

Jerzy Herdzik

## Zagrożenia dla żeglugi od morskich farm wiatrowych

JEL: R41. DOI: 10.24136/atest.2018.334.

Data zgłoszenia: 04.07.2018. Data akceptacji: 01.08.2018.

W artykule omówiono problematykę posadowienia farm wiatrowych w kontekście stwarzania zagrożeń dla żeglugi i rybołówstwa. Obecność farm wiatrowych na morzu tworzy obszar w formie wyznaczonego pola oraz wraz z konieczną strefą ochronną ogranicza dostęp do tego obszaru również dla turystyki rekreacyjnej czy sportów wodnych.

Stanowiąc nową, sztuczną przeszkodę wodną, mimo jej budowy poza tradycyjnymi szlakami wodnymi (torami wodnymi), stwarza szereg zagrożeń. Wyróżniono zagrożenia bezpośrednie i dodatkowe, wskazujące, że kolizje statków z infrastrukturą farm wiatrowych są możliwe. Prowadzi się badania naukowe szacujące ryzyko wypadkowe na wybranych akwenach morskich między statkami a sztucznymi przeszkodami wodnymi.

Omówiono zagrożenia wypadkowe podczas eksploatacji turbin wiatrowych z danymi statystycznymi trzech państw europejskich. Przy posadowieniu pól farm wiatrowych z dala od szlaków żeglugowych oraz obecnym wyposażeniu technicznym statków możliwe jest zmniejszenie ryzyka powstania niebezpiecznych sytuacji pomiędzy tymi obiektami lub zmniejszenie skutków kolizji lub podobnych zdarzeń. Niewątpliwie obecność na morzu farm wiatrowych pogarsza bezpieczeństwo żeglugi, ogranicza dostęp do niektórych obszarów, jednak posadowienie farm wiatrowych na morzu jest rozwiązaniem kompromisowym (powoduje mniejszy opór społeczny), pozwalającym na rozwój energetyki wiatrowej.

**Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo, eksploatacja turbin wiatrowych, zagrożenia dla żeglugi.

### Wstęp

Wiele zalet przymawia za budową farm wiatrowych posadowionych na morzu [26, 1, 28, 4, 25, 20]. Wymaga to jednak budowy dodatkowej infrastruktury, w tym linii przesyłu energii na ląd. Konieczna jest również budowa statków stawiających turbiny wiatrowe, a następnie umożliwiających ich dozór techniczny (w tym celu najczęściej możliwe jest lądowanie helikoptera na gondoli wieży), remonty i późniejszy ich demontaż [4, 5, 18].

Farma wiatrowa ogranicza możliwości żeglugi i rybołówstwa wokół niej. Już na etapie planowania inwestycji winno uwzględnić się zagrożenia dla szeroko rozumianego kryterium bezpieczeństwa żeglugi. Zasadniczo obszar farmy wiatrowej winien być wyłączony z żeglugi, co uzasadnia lokalizację poza trasami i torami żeglugowymi [17, 6]. Ze względów ekonomicznych farmy buduje się na wodach przybrzeżnych (szelfowych), co powoduje, że są one widoczne z lądu, w tym z plaż. Nie uważa się tego za urozmaicenie krajobrazu, a raczej za pogorszenie walorów turystycznych.

### 1. Usytuowanie farmy wiatrowej a bezpieczeństwo nawigacji

Na etapie prac projektowych należy uwzględnić następujące aspekty [6, 14, 2]:

- ♦ lokalizacja pól pod farmy wiatrowe nie może ograniczać żeglugi przybrzeżnej, a szczególnie pełnomorskiej;
- ♦ lokalizacja nie może ograniczać dostępu do portów, szczególnie morskich;

- ♦ niedopuszczalne jest lokalizowanie farm wiatrowych w strefach objętych ochroną lub innymi ograniczeniami (np. morskie poligony wojskowe, strefy ochronne innych budowli hydrotechnicznych, wraki, składowiska zatopionej amunicji itp.);

- ♦ farma wiatrowa nie może pogarszać stanu istniejącego oznakowania nawigacyjnego. Ponadto winna być właściwie oznakowana wg zaleceń i wymagań przepisów międzynarodowych.

Zmiana poziomu bezpieczeństwa żeglugi i nawigacji po zbudowaniu farmy wiatrowej w porównaniu ze stanem wcześniejszym powinna być jak najmniejsza.

Pola wyznaczone pod budowę farm wiatrowych zostają wyłączone z normalnej żeglugi i rybołówstwa (są akwenami zamkniętymi). Dostęp do nich mają statki, które je stawiają, remontują, naprawiają oraz demontują na koniec okresu eksploatacji.

