparken. Men heeft wel een zeer goed contact met de Jan Ricken van de Kustwacht. Ze zijn ook niet gehoord over de plaatsing van de near shore parken bij Egmond. Het heeft volgens hen wel de vervelende consequentie dat het aanvaren van de haven van IJmuiden nu via een omweg zal moeten. Het betekent dat nu alles wordt geconcentreerd op de geul van IJmuiden, het wordt daardoor drukker en rekening moet worden gehouden met hogere kosten.

Waar probleempunten?

In het algemeen zien de zeeloodsen als probleem de verdichting van de vaarroutes, drifters en de opbouw van de parken. Het laatste punt wordt als belangrijkste gezien. Ter voorbereiding van de bouw worden de funderingspalen in de zeebodem geplaatst. Deze steken een bepaalde periode juist boven het water uit en worden wel met een licht gemarkeerd, echter de zichtbaarheid is zeer beperkt naar eigen ervaring bij opbouw van platforms op de Noordzee. Opgemerkt werd ook dat bij invaren in een funderingspaal een schip binnen enkele minuten kan zinken (hierbij werd gerefereerd aan de Tricolore).

Bij het transport van de onderdelen van windturbineparken zal gebruik worden gemaakt van een jack-up die door sleepboten wordt verplaatst. Een ervaring van de zeeloodsen was dat een schip ondanks alle pogingen tot contact tussen de sleep is doorgevaren waardoor de sleepkabel voortijdig moest worden gelost.

Men ziet ten aanzien van manoeuvreerbaarheid en voorrangregels de volgende locaties als een probleem:

- De gedachte OWP-locaties voor Rotterdam (kruisende vaarwegen)
- Locatie 29 een belangrijk olie/gas distributiepunt
- Locatie 67 vanwege de munitiedumpplaats
- De locatie voor den Helder vanwege de olie- en gaswinning.
- Ankerplaatsen (drifters)

Verder zal rekening moeten worden gehouden met de jaarlijkse inspectie van kabels en leidingen op de Noordzee. Een kaart van de Noordzee met de ligging van kabels en pijpleidingen aangegeven is opgenomen in 0.

Oorzaak problemen

Oorzaken van problemen ziet men:

- Sterk achteruitlopende kennis en kunde van het scheepspersoneel
- Toenemende economische druk (een schip heeft een slot net zoals bij vliegtuigen, tijden voor laden en lossen liggen vast en worden bij havens gereserveerd, niet tijdig aanwezig kost geld)
- Taalvaardigheid van bemanningen, interpretatie voorrangsregels
- Niet luisteren naar radiofrequenties (Aziatische bemanningen zetten de volumeknop van de radio altijd zeer laag).
- Zicht op de Noordzee: in 80% van de tijd is het zicht niet meer dan 2 kilometer.
- Vissersschepen die vermoedelijk juist bij de OWP's gaan vissen en het nemen van voorrang (zijn dan vissend). Tijdens ons bezoek had juist een Grieks schip een vissersboot overvaren.
- Schepen zullen nooit vaart minderen indien vanwege voorrangsregel dat zal moeten (kan ook niet gezien soms twee mijl nodig om te komen tot stilstand). Men zal een uitwijkmanoeuvre toepassen, waardoor het binnenvaren in een OWP niet uit te sluiten is.

Een aantal problemen wordt geschetst en men zou dit willen relateren aan de near-misses op de Noordzee. Globaal vindt bij elke reis wel een near-miss plaats. Het zou goed zijn als daar een registratie van wordt bijgehouden, echter om persoonlijke redenen doet men dat niet.

Een probleem wordt ook gezien voor de radar op de schepen. De OWP's geven een vervaging te zien op het radarscherm. Dit is ook al het geval voor de radar van de binnenvaart. Behalve voor de luchtvaart zal hieraan ook aandacht moeten worden besteed!

Maatregelen

Bij de opbouw van de OWP's zullen net zoals bij de opbouw van de platforms wachtschepen nodig zijn. Voor een OWP wordt geschat dat hiervoor 10 wachtschepen nodig zullen zijn (kosten circa 50.000 Euro per dag).

De OWP's zullen naast de gewone verlichting en signalering ook uitgerust moeten worden met misthoorns (bovenwaterlawaai?).

Conclusie

Uit de gesprekken met de Kustwacht en de zeeloodsen volgt een beeld dat voor het bouwen van de OWP's nadere studie en overwegingen vereist is. Men kan hierbij denken aan een geheel andere filosofie voor de Noordzee ten aanzien van het gedrag van de bemanningen en het verkeersscheidingstelsel.

NB: Het verkeersscheidingstelsel is nu gebaseerd op de routes die de schepen historisch gezien nemen, echter een aanpassing kan wenselijk zijn in overeenstemming met het gewenste gebruik van de Noordzee.

Gesprekken op korte termijn met Van Kooten en Kees van de Tak (Marin) zijn wenselijk. Ten aanzien van een gesprek met Marin blijft het merkwaardig dat Marin en andere onderzoekers het aanvaringsrisico zo laag inschatten terwijl de zeeloodsen een heel wat somberder beeld geven

Bijlage 5 Verslag aanvullend gesprek veiligheid op zee Rijkswaterstaat Dienst Noordzee (2008)

Datum: 25 september 2008-09-26

Aanwezig: Marjolein Oppentocht (RWS-DNZ); Han Foeken (RWS-DNZ), Jan Tjalling van der Wal (TNO-IMARES)

Aanleiding tot dit gesprek is de beoogde afronding van een rapport over een We@Sea onderzoek naar de veiligheidsaspecten van offshore windturbine parken. Het belangrijkste punt is vast te stellen of en zo ja welke wijzigingen zich hebben voorgedaan sinds het rapport is gestrand in 2006. Doel is om aan de hand van de punten uit dit interview en mogelijke nog enkele andere bronnen de bestaande conceptrapportage af te ronden en met een hoofdstuk over de actuele situatie uit te breiden.

Marjolein Oppentocht heeft een belangrijke rol in de vergunningverlening aangaande offshore windenergie parken op het NCP. De huidige vergunningsronde, met actueel 77 initiatieven wordt uiterlijk 21 november 2009 afgesloten. Voor initiatiefnemers is er nog tijd tot 1 maart 2009 om hun aanvragen volledig te krijgen. De verwachting is dat slechts ca. 20 initiatieven op dat moment nog mee zullen doen. Hiervan hebben negen initiatieven deze status al bereikt. De initiatieven die in november 2009 een toestemming ontvangen van RWS om geplaatst te mogen worden, zullen naar verwachting voornamelijk niet gerealiseerd worden. De volgende te nemen horde is het verwerven van een subsidie die vanuit het Ministerie van Economische Zaken, directie Duurzame Energie verleend gaat worden. Hierbij zijn o.a. de volgende personen betrokken: Dré van den Elzen en Ed Buddenbaum.

De subsidie is beschikbaar voor 1 á 2 parken, met een maximum oppervlak van 50 km² en een maximum vermogen van 450 MW (gezaamenlijk). De subsidie is een afnemend bedrag voor de periode tot 2020 om de 'onrendabele top' te financieren en is bedoeld om het realiseren van het park financieel mogelijk te maken. Het subsidie bedrag zal afnemen omdat het gat met conventionele energiebronnen door oplopen prijzen daar steeds kleiner zal worden. De subsidiebedragen liggen in de grootte-orde van 100 tot 150 miljoen euro per jaar per park.

Alleen van de weinige parken die ook in deze ronden succesvol zijn, wordt voorzien dat zij ook werkelijk gerealiseerd gaan worden.

Tevens is Marjolein betrokken bij processen voor de lange termijn planning van offshore windenergie op de Noordzee. Hierbij is ruimtelijke planning een belangrijk onderdeel. Zo wordt overwogen om voor een aantal voor wind energie zeer geschikte gebieden, deze activiteit te prioriteren ten koste van ander huidig gebruik. Een voorbeeld is een gebied ten noorden van de Wadden waar actueel Defensie gebruik van maakt als oefengebied. Volgende week maandag is over deze lange termijn planning een bespreking met diverse stakeholders (o.a. initiatiefnemers, kustwacht en havenbedrijven). Vanuit We@Sea zal Chris Westra hierbij aanwezig zijn. De rapportage die hierover door DNV is voorbereid en waarin ook een verwachte situatie voor 2020 is vastgelegd wordt maandag (29-9-08) openbaar. Een (digitale) versie komt volgende week ook naar ons in Den Helder, zo is toegezegd.

Met de omliggende landen wordt regelmatig overleg gevoerd (bilateraal) over o.a. ruimtelijke planning op de Noordzee. Van gezamenlijk overleg of een Europese inbreng is nog geen sprake.

Scheepvaartveiligheid is momenteel het belangrijkste punt van de veiligheidsaspecten van offshore windenergie. Het is een van de redenen voor de langzame vorderingen bij het verlenen toestemming of afwijzen van de initiatieven voor offshore windturbineparken.

Gevolgen van de plaatsing van een OWP voor scheepvaartradar zijn minder belangrijk. Hiernaar is de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan en over gepubliceerd. Wel zijn de resultaten nogal wisselend.

Vanuit RWS-DNZ is een studie zoals die in ons onafgeronde rapport staat nog steeds van belang. Zeker omdat in het stuk ook aandacht is voor mitigatiemaatregelen en wanneer het technisch-inhoudelijk gepresenteerd wordt.

Marjolein biedt aan om het stuk te reviewen voor publicatie.

Han Foeken is via zijn netwerk eerder dit jaar het onafgeronde rapport over veiligheidsaspecten van offshore windenergie op het spoor gekomen. Dit onderwerp is een van de taken die hij achterlaat bij DNZ. Hij gaat binnenkort werken bij een ander onderdeel van RWS, het ScheepvaartVerkeersCentrum (SVC).

Hij schets een nuttig beeld van de wijze waarop RWS werkt aan het verkrijgen van een goed beeld van de activiteiten op de Noordzee. Zo is de afgelopen jaren gewerkt aan een systeem, dat vrijwel al het scheepvaartverkeer op de Noordzee real-time op een beeldscherm kan weergeven. Gegevens afkomstig van AIS-stations (Automatic Identification System) aangaande de grote(re) scheepvaart wordt gecombineerd met radargegevens van het VTS (Vessel Tracking System) dat ook de kleinere scheepvaart en recreatievaart in beeld brengt.

Han voorziet dat in de vergunningen voor OWP clauses worden opgenomen die verplichting tot het realiseren van een AIS-systeem en radar-dekking (VTS-type) rond het park inclusief het aanleveren van de gegevens aan het Kustwachtcentrum in Den Helder. Dat is de locatie waar ook nu alle informatie bij elkaar komt.

Naast de genoemde onderwerpen is in het gesprek nog gesproken over het WindSpeed-project, dat recentelijk van start is gegaan. De punten die voor dat project van belang zijn, worden in een separaat document vastgelegd.

Bijlage 6 Verslag aanvullend gesprek veiligheid op zee Stichting De Noordzee (2008)

Datum: 2 oktober 2008
Aanwezig: Eelco Leemans (SDN), Jan Tjalling van der Wal (TNO-IMARES)

Aanleiding tot dit gesprek is de beoogde afronding van een rapport over een We@Sea onderzoek naar de veiligheidsaspecten van offshore windturbine parken. Het belangrijkste punt is vast te stellen of en zo ja welke wijzigingen zich hebben voorgedaan sinds het rapport is gestrand in 2006. Doel is om aan de hand van de punten uit dit interview en mogelijke nog enkele andere bronnen de bestaande conceptrapportage af te ronden en met een hoofdstuk over de actuele situatie uit te breiden.

Eelco wordt reeds vermeld als co-auteur van het concept. In de loop van het gesprek wordt het duidelijk hoe dat zo gekomen is. Vermoedelijk als gevolg van deelname aan workshop over dit onderwerp in 2005 (vermoedelijk bij TNO-FEL in Den Haag (feitelijk dan Wassenaar) en daarmee ook input leverende voor deze rapportage.

Stichting De Noordzee, heeft zich enkele jaren geleden in de persoon van Eelco sterk geprofileerd ten gunste van een 'verkeerstoren voor de Noordzee'. Ook zijn ze betrokken geweest bij een Europees gefinancierd project 'Safety At Sea'. De trekker van dit project was het Noorse Kystverket. Een website met kaartmateriaal wordt door de Zweedse partner nog onderhouden. Het kaartmateriaal is zichtbaar op de website, maar veelal niet downloadable. Echter wel zijn vaak de bronhouders vermeld en zou het dus relatief eenvoudig moeten zijn om de databestanden in handen te krijgen.

