

*Kinga Łazuga\**, *Paweł Górtowski\**

## ANALIZA WPŁYWU ROZLEWU OLEJOWEGO NA SKUTECZNOŚĆ POSZUKIWAŃ W TRAKCIE AKCJI SAR Z WYKORZYSTANIEM SYMULATORÓW SARMAP I OILMAP

---

### 1. Wstęp

Ryzyko wystąpienia rozlewu olejowego dotyczy zarówno tras intensywnie uczęszczanych przez statki przewożące ropę naftową i jej produkty jak i samych miejsc wydobycia tego produktu. W obu przypadkach może okazać się, że podczas rozlewu doszło również do wypadnięcia człowieka za burtę lub konieczna była ewakuacja statku (platformy). Wystąpienie takiej sytuacji skłania do podjęcia rozważań jak będzie przebiegała akcja poszukiwania człowieka lub trawy ratunkowej opuszczonej w miejsce, na które również wycieka produkt ropopochodny. Zastanowić się należy również nad wpływem rozlanej substancji na efektywność akcji ratowniczej.

### 2. Charakterystyka symulatora ASA SARMAP i OILMAP

#### 2.1. OILMAP

OilMAP to standardowy system dostarczający informacji o trajektorii ruchu i zachowaniu się plamy olejowej na skutek rozlewu ropy naftowej lub jej produktów posiadający bazę danych zawierającą historię warunków hydrometeorologicznych dla wybranych rejonów świata oraz narzędzia do wizualizacji tych warunków. Niniejszy model przewiduje trajektorię ruchu plamy olejowej zarówno dla zrzutów olejowych, jak i ciągłych wycieków. Model posiada algorytm rozpraszania, parowania, emulsyfikacji oraz interakcji plamy olejowej z linią brzegową opierający się na dystrybucji ropy w czasie w zależności od jej rodzaju.

---

\* Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Szczecinie

Zawarte narzędzia graficzne pozwalają użytkownikowi:

- określać scenariusz rozlewu;
- obrazować trajektorię rozlewu;
- określać typ oleju;
- łączyć się on-line z prognozą pogody.

Tryb receptora wykonuje obliczenia odwrotnej trajektorii. Obliczenia te mogą być wykorzystywane do określania prawdopodobnych miejsc uwolnienia wycieku.

OILMAP posiada również model stochastyczny wykorzystywany do oceny ryzyka i planowania awaryjnego. Model ten zapewnia przewidywanie oparte na „najgorszym przypadku” scenariusza typowego dla różnych warunków hydrometeorologicznych, który pokazuje najprawdopodobniejszą trajektorię plamy olejowej i potencjalne zanieczyszczenie linii brzegowej lub miejsc wrażliwych [1].

## 2.2. SARMAP

Gdy w środowisku morskim zaginął obiekt, bez względu na to czy jest to statek, osoba czy kontener, głównym celem jest zlokalizowanie tego obiektu oraz wyznaczenie najbardziej prawdopodobnego obszaru poszukiwań. Należy to zrobić w jak najkrótszym czasie, od którego zależy bezpieczeństwo poszukiwanego obiektu.

SARMAP to narzędzie służące do prowadzenia akcji poszukiwania i ratownictwa zarówno osób jak i zgubionego ładunku. Posiada takie narzędzia jak:

