

Polski Rejestr Statków

PUBLIKACJA INFORMACYJNA NR 19/I

METODYKA FORMALNEJ OCENY BEZPIECZEŃSTWA ŻEGLUGI (FSA)

2002

Publikacje I (Informacyjne) wydawane przez Polski Rejestr Statków S.A.
mają charakter instrukcji lub wyjaśnień przydatnych przy stosowaniu
Przepisów PRS



GDAŃSK

Publikacja informacyjna Nr 19/1 – *Metodyka formalnej oceny bezpieczeństwa żeglugi (FSA)*, 2002, została zaakceptowana przez Dyrektora Klasyfikacji Statków Polskiego Rejestru Statków S.A. w dniu 7 listopada 2002 roku.

© Copyright by Polski Rejestr Statków, 2002

PRS/AW,12/2002

SPIS TREŚCI

	str.
1 Wstęp	5
1.1 Cel FSA	5
1.2 Definicje	5
2 Metody stosowane do identyfikacji zagrożeń i analizy ryzyka	6
2.1 Technika HAZOP	6
2.2 Technika FTA (Analiza drzewa niezdatności)	6
2.3 Technika ETA (Analiza drzewa zdarzeń).....	7
2.4 Technika FMEA	8
2.5 niezawodność człowieka-operatora	9
3 Algorytm metodyki FSA	9
4 Identyfikacja zagrożeń	10
5 Oszacowanie ryzyka	10
5.1 Kryteria bezpieczeństwa.....	11
5.2 Kryteria jakościowe.....	11
5.3 Kryteria ilościowe.....	13
5.4 Metody ilościowej oceny ryzyka (QRA).....	13
6 Wyznaczenie opcji sterowania ryzykiem	16
7 Oszacowanie kosztów i korzyści	17
8 Wydanie rekomendacji dla decydentów	17
9 Załączniki	18
9.1 Kategorie wypadków	18
9.2 Przykładowe zagrożenia	18
9.3 Bezpieczeństwo masowców – MSC 74/5/X.....	19
10 Bibliografia	20

1 WSTĘP

W wielu dziedzinach przemysłu i transportu, przede wszystkim w tak zwanych branżach wysokiego ryzyka, znalazły zastosowanie probabilistyczne metody oceny bezpieczeństwa. W żegludze dla tych metod przyjęto nazwę formalna ocena bezpieczeństwa, w skrócie FSA. W niniejszej publikacji przedstawiono metodykę formalnej oceny bezpieczeństwa opartą o przewodnik opracowany przez IMO.

1.1 Cel FSA

Celem formalnej oceny bezpieczeństwa jest wspomaganie procesu zarządzania bezpieczeństwem, standaryzacji bezpieczeństwa oraz ustalania polityki działań na rzecz bezpieczeństwa. Metoda ma charakter uniwersalny i może być wykorzystana jako narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji w zakresie tworzenia nowych regulacji prawnych, projektowania, klasyfikacji, budowy i eksploatacji statków. W odniesieniu do wymagań technicznych statków, metoda nadaje się do analizy pojedynczego statku lub typu statków, np. masowców, jednostek szybkich lub innych.

1.2 Definicje

Wypadek (A) – niezamierzone zdarzenie pociągające za sobą zgony, obrażenia ciała, stratę statku lub jego uszkodzenie, utratę i uszkodzenie innej własności lub uszkodzenie środowiska naturalnego.

Kategoria wypadku (AC) – określenie wypadku w tablicach statystycznych zgodnie z jego naturą, np. pożar, kolizja, itp.

Konsekwencja (C) – skutek wypadku.

Częstość (F) – liczba wydarzeń w jednostce czasu, np. w roku.

Zagrożenie (H) – potencjał zagrażający życiu lub zdrowiu ludzkiemu, własności bądź środowisku naturalnemu.

Zdarzenie inicjujące (IE) – pierwsze zdarzenie w sekwencji zdarzeń prowadzących do wypadku.

Ryzyko (R) – kombinacja częstotliwości i ciężkości konsekwencji.

Sposób sterowania ryzykiem (RCM) – sposób sterowania pojedynczym elementem ryzyka.

Ofiara ekwiwalentna (EF) – 100 mniejszych obrażeń lub 10 większych obrażeń są równoważne jednej ofierze śmiertelnej. Większe obrażenie ma miejsce, gdy ofiara wypadku wymaga hospitalizacji.

Powyższe terminy tworzą zbiór pojęć określających istotę bezpieczeństwa i umożliwiających zarządzanie nim.

2 METODY STOSOWANE DO IDENTYFIKACJI ZAGROZEŃ I ANALIZY RYZYKA

2.1 Technika HAZOP

Technika używa słów kluczowych jako podpowiedzi grupie doświadczonych specjalistów w celu zidentyfikowania potencjalnych zagrożeń dotyczących pojedynczego elementu wyposażenia lub całego systemu. Słowa kluczowe opisują potencjalne odchylenia od stanu żądanego, używając określeń: wysoki, niski, tak, nie, itp. do opisu parametrów procesu np.: przepływ, ciśnienie, temperatura, itp. Specjaliści określają przy pomocy burzy mózgów potencjalne konsekwencje odchyłki i jeśli uznają za uzasadnione, wprowadzają je na listę zagrożeń. Ten typ analizy używany jest generalnie do analizowania systemów technicznych i generuje głównie rezultaty jakościowe. Przykładowe stosowanie techniki HAZOP pokazano w tabeli 2.1.1.

