



**METODYKA OCZYSZCZANIA
BAŁTYCKICH WRAKÓW Z PALIWA
W PIGUŁCE**



Wydawca

Fundacja MARE

Al. Jerozolimskie 85 m. 21

02-001 Warszawa

www.fundacjamare.pl

Opracowanie graficzne i skład:

Agencja Wydawnicza Ekopress Andrzej Poskrobko

Fot. okładka:

Przód: © Olga Sarna / Fundacja MARE

Tył: © Krystian Bielatowicz

ISBN 978-83-959773-2-9

Niniejsza broszura stanowi streszczenie dokumentu pn. „Ogólna metodyka oczyszczania bałtyckich wraków z paliwa. Propozycja Programu Zarządzania Wrakami dla Polski” (Hac, B., Sarna. O., 2021) wydanego przez Fundację MARE w ramach projektu „Redukcja negatywnego wpływu wycieków paliwa z wraku tankowca Franken” finansowanego przez Baltic Sea Conservation Foundation.

Pełna wersja publikacji dostępna jest na stronie **www.fundacjamare.pl**



METODYKA OCZYSZCZANIA BAŁTYCKICH WRAKÓW Z PALIWA W PIGUŁCE

Środowisko morskie to niezwykle skomplikowany system wzajemnych powiązań istniejących pomiędzy wodą, osadami morskimi i organizmami wodnymi. Jeśli ekosystem funkcjonuje w sposób prawidłowy, wówczas równowaga pomiędzy jego składowymi jest zachowana. Jednakże zasada ta ma także swoje odmienne konsekwencje: jeden negatywny lub źle funkcjonujący element tej złożonej środowiskowej układanki, może bezpośrednio wpłynąć na wszystkie pozostałe, i w konsekwencji zmienić obraz całości.

Jednym z potencjalnych zagrożeń środowiska morskiego są wycieki paliwa oraz innych niebezpiecznych substancji chemicznych z wraków statków znajdujących się na dnie zbiorników wodnych. Z danych posiadanych przez Biuro Hydrograficzne Marynarki Wojennej w Gdyni wynika, że w polskich obszarach morskich zalega ponad 415 wraków, z których około 100 znajduje się w Zatoce Gdańskiej. Największe potencjalne zagrożenie stwarzają jednostki zatopione w czasie I i II wojny światowej lub później. Mówi się tu o „potencjalnym” zagrożeniu jedynie dlatego, że jest ono odroczone w czasie, jest niejako „uśpione”. Nie znaczy to jednak, że nie jest realne. Istnieje bowiem duże ryzyko, że wycieki paliwa będą następować na skutek postępującej korozji wraków. Trudno jest jednoznacznie określić, kiedy dany obiekt zacznie przeciekać, ale bez wątplenia w przypadku zaistnienia takiej sytuacji, nastąpi skażenie znacznej części środowiska wokół statku, w wyniku czego ucierpią wszystkie organizmy zamieszkujące dotknięty zanieczyszczeniem rejon. Co więcej, do ofiar poszkodowanych wskutek takiego zdarzenia należy zaliczyć także człowieka. Po pierwsze, ze względu na koszty związane z oczyszczeniem skażonego rejonu i próbami minimalizowania strat dla środowiska, po drugie, ze względu na degradację ekosystemu i wynikające z tego faktu koszty ekonomiczne i gospodarcze (m.in. dla sektora turystyki).



RAMY PRAWNE

Konwencja z Nairobi z 2007 roku (ang. *Nairobi Wreck Removal Convention* – NWRC) jest obecnie jednym z najistotniejszych dokumentów prawnych odwołującym się do oczyszczania lub usuwania wraków statków, które mogą powodować negatywny wpływ na bezpieczeństwo życia, towarów i mienia na morzu, a także na środowisko morskie. NWRC to międzynarodowa konwencja przyjęta w 2007 roku podczas konferencji w Kenii; dokument ten wszedł w życie w 2015 roku. Do chwili obecnej, NWRC została ratyfikowana przez 53 państwa, które obejmują łącznie około 76% światowych obszarów morskich. Konwencja, jak do tej pory, nie została przyjęta przez Polskę.

NWRC określa dokładne zasady postępowania wobec wraków, w tym: zgłaszanie, lokalizowanie i znakowanie wraków (art. 5, 7 i 8); kryteria ustalania, czy wrak stwarza zagrożenie (art. 6); sposoby usuwania wraków oraz prawa i obowiązki w tym zakresie (art. 9); odpowiedzialność właściciela za koszty związane z lokalizacją, oznakowaniem i usuwaniem wraków (art. 10 i 11); wymogi dotyczące obowiązkowego ubezpieczenia lub innego zabezpieczenia finansowego (art. 12) i zasady rozstrzygania sporów między państwami (art. 15).

Oprócz NWRC, **istnieje także szereg innych międzynarodowych aktów prawnych pośrednio określających zasady postępowania w sytuacjach wycieków paliwa z jednostek morskich.** Najistotniejsze z nich to: 1) Międzynarodowe Przepisy o Zapobieganiu Zderzeniom na Morzu (ang. *International Regulations for Preventing Collisions at Sea* 1972 – COLREGs), 2) Międzynarodowa Konwencja o Zapobieganiu Zanieczyszczaniu Morza przez Statki (ang. *The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships* – MARPOL 73/78), w szczególności postanowienia dotyczącego obszarów specjalnych, oraz 3) Konwencja SOLAS (ang. *International Convention for the Safety of Life at Sea*).

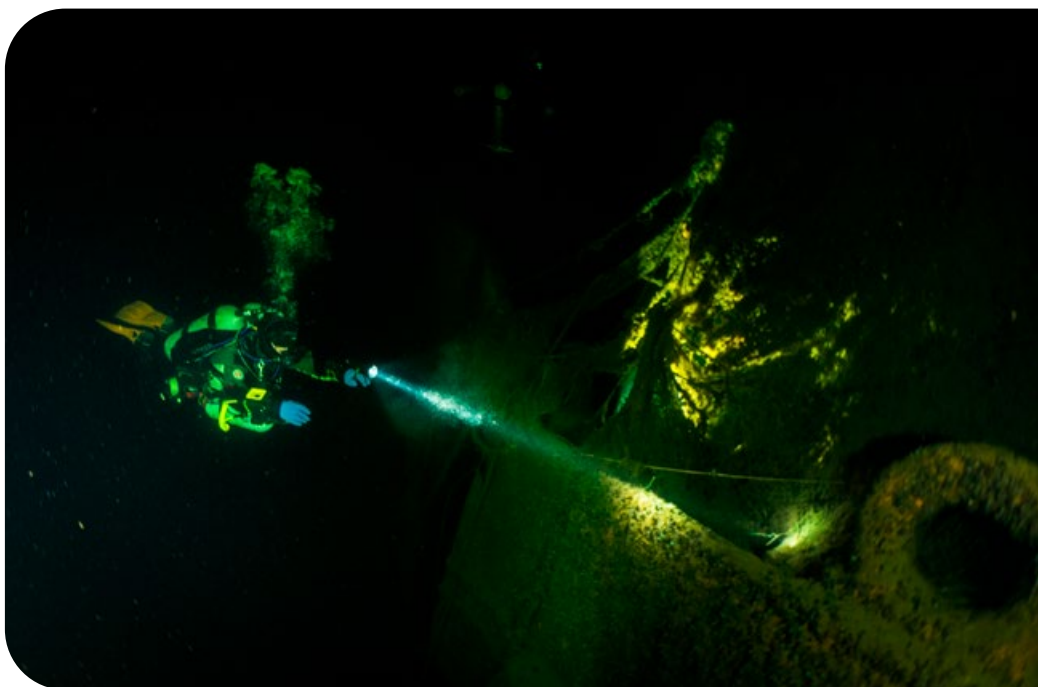
W przypadku wraków z okresu I i II wojny światowej oraz z czasów sprzed wprowadzenia regulacji prawnych w ramach konwencji z Nairobi oraz przepisów MARPOL (tj. wraków zatopionych przed 2007 rokiem), nie jest jednoznacznie określone, kto jest odpowiedzialny za oczyszczenie jednostek morskich zalegających w ekosystemach wodnych. Większość interpretacji istniejących przepisów wskazuje, że w takich przypadkach, odpowiedzialność za szkody ponosi państwo, na którego obszarze doszło do zdarzenia; według polskiego systemu prawnego, koszty takiej operacji poniosłaby Administracja Morska. Natomiast na mocy postanowień przyjętych w 2007 roku, koszty ponosi strona, która spowodowała zdarzenie (tzw. *Polluter pays principle*).



