

dr Magda BOGALECKA, inż. Klaudia ŁUKASZEWSKA
Akademia Morska w Gdyni

WPLYW CHEMIKALIÓW NA STAN ŚRODOWISKA MORSKIEGO – ANALIZA WYPADKÓW NA AKWENACH EUROPY W LATACH 1971-2014

STRESZCZENIE

Celem pracy była analiza substancji chemicznych innych niż olej, które w wyniku ponad 40 wypadków, do jakich doszło na akwenach Europy w latach 1971-2014, przedostały się do środowiska morskiego. Substancje te scharakteryzowano pod względem wielkości niebezpieczeństwa, grożącego z ich strony oraz wskazano akweny, które uległy zanieczyszczeniu tymi substancjami w największym stopniu.

Słowa kluczowe:

substancje niebezpieczne, transport morski, wypadki na morzu.

WSTĘP

Poziom zanieczyszczenia ekosystemu morskiego substancjami chemicznymi w dużej mierze wynika z intensywności transportu morskiego. Flota europejska stanowi obecnie około 40% światowej floty morskiej, co zapewnia Europie pozycję lidera w transporcie morskim. Blisko 90% towarów w handlu zewnętrznym Unii Europejskiej i ponad 40% w handlu wewnątrzspółnotowym jest przewożonych drogą morską. Oznacza to, że 1200 europejskich portów morskich przyjmuje w ciągu roku 3,5 mld ton ładunków, a ponadto 350 mln pasażerów.

Obserwowany od końca II wojny światowej wzrost natężenia ruchu statków przewożących towary, w tym niebezpieczne substancje chemiczne, oznacza także wzrost prawdopodobieństwa wypadków morskich i w konsekwencji rozlewów substancji chemicznych na akwenach morskich całego świata. Niebezpieczeństwa, jakie grożą środowisku morskemu, ze strony chemikaliów to: pożar, wybuch, skażenie

wody i powietrza lub radioaktywne, pozostanie substancji w środowisku bez rozkładu, bioakumulacja w organizmach żywych, zmiany wywołane właściwościami żrącymi substancji oraz inne zakłócenia rozwoju i funkcjonowania biocenoz, prowadzące między innymi do nowotworów, urazów i zaburzeń układu odpornościowego. Zatem niekontrolowane wydostanie się niebezpiecznej substancji chemicznej do środowiska może wywołać nie tylko skutki w środowisku, ale także mieć wpływ na bezpieczeństwo i życie ludzi oraz funkcjonowanie statku i urządzeń infrastruktury, znajdującej się na lądzie.

METODOLOGIA BADAŃ

Badania obejmowały zebranie danych na temat wypadków statków morskich w obrębie akwenów Europy, podczas których niebezpieczne substancje chemiczne, inne niż olej, wydostały się do środowiska. Dane te, odnoszące się do lat 1971-2014, zebrano z dwóch ogólnodostępnych baz danych: CEDRE¹ (ang. *Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution*) oraz GISIS² (ang. *Global Integrated Shipping Information System*).

Z kolei stopień niebezpieczeństwa, wynikającego z narażenia na działanie substancji niebezpiecznych, określono na podstawie parametrów uzyskanych na podstawie danych doświadczalnych lub badań przeprowadzanych na zwierzętach, będących podstawą klasyfikacji zawartej między innymi w Międzynarodowym morskim kodeksie towarów niebezpiecznych (IMDG Code – ang. *International Maritime Dangerous Goods Code*) [3] oraz w przeprowadzeniu oceny ryzyka w stosunku do ludzi i wód z tytułu transportu wodnego towarów niebezpiecznych, wykonanej przez grupę ekspertów, zajmujących się zagadnieniami zanieczyszczenia morza (GESAMP – ang. *Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution*) [2], działających z ramienia Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO – ang. *International Maritime Organization*).

Następnie ustalono liczebność substancji chemicznych, wykazujących poszczególne rodzaje zagrożeń, w zależności od stopniach ich niebezpieczeństwa, a także ze wskazaniem akwenu, do którego się przedostały.

¹ www.cedre.fr

² <https://gisis.imo.org/>

WYNIKI I DYSKUSJA

Wypadki morskie na akwenach Europy

Kontynent europejski okalają cztery morza: Bałtyckie, Czarne, Północne i Śródziemne, a także wschodnie wody Oceanu Atlantyckiego. W latach 1971-2014, na akwenach Europy doszło do kilkuset wypadków, natomiast 43 spośród nich zakończyło się wyciekami blisko 50 rodzajów substancji chemicznych (innych niż olej), które były przewożone statkami, ostatecznie wpływając w różnym stopniu na ogólny stan środowiska morskiego. Wśród tych substancji był między innymi: akrylonitryl, amoniak, anilina, chlor, cyjanek sodu i potasu, epichlorohydryna, fenol, formaldehyd, karbid, ksyleny, kwasy nieorganiczne (solny, siarkowy, fosforowy) i organiczne (mrówkowy, octowy), pestycydy fosfoorganiczne, siarkowódór, styren oraz tetraetylek ołowiu(IV). Ponadto odnotowano, że niekiedy ta sama substancja chemiczna brała udział w więcej niż jednym wypadku na morzu (tab. 1).