- zintegrowane dane z różnych źródeł (morska/cyfrowa kartografia, prognoza pogody, wzory poszukiwania i ratownictwa, informacje o ruchu morskim itp.);
- realistyczny moduł modelowania dryfu do przewidywania kierunku dryfowania ludzi lub przedmiotów w wodzie na skutek działania prądu i wiatru za pomocą modelu Monte-Carlo (stochastyczny) lub IAMSAR/AMS (podejście empiryczne). Moduł ten zawiera bazę danych USCG SAR;
- dostosowaną bazę jednostek ratowniczych zawierającą opisy dla każdego środka ratowniczego (helikoptery, łodzie, statki) wraz z ich dyslokacją i właściwościami (wytrzymałość, niezależność);
- przyjazne dla użytkownika Narzędzie Planowania Poszukiwań, które odzwierciedla powszechnie stosowane przez operatorów SAR praktyki i zalecenia IAMSAR. Wszystkie wyniki mogą być eksportowane jako wzór sprawozdania w formatach tekstowych i graficznych. Ponadto narzędzie Optymalnego Planowania Poszukiwań pozwala na łączenie wielu jednostek SAR i maksymalizacji prawdopodobieństwa sukcesu;
- dostęp on-line do prognozy wiatru i prądu przy użyciu EDS/COSTMAP. Pliki są automatycznie zintegrowane i gotowe do użycia w narzędziu modelowania i planowania.

SARMAP zapewnia szybkie prognozowanie ruchu obiektów dryfujących w wodzie po wprowadzeniu ostatniej znanej pozycji obiektu oraz konfiguracji obiektu (zachowanie pod-

czas dryfowania). Baza danych zawierających zachowanie się poszczególnych obiektów podczas dryfowania jest częścią systemu i opiera się na najnowszych danych US Coast Guard [2].

### **3. Prowadzenie akcji SAR na morzu**

Morskie Ratownicze Centrum Koordynacyjne utrzymuje 24 godzinną gotowość do odbioru wezwań w niebezpieczeństwie i informacji o istniejących i prawdopodobnych sytuacjach zagrożenia życia na morzu. Siły i środki Morskiej Służby Poszukiwania i Ratownictwa utrzymywane są w pogotowiu określonym w Regulaminie Pogotowia Służby SAR.

Działania początkowe Morskiego Ratowniczego Centrum Koordynacyjnego po otrzymaniu jakiegokolwiek informacji o zaistnieniu lub możliwości zaistnienia sytuacji zagrażającej życiu ludzi na morzu mają na celu ocenę i klasyfikację uzyskanych informacji. Następnie dokonuje się selekcji środków ratowniczych i stawiane w stan gotowości, w razie konieczności informuje się odpowiednie Służby innych państw o zaistniałym incydencie. Dyżurni Inspektorzy Operacyjni opracowują plan prowadzenia działań zawierający plan akcji poszukiwawczej i ratowniczej. Wyznaczony zostaje również Koordynator Misji SAR (SMC).

Prowadzenie akcji ratowniczej polega na wysłaniu do akcji wyznaczonych sił i środków oraz wyznaczeniu Koordynatora na miejscu akcji (OSC). Zakończenie działań polega na podjęciu decyzji o zawieszeniu lub zakończeniu poszukiwań wraz z odwołaniem uczestniczących w akcji jednostek [3].

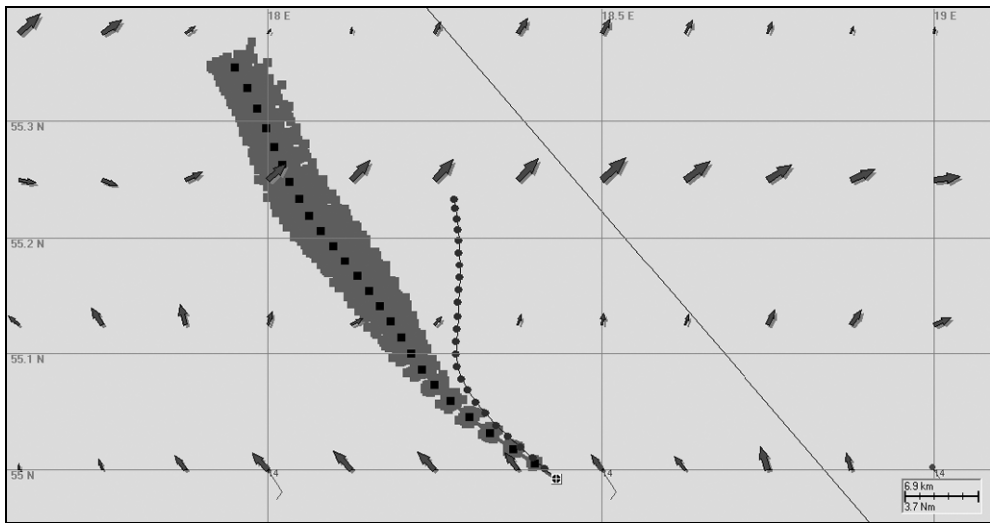
### **4. Poszukiwanie środka ratunkowego w plamie oleju**

