

Sylwia Sikora*, Elżbieta Wojna-Dyłağ**

ZAGROŻENIA ŚRODOWISKA WYSTĘPUJĄCE PODCZAS EKSPLOATACJI PODMORSKICH ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW***

1. WSTĘP

Wzrastające ceny surowców energetycznych takich, jak ropa i gaz przyczyniają się do tego, że sięga się do złóż zalegających na coraz większych głębokościach wody, a także do złóż, które ze względu na swoje zasoby traktowane były marginalnie. Prowadzenie robót górniczych na morzu wiąże się z różnorodną problematyką proekologiczną, która nie zawsze występuje w warunkach lądowych.

Akweny morskie są szczególnie czułe na wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia, a zwłaszcza na zanieczyszczenia ropne. Rozlewy nawet niewielkich ilości ropy i substancji ropopochodnych powodują znaczne obszarowo zanieczyszczenia zarówno morza, jak i strefy brzegowej, następstwem których jest degradacja flory i fauny. Z tego głównie wynika uczulenie społeczeństwa na zagrożenia ze strony firm eksploatujących ropę ze złóż podmorskich. Spektakularne przypadki morskich katastrof tankowców, czy też platform wydobywczych powodują, że poszukiwania i wydobywanie na morzu jest obwarowane coraz to bardziej rygorystycznymi przepisami zarówno międzynarodowymi, jak i krajowymi, które mają na celu zapewnienie pełnego bezpieczeństwa ekologicznego [1, 3, 7, 8, 12].

W Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 14 lipca 1998r. w sprawie określenia rodzajów inwestycji szczególnie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi albo mogących pogorszyć stan środowiska oraz wymagań, jakim powinny odpowiadać „Oceny Oddziaływania na Środowisko” tych inwestycji, wśród takich wymienia się inwestycje służące do poszukiwania lub wydobywania węglowodorów spod dna morskiego, łącznie z urządzeniami do przeładunku i transportu na ląd.

* Poszukiwania Nafty i Gazu Sp. z o.o., Kraków

** Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

*** Praca wykonana w ramach badań własnych WWiG AGH

Równolegle z rozwojem ekologii oraz tworzeniem prawa, które wymagało określonych działań na rzecz ochrony środowiska i narastającym naciskiem społecznym górnictwo ropy i gazu zobowiązane było skierować swój wysiłek i uwagę na rozpoznanie zagrożeń związanych z jego funkcjonowaniem oraz opracowanie i wdrożenie metod ich minimalizacji.

Rzecz przemysłu naftowego na Bałtyku odbywa się ze zwróceniem szczególnej uwagi na potencjalne oddziaływanie na środowisko, a także na zastrzeżenia wysuwane przez społeczeństwo i ekologów [1, 13]. Prowadzony jest stały monitoring przecieków na polu otworu B-3, zamontowany na platformie „Baltic Beta” [2, 6, 9, 10, 14].

Koncern naftowy „Petrobaltic”, który wydobywa ropę na Bałtyku i eksportuje ją bałtyckimi szlakami działa tak, by w żadnym wypadku nie mieć na swoim koncie jakichkolwiek nieprzewidzianych wycieków ropy.

„Petrobaltic” ma wyłączną koncesję na poszukiwania i eksploatację złóż węglowodorów na polskim obszarze morskim obejmującym ponad 27 tys. km². Zagraniczne kompanie naftowe mogą operować na Obszarze Morskim Rzeczypospolitej Polskiej tylko w porozumieniu ze spółką „Petrobaltic” S.A. [6].