METODYKA OCZYSZCZANIA BAŁTYCKICH WRAKÓW Z PALIWA

Pod pojęciem „**wraku niebezpiecznego**” należy rozumieć taki wrak, który zawiera w swoich zbiornikach lub innych przestrzeniach zamkniętych paliwo lub/oraz inne substancje niebezpieczne dla środowiska w ilości większej niż 10 m³. Wrak taki musi również zalegać na dnie w odległości mniejszej niż 10 mil morskich od brzegu, który jest piaszczystą lub kamienistą plażą albo klifem. W zależności od tych paramentów, wprowadza się pojęcie „wielkości zagrożenia”. **Wrak, który zawiera od 10 do 500 m³ paliwa i dodatkowo leży w odległości 1 do 10 mil morskich od piaszczystych, klifowych lub kamienisto-żwirowych plaż, klasyfikowany jest jako „stwarzający umiarkowane lub duże zagrożenie”. Wrak zawierający powyżej 500 m³ paliwa i leżący w odległości do 1 mili morskiej od brzegu, powinien zostać sklasyfikowany jako „bardzo niebezpieczny”.**

Podczas dokonywania klasyfikacji wraków, prócz tego formalnego rozgraniczenia, należy uwzględnić również inne parametry, takie jak: wyjątkowość miejsca, w którym leży obiekt (np. bliskość rezerwatów przyrody lub obszarów chronionych o niepowtarzalnych walorach środowiskowych), występowanie w okolicy wraku zwierząt morskich zagrożonych wyginięciem lub gatunków endemicznych itp.



© M. Czerminski

Świadomość zagrożeń środowiskowych oraz szkód jakie generują wycieki z wraków powoduje, że wiele krajów zdecydowało się na instytucjonalne działania w celu zbadania takich jednostek i ich oczyszczenia. Przykładowo, USA posiada stały budżet przeznaczony na ten cel i unieszkodliwia rocznie 2-3 wraki spośród 573 obiektów sklasyfikowanych jako niebezpieczne. W Wielkiej Brytanii, przy Ministerstwie Obrony funkcjonuje departament SALMO (ang. *Salvage and Marine Operations*) wdrażający Program Zarządzania Wrakami (ang. *Wreck Management Programme*), umożliwiający zbadanie i oczyszczenie od 2 do 5 wraków rocznie z ponad 500 jednostek uważanych za potencjalnie niebezpieczne. Norwegia także wdraża Program Zarządzania Wrakami, na mocy którego w latach 1993-2013 oczyściła 8 niebezpiecznych obiektów morskich. W krajach nadbałtyckich takie działania są już prowadzone w Szwecji oraz w Finlandii. W Szwecji, Uniwersytet Chalmers w Goeteborgu zbudował system VRAKA, na mocy którego Szwedzka Agencja ds. Gospodarki Morskiej i Gospodarki Wodnej (ang. *Swedish Agency for Marine and Water Management*) klasyfikuje wraki, zarządza ryzykiem i systematycznie gromadzi dane na ich temat, co w rezultacie prowadzi do oczyszczenia 2-3 wraków rocznie (z 316 zidentyfikowanych, w tym 30 sklasyfikowanych jako bardzo niebezpieczne). Natomiast Finlandzki Instytut Środowiska (ang. *Finnish Environment Institute – SYKE*) prowadzi szeroko zakrojony program badania i oczyszczania wraków, neutralizując 2-3 jednostki rocznie, spośród 420, w tym 46 bardzo niebezpiecznych.

W Polsce, w latach 1999-2016 Instytut Morski w Gdańsku prowadził rozpoznanie zagrożenia ze strony wraków w ramach Fińskiej Weryfikacji Wraków (HELCOM – *The Baltic Marine Environment Protection Commission*, Komisja Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku). Projekt ten nie doprowadził jednak do oczyszczenia żadnego z badanych statków, mimo udokumentowania zagrożeń ze strony co najmniej 4 jednostek położonych w polskiej wyłącznej strefie ekonomicznej. Jak dotąd, nie powstał żaden system mający na celu rozwiązanie tego problemu.

Wokół zagadnienia badania i oczyszczania statków zalegających w ekosystemach morskich, ogniskuje się w Polsce zainteresowanie wielu instytucji rządowych, naukowych i pozarządowych. Należy do nich zaliczyć przede wszystkim:

- administrację morską, np. Urzędy Morskie administrujące w imieniu państwa obszarami wzdłuż wybrzeża kraju i odpowiadające za stan środowiska morskiego;
- Ministerstwo Klimatu i Środowiska oraz Ministerstwo Infrastruktury, odpowiadające za utrzymanie właściwego stanu środowiska morskiego;
- uczelnie i instytuty naukowe (Uniwersytet Gdański, Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Morski Uniwersytetu Morskiego w Gdyni, Morski Instytut Rybacki i inne), prowadzące różnorodne projekty badawcze w celu określenia jakości środowiska morskiego, w tym jego czystości i potencjalnych zagrożeń (wraki, broń konwencjonalna, chemiczna, przetłowień);
- organizacje pozarządowe, takie jak m.in. Fundacja MARE, realizujące projekty dotyczące ochrony przyrody i edukacji społecznej w zakresie ochrony ekosystemów morskich oraz wspierające działania rządowe ukierunkowane na polepszenie stanu polskich wód morskich.

„Metodyka oczyszczania bałtyckich wraków z paliwa” wydana przez Fundację MARE w ramach projektu „Redukcja negatywnego wpływu wycieków paliwa z wraku tankowca T/S Franken”, finansowanego przez Baltic Sea Conservation Foundation, jest propozycją Planu Zarządzania Wrakami dla Polski – powstałą na bazie programów wdrażanych w Wielkiej Brytanii i Szwecji. Pełna wersja dokumentu (dostępna na www.fundacjamare.pl) przedstawia przegląd dostępnych strategii oceny wraków i zarządzania nimi oraz proponuje indywidualny model przystosowany do zaimplementowania w Polsce. Niniejsza broszura przedstawia w pigułce kluczowe informacje na ten temat.