SDN had graag de grote vaart en OWP uitgewerkt in het project, maar die taak hebben ze niet weten te verwerven. Ze hebben zich met name met de kleine (lees: recreatie) vaart bezig gehouden. Zo is er een Noordzee-logboek samengesteld en beschikbaar met o.a. waarnemingsformulieren voor het melden van o.a. zeezoogdieren en zeevogels. Tevens is hiervoor van diverse soorten herkenningmateriaal opgenomen. De wind-energie is in het kader van Safety At Sea voornamelijk afgehandeld door de Britse partner BMT (British Maritime Technology) alsmede de MCA (Maritime & Coastal Administration). Met name de veiligheidsaspecten van offshore wind leefde toentertijd veel meer in het Verenigd Koninkrijk dan in Nederland. Zo werden daar b.v. ook risico-contouren voor parken bepaald.

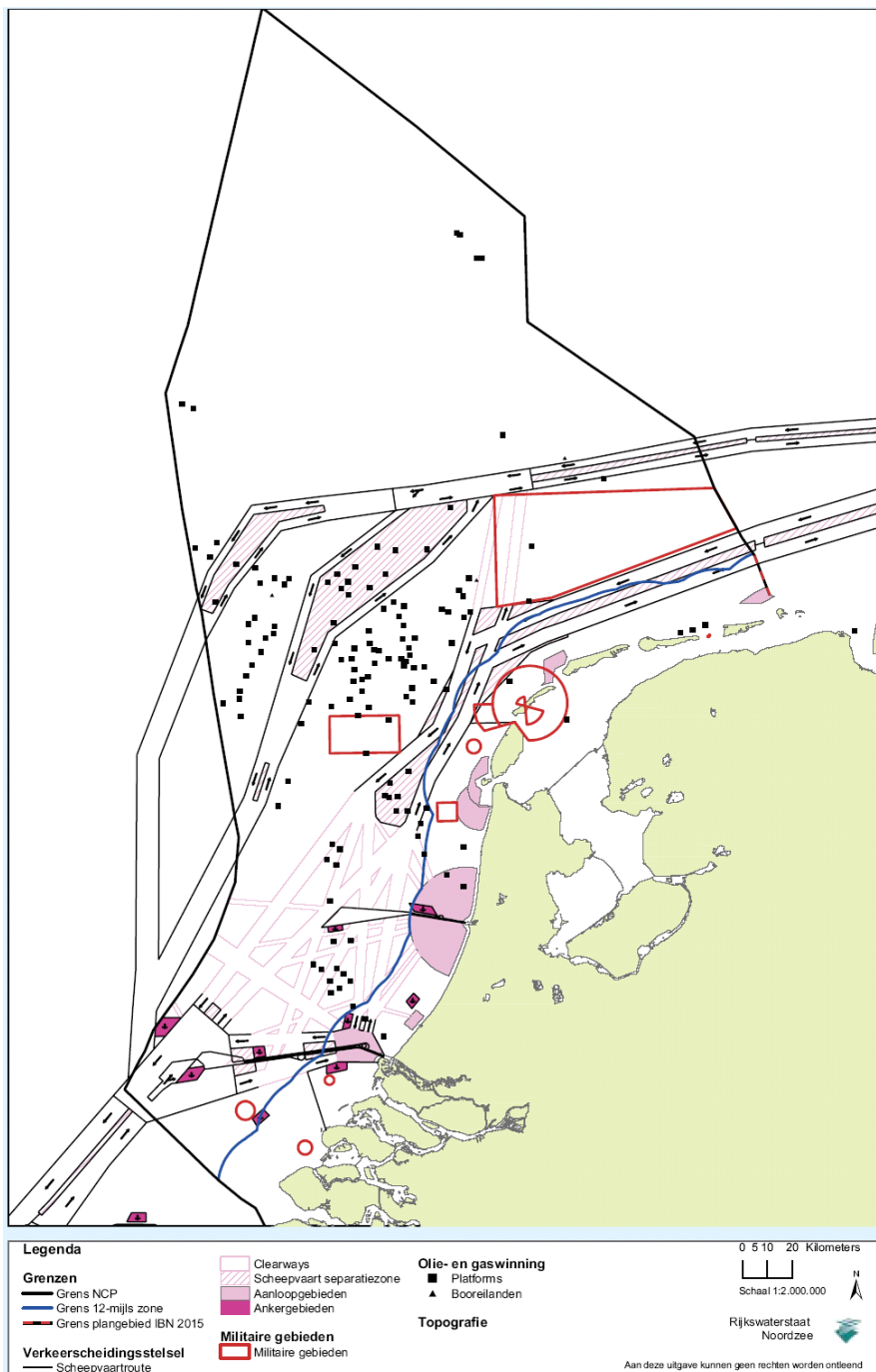
Safety At Sea: Trans-national procedures and guidelines for offshore wind farm risk management. Demonstration Project D, Deliverable D9, Report No D9, Revision No 01a, 03/2007, Prepared by Michael Starling, is per e-mail als referentie ter beschikking gesteld (format PDF).

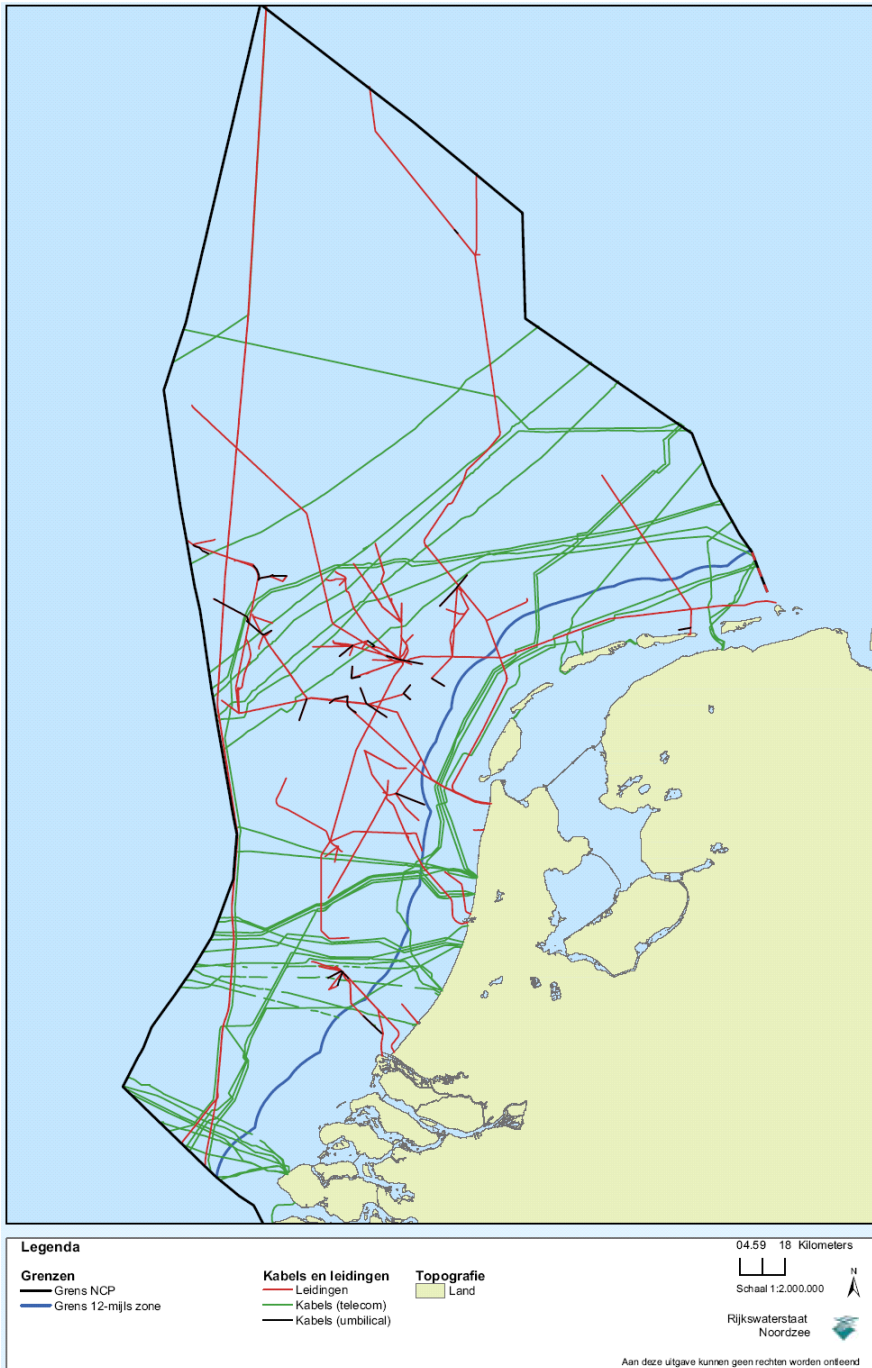
Er is de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan in o.a. Nederland, Verenigd Koninkrijk, Duitsland en Denemarken in relatie tot scheepvaart en offshore wind energie. Het AIS of Automatic Identification System lijkt in deze een grote vlucht te nemen en vaak wordt plaatsing op de hoekpunten van een park voorgesteld. Het blijft echter nog onduidelijk in hoeverre een operator verantwoordelijk is voor de operationele veiligheid. Zo kan er van scheepszijde sprake zijn van een menselijke fout (slapen, niet opletten etc.) maar ook van technisch falen (geen aandrijving of geen navigatie). Hoe werkt dit door in legale aansprakelijkheid? Hierbij speelt ook mee dat de EEZ grotendeels buiten de territoriale wateren ligt (tot 12 zeemijl uit de kust) en dat daar juist de OWP liggen en er dus ook ruimte is om over jurisprudentie vragen te stellen. Welke regels gelden dan UNCLOS, IMO, EU, NL? Een volgende kwestie die door Eelco wordt aangestipt is of recreatievaart ook bij het gehele proces rond OWP wordt betrokken. Ook zij zijn stakeholders. Verder spreekt Eelco de verwachting uit dat met name recreatievaart door OWP heen zal gaan varen. En dat levert dan meteen aanleiding om over handhaving te gaan nadenken. Recreatievaart heeft (nog) geen AIS en is dus niet goed herkenbaar. Hoe denkt men een 'overtreder' te gaan identificeren en welke sancties denkt men toe te kunnen passen? Juist indien voor een recreatief schip een OWP in de weg ligt voor een te bereiken haven onder verslechterende weersomstandigheden, wordt het extra aantrekkelijk om toch het park te willen doorkruisen. Maar wanneer er dan binnen het park toch wat misgaat, hoe zit het dan met het SAR-aspect. Welke mogelijkheden heeft de kustwacht of de KNRM om met schepen nog assistentie te verlenen. En wat is er nog mogelijk voor marine en/of luchtmacht met vliegtuigen (vooral om te zoeken) en helikopters (ook redden).

Qua locatiekeuze bestaan er duidelijke verschillen tussen landen. Zo wordt er in het Verenigd Koninkrijk tot kort onder de kust gebouwd aan OWP. Iets wat vanwege de veel kortere aan te leggen kabels (die ook zeer kostbaar zijn) duidelijke effecten heeft op de economie van een park. Elders b.v in Nederland wordt er juist vrij ver uit de kust gepland.

Ook wordt het aspect van storing van de navigatieradar van scheepvaart nog gememoreerd als mogelijk nadelig effect van de aanwezigheid van OWP op de scheepvaartveiligheid. Dit kan o.a. komen door interferentie van zowel mast als rotor met de radar.

Bijlage 7 Kaarten bestaand gebruik van de Noordzee





Bijlage 8 Werking en toepassingen van radarsystemen

De navigatie radar

De navigatieradar stamt uit de 50-er jaren. Hoewel de prestaties de afgelopen jaren verbeterd zijn, is het concept sinds die tijd vrijwel hetzelfde gebleven. Een dergelijke radar is een zogenaamde pulsradar. Op regelmatige tijdstippen wordt een korte EM-puls uitgezonden. Een dergelijke puls plant zich met de lichtsnelheid voort, zal reflecteren aan objecten en op een later tijdstip weer de ontvanger bereiken. Het tijdsverschil tussen zenden en ontvangen wordt geregistreerd. Voor een object verder weg zal het tijdsverschil groter zijn. Echter omdat de lichtsnelheid bekend is, zal het tijdsverschil rechtstreeks gerelateerd zijn aan de afstand tot het object.



