

Ryszard WAWRUCH¹
Tadeusz STUPAK²

MODELOWANIE BEZPIECZNEJ ODLEGŁOŚCI POMIĘDZY TRASĄ PRZEPLYWU STATKÓW I FARMĄ ELEKTROWNI WIATROWYCH

W najbliższej przyszłości planuje się budowę farm elektrowni wiatrowych w obszarze polskich morskich wód przybrzeżnych. Ich budowa i eksploatacja stworzy nowe zagrożenie dla bezpieczeństwa jednostek pływających operujących w ich pobliżu. W referacie przeanalizowano różne metody szacowania ryzyka kolizji z turbiną wiatrową statku płynącego i dryfującego, stosowane w innych państwach, a także ocenę przydatności tych metod do szacowania zagrożenia dla bezpieczeństwa żeglugi i środowiska naturalnego stwarzanego przez farmy elektrowni wiatrowych planowanych do budowy w polskich obszarach morskich.

MODELLING OF SAFETY DISTANCE BETWEEN SHIPS' ROUTE AND WIND FARM

Building of the wind farms in the coastal area of the Polish maritime waters is planned in the near future. Their construction and exploitation will create new threat for safety of vessels operating in their vicinity. Paper presents different estimation methods of the risk of collision between wind turbine and sailing and drifting ships adopted in other countries and their utility assessment for estimation of threats created by wind farms planned for establishing in the polish maritime areas for safety of navigation and environment.

1. WSTĘP

Morska elektrownia wiatrowa to konstrukcja stalowa o wysokości nieraz ponad 100 m instalowana w strefie przybrzeżnej lub na akwenach o małych głębokościach, która wytwarzaną energię elektryczną dostarcza kablem na ląd. Budowa i eksploatacja farm elektrowni wiatrowych niesie nowe zagrożenia dla bezpieczeństwa ruchu morskiego jednostek pływających operujących w ich pobliżu. Zagrożenia te mogą być nowe dla

¹ Akademia Morska w Gdyni, Wydział Nawigacyjny, 81-345 Gdynia, Al. Jana Pawła II/3.
tel: +48 58 6901112, Fax: +48 58 6901101, e-mail: wawruch@am.gdynia.pl

² Akademia Morska w Gdyni, Wydział Nawigacyjny, 81-345 Gdynia, Al. Jana Pawła II/3.
tel: + 48 58 6901127, Fax: + 48 58 6901101, e-mail: stupak@klif.am.gdynia.pl

danego akwenu bądź instalacja farmy może zwiększyć i uwypuklić niebezpieczeństwa już istniejące. Mogą one obejmować m.in.:

- ryzyko zderzenia lub kontaktu statku z wieżą turbiny wiatrowej,
- ryzyko zderzenia się dwóch statków wynikające z konieczności zmiany kursu jednego z nich w celu ominięcia farmy wiatrowej,
- ryzyko wejścia statku na mieliznę przy omijaniu farmy,
- ryzyka wynikające z wpływu farm wiatrowych na pracę urządzeń nawigacyjnych (np. radaru) i radiokomunikacyjnych.

Ocena zagrożeń powinna zawierać ocenę prawdopodobieństwa zajścia każdego z tych zdarzeń, z uwzględnieniem różnego ich nasilenia na poszczególnych etapach budowy i eksploatacji farmy. Wyniki analizy prawdopodobieństw zderzeń statków i wejść na mieliznę należy porównać z sytuacją z okresu przed rozpoczęciem budowy. Dodatkowo, analiza powinna obejmować:

- przewidywane przyszłe zagrożenia wynikające ze zwiększenia natężenia ruchu i prędkości statków oraz ich tonażu i zanurzenia,
- możliwości zmiany poziomu ryzyka wynikającej z przyszłej przebudowy lub rozbudowy farmy i zmiany konstrukcji turbin.

Polska nie posiada doświadczenia w projektowaniu, budowie i eksploatacji morskich elektrowni wiatrowych. Dlatego też, rozpatrując kwestie związane z ich lokalizacją i stwarzanym przez nie zagrożeniem dla bezpieczeństwa żeglugi i środowiska, należy wzorować się na doświadczeniu innych państw.