2. LOKALIZACJA I BUDOWA GEOLOGICZNA ZŁOŻA B3

Prowadzone prace eksploatacyjne zlokalizowane są w polskiej strefie ekonomicznej. Dno morskie w rejonie prac geologicznych ma charakter zróżnicowany. Znajduje się na głębokości od 40÷100 m. Większe głębokości (rzędu 80÷100 m) występują głównie we wschodniej części badanego obszaru. Natomiast w płd.-zach. rejonie, idąc w kierunku linii brzegowej, dno morskie podnosi się na głębokość 30÷40 m. Dno morskie z reguły budują osady czwartorzędowe, wykształcone w postaci piasków, glin i glin piaszczystych z domieszką kamieni. W zagłębieniach występują często osady mulaste, ciemnej barwy, z dużą zawartością substancji organicznej i charakterystycznym zapachem siarkowodoru. Wraz ze wzrostem głębokości zmienia się również charakter i rodzaj osadów dennych. W części południowej przeważają osady piaszczyste, wykształcone w postaci piasków o różnej granulacji, a niekiedy iłów piaszczystych. W kierunku północnym osady piaszczyste przechodzą w gliny z piaskiem, a następnie w gliny oraz muły i ły [13].

Obecnie na morskim obszarze RP znajduje się osiem koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie kopalin. Łączna ich powierzchnia wynosi 8150 m², w większości posadowione są we wschodniej części polskiej strefy ekonomicznej Morza Bałtyckiego. Centrum produkcyjnym ropy naftowej jest obecnie złożo B-3, którego koncesja obowiązuje do 2016 r. Dokładny obrys granic złoża B-3 przedstawia rysunek 1, a techniczne zagospodarowanie złoża rysunek 2 [6].

Także podczas pracy urządzeń powstaje określona ilość wód zęzowych i ewentualnych wód deszczowych zanieczyszczonych olejami. Zrzut tych wód do morza jest niedopuszczalny, gdyż byłby źródłem lokalnego zanieczyszczenia.

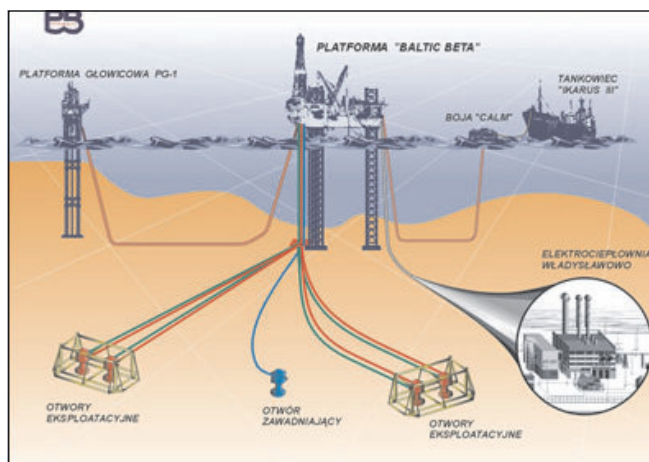
W czasie eksploatacji ropy musi zostać oddzielony z niej gaz. W przypadku złoża B-3 wykładnik gazowy wynosi około $65\text{--}80\text{ m}^3/\text{m}^3$ ropy. Ilość oddzielonego gazu będzie wra- stać w miarę wtłaczania nowych otworów do eksploatacji. Przy wydobyciu maksymal- nym, wynoszącym około $1500\text{ m}^3/\text{dobę}$ będzie to około 100 tys. m^3 w ciągu 24 godzin. Oddzielony gaz to mieszanina różnych węglowodorów od C_1 do C_5 z domieszką azotu i CO_2 . Ze względów technologicznych gaz po oddzieleniu od ropy w separatorach jest kierowany do spalania. Ze względów ekologicznych jest to zjawisko niekorzystne dla atmosfery powodujące jej zanieczyszczenie produktami spalania, a także poborem znacz- nych ilości tlenu np. przy spalaniu $25\,000\text{ m}^3$ gazu zapotrzebowanie powietrza będzie wy- nosić $216\,650\text{ m}^3/\text{dobę}$. Spalanie gazu wiąże się z powstawaniem produktów spalania przede wszystkim w postaci CO_2 i CO oraz niewielkich ilości NO_x [6].

