

Andrzej Starosta  
Akademia Morska w Gdyni  
Wydział Nawigacyjny  
Katedra Eksploatacji Statku

## BEZPIECZEŃSTWO STATKU HANDLOWEGO W AKCJI SAR

**Streszczenie:** W akcji SAR oprócz specjalistycznych jednostek ratowniczych mogą brać również udział statki handlowe. Zgodnie z przepisami kapitan statku ma prawo odmówić pomocy w sytuacji, gdy bezpieczeństwo statku jest zagrożone. Artykuł prezentuje zagrożenia, które powodują wyłączenie statku z akcji SAR. Główny wpływ na bezpieczeństwo statku mają warunki pogodowe, a w szczególności kurs statku względem fali. Zaprezentowany algorytm pozwala na określenie zagrożeń na poszczególnych kursach. Dzięki temu można wyliczyć prawdopodobieństwo zagrożenia dla danego statku na kursach poszukiwania. W celu uniknięcia zagrożenia zalecana jest zmiana kursu, która nie może być wykorzystana w czasie akcji SAR lub zmiana prędkości. Wpływ zmiany prędkości statku na prawdopodobieństwo wystąpienia zostało zaprezentowane na przykładzie trzech różnych statków.

**Słowa kluczowe:** statek handlowy, bezpieczeństwo, akcja SAR

### 1. WSTĘP

Zgodnie z Konwencją SAR podpisaną w Hamburgu w roku 1979 wszystkie państwa z dostępem do morza są zobowiązane do zorganizowania i utrzymywania służb ratowania życia na morzu [4]. W ramach tej służby wyznaczone są Morskie Ratownicze Centrum Koordynacyjne (MRCC) oraz brzegowe stacje ratownicze, w których dyżury pełnią ratownicy i koordynatorzy akcji (SMC). Do dyspozycji mają sprzęt specjalistyczny taki jak morskie statki ratownicze np. SAR-1500, łodzie ratownicze oraz inne pojazdy. W trakcie akcji wykorzystywane są również śmigłowce marynarki wojennej.

Wydaje się, że są to siły i środki wystarczające do efektywnego niesienia pomocy ludziom na morzu. Jednak również ten sprzęt ma swoje ograniczenia i w pewnych warunkach nie jest w stanie pełnić swoich zadań. W takich przypadkach, jak również w każdej innej sytuacji, koordynator akcji ratowniczej (SMC) ma prawo skorzystać z pomocy znajdujących się w pobliżu miejsca wypadku jednostek handlowych.

Zgodnie z Konwencją Brukselską z 1910 roku kapitan statku ma obowiązek „*przyjść z pomocą każdej osobie, nawet wrogiej, znajdującej się na morzu w niebezpieczeństwie życia, jeżeli może to uczynić bez poważnego niebezpieczeństwa dla swego statku, swojej załogi, swych pasażerów*”[2]. Przepisy te zostały potem powtórzone w konwencji SOLAS w rozdziale V/33, a także w Kodeksie Morskim. Głównym zadaniem kapitana jest dbanie o bezpieczeństwo własnej załogi i statku. Z tego powodu może więc odmówić udziału w akcji SAR lub wycofać swój statek z akcji.

Artykuł prezentuje zagrożenia jakie mogą spowodować wycofanie się statku handlowego z akcji SAR. Analiza ta ma być pomocna dla koordynatora w momencie dobierania jednostek do akcji. Pokazano również wpływ zmiany prędkości statku na bezpieczeństwo na zadanym wzorze poszukiwań.

## **2. ZAGROŻENIA DLA STATKU HANDLOWEGO W CZASIE AKCJI SAR**

Akcje ratownicze odbywają się w różnych warunkach atmosferycznych. Zdarzają się operacje przy dobrej pogodzie, ale w takich przypadkach zazwyczaj wykorzystywane są specjalistyczne jednostki SAR. Większość akcji ratowania życia ludzkiego odbywa się w ciężkich warunkach pogodowych. W takich też przypadkach najczęściej wykorzystywane są również jednostki handlowe. Charakteryzują się one tym, że znajdują się zazwyczaj w pobliżu miejsca zdarzenia i mogą przebywać bardzo długo w rejonie akcji. Jednostki SAR muszą natomiast wracać do bazy w celu uzupełnienia paliwa. Ta zaleta jednostek handlowych jest szczególnie istotna w przypadku długotrwałych akcji poszukiwania rozbitków w rejonach oddalonych od baz jednostek SAR.