W dalszej części referatu przeanalizowano stosowane w innych państwach metody szacowania ryzyka kolizji z turbiną wiatrową statku płynącego i dryfującego oraz oceniono przydatność tych metod do szacowania zagrożenia, dla bezpieczeństwa żeglugi i środowiska naturalnego, stwarzanego przez farmy elektrowni wiatrowych planowanych do budowy w polskich obszarach morskich.

2. METODY OKREŚLANIA BEZPIECZNEJ ODLEGŁOŚCI POMIĘDZY TRASĄ PRZEPLYWU STATKÓW I FARMĄ ELEKTROWNI WIATROWYCH

2.1 Zasady doboru metody

Stosuje się wiele różnych metod analizy w celu oszacowania prawdopodobieństwa i konsekwencji zajścia wypadku nawigacyjnego związanego z budową i eksploatacją morskich farm wiatrowych. W przypadku akwenów o małym natężeniu ruchu lub skromnym zasobie danych na temat natężenia ruchu statków, stosuje się częściej metody jakościowe. Bardziej złożone modelowanie i analizę statystyczną wykorzystuje się dla farm wiatrowych na akwenach o dużym natężeniu ruchu oraz tam, gdzie dostępne są szersze dane, na przykład z systemu AIS.

Adekwatnie, analizy konsekwencji dokonuje się w oparciu o całe spektrum metod jakościowych lub ilościowych, w zależności od dostępności danych i prawdopodobieństwa zajścia zderzenia. Niezwykle istotna dla uzyskania wiarygodnych wyników jest poprawność danych wejściowych i przyjętych założeń.

Ilościowe metody szacowania zagrożeń są w głównej mierze nakierowane na określenie absolutnych wartości ryzyka stwarzanego dla bezpieczeństwa żeglugi przez morskie farmy wiatrowe. Dla całościowej oceny, bardziej efektywna jest tak zwana analiza

ryzyka względnego, która jest mniej wrażliwa na niedokładności wejściowych parametrów liczbowych i uproszczenia wynikające z przyjęcia pewnych założeń.

2.2 Dane wejściowe do analizy

Następujące dane wejściowe są potrzebne aby oszacować prawdopodobieństwo kolizji między statkiem i turbiną wiatrową:

1. Dane dotyczące farmy wiatrowej: pozycja każdej turbiny wiatrowej, odległości pomiędzy turbinami, średnice wież turbin, wysokość umieszczenia piasty, średnica rotora turbiny, oznakowanie nawigacyjne farmy (pławy, światła na wieżach, etc).
2. Dane dotyczące lokalizacji farmy: przebieg i ukształtowanie linii brzegowej, głębokość akwenu, batymetria i rodzaj dna morskiego oraz zmiany poziomu morza.
3. Informacje odnośnie ruchu statków na akwenu otaczającym proponowaną lokalizację farm wiatrowych: przebieg tras żeglugowych w oparciu o dane z systemu AIS i innych dostępnych źródeł, natężenie ruchu na tych trasach, typy statków i ich parametry (długość, szerokość, zanurzenie, prędkość), sezonowe, dobowe i prognozowane zmiany natężenia ruchu, odległości tras żeglugowych, systemów rozgraniczenia ruchu (TSS) i torów wodnych od farm wiatrowych, odchylenia standardowe i średnie rozkłady natężenia ruchu w osi poprzecznej trasy przepływu, toru wodnego i pasa ruchu w systemie rozgraniczenia ruchu (TSS), rozkład statystyczny odchyłek kursów statków.
4. Dane hydrometeorologiczne: rozkład prędkości i kierunków wiatru (dla wysokości 10m nad poziomem morza), rozkład falowania i prądów morskich, informacja o zalodzeniu, informacja o występowaniu warunków ograniczonej widzialności.
5. Dane na temat: częstotliwości występowania awarii skutkujących utratą napędu statku, czasu trwania stanu utraty manewrowości statku (czasu usuwania awarii przez załogę), prawdopodobieństwa nieudanego manewru awaryjnego rzucania kotwicy.
6. Dane dotyczące możliwości asysty holownika ratowniczego.
7. Prawdopodobieństwa:
 - wystąpienia błędu ludzkiego w trakcie planowania i wykonania podróży morskiej,
 - wystąpienia awarii wyposażenia nawigacyjnego i radiokomunikacyjnego statku,
 - niezadziałania w porę systemów bezpieczeństwa na farmie wiatrowej lub statku dozorującym i niepowiadomienia jednostki płynącej o istnieniu ryzyka kolizji,
 - braku możliwości korekty błędu nawigacyjnego przez załogę statku płynącego kursem kolizyjnym, w funkcji odległości statku od farmy wiatrowej.