Tabela 2.1.1 Analiza zagrożeń pracy systemu wytwarzania pary

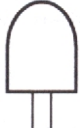
Lp.	odchyłka	przypadek	uszkodzenie	zabezpieczenie	zalecenia
1. Zasilanie w paliwo lekkie					
1.1	brak przepływu	Nieprawidłowa praca palnika	Uszkodzona pompa paliwa	Pompa nadmiarowa	pompa nadmiarowa zasilana z innego obwodu
1.2	niskie ciśnienie		zanieczyszczony filtr paliwa	okresowa wymiana filtra	kontrola ciśnienia za filtrem
2. Układ wody zasilającej					
2.1					

2.2 Technika FTA (Analiza drzewa niezdatności)

Jest to dedukcyjna analiza przy pomocy modelu graficznego, używającego symboli logiki Boole'a, pokazującego logiczne relacje pomiędzy uszkodzeniami wyposażenia, błędami ludzkimi i przyczynami zewnętrznymi mogącymi wpływać na rozpatrywane uszkodzenia. Technika może być stosowana do różnych aplikacji, najbardziej efektywna jest do analizy uszkodzeń spowodowanych przez kombinację przypadków.

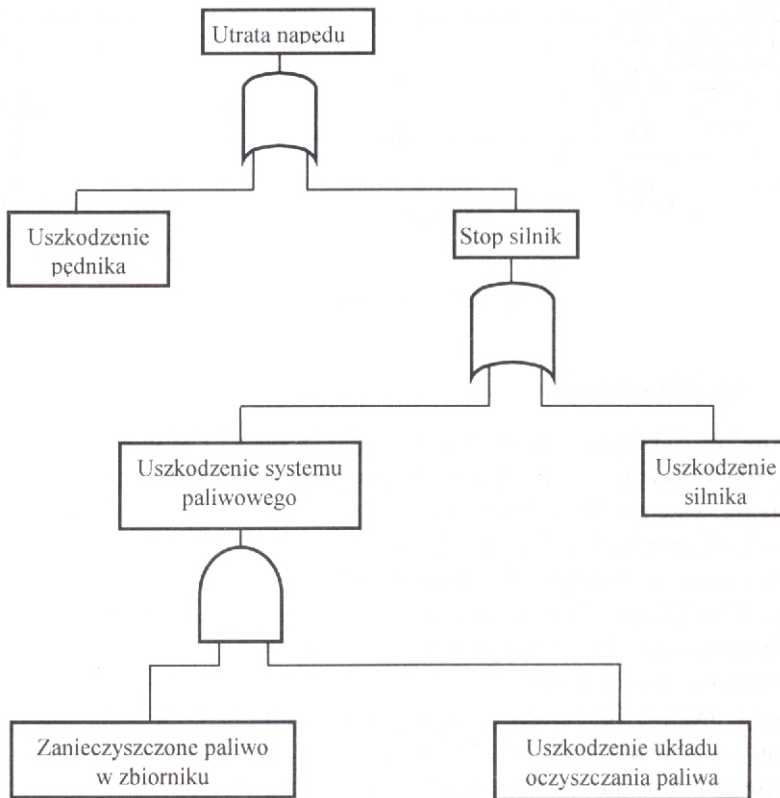


Element przedstawiający alternatywę – „lub”



Element wyrażający koniunkcję – „i”

Rys. 2.2.1 Symbolika używana w analizie drzewa niezgodności

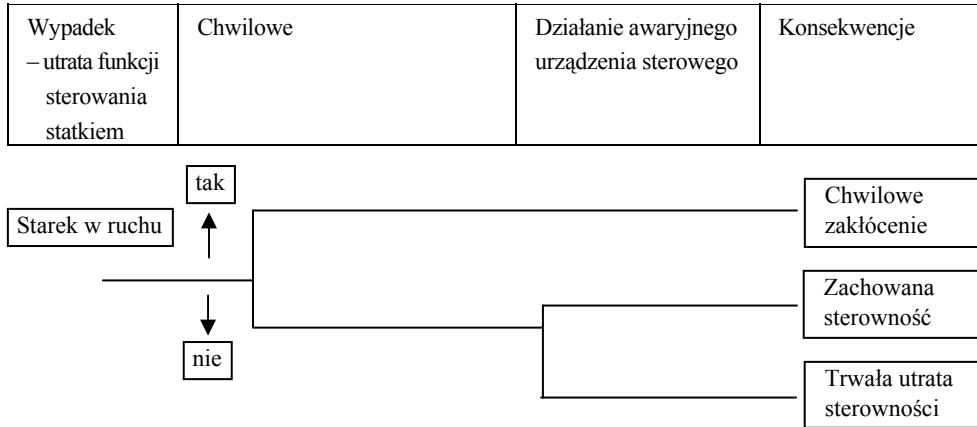


Rys. 2.2.2 Przykład analizy przy pomocy drzewa niezdatności

2.3 Technika ETA (Analiza drzewa zdarzeń)

Technika drzewa zdarzeń jest analizą wykorzystującą graficzny model drzewa decyzyjnego przedstawiającego w rozpatrywanym przypadku konsekwencje wypadku. Ten typ analizy może przedstawiać jakościowy opis potencjalnych problemów (kombinację różnych problemów wynikających z zaistnienia wypadku), a także szacunek ilościowy częstotliwości lub prawdopodobieństwa zdarzeń. Technika drzewa zdarzeń może być stosowana do prawie wszystkich sekwencji wydarzeń

jednak najbardziej efektywna jest do pokazania wszystkich możliwych rezultatów wynikających z wypadku. Na rysunku 2.3 pokazano przykładową analizę ilustrującą rezultaty uszkodzenia urządzenia sterowego dla statku posiadającego układ sterowania awaryjnego.



