

**dr hab. inż. Zbigniew Łosiewicz, prof. ZUT**  
**st. of. mech. okr.**

Szczecin, 16 lipca 2021 r.

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Wydział Techniki Morskiej i Transportu  
Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa i Energetyki

Al. Piastów 41, 71-065 Szczecin  
Tel: +48 600 275 871  
e-mail: zbigniew.losiewicz@zut.edu.pl

## **R E C E N Z J A**

**rozprawy doktorskiej mgr Doroty Chybowskiej**

**pt. *Modelowanie przyczynowo-skutkowe procesu przebiegu katastrof z zastosowaniem drzew niezdatności i niezawodności systemów wielofazowych na przykładzie zdarzeń morskich.***

Rozprawa doktorska przygotowana została w **Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych.**

**Promotorem** jest prof.. dr hab. inż. **Jerzy Manerowski**

**Promotorem pomocniczym** jest dr inż., st.of.mech.okr. **Jarosław Myśków**

Podstawa opracowania: Pismo Nr 23/SN/R/22 z dnia 14.06.2022r. podpisane przez Kierownika Sekretariatu Naukowego Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych dr inż. Grzegorza Kowalczyka, prof. ITWL.

### **1. PRZEDMIOT BADAŃ i AKTUALNOŚĆ ROZPRAWY**

Rozprawa Pani mgr Doroty Chybowskiej dotyczy bardzo aktualnego problemu modelowania przyczynowo-skutkowego procesu przebiegu katastrof z zastosowaniem drzew niezdatności i niezawodności systemów wielofazowych na przykładzie zdarzeń morskich, szczególnie w związku ze wzrostem tonażu floty, wzrostem nośności jednostek pływających oraz intensywnym zainteresowaniem instytucji międzynarodowych takich jak IMO, EMSA zapobieganiu takim katastrofom. Autorka rozprawy podjęła tematykę modelowania przebiegu katastrof morskich, dostrzegając w tym obszarze badań możliwości uzupełnienia dotychczasowych działań i osiągnięć. W związku z tym, że przyczyny negatywnych zdarzeń na morzu, w tym bardzo poważnych wypadków prowadzących do katastrof skutkujących śmiercią wielu ludzi ogromnymi stratami finansowymi lub wielopokoleniowymi skutkami dla

środowiska morskiego nie są do końca wyjaśnione, a tym bardziej nie udaje się im zapobiec, Doktorantka opracowała autorskie podejście do modelowania łańcuchów przyczynowo skutkowych opierające się na eksperymentalnym podziale procesu przebiegu katastrofy na pięć faz z wykorzystaniem sieci zdarzeń oraz określenia wpływu poszczególnych zdarzeń elementarnych na wystąpienie każdej fazy danej katastrofy za pomocą analizy drzewa niezdatności (ang. *FTA - Fault Tree Analysis*). Podejście wielokryterialne tej metody pozwala na doprecyzowanie informacji o przyczynach negatywnych zdarzeń zarówno w obszarze technicznym, technologicznym, eksploatacyjnym, tzw. czynnika ludzkiego jak i interakcji jawnych i ukrytych między tymi elementami.

Autorka rozprawy dokonała analizy dostępnej wiedzy teoretycznej dotyczącej przebiegu, skutków i konsekwencji katastrof morskich oraz metod modelowania proponowanych przez innych badaczy. Na tej podstawie wytypowała populację 30 wypadków morskich dotyczących statków wybranych typów jak i wydobywco – magazynowo – produkcyjnych obiektów oceanotechnicznych.

Tematyka rozprawy jest aktualna i ważna, ponieważ z rozwojem techniki i technologii rośnie tonaż floty, wielkie rozmiary statków stwarzają coraz większe problemy wytrzymałościowe, przewożone są nowe ładunki o niespotykanych dotąd składach chemicznych, a często szkodliwych dla środowiska, statki są wyposażone w zaawansowane rozwiązania techniczne i sterownicze oraz kontrolno – diagnostyczne systemy elektroniczne przy równocześnie (w ramach wyrównania szans) relatywnie niskich wymaganiach Międzynarodowej Organizacji Morskiej poziomu wykształcenia szkolnego członków wielonarodowych załóg.

Sformułowanie tematu rozprawy należy uznać za właściwe i odpowiadające współczesnym potrzebom nauki jak i utylitarnym potrzebom szeroko pojętej gospodarki, w tym gospodarki morskiej. Informacje uzyskane przez Autorkę w wyniku badania scenariuszy opisanych przez różne zespoły i komisje państwowe powołane do badania wypadków morskich, badaczy innych organów i służb, naukowców oraz inne formalne i nieformalne źródła przyczyniają się do kompleksowego podejścia do tematu modelowania katastrof.

Doktorantka podejmując zagadnienia dotyczące modelowania przyczynowo-skutkowego procesu przebiegu katastrof z zastosowaniem drzew niezdatności i niezawodności systemów wielofazowych wpisuje się w wypełnienie luki badawczo – projektowej w zakresie badania katastrof jak i projektowania morskich jednostek pływających i przemysłowych obiektów oceanotechnicznych oraz systemów bezpieczeństwa.

Uważam, że recenzowana rozprawa mgr Doroty Chybowskiej dotycząca modelowania przyczynowo-skutkowego procesu przebiegu katastrof z zastosowaniem drzew niezdatności i niezawodności systemów wielofazowych była dużym wyzwaniem, przy równoczesnym dużym znaczeniu poznawczym i utylitarnym wyznaczonych zadań badawczych.