Dostęp do turbiny wiatrowej jest często możliwy drogą lotniczą (helikopter) poprzez przygotowanie lądowiska na gondoli wieży turbiny.

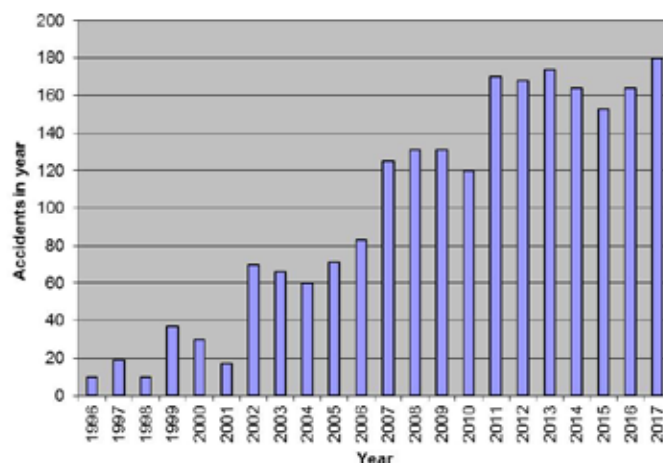
Zgodę na budowę farmy wiatrowej posadowionej na morzu wydaje administracja państwa, na terenie którego wód, znajduje się lokalizacja farmy. W przypadku Rzeczypospolitej Polskiej jest to odpowiedni dla lokalizacji Urząd Morski, który winien przed wydaniem zgody, zweryfikować wnioski.

### 2. Wypadki na farmach wiatrowych

Wypadki w czasie budowy, prac remontowo-naprawczych zdarzają się również na farmach wiatrowych. W latach 2005-2010 na farmach nadzorowanych przez Wielką Brytanię zdarzyło się ponad 1 500 wypadków, obrażeń doznało ponad 300 ludzi.

W eksploatacji znajduje się 267 lądowych farm wiatrowych o mocy nominalnej 3,848 GW oraz 13 morskich o mocy 1,341 GW [24]. W trakcie budowy znajduje się 220 lądowych (moc 4,756 GW) i 11 morskich (moc 3,75 GW). W 2020 roku oczekuje się, że Wielka Brytania pozyska 30% energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, głównie z turbin wiatrowych [24].

Firma Health and Safety Executive (HSE) zbiera informacje o zdarzeniach wypadkowych na farmach wiatrowych, dokonuje ich analizy, następnie ocenę ryzyka wykonywania określonych prac na turbinach wiatrowych oraz proponuje rozwiązania mające na celu zmniejszenia



Rys. 1. Liczba zdarzeń wypadkowych rocznie na farmach wiatrowych zlokalizowanych w Europie [11]



**Fot. 1.** Uszkodzone skrzydło (łopata) turbiny wiatrowej [24]



**Fot. 2.** Uszkodzenia kadłuba turbiny wiatrowej spowodowane uderzeniem pioruna [24]

zagrożenia wypadkowego. Liczbę wypadków na farmach wiatrowych zlokalizowanych w Europie przedstawiono na rys. 1. W ostatnich latach (2011-2017) osiągnęła ona poziom około 170 zdarzeń rocznie i uległa pewnej stabilizacji.

### 3. Awarie farm wiatrowych

Poważne awarie, mimo systemów zabezpieczających, skutkujące zniszczeniem turbiny wiatrowej zdarzają się. Ze względu na spektakularność takiego zdarzenia oraz dostępność urządzeń nagrywających można takie przypadki obejrzeć korzystając z Internetu i filmów na witrynie np. [www.youtube.com](http://www.youtube.com).

Bardzo poważnym zagrożeniem są burze i uderzenia piorunów, szczególnie w łopaty wiatraka. Może skutkować osłabieniem konstrukcji, a w konsekwencji złamaniem. Uderzenie pioruna może być bezpośrednią przyczyną zadziałania zabezpieczeń w turbinie, jej awaryjnego wyłączenia z sieci energetycznej, ale również pożaru [29].

Uszkodzenie mechaniczne łopaty skutkuje zmianą masy powodując niewyważenie elementów wirujących, którego nie można skompensować automatycznie. Powoduje to podwyższenie poziomu drgań całej konstrukcji prowadząc nawet do całkowitego zniszczenia obiektu (kolapsu) [31].

Podstawowe parametry rotora (wirnika) turbin wiatrowych z zakresu mocy 2–5 MW przedstawiono w tab. 1. Wraz ze wzrostem mocy zwiększa się długość łopaty rotora, a szczególnie jego masa.