Tabela 1. Wybrane wypadki morskie z udziałem niebezpiecznych chemikaliów na akwenach Europy w latach 1971-2014

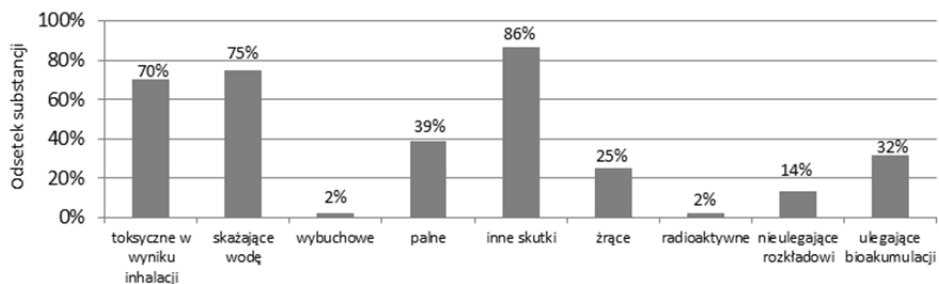
Nazwa statku	Rok	Substancja	Akwen
Poona	1971	chlorań sodu, olej rzepakowy	Morze Bałtyckie
Phenol	1973	fenol	Morze Bałtyckie
Viggo Hinrichen	1973	trinitlenek chromu, dichromian sodu	Morze Bałtyckie
Cavtat	1974	tetraetylek ołowiu, tetrametylek ołowiu	Morze Śródziemne
Propionic acid	1975	kwas propanowy	Morze Północne
Rene 16	1976	amoniak	Morze Bałtyckie
Burgenstein	1977	nadtlenek sodu, cyjanek sodu, cyjanek potasu	Morze Północne
Sinbad	1979	chlor	Morze Północne
Anna Broere	1979	ksylen	Morze Bałtyckie
Finneagle	1980	fosforan trimetylu	Morze Północne
Stanislaw Dubois	1981	węgiel wapnia	Morze Północne
Mont Louis	1984	heksafulorek uranu	Morze Północne
Cason	1987	anilina, krezole, sól	Ocean Atlantycki
Anna Broere	1988	akrylonitryl	Morze Północne
Brea	1988	alkohol izopropylowy, siarczek sodu, formaldehyd, pestycydy fosfoorganiczne, kwas propanowy, kwas mrówkowy	Ocean Atlantycki
Julie A	1989	kwasy solne	Morze Bałtyckie
Oostzee	1989	epichlorohydryna	Morze Północne
Val Rosandra	1990	propylen	Morze Śródziemne
Korsnas Link	1991	chlorań sodu	Morze Północne
Kimya	1991	olej słonecznikowy	Morze Północne

Nazwa statku	Rok	Substancja	Akwen
Allessandro Primo	1991	akrylonitryl, dichloroetan	Morze Śródziemne
Ariel	1992	spirytus mineralny	Morze Północne
Azilal	1992	styren, kwas octowy	Ocean Atlantycki
Nordfrakt	1993	siarczek ołowiu	Morze Północne
Grape One	1993	ksylen	Kanał La Manche
Sherbro	1993	fenol, nitroceluloza, dichloroetan, pe- stycydy	Kanał La Manche
Frank Michael	1993	diwodorofosforan amonu	Morze Bałtyckie
Fenie	1996	pszenica (rozkład do siarkowodoru)	Morze Śródziemne
Allegra	1997	olej palmowy	Kanał La Manche
Kairo	1997	tetraetylen ołowiu	Ocean Atlantycki
Albion II	1997	węgiel wapnia	Ocean Atlantycki
Apus	1998	sztuczne ognie	Morze Północne
Ascania	1999	octan winylu	Morze Północne
Ievili Sun	2000	styren, alkohol izopropylowy, butanon	Kanał La Manche
Martina	2000	kwas solny	Morze Bałtyckie
Balu	2001	kwas siarkowy	Ocean Atlantycki
ECE	2006	kwas fosforowy	Kanał La Manche
Kerch Strait	2007	siarka	Morze Czarne
MSC Flamine	2012	podchloryn wapnia	Ocean Atlantycki

źródło: opracowanie własne

Określenie rodzaju i stopnia zagrożenia ze strony uwolnionych chemikaliów

Liczną grupę omawianych chemikaliów stanowiły substancje o właściwościach toksycznych [1], powodujących skażenie powietrza – 70,4%, jaki i wody morskiej – 75,0%. Blisko co 2-3 substancja wykazywała właściwości palne, a co 4 – właściwości żrące. Ponadto zdecydowana większość substancji (86,4%) wykazywała inne niebezpieczne skutki, które przede wszystkim prowadziły do obniżenia walorów rekreacyjnych i estetycznych wód morskich i plaż (rys. 1; analizując wykres należy pamiętać, że większość substancji, ze względu na swoje właściwości, wykazywała jednocześnie kilka rodzajów zagrożeń).