OGÓLNA METODYKA OCZYSZCZANIA BAŁTYCKICH WRAKÓW Z PALIWA

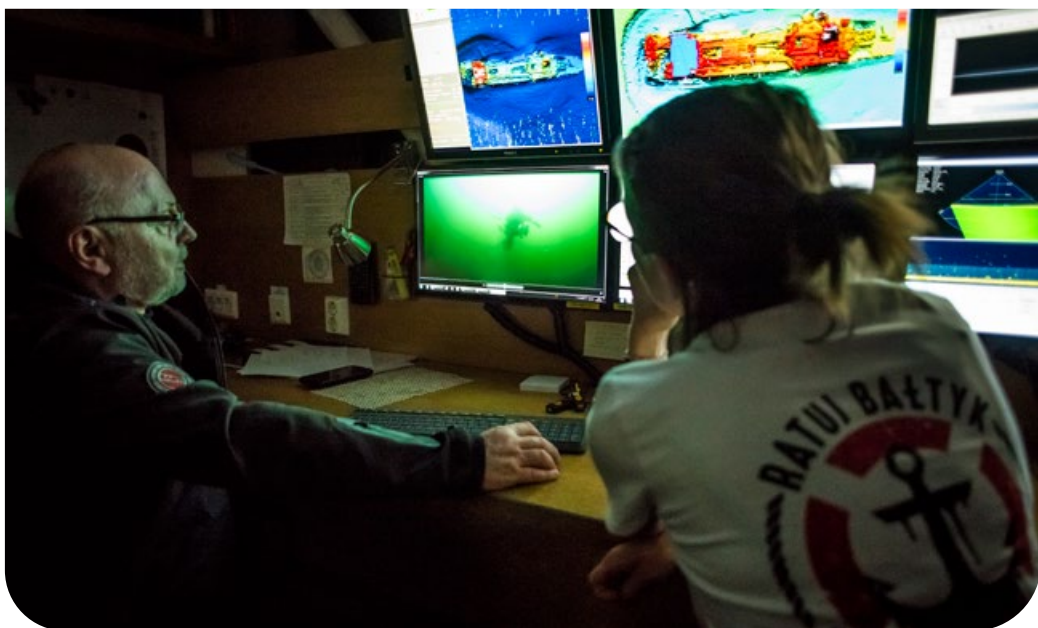


METODY BADANIA WRAKÓW

Procedura oczyszczania wraków z paliwa jest złożona i wielostopniowa. Jeden z najważniejszych jej etapów to badania studyjne i gromadzenie informacji o danym obiekcie. Zgromadzona na tym etapie wiedza jest niezbędna do ustalenia metodyki podjęcia kolejnych badań, opracowania strategii oczyszczenia jednostki oraz oszacowania kosztów takiego przedsięwzięcia, jak i przewidzenia ryzyka niekontrolowanego wycieku paliwa z wraku.

Punktem wyjściowym jest określenie rodzaju jednostki, która ma zostać oczyszczona, gdyż od tego w dużej mierze zależy strategia dalszych działań. Rozpoznanie, jakiego rodzaju wrak jest celem operacji, dostarcza wiedzy o względnej liczbie i rozmieszczeniu zbiorników paliwa, powala też na przejście do kolejnych etapów gromadzenia danych w sposób metodyczny i systemowy. Rozpoznanie rzeczywistych i aktualnych warunków panujących na wraku oraz w jego otoczeniu musi być prowadzone w sposób przemyślany, powtarzalny i rzetelny. Tylko tak uzyskane dane są miarodajne i mogą służyć zaplanowaniu akcji oczyszczania obiektu i oszacowaniu ryzyka wynikającego z podejmowanych czynności.

Metody te pozwalają w sposób pewny i powtarzalny opisać aktualny stan badanej jednostki i jej najbliższego otoczenia. Ponieważ dobór metod zależy od wielu czynników, dlatego badania powinny być prowadzone w odpowiedniej kolejności: od ogólnych – po coraz bardziej szczegółowe, zależnie od konieczności poszerzenia wiedzy na temat danych aspektów analizowanego obiektu.



Na określenie wszystkich istotnych cech oceny wraku i stwarzanego przez niego zagrożenia, składają się:

- 1) **badania historyczne** – dane techniczne jednostki, opisy eksploatacji, opis i zdjęcia momentu zatonięcia, dokumenty przewozowe, w tym dokumenty przewozu materiałów wybuchowych i substancji niebezpiecznych, obserwacje świadków zatonięcia itp.;
- 2) **pozyskanie danych hydrograficznych i nawigacyjnych;**
- 3) **badania geofizyczne** – badania batymetryczne, pomiary z użyciem sonaru bocznego/dookólnego/kamery akustycznej lub z wykorzystaniem akustycznego profilomierza dna (SBP), określenie rozkładu materiałów metalowych na dnie;
- 4) **geologiczne badania dna** – pobieranie próbek powierzchniowych osadów dennych, pobieranie próbek rdzeniowych (zazwyczaj ok. 3-metrowych), analiza rodzajów osadów dennych;
- 5) **chemiczne badania osadów dennych i wody przydennej** – chemiczna analiza próbek, przy których pobieraniu należy wziąć pod uwagę sposób zalegania wraku, ewentualne zagłębienia, ukształtowanie dna, kierunki prądów przydennych – czynniki te wpływają na liczbę i miejsca pobierania próbek;
- 6) **analizy biologiczne** – najczęściej wykonywane są z wykorzystaniem próbek osadów dennych pobranych do analiz geologicznych, co jest istotne przy opracowywaniu strategii ich pobierania; dobrze oddają one stan środowiska, gdyż obecność lub brak określonych grup organizmów świadczy o poziomie zanieczyszczenia/czystości danego obszaru;
- 7) **analizy ekotoksykologiczne** – stanowią istotny wskaźnik poziomu i zasięgu skażenia, jednak ze względu na wysokie koszty, powinny być stosowane tylko w uzasadnionych przypadkach, takich jak np. potwierdzone wcześniej badaniami skażenie;
- 8) **inspekcja przeprowadzona na wraku z użyciem zdalnie sterowanych pojazdów podwodnych (ROV)** – pozwala na ustalenie aktualnego stanu wraku, stopnia pokrycia go osadami dennymi, ewentualnej obecności i ilości sieci widm, obecności amunicji i środków wybuchowych – umożliwia dokładne monitorowanie obszaru wokół wraku oraz wykonanie dokumentacji fotograficznej;
- 9) **zebranie informacji o otoczeniu wraku** – tj. o natężeniu ruchu małych i dużych jednostek, odległości wraku od torów wodnych i tras żeglugowych, aktywności militarnej w okolicy wraku, występowaniu silnych sztormów, prowadzeniu połowów z użyciem sieci trałowych, itp.



METODY SZACOWANIA RYZYKA ROZLEWÓW OLEJOWYCH

Na zagrożenie stwarzane przez wraki zalegające na dnie mórz, składa się prawdopodobieństwo wystąpienia wycieku paliwa oraz skala wpływu takiego zdarzenia na środowisko. Oszacowanie stopnia niebezpieczeństwa danego obiektu powinno opierać się na danych historycznych wraku, uzupełnionych badaniami jego fizycznej integralności, a szczególnie jego zbiorników paliwowych. Określenie skali ryzyka zdarzenia dla środowiska szacuje się natomiast za pomocą modeli rozlewów oleju, przy uwzględnieniu czynników hydrologicznych na danym obszarze. Brane są pod uwagę także wskaźniki środowiskowe, a niekiedy również socjo-ekonomiczne, o różnej wrażliwości. Ryzyko może być określone integralnie – dla całego ekosystemu lub indywidualnie – dla poszczególnych jego składowych, np. plaż, kolumny wody, powierzchni wody i osadów dennych.