Niezablokowanie wirnika turbiny w czasie postoju, awaryjne wyłączenie turbiny z sieci elektroenergetycznej (gwałtowne zmniejszenie obciążenia), nieprawidłowe ustawienie łopaty itp. mogą skutkować przekroczeniem prędkości obrotowej nadmierowej (110% prędkości nominalnej), która winny wyłączyć turbinę i zablokować wirnik. W przypadku niesprawności może prowadzić do dalszego wzrostu prędkości obrotowej łopat turbiny, przekroczeniem wytrzymałości mechanicznej np. mocowania łopat i doprowadzić do kompletnego zniszczenia całego obiektu [30].

Mniej spektakularne zdarzenia skutkujące niesprawnościami i/lub uszkodzeniami elementów turbiny wiatrowej przedstawiono w tab.2.

Zauważyć można istotne różnice w przedstawionym prawdopodobieństwie wystąpienia niesprawności/awarii. Wpływ na to może mieć wiele czynników jak: liczba eksploatowanych turbin, wiek turbin (czas eksploatacji), miejsce posadowienia turbin, typ turbin, producent (firma) a nawet metodologia prowadzonych badań.

Wniosek z tab. 1, że turbiny niemieckie są 5–6-krotnie bardziej awaryjne, a w systemach automatyki siedmiokrotnie od szwedzkich jest zapewne nieprawdziwy. Dane zawarte w tab. 1 dają jednak pogląd na częstość występowania niesprawności, a zarazem na liczbę koniecznych interwencji serwisowych.

## 4. Zagrożenia dla żeglugi od morskich farm wiatrowych

### 4.1. Zagrożenia bezpośrednie

Pola elektrowni wiatrowych są zamknięte ze względów bezpieczeństwa dla normalnej żeglugi i rybołówstwa (wyjątek stanowią statki zajmujące się budową, eksploatacją, serwisem, konserwacją i demontażem obiektów i urządzeń elektrowni).

Oznacza to, że nie powinny wystąpić bezpośrednie zagrożenia związane z żeglugą [8]. Sytuacja nie jest jednak tak jednoznaczna. Mimo tworzenia stref ochronnych wokół farm wiatrowych na szerokość od 500 do 2000 m (na wybrzeżu polskim proponuje się szerokość 5 mil morskich tj. ok. 9,25 km), można wyróżnić zagrożenia związane z niezachowaniem zakazu ruchu statków w strefie lub przez strefę ochronną. Potencjalnie możliwe są sytuacje, w których statki znajdują się w strefie ochronnej lub w obszarze pola elektrowni wiatrowych [12, 14, 3, 21]. Związane może to być:

- ♦ z niezachowaniem ostrożności żeglugi, niezamierzone wejście spowodowane błędem nawigacji, złym oznakowaniem farmy itp. skutkujące kolizją statku z infrastrukturą farmy;

**Tab. 1.** Parametry rotora turbin wiatrowych o mocy 2–5 MW [24]

Moc turbiny [MW]	Średnica rotora [m]	Długość łopaty [m]	Masa łopaty [kg]
2	70	34	5 720
2	82	40	6 290
2	92,5	45,2	8 100
2,5	80	38,8	8 700
2,5	90	43,8	10 400
3	100	48,7	10 700
3	109	53,2	11 955
5	126	61,5	18 841

**Tab. 2.** Prawdopodobieństwo wystąpienia wybranych niesprawności i/lub awarii elementów turbiny wiatrowej w ciągu roku [24]

	Wg danych szwedzkich	Wg danych niemieckich (2 źródła)	Wg danych fińskich
System obrotu turbiny na kierunek wiatru	0,026	0,13–0,18	0,10
Awaria systemu hydrauliki	0,061	0,21–0,23	0,36
Uszkodzenie mechanizmu hamulca	0,005	0,10–0,13	0,04
Niesprawność przekładni	0,045	0,10–0,12	0,15
W systemach automatyki	0,050	0,26–0,41	0,10
W systemach elektrycznych	0,067	0,49–0,55	0,11
Łopaty, skok łopat	0,052	0,17–0,22	0,20
Prądnica	0,021	0,05–0,1	0,08
Łącznie na jedną turbinę	0,4	1,9–2,4	1,4



**Fot. 3.** Pożar na statku Maersk Honam w dniu 06.03.2018 na Morzu Arabskim (Ocean Indyjski) [zdjęcie: Indian Coast Guard]

- ♦ z celowym wejściem związanym z rybołówstwem, żegluga sportowa czy rekreacyjną;
- ♦ ze skrajnych warunków atmosferycznych, silnego falowania, wiatru i pływów, które uniemożliwiły bezpieczne ominięcie farmy z jej strefą ochronną;
- ♦ ze stanami awaryjnymi statków (utrata napędu, awaria maszyny sterowej itp.), w wyniku których naruszono zakaz żeglugi w rozpatrywanym obszarze;
- ♦ z błędu ludzkiego wynikającego z różnych przyczyn;
- ♦ na skutek uszkodzeń urządzeń technicznych rzutujących bezpośrednio na bezpieczeństwo żeglugi.