Rys. 2.3 Zastosowanie techniki ETA

2.4 Technika FMEA

Analiza rodzajów i skutków uszkodzeń (FMEA) jest metodą analizy mającą na celu identyfikację uszkodzeń wywierających znaczący wpływ na efektywność działania systemu. Metoda może być stosowana do analizowania rozmiaru wad lub uszkodzeń urządzeń wykonanych w różnych technologiach. Pozwala również na analizowanie programów komputerowych i działania ludzi. Metoda opisana jest normą PN-IEC 812. Podstawowe kroki stosowane w analizie FMEA:

- zdefiniowanie systemu i jego podstawowych funkcji oraz minimalnych wymagań dotyczących działania;
- opracowanie funkcjonalnych i niezawodnościowych schematów blokowych, innych schematów lub modeli oraz opisów matematycznych;
- ustalenie podstawowych zasad i odpowiedniej dokumentacji do przeprowadzenia analizy;
- identyfikacja rodzajów, przyczyn i skutków uszkodzeń, ich względnej ważności i sekwencji występowania;
- identyfikacja metod i warunków wykrywania oraz izolowania uszkodzeń;
- identyfikacja zabezpieczeń w projekcie i w działaniu przeciwko szczególnie niepożądanym zdarzeniom;
- poszukiwanie specjalnych kombinacji uszkodzeń grupowych, które należy uwzględnić;
- zalecenia.

Poniżej podano w tabeli 2.4 przykład zastosowania FMEA w odniesieniu do systemu sprężonego powietrza.

Tabela 2.4 Zastosowania metody FMEA

System:		system sprężonego powietrza				
Element systemu:		sprężarka nr 1				
Element analizowany:		układ sterowania sprężarki – sterowanie start/stop zależności od ciśnienia powietrza – start: 2,0 MPa, stop: 2,6 MPa				
Rodzaj uszkodzenia	Skutki uszkodzenia		Przyczyny	Wykrywanie uszkodzenia	Zabezpieczenie	Uwagi
	lokalne	końcowe				
nie startuje	niskie ciśnienie powietrza w systemie	brak powietrza w systemie	brak zasilania elektrycznego sprężarki uszkodzony obwód sterowania załączeniem sprężarki uszkodzony czujnik ciśnienia	sygnalizacja zasilania pomiar ciśnienia powietrza	układ sygnalizacji uszkodzenia układu sterowania	rozpatrzyć zastosowanie nadmiarowej sprężarki z osobnym sterowaniem
nie wyłącza	Wysokie ciśnienie powietrza w systemie					

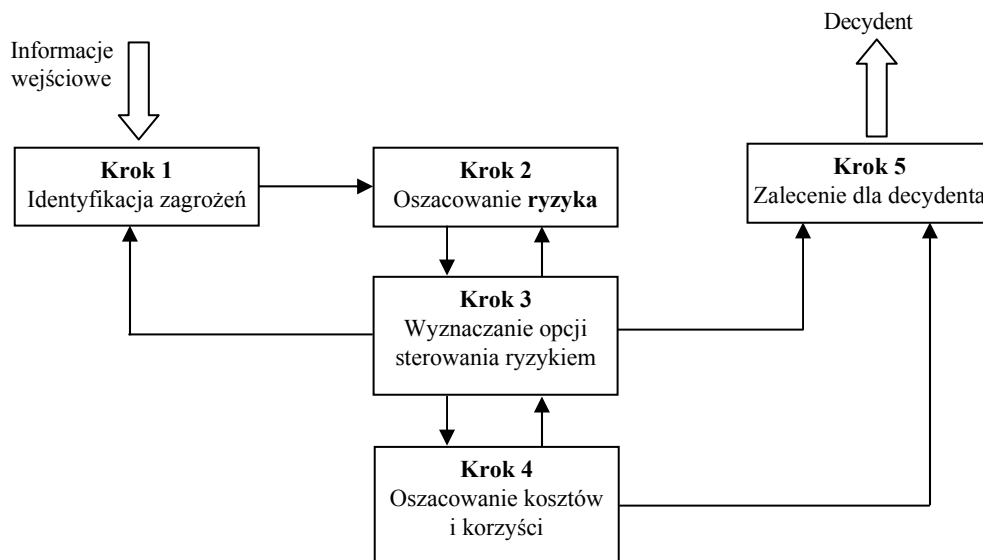
2.5 Niezawodność człowieka-operatora

Człowiek ma bardzo duży wpływ na bezpieczną eksploatację systemu technicznego. Potencjalne błędy człowieka-operatora oraz zaniedbania natury organizacyjnej wpływają na poziom ryzyka związanego z eksploatacją obiektu przemysłowego. Obiekt taki należy w analizie ryzyka traktować jako system socjotechniczny i uwzględniać niezawodność człowieka. Analizę niezawodności człowieka należy przeprowadzić na etapie projektowania systemu technicznego, a następnie zweryfikować ją w trakcie eksploatacji systemu. Szczególne znaczenie ma analiza interakcji człowiek-operator – obiekt techniczny w przewidywanych sytuacjach awaryjnych. Szeroko stosowaną techniką do analizy niezawodności człowieka jest technika THERP.

3 ALGORYTM METODYKI FSA

W algorytmie wyróżniono pięć następujących kroków analizy, zgodnie z Draft guidelines for FSA application in the IMO rule-making process, cyrkularz IMO MSC67/13,z1996roku:

1. Identyfikacja zagrożeń.
2. Oszacowanie ryzyka.
3. Wyznaczenie opcji sterowania ryzykiem.
4. Oszacowanie kosztów i korzyści poszczególnych opcji.
5. Zalecenia dla decydenta.