## 2. CELE I TEZA PRACY

Autorka rozprawy mgr Dorota Chybowska sformułowała tezę rozprawy następująco:  
***„W danej populacji katastrof w każdej fazie procesu przebiegu katastrofy wyróżnionej za pomocą sieci zdarzeń występują dominujące klasy zdarzeń elementarnych.”***

Dla udowodnienia postawionej tezy Autorka określiła cel rozprawy:  
***„Zbadanie wpływu poszczególnych zdarzeń elementarnych na wystąpienie określonej fazy katastrofy oraz zajście zdarzenia szczytowego”.***

Mgr Dorota Chybowska wskazuje, że zasadniczy cel pracy oraz potwierdzenie tezy osiągnęła poprzez wykonanie kolejnych etapów badań (zwanych w pracy „zadaniami”), których podział i zależności przedstawiła w postaci schematu blokowego (rys.3.1. str. 58) i polegających na:

- wytypowaniu 30 katastrof morskich o bardzo poważnych skutkach statków towarowych, pasażerskich i platform wydobywczych, które wystąpiły w latach 1912-2019,
- przyjęciu jako kryteria wyboru konsekwencje takie jak utrata życia przez dużą liczbę osób, utrata ładunku, pożar lub eksplozja, wyciek substancji niebezpiecznych i zanieczyszczenie środowiska, zatonięcie lub poważna awaria obiektu,
- identyfikacji ponad 600 zdarzeń elementarnych na podstawie danych uzyskanych z dostępnych raportów komisji badania wypadków, artykułów i książek naukowych, dostępnej dokumentacji armatorów, notatek prasowych oraz informacji pochodzących z baz danych na temat jednostek morskich.
- dokonaniu podziału przebiegu sieci zdarzeń każdej z katastrof na fazy: *utajoną, początkową, narastającą, krytyczną, ujścia energii*, oraz pogrupowaniu zdarzeń elementarnych każdej z katastrof w nazwane przez Autorkę „klasy zdarzeń”, oraz oznaczeniu ich symbolami literowymi,
- przypisaniu każdemu zdarzeniu elementarnemu w każdej z katastrof identyfikatora określającego klasę zdarzenia oraz numer jego miejsca w łańcuchu przyczynowo skutkowym danej katastrofy,
- określeniu w wybranej populacji katastrof prawdopodobieństwa wystąpienia każdego ze zdarzeń elementarnych jako prawdopodobieństwa a posteriori przynależności zdarzenia do

- określonej klasy zdarzeń, opierając się na częstości występowania każdej z klas zdarzeń w całej populacji wszystkich zdarzeń elementarnych analizowanych katastrof,
- opracowaniu 30 schematów blokowych opisujących proces przebiegu dla każdej z wybranych katastrof oraz dualnych drzew niezdatności jako pomocniczych modeli obliczeniowych,
  - na podstawie pomocniczych modeli obliczeniowych, przy użyciu programu wspomagającego analizy niezawodnościowe CARA FaultTree Application v. 4.1 Academic Edition firmy Sydvest Software wykonaniu obliczeń istotności poszczególnych zdarzeń elementarnych w każdej z faz każdej z katastrof z wykorzystaniem niezawodnościowej miary Birbauma, strukturalnej miary Birbauma, miary Vesely-Fussela, miary krytyczności oraz potencjału poprawy. Istotność danego zdarzenia elementarnego określa jego wpływ na wystąpienie określonej fazy katastrofy.
  - dla wytypowanych 150 faz analizowanych katastrof ustaleniu rankingu istotności zdarzeń, czyli ich wpływu na wystąpienie danej fazy danej katastrofy (od najważniejszych do najmniej ważnych),
  - podsumowaniu wyników statystycznych dotyczących występowania poszczególnych klas zdarzeń jako najbardziej istotnych w każdej z analizowanych faz w całej populacji katastrof oraz sformułowanie wniosków dotyczących udziału poszczególnych zdarzeń ich klas w podziale na fazy katastrofy,
  - sformułowaniu ogólnych wniosków dotyczących postawionej tezy badawczej.

### **3. UKŁAD PRACY I STRUKTURA PODZIAŁU TREŚCI**

Recenzowana rozprawa składa się z 273 stron, spisu skrótów i oznaczeń, wstępu, pięciu zasadniczych rozdziałów, oraz podsumowania z wnioskami końcowymi i wytyczonym kierunkiem dalszych badań Autorki. Zawiera spis bibliografii, w tym 128 pozycji literaturowych i pozycji stron internetowych (w tym 2 współautorskie), 5 zdjęć, 86 rysunków, 98 tabel, 30 załączników. Większość pozycji literaturowych jest anglojęzyczna.

Układ pracy i struktura podziału treści są poprawne, zgodne z przyjętą koncepcją badawczą i wynikają z określonego celu i wyznaczonych zadań badawczych. Materiał ilustrujący tekst dysertacji ułatwia zrozumienie prowadzonych rozważań. Wykaz literatury stanowi bogaty materiał bibliograficzny, świadczący o dobrej znajomości problematyki będącej przedmiotem rozprawy doktorskiej.

Oceniając strukturę rozprawy stwierdzam, że jest ona poprawna i zgodna z przyjętą koncepcją badawczą. Autorka wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną w reprezentowanej

dyscyplinie nauki, dobrą znajomością przedmiotu badań, umiejętnością analitycznego spojrzenia na rozpatrywany problem oraz samodzielnością w formułowaniu treści rozprawy.

We **Wstępie** (str. 14-16) Autorka przedstawiła argumentację uzasadniającą podjęcie badań naukowych będących tematem rozprawy oraz scharakteryzowała główne problemy badawcze. Opisała trendy rozwojowe w budownictwie okrętowym i przemysłowych obiektów oceanotechnicznych oraz związane z tym zagrożenia w transporcie morskim prowadzące do katastrof skutkujących ofiarami w ludziach oraz degradacją środowiska morskiego.

Powołując się na pozycje literaturowe wybranych autorów wskazuje, że ze względu na złożoność tematu narzędzia analityczne, teorie, modele, podejścia stosowane do opisu zjawisk zachodzących podczas wypadków jak i dotychczasowe badania przyczynowości wypadków są niewystarczające. Zwraca uwagę na ograniczone bazy danych dotyczące wypadków morskich, zwłaszcza z powodu specyfiki badanych wyspecjalizowanych obiektów, stosowania języka państwa bandery lub badającej komisji oraz regionu występowania zdarzenia, co ogranicza możliwość wykorzystania takich źródeł.