Wcześniej wspomniana, Międzynarodowa Konwencja o usuwaniu wraków z Nairobi nie określa ram systemowych szacowania ryzyka dla potencjalnie niebezpiecznych wraków statków. Powstało jednak wiele opracowań naukowych poświęconych temu zagadnieniu. Oto niektóre instrumenty wykorzystywane do oceny zagrożeń środowiska powodowanych przez wraki:

- **Program usuwania wraków olejowych** (ang. *The Wreck Oil Removal Program*), wdrożony w Stanach Zjednoczonych przez National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – ma na celu wykorzystanie naukowo uzasadnionego podejścia do usuwania ropy naftowej oraz minimalizowania kosztów i ryzyka zanieczyszczenia środowiska przez zatopione statki handlowe (NOAA, 2009);
- **Wraki potencjalnie zanieczyszczające wody morskie** (ang. *Potentially polluting wrecks in marine waters*) autorstwa Michel i in. (2005), wydane w ramach konferencji IOCS (*International Oil Spill Conference*) – to opracowanie ustalające zasady obiektywnej analizy wraków statków za pomocą metodyki opisującej potencjalne zagrożenie związane z wyciekiem ropy naftowej i zapewnienia środków finansowych umożliwiających rozwiązanie tego problemu;
- **Projekt DEEPP** (ang. *Development of European Guidelines for Potentially Polluting Shipwrecks*) – to opracowanie europejskich wytycznych dla wraków statków potencjalnie zanieczyszczających środowisko (Alcaro i in., 2007);
- **Norweski Urząd Kontroli Zanieczyszczeń** (ang. *Norwegian Pollution Control Authority* – NPCA), uznając temat wraków statków za priorytetowy, zaproponował projekt budowy bazy takich obiektów, który został nakreślony w trzech fazach: rejestracja, klasyfikacja priorytetowa i wymagane działanie – w celu uzyskania pełnego obrazu wraków statków zalegających wzdłuż wybrzeży Norwegii;

- **Regionalny Program Ochrony Środowiska Regionu Południowego Pacyfiku** (ang. *The South Pacific Regional Environment Program*), w którego ramach realizowany jest Program Zwalczania Zanieczyszczenia Oceanu Spokojnego (PACPOL) – to instrument, który zogniskowany jest na określeniu zanieczyszczenia morza przez wycieki z wraków okrętów i zminimalizowaniu szkód spowodowanych przez jednostki z czasów II wojny światowej;
- **Szwedzki model VRAKA** (ang. *Probabilistic risk assessment of shipwrecks*), opracowany przez zespół naukowy z Uniwersytetu Technicznego Chalmers w Goeteborgu pod kierownictwem Hanny Landquist (2016), złożony jest z dwóch modułów:
 - narzędzi do szacowania prawdopodobieństwa uwolnienia substancji niebezpiecznych z wraków statków,
 - metod szacowania potencjalnych konsekwencji takiego zdarzenia.
- **Brytyjski system szacowania ryzyka „Protokół oceny oddziaływania wraków na środowisko w oparciu o analizę dostępnych danych środowiskowych”** (ang. *Wreck assessment protocol Environmental Desk Based Assessment, E-DBA*), opracowany przez zespół naukowców z Centre for Environment Fisheries & Agriculture Science (CEFAS, 2016) oraz wdrażany przez Ministerstwo Obrony Wielkiej Brytanii – wykorzystuje już istniejące dane środowiskowe do dokonania oceny ryzyka zagrożeń stwarzanych przez wraki statków zalegających w ekosystemach wodnych.

Ostatnia z wymienionych metod wydaje się być najbardziej odpowiednia do zastosowania w Polsce, w rejonie południowego Bałtyku. Jest ona także stosunkowo prosta, a równocześnie wysoce skuteczna. Stosuje się w niej trzystopniową skalę do prognozowania poziomu zagrożenia powodowanego przez wrak, oraz do określenia poziomu zaufania wobec szacowanych wyników. Metoda ta bierze pod uwagę dwa podstawowe scenariusze: 1) gwałtowny wyciek i jego natychmiastowe skutki dla środowiska, oraz 2) powolny wyciek i skutki długotrwałe. Pozwala stosunkowo szybko określić poziom ryzyka wystąpienia rozlewu paliwa dla poszczególnych wraków, umożliwia tym samym ich kategoryzację, lecz nie daje odpowiedzi na temat czasowej zmiany zagrożeń - do tworzenia tego typu predykcji zastosowanie ma z kolei metoda VRAKA.

Prawdopodobieństwo wystąpienia wycieku paliwa

Na prawdopodobieństwo wystąpienia wycieku paliwa składa się wiele czynników. Ich wpływ na ryzyko takiego zdarzenia nie jest jednakowy, dlatego zgodnie z założeniami brytyjskiego systemu szacowania ryzyka E-DBA, przypisuje się im odpowiednią wagę. Po określeniu stopnia oddziaływania każdego z czynników, prawdopodobieństwo wystąpienia wycieku określa się jako: niskie, średnie lub wysokie.

Tabela 1. **Kryteria oceny prawdopodobieństwa uwolnienia ropy naftowej przez wraki.**
Ocena obejmuje zastosowane wagi i kategorie ryzyka. (Źródło: CEFAS Assessment Protocol
 Environmental Desk Based Assessment C6107)

Kryteria oceny ryzyka	Ustalenie kryterium wagi	Niskie (waga =1)	Średnie (waga = 2)	Wysokie (waga = 3)
Głębokość zalegania wraku	2	Niskie > 200 m	30-100 m	Wysokie < 30 m
Historia wycieków	3	brak informacji	nieznane lub niepotwierdzone dowody	historia wycieków została udokumentowana
Integralność wraku	2	połamany na więcej niż trzy kawałki	połamany na dwa lub trzy kawałki	w całości, w jednym kawałku lub nieznane
Wiek statku w czasie, kiedy tonął	1	< 10 lat	10-30 lat	>30 lat
Czas, jaki upłynął od zatonięcia	2	< 50 lat	lat	>90 lat
Sposób przewozu ładunku	2	rodzaj ładowni – zbiornik	ładownia	na pokładzie, w beczkach, kontenerach, skrzyniach
Powód zatonięcia	1	wybuch wielu torped, wybuch wielu min, silna eksplozja	pojedyncza torpeda, ostrzał artyleryjski, pojedyncza mina, pęknięcie kadłuba, złamanie na pół, wyrzucenie na skalisty brzeg lub nieznane	sztormowa pogoda, wejście na mieliznę (miękkie dno), kolizja
Rodzaj dna	2	znane jako stabilne dno morskie	stosunkowo stabilne lub nieznane	niestabilne i/lub wysoki stopień przemieszczania się

Stopniowaniu podlega także poziom zaufania do informacji, w oparciu o które dokonuje się oceny stanu wraku:

- na wysoki poziom zaufania wpływają: rzetelne i aktualne dane, wyniki poparte dowodami, zgoda większości ekspertów co do uzyskanych rezultatów;
- średni poziom zaufania oznacza, że: dane i informacje oparte są na ograniczonych dowodach, wśród ekspertów zdarzają się sprzeczne opinie;
- niski poziom zaufania wynika z: danych niedostatecznie dobrze popartych dowodami, braku wyraźnego porozumienia między ekspertami.