Prezentowane poniżej symulacje przeprowadzone zostały przy użyciu aplikacji opisanych powyżej (OILMAP, SARMAP). Niniejsze symulacje dotyczą akcji poszukiwania środka ratunkowego przy jednoczesnym wystąpieniu rozlewu olejowego. Symulacje prezentują akcję poszukiwania człowieka oraz tratwy ratunkowej za pomocą samolotu, helikoptera i statku. Każdy scenariusz przeprowadzony został w dwóch wariantach pogodowych, a mianowicie w rzeczywistych warunkach hydrometeorologicznych z dnia 15 lutego 2011 i 15 sierpnia 2011 roku pobranych z bazy COSTMAP Enviromental Data Server (EDS).

Przedstawione poniżej wyniki symulacji dotyczą scenariuszy poszukiwania człowieka w wodzie morskiej w miesiącu lutym. Prezentowane trajektorie przemieszczania się plamy olejowej jak i rozbitka w wodzie, dotyczą okresu 24 godzin od wycieku/ewakuacji statku. Należy jednak mieć na uwadze, że tak długi czas przebywania rozbitka nawet w ubraniu ochronnym w wodzie o temperaturze 2°C (średnia temperatura wody w miesiącu lutym [6]) może doprowadzić do śmierci człowieka. Ze względu na niewielką odległość miejsca wypadku od brzegu (stacji ratowniczych) należy spodziewać się, że ratownicy znajdą się na miejscu akcji w bardzo krótkim czasie (helikoptery nawet kilkanaście minut po odebraniu informacji o incydencie) i natychmiast podejmą akcję poszukiwawczą.

#### 4.1. Poszukiwanie człowieka

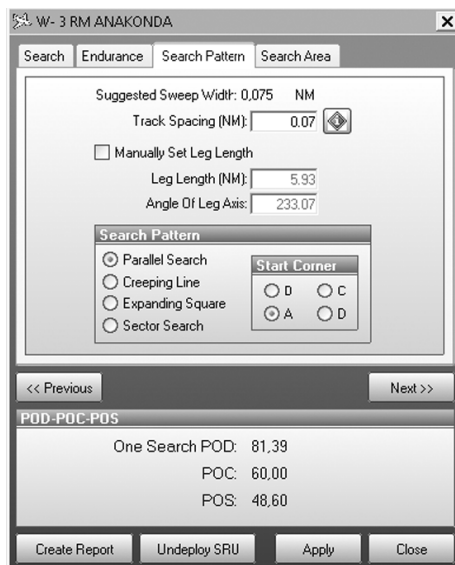
Poniższe wyniki prezentują akcję poszukiwania człowieka w wodzie za pomocą helikoptera Anakonda, samolotu M-28 X2 i statku Kapitan Poinc w miesiącu lutym i sierpniu oraz trajektorie ruchu plamy olejowej (wraz ze śladem plamy olejowej) i rozbitka. Jak widać na rysunkach 1 i 3 trajektorie ruchu plamy nie pokrywa się z trajektorią ruchu rozbitka dlatego na kontakt z produktem ropopochodnym jest on narażony jedynie w początkowej fazie rozlewu (pierwsza godzina).