Przy planowaniu rozwiązań technicznych, szczególnie dla faz eksploatacji z dużą wy- dajnością dobową celowym jest ograniczenie ilości gazu dostającego się atmosfery przez:

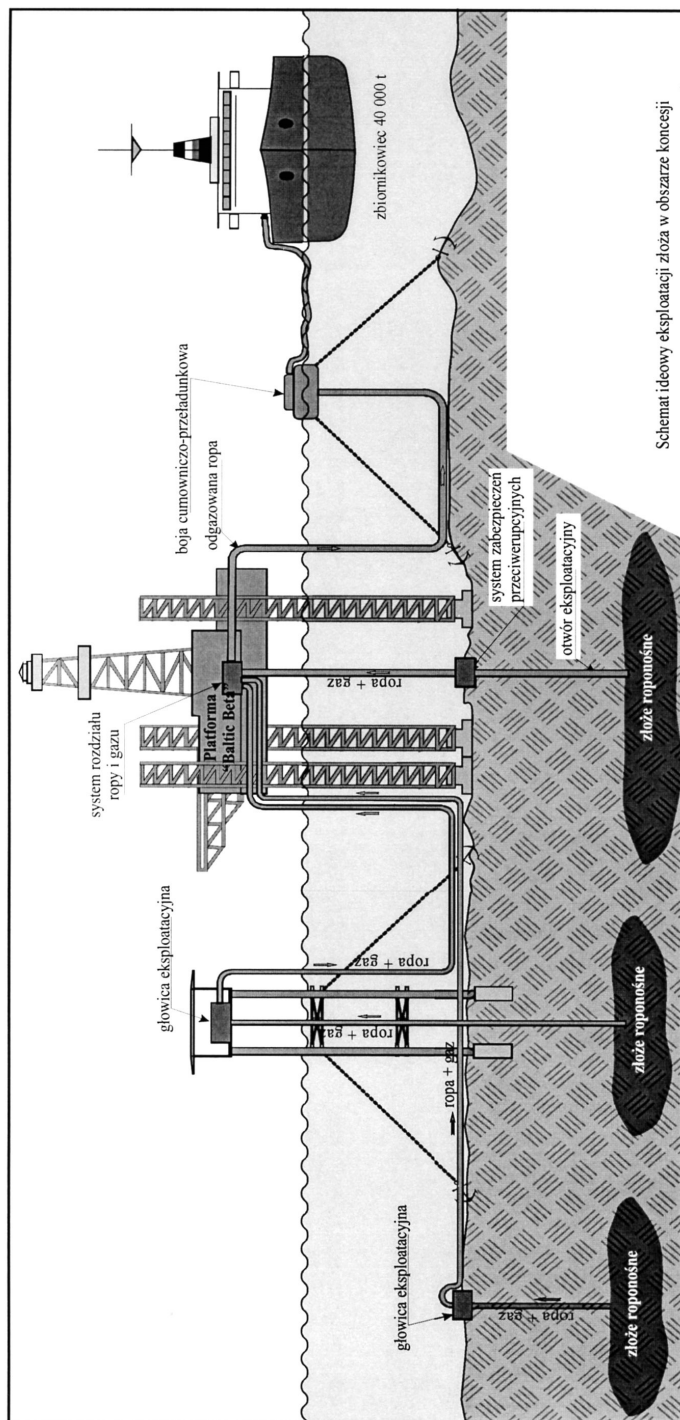
- wykorzystanie do ogrzewania i napędu urządzeń instalacji wydobywczej,
- skraplanie przynajmniej jego cięższych frakcji C_3 i przewóz na ląd.

Potencjalnym źródłem zanieczyszczeń morza olejami w obszarze koncesji omawiane- go obszaru B-3 mogą być prace związane z wydobyciem ropy naftowej, lokalnymi jej prze- pompowaniami i przeładunkiem oraz eksploatacją silników spalinowych napędzających statki obsługowe i generatory na platformie [12].

Wydobycie ropy odbywa się poprzez otwory eksploatacyjne i głowice eksploatacyjne, usytuowane na powierzchni dna morskiego, na platformie bezzałogowej lub wydobywczej. Z otworów usytuowanych poza platformą wydobywczą ropa jest przesyłana na nią rurocią- gami ułożonymi na dnie (rys. 3 i 4) [6].