Przedstawiła także ogólny opis swoich badań, w tym tezę pracy *„iż w danej populacji katastrof w każdej fazie procesu przebiegu katastrofy wyróżnionej za pomocą sieci zdarzeń występują dominujące klasy zdarzeń elementarnych”* oraz uznała, że potwierdzenie tezy wymagało realizacji szeregu celów poznawczych i użytkowych. Niezbędne do tego było wytypowanie populacji 30 katastrof statków towarowych, pasażerskich oraz platform wydobywczych. Jako kryterium wyboru Autorka przyjęła utratę życia przez dużą liczbę osób, utratę ładunku, pożar i/lub eksplozję, wyciek substancji niebezpiecznych i zanieczyszczenie środowiska, zatonięcie lub poważną awarię obiektu wydobywczego. Następnymi krokami modelowania łańcuchów przyczynowo skutkowych prowadzących do katastrofy było dokonanie klasyfikacji zidentyfikowanie zdarzeń elementarnych w badanej populacji katastrof, ich klasyfikacji i podział na fazy przebiegu katastrofy zgodnie z siecią zdarzeń utajoną, narastającą, krytyczną i ujścia energii. Autorka opracowała schematy blokowe opisujące proces przebiegu katastrofy sieć zdarzeń poparcu o które oszacowała prawdopodobieństwa przynależności poszczególnych zdarzeń elementarnych do przyjętych klas zdarzeń analizowanej populacji katastrof następnie autorka opracowała 30 modeli katastrof morskich w postaci dualnych drzew niezdatności i wyznaczyła prawdopodobieństwo zdarzeń elementarnych oraz dokonała wspomaganym komputerowo obliczeń ilości zdarzeń elementarnych składających się na każdą z faz poszczególnych katastrof za pomocą niezawodność owej miary Birnbauma, strukturalnej miary Birnbauma, miary Veseley-Fussella, miary krytyczności oraz potencjału poprawy, co

umożliwiło autorce określenie rankingu zdarzeń elementarnych w każdej z analizowanych katastrof dla odwzorowania wpływu poszczególnych zdarzeń elementarnych na wystąpienie danej fazy katastrofy.

W **Rozdziale 1** „*Wprowadzenie*” (str.17-30) Autorka przedstawiła statek morski jako obiekt eksploatowany w środowisku morskim, przedstawiła zagadnienie bezpieczeństwa statku i żeglugi oraz podała argumentację sformułowania głównego celu pracy, którym było „*pozyskanie nowej, interdyscyplinarnej wiedzy podstawowej z zakresu modelowania katastrof morskich*”.

W **Rozdziale 2** „*Teorie i modele przyczynowości wypadków*” (str. 31-56) w podrozdziałach Doktorantka opisała wybrane teorie i modele przyczynowości wypadków, w tym *teorię domina* Heiricha, *teorie organizacyjno-procesowe*, *teorie behawioralne*, *cybernetyczną teorię zagrożeń*, *modele przyczynowości wypadków*.

Część zasadnicza rozprawy rozpoczyna się od przedstawienia przez Autorkę w **Rozdziale 3** „*Teza cele i zakres pracy*” (str. 57-72) metody badawczej będącej połączeniem metody „*sieci zdarzeń*” oraz metody „*analizy drzew niezdatności*” (FTA). Pierwsza z wymienionych metod umożliwia odtworzenie przebiegu katastrofy jako procesu złożonego ze zdarzeń i stanów o różnym charakterze, które można skategoryzować i podzielić na mniejsze zdarzenia i stany (zdarzenia elementarne). Pozwala to przyporządkować przebieg całej katastrofy adekwatnie do faz w sieci zdarzeń elementarnych (najniższego poziomu) na zdarzenia pośrednie prowadzące finalnie do katastrofy (zdarzenia szczytowego).

W rozdziale tym mgr Dorota Chybowska sformułowała tezę, cel rozprawy (przedstawione w punkcie 2) oraz zadania niezbędne do udowodnienia tezy i osiągnięcia celu.

W punkcie 3.2. „*Obiekt analizy*” na podstawie opisanych wcześniej kryteriów Autorka przedstawiła 30 wybranych katastrof morskich oraz ich skutki.

W punkcie 3.3. „*Modelowanie katastrof*” Autorka przedstawiła schemat blokowy etapów realizacji rozprawy (Rys.3.2., str. 63), opisała realizację opisanych w poprzednim rozdziale zadań przedstawiając wzory i funkcje służące do obliczeń i tworzenia modeli katastrof.

W punkcie 3.4. „*Analizowanie modeli katastrof*” Autorka poddała analizie jakościowej i ilościowej utworzone modele. Opisała metody badania istotności zdarzeń elementarnych, w tym wskaźniki takie jak *niezawodnościowej miary Birbauma*, *strukturalnej miary Birbauma*, *miary Vesely-Fussela*.

W **Rozdziale 4**. „*Charakterystyka przebiegu katastrof morskich*” (str. 73 -115) Autorka po analizie jakościowej poszczególnych zdarzeń elementarnych jak i analizie występowania cech

wspólnych dla zbliżonych zdarzeń w różnych katastrofach, zdarzenia takie przypisała do klas opierając się na podobieństwach między nimi. Charakterystykę klas zdarzeń przedstawiła w tabeli 4.1.(str. 73). Kryteriami, według których określała klasy były: błędy popełnione przez człowieka oraz jego zdolności psychofizyczne, nieefektywny system zarządzania i kontroli, panujące warunki środowiskowe, stan techniczny urządzeń i wyposażenia, działania zwanej siły wyższej. Dodatkowo na podstawie analizy badanej populacji katastrof przygotowała szczegółowy opis zdarzeń zakwalifikowanych do poszczególnych klas. Według tej klasyfikacji Autorka przeanalizowała 30 wybranych katastrof.

**Rozdział 5** (str.116 – 206) jest bardzo ważną częścią rozprawy. Autorka w sposób przejrzysty przedstawiła modele wybranych katastrof, ich analizy zgodnie z podejściem przedstawionym w rozdziale trzecim i opracowanymi w rozdziale czwartym opisami katastrof. Prawdopodobieństwo wystąpienia każdej z klas określono w odniesieniu do analizowanej populacji 30 katastrof. Zestawienie poszczególnych klas, liczebności zdarzeń elementarnych należących do danej klasy zdarzeń oraz wyznaczonego prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych zdarzeń elementarnych w badanej populacji zdarzeń przedstawiono w tabeli 5.1. (str.116) „*Charakterystyka ilościowa klas zdarzeń w badanej populacji katastrof*”. Dla każdej katastrofy opracowano schemat blokowy, model przyczynowo skutkowy oraz dualne drzewo niezdatności opisujące relacje pomiędzy zdarzeniami elementarnymi. Analiza opracowanych modeli umożliwiła uzyskanie ilościowych wskaźników przydatnych w analizie danej katastrofy oraz przebiegu poszczególnych faz.