Rys. 1. Trajektoria plamy i rozbitka (luty)

Symulator SARMAP posiada wbudowane wzory poszukiwań IAMSAR, dla których automatycznie sugeruje odległość między trasami tak aby skuteczność poszukiwań była jak największa (rys. 2). Dla wprowadzonej odległości między trasami symulator oblicza POD — *Probability of Detection* (prawdopodobieństwo wykrycia), POC — *Probability of Containment* (prawdopodobieństwo, że poszukiwany obiekt znajdzie się w wyznaczonym obszarze poszukiwania) oraz POS — *Probability of Success* (prawdopodobieństwo sukcesu  $POS = POD + POC$ ).

W przypadku akcji poszukiwania z udziałem helikoptera jej skuteczność będzie największa, gdy do rozpoczęcia poszukiwań dojdzie w pierwszych ośmiu godzinach od zdarzenia i wynosić będzie 81% (tab. 1). W przypadku, gdy do poszukiwania wykorzystywany jest samolot M-28 X2 akcja powinna rozpocząć się do 9 godzin od wypadku ( $POS = 78\%$ ) (tab. 2). W przypadku akcji poszukiwania z udziałem statku ratowniczego Kapitan Poinc prawdopodobieństwo sukcesu ( $POS$ ) wynosi 78% ( $POD = 78,22\%$ ;  $POC = 100\%$ ) przy odległości między trasami równymi 0,25 Mm.



Rys. 2. Sugerowana odległość między trasami oraz skuteczność poszukiwań

TABELA 1

**Prawdopodobieństwo odnalezienia rozbitka przez helikopter Anakonda (lut)**

Godzina rozpoczęcia poszukiwań	Sugerowana odległość między trasami, [Mm]	Prawdopodobieństwo, [%]		
		POD	POC	POS
04:00	0,07	81,39	100	81,00
05:00	0,07	81,39	100	81,00
06:00	0,07	81,39	100	81,00
07:00	0,07	81,39	100	81,00
08:00	0,07	81,39	100	81,00
09:00	0,07	81,39	100	81,00
10:00	0,07	81,39	100	81,00
11:00	0,07	81,39	100	81,00
12:00	0,07	81,39	80	64,80
13:00	0,07	81,39	80	64,80
14:00	0,07	81,39	60	48,60
15:00	0,07	81,39	60	48,60

TABELA 2

**Prawdopodobieństwo odnalezienia rozbitka przez samolot M-28 X2 (lut)**

Godzina rozpoczęcia poszukiwań	Sugerowana odległość między trasami, [Mm]	Prawdopodobieństwo, [%]		
		POD	POC	POS
04:00	0,06	78,22	100	78,00
05:00	0,06	78,22	100	78,00
06:00	0,06	78,22	100	78,00
07:00	0,06	78,22	100	78,00
08:00	0,06	78,22	100	78,00
09:00	0,06	78,22	100	78,00
10:00	0,06	78,22	100	78,00
11:00	0,06	78,22	100	78,00
12:00	0,06	78,22	100	78,00
13:00	0,06	78,22	80	62,40
14:00	0,06	78,22	80	62,40
15:00	0,06	78,22	60	46,80
16:00	0,06	78,22	60	46,80

Kolejne scenariusze dotyczą poszukiwania człowieka w wodzie morskiej w miesiącu sierpniu, w związku z czym ryzyko intensywne wychładzania się organizmu rozbitka nie jest tak duże jak w miesiącu lutym. Prezentowane trajektorie przemieszczania się plamy olejowej jak i rozbitka w wodzie, dotyczą okresu 24 godzin od wycieku/ewakuacji statku.