Rys. 1. Rodzaje zagrożeń ze strony substancji chemicznych, uwolnionych w wyniku wypadków morskich na akwenach Europy w latach 1971-2014

źródło: opracowanie własne

1. Skażenie powietrza

Substancje powodujące skażenie powietrza stają się toksyczne w odniesieniu do organizmów żywych, jeśli zostaną przez nie wchłonięte. Istnieją dwie drogi przedostania się ich do organizmu: przez układ oddechowy lub skórę. Wówczas substancje toksyczne działają na układ nerwowy, powodując zakłócenia jego pracy, a w krańcowych wypadkach śmierć.

Wielkość zagrożenia ze strony substancji toksycznych bezpośrednio zależy od ich stężenia i czasu przebywania w skażonej atmosferze. Wyraża go parametr LC_{50} , (ang. *lethal concentration fifty* – stężenie śmiertelne, powodujące zgon połowy populacji w określonym czasie), który przyjmując różne wartości, określa wielkość niebezpieczeństwa. Niebezpieczeństwo substancji toksycznych, znajdujących się w atmosferze, jest tym większe, im niższa jest wartość parametru LC_{50} (tab. 2).

Tabela 2. Skażenie powietrza a wartość wskaźnika LC_{50}

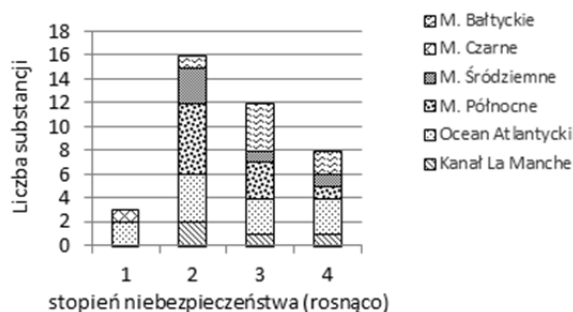
Wielkość niebezpieczeństwa substancji	LC_{50} (4 godziny) [mg/dm^3]
4 – bardzo wysoce toksyczna	$LC_{50} \leq 0,5$
3 – wysoce toksyczna	$0,5 < LC_{50} \leq 2$
2 – umiarkowanie toksyczna	$2 < LC_{50} \leq 10$
1 – słabo toksyczna	$10 < LC_{50} \leq 20$

źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

Na podstawie wskaźników toksyczności ustalono, że wśród analizowanych substancji, najwięcej było powodujących w umiarkowanym stopniu skażenie powietrza (2 w skali 1-4) – 51,6%. Substancje skażające powietrze, w największej ilości

wyciekły na obszarze Oceanu Atlantyckiego – 38,7%, oraz Morza Północnego – 32,3%.

Szczegółową analizę stopnia niebezpieczeństwa substancji toksycznych, wraz ze wskazaniem akwenu, do którego przedostały się w wyniku wypadków morskich, przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Stopień niebezpieczeństwa substancji powodujących skażenie powietrza, które wydostały się do akwenu Europy w wyniku wypadków w latach 1971-2014

źródło: opracowanie własne

2. Skażenie wody morskiej

Substancje rozpuszczające się lub ulegające dyspersji w wodzie, mogą spowodować jej skażenie, co z kolei grozi uszkodzeniem organizmów żyjących w morzu. Poziom skażenia zależy od zdolności tych substancji do rozpuszczania się i dyspersji w wodzie oraz wielkości falowania i mieszania wód morskich. Ilość substancji oraz czas oddziaływania na organizmy bezpośrednio wpływają na wielkość skażenia, które określa się najczęściej za pomocą parametru LC_{50} , czyli stężenia substancji w wodzie, powodującego śmierć połowy badanej populacji. Zagrożenie ze strony substancji toksycznych, powodujących skażenie wody morskiej, jest tym większe, im niższa jest wartość parametru LC_{50} (tab. 3).