4 IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ

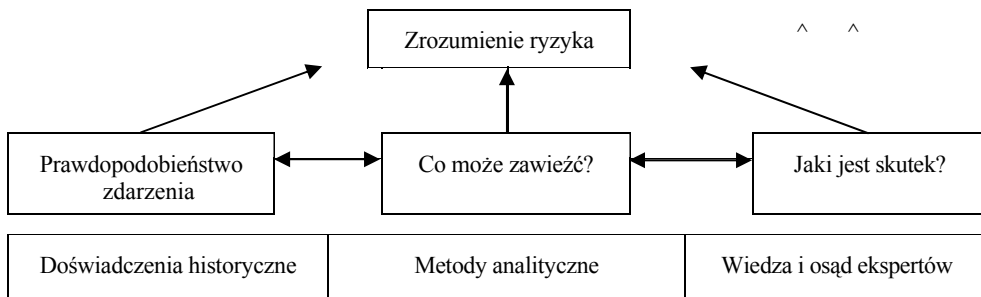
Ponieważ zagrożenia mogą prowadzić do wypadków i strat, analiza ryzyka powinna rozpocząć się od ujawnienia i zrozumienia występujących zagrożeń. Choć identyfikacja zagrożeń rzadko zawiera informacje potrzebne bezpośrednio do podjęcia decyzji, stanowi ona krytyczny krok w analizie ryzyka. Polega na zestawieniu listy najcięższych zagrożeń, określeniu scenariuszy uwalniania się tych zagrożeń i rozwoju związanych z nimi konsekwencji. "Należy uwzględnić przy tym czynnik ludzki i wpływy otoczenia. Standardowe metody identyfikacji zagrożeń przedstawiono w rozdziale 2.

5 OSZACOWANIE RYZYKA

Oszacowanie ryzyka jest procesem zbierania danych o zdarzeniach i ich syntezy w celu wyznaczenia poziomu ryzyka związanego z wypadkami systemu. W tym celu należy odpowiedzieć na trzy pytania:

- a) Co może zawieść?
- b) Jak to jest prawdopodobne?
- c) Co jest skutkiem?

Jakościowa odpowiedź na jedno lub więcej pytań często wystarcza do podjęcia prawidłowej decyzji. Jednakże, gdy oczekiwane jest więcej informacji potrzebnych do oszacowania kosztów i zysków, które niesie podjęta decyzja, należy stosować ilościowe metody oszacowania ryzyka (QRA – quantitative risk assessment). Rysunek 5 przedstawia elementy oszacowania ryzyka.



Rys. 5 Elementy oceny ryzyka

Najczęściej stosowane metody analizy ryzyka zostały podane w rozdziale 2. Niezależnie od zastosowanej techniki zaleca się, aby w procesie identyfikacji zagrożeń i oceny ryzyka uznać, że błędy ludzkie i organizacyjne są ważnymi czynnikami wielu wypadków, a co za tym idzie należy je uwzględnić w procesie identyfikacji zagrożeń. Oszacowanie ryzyka polega na wyznaczeniu jakościowego lub ilościowego ryzyka wypadków, a następnie ocenie ich w macierzy ryzyka. Ilościowa analiza ryzyka wymaga oszacowania wartości częstotliwości i/lub prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku, jak i związanych z nim konsekwencji. Metody analizy i szacowania ryzyka podane zostały również w normie PN-IEC 60300 z czerwca 1999 roku.

5.1 Kryteria bezpieczeństwa

Miarą stosowaną do oceny bezpieczeństwa jest ryzyko strat, jakie dany obiekt może spowodować. W celu oceny ryzyka należy przyjąć określone kryteria bezpieczeństwa. Kryteria mogą być jakościowe i ilościowe.

5.2 Kryteria jakościowe

Kryteria jakościowe przedstawia się w postaci macierzy ryzyka, gdzie przyporządkowuje się oceny ciężkości parom złożonym z częstości lub prawdopodobieństwa zaistnienia wypadków oraz ich konsekwencji. Sposób konstrukcji macierzy ryzyka został przedstawiony w kolejnych punktach 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3.

5.2.1 Analiza częstości

Analizę częstości stosuje się w celu wyznaczenia częstości występowania wypadków. Powszechnie stosowane są trzy podstawowe sposoby:

- a) Wykorzystanie danych dotyczących częstości występowania zdarzeń w przeszłości i na tej podstawie wykonanie oceny częstości wystąpienia ich w przyszłości.

- b) Prognozowanie częstości zdarzeń, z użyciem takich technik jak techniki drze wa niezdatności lub drzewa zdarzeń. Gdy dane historyczne są niedostępne lub nieadekwatne, częstotliwość zdarzeń należy wyliczyć na podstawie analizy systemu i związanych rodzajów występujących zdarzeń. Następnie w celu wyznaczenia przybliżonej częstości należy połączyć dane liczbowe dotyczące wszystkich odpowiednich zdarzeń, obejmujące uszkodzenia wyposażenia technicznego, błędy ludzkie i czynniki zewnętrzne. W analizie należy uwzględnić możliwość występowania uszkodzeń o wspólnej przyczynie, w tym równo czesnych uszkodzeń pewnej liczby elementów składowych systemu.
- c) Wykorzystanie ocen ekspertów.