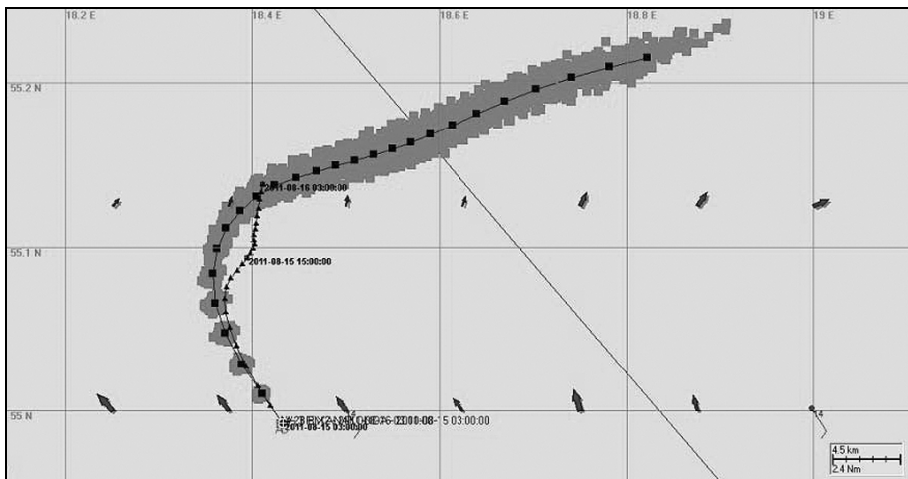
**Rys. 3. Trajektoria ruchu plamy i rozbitka w wodzie (sierpień)**

TABELA 3

**Prawdopodobieństwo odnalezienia rozbitka  
przez helikopter Anakonda i samolot M-28 X2 (sierpień)**

Godzina rozpoczęcia poszukiwań	Sugerowana odległość między trasami, [Mm]		Prawdopodobieństwo, [%]		
	Helikopter	Samolot	POD	POC	POS
04:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
05:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
06:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
07:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
08:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
09:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
10:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
11:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
12:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
13:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
14:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00
15:00	0,15	0,12	78,22	100	78,00

W przypadku akcji poszukiwania z udziałem statku ratowniczego Kapitan Poinc prawdopodobieństwo sukcesu (POS) wynosi 78% (POD = 78,22%; POC = 100%) przy odległości między trasami równymi 0,5 Mm, bez względu na godzinę rozpoczęcia poszukiwań.

#### 4.2. Poszukiwanie tratwy

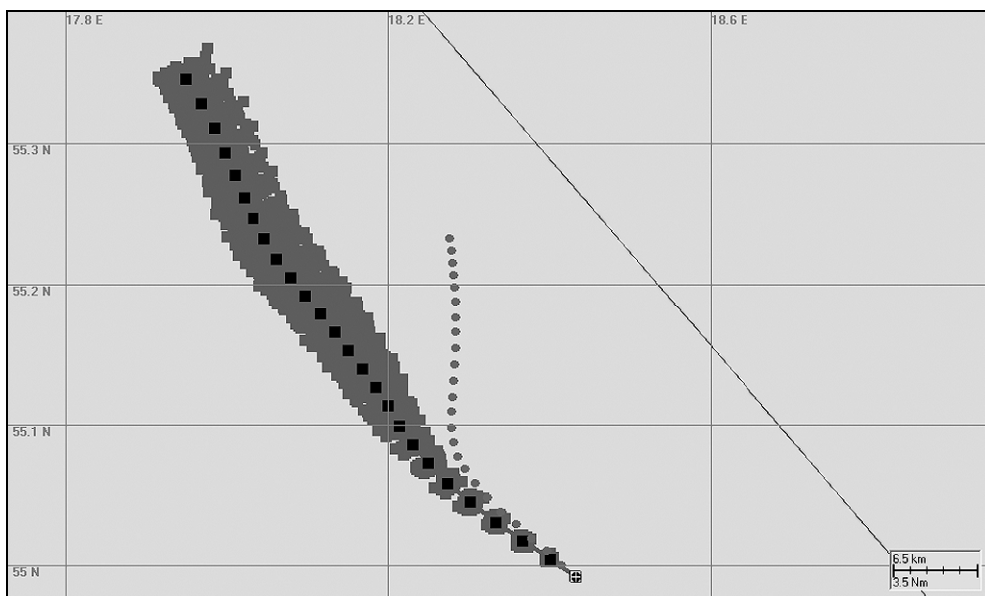
W przypadku tratwy ratunkowej rozbitkowie mają znacznie większe szanse na przeżycie niż człowiek dryfujący w wodzie, gdyż czas wychładzania się organizmu znacznie się wydłuży. Średnia temperatura powietrza w lutym waha się od  $-3$  do  $2^{\circ}\text{C}$  [locja] w związku z czym rozbitkowie wystawieni na działanie takiej temperatury przy wietrze o prędkości 15–22 w. (wiatr wykorzystany w symulacji pochodzi z bazy EDS) nie są narażeni na proces tak gwałtownego wyziębienia organizmu (rys. 4).