Poważnym zagrożeniem dla statku, załogi i środowiska morskiego są pożary na statkach. Mimo zainstalowanych systemów wykrywających pożar na statku oraz systemów gaszenia pożaru, okazuje się, że dochodziło wielokrotnie do rozwoju pożaru uniemożliwiającego jego ugaszenie. Porzucony przez załogę statek stanowi poważne zagrożenie dla otoczenia: środowiska i infrastruktury.

Przykład pożaru dużego kontenerowca Maersk Honam przedstawiono na fot. 3.

Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku poważnych kolizji statków, która unieruchamia je, powoduje niekontrolowany znos lub dryf zagrażający ruchowi innych statków i środowisku.

W obszar strefy ochronnej i farmy wiatrowej mogą wpływać statki obsługi technicznej turbin wiatrowych. W zależności od rodzaju wykonywanych prac mogą to być statki różnego przeznaczenia (nie zbudowano dotychczas uniwersalnego statku do obsługi farm). Wymaga się od nich zdolności do wysokiej jakości manewrowania i pozycjonowania. Są to statki z systemami dynamicznego pozycjonowania klasy DP2 lub DP3 [7] posiadające potwierdzenia ich możliwości. Dzięki urządzeniom nawigacyjnym statku współpracującym z systemami satelitarnymi określającymi pozycję (GPS, Galileo, Glonass, Beidou, Doris) znając położenie środka ciężkości statku i zorientowania kadłuba (wg stron świata) oraz posiadany układ manewrowania, możliwe jest utrzymywanie pozycji statku z dokładnością lepszą od 10 m, w najlepszych systemach do około 0,1 m.

## 4.2. Zagrożenia dodatkowe

Prowadzone są badania naukowe [27, 28] mające na celu określenie (oszacowanie) ryzyka kolizji statku z infrastrukturą farm wiatrowych oraz zdarzeń wypadkowych. Dotyczą one wybranych akwenów, ale przyjęta metodyka prowadzonych badań wraz z możliwą ich weryfikacją, pozwoli na przeprowadzenie oszacowań na pozostałych (wykorzystywanych przez energetykę wiatrową) obszarach morza [6].

Metody szacowania ryzyka są zróżnicowane. Zależą m.in. od typu i charakteru inwestycji.

W większości z nich ryzyko definiowane jest jako iloczyn parametrów: prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego i skutków takiego zdarzenia.

Jako zagrożenia dodatkowe, które mogą wystąpić wspólnie z zaistnieniem zagrożeń bezpośrednich, można wymienić:

- ♦ śmierć lub trwałe kalectwo ludzi;
- ♦ zranienia, uszkodzenia ciała niepowodujące trwałego kalectwa;
- ♦ koszty leczenia, odszkodowań za wypadek w pracy itp.;
- ♦ straty wynikające z utraty ładunku lub jego części;
- ♦ straty wynikające z usunięcia bezpośrednich skutków wypadku;
- ♦ koszty przeprowadzenia akcji ratowniczej;
- ♦ koszty usunięcia zanieczyszczeń wokół statku powstałe w wyniku przecieków, zanieczyszczenia środowiska itp.;
- ♦ straty wynikające z czasowego wyłączenia statku i/lub elektrowni wiatrowej z eksploatacji na skutek uszkodzeń do czasu ich usunięcia [15];
- ♦ utrata reputacji (zmniejszenie szans na realizację następnych kontraktów);
- ♦ wzrost stawek ubezpieczeniowych [27] itp.

W Polsce brak jest norm prawnych dotyczących akceptowalnego ryzyka. W razie potrzeby wykorzystuje się opracowania innych krajów.