Modelowanie przebiegu uwalniania się oleju z wraku

Kluczowym aspektem dla określenia wpływu wycieku paliwa z wraku na środowisko morskie, jest scenariusz przebiegu całego zdarzenia. Wyróżnia się trzy podstawowe scenariusze:

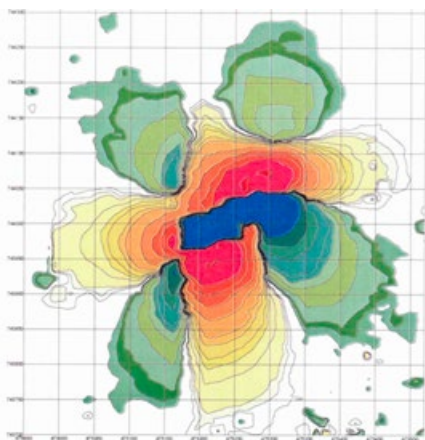
- wolne i ciągłe uwalnianie się paliwa, do ok. 50 kg dziennie;
- gwałtowne uwolnienie się zawartości największego zbiornika z paliwem w ciągu 24 h (jest to najbardziej prawdopodobny przebieg zdarzenia);
- uwolnienie się całej objętości paliwa z wraku w ciągu 24 godzin (scenariusz najbardziej negatywny w skutkach).

Modelowanie wycieku paliwa daje możliwość prześledzenia z wyprzedzeniem, w jaki sposób substancja ta będzie rozprzyskała się w toni wodnej, na dnie oraz na powierzchni wody, a w konsekwencji pozwoli oszacować przewidywane skutki całego zdarzenia. W Polsce, Morska Służba Poszukiwania i Ratownictwa korzysta ze szwedzkiego modelu *SeaTrack Web*, jednak w skali świata, wybór modeli używanych do tego celu jest bardzo duży i wynika z różnorodności środowisk morskich.

Centrum naukowe CEFAS (ang. *Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science*) funkcjonujący pod Ministerstwem Obrony Wielkiej Brytanii opiera swoje obliczenia na dwóch modelach:

1. **Modelu wolnego, ale długotrwałego wycieku paliwa – tworzonego przy użyciu narzędzia DREAM** (ang. *Dose-related Risk and Effects Assessment Model*);
2. **Modelu gwałtownego uwolnienia się paliwa z wraku MEMW** (ang. *Marine Environmental Modelling Workbench* **wraz z modułem reagowania na wyciek OSCAR** (ang. *Oil Spill Contingency and Response*).

Oba te modele pozwalają na oszacowanie ryzyka zanieczyszczenia jako takiego, lecz także generują informacje o ryzyku zdarzenia dla poszczególnych składowych ekosystemu, tj. linii brzegowej, powierzchni morza, czy kolumny wody. W systemie E-BDA możliwe jest dodatkowo modelowanie skażenia gruntu wokół wraku.



Finalnym produktem modelowania są mapy przedstawiające wizualizację:

- 1) potencjalnego obszaru zagrożonego wyciekiem na powierzchni morza,
- 2) potencjalnego obszaru skażenia w kolumnie wody,
- 3) potencjalnej długości zagrożonego brzegu oraz
- 4) potencjalnego obszaru akumulacji oleju cięższego od wody w osadach morskich wokół wraku.

Izolinie anomalii pola indukcji magnetycznej wywołanej masą magnetyczną wraku statku SS Stuttgart – obszar ograniczony tylko do samego wraku

Ocena wielkości ryzyka

Kolejnym krokiem jest oszacowanie skali oddziaływania wylewu paliwowego na szczególnie wrażliwe wskaźniki i infrastrukturę morską. Brane są w tym momencie pod uwagę dwie grupy skutków: ekologiczne i socjoekonomiczne. CEFAS stosuje trzystopniową skalę wrażliwości poszczególnych receptorów na zdarzenie: receptory wrażliwe na niskie, średnie i wysokie ryzyko.

Wyliczenie końcowej wartości kwalifikującej dany wrak jako bezpieczny lub stanowiący zagrożenie dla środowiska, odbywa się poprzez wyliczenie wyniku w oparciu o prawdopodobieństwo wycieku paliwa oraz poziom ryzyka dla wrażliwych receptorów morskich.

Głównym celem dotychczas scharakteryzowanych działań jest uzyskanie odpowiedzi na pytania: „czy badany wrak jest niebezpieczny?” i „czy konieczne jest podjęcie działań zmierzających do minimalizacji ryzyka rozlewu?”. W tym celu dobrze jest wprowadzić uszczegółowioną i precyzyjniejszą klasyfikację kryteriów ogólnej oceny ryzyka (tabela 2).

Tabela 2. **Uszczegółowiona klasyfikacja kryteriów ogólnej oceny ryzyka.**

Kryteria ogólnej oceny ryzyka		
Ryzyko wysokie	Ryzyko średnie	Ryzyko niskie
Istnieje wysoki potencjał uwolnienia ropy naftowej oraz wpływu tego zdarzenia na wrażliwe receptory morskie.	Ryzyko uwolnienia ropy naftowej jest umiarkowane i umiarkowany jest wpływ zdarzenia na wrażliwe receptory morskie.	Ryzyko uwolnienia ropy naftowej i zagrożenia dla wrażliwych morskich receptorów jest minimalne.
Zalecane działania		
Ponieważ istnieje wysokie ryzyko zagrożenia wobec wrażliwych receptorów morskich, należy podjąć niezbędne działania w zakresie zarządzania zdarzeniem w celu minimalizacji jego skutków.	Ponieważ istnieje zagrożenie negatywnego wpływu zdarzenia na wrażliwe receptory morskie, wskazane jest monitorowanie wraku, z możliwością podjęcia działań związanych z zarządzaniem zdarzeniem.	Jeżeli stan wraku ulegnie zmianie, zaleca się przeprowadzenie ponownej oceny w celu potwierdzenia ryzyka; może być wymagane monitorowanie obiektu.

Metodyka szacowania ryzyka wobec polskich wraków

Protokół E-DBA, stworzony przez CEFAS, wydaje się być najbardziej odpowiednim narzędziem do zaadaptowania w warunkach polskich, w celu oceny wraków zalegających w wodach Morza Bałtyckiego. Nie ocenia on, co prawda, jak zmienia się ryzyko w czasie (co jest możliwe przy zastosowaniu metody VRAKA), ale ma przejrzystą i prostą strukturę. Polska wersja E-BDA zapewniłaby bezstronną ocenę

ryzyka wystąpienia niepożądanego zdarzenia (wycieku paliwa) i określiłaby najbardziej odpowiednią strategię zarządzania nim, minimalizując w ten sposób konflikt interesów z administracją morską (z którą prowadzono by konsultacje w trakcie całego procesu oceny).

Przedstawiona w protokole E-DBA metodyka postępowania z niebezpiecznymi wrakami, opiera się na następujących założeniach:

1. Wszystkie wraki powinny być poddane ocenie na podstawie stwarzania potencjalnego ryzyka zanieczyszczenia środowiska oraz obecności w nich materiałów wybuchowych, amunicji lub innych niebezpiecznych substancji i przedmiotów. Ocena ryzyka powinna być oparta na informacjach zawartych w bazie danych wraków i uzupełniana o wszelkie inne informacje pochodzące z wiarygodnych źródeł.
2. Na podstawie przeprowadzonej oceny ryzyka, wraki powinny być przydzielane do jednej z czterech grup:
 - **wraki niebezpieczne**, dla których ryzyko nie może być tolerowane i konieczne jest przeprowadzenie badania miejsca zalegania obiektu, aby zebrać dodatkowe dane umożliwiające bardziej szczegółową ocenę;
 - **wraki prawdopodobnie niebezpieczne**, dla których ryzyko może być tolerowane, ale wymagany jest plan zarządzania nimi;
 - **wraki prawdopodobnie mało niebezpieczne**, dla których ryzyko może być tolerowane, ale musi być tak niskie, jak to tylko możliwe;
 - **wraki prawdopodobnie bezpieczne**, dla których ryzyko może być tolerowane i nie ma wymogu wykazania statusu zagrożenia tych obiektów.