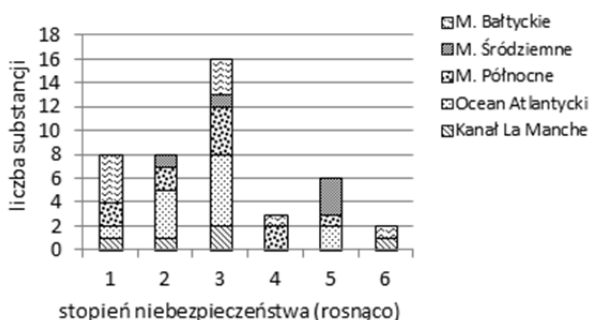
Tabela 3. Toksyczność substancji w wodzie morskiej a wartość wskaźnika LC_{50}

Wielkość niebezpieczeństwa substancji	LC_{50} (96 godzin) [mg/dm ³]
6 – ekstremalnie toksyczna	$LC_{50} \leq 0,01$
5 – bardzo wysoce toksyczna	$0,01 < LC_{50} \leq 0,1$
4 – wysoce toksyczna	$0,1 < LC_{50} \leq 1$
3 – umiarkowanie toksyczna	$1 < LC_{50} \leq 10$
2 – słabo toksyczna	$10 < LC_{50} \leq 100$
1 – praktycznie nietoksyczna	$100 < LC_{50} \leq 1000$

źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

Na podstawie wskaźników toksyczności ustalono, że wśród analizowanych substancji, najczęściej było powodujących w umiarkowanym stopniu skażenie wody morskiej (3 w skali 1-6) – 48,5%. Substancje, powodujące skażenie wody morskiej, w największej ilości wyciekły do wód Oceanu Atlantyckiego – 39,4%, oraz Morza Północnego – 33,3%.

Szczegółową analizę stopnia niebezpieczeństwa substancji skażających wodę, wraz ze wskazaniem akwenu, do którego przedostały się w wyniku wypadków morskich, przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Stopień niebezpieczeństwa substancji skażających wodę morską, które wydostały się do akwenów Europy w wyniku wypadków w latach 1971-2014

źródło: opracowanie własne

3. Zagrożenie pożarem i wybuchem

Właściwości palne wykazują substancje i towary, które są zdolne do wywołania pożaru, poprzez ich zagrzanie, kontakt z iskrą elektryczną lub bezpośrednim płomieniem. Zapoczątkowanie pożaru wymaga spełnienia warunków tzw. trójkąta pożarowego, tzn. może powstać wówczas, gdy spełnione są jednocześnie trzy warunki: stężenie substancji palnej w powietrzu mieści się w przedziale pomiędzy jej dolną, a górną granicą wybuchowości, stężenie tlenu jest na tyle duże, aby możliwa była samorzutna reakcja spalania oraz gdy występuje zewnętrzne źródło zapłonu. Temperatura zapłonu substancji (T_z) jest jej miarą niebezpieczeństwa pożarowego: im niższa jej wartość, tym większe niebezpieczeństwo powstania pożaru (tab. 4). Parametr ten posłużył także za podstawę klasyfikacji zawartej w Kodeksie IMDG, przyporządkowując gazy, ciecze i ciała stałe odpowiednio dla klas: 2.1, 3 oraz 4. Ponadto utleniacze i nadtlenki organiczne (klasa 5.1 i 5.2) mogą w szczególnych warunkach spowodować pożar.

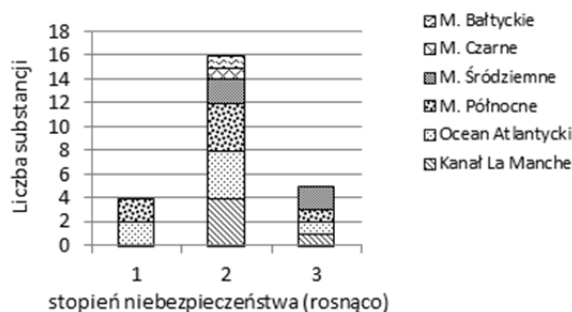
Tabela 4. Zagrożenie pożarem a wartość temperatury zapłonu

Wielkość niebezpieczeństwa substancji	Temperatura zapłonu [°C]
3 – skrajnie łatwopalna	$T_z \leq -18$
2 – wysoce łatwopalna	$-18 < T_z \leq 23$
1 – łatwopalna	$23 < T_z \leq 61$

źródło: opracowanie własne na podstawie [3]

Na podstawie stopnia niebezpieczeństwa substancji, wykazujących skłonności do wywołania pożaru, które wydostały się do środowiska w wyniku analizowanych wypadków morskich, można stwierdzić, że najwięcej z nich (64,0%) było wysoce łatwopalnych (2 w skali 1-3). Najwięcej substancji palnych wyciekło na obszarze Oceanu Atlantyckiego i Morza Północnego (po 28,0%).

Szczegółową analizę stopnia niebezpieczeństwa substancji palnych, wraz ze wskazaniem akwenu, do którego przedostały się w wyniku wypadków morskich, przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Stopień niebezpieczeństwa substancji palnych, które wydostały się do akwenuw Europy w wyniku wypadków w latach 1971-2014

źródło: opracowanie własne

Z kolei substancje wybuchowe, poprzez swoją zdolność do rozkładu wybuchowego, gwałtownie wydzielają ciepło i produkty gazowe. Towary o właściwościach wybuchowych, zostały zebrane w klasie 1 Kodeksu IMDG i podzielone na sześć podklas (1.1 – 1.6) – im większe niebezpieczeństwo, tym niższy numer podklasy.