Tabela 5.2.1 Kryteria ciężkości konsekwencji

Waga konsekwencji	Definicja
Nieistotne	Drobne uszkodzenia, drobne niedogodności pasażerów
Znaczące	Uszkodzenia nie wpływające na zdolność żeglugową, skałeczenia wyleczone środkami pierwszej pomocy
Ciężkie	Raportowane wypadki morskie
Katastroficzne	Śmierć ludzi, utrata statku, poważne wypadki morskie

5.2.2 Analiza konsekwencji

Analiza konsekwencji obejmuje oszacowanie skutków wypadków na ludzi, mienie lub środowisko. Należy oszacować liczbę osób znajdujących się w różnych środowiskach i różnej odległości od miejsca zdarzenia, mogących zostać zranionymi lub ponieść śmierć na miejscu. Do przeprowadzenia analizy konsekwencji należy stworzyć modele następstw uwzględniające rodzaj wypadku i sposób uwalniania się energii, materiałów toksycznych, ognia, itp. Analizę należy przeprowadzić w oparciu o metody podane w rozdziale 2 lub poprzez stosowanie metod symulacyjnych, takich jak np. symulacja Monte-Carlo lub inne metody komputerowe.

Tabela 5.2.2 Kryteria prawdopodobieństwa (częstości)

Prawdopodobieństwo	Opis
Bardzo małe	Scenariusz wypadku wysoce nieprawdopodobny
Małe	Scenariusz wypadku nieprawdopodobny. Byłoby niespodzianką, gdyby się wydarzył.
Istotne	Scenariusz wypadku może się pojawić. Nie będzie niespodzianką, gdy się wydarzy.
Duże	Scenariusz wypadku pojawił się w przeszłości i/lub jest oczekiwany w przyszłości.

5.2.3 Macierz ryzyka

Kolumny w macierzy ryzyka odpowiadają ciężkości konsekwencji wypadków, a wiersze - prawdopodobieństwu lub częstości występowania zdarzeń. Wewnątrz macierzy umieszczone są jakościowe miary ciężkości ryzyka (A, U, N). Miarom tym odpowiadają decyzje dotyczące akceptowalności ryzyka. Macierz ryzyka pokazana została w tabeli 5.2.3.

Tabela 5.2.3 Macierz ryzyka

Prawdopodobieństwo wystąpienia	Konsekwencje			
	Nieistotne	Znaczące	Ciężkie	Katastroficzne
duże	A	U	N	N
istotne	A	U	N	N
małe	A	A	U	N
bardzo małe	A	A	A	U

Poziom ryzyka:

- A – ryzyko akceptowalne
- U – ryzyko umiarkowane
- N – ryzyko nie akceptowalne

5.3 Kryteria ilościowe

Jeżeli dla oceny spełnienia wymagań określa się liczbową wartość prawdopodobieństwa (częstości) to można stosować podane w tabeli 5.3.1 wartości przybliżone jako wytyczne pomocne dla zachowania wspólnego punktu odniesienia.

Tabela 5.3.1 Wartości liczbowe prawdopodobieństwa

Prawdopodobieństwo	Wartość liczbową
duże	więcej niż 10^{-3} /rok
istotne	$10^{-3} - 10^{-5}$ /rok
małe	$10^{-5} - 10^{-7}$ /rok
bardzo małe	$10^{-7} - 10^{-9}$ /rok

Uwaga: Różne zdarzenia mogą mieć różne dopuszczalne prawdopodobieństwa stosownie do wagi ich konsekwencji.

5.4 Metody ilościowej oceny ryzyka (QRA)

5.4.1 Drzewa udziału ryzyka

Modele drzew udziału ryzyka RCT umożliwiają analizę rozkładu ryzyka pomiędzy poszczególne kategorie wypadków. W tym celu każdej kategorii przypisuje się drzewo niezdatności FT, oraz drzewo zdarzeń ET. Drzewa FT dotyczące przyczyn wypadków rozwija się poprzez podkategorie wypadków aż do zdarzeń inicjujących.

Wśród przyczyn wyróżnia się:

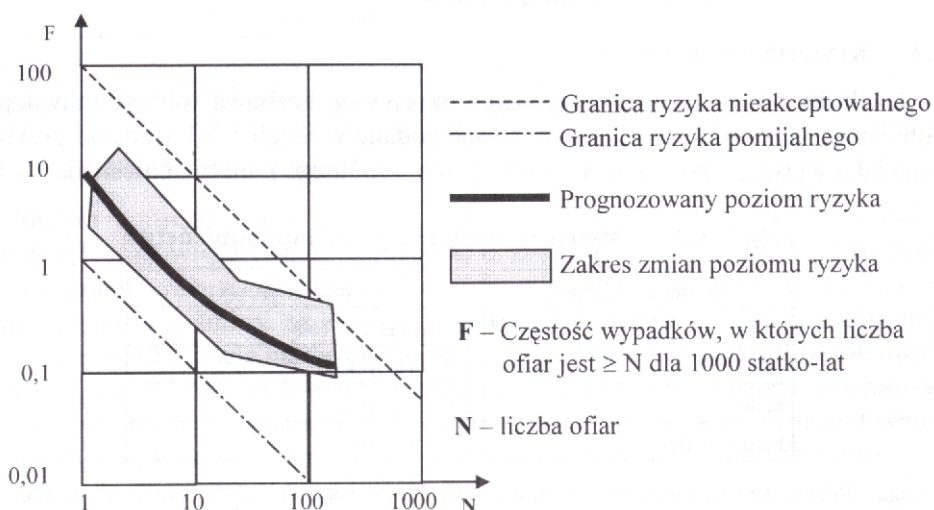
- błąd człowieka,
- zawodność techniki,
- zdarzenia zewnętrzne.

Drzewa ET dotyczą konsekwencji wypadków i zależą od ich przebiegu. Drzewo ET pokazuje wartości liczbowe ryzyka dla poszczególnych gałęzi drzewa. Kwantyfikacja drzew RCT wykonywana jest w oparciu o dane historyczne i/lub sądy ekspertów.