Jeśli nie ma wystarczających informacji pozwalających uznać, że przeprowadzone studium wraku jest wiarygodne, to wrak taki należy uznać za niebezpieczny lub prawdopodobnie niebezpieczny i podjąć odpowiednie działania.

Natomiast jeżeli badanie na miejscu zalegania wraku oraz ponowna ocena ryzyka wykażą, że ryzyko jest niedopuszczalnie wysokie i najprawdopodobniej nie ma możliwości zarządzania nim, konieczna jest interwencja na wraku. Jej celem jest zminimalizowanie ryzyka niekontrolowanego wycieku paliwa. Aby temu przeciwdziałać, konieczne jest stworzenie metodologii postępowania w takiej sytuacji, przy czym usunięcie potencjalnego zagrożenia jest preferowaną metodą minimalizowania ryzyka. Po interwencji na wraku, należy dokonać ponownego przeglądu oceny ryzyka, co oznacza, że we wszystkich przypadkach, w których działania miały miejsce, plan zarządzania ryzykiem musi być ponownie sporządzony; należy to wykonać nawet w przypadku zminimalizowania ryzyka do poziomu akceptowalnego.

DOSTĘPNE METODY I TECHNOLOGIE USUWANIA PALIWA Z WRAKÓW ORAZ REMEDIACJI SKAŻONEGO OSADU DENNEGO



© M. Czerwiński

Remediacja

Pojęcie „**utyliczacja**”, w wyniku nowelizacji Prawa ochrony środowiska (przepis dodany został przez regulacje noweli z dnia 11 lipca 2014 r., Dz. U. z 2014, poz. 1101), zostało zastąpione pojęciem „**remediacji**”. Używane jest ono w odniesieniu do procesów polegających na poddaniu osadów dennych i wód gruntowych działaniom mającym na celu usunięcie lub zmniejszenie ilości substancji niebezpiecznych, a także na kontrolowaniu oraz ograniczeniu ich rozprzestrzeniania się. **Celem remediacji jest**, by obszar zanieczyszczony przestał stwarzać zagrożenie dla zdrowia ludzi lub stanu środowiska, z uwzględnieniem obecnego i planowanego w przyszłości sposobu użytkowania go. Ustawa przewiduje również, że w uzasadnionych przypadkach, remediacja może polegać na samooczyszczaniu, jeżeli przynosi ono największe korzyści dla środowiska. **W praktyce istnieją dwa podstawowe warianty oczyszczania skażonego dna morskiego: *in situ* i *ex situ*.**

1. METODY *in situ*:

Monitorowane naturalne oczyszczanie

National Research Council definiuje tę metodę jako praktykę remediacji, mającą na celu ochronę środowiska przed niedopuszczalnym narażeniem na zanieczyszczenia, w oparciu o naturalne procesy występujące w środowisku (ITRC, 2014), tj. naturalne (samoistne) oczyszczanie osadów. Praktyka ta polega na pozostawieniu zanieczyszczonego osadu w miejscu skażenia i wykorzystaniu naturalnych procesów, takich jak: przekształcanie zanieczyszczenia do mniej toksycznych form (np. biodegradacja), wiązanie zanieczyszczenia mocniej w osadzie (np. sorpcja), zakopanie zanieczyszczonych osadów pod czystym osadem (np. sedymentacja).

Odgrodzenie skażonego obszaru ścianką

Istnieje możliwość powstrzymania rozprzestrzeniającego się paliwa na dnie poprzez umieszczenie konstrukcji ogrodzenia wokół skażonego obszaru. Ogrodzenie takie może być wykonane z łączonych elementów ścianki szczelnej, wykonanej z żelaza lub stali, tzw. grodzie Larssena. Najczęściej wykonuje się grodzenie w postaci koferdamu, w celu izolacji od otoczenia samego źródła zanieczyszczenia. Innym rozwiązaniem jest obwałowanie obszaru nasypem. Utrzymanie takiej konstrukcji może być trudne w bardziej dynamicznym środowisku, ponieważ istnieje ryzyko uszkodzenia jej podczas sztormu. Metoda ta może być stosowana tylko na płytkich wodach.

Solidyfikacja i stabilizacja skażonego osadu z zastosowaniem pyłu lotnego lub innych substancji wiążących

Metoda ta opiera się na dwóch procesach: stabilizacji i solidyfikacji (utwardzania) osadów. Stabilizacja jest procesem chemicznym, który prowadzi do unieszkodliwienia substancji zanieczyszczających poprzez przekształcenie ich w mniej rozpuszczalne, mniej mobilne lub mniej toksyczne formy. Proces solidyfikacji natomiast, jest procesem fizycznym, prowadzącym do związania zanieczyszczeń za pomocą substancji wiążącej, tzw. spoiwa.

Wśród spoiw stosuje się takie jak: cement portlandzki, wapno i popiół lotny ze spalania węgla oraz mieszaniny tych składników w różnych proporcjach. Najbardziej korzystnym rozwiązaniem jest wykorzystanie popiołu lotnego – produktu spalania węgla z elektrowni. Popiół, wychwytywany na filtrach elektrostatycznych, jest rozmiaru pyłu, ma więc postać bardzo rozdrobnioną. Ma on zdolność do pęcznienia i twardnienia pod wpływem wody, którą łatwo absorbuje. Takie właściwości pozwalają mu bez przeszkód wnikać do szczelin i rumoszu oraz wytworzyć stabilną, nieosiadającą powierzchnię uszczelniającą.

Bioremediacja

Bioremediacja polega na wykorzystaniu mikroorganizmów lub ich enzymów do rozkładu zanieczyszczeń organicznych, takich jak: ropa naftowa i produkty przerobu ropy, węglowodory aromatyczne benzen, toluen i ksylen, PCB, WWA (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne), chlorowane fenole i wiele pestycydów.

Przykrywanie skażonego obszaru (ang. *capping*)

Capping polega na pokryciu zanieczyszczonych osadów warstwą czystego materiału, w celu odizolowania ich od środowiska. Wyróżnia się trzy rodzaje pokryw:

- konwencjonalną – powstającą poprzez umieszczenie piasku lub innych naturalnych materiałów bezpośrednio na zanieczyszczonej powierzchni osadów;
- uzbrojoną – tworzoną poprzez dodatkową warstwę kamienia lub narzutu kamiennego, aby zapewnić dodatkową ochronę przed prądami o wysokich prędkościach;
- kompozytową – składającą się z kilku warstw piasku, kamienia i geowłókniny, zapewniających dokładniejsze izolowanie materiału zanieczyszczonego od ekosystemu.

Pokrywy mogą także zawierać dodatek substancji aktywnej, w postaci węgla organicznego lub podlegać innym modyfikacjom – w celu spowolnienia przepływu zanieczyszczeń w pokrywie.