Rozprawę kończy rozdział **Wnioski** (str. 210 - 221), w którym mgr Dorota Chybowska dokonała podsumowania wykonywanych badań, analiz i obliczeń opisanych w rozprawie. Zaakcentowała autorskie innowacyjne rozwiązania zastosowane w metodzie badawczej. Przedstawiła użyteczne wartości zastosowania opracowanej metody. Wnioski podsumowała zasadnym stwierdzeniem, że opracowana i zweryfikowana metoda badań potwierdziła wysuniętą na wstępie tezę.

W podpunkcie „**Kierunek dalszych badań**” Doktoranta przedstawiła założenia i kierunki dalszych badań.

Praca zawiera także zbiór 30 załączników przedstawiających drzewa niezdatności opisujących przebieg wybranych katastrof o tytule ”Drzewa niezdatności i oszacowana istotność zdarzeń”.

#### **4. Formalna ocena rozprawy.**

Praca jest napisana poprawnie. Jest dobrze sformatowana. Ma przejrzysty i schludny charakter. Rysunki i tabele są przemyślane i wykonane bardzo starannie i czytelnie.

Podział rozprawy na rozdziały i podpunkty jest logiczny i czytelny. Sformułowane przez Doktoranta myśli są jasne i jednoznaczne, a przytaczane argumenty trafne i logicznie wkomponowane w treść pracy. Poszczególne frazy i rozdziały dobrze komponują się w całość pracy. Podział treści na rozdziały ujmują wszystkie istotne elementy tematu rozprawy. Właściwy układ rozdziałów polega na konsekwentnej kontynuacji tematu i celu pracy. Rozprawa zawiera w kolejności: analizę istniejącej wiedzy i osiągnięć technicznych w dziedzinie monitoringu i identyfikacji jednostek pływających, następnie jest przedstawiona identyfikacja problemów, wybór metody badawczej, opis użytych narzędzi badawczych, opis badań zgodnych z przyjętą metodyką, analiza danych oraz weryfikacja tezy i celu rozprawy. Konsekwencją takiego układu pracy jest czytelne przedstawienie modelowania przyczynowo-skutkowego procesu przebiegu katastrof z zastosowaniem drzew niezdatności i niezawodności systemów wielofazowych na przykładzie zdarzeń morskich wraz z wnioskami. Oceniając układ i treści recenzowanej rozprawy doktorskiej stwierdzam jednoznacznie, że treść rozdziałów jest powiązana z tytułem pracy i stanowi rozwinięcie tezy badawczej, a także w pełni odpowiada sformułowanemu celowi pracy.

#### **5. WALORY ROZPRAWY I JEJ PRZYDATNOŚĆ PRAKTYCZNA**

Rozprawa mgr Doroty Chybowskiej porusza aktualny i ważny temat analiz wypadków morskich w aspekcie poprawy bezpieczeństwa żeglugi morskiej. Wysoki poziom analizy dostępnej wiedzy teoretycznej widoczny w pierwszym rozdziale wskazuje na duże zaangażowanie Autorki w studiowaniu dostępnych źródeł literaturowych. Pozwoliło to Doktorantce na trafną identyfikację problemów występowania wypadków morskich oraz na sformułowanie aktualnego tematu rozprawy, tezy i celu pracy badawczej. Podjęła także duże wyzwanie opracowując autorską metodykę badań mających na celu weryfikację tezy jak i osiągnięcie założonego celu tj. przydatności badań do podniesienia poziomu bezpieczeństwa żeglugi jak i nowej metodyki modelowania wypadków morskich. W pracy zrealizowano szereg celów użytecznych. Wyniki te Autorka uzyskała poprzez metodyczne, naukowe dokonanie przeglądu teorii modeli i metod wykorzystywanych w badaniu przyczyn źródłowych wypadków i katastrof, przygotowanie szczegółowego opisu 30 katastrof morskich wymagających szczegółowej analizy dostępnych materiałów, identyfikację 608 zdarzeń elementarnych, podziału każdej katastrofy na 5 wytypowanych przez Autorkę faz



i opracowanie blokowych modeli ich przebiegu z wykorzystaniem sieci zdarzeń, co wymagało ścisłego zachowania chronologii, a także badań wielopłaszczyznowych. Opracowanie 30 modeli katastrof w postaci dualnych drzew niezdatności, wyznaczenie prawdopodobieństw wystąpienia katastrofy o danym przebiegu prawdopodobieństwa zdarzenia szczytowego izolowanej populacji wymagało żmudnych działań co wskazuje na cierpliwość, konsekwencję i dyscyplinę badacza. Sformułowane wnioski wskazują na umiejętność krytycznej oceny wyników badań, przy równoczesnym dystansie, dążeniu do obiektywizmu i pokorze wobec wyników badań naukowych.

W podsumowaniu oraz przedstawiając kierunki dalszych badań mgr Dorota Chybowska podkreśliła, że podejście wielokryterialne opracowanej w rozprawie metody pozwala na doprecyzowanie informacji o przyczynach negatywnych zdarzeń zarówno w obszarze technicznym, technologicznym, eksploatacyjnym, tzw. czynnika ludzkiego jak i interakcji jawnych i ukrytych między tymi elementami.

Przytoczone powyżej argumenty wskazują, że Doktorantka zrealizowała cel rozprawy i udowodniła tezę.