Trajektorie ruchu plamy w miesiącu lutym i sierpniu oraz właściwości fizykochemiczne rozlanej substancji w poniższych symulacjach są takie same jak te przedstawione w symulacjach poszukiwania człowieka w wodzie. Również środki SAR wybrane do poszukiwań są takie same, czyli helikopter Anakonda, samolot M-28 X2 oraz statek Kapitan Poinc. Poszukiwana tratwa mieści 8 osób, nie posiada systemu balastowego, dryfotwy i nie ma rozłożonego namiotu.

Estimated wind speed (knots)	Actual air temperature (°C/°F)					
	10/50	0/32	-12/10	-23/-9	-35/-31	-45/-49
0	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Little danger for properly dressed persons</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Increased danger of freezing of exposed flesh</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Great danger of freezing of exposed flesh</p> </div> </div>					
10						
20						
30						
40 or more						

Rys. 4. Prawdopodobieństwo przeżycia rozbitka znajdującego się w tratwie ratunkowej w zależności od temperatury powietrza i siły wiatru [4].

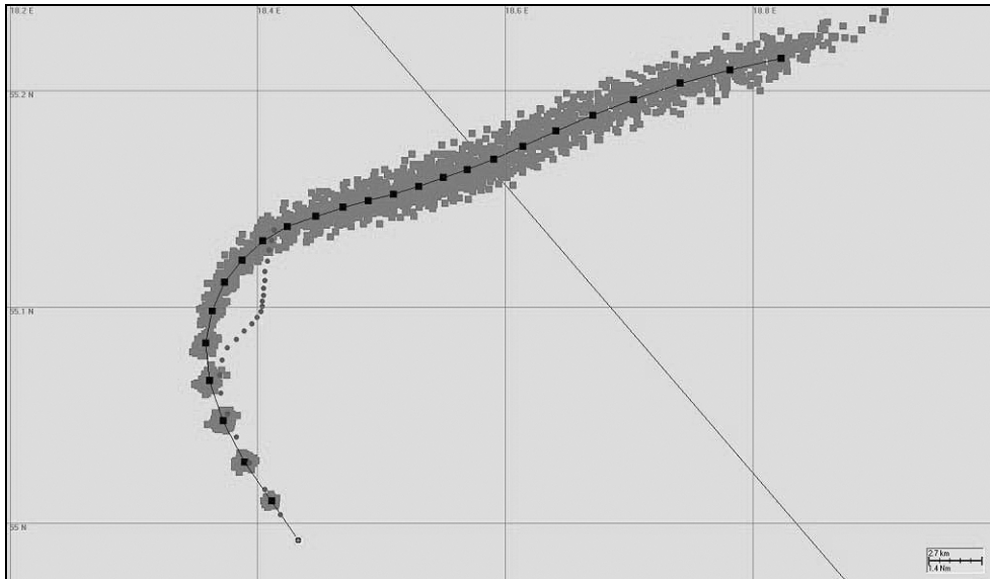
Jeżeli do poszukiwania tratwy zostanie wykorzystany helikopter Anakonda poruszający się według schematu linii równoległych oddalonych od siebie o 1,98 Mm (odległość sugerowana przez symulator SARMAP) to prawdopodobieństwo odnalezienia rozbitka wynosić będzie 78% (POD = 78,22%, POC = 100%). Jeżeli jednak wykorzystany zostanie samolot M-28 X2 lub statek Kapitan Poinc, to aby uzyskać takie samo prawdopodobieństwo jak w przypadku helikoptera samolot ten będzie musiał poruszać się po liniach równoległych oddalonych od siebie o 1,43 Mm a statek po liniach odległych o 2,85 Mm.