W analizowanym czasie tylko jedna substancja wybuchowa, która charakteryzowała się umiarkowanie wysokim stopniem niebezpieczeństwa (3 w skali 1-6), wyciekła na obszarze Morza Północnego. Ze względu na pojedyncze zdarzenie

z udziałem substancji wybuchowej, przeprowadzenie szczegółowej analizy było niemożliwe.

4. Zagrożenie właściwościami żrącymi

Substancje i towary, które wykazują właściwości żrące mają zdolność zarówno uszkodzenia żywych tkanek, jak i niszczenia przedmiotów, np. towarów i ich opakowań, przewożonych statkiem. Zgodnie z Kodeksem IMDG, substancjom żrącym (klasa 8), w zależności od stopnia niebezpieczeństwa, przyporządkowano jedną z trzech kategorii opakowań, w zależności od czasu (t) wywołania martwicy skóry przez tę substancję. Kryterium to pokrywa się z klasyfikacją przyjętą przez GESAMP (tab. 5).

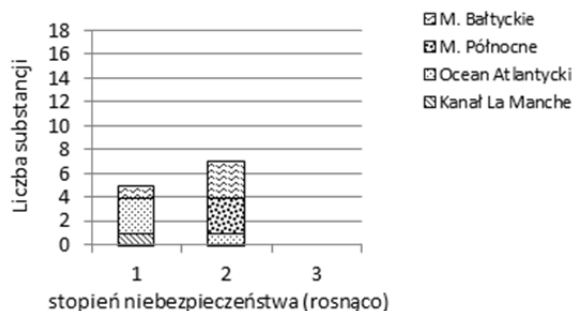
Tabela 5. Właściwości żrące substancji a czas pojawienia się martwicy skóry

Wielkość niebezpieczeństwa substancji	Czas pojawienia się martwicy skóry [min]	Kategoria opakowań wg Kodeksu IMDG
3 – skrajnie niebezpieczna	$t \leq 3$	I
2 – wysoce niebezpieczna	$3 < t \leq 60$	II
1 – niebezpieczna	$3 < t \leq 240$	III

źródło: opracowanie własne na podstawie [3]

Analiza właściwości żrących substancji, które wydostały się do środowiska morskiego w wyniku analizowanych wypadków, wykazuje, że najwięcej z nich (58,3%) charakteryzowało się średnim stopniem niebezpieczeństwa (2 w skali 1-3). Substancje żrące w największej ilości wyciekły do Oceanu Atlantyckiego oraz Morza Bałtyckiego (po 33,3%). Natomiast wśród substancji, uwolnionych do wód Europy w omawianym czasie, nie odnotowano żadnej, charakteryzującej się najwyższym stopniem niebezpieczeństwa.

Szczegółową analizę stopnia niebezpieczeństwa substancji o właściwościach żrących, wraz ze wskazaniem akwenu, do którego przedostały się w wyniku wypadków morskich, przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Stopień niebezpieczeństwa substancji żrących, które wydostały się do akwenów Europy w wyniku wypadków w latach 1971-2014

źródło: opracowanie własne

5. Bioakumulacja

Zjawisko bioakumulacji polega na gromadzeniu się substancji w żywych organizmach. Substancje te w efekcie stają się groźne przede wszystkim w stosunku do organizmów, znajdujących się najwyżej w szeregu troficznym.

Stopień niebezpieczeństwa ze strony substancji bioakumulujących, niezależnie od siebie, wskazują dwa parametry: współczynnik podziału – $\log P$, określający zdolność przenikania substancji ze środowiska wodnego do żywego organizmu oraz współczynnik biostężenia – BCF (ang. *bioconcentration factor*) wyrażający stosunek stężenia substancji w wodzie do jej stężenia w tkankach ryb. Wskaźniki te definiują zdolność do bioakumulacji, zawartą w klasyfikacji GESAMP (tab. 6).