Figuur 17 Foto van de SHIRA (navigatieradar) antenne. De radar was (tijdelijk) geïnstalleerd op het RWS-DNZ schip de "ARCA". Doel van de campagne was het lokaliseren en volgen van olievlekken op zee

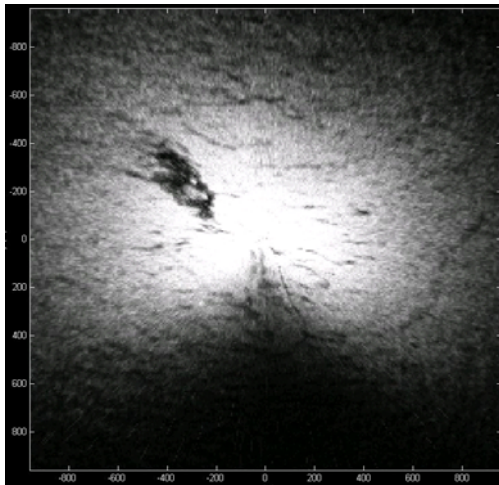
Op bovengenoemde wijze worden de afstanden van objecten in de bundel van de ontvangstantenne bepaald. Door nu de ontvangst antenne te roteren, wordt een beeld rond de antenne verkregen. Elke omwenteling wordt dan ook een nieuw beeld van de dezelfde locatie geregistreerd. Het spreekt voor zich dat een dergelijke radar vooral gemaakt is om bewegende objecten te volgen. Zo kan direct de afstand worden bepaald tot objecten. Daarnaast kunnen door een sequentie aan beelden te beschouwen ook de richting en de snelheid van de objecten worden bepaald. Dit is essentiële informatie voor met name surveillance doeleinden en in zijn algemeenheid voor navigatie doeleinden. Over het algemeen zal de reflectie afnemen als de objecten kleiner in afmeting worden. Op een bepaald moment kunnen de reflecties zo klein zijn dat objecten verdwijnen in de ruis. In vakjargon wordt deze ruis ook wel clutter genoemd. Juist deze clutter bevat unieke informatie waarop veel extra functionaliteit van de navigatieradar gebaseerd is. TNO heeft wereldwijd unieke kennis op dit gebied

Voor wat betreft het afbeeldingsmechanisme van zeeoppervlakken met navigatieradar zij opgemerkt dat in tegenstelling tot radar gebruikt in vliegende systemen, een navigatieradar scherend naar het wateroppervlak kijkt. Al op relatief kleine afstand van de radar bedragen de hoeken met het zeeoppervlak 1 graad of kleiner. Deze hoek is echter wel afhankelijk van de opstellingshoogte van de radarantenne en de afstand tot het wateroppervlak.

Bij deze kleine hoeken zal geen directe reflectie van het zeeoppervlak optreden. Dit omdat er vrijwel geen reflecterende oppervlakken voorkomen met hoeken loodrecht op de bundel. Een uitzondering hierop zijn brekende golven die zeer stijl kunnen zijn en daardoor wel goed zichtbaar zijn voor de navigatieradar. De reden dat toch het zeeoppervlak gezien wordt door radar heeft te maken met de ruwheid. De EM golven van radar interfereren namelijk met watergolfjes die ongeveer gelijk zijn aan de radargolflengte. Voor de meest gebruikte X-band navigatieradar zijn dit watergolfjes in de orde van 1.5 cm golflengtelengte. Deze golfjes worden ook wel capillaire golven genoemd.

Het reflectiemechanisme wordt de zogenaamde Bragg-reflectie genoemd.

Dergelijke golfjes ontstaan door wind en hangen o.a. af van de oppervlaktetenspanning van water. Indien bijv. olie op het water drijft zullen geen capillaire golven ontstaan. Er zal dus ook geen radarreflectie naar de radar toe op de plaats van een olievlek ontstaan. Omdat de omgeving rond de olievlek wel reflecteert is drijvende olie op water zichtbaar



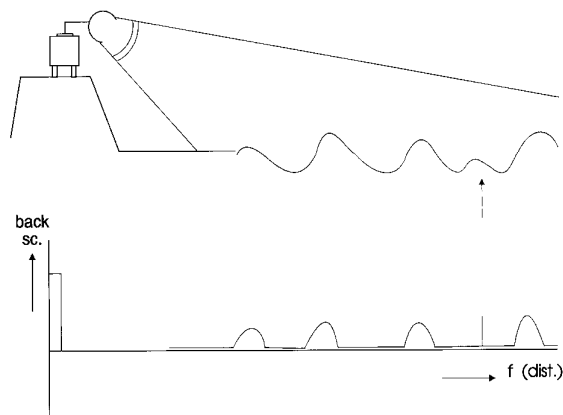
Figuur 18 Radarbeeld van een olievlék vanaf een schip. Het schip bevond zich in het centrum van het beeld. De donker vlek is drijvende olie. De donkere strepen worden veroorzaakt door algen. De afmetingen van het beeld zijn 1.6 bij 1.6 km

Bovengenoemde reflecties t.g.v. wind, worden windclutter genoemd. Windclutter wordt naast wind(variaties) tevens sterk beïnvloed door variaties in waterstroming aan het wateroppervlak. Dergelijke waterstroomvariaties zijn dan ook goed zichtbaar in de radarbeelden

Een andere bron van clutter ontstaat door golven. Deze clutter wordt ook wel golfclutter genoemd. Golven zijn zichtbaar in radarbeelden door twee fenomenen:

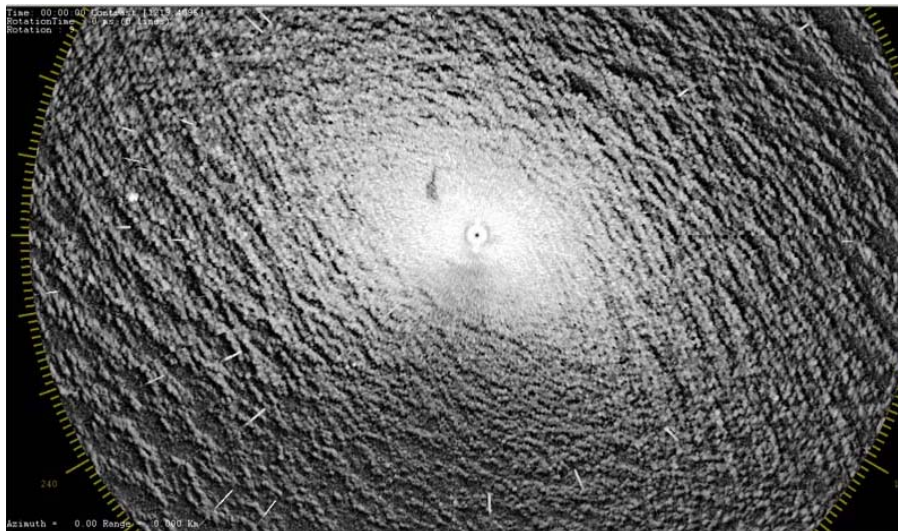
- Ruwheidverschillen over het oppervlak van watergolven, d.w.z. op de golftoppen is het wateroppervlak ruwer dan in de golfdalen

Schaduw; achter een golftop is het zeeoppervlak niet zichtbaar door afschaduwing van de golftop. Schaduw betekent dus geen radarreflectie terwijl een golftop juist wel reflecteert



Figuur 19 Boven: schematische weergave van een op de grond opgestelde radar. Onder: de radarreflectie van het zee oppervlak. Alleen de golftoppen zijn zichtbaar. De golf boven het verticale pijltje is in het geheel niet zichtbaar voor radar door afschaduwing

Bovenstaande betekent dat per omwenteling een golfbeeld van de omgeving rond de antenne kan worden geregistreerd. Een volgende omwenteling is later in de tijd. Door nu opeenvolgende beelden met elkaar te vergelijken, kan de verplaatsing van de golven worden bepaald. Met een bekende tijd kan dus hieruit ook de (fase)snelheid van de golven worden berekend



Figuur 20 Deel van radarbeeld met duidelijk zichtbaar de golf (clutter). Deiningsgolven (kwamen uit het NW) bewegen zich naar linksboven in het plaatje, terwijl kortere golven (wind kwam uit het westen) vrijwel naar links bewegen. De radarantenne bevond zich in het centrum van het beeld. Het donkere vlekje in de buurt van het centrum is olie. De witte korte streepjes zijn storingen veroorzaakt door andere radarsystemen

Met de bekendheid van de fase snelheid kan nu via de dispersierelatie waterstroming en waterdiepte worden bepaald. In onderstaande paragrafen zullen enkele voorbeelden worden getoond van resultaten van deze parameters.

Een ander belangrijk gegeven is de nauwkeurigheid en resolutie waarmee oppervlakken kunnen worden afgebeeld. Bij een navigatieradar worden deze in afstand bepaald door de pulsbreedte van de uitgezonden EM puls en in draairichting door de openingshoek van de antenne. De openingshoek is direct gerelateerd aan de antennelengte. De hoogste resolutie in beide richtingen bij een navigatieradar wordt bereikt door de kortste EM puls in te stellen en de langste antenne te kiezen. Deze zijn voor een standaard navigatieradar respectievelijk 50 nsec (korte puls) en een 8 foot antenne (langste antenne). De resolutie zal in afstand bij dergelijke systemen vrijwel niet veranderen al functie van de afstand; in de draairichting zal de resolutie omgekeerd evenredig met de afstand veranderen.

Met de bovengenoemde radar kunnen in de afstandsrichting golven vanaf 7m golflengte worden afgebeeld, terwijl in de draairichting van de radar op 1 km afstand golven van ongeveer 10 m kunnen worden afgebeeld (op 2 km: 20 m enz.).

Voor onderstaande voorbeelden is gekozen voor radar met een pulslengte van 50 nsec en een antennelengte van 8 foot.

Typische applicaties

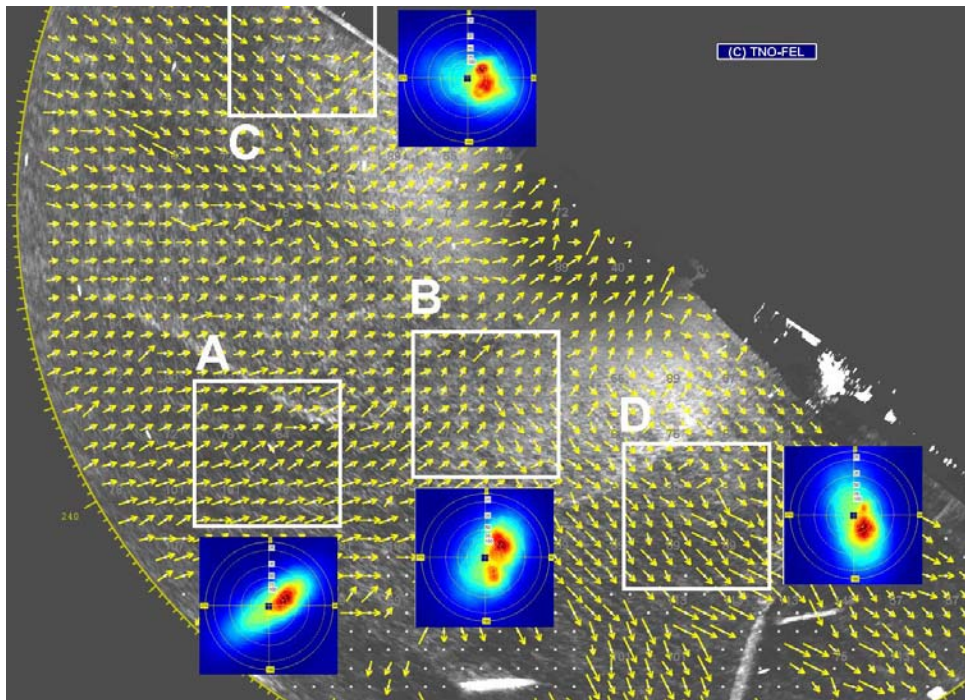
Voor de typische applicaties wordt onderscheid gemaakt van tussen civiele en militaire applicaties. De meeste applicaties hebben te maken met maritieme veiligheid. Hieronder staat een samenvatting van beide markten. In deze sectie worden een aantal applicaties dat in huidige navigatie radarsystemen (deels) verkrijgbaar zijn toegelicht.