Rys. 3. Ideowy schemat przekroju technologicznego wokół platformy eksploatacyjnej „Baltic Beta” [6]



Rys. 4. Schemat ideowy eksploatacji złoża w obszarze koncesji złoża B-3 [6]

Cała wydobyta ropa poddawana jest na platformie obróbce polegającej na odebraniu gazu złożowego i lekkich frakcji węglowodorowych. Mieszanina ta jest tłoczona rurociągiem elastycznym ułożonym pod dnem morza do elektrociepłowni we Władysławowie.

Odgazowana ropa naftowa jest przepompowywana z platformy wydobywczej „Baltic Beta” poprzez elastyczny rurociąg ułożony na dnie morskim do stabilnie zakotwiczonej boi morskiej, ustawionej w odpowiedniej odległości od platformy, chroniącej przed kolizją, a także zapewniającej bezpieczne prowadzenie załadunku statku oraz do zbiornikowca. Ideowy schemat sposobu eksploatacji złoża B-3 pokazano na rysunku 4 [6, 11].

4. ZAGROŻENIA ŚRODOWISKA WYSTĘPUJĄCE W TRAKCIE PRACY PLATFORM EKSPLOATACYJNYCH

W związku z pracami eksploatacyjnymi omawianego złoża B-3 można wyróżnić dwie fazy robót mogących negatywnie oddziaływać na środowisko morskie [13]:

Faza I: Wprowadzenie do eksploatacji, gdy źródłem zagrożenia może być rozlew olejowy w czasie opróbowania lub próbnej eksploatacji;

Faza II: Eksploatacja złoża, w której źródłami zanieczyszczenia w tej fazie mogą być:

- rozlew olejowy w wyniku awarii otworu eksploatacyjnego, urządzeń i instalacji przesyłowych oraz magazynowych;
- uszkodzenie instalacji paliwowych na platformie;
- wody złożowe niedostatecznie oczyszczone zrzucane do morza;
- awaria w systemie rurociągów technologicznych do odbioru i przetłaczania ropy z otworów przez platformę do boi cumowniczo-załadowniczej i na zbiornikowiec;
- awarie napowierzchniowych urządzeń do rozdziału i gromadzenia ropy na platformie;
- awaria lub kolizja zbiornikowca odbierającego ropę tak w czasie postoju, jak i podczas transportu do portu;
- substancje stosowane do obróbki wody zatłaczanej do złoża lub do stabilizacji ropy.

W obu fazach prac źródłami zanieczyszczenia środowiska morskiego mogą być:

- ścieki sanitarne;
- stałe odpady gospodarczo-bytowe;
- wody zęzowe i zanieczyszczone wody opadowe [1, 6, 8, 11, 13].

4.1. Zagrożenia występujące w trakcie „normalnej” pracy urządzeń i instalacji wydobywczych na platformie – charakterystyka potencjalnych zanieczyszczeń

W trakcie prowadzenia prac na platformie poza groźbą zanieczyszczenia ropą naftową woda morska może zostać skażona:

- ściekami sanitarno-bytowymi;
- wodami zaolejonymi;
- odpadami komunalnymi;

- płuczką wiertniczą;
- wodami złożowymi;
- poprzez proces spalania gazu ziemnego, który może powodować skażenie wody policyklicznymi węglowodorami aromatycznymi;
- w wyniku remontu urządzeń i oprzyrządowania platformy;
- w wyniku operacji uszczelniania;
- w wyniku innych prac wykonywanych podczas eksploatacji [1, 8, 10].

4.2. Zagrożenia związane z awariami

Awaria to stan niesprawności danego obiektu uniemożliwiający jego funkcjonowanie i powodujący jego unieruchomienie. Stwierdzenie tego stanu na ogół nie wymaga użycia aparatury badawczej. Moment wystąpienia awarii nie jest możliwy do określenia z góry, przeważnie nie sposób przewidzieć jaki będzie ona mieć zasięg. Niekiedy można jednak stwierdzić oznaki zapowiadające awarię. Najczęstsze przyczyny awarii to:

- błąd projektowy;
- wada produkcyjna – wykonania, montażu;
- wada materiału;
- niewłaściwa eksploatacja;
- zużycie, zesterzenie;
- wyjątkowe warunki otoczenia.