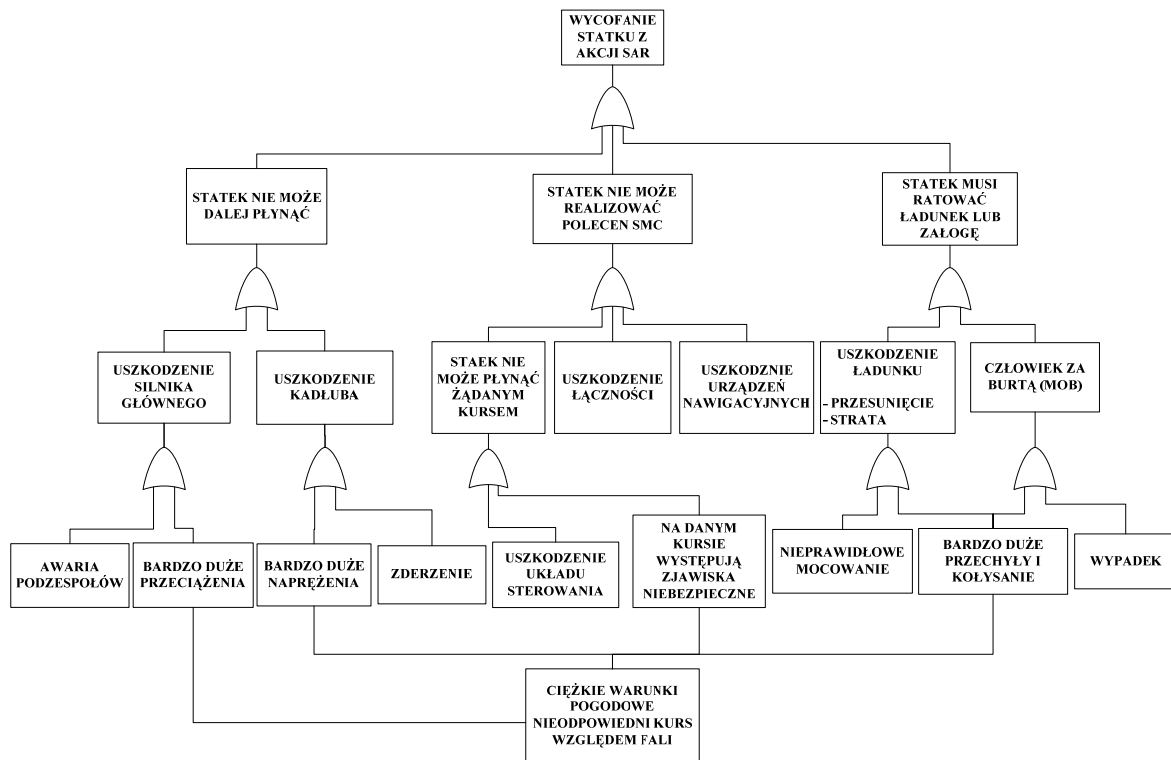
Ciężkie warunki pogodowe powodują, że statki są narażone na większe przeciążenia, co wiąże się ze wzrostem prawdopodobieństwem wystąpienia awarii lub wypadku. Zagrożenie dla bezpieczeństwa statku i jego ładunku w trakcie sztormu stanowi wiatr oraz powstała w wyniku jego działania fala. Zjawiska takie jak wyginanie (hogging), uginanie (sagging), kiwanie (pitching) czy myszkowanie (yawing), które w normalnych warunkach nie stanowią problemu mogą przybrać wartości groźne dla statku. W ciężkich warunkach pogodowych mogą dodatkowo wystąpić niekorzystne zjawiska dla bezpieczeństwa statku takie jak: rezonans kołysań poprzecznych i wzdłużnych, kołysanie parametryczne, slamming, zalewanie pokładu, a przy fali z sektorów rufowych: surfriding i broaching, pogorszenie stateczności podczas żeglugi na fali, atak fal grupowych [7]. Zjawiska te w dużym stopniu zależą od prędkości statku i jego kursu względem fali.