Tabel 23 Typische applicaties

Civiele toepassingen	Defensie
Kleine drijvende objecten zoals rubberen boten (soms gebruikt voor terroristische acties, het smokkelen van drugs en sigaretten, losgeslagen drijvende containers, en boeien)	Kleine drijvende objecten zoals zeemijnen, onderzeebootuitstekels, jetski's en kleine snelle schepen
Detectie van vogels	Detectie van brandingszones/ en land/waterovergangen
Olie detectie	Refractie van radargolven (ducting)
Bodempopografie verandering	Golf en waterstroming monitoring
Golf en waterstroming monitoring	Absolute waterdiepte bepaling
Detectie volgen van grotere schepen zonder AIS transponder, bij vissersboten	

Bepaling van de golfrichtingsspectra

Met een navigatieradar kunnen golfrichtingsspectra worden bepaald tot een afstand van ongeveer 4-6 km rond de antenne. Het bereik van 4 km respectievelijk 6 km geldt bij opstellingshoogten van ongeveer 20 m en 50 m. In elk gebiedje of venster van 500 bij 500 m wordt een volledig 2D (twee dimensionaal) golfrichtingsspectrum bepaald. De grootte van het venster is overigens instelbaar

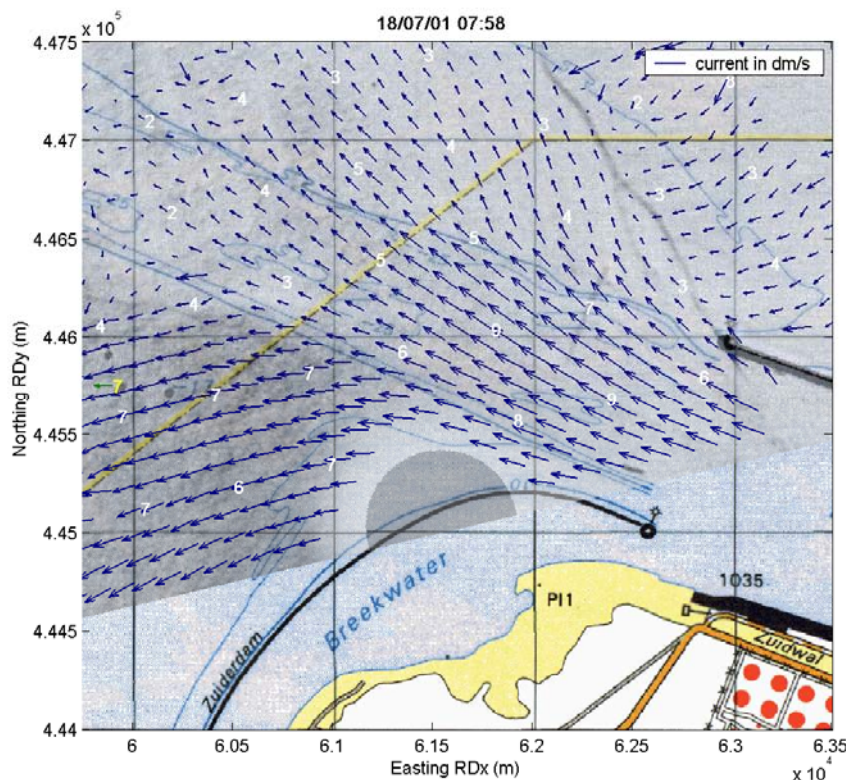


Figuur 21 Golfbeeld (ruw) opgenomen vanaf de kust in de buurt van Vlissingen. De gele pijlen geven de richting en golflengte van de dominante golven aan. Van 4 vensters (1km*1km) is het volledige 2D golfgetalspectrum bepaald; het resultaat is naast of onder het venster geplaatst. In de plaatjes (blauw) betekenen de rode kleur een hoge golfenergie. Het centrum betekent een zeer lange golf. De cirkels geven een constante golflengte aan. Grotere cirkels vertegenwoordigen kleinere golflengte. De richtingen kunnen worden bepaald door denkbeeldige lijnen te beschouwen tussen het centrum en de (rode) golfpieken.

Op dit moment kan de (absolute) golfhoogte alleen nog relatief worden bepaald en dient te worden gecalibreerd met een golfboei. Op termijn is de verwachting dat direct absolute golfhoogte kunnen worden gegenereerd. Golven met lengten tussen 7.5 en 300 m kunnen worden gemeten. Een totale meting duurt ongeveer 3 minuten. Een afgeleid product hiervan is een kaart met hierin de dominante golfrichting en golflengte. Desgewenst kan eenvoudig voor een golfperiode en golffrequentieschaal worden gekozen

Bepaling van de waterstroming

Evenals de hierboven beschreven golfrichting kunnen waterstromingsvectoren in gebiedjes van ongeveer 250 bij 250 m worden gemeten. Deze gebiedjes zijn instelbaar. Het betreft hier een waterstroming van de bovenste 2-3 m waterkolom

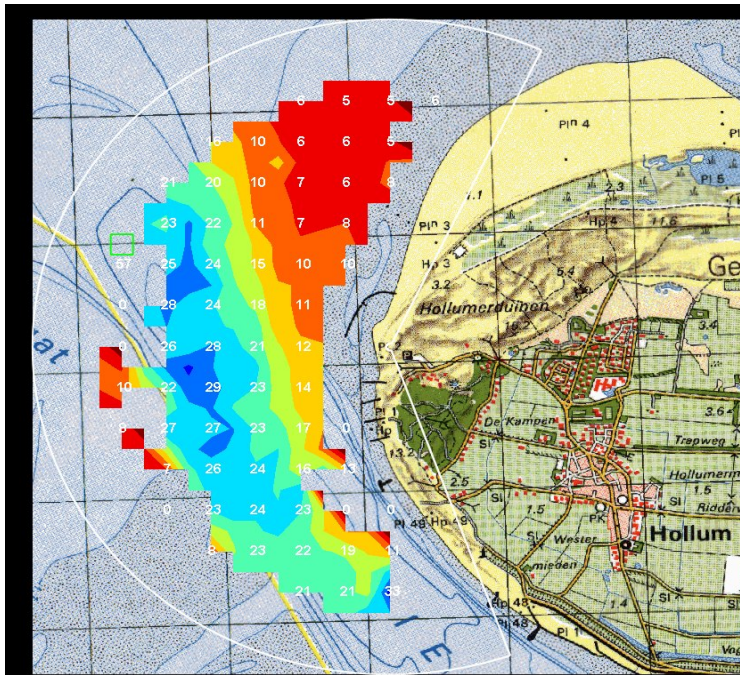


Figuur 22 Waterstromingsmeting in de Maasmond. De radar was geplaatst in de Maasvlakte op de Zuiderdam (in het cirkelsegment). De pijlen geven de richting en hoogte van de stroming in de bovenste 2-3 m waterkolom aan. Elke pijl is een aparte meting. Duidelijk is te zien dat het koude Noordzeewater onder het uitstromende zoete warme water van de Nieuwe Waterweg doorstroomt

Validatie heeft opgeleverd dat een onwaarschijnlijk hoge nauwkeurigheid in snelheid van 0.1 m/sec in snelheid en 10 graden in richting wordt gehaald. Voor een dergelijke bepaling zijn er wel golven nodig met minimale golfhoogte van 0.5 m. De totale meet- en verwerkingstijd voor een oppervlak van ongeveer 10 km² bedraagt ongeveer 4 minuten

Bepaling van de absolute waterdiepte

Naast de hierboven beschreven waterdiepten, kunnen ook gemiddelde waterdiepten in gebiedjes van 500 bij 500 m worden gemeten. De nauwkeurigheid bedraagt ongeveer 0.5 m. Dit getal is echter bepaald op een waterdiepte van ongeveer 15 m; bij dieper water zal de nauwkeurigheid afnemen

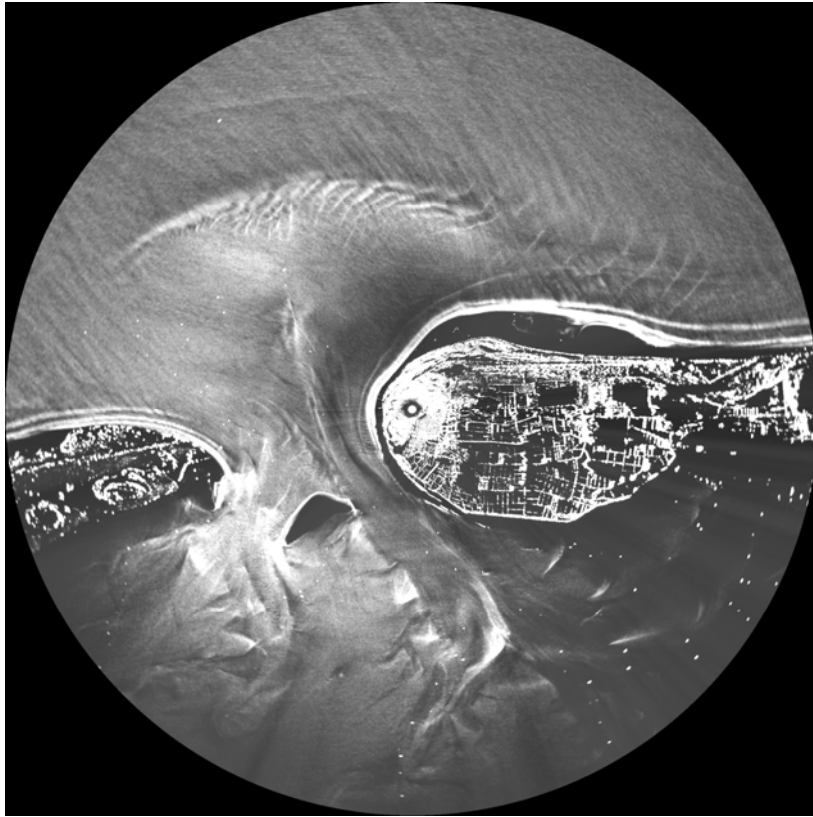


Figuur 23 Waterdiepte bepaling met radar in het Borndiep tussen Ameland en Terschelling. De waterdiepte is aangegeven in meters. De gridlijnen staan 1 km uit elkaar

Voorwaarde is wel dat er golven zijn met golflengten die minimaal 3 tot 4 maal zo lang zijn als de waterdiepten. Bijv. bij 15 m waterdiepte zijn dit golven met een lengte van 45 – 60 m. Daarnaast zal de golfhoogte 0.5 m of hoger moeten zijn.

Bepaling van de waterbodempogografie.

Onder bepaalde omstandigheden kan de bodempogografie van de zeebodem worden bepaald. Voorwaarde is dat er een waterstroming is en de windsterkte minimaal 3 m/sec is. Golven hebben vrijwel geen invloed op de resultaten.



Figuur 24 Een (VTS) radarbeeld vanaf de vuurtoren in Ameland. In het centrum van het plaatje staat de radar op een hoogte van 50m opgesteld. De afmetingen van het plaatje is 20km bij 20 km. De windsterkte was 8 Beaufort. Duidelijk zichtbaar aan de Noordkant van Ameland (boven het donkere strand) is de branding (witte band; wit betekent hoge reflectie). Daarnaast zijn boven in het beeld de zandribbels zichtbaar. Onder in het beeld zijn eveneens veel bodemstructuren zichtbaar. De witte puntjes zijn reflecties aan (markerings)boeien.

In de jaren 60 is dit fysische fenomeen pas ontdekt en verklaard. Vreemd is het niet omdat radargolven van navigatieradarsystemen maximaal 1-2 cm in het zeewater penetreren en dus nooit de zeebodem zullen bereiken. De fysische verklaring is als volgt. Indien water over zandribbels beweegt, zal de waterstroming boven de top van de ribbel toenemen. Deze toename zal ook aan het wateroppervlak zichtbaar zijn. Door deze toename zal ook de ruwheid van het zeeoppervlak veranderen, een fenomeen dat zichtbaar is voor de radar.

Op dit moment is de ligging van de zandduinen onder de boven geschetste condities goed te zien. Ook de verplaatsing kan goed worden gemonitord. Wat nog niet bekend is, is de absolute hoogte van de zandduinen. Er zijn op dit moment plannen op TNO om een promotieopdracht hiervoor te formuleren.

De ligging van de bodemtopografie kan met een geschatte nauwkeurigheid van 10 m in afstand gebeuren.

Evenals eerder beschreven is de nauwkeurigheid in de draairichting van de radar 10 m per km afstand. M.a.w. op 2 km bedraagt de nauwkeurigheid 20 m.

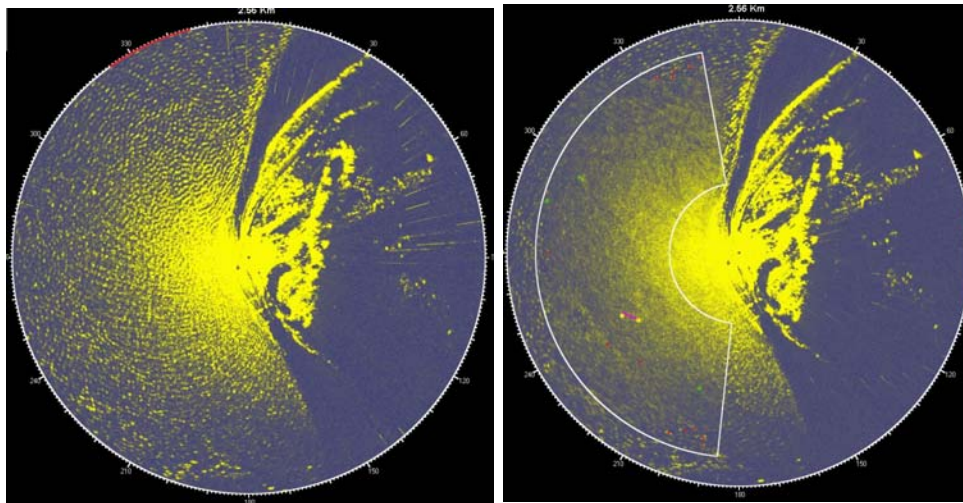
Bovenstaande geldt voor een navigatie radar.