Różnorodnego typu awarie mogące występować na obszarze platformy eksploatacyjnej to m.in. rozszczelnienie układu przesyłu ropy na tankowiec, rozlew ropy, katastrofa tankowca (kolizja tankowca), awaria odwiertu lub głowicy eksploatacyjnej, awaria odcinków przesyłowych, nieszczelność instalacji gazowych doprowadzających do wybuchu, przedostanie się ropy do systemu przesyłu gazu [1, 2, 13, 15].

Prawdopodobieństwo wystąpienia erupcji otwartej w warunkach morskich przy istniejącym systemie technicznych zabezpieczeń jest bardzo małe. W skali światowego wydobywania ropy naftowej z dna morskiego erupcja jest przyczyną zanieczyszczenia morza tylko w około 1,5% przypadków.

Niewielkie zagrożenie erupcją na omawianym złożu B-3 wynika przede wszystkim z jego charakterystyki złożowej, a mianowicie:

- złożo zaliczane jest do złóż o niskim ciśnieniu (ciśnienie denne w momencie odkrycia wynosiło rzędu 15 MPa, a po okresie próbnej eksploatacji około 13,5 MPa, zaś styczne ciśnienie głowicowe wynosiło 15 MPa);
- profil geologiczny jest dobrze rozpoznany i nie stwarza komplikacji przy przewiercaniu jak np. ucieczki lub zaniki płuczki, zaciskanie itp.;
- między stropem złoża a dnem morza nie występują inne warstwy nasycone płynami złożowymi;
- wydajności poszczególnych otworów są stosunkowo niskie, np. maksymalna teoretyczna wydajność przy $P_{gI} = 1$ at nie powinna przekroczyć 600 m³/dobę.

Nominalna wydajność eksploatacyjna wynosi około 200 m³/dobę. Zanieczyszczenie morza ropą naftową w obszarze koncesji na wydobywanie może wynikać z erupcji lub rozszczelnienia systemu transportowo – przeładunkowego [6].

Erupcja może wystąpić na otworze eksploatacyjnym podającym ropę samoczynnie (tj. pod ciśnieniem złożowym) w wyniku:

- uszkodzenia lub awarii elementów zagłowiczenia, połączonego z niezadziałaniem w głębnego zaworu bezpieczeństwa;
- niezachowania zasad bezpieczeństwa technologicznego podczas wykonywania prac przy uzbrajaniu otworu eksploatacyjnego lub przy dokonywaniu w nim pomiarów;
- błędów przy montażu głowicy eksploatacyjnej lub wyposażenia w głębnego [6, 11].

Prawdopodobieństwo wystąpienia erupcji w przypadku otworów eksploatacyjnych dotyczy tylko otworów zaliczanych do „produkujących ropę samoczynnie”. W przypadku eksploataowanego złoża B-3 spadek ciśnienia złożowego jest na tyle duży, że dla podtrzymania wydobywania niezbędne jest stosowanie pomp w głębnych, zapuszczanych do otworu. Tym samym w praktyce znacznie zmniejsza to możliwość powstania erupcji ropy naftowej. Jedynym elementem zagrożenia rozlewem ropą naftową wydobytą ze złoża są rurociągi przesyłowe, zlokalizowane na obszarze podlegającym bieżącej eksploatacji lub urządzenia eksploatacyjne znajdujące się na pokładach platformy wydobywczej. Ich awaria może spowodować rozlew o wielkości do kilkudziesięciu metrów sześciennych ropy. Potencjalnym źródłem rozlewu może być operacja przeładunkowa ropy na zbiornikowiec, prowadzona w rejonie ustawienia boi.

Najpoważniejsze zanieczyszczenie morza może wystąpić w przypadku zniszczenia platformy wydobywczej i wynikająca stąd utrata kontroli nad procesem wydobywania [11].