## 5. Ograniczenia parametrów pracy farm wiatrowych posadowionych na morzu

### 5.1. Powody ograniczeń parametrów

Wzrost mocy turbin wiatrowych uzyskuje się głównie poprzez zwiększenie średnicy rotora. Powoduje to wzrost długości łopaty i ich masy (tab. 1). Zwiększając pole przekroju oddziaływania wiatru na łopaty rotora można uzyskać wzrost mocy uzyskiwanej z jednej turbiny. Moc nominalną turbiny określa się przy prędkości wiatru ok. 15 m/s dobierając odpowiedni skok łopaty rotora. Turbinę włącza się po przekroczeniu prędkości wiatru 3-4 m/s, natomiast blokuje się ją i wyłącza, kiedy prędkość wiatru przekracza 23-25 m/s [24]. Przy prędkości wiatru w zakresie 15-25 m/s możliwy jest wzrost mocy turbiny powyżej nominalnej. Rotor w czasie pracy obraca się w pewnym dobranym zakresie prędkości obrotowej np. dla turbiny Vestas V80-2,0MW jest to 9-19 obr./min. Wzrost mocy turbiny powoduje zmniejszenie jej nominalnej prędkości obrotowej. Wzrost mocy uzyskiwany poprzez zwiększenie długości łopat skutkuje koniecznością zmniejszenia prędkości obrotowej, aby utrzymać w wymaganych granicach siły odśrodkowe działające na łopaty i ich mocowanie w wale rotora. Przykładowo dla turbiny Vestas V112-3,0MW zakres stosowanych prędkości obrotowych zmniejsza się do przedziału 4,4-17,7 obr./min.

Istotnym problemem do rozwiązania jest optymalne wykorzystanie obszaru morza przeznaczonego pod farmę [17, 22]. Obecność turbiny wiatrowej generuje obszar cienia oraz dodatkowych zawirowań powietrza wywołanych ruchem łopat, dlatego należy zachować wymagany określony odstęp między turbinami oraz odpowiednio je rozstawić, aby wzajemnie się nie zakłócały. Mimo przeważających wiatrów z niektórych kierunków (np. w Polsce dominują wiatry z kierunków zachodnich) turbina dzięki możliwości obrotu górnej części wraz z rotorem i łopatami może wykorzystywać wiejący wiatr dookoła [16]. Podczas postoju turbiny ustawia się ją tak, aby oddziaływanie wiatru na konstrukcję turbiny było jak najmniejsze.

### 5.2. Zagrożenia w przypadku awaryjnych uszkodzeń turbin wiatrowych

Przykłady możliwych awarii turbin wiatrowych omówiono powyżej w punkcie 3. Wskazują one na możliwe częściowe lub całkowite zniszczenie konstrukcji turbiny wiatrowej. Są one groźne dla samej turbiny oraz otoczenia. Ze względu na wysokość turbiny wiatrowej nad poziom gruntu lub morza (rzędu 100-300 m), w przypadku rozpadającej się



konstrukcji mogą stwarzać zagrożenia na możliwym do określenia obszarze, biorąc pod uwagę wielkość elementów (masę), możliwą prędkość początkową, kąt upadku, kierunek i siłę wiatru itp. W przypadku rozpadu turbiny z obracającym się rotorem, promień rażenia elementami konstrukcji turbiny wiatrowej osiąga wartość 50-300 m [24]. Po upadku elementów turbiny do morza część elementów zatonie, niektóre będą pływać na powierzchni, a jeszcze inne być może przemieszczać się będąc w zanurzeniu. Powstaje problem dalszych zagrożeń stwarzanych przez te elementy, które mogą się w sposób niekontrolowany przemieszczać. Należy rozważyć możliwość powstania zagrożenia dla żeglugi poza polem farmy wraz z jej strefą ochronną. Pola farm wiatrowych posadowionych na morzu są pod nadzorem kamer. Sama turbina wiatrowa ma szereg zabezpieczeń mających na celu zabezpieczenie jej w sytuacjach niesprawności i awaryjnych. Pozwala to na szybkie wykrycie zdarzeń potencjalnie niebezpiecznych i odpowiednią reakcją na takie zdarzenie wraz z powiadomieniem administracji mającej w nadzorze rozpatrywany obszar morza [19, 23, 13, 22].

## 6. Sposoby poprawy sytuacji mających zmniejszyć zagrożenia wypadkowe na morzu

Podjmuje się wiele działań mających na celu zmniejszenie liczby zdarzeń wypadkowych w transporcie morskim. Przepisy, wymagania i regulacje wprowadza m.in. Międzynarodowa Organizacja Morska (IMO). Były to m.in.:

- ♦ w 1972 roku wprowadzono przepisy „Międzynarodowe regulacje zapobiegania kolizjom na morzu” (COLREGS);
- ♦ w 1973 roku przygotowano „Międzynarodową konwencję o zapobieganiu zanieczyszczeniom ze statków” (MARPOL 73/78);
- ♦ w 1978 roku „Międzynarodową konwencję o wymaganiach w zakresie wyszkolenia marynarzy, wydawania świadectw i pełnienia wacht” (STCW 78/95/2010);
- ♦ w 1993 roku przygotowano „Międzynarodowy kodeks zarządzania bezpieczną eksploatacją statku” (ISM code), który wszedł w życie zasadniczo w 2001 roku;
- ♦ w 1994 roku stał się dostępny światowy system określania pozycji, w tym statków na morzu (*Global Positioning System* – GPS);
- ♦ w 1999 roku wprowadzono światowy system bezpieczeństwa i alarmowania dla statków (GMDSS);
- ♦ w 2000 roku do konwencji ratowania życia na morzu (SOLAS 1974) wprowadzono regulacje dotyczące zapisu danych z podróży (*Voyage Data Recorders*) lub czarnych skrzynek (*Black Box*);
- ♦ w 2004 roku wprowadzono wymagania posiadania na statku systemu identyfikacji (*Automatic Identification System* - AIS);
- ♦ w 2012 roku jako obligatoryjny stał się system mapy elektronicznej (ECDIS);

20 sierpnia 2013 roku weszła w życie Konwencja o pracy na morzu (*Maritime Labour Convention* – MLC Convention).

Przepisy i regulacje starają się nadażyć za zwiększającym się ruchem statków na morzu w celu zachowania bezpieczeństwa transportu drogą morską.

Pozostaje problem liczby wypadków poważnych w stosunku do liczby zgłoszonych. Jednym z powodów jest konieczność zgłaszania m.in. zdarzeń potencjalnie wypadkowych (ang. near miss report) lub tzw. niezgodności w procedurach (ang. non conformity report). Wynika to Systemu Zarządzania Bezpieczną Eksploatacją Statku (ang. *Safety Management System* – SMS), który nakłada obowiązek na każdego armatora wprowadzenia w firmie i na wszystkich eksploatowanych statkach Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem.

Po uwzględnieniu podziału raportowanych zdarzeń na 3 grupy: wypadki bardzo poważne, wypadki poważne i wypadki mniej istotne, w tym zdarzenia uzyskuje się często różne ich proporcje, w zależno-

ści od metodologii prowadzonej analizy. Wszystkie zdarzenia niebezpieczne w eksploatacji statku, w których potencjalnie mogło dojść do wypadku lub katastrofy, powinny być raportowane do specjalnych baz danych. W ramach Porozumienia Paryskiego (*Paris Memorandum of Understanding on Port State Control*) niebezpieczne zdarzenia winny być zgłaszane do bazy o nazwie „Thetis”.

Podjmuje się działania mające znaleźć metody, które zmniejszą ryzyko kolizji statków. Jedną z nich jest zobrazowanie na mapie elektronicznej położenia statku (nie tylko jego punktu ciężkości, ale także rozmiarów, kształtu kadłuba i jego zorientowania) i innych obiektów znajdujących się w pobliżu wraz z dynamiką ruchu obiektów. Pozwala to na analizę i predykcję, jaka może być sytuacja położenia statku w najbliższej przyszłości. Dzięki temu mamy pewne szanse na podjęcie działań, które pozwolą na uniknięcie niebezpiecznych sytuacji lub zmniejszenie skutków kolizji.

Pożar w części ładunkowej statku kontenerowca Maersk Honam przedstawiony na fot. 3 miał poważne skutki finansowe. Zdolność przewozowa statku wynosiła 15282 TEU, miał na burcie 7 860 kontenerów. Zbudowany został w 2017 roku. Statek był nowy (poniżej roku eksploatacji) w okresie gwarancyjnym. Pływał pod banderą Singapuru. Miał na burcie 27 członków załogi: 13 z Indii, 9 z Filipin, 1 z Rumunii, 1 z Republiki Południowej Afryki, 2 z Tajlandii i 1 z Wielkiej Brytanii. Uratowano 23 członków załogi, 4 uznaje się za zaginionych. Mimo współczesnej zaawansowanej techniki zdarzenia wypadkowe na morzu mają dalej miejsce. Jedną z istotnych przyczyn tego wypadku branych pod uwagę jest ograniczona liczebnie załoga, składająca się z marynarzy pochodzących z wielu krajów.