5.4.2 Krzywe F-N

W przypadku strat ludzkich ryzyko całkowite przedstawia się w postaci krzywych F-N, gdzie F jest częstością występowania wypadków odniesioną do 1000 statko-lat, a N jest liczbą ekwiwalentnych ofiar. Krzywe F-N wyznacza się dla poszczególnych kategorii wypadków, a następnie składa się je dla wszystkich kategorii.

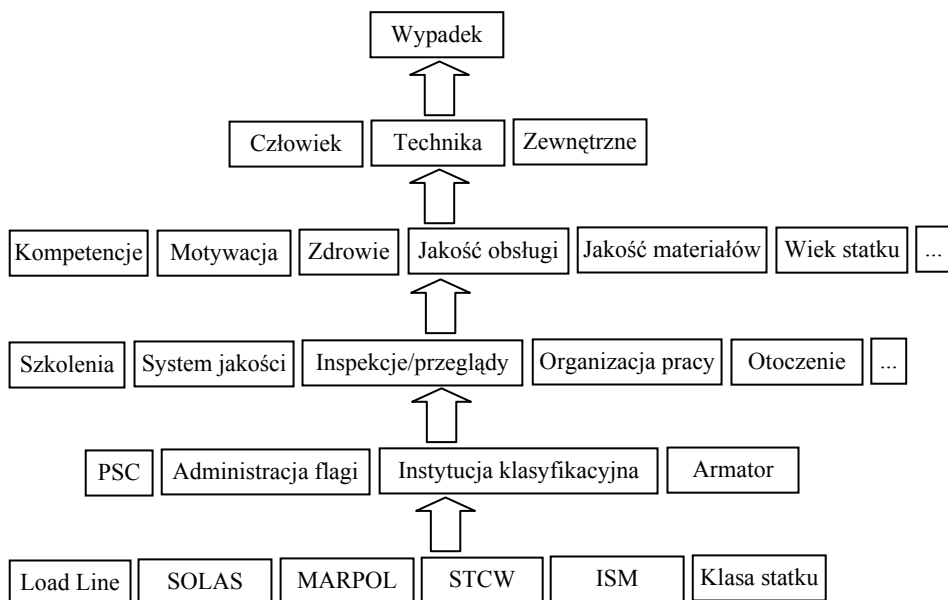
Suma ryzyka wykazanego we wszystkich gałęziach drzewa ET dla wszystkich kategorii wypadków AC stanowi *POTENCJALNE RYZYKO UTRATY ŻYCIA* (PLL – *potential loss of life*).



Rys. 5.4.2 Krzywe F-N

5.4.3 Diagram czynników wpływu RID

Diagram czynników wpływu (Regulatory Impact Diagram – RID) ma umożliwić wyznaczenie i oszacowanie wpływu czynników prawnych, organizacyjnych i innych, oddziałujących na poziom ryzyka. Idea diagramu RID przedstawiona została na rysunku 5.4.3.



Rys. 5.4.3 Diagram RID

Poziomy oznaczono na rysunku cyframi od 1 do 6, przy czym poszczególne cyfry odpowiadają następującym poziomom:

- 1 – Poziom polityki (political level)
- 2 – Poziom przepisów (regulatory regime)
- 3 – Poziom organizacyjny (organisational level)

- 3 – Poziom bezpośredni (direct level)
- 4 – Poziom zawodności (failure level)
- 5 – Poziom zdarzeń.

Modelowanie diagramu polega na wyznaczeniu połączeń strukturalnych pomiędzy poszczególnymi czynnikami wpływu IF, przedstawionymi na rysunku w postaci prostokątów, na wszystkich poziomach. Poszczególnym IF przypisuje się wskaźniki wartości „ r^E ” (rating value). Są to subiektywne oceny ekspertów wystawiane w trzypunktowej skali ocen: 0 – negatywna, 0,5 – neutralna, 1 - pozytywna. Poszczególnym relacjom przypisywane są przez ekspertów wagi „ w^E ” (weighting value) z przedziału liczb $\langle 0,1 \rangle$. Współczynniki w^E przedstawiają względny wpływ czynników wpływu niższego poziomu na czynniki wpływu poziomu wyższego. Suma wag relacji wiążących określony czynnik wpływu z czynnikami wpływu niższego poziomu musi zawsze wynosić 1,0. Dla wszystkich czynników IF poziomu 2 wyznacza się obliczone od dołu wskaźniki (calculated rating from below) wyznaczone wg wzoru:

$$r_{2j}^C = \sum_{i=1}^n w_{li} \times r_{li}, j = 1, 2, \dots, n, \quad (5.4.3.1)$$

a następnie wskaźniki obliczone r_{2j} (*calculated rating*):

$$r_{2j} = 0,5 [r_{2j}^C + r_{2j}^E], j = 1, 2, \dots, n, \quad (5.4.3.2)$$

które bierze się do obliczeń na poziomie 3. Postępując w ten sposób dochodzi się do poziomu zdarzeń.

Na tym poziomie korzysta się tylko ze wzoru 5.4.3.2, wartości te określa się mianem: indeksy wpływu diagramu (*influence diagram index - I*) oraz wyznacza się ich niepewność.

6 WYZNACZENIE OPCJI STEROWANIA RYZYKIEM

W oparciu o oszacowanie ryzyka określa się obszary wymagające sterowania ryzykiem biorąc pod uwagę:

1. wysoki poziom ryzyka;
2. wysoki poziom prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku;
3. wysoki poziom ciężkości konsekwencji wypadku.