W przypadku uszkodzenia któregośkolwiek rurociągu transportowego ropy istniejący system zabezpieczeń, a także niewielkie ilości ropy znajdujące się w poszczególnych odcinkach systemu transportowego mogą spowodować rozlew rzędu kilkunastu do kilkudziesięciu metrów sześciennych ropy [8, 9, 12, 13].

Awaria systemu zasilania agregatów spalinowych znajdujących się na platformie może być źródłem niewielkiego wycieku oleju napędowego, w ilości nie większej niż kilkaset litrów.

Zagrożenie rozlewem olejowym może wystąpić w przypadku:

- awarii urządzeń służących do separacji ropy;
- awarii urządzeń do przesyłu ropy po separacji z instalacji na tankowiec;
- uszkodzenia linii przesyłowych od głowic podwodnych do manifoldów zbiorczych i manifoldów wydobywczych;
- awarii tankowca przewożącego ropę.

Ilość ropy naftowej, jaka może przedostać się do morza, będzie wynosić od kilku do kilkunastu m³, z wyjątkiem awarii tankowca przewożącego ropę od instalacji wydobywczej do portu, gdzie ilość ropy może być znacznie większa. Można określić, że ilość ropy, jaka wypłynie w przypadku awarii wymienionych urządzeń, jest równa ich pojemności,

te ilości ropy oczywiście są groźne dla środowiska, jednak nie powinny spowodować strat poprzez środki prowadzącego eksploatację przedsiębiorstwa. Natomiast prawdopodobieństwo awarii tankowca jest równoważne z możliwością zanieczyszczenia morza przez każdy tankowiec w rejsie na Bałtyku [1, 6, 8, 9, 12].

5. OPERACJE ZWIĄZANE Z WYDOBYCIEM ROPY ZE ZŁOŻA

Potencjalnym źródłem zagrożenia rozlewem olejowym może być również obecność jednostek pływających wykonujących różne czynności obsługowe. Mogą wystąpić dwa rodzaje zdarzeń:

- wyciek olejów z jednostki pływającej wskutek błędów obsługowych lub awarii związanych z eksploatacją instalacji okrętowych;
- wyciek olejów w trakcie ich przeładunku na morzu – dotyczy to operacji dostarczenia na platformę wydobywczą oleju napędowego do napędu stosowanych tam silników spalinowych (olej napędowy przetłaczany jest elastycznym węzem ciśnieniowym ze statku obsługowego „Bazalt” do instalacji magazynowych platformy, ewentualna awaria tego węża może być źródłem rozlewu oleju napędowego do kilkuset litrów).

Ropa naftowa odbierana jest ze złoża przez zbiornikowiec, który podlega wszystkim morskim przepisom obowiązującym w porcie dla tego typu statków. W przypadku ewentualnego powstania zanieczyszczenia działania likwidujące rozlew, jak i wcześniejsze – zabezpieczające przed rozlewem – prowadzone będą zgodnie z „Planem zwalczania rozlewów”, obowiązującym dla terminalu naftowego Portu Północnego w Gdańsku [11, 14, 15].

6. WNIOSKI

1. Zagrożenia ekologiczne związane z eksploatacją złóż węglowodorów na Bałtyku sprowadzają się do potencjalnego (awaryjnego) skażenia węglowodorami.
2. Analiza potencjalnych rodzajów skażeń węglowodorowych wykazała, że w trakcie normalnej eksploatacji możliwe jest występowanie śladowych zanieczyszczeń, mieszczących się w dopuszczalnych normach. Stany awaryjne, połączone z wyciekiem o objętości od kilkuset do kilku tysięcy metrów sześciennych ropy są bardzo mało prawdopodobne. Skutki takiego zdarzenia będą w dużej mierze zależeć od wielu czynników losowych (stan morza, prądy morskie, wiatry, temperatury wody i powietrza), w głównej zaś mierze od tego, czy rozlew dotrze do brzegu morskiego. Wystąpią wtedy jednorazowe straty ekologiczne (ptaki, ryby), jednak środowisko może być przywrócone do stanu poprzedniego. Koszty i czas trwania zabiegów rekultywacyjnych są trudne do określenia.
3. W przypadku wystąpienia rozlewu możliwe jest oddziaływanie ropy naftowej na florę i faunę morską oraz awifaunę. Negatywne działanie rozlewów ropy naftowej polega na:
 - spowodowaniu deficytu tlenowego,
 - skażeniu powłok zewnętrznych flory,