Oprócz zjawisk, które są niekorzystne dla statku z powodu warunków pogodowych, może on ulec innej awarii, która spowoduje, że nie będzie on w stanie kontynuować akcji SAR. Przypadki wycofania się jednostki handlowej z akcji SAR podzielono na trzy grupy:

- Statek nie jest w stanie kontynuować podróży morskiej z powodu uszkodzenia napędu statku lub uszkodzenia kadłuba;
- Statek musi ratować przewożony ładunek lub członka załogi, który uległ wypadkowi;

- Statek nie jest w stanie realizować zadań powierzonych mu przez koordynatora z powodu występowania niebezpiecznych zjawisk, na żądanym kursie poszukiwań lub nie jest w stanie skontaktować się z centrum koordynacji (MRCC) z powodu uszkodzenia łączności lub nie jest w stanie kontrolować swojej pozycji, a więc poprawnie przeszukiwać danego akwenu.

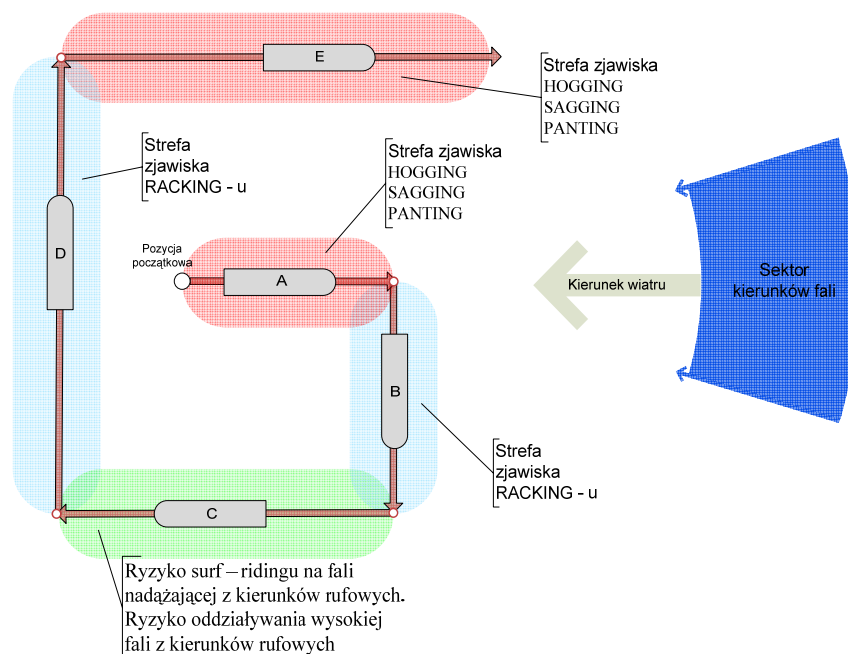
Drzewo zdarzeń, które powodują wycofanie statku z akcji SAR przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Drzewo zdarzeń powodujących wycofanie statku handlowego z akcji SAR

Awaria silnika, czy uszkodzenie kadłuba mogą mieć miejsce również podczas zwykłej podróży statku i nie mieć związku z ciężkimi warunkami atmosferycznymi. Uszkodzenie ładunku w normalnej podróży, dowodzi braku odpowiedniego działania kapitana statku, który powinien zmienić kurs i prędkość statku, aby zniwelować wpływ złych warunków na jego statek. W takim przypadku kapitan może zarządzić sztormowanie, zmianę kierunku a nawet przerwanie podróży i postój w bezpiecznym miejscu. W momencie przystąpienia do akcji SAR, jednostka handlowa zaczyna wykonywać opracowany przez koordynatora plan przeszukania danego akwenu. W tym celu wykorzystywane są zalecane przez przepisy wzory poszukiwać, takie jak: poszukiwanie wzdłuż kursu, poszukiwanie trasami równoległymi lub poszukiwanie metodą powiększającego się kwadratu [3]. Zostały one określone w celu zwiększenia efektywności poszukiwań, ale zakładają, że statek będzie płynął na ściśle określonym kursie. W praktyce statek handlowy przeszukuje akwen metoda powiększającego się kwadratu. Jest on najbardziej efektywny, ale zakłada, że statek

porusza się po czterech ściśle ze sobą skorelowanych kursach. Rysunek 2 prezentuje zagrożenia, jakie mogą pojawić się na poszczególnych kursach.