2.3 Modele stosowane do szacowania prawdopodobieństwa kolizji statku z farmą wiatrową

Do szacowania prawdopodobieństwa kolizji statku z farmą wiatrową można stosować niżej wymienione modele stworzone i rozwinięte przez organizacje zajmujące się bezpieczeństwem żeglugi:

1. COLLIDE opracowany przez Safetec Nordic AS dla platform wiertniczych, ale używany obecnie również do szacowania ryzyka związanego z farmami wiatrowymi [1,2,3].
2. Modele przygotowane przez holenderski Morski Instytut Badawczy – MARIN (Maritime Research Institute) [4,5,6,7]:

- SOGRA (Ship Offshore platform Collision Risk Assessment) będący modulem modelu MANS (Management Analysis North Sea), przeznaczony przede wszystkim do analiz związanych z platformami wiertniczymi,
 - SAMSON (Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea) dedykowany analizom powiązanych z farmami wiatrowymi.
3. CRASH (Computerized Risk Assessment of Shipping Hazards)/MARCS (Marine Accident Risk Calculation System) opracowany przez norweskie towarzystwo klasyfikacyjne Det Norske Veritas (DNV) [3,4,8].
 4. COLWT przygotowany przez niemieckie towarzystwo klasyfikacyjne Germanischer Lloyd (GL) [4,5,9,10,11,12,13,14].
 5. COLLRISK będący własnością firmy brytyjskiej Anatec UK Ltd [4,15].
 6. DYMITRI opracowany przez firmę brytyjską British Maritime Technology (BMT) Ltd [4].

Poszczególne modele różnią się zastosowanymi wzorami oraz przyjętymi założeniami wstępnymi. W praktyce, najczęściej wykorzystywanymi wykonawcami analiz prawdopodobieństwa zderzenia statków z farmami wiatrowymi są Germanischer Lloyd (GL) i holenderski Morski Instytut Badawczy (MARIN - Maritime Research Institut). Wynika to z dużej liczby elektrowni wiatrowych instalowanych w krajach, w których mają one swoje siedziby. Firmy te wykonały, wspólnie z Duńskim Uniwersytetem Technicznym, studium częstotliwości kolizji z farmami wiatrowymi statków nieodpowiadających za swoje ruchy i w drodze. W studium porównano trzy modele szacowania prawdopodobieństwa kolizji opracowane przez Germanischer Lloyd, MARIN i Det Norske Veritas (DNV) [4]. W dalszej części referatu ograniczono się też do rozpatrzenia tych trzech modeli oznaczonych odpowiednio skrótami jako: GL, MARIN i DNV.