2. METODY *ex situ*:

Usuwanie skażonego osadu poprzez pogłębianie

Usuwanie paliwa i skażonego nim osadu poprzez pogłębianie jest najczęściej stosowanym rozwiązaniem spośród metod *ex situ*. Metoda ta różni się od konwencjonalnego pogłębiania (stosowanego na potrzeby nawigacji) i określana jest jako *environmental dredging*. Przy zastosowaniu specjalnych pogłębiarek zanieczyszczony osad jest usuwany, a następnie transportowany i przetwarzany *ex situ*, ponownie wykorzystywany lub deponowany. Silnie zanieczyszczone osady wymagają dodatkowego przetworzenia ich przed składowaniem, i najczęściej są poddawane zabiegowi stabilizacji. W niektórych przypadkach paliwo można odzyskać poprzez oddzielenie go od wody i osadu w procesie dekantacji.

***Hot-tapping* i pompowanie pozostałości paliwa z wraku z użyciem ROV i/lub nurków**

W sytuacji, gdy w zbiornikach wraku znajduje się uwięzione paliwo, najskuteczniejszą i najnowocześniejszą metodą wypompowania substancji jest zastosowanie metody z wykorzystaniem pojazdu ROV i technologię *hot-tapping*. Technologia ta była początkowo obsługiwana przez nurków, jednak ze względu na duże zagrożenie dla ich zdrowia, zaczęto wykorzystywać specjalistyczne pojazdy ROV (zwłaszcza na większych głębokościach). Technologia oparta na ROV, obsługującym narzędzie *hot-tapping*, pierwszy raz została zastosowana przy wycieku ze statku *Prestige*, na głębokości 3500 m. Metodę tę zaimplementowano także w licznych operacjach przeprowadzonych w rejonie Morza Bałtyckiego, m.in. na wrakach: *Park Victory* i *M/S Estonia*, *Brita Dan* i *Coolaroo*.

Tabela 3. Zestawienie metod remediacji.

ZALECENIA	KOSZTY	ZALETY	OGRANICZENIA
Monitorowane naturalne oczyszczanie			
wrażliwe, unikalne ekosystemy, osady dennie dość stabilne; zanieczyszczenia łatwo ulegają biodegradacji lub przekształcaniu do niższych form toksyczności, lub ich stężenia są niskie; w głębokich zbiornikach	stosunkowo niskie, obejmują głównie monitoring (ok. 1,3 \$/m ³)	brak zakłócenia środowiska naturalnego, brak ryzyka zaburzenia struktury skażonych osadów i ich rozprzestrzenienia, niskie koszty, brak odpadów	czas biodegradacji to 5-30 lat; istnieje możliwość wtórnego zanieczyszczenia; możliwe długoterminowe wyłączenie obszaru z połówów; produkty biodegradacji mogą być szkodliwe; brak aktywnych działań łączy się ze sceptyczną oceną społeczną; brak wieloletnich danych i jednoznacznych badań stwierdzających długofalową skuteczność metody
Ogrodzenie skażonego obszaru			
małe i płytkie obszary	metoda należy do najbardziej kosztownych: drogi materiał, transport i sprzęt do montażu	zatrzymanie horyzontalnego rozprzestrzeniania się oleju po dnie oraz pozostawienie obszaru biodegradacji; możliwe odseparowanie zanieczyszczeń od toni wodnej; w szczególnych warunkach możliwość osuszenia obszaru i oczyszczenia go	koszt; brak możliwości zatrzymania przenikania zanieczyszczeń w głąb osadów; podczas sztormu istnieje ryzyko uwolnienia zanieczyszczeń do toni wodnej; duże ograniczenia co do rejonu zastosowania
Solidyfikacja i stabilizacja skażonego osadu, zastosowanie pyłu lotnego			
technologia wykorzystywana głównie na lądzie, nie stosowano jej w środowisku morskim <i>in situ</i> , jest testowana laboratoryjnie	cena popiołu lotnego ze spalania węgla: 15-40 \$/t, wysokie koszty transportu i przetwarzania	może prowadzić do przekształcenia zanieczyszczeń w mniej toksyczne formy, rozwiązanie przyjazne środowisku – wykorzystuje odpad jako surowiec	metoda nie usuwa zanieczyszczeń, a spowalnia lub zapobiega ich migracji; duże wyzwanie technologiczne, zwłaszcza w przypadku środowiska morskiego; brak danych na temat skutków biologicznych; ilość danych niewystarczająca do implementacji metody i oszacowania kosztów

ZALECENIA	KOSZTY	ZALETY	OGRANICZENIA
Przykrywanie skażonego obszaru (ang. capping)			
tam, gdzie usunięcie zanieczyszczenia byłoby zbyt kosztowne lub mogłoby spowodować jego dalsze rozprzestrzenianie się, także jako środek tymczasowy oraz gdy naturalne oczyszczanie przebiega zbyt wolno; do zatrzymania lotnych i półlotnych związków organicznych, pestycydów i metali ciężkich; istnieje możliwość pokrycia betonem obszaru zanieczyszczeń wraz z wrakiem	na koszt wpływa głównie dostępność surowca i cena jego transportu; koszt umiarkowany, rośnie w miarę wprowadzania modyfikacji	izoluje fizycznie zanieczyszczony osad, redukuje jego bezpośredni kontakt z organizmami zakopującymi się w dnie i bioturbatorami, stabilizuje zanieczyszczone osady, zapobiega rozproszaniu i przemieszczeniu się do innych obszarów oraz chemicznie izoluje, aby zredukować strumień rozpuszczonych zanieczyszczeń do toni wodnej; metoda stosunkowo mało skomplikowana	wymaga długoterminowego monitorowania, istnieje ryzyko, że umieszczenie pierwszej warstwy materiału przykrywającego może wznieść osady do toni wodnej; w niektórych warunkach umieszczenie pokrywy może być trudne bez zakłócenia zanieczyszczeń; w pewnym stopniu zaburza i zmienia środowisko organizmów bentosowych
Bioremediacja			
zalecana do stosowania w połączeniu z innymi metodami	koszt trudny do oszacowania, ze względu na niewielkie doświadczenie z jej stosowaniem w środowisku morskim	przyjazna dla środowiska, jedna z najmniej szkodliwych i inwazyjnych metod; potencjalnie niskie koszty, wymaga niewielkiego nakładu sprzętu; skażony osad oczyszczany in situ; brak konieczności transportu i utylizacji	długi czas potrzebny do przeprowadzenia procesu degradacji biologicznej; mało danych dla zastosowania metody w środowisku morskim; introdukcja składników odżywczych i substancji utleniających może powodować uwolnienie zanieczyszczeń, konieczny jest wcześniejszy monitoring i analiza składu bakteryjnego w miejscu skażenia
Usuwanie skażonego osadu poprzez pogłębianie			
usuwanie skażenia występującego w postaci hot spotów i zabezpieczanie obszaru przed ozprzestrzenieniem się zanieczyszczenia, przy usuwaniu wtórnych zanieczyszczeń resztkowych	zależne od typu pogłębiarki: mechaniczna – 2,10 \$/m ² , hydrauliczna – 1,95 \$/m ² , pneumatyczna – 1,40–4,00 \$/m ² + koszty transportu, przechowywania, przetwarzania, składowania i technologii pomocniczych	najszybsza i najbardziej efektywna metoda; sprawdza się przy rozległych obszarach skażenia, również w przypadku oleju niezdatnego do odpompowania; może być stosowana w dynamicznym środowisku	ryzyko znacznej resuspensji zanieczyszczeń oraz straty zanieczyszczeń podczas transportu; wymagany monitoring; bardzo inwazyjna dla środowiska: pogłębiarki usuwają do 20 cm miąższości osadu; kosztowna i stosunkowo skomplikowana logistycznie – przez złożoność procesu



KOSZTY OPERACJI USUWANIA ROZLEWU PALIWA

Każda katastrofa morska, w wyniku której należy usunąć pozostałości toksycznego ładunku lub paliwa ze zbiorników statku, jest inna i przed realizacją projektu usuwania skażenia trudno jest precyzyjnie określić koszt takiej operacji. Zarówno przebieg, jak i koszt procesu może być zupełnie różny od wstępnie planowanego. Niedoszacowanie skali zdarza się szczególnie wtedy, gdy usuwane jest paliwo z wraku, który zatonął dawno i brak jest informacji o ilości paliwa w zbiornikach, ich rozmieszczeniu we wraku i dostępie do zbiorników.