Detectie van kleine drijvende objecten

Een normale navigatieradar is in staat om kleine objecten op een aantal kilometers afstand te zien. Zo is kan een dergelijke radar bij een kalme zee bijv. één enkele (middelgrote) vogel zoals een zeemeeuw tot ongeveer 4km waarnemen.

Indien de zeegang toeneemt zal de clutter ook toenemen. Ongeveer bij windkracht 5 Beaufort zal de clutter hoger zijn dan de reflectie van bijv. een rubberen boot, waardoor een dergelijk object in een radarbeeld niet meer waarneembaar is.

Binnen TNO is een methode ontwikkeld waarbij het mogelijk is om clutter voor een deel weg te filteren. Het gaat hier met name om het adaptief wegfilteren van de golfclutter. Metingen hebben aangetoond dat een verbetering van een signaal/ clutter verhouding met 10 dB kan worden bereikt.



Figuur 25 Navigatie beeld (a)voor en (b)na clutterfiltering. Waarnemingsgebied was de westkant van Ameland. De antenne was geplaatst in het centrum van het plaatje. De grootte van een afzonderlijk beeld: 5km*5 km. De windsterkte was 5 Beaufort. Het clutterfilter is alleen toegepast in het cirkelsegment begrensd door de witte lijnen. Het kleine object was een rubberen boot en is in het rechter beeld (b) goed te zien. De paarse lijn in figuur b is de tracking van de boot.

Naast het gebruik van een dergelijke detector is ook een speciale volger (tracker) nodig. Dit omdat kleine objecten voor een groot deel van de tijd achter golven verborgen zijn waardoor ze niet voor de radar zichtbaar zijn. Het niet zichtbaar zijn hangt af van de opstellingshoogte van de radarantenne, de afstand van het object tot de radar en de hoogte van de golven dan wel object.

Het waarnemen van verdachte schepen

Binnen TNO wordt gewerkt aan een systeem waarmee verdacht gedrag van schepen kan worden waargenomen. De basis van het systeem wordt gevormd door:

- een navigatieradar
- een AIS ontvanger
- op afstand bestuurbare camera

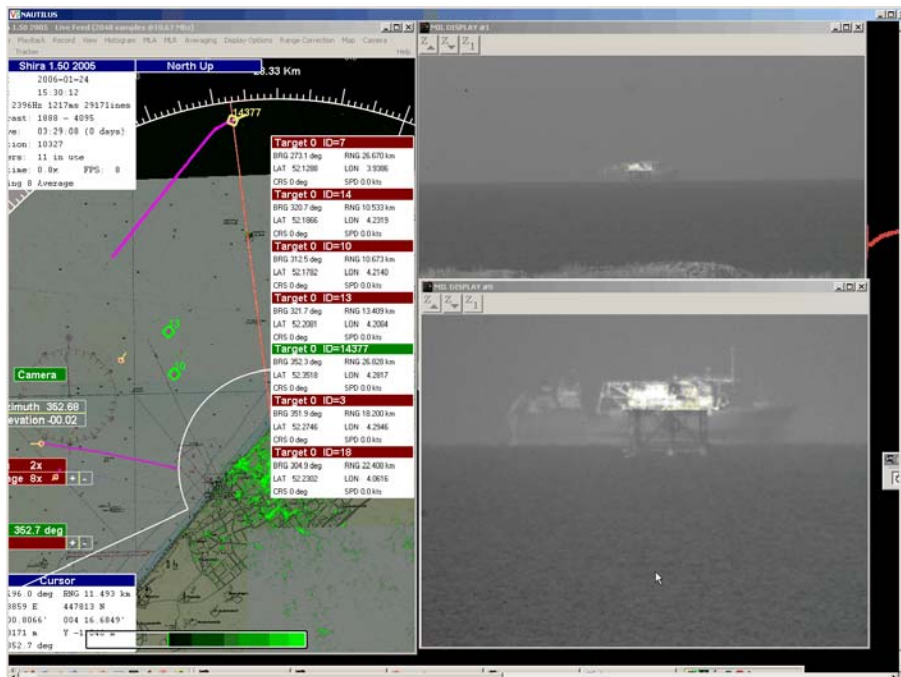
De navigatieradar zal in normaal bedrijf alle objecten op zee waarnemen en volgen.

In de eerste stap worden de radardata gecombineerd met de AIS data. Indien een object een radar en een AIS track heeft wordt een dergelijk object gemaskeerd en niet meegenomen als mogelijk verdacht object.

Op alle andere objecten die dus alleen met de radar worden waargenomen, wordt automatisch sequentieel een camera gericht en gedurende een instelbare tijd gevolgd. Een voorbeeld is te zien in de onderstaande figuur.

Het gehele systeem kan op afstand worden bestuurd. Menselijke waarneming is echter nodig om te constateren of het een verdacht object betreft of niet.

Op dit moment wordt het systeem verder uitgebreid met andere sensoren zoals peilsystemen op het gebied van radar en communicatie. Uiteindelijk is het doel om automatisch verdachte schepen te monitoren.



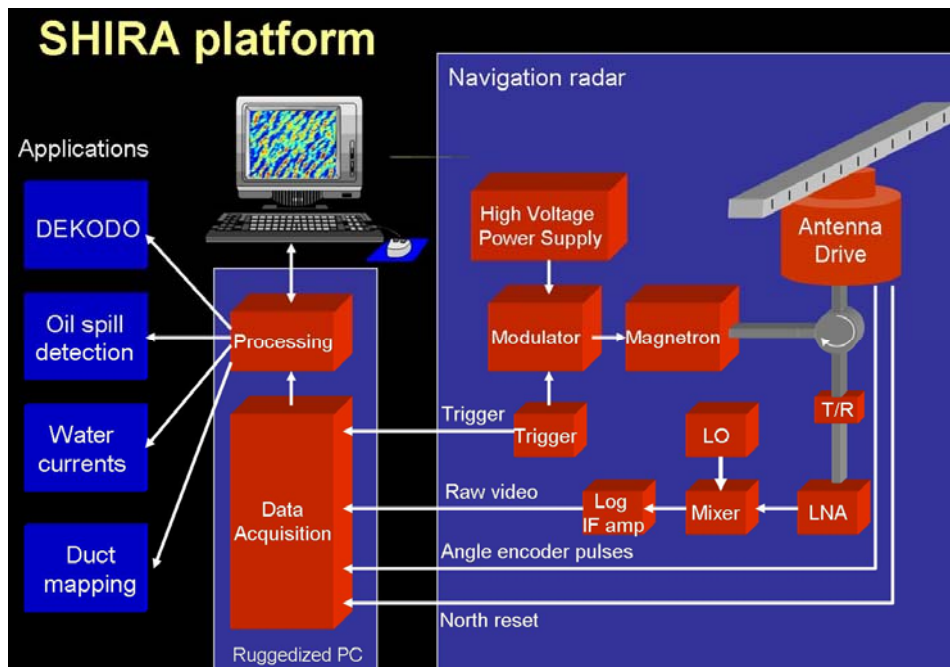
Figuur 26 Radarbeeld met “getrackte” objecten (links) en standaard camera en camera met zoomlens (rechts). De rode lijn geeft kijkrichting van de camera aan. De paarse lijnen geven de “track trails” van de schepen aan. Op het moment van de opname bevindt zich net het voormalige Meet Platform Noordwijk in de bundel. Het “getrackte” schip bevindt zich op een afstand van 27 km.

Het concept en de specificatie van een offshore radarbeveiligingssysteem

Het totale systeem bestaat uit een radar, een acquisitiesysteem en een verwerkings eenheid. Achtereenvolgens wordt op een aantal aspecten zoals het blokschema, de navigatieradarspecificatie en het acquisitiesysteem ingegaan. Op allerlei andere soms triviale aspecten zoals waterdichte behuizing en corrosiebestendigheid, wordt niet ingegaan.

Blok schema

In een typisch radarblokschema zijn twee blokken onderscheidbaar, een navigatieradar en een PC met het acquisitie deel en een verwerkingsgedeelte



Figuur 27 Blokschema van het SHIRA systeem. Rechts de navigatie radar, in het midden het PC gebaseerde data acquisitie systeem met verwerkingseenheid en links de software applicatie modules.

Allereerst zijn de navigatieradar en het acquisitiesysteem verbonden met 4 signaaldraden t.w. het analoge video signaal, een triggersignaal (gegenereerd tijdens het uitzenden van de radar puls) en twee signaal draden die de positie van de radarantenne aangeven.

Voor stationair geplaatste radarsystemen is deze informatie voldoende, voor de varende systemen dient ook nog de absolute positie van het schip en de vaarrichting t.o.v. het Noorden beschikbaar te zijn

Zowel het acquisitie, registreren, dataprocessing en monitoring kan in een en dezelfde PC systeem gebeuren.

Een dergelijk systeem is commercieel verkrijgbaar. Omdat alle hierboven genoemde functionaliteit via signaal verwerking kan worden verkregen, betekent elke nieuwe functionaliteit uitsluitend het installeren van nieuwe software.

De navigatie radar

Voor de navigatieradar kan worden gekozen uit een aantal leveranciers. Omdat elke radar moet voldoen aan strikte eisen opgelegd door IMO (International Maritime Organisation) lijken de specificaties veel op elkaar. Wel kunnen er bepaalde keuzes worden gemaakt zoals een laag zendvermogen in combinatie met een ruisarme versterker of andersom. Ook kan voor een sneldraaiend systeem worden gekozen, speciaal ontwikkeld voor snelle schepen. Daarnaast kan ook de antennelengte kan worden gekozen. Voor het doeleinde waarvoor de radar voor offshore doeleinde wordt gebruikt, is een goede keuze zeer belangrijk. Hieronder een samenvatting van de specificaties.

Tabel 24 Specificaties navigatieradars voor windturbineparken

Parameters	Waarde	Opmerkingen
Zendfrequentie	9.4 GHz	X band
Zendvermogen	25kW	
Ontvanger		Low-noise
Pulse breedte	40-50 nsec	
PRF	1800 Hz	
Antenne draaisnelheid	48 RPM	
Antenne lengte	8 foot	Standaard 6-8 foot
Antenne polarisatie	V	Modificatie op standaard radar. Wordt door bijv. SeaDarQ uitgevoerd

Bovengenoemde specificaties gelden voor navigatieradars welke mogelijk gebruikt kunnen worden voor windturbineparken. Dergelijke producten zijn te koop en kosten momenteel ongeveer 15-17 K€. Een uitzondering vormt de antenne. Standaard antennes van navigatie radars zijn H-gepolariseerd. Omdat V-gepolariseerde radarantennes de voorkeur verdienen voor een groot aantal hierboven genoemde applicaties wordt aanbevolen om een dergelijke modificatie uit te laten voeren. Bij SeaDarQ kan een dergelijke modificatie uitgevoerd worden en kost momenteel in de orde van 8 K€. Een bijkomend voordeel is dat V-gepolariseerde antennes minimale storing veroorzaken op de scheepsgebonden navigatieradarsystemen andersom. Tevens moet een radarfabricant worden gekozen waarbij het analoge video, trigger en hoekposities van de radarantenne extern beschikbaar zijn.

Het acquisitie en verwerkingssysteem

Aan het acquisitie systeem worden hoge eisen gesteld qua rekensnelheid, geheugen en vooral qua data snelheid. In tegenstelling tot camerasystemen waarbij er tussen de beelden een bepaalde tijd is om de data van een lokaal geheugen naar het computer geheugen over te transporteren (frame tijd), blijft een radar continu beelden produceren.

Het inzetten van PC's draaiend onder Windows verdient de voorkeur omdat hiervoor veel software en hard-ware beschikbaar zijn als "COTS" (Commercial Of The Shelf) componenten. Het voordeel van het gebruik van een PC is niet alleen de prijs echter ook de onderhoudbaarheid is veel beter. Indien namelijk Windows een versie verandert zullen ook allerlei hardware fabrikanten hun producten aanpassen.

Op het gebied van camera's is veel soft- en hardware beschikbaar. Dit omdat de markt groot is voor dergelijke producten.

De radarmarkt is veel kleiner waardoor het aanbod ook kleiner is. Echter er zijn enkele leveranciers die uitgaande van bovengenoemd concept een dergelijke product leveren. Een ervan is het Nederlandse bedrijf SeaDarQ.