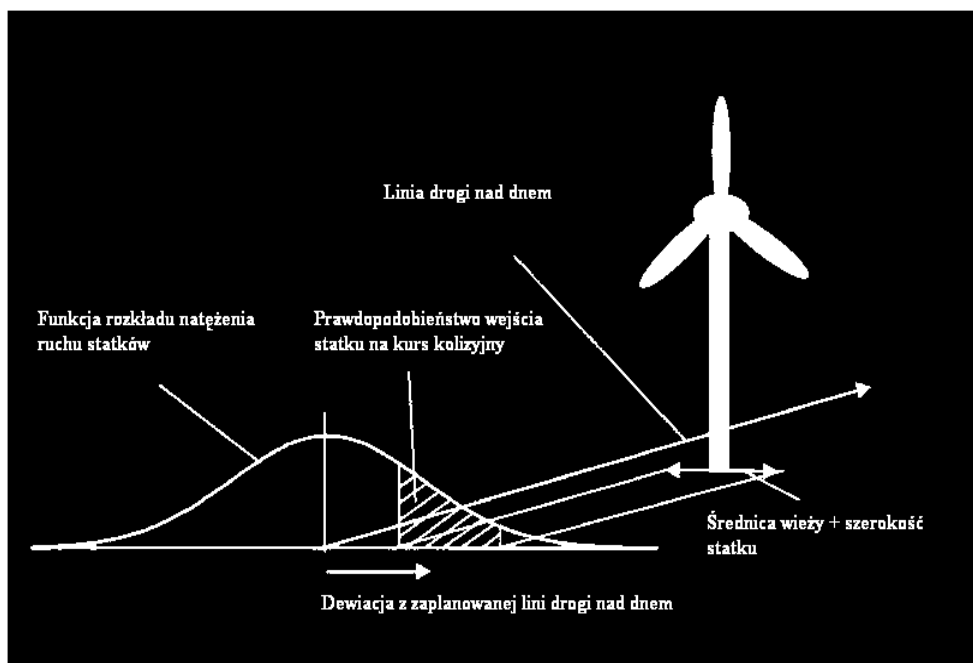
2.4. Modelowanie zderzenia z farmą wiatrową płynącego statku

Jak zaznaczono w poprzednim rozdziale, modele stosowane przez MARIN, GL i DNV, co do zasad są zbliżone. Modele GL i DNV szacują liczbę potencjalnych zderzeń i mnożą ją przez tak zwany współczynnik uwarunkowania, podczas gdy model MARIN szacuje liczbę możliwych kolizji i mnoży ją przez tak zwaną stopę błędu nawigacyjnego NER (Navigational Error Rate). Zasadnicza różnica pomiędzy modelami polega na innych założeniach przyjętych w celu określenia liczby potencjalnych zderzeń.

Przy szacowaniu prawdopodobieństwa kolizji statków poruszających się, bardzo ważne są założenia i szacunki dotyczące natężenia ruchu wokół farmy, w szczególności jego rozkładu w kierunku poprzecznym do osi toru wodnego (trasy przepływu lub pasa ruchu w systemie rozgraniczenia ruchu). Parametry te zależą w dużej mierze od rodzaju toru (pas ruchu w systemie rozgraniczenia ruchu, tor wodny z granicami oznaczonymi pławami, trasa przepływu z pławami wyznaczającymi jej środek, itp.). Wszystkie modele zakładają rozkład normalny natężenia ruchu w osi poprzecznej do kierunku toru, z tym, że GL i DNV dodają 2% rozkładu jednorodnego (o szerokości równej sześciokrotnej wartości odchylenia standardowego) w celu uwzględnienia statków niepłynących torem wodnym, tworząc w ten sposób splot rozkładu normalnego i jednorodnego. W metodzie MARIN ruch tych dwóch grup statków jest analizowany oddzielnie.

GL stosuje parametry odchylenia standardowego przedstawione w tabeli 1. Wartości te mogą ulegać zmianom ze względu na występowanie uwarunkowań lokalnych.

W metodzie MARIN rozkład poprzeczny natężenia ruchu jest dobierany w zależności od rodzaju trasy żeglugowej. Dla systemów rozgraniczenia ruchu dobiera się go zależnie od zaobserwowanego natężenia ruchu, dla szlaków nieuporządkowanych (tras przepływu nieoznakowanych systemem bocznym) stosuje się rozkład normalny z odchyleniem standardowym 1Mm.



Rys. 1. Ilustracja Gaussowskiego rozkładu natężenia ruchu statków w osi poprzecznej toru wodnego [6].

Tab. 1. Stosowane w metodzie GL odchylenia standardowe dla rozkładu normalnego natężeniu ruchu statków w kierunku poprzecznym do kierunku toru [4].