Rys. 2. Obszary zagrożeń dla statku handlowego występujące w akcji poszukiwawczej wzorem powiększającego się kwadratu. Występujące zagrożenia dla statku na kursach A, B, C, D, E [1]

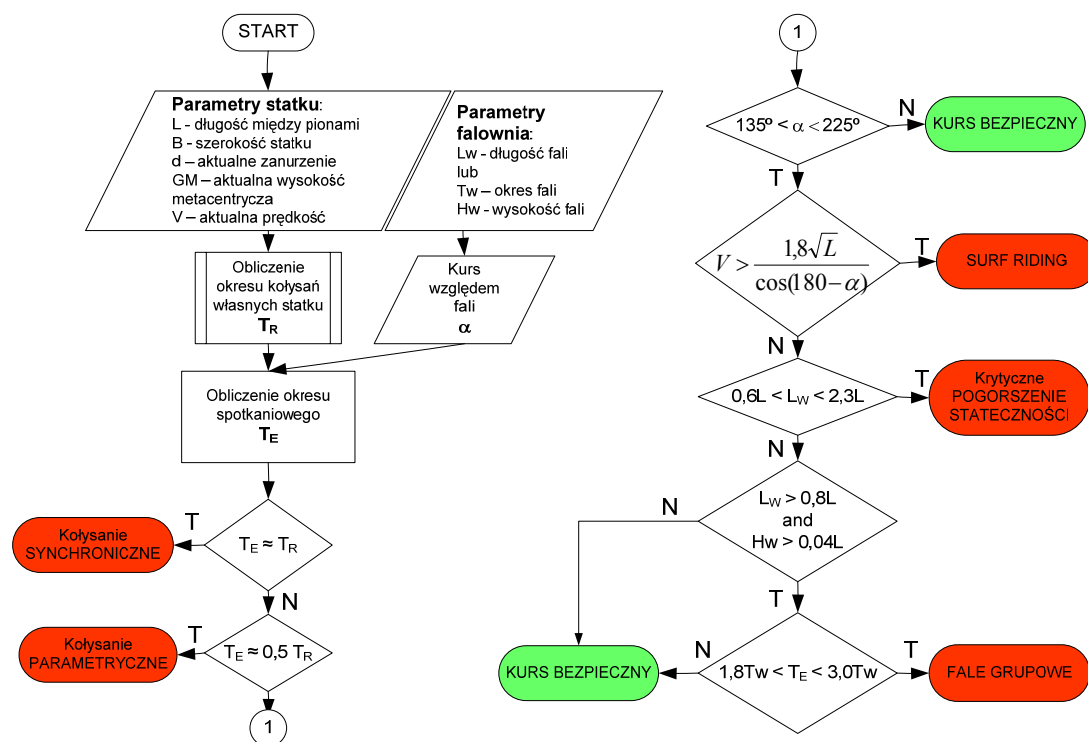
Kurs statku względem fali powoduje występowanie niekorzystnych zjawisk z większą lub mniejszą siłą. Niepoprawne dobranie kursu powoduje powstawanie niepotrzebnych przyspieszeń i przeciążeń, które wpływają na kadłub i ładunek, mogąc powodować wypadek. W najbardziej niekorzystnych przypadkach kołysanie synchroniczne lub parametryczne może doprowadzić nawet do wywrócenia się statku. W normalnej nawigacji zjawiska te niwelowane są zmianą kursu. Natomiast w czasie akcji SAR statek nie powinien zmieniać zaplanowanej trasy.

### 3. OKREŚLENIE ZAGROŻENIA NA DANYM KURSIE PRZY DANYCH WARUNKACH POGODOWYCH

To kapitan, na podstawie własnej wiedzy, doświadczenia i znajomości swojego statku, określa, czy dany kurs stanowi zagrożenie dla bezpieczeństwa jednostki. Dla koordynatora akcji najlepsze, byłoby określenie, czy wszystkie zaplanowane kursy wzoru poszukiwań są bezpieczne, zanim statek zacznie wykonywać poszukiwania. Komitet Bezpieczeństwa IMO 11 stycznia 2007 roku wydał poprawiony poradnik dla Kapitanów statków handlowych dotyczący unikania niebezpiecznych sytuacji w sytuacjach niekorzystnych warunków sztormowych. [5] Poradnik zawiera krótki opis zagrożeń jakie mogą wystąpić

przy źle dobranym kursie i prędkości statku. Zawiera też wzory i diagramy pozwalające sprawdzić, czy dany kurs względem fali jest bezpieczny przy danej prędkości.