Zauważono serię zdarzeń wypadkowych dużych kontenerowców od sierpnia 2017 do kwietnia 2018 roku:

- ♦ 22 sierpnia 2017 r. na Morzu Irlandzkim pożar na Maersk Pembroke;
- ♦ 13 października 2017 r. doszło do kolizji Maersk Enshi ze statkiem rybackim – 6 rybaków uznano za zaginionych;
- ♦ 30 listopada 2017 r. w Noworosyjsku Maersk Bogor uderzył w nabrzeże;
- ♦ 2 stycznia 2018 r. w Aleksandrii (na wejściu w Kanał Sueski) Maersk Norfolk wszedł na mieliznę;
- ♦ 6 stycznia 2018 r. Maersk Suzhou zgubił kilka kontenerów na Północnym Atlantyku;
- ♦ 2 marca 2018 r. Maersk Aras awaryjnie zawrócił do portu Manzanillo;
- ♦ 4 marca 2018 r. Sofie Maersk utracił zdolności napędowe na Północnym Atlantyku i dryfował około 2 tygodni;
- ♦ 6 marca 2018 r. Maersk Shanghai w ciężkich warunkach sztormowych utracił część kontenerów.

Podstawowymi metodami mającymi długoterminowy wpływ na poprawę bezpieczeństwa morskiego są:

- ♦ regulacje prawne;
- ♦ wprowadzanie nowych bezpiecznych technologii;
- ♦ standardy w projektowaniu i wyposażaniu statków;
- ♦ przeglądy zdarzeń wypadkowych i wnioski z nich płynące;
- ♦ kultura i bezpieczeństwo pracy (w tym zachowywanie norm czasu pracy);
- ♦ podnoszenie wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy (BiHP);
- ♦ ćwiczenia i szkolenia załóg statków.

Pozostają działania dające efekty krótkoterminowe (doraźne), ale ważne z punktu widzenia bezpieczeństwa jako całości. Są to m.in. używanie tylko atestowanych narzędzi, stosowanie odpowiednich części zamiennych i materiałów, porządek i czystość w miejscu pracy, odpowiednie ubrania robocze, stosowanie odpowiednich rękawic ochronnych, ochronników słuchu i oczu, ubrań ochronnych.

## Zakończenie

Zapewnienie bezpiecznej żeglugi wymaga wielu działań legislacyjnych, budowy odpowiedniego oznakowania nawigacyjnego, planowania usytuowania szlaków żeglugowych, torów rozgraniczających ruch statków itp. Obecność farm wiatrowych wyłącza określone obszary morskie z ruchu statków, a zarazem stwarza bezpośrednie zagrożenia kolizyjne lub pośrednie poprzez oddziaływanie na środowisko.

Zachowywanie bezpieczeństwa żeglugi (w tym dla innych działań na morzu) przynosi wiele korzyści: zmniejsza zagrożenie życia i zdrowia ludzi, zmniejsza wypadkowość, obniża koszty eksploatacji statku, obniża kwoty ubezpieczeń i reasekuracji itp. W efekcie może prowadzić do obniżenia kosztów transportu morskiego.

Farmy wiatrowe posadowione na morzu stają się częścią krajobrazu. Należy się do tego przyzwyczaić, jako konieczny element ludzkiej działalności mającej zapewnić dostęp do czystej i taniej energii.