W przewodniku amerykańskiej agencji EPA (ang. *United States Environmental Protection Agency*), szczegółowo omówiono jakie elementy w opracowaniu studium wykonalności należy brać pod uwagę podczas szacowania kosztów planowanej operacji oczyszczania wraku (U.S. EPA, 2000). Jako główne elementy kosztorysu wymieniono: mobilizację i demobilizację; monitoring wraz z analizami i poborami próbek; gromadzenie i oddzielanie wody; usuwanie osadu i jego gromadzenie; konstrukcję materiału pokrywającego; zabiegi prowadzone *in situ*; zabiegi wykonywane *ex situ*; wywóz i składowanie osadu oraz elementy związane z profesjonalnymi usługami technicznymi; projektowanie; zarządzanie konstrukcją i kontrole instytucjonalne. Oszacowanie czynników wpływających na koszty operacji przedstawiono również w tabeli 3. W publikacji NOAA (2013), dotyczącej oceny ryzyka potencjalnie zanieczyszczających wraków, **wymieniono czynniki wpływające na planowanie operacji szacowania i usunięcia paliwa. Należą do nich:**

- typ paliwa i jego właściwości (zwłaszcza lepkość);
- objętość paliwa;
- głębokość;
- prądy denne;
- stan morza (np. wody ostoięte, morze otwarte);
- pogoda;
- narażone zasoby środowiska (wrażliwe siedliska);
- odległość od brzegu, odległość do miejsca mobilizacji, wsparcie logistyczne;
- rozplanowanie statku (np. rozmieszczenie zbiorników, system wentylacyjny, przebieg rurowania, ułożenie przegród zbiorników, ułożenie konstrukcji);
- konstrukcja statku (np. grubość blach, nitowanie, spawanie);
- wiek statku (data konstrukcji, modernizacje, zatonięcie);
- stan wraku (np. złamane sekcje, korozja);

- ułożenie wraku (np. wrak zalega prosto lub do góry dnem);
- czynniki bezpieczeństwa (np. obecność amunicji, materiały niebezpieczne, porzucony sprzęt rybacki);
- inny ładunek (może blokować dostęp do zbiorników i zajmować przestrzeń);
- zagadnienia historyczne/kulturowe (znaczenie historyczne, np. cmentarzysko wojenne).

PODSUMOWANIE

Ustalenie ścieżki postępowania, którą należy przyjąć przy badaniu wpływu wraków statków i znajdującego się w nich paliwa na środowisko morskie, zagrożeń jakie obiekty te wnoszą do środowiska oraz minimalizacji skutków tych zagrożeń, jest obecnie jednym z istotnych wyzwań w ochronie południowego Bałtyku. Powinno być więc ważnym elementem działania zarówno instytucji naukowych – zajmujących się środowiskiem morskim, jak i instytucji zarządzających obszarami morskimi, tj. administracji morskiej wszystkich szczebli.

Sytuacja, w której wrak został sklasyfikowany jako niebezpieczny, jednakże nie zostały podjęte żadne działania mające na celu zapobieżenie katastrofie ekologicznej, nie powinna nigdy mieć miejsca. Skala konsekwencji ujścia paliwa z wraku jest na tyle duża, że powinna sama w sobie działać jako determinanta dla odpowiednich służb do podjęcia jak najszybszych działań.

Dostępne obecnie technologie pozwalają uniknąć niszczących skutków ekologicznych i socjoekonomicznych jakie spowodowałyby takie zdarzenia. Propozycje przedstawione w pełnej wersji niniejszego opracowania wskazują, co i w jaki sposób można zrobić, aby oszacować ryzyko wycieku paliwa i innych substancji niebezpiecznych z wraków leżących na dnie morza. Zaprezentowany schemat działania pozwala na zaplanowanie kolejnych kroków metodyki badania wraków oraz procesu remediacji, a także na podjęcie decyzji o ewentualnej konieczności oczyszczenia (potencjalnie) niebezpiecznych obiektów.

Pełna wersja proponowanej metodyki wraz z opisem działań prowadzonych w poszczególnych krajach, dostępna jest na stronie internetowej Fundacji MARE (fundacjamare.pl).

Literatura podstawowa:

- ALCARO L., Amato E., Cabioch F., Farchi C., Gouriou V., 2007. DEEPP Project: *Development of European Guidelines for Potentially Polluting Shipwrecks*, ICRAM, CEDRE.
- CEFAS, 2016. Goodsir F. at al.: *Assessment Protocol – Environmental Desk Based Assessment*, Centre for Environment Fisheries & Aquaculture Science (Cefas).
- HAC B., Sarna, O., 2021. *Ogólna Metodyka Oczyszczania Bałtyckich Wraków z Paliw. Propozycja Programu Zarządzania Wrakami dla Polski*, Fundacja MARE.
- ITRC, 2014. The Interstate Technology & Regulatory Council: *Contaminated Sediments Remediation. Remedy Selection for Contaminated Sediments*. Guidance Document, USA.
- LANDQUIST H., Rosén L., Lindhe A., 2016. VRAKA Probabilistic risk assessment of shipwrecks, Handbook.
- MICHEL J., Etkin D. S., Gilbert T., Urban R., Waldron J., Blocksidge C.T., 2005. *Potentially Polluting Wrecks in Marine Waters*. International Oil Spill Conference (IOSC).
- NOAA, 2013. National Oceanic and Atmospheric Administration: *Risk assessment for potentially polluting wrecks in U.S. waters*, USA.
- NWRC, 2007. International Maritime Organization: *Nairobi International Convention on the Removal of Wrecks*. In: International Maritime Organization (ed.) LEG/CONF.16/19.
- SPREP & SOPAC, 2002. Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme & the Pacific Islands Applied Geoscience Commission: *A regional strategy to address marine pollution from world war II wrecks*. 13th SPREP Meeting, 2002 Majuro, Marhsall Islands. The Pacific Ocean Pollution Prevention Programme, PACPOL.
- U.S. EPA, 2000. United States Environmental Protection Agency: *A Guide to Developing and Documenting Cost Estimates During the Feasibility Study*, USA.

Rozbudowana bibliografia dostępna jest w pełnej wersji metodyki do pobrania na stronie www.fundacjamare.pl.



Metodyka wydana w ramach projektu
„Redukcja negatywnego wpływu wycieków paliwa z wraku tankowca Franken”
finansowanego przez Baltic Sea Conservation Foundation.