**Za główne osiągnięcie mgr Doroty Chybowskiej** wynikające z przedstawionej rozprawy doktorskiej uważam:

- autorskie podejście do modelowania łańcuchów przyczynowo skutkowych opierające się na eksperymentalnym podziale procesu przebiegu katastrofy na pięć faz z wykorzystaniem sieci zdarzeń oraz określenia wpływu poszczególnych zdarzeń elementarnych na wystąpienie każdej fazy danej katastrofy za pomocą analizy drzewa niezdatności (ang. *FTA - Fault Tree Analysis*).
- stworzenie 30 schematów blokowych opisujących proces przebiegu dla każdej z wybranych katastrof oraz dualnych drzew niezdatności jako pomocniczych modeli obliczeniowych,
- na podstawie pomocniczych modeli obliczeniowych wykonanie obliczeń istotności poszczególnych zdarzeń elementarnych w każdej z faz każdej z katastrof z wykorzystaniem niezawodnościowej miary Birbauma, strukturalnej miary Birbauma, miary Vesely-Fussela, miary krytyczności oraz potencjału poprawy.
- ustalenie rankingu istotności zdarzeń, czyli ich wpływu na wystąpienie danej fazy danej katastrofy.

Podsumowując uważam, że zarówno struktura rozprawy, użyty język, metodyka opracowania dostępnego materiału teoretycznego jak i doświadczalnego, a także metodyka przedstawionych badań są zgodne ze standardami wymaganymi od rozpraw doktorskich.

Autorka szczegółowo i przejrzysto opisała przeprowadzone metodykę badań i obliczenia oraz starannie wykonała opracowane schematy blokowe i drzewa niezdatności.

Równocześnie należy stwierdzić, że mgr Dorota Chybowska wykazała się bardzo dużą wiedzą teoretyczną w reprezentowanej dyscyplinie nauki, umiejętnością analitycznego i logicznego podejścia do rozpatrywanego problemu, bardzo dobrą znajomością przedstawionego w rozprawie przedmiotu badań, oraz biegłym opanowaniem metod stosowanych w dyscyplinie *Inżynieria Mechaniczna*. Powyższe fakty świadczą o należyтым przygotowaniu mgr Doroty Chybowskiej do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

## 6. PYTANIA SZCZEGÓŁOWE I UWAGI KRYTYCZNE

Podkreślając, że uważam, iż rozprawa jest merytorycznie poprawna, napisana starannie i poprawnie pod względem językowym i stylistycznym, to Autorka nie ustrzegła się błędów redakcyjnych oraz nieścisłości merytorycznych:

- na str. 116 Rozdział „*Modele katastrof morskich*” powinien wg wcześniejszej numeracji oraz *Spisu treści* być Rozdziałem 5, również od „5” powinna się zaczynać numeracja opracowań katastrof w tym rozdziale,

- na str. 210 Rozdział „*Wnioski*” powinien wg wcześniejszej numeracji oraz *Spisu treści* być Rozdziałem 6”.

- w Rozdziale 4. (78-115) w tabelach, w kolumnach „*Opis zdarzeń*” wydaje mi się zasadnym zaznaczenie przez Autorkę cech wypadku pochodzących z własnych analiz Autorki, co wskazywała wcześniej

### **Uwagi dotyczące treści merytorycznych:**

- wydaje mi się uzasadnioną polemiką z Autorką dotyczącą cytowanego Wang [7] (str. 15) „*dotychczasowe badania z zakresu przyczynowości wypadków w transporcie morskim są niewystarczające, szczególnie do skali badań prowadzonych w transporcie drogowym i lotniczym*” oraz „*ponadto praca [7] zwraca uwagę na jakość osiągniętych wyników - ze względu na fakt, iż badania zostały przeprowadzone dla konkretnych akwenów lub typów statków morskich mają one ograniczone zastosowanie dla innych regionów żeglugi i typów statków*”

Również (str. 15):

- „*Z kolei Chen [8] zwraca uwagę że badania naukowe, których wyniki przedstawiłyby czynniki prowadzące do wypadków morskich w sposób bardziej wyczerpujący i kompleksowy są ubogie, a w szczególności takie wyniki które wzięłyby pod uwagę różne regiony, w których doszło do wypadków oraz różne typy jednostek pływających.*”

Takie określenia uważam za nieuzasadnione, dlatego że każdy wypadek, katastrofa ma swoją specyfikę. Dlatego też raporty oraz inne formy publikowania wyników badań odzwierciedlają specyfikę danego wypadku w konkretnym miejscu, w konkretnym czasie, biorąc pod uwagę konkretnych członków załogi, o konkretnej narodowości, kulturze technicznej i wykształceniu, a także zawsze istotna jest wielkość statku, jego wiek, stopień zaawansowania. Wszystkie te elementy zmieniały się na przestrzeni lat, a równocześnie zmieniały się przepisy o minimalnym wyposażeniu statków, wyszkoleniu załogi, realia zarządzaniem statkiem. Dlatego też katastrofy z 1912 roku nie można porównać do katastrof z lat późniejszych, w tym z 2019 roku. Odpowiedzią na podobne sformułowania jest sprawa wypadku - katastrofy ekologicznej z 24 lipca 2020 japońskiego masowca *Wakashio* klasy *capsize* ukazującego jak działające zakulisowo ogromne pieniądze japońskiego armatora deformują wynik badań komisji, a raczej powodują zaniechanie badań wielu cieszących się zaufaniem publicznym organizacji.

Wydaje mi się, że warto przemyśleć sformułowania dotyczące relacji między systemami cyfrowymi i działaniami ludzi (załogami statków tzw. czynnikiem ludzkim):

- Na str. 25 „*Nowe technologie wprowadzane na statek redukują wprawdzie ryzyko wystąpienia błędu ludzkiego obciążonego główną odpowiedzialnością za wypadek morski i szacowanego na poziomie 75 96% [10], ale powodują wzrost ryzyka w relacji z otoczeniem oraz wartością statku i ładunku [20]. Nowe technologie na statku niosą nowe typy ryzyka*”.