## Bibliografia:

1. *A Guide to an Offshore Wind Farm*, Published on a behalf of The Crown Estate, 2015.
2. Biniek P., *Perspektywy rozwoju sektora offshore w Polsce na przykładzie morskiej energetyki wiatrowej – wybrane problemy sektora transportu*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, 2017, 20(3), 44-52, DOI 10.4467/2543859XPKG.17.015.7489.
3. Copping A., i in., *Likelihood of a marine vessel accident from wind energy development in the Atlantic*, Wind Energy 2016, DOI: 10.1002/we.1935
4. *Creating the Clean Energy Economy. Analysis of the Offshore Wind Energy Industry*, International Economic Development Council, 2013.
5. *Danish Experiences from Offshore Wind Development*, Danish Energy Agency, 2017.
6. Gućma L., Materac M., *Wpływ lokalizacji na bezpieczeństwo żeglugi*, [www.cire.pl/publikacje/bezseg.pdf](http://www.cire.pl/publikacje/bezseg.pdf) (dostęp: 12 czerwca 2018).
7. Herdżik J., *Metody poprawy bezpieczeństwa eksploatacji okrętowych układów napędowych w systemach dynamicznego pozycjonowania statków*, monografia, Wydawnictwo Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu, nr 199, Radom 2016.
8. Herdżik J., *Wybrane zagrożenia od farm wiatrowych posadowionych na morzu*, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2018, nr 7–8.
9. Herdżik J., *Zdarzenia wypadkowe na morzu i ich główne przyczyny*, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2016, nr 10.
10. <http://psew.pl/wp-content/uploads/2017/06/Stan-energetyki-wiatrowej-w-Polsce-w-2016-r.pdf> (dostęp: 12 czerwca 2018).
11. <http://www.calthnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm> (dostęp: 18 czerwca 2018).
12. <https://wysokienapiecie.pl/10379-morskie-farmy-wiatrowe-planowane-na-baltyku/> (dostęp: 21 maja 2018).
13. Jurkiewicz J., *Oddziaływanie farm wiatrowych na środowisko naturalne i zdrowie człowieka*, opracowanie internetowe, 2012.
14. Królikowski A., Stupak T., Wawruch R., *Zasady oceny ryzyka stwarzanego przez farmy elektrowni wiatrowych na morzu*, <https://www.czasopismologistyka.pl/artykuly-naukowe/send/-/2212> (dostęp: 12 czerwca 2018).
15. Mazur M., Sobczak B., *Zachowanie się farm wiatrowych w warunkach zagrożenia blackoutem*, Instytut Energetyki, Jednostka Badawczo-Rozwojowa, Gdańsk, 2007.
16. *Morska farma wiatrowa Bałtyk Środkowy III*, Raport o oddziaływaniu na środowisko, t. VI, Grupa Doradcza SMDI, 2015.
17. [morskiefarmywiatrowe.pl](http://morskiefarmywiatrowe.pl) (dostęp: 21 maja 2018).
18. *Offshore Wind Energy*, Environmental and Energy Study Institute, 2010.
19. *Offshore wind energy. An overview of activities in Germany*, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, Berlin 2015.
20. *Offshore Wind Farms and the Environment*, Danish Energy Authority, 2006.
21. Presencia C. E., Shafiee M., *Risk analysis of maintenance ship collisions with offshore wind turbines*, International Journal of Sustainable Energy, Volume 37, 2018 – Issue 6, pp.576-596.
22. *Stan energetyki wiatrowej w Polsce w 2016 roku*, Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej, 2017.
23. [stopwiatrakom.eu](http://stopwiatrakom.eu) (dostęp: 21 maja 2018).
24. *Study and development of a methodology for the estimation of the risk and harm to persons from wind turbines*, MMI Engineering, 2013.
25. Uraz E., *Offshore Wind Turbine Transportation & Installation Analyses. Planning Optimal Marine Operations for Offshore Wind Projects*, praca magisterska, Gotland University, Visby 2011.
26. Wiebes E., *Offshore Wind Energy Roadmap 2030*, Minister of Economic Affairs and Climate Policy, Haga 2017.
27. Wieteska S., Szymańska A., *Ocena ryzyka eksploatacji morskich elektrowni wiatrowych w Polsce dla potrzeb ich ubezpieczenia od wybranych zdarzeń losowych*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Vol. LI, 5, Sectio H, 2017, DOI:10.17951/h.2017.51.5.315.
28. Wilson J.C., i inni, *Coastal and Offshore Wind Energy Generation: Is It Environmentally Benign?*, *Energies* 3/2010 str. 1383-1422, doi: 10.3390/en3071383.
29. [www.youtube.com/watch?v=6VyrXAH-UpQ](http://www.youtube.com/watch?v=6VyrXAH-UpQ) (dostęp: 18 czerwca 2018).
30. [www.youtube.com/watch?v=HykTT9GsGuA](http://www.youtube.com/watch?v=HykTT9GsGuA) (dostęp: 18 czerwca 2018).
31. [www.youtube.com/watch?v=NkndfOpo\\_yc](http://www.youtube.com/watch?v=NkndfOpo_yc) (dostęp: 18 czerwca 2018).

### Chosen threats for shipping from sea wind farms

Paper discussed the problem of wind farm localization at sea will cause to the threats for shipping and fishing. The wind farm located at sea forms an area with the necessary protective zone limits the access into the area for recreational tourism and water sports.

Providing new, artificial water barrier and past building outside the shipping or fishing routes the wind farm creates many threats. It was distinguished direct and additional threats, showing that collisions between vessels and wind farm infrastructure are possible. It is conducted scientific research for estimating the risk of accidents on chosen sea areas between vessels and artificial water obstacles.

It was discussed the risk of accidents during wind farm operation process on the statistical data received in three European countries.

It is possible decreasing the risk of dangerous situations arising between those objects or decreasing the ships' collisions effects and consequences if the farm localization is far from shipping routes and progressively better present vessel technical equipment.

Undoubtedly presence of the wind farms at sea worsens the shipping safety, constricts the access to some areas but localization the wind farm at sea is a compromise solution (it makes smaller social resistance) allows for the development of wind farms energy production.

**Keywords:** safety, wind farm operation, threats for shipping.

### Autor:

dr hab. inż. **Jerzy Herdżik**, prof. nadzw. AMG – Akademia Morska w Gdyni, Katedra Siłowni Okrętowych