De leverancier gebruikt een zware PC in combinatie met speciaal ontwikkelde drivers en commercieel verkrijgbare hard-ware "boards". Niet alleen de acquisitie echter ook de signaalprocessing gebeurt op dezelfde PC.

Eisen waaraan met name de acquisitie dient te voldoen zijn onderstaand weergegeven. De genoemde specificatie zijn minimale waarden

Tabel 25 Minimale waarden voor acquisitie

Parameter	Waarde	Opmerking
Digitaliseringsfrequentie	>50 MHZ	
Digitaliseringdiepte	14 bits	
Gemid. Datasnelheid (sustained)	>20Mbyte/sec	Inclusief overhead
Mom. Data snelh.	>100Mbyte/sec	

Veel van de verwerking gebeurt op een sequentie van beelden. Om de verwerkingstijd te optimaliseren, dienen beelden opgeslagen te worden in een geheugen. Bij een omwentelingstijd van 2 seconden is een enkel beeld ongeveer 40 Mbyte groot. Voor het (tijdelijk) opslaan van een aantal beelden is bij voorkeur 1Gbyte nodig.

Daarnaast is voor het opslaan van ruwe data veel schijfgeheugen nodig. Indien een 100Gbyte schijf beschikbaar is kan met bovenstaande gegeven iets meer dan 1.5 uur ruwe data worden opgenomen.

Een ander aspect is het op afstand bedienen van de applicaties, het installeren van nieuwe software, de servicing, resetting en trouble shutting. Voor onbemand gebruik op zee is een dergelijke optie een vereiste. Vandaag de dag mag het realiseren hiervan geen probleem zijn.

Opstellingscriteria van het beveiligingssysteem op locatie.

Voor de radar-opstelling zijn een aantal punten van belang:

- Optimaal bereik en opstellingshoogte
- Er moet infrastructuur aanwezig zijn zoals elektriciteit en data verbinding
- De locatie moet gemakkelijk toegankelijk zijn voor installatie en onderhoud

Beveiligd worden tegen vandalisme

Optimaal bereik en opstellingshoogte

Zoals eerder genoemd is voor de meest applicaties het bereik ongeveer 4 km indien de radar wordt opgesteld op een hoogte van 15 m. Indien de radar wordt opgesteld op een hoogte van 50 m zal het bereik oplopen tot 6 km. Het verdient in dit opzicht dus de voorkeur om de radar zo hoog mogelijk op te stellen.

Voor een optimaal te monitoren zeeoppervlak is het probleem de schaduw van de masten van de windturbine zelf. Optimaal lijkt om de radar op te stellen op die windturbineplatformen die de hoekpunten van het windturbinepark vormen. Door de schaduw van de mast zal in principe ongeveer 25% van de omgeving niet zichtbaar zijn voor de radar. Wel is het belangrijk dat er geen bladen tussen de radar en het te monitoren gebied bewegen. Zeker doordat de verwachting is dat in de toekomst koolstof in de rotorbladen verwerkt wordt, zal bij het passeren van de bladen de reflectie zo groot zijn dat de radar zichzelf tijdelijk uitschakelt waardoor de prestaties van de radar sterk verminderen.

Infrastructuur

Hoewel de meeste apparatuur werkt tussen de 120 en 260 V, lijkt 220 V de beste keuze. Het energiegebruik is kleiner dan 1 kW.

Het data verkeer dient omni-directioneel te zijn. Richting windturbinepark wordt de verbinding uitsluitend gebruikt voor besturing, instellingen, service, onderhoud, software up-grades enz. Er worden vrij lage eisen gesteld aan de data verbinding. Voor de data transfer van offshore platforms naar de kustlocatie dient de transfersnelheid veel hoger te zijn.

Wel dient vooraf de vraag beantwoord te worden of er ruwe data moet worden overgezonden of dat er uitsluitend behoefte is aan afgeleide informatie, zoals bijv. alleen de tracks van schepen. In het eerste geval zal een datasnelheid op kunnen lopen tot 1Gbit/ sec. In het andere geval is een data snelheid van 80 Kbit/sec vaak al voldoende.

Toegankelijkheid en beveiliging tegen vandalisme

Voor de toegankelijkheid en beveiliging tegen vandalisme dient al in het ontwerpstadium van het windturbinepark rekening te worden gehouden

AIS informatie

Een Class A AIS station aan boord van een schip zendt periodiek de volgende informatie uit:

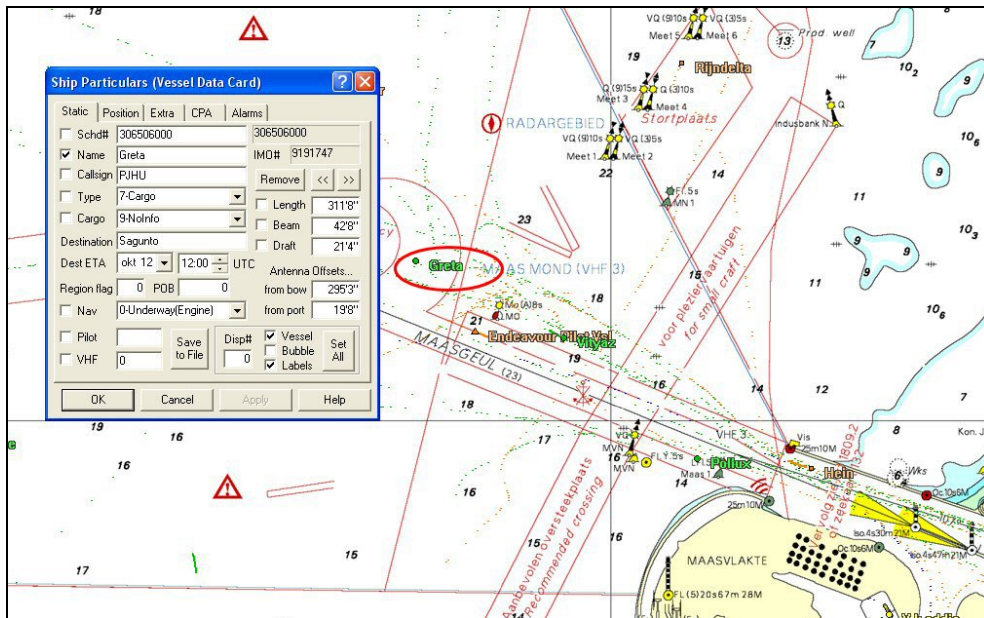
- Statische informatie:
 - o MMSI en IMO nummer
 - o Call sign en naam
 - o Lengte en breedte
 - o Type schip
 - o Plaats van de GNSS antenne
- Dynamische informatie
 - o Positie met indicatie over nauwkeurigheid
 - o Koers en vaart over de grond (COG – SOG)
 - o Datum en tijd in UTC
 - o Heading en rate of turn (ROT)
 - o Navigatie status
- Reisgebonden informatie
 - o Diepgang
 - o Type gevaarlijke lading (IMO klasse)
 - o Bestemming en verwachte aankomsttijd (ETA)

Genoemde dynamische informatie wordt, afhankelijk van snelheid en het feit of er rechtdoor of in een bocht wordt gevaren, tussen 2 en 10 seconden uitgezonden. De statische en reisgebonden informatie wordt iedere 6 minuten uitgezonden

Daarnaast kunnen eenmalig korte veiligheidsgebonden tekstberichten worden uitgezonden. Ook bestaat in principe de mogelijkheid om databerichten tussen gebruikers over te sturen die eveneens veiligheidsgebonden moeten zijn.

Voor andere typen AIS stations, bijvoorbeeld de verschillende vormen van Class B of AtoN stations, is de informatie aangepast aan het type gebruiker en kan een andere uitzend frequentie gelden.

Figuur 2 geeft een voorbeeld van de informatieweergave van een aangewezen schip uit de AIS gegevens. Onder de tab 'Position' zijn de gegevens over koers en vaart op te roepen. Voor bijvoorbeeld een walstation is het ook mogelijk om alle gegevens van alle schepen in een bepaald gebied in tabelvorm weer te geven. Figuur 3 geeft zo'n overzicht in alfabetische volgorde van de schepen maar elke andere gewenste presentatie of volgorde van de gegevens is mogelijk



Figuur 2. Voorbeeld van informatieweergave uit AIS gegevens (bron: Ship Monitoring Consultancy met Volpe Center Transview digitale kaart)

Name	MMSI	Call Sign	Length (meters)	Beam (meters)	Draft (meters)	Destination	ETA	Lat	Lon	Cur Dist (nm)	Bearing	COG	SOG (kt)	ROT	Heading	Ship Type
AASVAER	258870000	LLMM	76	12	4.6	STAVANGER	02/12 @ 23:59	51 53 16 N	4 16 27 E	13.46	188	107.8	0.0	None	342	70-Cargo
ALEMANIA	304160000	V2JZ	200	30	9.8	ROTTERDAM	02/11 @ 17:00	51 57 11 N	3 46 2 E	22.74	246	0.0	0.0	None	74	79-Cargo
AMALTHEA	538090034	V7DF9	159	26	7.7	BREMERHAVEN	02/12 @ 19:00	51 57 29 N	4 2 48 E	13.79	229	186.0	0.0	None	82	70-Cargo
AMRUM TRADER	304010674	V2LF	132	20	6.9	CORK	02/13 @ 14:00	52 3 20 N	3 54 14 E	15.99	258	308.0	12.5	None	311	71-Cargo
ANANGEL	239337000	SYAV	280	45	19.9	SEBETIBA	02/27 @ 00:00	52 24 24 N	4 46 45 E	24.47	43	34.0	0.0	None	183	70-Cargo
ANETTE	219184000							52 31 52 N	3 46 38 E	32.50	321	276.0	12.7	None	281	
ANGELA J	304010553	V2BL	99	16	5.8	ROTTERDAM	02/08 @ 08:00	51 53 13 N	4 24 36 E	13.71	167	103.0	0.0	None	231	71-Cargo
ANNETTE J	246373000							51 53 14 N	4 26 11 E	13.94	163	0.0	0.0	None	45	
ARCA	244454000	PDHT	N/A	N/A	4.5	SCHEVENINGEN	01/27 @ 08:30	52 5 56 N	4 15 44 E	2.48	255	171.0	0.0	None	275	99-Other
ARCO HUMBER	232004139	GRAL	107	20	7.4	AMSTERDAM	02/11 @ 17:00	52 24 12 N	4 47 33 E	24.66	44	291.4	0.0	None	263	33-Vessel
ARGONAUT	244956000							51 49 9 N	4 51 34 E	26.30	132	0.0	0.0	None	5	
ASD	964314000	S60Q	165	26	7.4	ROTTERDAM	02/08 @ 22:00	51 53 22 N	4 16 22 E	13.36	189	157.0	0.0	None	340	70-Cargo
ATLANTIC SUN	311103000	C6RM6	91	11	4.3	DUNDAKLE	02/15 @ 15:00	52 2 46 N	3 51 55 E	17.50	257	274.0	9.4	None	285	70-Cargo
ATLANTIC WIND	209000893	P3KX4	127	22	6.2	ROTTERDAM	02/09 @ 00:01	51 55 4 N	4 12 52 E	12.24	200	46.0	0.1	None	181	89-Tanker
ATREK	272014000	UZVV	68	14	4.9	ROTTERDAM	02/07 @ 10:45	51 54 10 N	4 28 9 E	13.47	157	119.1	0.0	None	270	52-Tug
AURIGA	212151000	P3AS7	179	24	7.5	FUNCHAND	02/11 @ 00:01	52 2 57 N	3 33 40 E	28.57	263	269.0	14.4	None	275	89-Tanker
AZTECA	210483000	P3NY9	155	23	8.9	ROTTERDAM	02/10 @ 09:00	51 53 45 N	4 17 18 E	12.90	186	212.5	0.1	None	105	70-Cargo
B.G ROTTERDAM	304212000	V2DA3	N/A	N/A	6.6	ROTTERDAM	02/12 @ 04:00	51 56 20 N	3 45 30 E	23.41	244	81.0	0.1	None	61	70-Cargo
BALTIC SKIPPER	236039000	ZDFD5	83	12	3.9	ROTTERDAM	02/11 @ 15:00	51 57 43 N	4 7 20 E	11.65	221	0.0	0.0	Unavailable	N/A	70-Cargo
BERTORA	311092000	C6RL5	237	41	15.1	ROTTERDAM	N/A	51 56 27 N	4 9 39 E	11.85	211	29.0	0.0	None	358	80-Tanker
BESKID	212295000	P3JU7	65	10	4.0	ROTTERDAM	02/11 @ 22:00	52 6 7 N	3 49 56 E	18.31	269	84.7	0.0	None	78	84-Tanker
BETTINA K	246193000	PBEW	88	13	3.4	IJMUIDEN	02/12 @ 03:00	52 27 57 N	4 31 49 E	22.71	19	99.2	10.9	None	96	70-Cargo
BIG IRELAND	210877000	P3QV9	135	22	6.6	ROTTERDAM	02/10 @ 07:15	51 52 47 N	4 25 24 E	14.24	166	351.3	0.0	None	289	71-Cargo
BOW NEPTUN	257878000	LAHJ2	170	25	10.2	DURBAN	02/29 @ 12:00	51 53 7 N	4 19 23 E	13.45	181	61.5	0.2	Unavailable	344	81-Tanker
BRAGE PACIFIC	259782000	LAZV4	142	23	8.2	PARANAGUA	02/26 @ 23:50	51 54 52 N	4 13 13 E	12.36	199	327.2	0.0	None	324	83-Tanker
BRALANTA	257528000	LAEB6	81	13	4.7	ROTTERDAM	02/11 @ 16:30	52 5 43 N	3 52 16 E	16.89	267	170.0	9.6	Unavailable	N/A	89-Tanker
BRD TONY	265161000	SKBZ	88	13	5.9	ROTTERDAM	02/10 @ 22:00	51 53 12 N	4 16 55 E	13.48	187	200.2	0.1	None	162	80-Tanker
BUGULMA	273429600	UAAV	69	15	5.1	ROTTERDAM	02/05 @ 08:00	51 53 9 N	4 17 51 E	13.46	185	74.0	0.0	None	253	70-Cargo
BUNGA	533183000	3MAF4	171	26	9.5	ROTTERDAM	02/05 @ 12:00	51 53 14 N	4 17 15 E	13.42	186	229.8	0.0	Unavailable	162	83-Tanker
CAPE PALMAS	636090380	ELXR4	120	18	6.0	ROTTERDAM	02/10 @ 12:00	51 53 53 N	4 25 52 E	13.27	163	111.1	0.0	Unavailable	N/A	79-Cargo
CAST SALMON	209000824	P3Q04	110	14	3.2	ANTWERPEN	02/12 @ 12:00	52 2 48 N	3 38 20 E	25.74	262	269.9	7.9	None	275	79-Cargo
CEC MIRAGE	311393000	C6SM5	100	20	6.1	ROTTERDAM	02/10 @ 21:00	51 53 54 N	4 25 58 E	13.27	163	97.0	0.0	None	244	70-Cargo
CEPHEUS J	235775000	MCKF6	135	20	6.4	ROTTERDAM	02/11 @ 10:00	51 52 46 N	4 23 52 E	14.05	169	263.0	0.0	None	263	79-Cargo
CHEMICAL	357397000	H3GN	134	20	7.5	ROTTERDAM	02/09 @ 17:00	51 52 51 N	4 18 31 E	13.75	183	145.0	0.0	None	11	80-Tanker
CHOCOLATE BAY	228170800	FGA951E	13	8	1.2	HOME	01/31 @ 12:00	51 49 32 N	4 7 15 E	18.69	204	350.8	0.0	Unavailable	N/A	37-Vessel
CLIPPER	311384000	C6S2074	154	23	9.2	ROTTERDAM	02/10 @ 12:00	51 53 16 N	4 16 23 E	13.46	189	19.1	0.0	None	341	70-Cargo