Także:

- Na str. 25 „*Jako że człowiek jest najsłabszym ogniwem systemu bezpieczeństwa i kontroli bezpieczeństwa w transporcie morskim wyrażane obecnością coraz liczniejszych technologii na statku mają na celu wesprzeć operatora statku w podejmowanej decyzji by realizować naczelną zasadę transportu morskiego: safety first (z ang. bezpieczeństwo przede wszystkim) Technologie stosowane na współczesnych statkach i obiektach oceanotechnicznych ewoluują w kierunku zwiększenia zakresu zdalnego podejmowania decyzji przez operatora na podstawie dostarczanych danych z systemu albo do jego całkowitej eliminacji i podejmowania decyzji przez system. W obliczu takich warunków zrozumienie procesu przebiegu katastrofy na morze wydaje się obligatoryjne.*”

Jak również:

Sprzecznymi wydają się określenia na str. 27 „*Systemy kontroli bezpieczeństwa na współczesnych statkach są coraz bardziej złożone z jednej strony wskutek nadmiarowości i wielu poziomów zabezpieczeń, z drugiej w wyniku stosowania technologii cyfrowych, które są*

*novum w transporcie morskim i niosą za sobą dodatkowe poziomy zabezpieczeń, nowy rodzaj zależności, interakcji i ryzyka jak również słabe, jeszcze nieujawnione ogniwa [26]”*

i sformułowanie:

*„Myślenie a priori o katastrofie podczas budowy wysoko specjalistycznej jednostki, których współcześnie występuje coraz więcej w transporcie morskim, nie jest raczej praktykowane, ale jak pokazują liczne przypadki przedstawione w pracy, powinno być obligatoryjne.”*

Fraza „*wskutek nadmiarowości i wielu poziomów zabezpieczeń*” właśnie świadczy o myśleniu o bezpieczeństwie i zapobieganiu katastrofom *a priori* podczas projektowania i budowy statków. Innym zagadnieniem jest celowość stosowania różnych systemów. Często są one przeznaczone do informowania producenta urządzenia lub maszyny o poziomie staranności wykonywania zadań eksploatacyjnych przez załogę, a w mniejszym stopniu służy wsparciu decyzji operatora.

Problemem są raczej zbyt niskie wymagania poziomu wykształcenia szkolnego marynarzy, ponieważ wg IMO do osiągnięcia stopnia kapitana lub starszego oficera mechanika wystarcza średnie wykształcenie i nie jest wymagana matura. Dlatego też często operatorzy nie potrafią zinterpretować otrzymywanych w wersji cyfrowej danych. Równocześnie przy nasyceniu elektroniką statku, w obowiązkowych składach załóg nie jest wymagany elektryk.

Nie można porównywać i należy również inaczej postrzegać urządzenia elektroniczne służące *wsparciu decyzji kapitana i załogi* od urządzeń elektronicznych i wyposażenia *statków autonomicznych* o których jest publikacja [20]. Systemy te zostały zaprojektowane według zupełnie innych założeń funkcjonalno – technicznych jak i przeznaczone są do działania w różnych środowiskach pracy systemów.

Należy także zwrócić uwagę, że mimo różnego rodzaju wsparcia urządzeń elektronicznych i cyfrowych oraz armatora, według prawa morskiego np. *ISM Code* wymuszającego stosowanie *Systemu Zarządzania Bezpieczeństwa* na każdym statku konwencyjnym, **to zawsze na kapitanie jako Dowódcy Jednostki spoczywa cała odpowiedzialność za prowadzenie statku i to kapitan ostatecznie jest odpowiedzialny za wynik działań** pilota lub systemu elektronicznego lub armatora. Dlatego też to jego decyzja jako działanie „*czynnika ludzkiego*” jest oceniana przez komisje powypadkowe.

W punkcie 1.2. *Bezpieczeństwo statku jego eksploatacji* Autorka zwraca uwagę że „*Najpoważniejsze w skutkach katastrofy związane są z eksploatacją instalacji chemicznych i procesowych, elektrowni atomowych oraz środków transportu*” dotyczy to również statków i obiektów oceanotechnicznych ze względu na ich wielkość.

Autorka nie podaje jednak proporcji ilości katastrof do ilości statków przepływających w jakiegokolwiek jednostce czasu. Dlatego trudno jest ustalić, czy katastrofy te były incydentalne, czy spowodowane błędami powtarzalnymi.

Również niewłaściwe wydaje się określenie na str. 39 „*Krytyczną odpowiedzią do NAT i HRT jest teoria inkubacji katastrofy DIT Barry’ego Turnera (1978)*”, ponieważ wcześniej Autorka podała na str.35, że twórcą teorii nad jest Charles Perrow (1984), natomiast teoria HRT jest to teoria którą stworzyli naukowcy z Uniwersytetu Kalifornijskiego w latach 1987-2005. Widoczna jest tu więc sprzeczność chronologiczna.

Brakuje mi w pracy także krótkiej analizy działań prowadzonych przez wiele lat przez IMO (struktura ONZ ds. bezpieczeństwa na morzu i ochrony środowiska morskiego) i EMSA (organizacja powołana przez UE ds. bezpieczeństwa na morzu i ochrony środowiska morskiego). Organizacje te np. po wypadku zbiornikowca olejowego *Prestige* podjęły znaczące instytucjonalne działania dotyczące badania wypadków morskich.. Parlament Europejski utworzył Tymczasową Komisję dla badania katastrof morskich. W czerwcu 2002 r. powołano *Europejską Agencję Bezpieczeństwa Morskiego* (ang. *European Maritime Safety Agency, EMSA*), z siedzibą w Lizbonie, **zadaniem której jest zapewnianie zaplecza naukowo-technicznego wspomagającego państwa członkowskie przy wdrażaniu prawodawstwa wspólnotowego oraz ocena wpływu tego prawodawstwa na wzrost bezpieczeństwa morskiego.** Drugim rozwiązaniem jest **unijny system informacji**, mający poprawić efektywność monitorowania szlaków morskich. Statki wpływające na wody UE muszą być wyposażone w System Automatycznej Identyfikacji automatycznie komunikujący się z administracją wybrzeża (ang. *Automatic Identification System (AIS)*). **Administracje różnych szczebli mają dostęp do danych dotyczących ładunków niebezpiecznych przewożonych drogą morską, a Państwa Członkowskie lub unijne organizacje będą mogły skuteczniej działać w razie wypadku lub wystąpienia ryzyka zanieczyszczenia.**