Tabela 6. Zdolność substancji do bioakumulacji a współczynnik podziału ($\log P$) oraz współczynnik biostężenia (BCF)

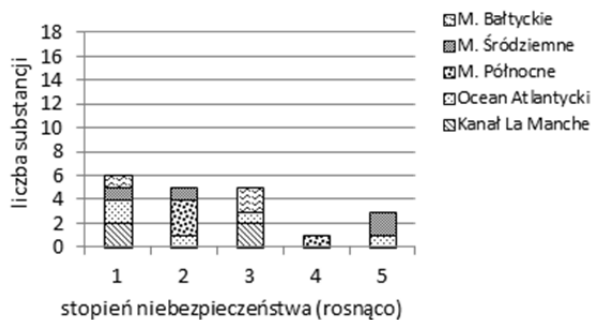
Stopień niebezpieczeństwa substancji	Współczynnik podziału	Współczynnik biostężenia
5 – bardzo duży	$5 < \log P$	$4000 < BCF$
4 – duży	$4 < \log P \leq 5$	$500 < BCF \leq 4000$
3 – umiarkowany	$3 < \log P \leq 4$	$100 < BCF \leq 500$
2 – słaby	$2 < \log P \leq 3$	$10 < BCF \leq 100$
1 – bardzo słaby	$1 < \log P \leq 2$	$1 < BCF \leq 10$

źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

Najwięcej substancji zdolnych do bioakumulacji, które wydostały się do środowiska morskiego Europy w analizowanym czasie, charakteryzowało się bardzo słabym stopniem niebezpieczeństwa (1 w skali 1-5) – 30,0%, z kolei po 25,0% substancji charakteryzowało się stopniem słabym i umiarkowanym (odpowiednio 2 i 3,

w skali 1-5). Najwięcej substancji, ulegających bioakumulacji, wyciekło do wód Morza Północnego – 25,0%.

Szczegółową analizę stopnia zagrożenia bioakumulacją ze strony substancji, które przedostały się w wyniku wypadków morskich, wraz ze wskazaniem zagrożonego akwenu, przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Stopień niebezpieczeństwa substancji ulegających bioakumulacji, które wydostały się do akwenów Europy w wyniku wypadków w latach 1971-2014

źródło: opracowanie własne

6. Skażenie promieniotwórcze

Substancje radioaktywne emitują dawki energii, w wyniku rozpadu niestabilnych jąder atomowych, które występują w izotopach promieniotwórczych. Mają one zdolność do emitowania promieniowania α , β i γ . Substancje radioaktywne to takie, których aktywność właściwa przekracza wartość $0,002 \mu\text{Ci/g}$ (74 Bq/g). Należą one do klasy 7 Kodeksu IMDG. Na podstawie mocy dawki promieniowania D, pochodzącej z substancji, przypisano im kategorię opakowań. Wraz ze wzrostem dawki, rośnie stopień niebezpieczeństwa substancji promieniotwórczej (tab. 7).

W analizowanym czasie doszło tylko do jednego wypadku (Morze Północne) z udziałem substancji radioaktywnej. Substancja ta charakteryzowała się wyższym stopniem niebezpieczeństwa (2 w skali 1-4). Ze względu na pojedyncze zdarzenie z udziałem substancji promieniotwórczej, przeprowadzenie szczegółowej analizy było niemożliwe).

Tabela 7. Stopień skażenia radioaktywnego a kategoria opakowań według Kodeksu IMDG

Wielkość niebezpieczeństwa substancji	Moc dawki promieniowania [mSv/h]	Kategoria opakowań wg Kodeksu IMDG
1 – niebezpieczna	$D \leq 0,005$	I biała
2 – wysoce niebezpieczna	$0,005 < D \leq 0,5$	II żółta
3 – bardzo wysoce niebezpieczna	$0,5 < D \leq 2$	III żółta
4 – skrajnie niebezpieczna	$2 < D \leq 10$	III żółta

źródło: opracowanie własne na podstawie [3]

7. Pozostanie w środowisku bez rozkładu

Degradacja jest naturalnym procesem rozkładu substancji organicznych, znajdujących się w środowisku. Substancje nieulegające rozkładowi, stale pozostają w środowisku morskim i dlatego są bardziej niebezpieczne, ponieważ dłużej mogą oddziaływać na organizmy. Czas, w którym połowa początkowej ilości substancji ulega rozkładowi, to tzw. czas połowicznego rozkładu (t_{50}), który określa zdolność substancji do rozkładu. Im większa jest wartość parametru t_{50} , tym mniejsza jest zdolność substancji do degradacji, a większy stopień niebezpieczeństwa (tab.8).

Tabela 8. Zdolność substancji do degradacji a czas połowicznego rozkładu

Stopień niebezpieczeństwa substancji	Czas połowicznego rozkładu [tydzień]
4 – bardzo wysoki	$12 < t_{50} \leq 52$
3 – wysoki	$4 < t_{50} \leq 12$
2 – średni	$1 < t_{50} \leq 4$
1 – niski	$t_{50} \leq 1$

źródło: opracowanie własne

Zdolność substancji do biodegradacji została również ujęta w klasyfikacji GESAMP, zgodnie z którą substancje dzieli się na dwie grupy: łatwo ulegające biodegradacji (tzn. stopień ich biodegradacji, w ciągu 28 dni, wynosi co najmniej 60%) oraz trudno ulegające biodegradacji.