Rodzaj akwenu	Odchylenie standardowe dla rozkładu normalnego (m)
Wody podejściowe do portu	370 – 556
Wyraźnie widoczne punkty nawigacyjne	556 – 741
Strefy rozgraniczenia ruchu	926
Punkty drogi na trasach żeglugowych o dużej szerokości	926 – 1852
Punkty drogi na otwartych akwenach	3704

W metodach DNV i GL szerokość pasa, w którym może dojść do kolizji, przyjmuje się, jako sumę 1,2 krotności szerokości statku i szerokości elementu farmy wiatrowej w osi prostopadłej do kierunku żeglugi. Współczynnik 1,2 uwzględnia poprawkę na kąt dryfu statku równy 2° . Dla porównania, w metodzie MARIN stosuje pas ruchu o szerokości równej tylko szerokości statku. DNV i GL stosują tak zwany współczynnik uwarunkowania nie podjęcia akcji uniknięcia kolizji przez statek, który opisuje zarówno sytuację awarii technicznej jak i błąd ludzki. MARIN zamiast współczynnika uwarunkowania zastosował tak zwaną stopę błędu nawigacyjnego (NER), która jest określana empirycznie w oparciu o statystyki wypadków. Przykładowe wartości tego parametru są przedstawione w tabeli 2 [4].

Tab. 2. Wielkości parametru NER dla różnych przeszkód nawigacyjnych [4]

Typ przeszkody nawigacyjnej	Platforma	Wyspa	Turbina wiatrowa
NER	1	6	2,5

W poszczególnych metodach zastosowano różne sposoby podziału statków na typy i klasy, a więc trudno jest porównać wyniki analiz przeprowadzonych z ich wykorzystaniem. W [4] przedstawiono porównanie metod GL i MARIN w celu sprawdzenia ich wrażliwości na niedokładności danych wejściowych i przyjętych założeń. Porównanie wykazuje, że obliczenia GL są bardziej wrażliwe na błędy określenie środka trasy przepływu i odchylenia standardowego poprzecznego rozkładu natężenia ruchu na torze wodnym. Szczegóły tego porównania zostały przedstawione w tabelach 3 i 4 [4].

Tab. 3. Prawdopodobieństwo zderzenia statku z turbiną wiatrową [4]

Użyty model	Odległość przesunięcia linii środkowej trasy przepływu od elektrowni wiatrowej [m]			Wartość współczynnika, przez którą jest mnożone odchylenie standardowe			
	0	926	1852	1,00	0,75	0,5	0,25
GL	0,148	0,0481	0,0137	0,1418	0,0542	0,0049	$4,3 \times 10^{-08}$
MARIN	0,0060	0,0024	0,0009	0,0060	0,0040	0,0027	0,0019

Tab. 4. Współczynnik wrażliwości [4]

Użyty model	Odległość przesunięcia linii środkowej trasy przepływu od elektrowni wiatrowej [m]			Wartość współczynnika, przez którą jest mnożone odchylenie standardowe			
	0	926	1852	1,00	0,75	0,5	0,25
GL	1,0	0,339	0,096	1,0	0,382	0,035	$3,0 \times 10^{-07}$
MARIN	1,0	0,404	0,154	1,0	0,670	0,451	0,313

Aby oszacować wartości współczynników wymienionych w tabelach 3 i 4 stosuje się sieci bayessowskie lub drzewa zdarzeń.

Celem stosowania sieci Bayessowskich jest ograniczenie niepewności wynikającej z oszacowania przyjętych wartości współczynników oraz nieznanego wpływu na to oszacowanie danych z systemów AIS i monitorowania ruchu. Stworzona sieć została oparta

na sieci Bayesowskiej opracowanej w Duńskim Uniwersytecie Technicznym dla analizy kolizji statków. Założenia wejściowe, jakie przyjęto to prędkość statków równa:

- 7,7 m/s przy dobrej widzialności poziomej wynoszącej 30000 m w dzień i 20000 m w nocy,
- 3,85 m/s przy widzialności ograniczonej, poniżej 1852 m.

Założono ponadto, że obecność morskich elektrowni wiatrowych jest znana 95% załóg oraz, że wszyscy oficerowie wachtowi są świadomi tej obecności.