Przy silnym oporze ze strony rządów UE (będących pod presją unijnych armatorów) zostały wprowadzone w życie od lipca 2003 r. przepisy, **obligujące armatorów do wyposażenia każdego statku w rejestrator danych rejsu "czarną skrzynkę", który w razie wypadku ma dostarczać informacji prowadzącym dochodzenia.**

Również Komitet Bezpieczeństwa Morskiego Międzynarodowej Organizacji Morskiej na podstawie Rezolucji MSC.255(84) przyjął ***Kodeks międzynarodowych standardów i zalecanych praktyk postępowania w sprawach badania wypadków lub incydentów morskich (Kodeks badania wypadków)***, rezolucja przyjęta została także przez Międzynarodową

Organizację Morską (IMO) w dniu 16 maja 2008 r. (Dz. Urz. MI z 2011 r. Nr 9, poz. 44), oraz Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/18/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. ustanawiająca **Podstawowe zasady regulujące dochodzenia w sprawach wypadków w sektorze transportu morskiego** i zmieniająca dyrektywę Rady 1999/35/WE oraz dyrektywę 2002/59/WE Parlamentu Europejskiego i Rady (Dz. Urz. UE L 131 z 28.05.2009, str. 114, z późn. zm.).

Ponieważ nie znalazłem według mnie tak ważnych w temacie rozprawy informacji, według mnie wskazuje to, że Doktorantce brakuje jeszcze doświadczenia np. w badaniu realnych wypadków, katastrof. Na takie badanie wypadku państwowe komisje badania wypadków morskich w różnych krajach europejskich współpracujących z EMSA mają cały rok na opracowanie i opublikowanie raportu z wnioskami i zaleceniami, co pozwala na dogłębne zbadanie wypadku. **Natomiast wynik raportu musi opierać się tylko na twardych jednoznacznych dowodach i nie jest to dobry materiał źródłowy. Takim materiałem są bazy zebranych przez Komisję danych**, ale ze względu na ochronę danych osobowych (zalecenia EMSA) i dobra zainteresowanych stron mają klauzulę poufne lub tajne i nie są publikowane.

- Nietrafne wydają mi się sformułowania w Rozdziale 6. (str. 216) *Wnioski, temat „... inne wnioski pkt. 5. Pośród uniwersalnych czynników mających wpływ na proces przebiegu katastrofy na morzu można wymienić:*

-,*„Niekwestionowanie przez załogę niższego szczebla autorytetu kapitana (przywódcy) i jego poleceń”.*

Struktura zarządzaniem statku jest hierarchiczna i to **Kapitan jako Dowódca Jednostki jednoosobowo podejmuje ostateczne decyzje i jest ostatecznie odpowiedzialny za każdy manewr statku. Nikt nie tylko nie powinien, ale nie ma prawa kwestionować eksploatacyjnych decyzji kapitana (dotyczy to także armatora).**

Nie zgadzam się także ze sformułowaniem:

- „Dążenie do ładu grupowego objawiającego się unikaniem konfliktu pomimo posiadania odmiennego zdania od innych członków załogi”.

Prawo tworzone przez IMO, *Kodeks ISM* wskazuje Kapitana i Starszego Oficera Pokładowego jako odpowiedzialnych za „atmosferę na statku i tworzenie kultury pracy i bezpieczeństwa”.

Wymagałoby wg mnie doprecyzowania sformułowanie:

- „Fiksacja polegająca na niemożności dokonania rewizji własnych ocen w obliczu nowych niekorzystnych faktów i utrzymanie obranego kierunku działania pomimo ewidentnego zagrożenia”.

Praca na morzu wymaga codziennych decyzji w obliczu i pod presją zagrożeń niespotykanych na lądzie. Myślę, że bez uszczegółowienia czego, kogo i w jakich okolicznościach na morzu, na statku to sformułowanie dotyczy, jest ono niezrozumiałe, w tym słowo fiksjacja.

Uważam, że również wymagałoby doprecyzowania sformułowanie:”

- „bezdyskusyjne poleganie na nowych technologiach dające fałszywe poczucie pewności prowadzące do zignorowania zagrożenia”.

Na temat *systemów wspomagania decyzji* różnych decydentów można znaleźć w literaturze bardzo wiele opracowań chwalcących te systemy. Równocześnie to te systemy rejestrują dane i działania decydenta (włączanie urządzeń, zmiany kursów, zmiany nastaw urządzeń, za/wyłączanie systemów, itp.). Zapisy te są dowodami w ocenach załóg przez armatorów, producentów urządzeń oraz w badaniach katastrof. Przy komputerowej wizualizacji baz danych, a przy ograniczonym wykształceniu międzynarodowych załóg (równocześnie zgodnym z wymaganiami IMO ) według mnie sformułowanie to wskazuje na spojrzenie naukowca o zupełnie nieporównywalnym poziomie wiedzy, sposobie myślenia, prawie nieograniczonym czasie dokonywania analiz i warunkach pracy niż członek załogi o wykształceniu na poziomie szkoły średniej, od którego wymaga się minimum wiedzy potrzebnej do uzyskania odpowiedniego dyplomu, pracujący w warunkach statkowych, morskich zasypywany w krótkim przedziale czasu ogromną ilością danych, często przekraczające percepcję człowieka. Dlatego musi polegać na podawanych mu danych wynikowych i szybko reagować. Refleksje przychodzą często z problemami wynikłymi z błędnego działania.

Niezrozumiałym dla mnie jest sformułowanie:

- *Homeostaza ryzyka*.

Sformułowanie to wydaje mi się zbyt lakoniczne i bez doprecyzowania jest dla mnie niezrozumiałe.

Proszę Doktorantkę o doprecyzowanie tego sformułowania, ponieważ w rozprawie definicje, wartości, poziomy akceptacji, znaczenie słowa i pojęcia *ryzyka* jest bardzo ważna.

Również mam inne zdanie (odniosłem się do tych kwestii we wcześniejszych punktach)

co do sformułowań zawartych w Rozdziale 6. Wnioski (str. 217) „*Ograniczony dostęp do danych z powodu braku raportów komisji powypadkowych lub w wersji językowej raportu zgodnej z krajem komisji powypadkowej) tj. np. francuskiej japońskiej filipińskiej itd.*”

Jak i:

- „*Brak uniwersalnych procedur dotyczących sposobu zbioru danych powypadkowych w transporcie morskim oraz ich prezentacji*”

Również sformułowania na str. 217 wydają mi się wynikiem braku doświadczenia praktycznego Doktorantki w temacie badania wypadków morskich:

- „*Barierą do badania przyczynowości katastrof morskich co ciekawe nie okazał się czas który upłynął od zajścia katastrofy ale miejsce w którym ona się zdarzyła*”.