Figuur 3. Overzicht van schepen met AIS in een bepaalde omgeving (bron: Ship Monitoring Consultancy met USCG R&D Center AIS Miner)

AIS stations

Op dit moment zijn de volgende AIS stations beschikbaar of komen op korte termijn beschikbaar. Hierbij moet worden opgemerkt dat uitsluitend gecertificeerde AIS stations gebruikt mogen worden. Daarvoor zijn er internationaal erkende standaards door IEC opgesteld. Bij elk type AIS station is daarom de geldende of binnenkort geldende standaard genoemd

Type AIS station	IEC Standaard	Opmerkingen
Class A	IEC 61993-2	Bestemd voor schepen onder SOLAS en andere professionele gebruikers zoals sleepboten, loodsboten, etc.
Class B CS	IEC 62287-1	Bestemd voor recreatievaart
Class-B SO	IEC 62287-2	Bestemd voor kleine schepen niet vallend onder SOLAS
Base	IEC 62320-1	Bestemd voor walstations van een 'competent authority'
AtoN	IEC 62320-2	Bestemd voor AtoN

In de nabije toekomst zijn nog andere AIS stations voorzien zoals Repeater stations, AIS-SART stations en SAR aircraft stations. Ook walstations met beperkte functionaliteit voor kleine (particuliere) havens zullen beschikbaar komen.

Zoals eerder genoemd, zijn er ontwikkelingen voor gebruik van AIS voor de zeevisserij. Er lopen onderzoeken in Europees verband voor toepassing in de binnenscheepvaart. Deze zullen gebruik maken van Class A stations met enkele aanvullende, uitsluitend voor de binnenvaart bestemde, berichten. Enkele Europese landen zijn begonnen met de invoering hiervan.

Voor alle buiten de tabel genoemde AIS stations moeten de specificaties en de standaard nog worden opgesteld. Van alle genoemde AIS stations hebben uitsluitend de AIS Base stations een functionaliteit om de VDL te controleren en te beïnvloeden (zogenaamde Channel Management functie). Alle andere AIS stations kunnen en mogen uitsluitend berichten uitzenden die betrekking hebben op de informatie van het eigen station zoals genoemd in de voorgaande paragraaf.

Gebruik van AIS

AIS wordt in de eerste plaats gebruikt door schepen om de positie en identiteit uit te zenden die wordt ontvangen door andere schepen en walsystemen voor verkeersbegeleiding (VTS) en de Kustwacht. Dit is volledig in overeenstemming met de IMO richtlijnen. Daarnaast kunnen ook Base stations AIS berichten uitzenden. Dit betreft vooral veiligheidsgerelateerde berichten die door schepen worden ontvangen. Sinds kort is er overeenstemming over het gebruik van AIS op AtoN's zoals vuurtorens, lichtopstanden en boeien. Off-shore structuren zoals platforms worden tot deze categorie gerekend. Windturbineparken op zee gaan daar nu ook onder vallen. Maatregelen zijn genomen in de berichten om windturbineparken duidelijk te onderscheiden van andere AtoN's. In volgende hoofdstukken zal hierop verder worden ingegaan.

AIS Base stations vormt een deel van een groter geheel (Physical Shore Station) en worden in het algemeen in een AIS netwerk opgenomen (AIS Shore station). Hier vindt een proces plaats om op een hoger niveau de AIS informatie, die door de aangesloten AIS Base stations wordt ontvangen, beschikbaar te stellen aan de dienstverlening waarvoor het AIS netwerk is ontworpen. In een havengebied zal dit de koppeling zijn met het verkeersbegeleidingssysteem (VTS), langs de kust wordt de informatie gebruikt voor het monitoren van de scheepvaart door het Kustwachtcentrum (uitvoering van de EU Monitoring Directive). Deze informatie wordt ook gebruikt voor Search And Rescue (SAR) operaties.

AIS AtoN stations

AIS AtoN stations kunnen op verschillende manieren in groepen worden verdeeld. Het eerste onderscheid is het feit of het een drijvende (boei) of een vast opgestelde AtoN betreft

Er worden drie typen AIS AtoN stations onderscheiden:

- Type 1. Deze hebben geen enkele ontvangstmogelijkheid en kunnen derhalve uitsluitend AIS berichten in door AIS Base stations vooraf gereserveerde tijdslots uitzenden. De configuratie van dit type AIS AtoN stations wordt bij productie vastgesteld. Gezien de beperkte mogelijkheden is dit type uitsluitend geschikt voor gebruik op boeien waarbij vooral het energiegebruik een grote rol speelt.
- Type 2. Deze hebben een ontvanger die uitsluitend geschikt is voor de configuratie van de AIS AtoN. Ook dit type kan AIS berichten uitzenden in door een Base station gereserveerde tijdslots. AIS berichten kunnen niet worden ontvangen en verwerkt. Ook dit type zal vooral worden toegepast op boeien.
- Type 3. Deze hebben volwaardige AIS ontvangers en zijn dus in staat om AIS berichten te ontvangen en te verwerken. Dit type is ontworpen voor gebruik op vuurtorens en objecten waarbij het energiegebruik niet kritisch is. Dit type komt het beste in aanmerking voor de beveiliging van windturbineparken.

Daarnaast wordt voor AIS een onderscheid gemaakt tussen de volgende mogelijkheden.

- Real AtoN. Dit is een fysiek bestaande AtoN die zelf een AIS AtoN station heeft.
- Syntetic AtoN. Dit is een fysiek bestaande AtoN die zelf geen AIS AtoN station heeft. De positie van een Syntetic AtoN wordt uitgezonden door een ander AIS station (AtoN station of Base station).
- Virtual AtoN. Dit is een niet fysiek bestaande AtoN. Er wordt een positie uitgezonden door een ander AIS station voor een locatie die om een of andere reden gemarkeerd moet worden (bijvoorbeeld een tijdelijk gevaar)

Door AIS AtoN stations wordt in principe elke 3 minuten AIS Message 21, het standaard AtoN AIS Message, uitgezonden. Alleen door een AIS Base station kan een andere uitzendfrequentie worden ingesteld (assigned mode).

AIS op een windturbinepark zal AtoN type 3 (Type of aids-to-navigation) zijn in Message 21. AIS op een boei bij een windturbinepark (zie latere discussie hierover) zal een type aanduiding voor een Floating AtoN hebben (naar gelang het type boei).

Referenties

- [1] IMO Amendments to the international convention for the safety of navigation of life at sea, 1974 as amended (SOLAS), Chapter V Safety of navigation
- [2] IMO Resolution MSC.74(69) Annex 3, Recommendation on performance standards for AIS
- [3] ITU Recommendation ITU-R M.1371-3, Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band
- [4] IEC 61993-2, Class A shipborne equipment of the Automatic Identification System (AIS)
- [5] IEC 62287-1, Class B shipborne equipment of the Automatic Identification System (AIS) – Part 1 CSTDMA techniques
- [6] IEC 62287-2, Class B shipborne equipment of the Automatic Identification System (AIS) – Part 1 SOTDMA techniques
- [7] IEC 62320-1, AIS Base stations, Minimum operational and performance requirements
- [8] IEC 62320-2, AIS AtoN stations, Minimum operational and performance requirements
- [9] IALA Recommendation A-126, The use of AIS in marine Aids to Navigation
- [10] IALA Recommendation O-117, The marking of offshore wind farms

Afkortingen

AIS	Automatic Identification System
AtoN	Aids to Navigation
COG	Course Over Ground
ETA	Estimated Time of Arrival
GNSS	Global Navigation Satellite System
Gt	Gross tonnage
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
IEC	International Electrotechnical Commission
IMO	International Maritime Organisation

ITU	International Telecommunication Union
MMSI	Maritime Mobile Service Identity
NM	Nautical Mile
ROT	Rate Of Turn
SAR	Search And Rescue
SART	SAR Transponder
SOG	Speed Over Ground
SOLAS	Safety Of Life At Sea
SOTDMA	Self Organized TDMA
TDMA	Time Division Multiple Access
TNO	Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
UTC	Coordinated Universal Time
VDL	VHF Data Link
VHF	Very High Frequency
VTS	Vessel Traffic Services

Bijlage 10 Maritime safety of offshore wind farms.

Models versus expert opinions

Mark Spruijt, Jan A. van Dalfsen, M.Theo Logtenberg, Ron Oorschot, Monique G. Blankendaal, Chris C. Karman.

Abstract

This paper focuses on the safety aspects of ship traffic in relation to the development of offshore wind farms. This paper focuses on the possible risks coming forward from studies using mathematical models and scenario analysis using information provided by experts in the field. Questions are raised on the observed mismatch between science (models) and practice.

Keywords: risk assessment

Netherlands Organization for Applied Scientific Research TNO
TNO Built Environment and Geosciences
PO Box 342
7300 AH Apeldoorn
The Netherlands
Tel. +31 55 549 3405
Fax. +31 55 549 3390

Introduction

There is no discussion about the need of alternative energy sources and wind energy fits the current environmental, energy and climate policies of many governments. Offshore wind farms are already a reality at several locations in the world and many more farms are planned.