Sprawdzanie wszystkich kursów za pomocą przedstawionych w Poradniku MSC.1/Circ.1228 diagramów i wzorów jest czasochłonne. Na rysunku 3 przedstawiono algorytm sprawdzenia bezpieczeństwa dla danego kursu względem fali  $\alpha$ , gdzie  $\alpha = 0^\circ$  oznacza fale przychodzące z dziobu, a  $\alpha = 90^\circ$  fale przychodzące z prawej burty. Algorytm opracowano na podstawie poradnika MSC.1/Circ.1228 [5].



Rys. 3. Algorytm określania zagrożenia na danym kursie względem fali

Na podstawie algorytmu sporządzono arkusz kalkulacyjny pozwalający w szybki sposób policzyć prawdopodobieństwo, czy wybrany kurs jest bezpieczny. Można również określić prawdopodobieństwo, czy wszystkie kursy metodą powiększającego się kwadratu są bezpieczne. Algorytm wykorzystywano również do sporządzania rankingu przydatności jednostek handlowych znajdujących się w pobliżu miejsca wypadku, a także obliczania zagrożenia opóźnienia dostaw drogą morską w danym systemie transportowym [6] [8] [9].

#### 4. WPŁYW ZMIANY PRĘDKOŚCI NA OKREŚLENIE ZAGROŻENIA NA KURSACH POSZUKIWANIA

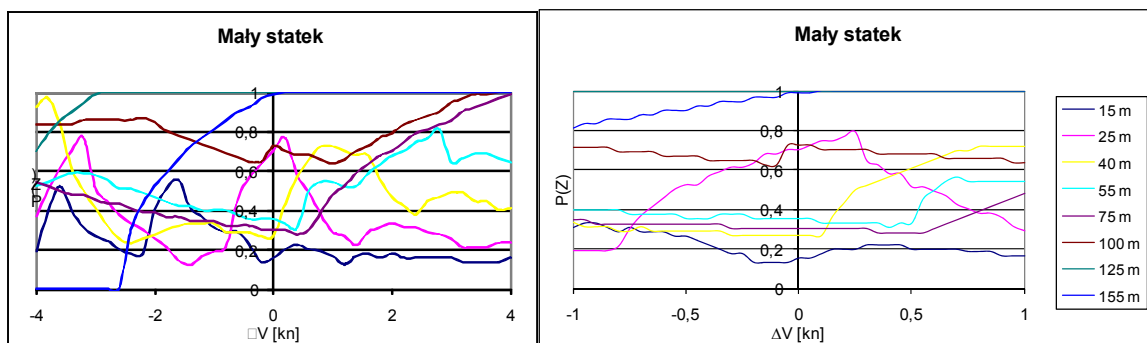
W celu uniknięcia sytuacji zagrożenia, poradnik zaleca kapitanom zmianę kursu lub prędkości statku. W przypadku akcji SAR potrzeba zmiany kursu powoduje, że statek nie spełnia wyznaczonych dla niego celów. Pozostanie na niebezpiecznym kursie może

spowodować, że kapitan zdecyduje się wycofać się z poszukiwań. Drugim proponowanym rozwiązaniem jest zmiana prędkości. Przeprowadzono badania wpływu zmiany prędkości na prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia na przynajmniej jednym kursie wzoru powiększającego się kwadratu.

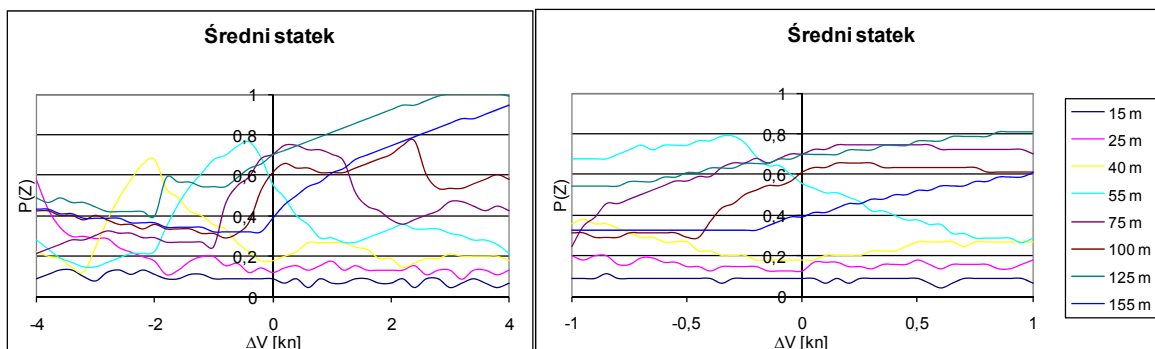
W obliczeniach przyjęto trzy rodzaje statków:

- Mały statek – Długość (L) 80 m, szerokość (B) 14 m, zanurzenie (d) 5 m, aktualna wysokość metacentryczna (GM) 0,65 m i prędkość (V) 9 [kn] węzłów;
- Średni statek – L=140 m, B=22 m, d=7 m, GM=0,7 m, V=14 kn;
- Duży statek - L=250 m, B=44 m, d=12 m, GM=1,2 m, V=12 kn.

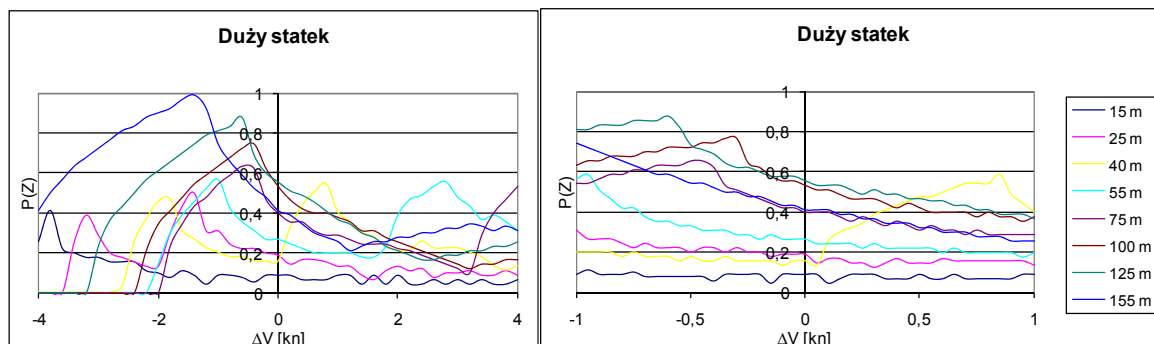
Przeanalizowano wpływ zmiany prędkości przy różnych warunkach falowania od fali o długości ok. 15m i okresie 3s, do fali o długości 155m i okresie 10s. Na rysunkach 4,5,6 prezentowane jest prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia P(Z) przy dużych zmianach prędkości  $\pm 4$  węzły i dokładniejszy wykres dla zmian prędkości w zakresie  $\pm 1$  węzeł.



Rys. 4. Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia na wzorze poszukiwań dla statku małego



Rys. 5. Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia na wzorze poszukiwań dla statku średniego



Rys. 6. Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia na wzorze poszukiwań dla statku dużego

## 5. PODSUMOWANIE

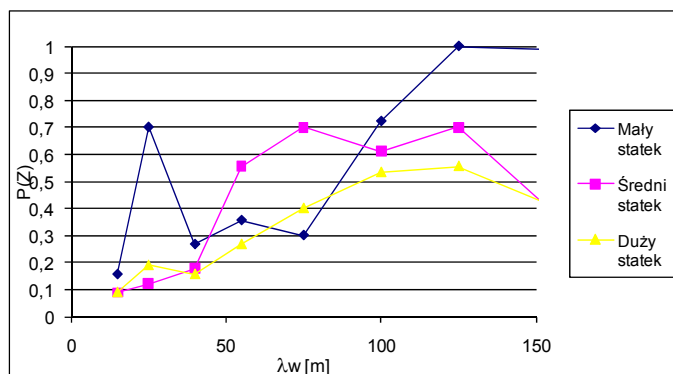
W artykule przedstawiono zagrożenia, jakie mogą spotkać statek handlowy biorący udział w akcji SAR. Przeanalizowane zdarzenia, które powodują wycofanie się jednostki z poszukiwań można podzielić na dwie grupy. Pierwsza to wypadki, które mogą wystąpić w każdej podróży statku, niezależnie, czy bierze on udział w akcji SAR, czy też płynie do określonego celu. Druga grupa zależy od kursu statku względem fali. Różnica pomiędzy zwykłą nawigacją, a uczestnictwem w akcji SAR jest taka, że w trakcie poszukiwań jednostka nie powinna zmieniać wyznaczonych kursów. Może to powodować zaistnienie zjawisk niepożądanych, które mogą doprowadzić do awarii statku.