Wyznacza się sposoby sterowania ryzykiem, przypisując im odpowiednie atrybuty oraz określając łańcuchy przyczynowe. Atrybuty wskazują na sposób sterowania ryzykiem i występują w kategoriach:

A – odnoszące się do sposobu redukcji i ryzyka,

B – odnoszące się do wymaganego działania np. proceduralnego lub technicznego,

C – odnoszące się do zaufania, że dany sposób można zrealizować.

Łańcuchy przyczynowe umiejscawiają poszczególne sposoby sterowania ryzykiem i mają następującą postać:

Przyczyny → zdarzenia inicjujące → wypadek → okoliczności → konsekwencje

Sposoby sterowania ryzykiem mogą być ukierunkowane na:

1. redukcję zdarzeń inicjujących przez projektowanie;
2. łagodzenie skutków zdarzeń inicjujących;
3. ulżenie okolicznościom zdarzeń inicjujących;
4. łagodzenie skutków wypadków.

Zidentyfikowane sposoby sterowania ryzykiem grupuje się w ograniczoną liczbę opcji sterowania ryzykiem (RCO).

Wynikiem tego kroku są:

1. Lista RCO
2. Lista jednostek organizacyjnych (*stakeholders*), na które będą miały wpływ poszczególne RCO.

7 OSZACOWANIE KOSZTÓW I KORZYŚCI

Celem jest identyfikacja kosztów wprowadzenia w życie oraz zysków z tego płynących dla danej opcji sterowania ryzykiem. Wynik analizy przedstawia się jako zdyskontowaną wartość netto (NPV – net present value).

$$NPV = \sum_{t=0}^n [(C_t - B_t) (1 + r)^{-t}] \quad (7-1)$$

gdzie:

B_t – suma korzyści w roku /

C_t – suma kosztów w roku t

r – współczynnik dyskonta

t – kolejne lata cyklu życia systemu, $t = 1, 2, 3, \dots, n$

n – horyzont czasowy oceny.

Koszty powinny zostać odniesione do cyklu życia obiektu i obejmować koszty wytworzenia lub nabycia oraz koszty eksploatacji, szkoleń, inspekcji, certyfikacji, itd. Korzyści powinny ujmować redukcję kosztów towarzyszących nieszczęśliwym wypadkom, obejmujących wypadki z ludźmi, szkody w środowisku i ich usuwanie, ubezpieczenia od odpowiedzialności, naprawy statku itd. oraz korzyści ze wzrostu średniego czasu życia statku. Dla każdej RCO wyznacza się koszty jednostkowe przypadające na jednostkę redukcji ryzyka (cost per unit reduction in risk) – CURR.

$$CURR_{(dlakazlakaCO)} = \frac{NPV}{BRM_E} \quad (7-2)$$

gdzie:

BRM_E – zysk z redukcji ryzyka dla każdej opcji sterowania ryzykiem (RCO).

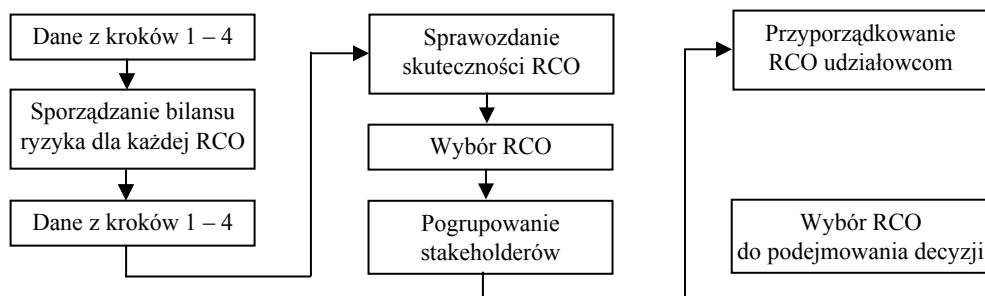
Wynikami tego kroku są:

1. Wykaz kosztów i korzyści każdej RCO,
2. Wykaz kosztów i korzyści dla każdej zainteresowanej strony (stakeholders),
3. Lista opcji RCO ułożona według kosztów jednostkowych CURR.

8 WYDANIE REKOMENDACJI DLA DECYDENTÓW

Metodyka FSA jest narzędziem wspomagającym proces podejmowania decyzji z uwzględnieniem ryzyka. Wyselekcjonowane w krokach 1 H- 4 opcje sterowania ryzykiem RCO pozwalają określić obszary zwiększonego ryzyka, a także ocenić koszty związane z ryzykiem, oraz koszty i zyski powstałe na skutek ograniczenia ryzyka.

Rekomendacje dla decydentów będą zależały od zakresu pracy objętego metodyką FSA. Dla projektu technicznego będą dotyczyły stosowania dodatkowych urządzeń lub rozwiązań technicznych pozwalających na obniżenie kosztów przy zachowanym poziomie bezpieczeństwa, dla dużych grup obiektów, np. typu statków będą dotyczyły zmian w przepisach klasyfikacyjnych lub międzynarodowych konwencjach. Proces wydawania rekomendacji dla decydentów zawiera się w algorytmie przedstawionym na rysunku 8.



Rys. 8. Algorytm procesu wydawania rekomendacji dla decydentów

9 ZAŁĄCZNIKI

9.1 Kategorie wypadków

- Kolizja (collision)
- Kontakt (contact)
- Pożar (fire)
- Eksplozja (explosion)
- Utrata integralności kadłuba (loss of hull integrity)
- Zatopienie (flooding)
- Wejście na mieliznę i zejście z niej po odlichtowaniu statku lub na wysokiej wodzie (grounding)
- Wejście na mieliznę (stranding)
- Wypadki związane z urządzeniami siłowni (machinery related accidents)
- Wypadki związane z ładunkiem (payload related accidents)
- Wypadki z substancjami niebezpiecznymi (hazardous substance accidents)
- Wypadki z ludźmi (accidents to personel)

9.2 Przykładowe zagrożenia

.1 Zagrożenie dla ludzi:

- wdychanie drobin azbestu,
- oparzenia ługami i kwasami,
- porażenie prądem elektrycznym,
- wypadnięcie za burłę,
- przyjmowanie pilota.