W wyniku wypadków na akwenach Europy w latach 1971-2014 wyciekło jedynie 7 substancji, które uznawane są za trwałe w środowisku i nie ulegają biodegradacji. Co druga z nich wyciekła do wód Morza Północnego.

8. Wpływ substancji na walory rekreacyjne i estetyczne wód i plaż

Substancje chemiczne, które przebywają w środowisku mogą także obniżać walory rekreacyjne i estetyczne mórz i plaż poprzez emisję obcego zapachu, spowodowanie zmiany barwy wody i nieprzyjemnego wyglądu jej powierzchni oraz prowadząc do zanieczyszczenia plaż. W zależności od stopnia tych efektów, klasyfikacja GESAMP określa stopień niebezpieczeństwa w 3-stopniowej skali (tab. 9).

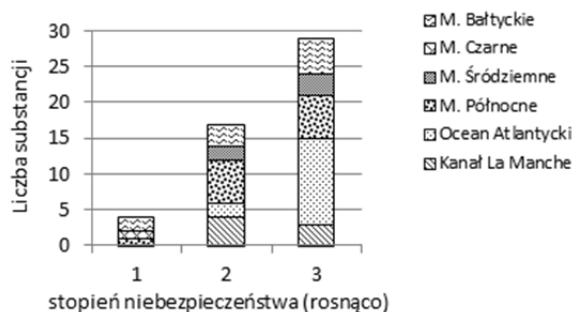
Tabela 9. Walory rekreacyjne i estetyczne wód i plaż a klasyfikacja GESAMP

Stopień niebezpieczeństwa substancji	Oddziaływanie na walory rekreacyjne i estetyczne wód i plaż
3 – wysoki	substancje niepożądane, których obecność powoduje zwykle długotrwałe zamykanie plaż
2 – średni	substancje umiarkowanie niepożądane, których obecność powoduje zwykle krótkookresowe zamykanie plaż
1 – niski	substancje niepożądane, których obecność nie powoduje zamykania plaż

źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

Większość substancji, które wyciekły do akwenów Europy w wyniku wypadków w latach 1971-2014 w różnym stopniu powodowała obniżenie walorów rekreacyjnych i estetycznych mórz i plaż (tylko 5 substancji nie wywołało takich efektów). Najwięcej substancji (52,7%) charakteryzowało się najwyższym stopniem niebezpieczeństwa (3 w skali 1-3). Najwięcej substancji, obniżających walory rekreacyjne i estetyczne mórz i plaż wyciekło do wód Oceanu Atlantyckiego (25,5%) oraz Morza Północnego (23,6%).

Szczegółową analizę stopnia niebezpieczeństwa substancji powodujących obniżenie walorów rekreacyjnych i estetycznych wód i plaż, wraz ze wskazaniem akwenu, do którego przedostały się w wyniku wypadków, przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Stopień niebezpieczeństwa substancji powodujących obniżenie walorów rekreacyjnych i estetycznych mórz i plaż, które wydostały się do akwenów Europy w wyniku wypadków w latach 1971-2014

źródło: opracowanie własne

PODSUMOWANIE

Stały wzrost natężenia ruchu statków, które przewożą niebezpieczne chemikalia, zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia wypadków. Jednym z najintensywniej wykorzystywanych szlaków handlowych w Europie jest Morze Północne. Akwen ten stanowi jeden z najbardziej ożywionych obszarów dróg morskich na świecie, o dużym nasileniu ruchu statków i skupisku wielkich portów morskich, między innymi: Rotterdam, Hamburg, Antwerpia, Londyn, Bergen. Ze względu na natężenie ruchu statków przewożących różne chemikalia, akwen ten jest szczególnie narażony na degradację środowiska morskiego.

Morze Bałtyckie jest morzem stosunkowo małym, ponadto jest akwenem śródlądowym i wewnątrzkontynentalnym. Odbywa się na nim wymiana towarowa między portami nadbałtyckimi, jak również światowymi, głównie poprzez Morze Północne. Pomimo tego, że Morze Bałtyckie stanowi jedynie ponad 1% powierzchni mórz i oceanów na świecie, odbywa się na nim ponad 15% światowego transportu. Z tego względu ekosystem tego akwenu jest także silnie narażony na zanieczyszczenia ze strony statków.

Ważny szlak morski w wymianie towarów prowadzi przez Morze Śródziemne, stanowiąc drogę tranzytową w ruchu między Oceanem Atlantyckim, a Indyjskim. Transport morski na tym akwenie stale wzrasta, co może prowadzić do występowania coraz większej liczby wypadków.

Morze Czarne jest morzem śródlądowym. Na tym akwenie transport morski nie jest tak intensywny, jak w innych akwenach europejskich, jednak ze względu na

jego małą powierzchnię i znikomą wymianę wód, każdy wypadek jest dużym zagrożeniem tego ekosystemu.