In the Netherlands, the government has set a target of 6.000 Megawatt offshore wind power being installed by the year 2020. Two applications for the development of an offshore wind farm have been granted so far [1]. Moreover 57 initiatives are in preparation in the Dutch EEZ, of which a considerable number is expected actually to be realised (see figure 1). The spatial area involved stresses the need for optimal planning to secure both economic and environmental values of the North Sea, as spatial claims by other activities are very large already. The Dutch coastal waters and North Sea have one of the heaviest shipping traffic in the world [2] (see Figure 2). Maritime safety of offshore wind farms was addressed as a major issue at the Conference "[Offshore Wind Farms and the Environment](#)" in Billund in 2004 and is an important aspect of concern for the North Sea surrounding countries. A location permit might not be granted when the safety of other users of the North Sea is at risk or when the chances for ecological damage become unacceptably high. Therefore the issue of risks of ship collisions and interference between ships and wind farms is considered of high importance, as the potential risk could be high for wind farm operations (installation, production and maintenance) as well as for the marine environment.

Background

The Dutch part of the North Sea can be classified as a region with an intense nautical traffic density. This heavy shipping traffic on the North Sea is regulated by the use of shipping lanes. To a large extent the international transport (bulk carriers and tankers) together with short sea shipping (coasters) and ferry services can be categorised as 'route bound traffic' and follow the compulsory clear ways. However, 50% of the total traffic randomly finds its way manoeuvring either through deep North Sea waters or following the Dutch shore line. This is mostly related to fishing activities and other activities with destinations at sea involving often relative small vessels. Traffic not bound to the clearway's will have to be rerouted leading to increased density elsewhere.

Positioning large scale offshore wind farms will pose extra stress upon the spatial use of the North Sea. Wind farms will be build outside the shipping lanes resulting in relative large areas in the North Sea in which no traffic will be allowed. Up to now, off shore oil platforms and shipwrecks are the only man made stationary objects to be considered regarding ship traffic safety.

Yet, according to the ongoing development regarding sustainable energy sources, pioneer-projects and plans to build and exploit a significant amount of near shore and offshore windmill parks soon will outgrow its present infant diseases. There is no doubt that significant amounts of these future parks will have some sort of influence by 'patching-up' an open sea. However, to which extend these positive or negative effects of offshore windmills in the North Sea can be fully predicted or modelled still is subject to discussion



Figure 1. Overview of planned locations of the wind farms (green areas) off the West coast of the Netherlands and the ship traffic lanes in blue. (Source: Ministry of Transport Public Works and Water Management)

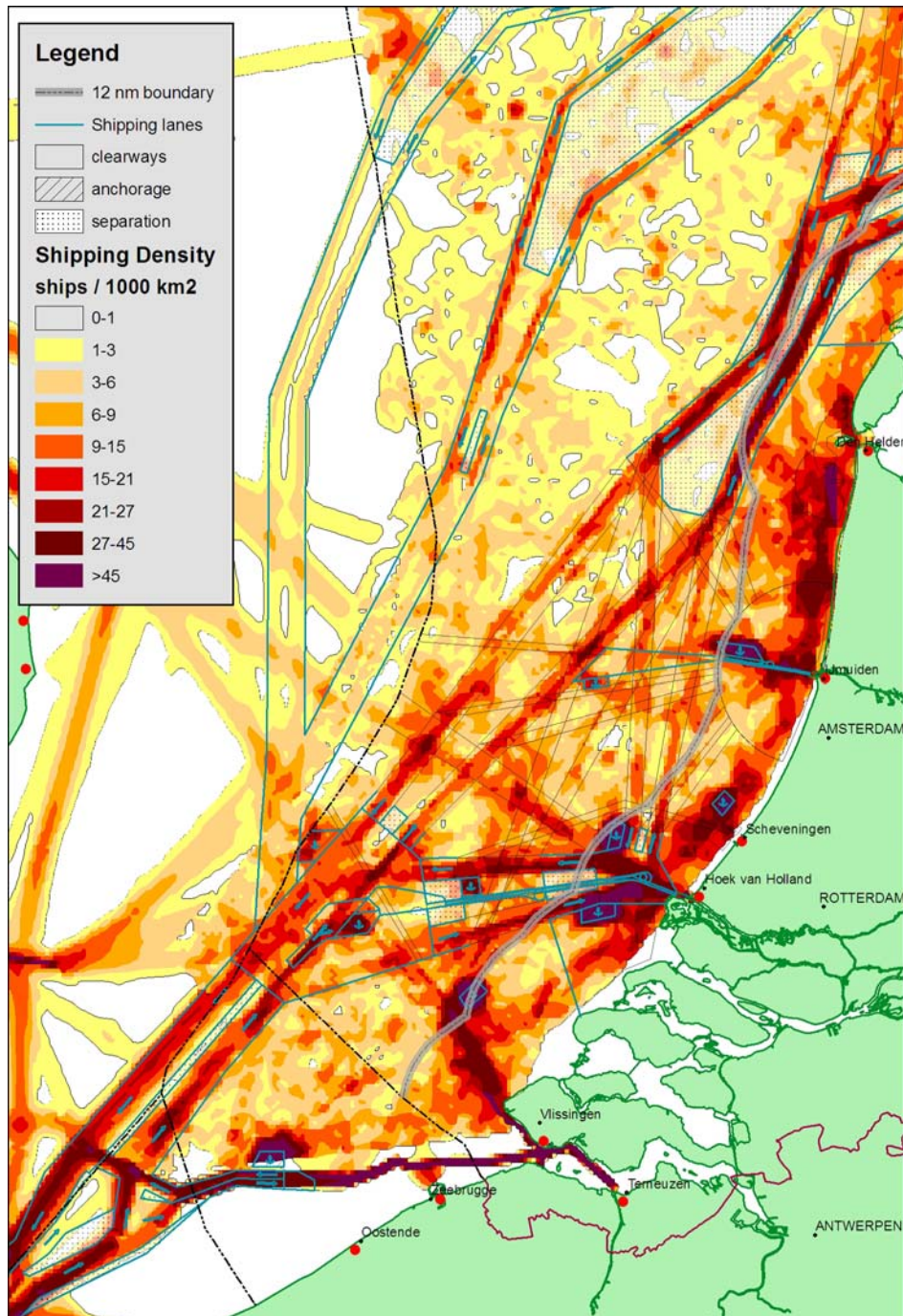


Figure 2. Vessel traffic on the North Sea (1999-2001). (Source: Ministry of Transport Public Works and Water Management).

The safety of wind farms in relation to ship activities has been an issue since plans for wind farms were emerging and several studies have been carried out since then [3]. The present studies make use of highly scientifically models and the theoretical basis is for the moment beyond question. The results of such modeling studies indicate that the probability of a ship collision is hardly increasing by the presence of wind farms near the shipping lanes. Therefore these studies give no reason to adjust the current attention for safety risk of offshore wind farms. An important assumption that is made, however, is that all route bound traffic follows the compulsory 'clearways' –human factors or daily practice (alternative routes, near misses) are taken into account. Mostly, separate park initiatives are subdued to separate calculations, taking an open sea (without other parks) as a starting point. As earlier mentioned over 50 applications are currently in preparation involving almost 30 locations for development.

A further point of departure is that smaller vessels will only have a minor impact given a collision with a wind turbine. Drifters are some more point of discussion. Drifters in a wind farm may occur at a chance of once every three years. At Horns Rev in Denmark about 75,000 maintenance movements had to be carried out within a period of one and half year with [4].

Given the situation above the question rises to which extend the existing experience is applicable to the Dutch situation.

We@Sea: offshore wind research programme

In the Netherlands the knowledge consortium We@Sea (www.we-at-sea.org) leads a national research- and development programme aimed at generating knowledge and improve and accelerate large scale development of offshore wind energy in the North Sea. The We@Sea programme is characterized by an integrated and interdisciplinary approach in order to provide a minimum risk of uncertainties. Risk reduction and security control of offshore wind farms is part of the work package "Spatial planning and environmental aspects". The Netherlands Organization for Applied Scientific Research TNO is partner in the We@Sea Consortium and involved also in studies related to the environment and spatial planning. The question of the maritime safety of the offshore wind farms in the North Sea is part of a project that TNO is currently executing within the We@Sea consortium.

Risk for offshore wind farms can be considered two sided: 1) risks to traffic (ships, planes) and 2) risk to wind farm operations. Concerning maritime traffic, the risks results from an increased chance on ship collisions, the occurrence of drifters, turbines, power stations and cables being damaged and evolving risk by lost or drifting loads, spills of harmful substances, ecological impacts etc. Due to the development of wind farms obstacles (turbines) are introduced in the yet "empty and open" sea. Depending on the location of a wind farm, these obstacles will lead to a certain increase of the risk for a collision. The exclusion zone of a wind farm will forge traffic to adjust their routes. Due to the relative large areas occupied by the wind farms, especially traffic which is not bound to the clearways will have to be rerouted leading to increased density elsewhere. It is therefore important not only to assess the effect of a single wind farm, but also to assess the cumulative effects of increasing numbers of wind farms, especially in the Dutch marine water knowing relatively intense traffic. From an economic point of view, next to a fall in energy production and cost of repair, a reduction of risks might be very interesting concerning the insurance. The insurance premium for a wind farm is higher offshore than onshore. This premium might be lowered when the external risks for offshore wind farms are reduced and the party responsible for damage is traceable. This brings up the question if it is advisable to invest and if yes, in what should these investments being made to enlarge the safety of offshore wind farms. Can acceptable investments lead to increased safety and therefore reduced insurance premiums?

Wind farm safety aspects

TNO conducted a scenario analysis involving all phases of the life cycle of an offshore wind park. As part of this safety study, discussions and interviews were held with experts in the "field" including the Coast Guard, Sea pilots and other involved parties, amongst others representatives of the Ministry of Transport, Public Works and Water Management, North Sea Directorate responsible for shipping safety. So far these interviews have resulted in qualitative thoughts about the risks. Important aspects that come forward are:

- The construction phase may lead to a substantial increase of shipping traffic, taking into account that only certain periods are suitable for transport.
- During the construction phase additional attention is needed to warn ships in the area where building activities are going on. A minimum distance between parks will have to be kept and specific measures

might be needed during the construction phase including guard ships on location warning and guiding the non-bound traffic such as fishing ships.

- During the operation phase the necessary maintenance activities may put more pressure on the traffic in general due to increasing shipping traffic and possible air traffic by helicopters. In the case of severe damage, dedicated ships will be needed.
- The presence several wind farms will increase the risks caused by occurrence of drifters. Larger vessels may have a cumulative impact to wind farms; resulting in increased traffic for repair and to safeguarding of drifters inside the parks.
- The increased number of fixed obstacles (turbines) at sea taking into account the fact that already now near misses occur daily (although hardly reported).
- Economical constraints, waning seamanship, the often poor visibility on the North Sea, drifters, specific locations on the North Sea, increasing ship tonnages making the manoeuvrability more difficult.
- The behaviours of the fishing fleet, as fishing boats are most involved in accidents on the North Sea.
- Radar signals will be influenced by the presence of obstacles such as large turbines. This is also a point for air traffic and has to be solved adequately as air traffic is large as well in the Dutch EEZ.

Apart from damage to wind turbines by drifters is the question what will be the consequences of damage to a transformer unit of a park or to the high tension cables (36 to 110 kV)

When the process of building and operation is analyzed more in detail, even more aspects of concern might turn up from the "field experts" point of view.

All these aspects play a role in risk assessment (chance of occurrence) and risk evaluation (what is acceptable), but are difficult to introduce in theoretical models which are currently used in risk assessment studies concerning offshore wind farms.

Next to the discussions with experts in the field, a survey upon the existing mathematical models developed calculating the probability of both ship-ship collisions and ship-windmill encounters was carried out. Surprisingly, the 'theoretical' outcome of the matter lies far apart from the pilots' viewpoint ('gut feeling').

Discussion

Imagine the energy market takes the opportunity and is ready to invest and build tomorrow? If the risk to maritime traffic is small and acceptable as present studies indicate, to which extent investments are needed and justified to reduce the risks to traffic or to prevent collision damage (e.g. fender systems) even further?

If the risk is at a higher level, as the experts in the field suggests, additional measures need to be considered next to the international required obligations to mark wind farms to ships and air traffic by radar beacon, lights and mist horns.

The opinions concerning the risks of offshore wind farms on the North Sea still seems to vary considerably. This influences the discussion what measures are really necessary also in the light of the reliability of power supply, safety, consequences for personnel and to the marine environment. There is a need for a more in depth discussion how to weigh the perceived dangers and what measures are really necessary in order to carry out a more appropriate analysis. We might even need to develop a new traffic philosophy for the North Sea including additional risk assessment methodologies.

Due to the importance of safety both for the operators, other users of the North Sea and the environment questions to whether science will meet practice should be taken up in order to develop a sustainable industry

References

- [1] Initiatieven voor windmolenparken op de Noordzee. Situatie 17-05-2005
- [2] Database traffic density North Sea
- [3] Seminar "Maritime Safety of Offshore Wind Farms Wageningen (NL), 21 January 2005.
- [4] Horns Rev reveals the real hazards of offshore wind
Modern Power Systems
October 2004, pp 27, 29