.2 Niebezpieczne substancje:

- palne wyposażenie,
- czyszczenie materiałów w pomieszczeniach,
- oleje/tłuszcze w kuchni,
- ładunek,
- farby, rozpuszczalniki, smary w magazynkach pokładowych,
- kable,
- paliwo do silników, kotłów i spalarek,
- paliwo, olej smarny i hydrol w zęzach i wannach ściekowych,

- czynniki chłodnicze,
 - systemy grzewcze.
- .3** Potencjalne źródła zapłonu:
- łuk elektryczny,
 - tarcie,
 - gorące powierzchnie,
 - otwarty płomień,
 - fale radiowe,
 - elektryczne wyposażenie nawigacyjne,
 - wyposażenie pralni - żelazka, pralki, suszarki, itd.,
 - oświetlenie pokładu,
 - gazy wydechowe z komina,
 - praca z występującym iskrzeniem,
 - sprężarki powietrza,
 - kolektory wydechowe silników spalinowych.
- .4** Zagrożenia zewnętrzne:
- sztormy,
 - wyładowania elektryczne,
 - obiekty podwodne,
 - inne statki.

9.3 Bezpieczeństwo masowców – MSC 74/5/X

Ze względu na bezpieczeństwo masowców IMO przyjęło dokument MSC74/5/x opracowany przez IACS i dotyczący integralności kadłuba masowców (Fore-end watertight integrity). W opracowaniu położono nacisk na integralność kadłuba masowców z uwzględnieniem oceny opcji sterowania ryzykiem, w celu zapobieżenia lub złagodzenia skutków zalania pierwszej ładowni.

Zakres opracowania respektował poszczególne kroki metodyki FSA, zgodnie z „FSA Interim Guidelines” i obejmował:

1. krok 1
Przegląd poprzednio przeprowadzonej identyfikacji ryzyka (MSC72/INF.4) i innych odpowiednich informacji zebranych podczas prac koordynowanych przez UK MCA. Zdefiniowanie modelowego statku masowca (Generic ship - bulk carrier). Zebranie i analiza odpowiednich danych z różnych źródeł na wszystkich poziomach.
2. krok 2
Analiza ryzyka utraty wodoszczelności integralnej forpiku i pierwszej ładowni z powodu uszkodzenia poszycia ładowni lub kanałów wentylacyjnych lub uszkodzenia pokryw ładowni, poprzez analizę częstotliwości i konsekwencji zdarzeń.
3. krok 3
Identyfikacja opcji kontroli ryzyka przez przegląd wcześniejszych opracowań przedstawionych przez IMO, jak np. raport na temat Derbyshire, ostatnie międzynarodowe przepisy i normy odpowiednie do projektowania konstrukcji masowców.

4. krok 4
Przeprowadzenie analizy kosztów dla wybranych opcji kontroli ryzyka.
5. krok 5
Przygotowanie dokumentacji służącej za podstawę do podejmowania decyzji.

Rozpatrywano opcje kontroli ryzyka już wprowadzone do międzynarodowych konwencji:

1. SOLAS, cz. XII.
2. Rozszerzony program przeglądów – ESP.
3. Wytrzymałość pokryw ładowni – IACS UR S21.

oraz nowe opcje kontroli ryzyka, takie jak:

1. Dziobówka czy nadburcie.
2. Wzmocnienia grodzi.
3. Wzmocnienia pokryw ładowni i używanie przyjaznego systemu zamykania pokryw ładowni.
4. Redukcja ładowności/wzrost wolnej burty.
5. Alarm wchodzenia wody dla otworów pokładowych.
6. Weryfikacja norm projektowania otworów w pokładzie.
7. Konstrukcja masowca o podwójnych burtach.
8. Zastosowanie i konserwacja pokrycia wewnętrznego w ładowniach, w konstrukcji o pojedynczych burtach.

10 BIBLIOGRAFIA:

1. Metodyka formalnej oceny bezpieczeństwa żeglugi (FSA) – A. Brandowski, 1998.
2. Procedura analizy rodzajów i skutków uszkodzeń – PN-IEC 812 z 1994 r.
3. Analiza ryzyka w systemach technicznych – PN-IEC 60300-3-9 z 1999 r.
4. Guidance notes on risk assessment applications for the marine and offshore oil and gas industries – American Bureau of Shipping – June 2000.
5. Problemy oceny bezpieczeństwa statku morskiego – A. Brandowski, maj 2000.
6. Niezawodność człowieka – K. Kosmowski, styczeń 2000.
7. Formal Safety Assessment – IMO MSC66/14.
8. The Interim Guidelines for the Application of FSA to the IMO Rule – Making Process – MSC/Circ.829/MEPC/Circ. 335.
9. Formal Safety Assessment – Trial Application to high speed passenger catamaran vessels. Final Report – IMO DE 41/Inf.7 z 12.12.1997.
10. Formal Safety Assessment – IMO MSC 72/INF.4.
11. Bulk Carrier Safety, Formal Safety Assessment, Fore – End Watertight Integrity – IMO MSC 74/5/X.
12. FSA Report - Bulk Carrier Safety, Formal Safety Assessment, Fore – End Watertight Integrity – IACS, May, 2001.