- skażeniu pokarmu,
 - śnięciu ryb w wyniku sklejanie skrzeli,
 - śmierci ptaków po zjedzeniu skażonego pokarmu,
 - utracie przez przedstawicieli awifauny właściwości termoregulacyjnych i izolacyjnych,
 - degradacji flory i fauny dennej.
4. Każdy duży rozlew powoduje skażenie strefy brzegowej oraz naruszenie ekosystemu. Pociąga to za sobą długotrwałą i kosztowną rekultywację plaż, zakaz rybołówstwa oraz turystyki.
 5. W momencie stwierdzenia zanieczyszczenia środowiska morskiego należy ocenić:
 - przyczynę rozlewu, szacunkową początkową ilość rozlanej ropy oraz skalę skażenia w najbardziej niekorzystnym przypadku,
 - stan morza, siłę i kierunek wiatru, temperaturę powietrza i wody oraz występowanie: lodu, deszczu, śniegu, mgły, silnego zachmurzenia lub nasłonecznienia,
 - możliwość przeprowadzenia akcji,
 - możliwość zanieczyszczenia brzegu.
 6. Straty wynikające z zanieczyszczenia flory i fauny są trudne do oszacowania. Można je ocenić na podstawie kosztów związanych z przywróceniem do stanu pierwotnego skażonego i zanieczyszczonego rozlewem środowiska. Koszty te dopiero uzmysławiają ogrom tego zjawiska.

LITERATURA

- [1] Andrulewicz E.: *Morze Bałtyckie – jego zagrożenia i ochrona*. PIOŚ, Warszawa 1994
- [2] *Konwencja Helsińska HELCOM Recommendation 18/2*. Helsinki, 12.03.1997
- [3] *Konwencja o ochronie środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego*. Helsinki, 9.04.1992
- [4] *Konwencja o zapobieganiu zanieczyszczeniu mórz przez zatapianie odpadów i innych substancji*. 1972
- [5] Łomniewski K. i in.: *Morze Bałtyckie*. PWN, Warszawa 1995
- [6] Materiały firmowe Petrobaltic S.A.
- [7] *Międzynarodowa Konwencja o zapobieganiu zanieczyszczaniu morza przez statki*. PRS, Gdańsk 1997
- [8] *Międzynarodowa konwencja o zapobieganiu zanieczyszczaniu morza przez statki wraz z załącznikami*. Londyn, 2.11.1973
- [9] Netzel J., Wójcik J.: *Opinia dotycząca wpływu rozlewów olejowych na stan zasobów rybnych Południowego Bałtyku*. (maszynopis), 1993
- [10] Nitecki Cz., Meissner W., Kozakiewicz M.: *Zagrożenie awifauny Południowego Bałtyku zanieczyszczeniem produktami ropopochodnymi z platformy „PERTOBAL-TIC”*. (maszynopis), 1993

- [11] *Plan Ruchu na Morską Kopalnię Ropy*. Przedsiębiorstwo Poszukiwań i Eksploatacji Złóż Ropy i Gazu „Petrobaltic” S.A.
- [12] *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie przepisów technicznych w zakresie zapobiegania zanieczyszczaniu morza przez statki*
- [13] Sikora S.: *Wpływ eksploatacji złóż węglowodorów na Bałtyku na środowisko naturalne*. Praca dyplomowa magisterska. AGH, Kraków 2008
- [14] *Ustawa o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i Administracji Morskiej*
- [15] *Warunki środowiskowe polskiej strefy Południowego Bałtyku w 1991 roku*. IMGW, Gdynia 1992