Do określenia, dany statek płynie na kursie bezpiecznym zaproponowano wykorzystać opracowany przez IMO poradnik dla kapitanów dotyczący unikania niebezpiecznych sytuacji w sytuacjach niekorzystnych warunków sztormowych. Opracowany na podstawie tego dokumentu algorytm i arkusz kalkulacyjny pozwala wyliczyć prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji zagrożenia.

Analiza wpływu zmiany prędkości statku na prawdopodobieństwo zagrożenia na danym wzorze poszukiwań wskazuje, że ciężko jest uzyskać uniwersalną zasadę jak poprawić bezpieczeństwo statku. Zależy ona bowiem od parametrów danego statku, a dodatkowo do geometrycznego rozmieszczenia poszczególnych zakresów kursów niebezpiecznych. Z wykresów wynika, że niewielka zmiana, spowodowana na przykład uderzeniem fali lub szkwału nie wpływa istotnie na prawdopodobieństwo zagrożenia. Niestety jest to również bardzo mocno zależne od rodzaju statku i danych warunków falowania. Przy dużych zmianach prędkości, które może zastosować kapitan poprzez zmianę nastaw silnika lub śruby, wpływ prędkości należy rozpatrywać indywidualnie dla danego statku w aktualnych warunkach pogodowych.

Rysunek 7 przedstawia wykres prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia, dla wykorzystanych w obliczeniach statków w zależności od długości fali. Pokazuje on, że bardzo duży statek w większości przypadków, będzie najbezpieczniejszy podczas prowadzenia akcji SAR. Nie jest to jedna reguła i przy pewnych parametrach fali to mały statek ma mniejsze prawdopodobieństwo spotkania zagrożenia na kursach wzoru poszukiwań.

Wynika z tego, że do rozpatrywanych jednostek należy podchodzić indywidualnie. Dalsze prace mają na celu stworzenie aplikacji, która na podstawie podstawowych danych o statku handlowym z systemów e-nawigacji, pozwoli koordynatorowi akcji SAR wybrać jednostkę, która będzie najbardziej nadawała się do akcji poszukiwań rozbitków.



Rys. 7. Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia na wzorze poszukiwań dla różnych wielkości statków

## Bibliografia

1. Burciu Z. Bezpieczeństwo w transporcie morskim. Tom 1 Poszukiwanie i ratowanie życia na morzu w ujęciu systemowym. Monografia przygotowywana do druku.
2. Dz.U.38.101.672 KONWENCJA o ujednostajnieniu niektórych przepisów dotyczących niesienia pomocy i ratownictwa morskiego, podpisana w Brukseli dnia 23 września 1910 r.
3. International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual. IMO/ICAO, London/Montreal, 2008.
4. International Convention on Maritime Search and Rescue, 1979, Hamburg, 27 April 1979
5. MSC.1/Circ. 1228 Revised guidance to the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions
6. Starosta A., Application of Bayesian network to estimate merchant ship usability for SAR action, Journal of KONES vol. 13 no. 3,
7. Starosta A., Burciu Z., Niezawodność obiektu w systemie antropotechnicznym - statku handlowego w akcji SAR, Niezawodność systemów antropotechnicznych, XXXVII Zimowa szkoła niezawodności, Szczyrk 2009,
8. Starosta A., Usage of AIS information to estimate merchant ship usability for SAR action, Proceedings of XIII International Scientific and Technical Conference on Marine Traffic Engineering, Malmo, Sweden 2009
9. Starosta A., Zakłócenia transportu morskiego - ciężkie warunki pogodowe - sposób oceny, Logistyka 4/2009

## MERCHANT SHIP SAFETY DURING SAR ACTION

**Abstract:** Paper presents danger for merchant ship during SAR action in heavy weather. Algorithm based on IMO guide allow to estimate probability of danger during sailing on search pattern. Calculation of change ship speed influence on danger probability was made and presented.

**Keywords:** Merchant ship, SAR action, safety