2.5. Modelowanie zderzenia z farmą wiatrową dryfującego statku

Bardzo podobne są też stosowane przez MARIN, GL i DNV modele kolizji dryfującego statku z wieżą turbiny wiatrowej. Przyjęto w nich takie same, niżej wymienione założenia:

- wiatr i fala działają w tym samym kierunku,
- na statek działają tylko: siła wiatru oraz uśrednione siły falowania i oporów ruchu generowanych przez podwodną część kadłuba,
- statek dryfuje tylko w kierunku poprzecznym do osi toru wodnego (trasy przepływu),
- prędkość i kierunek dryfu statku mają stałe wartości,
- nie jest uwzględniana bezwładność statku dryfującego,
- efektywną długością, na której dochodzi do zderzenia, jest suma długości statku i wymiarów elementu farmy wiatrowej w kierunku prostopadłym do kierunku dryfu.

Opisywane modele różnią się kilkoma istotnymi współczynnikami i parametrami dotyczącymi prędkości dryfu, możliwości awaryjnego rzucenia kotwicy, itp. Przyjęcie wielu różnych założeń wstępnych jest przyczyną możliwej niedokładności i różnic otrzymanych wyników.

Przykładowo można tu wymienić kwestię szacowania prawdopodobieństwa awarii silnika napędowego statku oraz możliwości usunięcia jej skutków. Statek z uszkodzonym silnikiem napędowym, jeżeli nie ma rozwiązań redundantnych, zacznie dryfować, z prędkością zależną od prędkości i kierunku wiatru, falowania i prądu oraz od wymiarów i stanu załadowania statku. Są cztery możliwości zatrzymania dryfu: dokonanie w odpowiednim czasie naprawy silnika napędowego, zakończony sukcesem manewr awaryjnego rzucenia kotwicy, osadzenie statku na mieliźnie i zatrzymanie dryfu przy pomocy holownika, o ile dotrze on na miejsce zdarzenia w odpowiednio krótkim czasie. Pozytywny efekt awaryjnego rzucenia kotwicy zależy od kilku parametrów: prędkości dryfu, głębokości i rodzaju dna morskiego oraz wielkości statku. Przyjęcie a priori zbyt dużej wartości prędkości dryfu skutkuje koniecznością skrócenia dopuszczalnego czasu naprawy silnika oraz zmniejsza szansę na udany manewr rzucenia kotwicy i możliwość skorzystania z asysty holownika ratowniczego, który ma mniej czasu na dotarcie z miejsca bazowania na miejsce zdarzenia.

Porównanie poszczególnych modeli jest też trudne ze względu na przyjęte w nich różne sposoby wyznaczenia prędkości dryfu statku. Wynika to z faktu, że bazują one na różnych danych statystycznych o różnych rodzajach awarii w różnych klasach statków, a także używają innych zależności dla określenia prędkości dryfu statku w funkcji działających na niego czynników hydrologiczno-meteorologicznych. W analizie porównawczej przedstawionej w [4] stwierdzono, że GL stosuje mniejsze wartości prędkości dryfu niż MARIN i jest to główną przyczyną różnic w obliczonych wynikach częstotliwości spodziewanych kolizji.

3. WNIOSKI

Podsumowując informacje przedstawione w referacie należy stwierdzić, że:

1. Przedstawione w referacie modele wykorzystywane w innych państwach stosują podobne wzory znane z teorii manewrowania statkiem i inżynierii ruchu morskiego.
2. Najważniejszymi przyczynami otrzymywania przy pomocy poszczególnych modeli różnych wartości bezpiecznej odległości między trasą przepływu statków (torem wodnym, pasem ruchu w systemie rozgraniczenia ruchu) i farmą elektrowni wiatrowych, są różne założenia wstępne i różne wartości prawdopodobieństw przyjęte w tych modelach, szczególnie przy uwzględnianiu możliwości zaistnienia awarii oraz wpływu czynnika ludzkiego i warunków hydrometeorologicznych.
3. W przypadku polskich obszarów morskich są dostępne wieloletnie dane statystyczne z systemu monitorowania wykorzystującego sieć brzegowych stacji AIS, a więc można stosować metody analizy statystycznej i ilościowego szacowania zagrożeń.
4. Największym problemem w szacowaniu prawdopodobieństwa kolizji statków z farmami wiatrowymi w polskich obszarach morskich są:
 - brak jakichkolwiek opracowań statystycznych dotyczących awarii statków i wpływu czynnika ludzkiego na bezpieczeństwo żeglugi na tym akwenie,
 - brak opracowań na temat możliwości stosowania do analizy bezpieczeństwa żeglugi w polskich obszarach morskich, współczynników i poziomów prawdopodobieństwa określonych przez holenderski Morski Instytut Badawczy (MARIN) oraz towarzystwa klasyfikacyjne Germanischer Lloyd (GL) i Det Norske Veritas (DNV) dla innych akwenów, przede wszystkim dla Morza Północnego.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Gunfleet Sands Wind Farm. Collision Risk Assessment. Report prepared by Safetec UK Ltd for Enron Wind Gunfleet Ltd. Main report, Doc. No.: 20-268-2550-1471 Rev 01, 2002.
- [2] Haugen, S.: An overview over ship-platform collision risk modelling. In: Risk and Reliability in Marine Technology, Rotterdam, Brookfield, C. Guedes Soares, A.A. Balkema 1998.
- [3] Spouge, J.: A Guide To Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations. Publication 99/100, The Centre for Marine and Petroleum Technology (CMPT), 1999.
- [4] Reduction of Ship Collision Risks for Offshore Wind Farms. Collision Frequencies. Deliverable No. 6; Version 2.0, Germanischer Lloyd AG, Maritime Research Institute Netherlands MARIN, Technical University of Denmark (section Maritime Engineering), 2005.
- [5] Reduction of Ship Collision Risks for Offshore Wind Farms. State of the Art of Risk Models. Deliverable No. 5; Version 1, Germanischer Lloyd AG, Germanischer Lloyd Wind Energy GmbH, Maritime Research Institute Netherlands MARIN, 2006.
- [6] Van der Tak, C.: Comparison of different collision frequency models. Seminar: Maritime Safety of Offshore Wind Farms, Wageningen, MARIN 2005.
- [7] Van der Tak, C., Rudolph, D.: Gutachten zur verkehrlichen Eignung von Seegebieten für die Errichtung von Windenergieparks in der Ostsee, Bericht Nr. 18761.620/4, Wageningen, MARIN 2003.

-
- [8] Christensen, C.F.: Navigational Risk Assessment Rødsand 2 Wind Farm. Prepared for Dong Energy. Report No. 64402600- REP – 01, Revision No. 2, Oslo, Det Norske Veritas (DNV) 2007.
 - [9] Richtlinie zur Erstellung von technischen Risikoanalysen für Offshore-Windparks. Selbstverlag des Germanischer Lloyd, Hamburg, Germanischer Lloyd 2002.
 - [10] Neuhaus, S., Thrun H.: Technical Risk Analysis Offshore Wind Energy Park Thornton Bank, Report No. GL O-03-291 Rev. 1, Hamburg, Germanischer Lloyd 2003.
 - [11] Otto, S.: Offshore-Windpark Kriegers Flak. 2. Ergänzung zur Risikoanalyse. Bericht Nr. ERD2004.155, Version 1, Hamburg, Germanischer Lloyd 2004.
 - [12] Otto, S., Petersen U.: Offshore-Windpark Kriegers Flak. Technische Risikoanalyse. Bericht Nr ERI 2003.54, Version 2, Hamburg, Germanischer Lloyd 2003.
 - [13] Povel, D., Otto, S. Petersen U.: Offshore-Windpark Kriegers Flak. Ergänzende Risikoanalyse - Zusatzbetrachtungen, risikomindernde Maßnahmen. Bericht Nr. ERD2004.032, Version 1/2004, Hamburg, Germanischer Lloyd 2004.
 - [14] Povel, D., Petersen, U.: Offshore Wind Farm Kriegers Flak II Sweden. Collision Risk Analysis Results Summary. Report No. ERD 2004.182, Version 2.2, Hamburg, Germanischer Lloyd 2004.
 - [15] Burbo Bank Offshore Wind Farm – Navigation, Risk Assessment. Report prepared by Anatec UK Limited on behalf of SeaScape Energy Ltd. Ref. A1070-SS-CR-1, Anatec UK Limited 2002.