Jest to wniosek Autorki przy prowadzeniu badań na podstawie dokumentów powypadkowych. Podczas badania wypadku czas ma kluczowe znaczenie, bo ślady są bezpowrotnie tracone, a zeznania ludzi zmieniają się choćby pod wpływem nabytej z czasem dodatkowej wiedzy, pracy mózgu człowieka zeznającego lub np. pod wpływem prawników, a także działania interesów wielu zainteresowanych grup.

Wydaje mi się ważne doprecyzowanie sformułowanie:

- „*Różna jakość dostępnych danych powypadkowych różny poziom szczegółowości różne akcenty członków komisji, różnorodne metody analizy wypadku itp.), co skłoniło autorkę do samodzielnego opracowania szczegółowych opisów przebiegu katastrofy w sposób procesowy na podstawie wielu źródeł*”

Dlatego też w Rozdziale 4 w tabelach *Przebieg katastrofy statku ...* w rubrykach *Opis zdarzeń* brakuje mi wyszczególnienia źródeł przytaczanych tam informacji.

Równocześnie proszę Dyplomantkę o przybliżenie na czym polegało „**samodzielne opracowania szczegółowych opisów przebiegu katastrofy**” oraz „**w sposób procesowy**” z frazy „*skłoniło autorkę do **samodzielnego opracowania** szczegółowych opisów przebiegu katastrofy **w sposób procesowy** na podstawie wielu źródeł*”.

Nie zgadzam się ze sformułowaniem (odniosłem się do tej kwestii wcześniej i dotyczyło to działań prawnych IMO, EMSA dających systemowe podejście do tematu, a także wpływ czynników utajnionych przed społeczeństwem, co daje czasami obraz irracjonalności działań): „... *Zapewne ma to związek z niejednorodnym stanem prawnym związanym z badaniem przyczyn źródłowych wypadku to jest przepisy państwa bandery statku i regulacje państwa na terenie którego doszło do wypadku odbiegają od siebie. Do tego dochodzą odmienne standardy pracy komisji powypadkowych różne doświadczenia biegłych itd. Przepisy prawne nie stanowią*



*obiekty analizy w niniejszej rozprawie niemniej istnienie w transporcie morskim uniwersalnych wytycznych dotyczących standardów prowadzenia dochodzeń oraz formy gromadzonych danych powypadkowych stanowiły istotne stanowiloby istotne ułatwienie w badaniu w przyczynowości katastrof morskich i umożliwiłoby niejako systemowe podejście do tematu, głębsze jego zrozumienie jak również dotarcie do bardziej trafnych metod badawczych oraz działań zapobiegawczych”.*

Podsumowując, nie znalazłem także takiej uwagi, że transport morski niesie za sobą przepływ największych strumieni finansowych i towarów, a wielkość tych przepływów decyduje często o wyniku końcowego werdyktu komisji powypadkowych. Warto zbadać w ilu wypadkach winny był armator, a w ilu pokazano, że jak zawsze winny jest np. Kapitan jednostki. Zajmując się naukowo tematem badania wypadków morskich warto zastanowić się który z *czynników ludzkich* decyduje o wystąpieniu katastrofy: czy pieniądze armatora i ubezpieczyciela czy decyzja autonomiczna kapitana – krytyczne i nieufne spojrzenie na treść dokumentów wytwarzanych i publikowanych po wypadkach.

Powyższe uwagi traktuję jako sugestie praktyka tj. ławnika Izby Morskiej i Państwowej Komisji Badania Wypadków Morskich, które mogą pomóc Doktorantce w przyszłych badaniach oraz w celu utrzymania rzetelności badań. Kwestie, których dotyczą powyższe uwagi nie zmieniają wartości pracy. Nauka jest działaniem polemicznym, jej działania odnoszą się do konkretnych problemów również wskazywanych przez innych badaczy. Doktorantka określiła problem badawczy, sformułowała tezę, którą udowodniła i cel, który zrealizowała, przedstawiła metody badawcze, wypełniła lukę w badaniach naukowych, natomiast dla utrzymania rzetelności badań wypada zwrócić uwagę na wątpliwości, które rodzą się podczas analizy rozprawy.

## 7. PODSUMOWANIE

Drobne uwagi krytyczne i przedstawione pytania nie zmniejszają merytorycznej wartości naukowej i użytecznej recenzowanej rozprawy.

W mojej opinii stanowi ona oryginalne rozwiązanie przez mgr Dorotę Chybowską zagadnienia naukowego, sformułowanego w tezie badawczej i celu opisanych przeze mnie w charakterystyce rozprawy.

Uważam, że wybór tematu rozprawy doktorskiej jest właściwy, wartość naukowa jak i użyteczna podjętej problematyki, wysoki poziom trudności oraz stopień realizacji celu uzasadniają stwierdzenie, że rozprawa stanowi oryginalne podejście do *modelowania*

***przyczynowo-skutkowego procesu przebiegu katastrof z zastosowaniem drzew niezdatności i niezawodności systemów wielofazowych na przykładzie zdarzeń morskich.***

Praca mieści się w obszarze badań właściwym dla dyscypliny naukowej *Inżynieria Mechaniczna*.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa mgr **Doroty Chybowskiej** pt. **„Modelowanie przyczynowo-skutkowe procesu przebiegu katastrof z zastosowaniem drzew niezdatności i niezawodności systemów wielofazowych na przykładzie zdarzeń morskich”**, spełnia wymogi określone w **USTAWIE z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm) DZIAŁ V Stopnie i tytuł w systemie szkolnictwa wyższego i nauki** oraz **mieści się w dyscyplinie naukowej *Inżynieria Mechaniczna***.

W związku z tym wnoszę o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr **Doroty Chybowskiej** na stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Inżynieria Mechaniczna* i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