Rys. 5. Trajektoria ruchu płamy i tratwy w miesiącu lutym



Wyniki poszukiwań tratwy przeprowadzonych w warunkach hydrometeorologicznych z dnia 15 sierpnia 2011 pokazują, że aby prawdopodobieństwo sukcesu wyniosło 78% odległości między trasami powinny wynosić dla helikoptera 3,96 Mm, dla samolotu 2, 86 Mm a dla statku 5,70 Mm. Trajektorię ruchu płamy i tratwy w miesiącu sierpniu przedstawia rysunek 6.



Rys. 6. Trajektorja ruchu płamy i tratwy w miesiącu sierpniu

## 5. Wnioski

W przypadku symulacji przeprowadzanych dla miesiąca lutego trajektorja ruchu płamy w znaczny sposób odbiegała od trajektorji ruchu człowieka w wodzie. Oznacza to, że byłby on narażony na kontakt z plamą ropy jedynie w pierwszych minutach po wypadku. Może okazać się, że pomimo krótkiego kontaktu z rozlaną substancją kombinezon rozbitka został zabrudzony przez rozlaną substancję. Jednak prędkość dryfowania płamy jest znacznie większa od prędkości dryfowania rozbitka ubranego w kombinezon ochrony termicznej w związku z czym identyfikacja człowieka w wodzie może być w niewielki sposób utrudniona, gdyż kombinezon straci swój intensywny kolor, lecz w ciągu dalszym powinien on być rozróżnialny na tle wody. Podobnie sytuacja wygląda w miesiącu sierpniu- plama dryfuje zdecydowanie szybciej niż rozbitki, dlatego jest on narażony na kontakt z nią jedynie w pierwszej godzinie po wystąpieniu rozlewu. W sytuacji gdy poszukiwanym środkiem ratunkowym jest tratwa sytuacja przedstawia się podobnie. Dla warunków hydrometeorologicznych zaobserwowanych zarówno w dniu 15 lutego jak i 15 sierpnia trajektorje ruchu

plamy i tratwy nie pokrywają się, a prędkość dryfowania plamy jest dużo większa niż prędkość dryfowania tratwy.

Najważniejszym elementem wpływającym na skuteczność akcji ratowniczej okazała się odległość pomiędzy trasami po których porusza się jednostka ratownicza. Oczywiście jest, że ze względu na rozmiar poszukiwanego obiektu, najmniejsze odległości będą występować podczas poszukiwania człowieka w wodzie za pomocą helikoptera lub samolotu w lutym. Po trasach oddalonych od siebie o największe wartości może natomiast poruszać się statek szukający tratwy (2,85 Mm w lutym i 5,70 Mm w sierpniu).

#### LITERATURA

- [1] *Applied Science Associates: ASA OILMAP User's Manual*, ASA 2011.
- [2] *Applied Science Associates: ASA SARMAP User's Manual*, ASA 2011.
- [3] *Maziarz J.: Plan SAR (wydanie II)*, Morska Służba Poszukiwania i Ratownictwa.
- [4] *Międzynarodowa Organizacja Morska IMO: IAMSAR — Międzynarodowy Lotniczy i Morski Poradnik Poszukiwania i Ratowania, Tom III Środki mobilne*, Gdynia, Trademar 2005.
- [5] *Morska Służba Poszukiwania i Ratownictwa: Krajowy Plan Zwalczania Zagrożeń i Zanieczyszczeń Środowiska Morskiego*. Gdynia, 2005.
- [6] *United Kingdom Hydrographic Office: Baltic Pilot Volume II. South part of Baltic Sea and gulf of Riga*, United Kingdom, 2005.