Kanał La Manche jest bardzo ważnym szlakiem morskim, będąc łącznikiem portów poszczególnych akwenów Europy. Na tym obszarze występują często trudne warunki atmosferyczne, często za sprawą mgieł i burz. Dodatkowo intensywny ruch statków zwiększa prawdopodobieństwo wypadków w tym rejonie.

Ocean Atlantycki zajmuje ponad 20% powierzchni Ziemi i jednocześnie jest szlakiem, przez który przewozi się ponad połowę towarów w skali światowej. Na tym akwenie, szczególnie w części przylegającej do zachodnich brzegów Europy, także często panują trudne warunki meteorologiczne, co sprzyja występowaniu wypadków.

Intensywność ruchu statków w dużej mierze przyczynia się do występowania wypadków na morzu. Z zebranych danych wynika, że na Morzu Północnym i w graniczącym z nim Kanale La Manche w ciągu ostatnich 44 lat doszło do największej liczby wypadków (było to miejsce co drugiego zdarzenia). W rejonie tym ruch statków jest największy – przepływają tędy statki odwiedzające porty Europy północno-zachodniej oraz statki płynące tranzytem na wschód, do portów Morza Bałtyckiego. Wśród innych przyczyn, niezależnych od człowieka, prowadzących do wystąpienia niebezpiecznych zdarzeń i wypadków na morzu są złe warunki meteorologiczne, panujące podczas rejsu. Jednak przyczyną większości wypadków jest błąd ludzki, rutyna, często spotęgowane przez alkohol i narkotyki. Wśród przyczyn wypadków wywołanych przez człowieka w transporcie niebezpiecznych chemikaliów często wymienia się między innymi błędy w nawigacji oraz błędy popełniane podczas sztauowania ładunku.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bogalecka M., *Analiza jakościowa substancji toksycznych w akwenach Europy będących wynikiem wypadków statków morskich*, Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Jakość towarów i usług w innowacyjnej gospodarce”, Gdynia 2014.
- [2] *Hazard Evaluation of Substances Transported by Ships*. Report of the fortieth session of the GESAMP Working Group on the Evaluation of the Hazards of Harmful Substances Carried by Ships, BLG. 1/Circ.14, International Maritime Organization, London 2004.
- [3] *International Maritime Dangerous Goods Code (Amendment 36-12)*, International Maritime Organization, London 2012.

CHEMICALS INFLUENCE ON THE SEA ENVIRONMENT CONDITION – ANALYSIS OF ACCIDENTS AT EUROPEAN SEA AREAS IN 1971-2014

ABSTRACT

The goal of the paper was the analysis of chemicals, other than oil, released as the result of sea accidents that happened around European sea areas in 1971-2014. It was found that:

- 43 serious accidents were happened around European sea areas during the analysed period,
- about 50 kinds of chemicals were spilled as the result of these accidents,
- a few chemicals were spilled more than once,
- a lot of accidents were placed at the North Sea – 36,0%,
- substances interfere with costal amenities were the largest group of spilled substances – 88,6%,
- a lot of substances interfere with costal amenities were highly objectionable (persistence, smell, poisonous or irritant characteristic of substances, beaches liable to be closed) – 52,7%,
- a lot of substances interfere with costal amenities were spilled into the Atlantic Ocean – 25,5%,
- a lot of substances occurred the air contamination were moderately toxic (lethal concentration $LC_{50}: 2 \text{ mg/dm}^3 < LC_{50} \leq 10 \text{ mg/dm}^3$) – 51,6%,
- a lot of substances occurred the air contamination were spilled into the Atlantic Ocean – 38,7%,
- a lot of substances occurred the water contamination were moderately toxic (lethal concentration $LC_{50}: 1 \text{ mg/dm}^3 < LC_{50} \leq 10 \text{ mg/dm}^3$) – 48,5%,
- a lot of substances occurred the water contamination were spilled into the Atlantic Ocean – 39,4%,
- a lot of flammable substances were highly flammable (flashpoint $T_z: -18^\circ\text{C} < T_z \leq 23^\circ\text{C}$) – 64,0%,
- a lot of flammable substances were spilled into the Atlantic Ocean as well as the North Sea – 28,0% respectively,
- a lot of corrosive substances were moderately dangerous (time of skin necrosis $t: 3 \text{ min} < t \leq 60 \text{ min}$) – 58,3%,
- a lot of corrosive substances were spilled into the Atlantic Ocean as well as the Baltic Sea – 33,3% respectively,

- a lot of bioaccumulative substances were characterised very low potential to bioaccumulate (partition coefficient $\log P$: $5 < \log P$, or bioconcentration factor BCF: $4000 < BCF$) – 30,0%,
- a lot of bioaccumulative substances were spilled into the North Sea – 25,0%,
- there were happened only one accident involved the explosive and radioactive substance.