

Adam BARTNICKI¹
Alicja KRUK²

PROBLEM LIKWIDACJI SKUTKÓW ZDARZEŃ Z NIEKONTROLOWANYM UWALNIANIEM SIĘ SUBSTANCJI NIEBEZPIECZNYCH

W referacie przedstawiono problematykę powstawania zagrożeń spowodowanych niekontrolowanym uwalnianiem się substancji niebezpiecznych w wyniku kolizji drogowych, awarii systemów dystrybucji, klęsk żywiołowych i zdarzeń destrukcyjnych. Zwrócono szczególną uwagę na aspekty związane z likwidacją skutków tego typu zdarzeń, w świetle ochrony życia i zdrowia osób poszkodowanych i podmiotów ratowniczych.

THE PROBLEM OF LIQUIDATION OF CONSEQUENCES OF INCIDENTS OF UNCONTROLLED RELEASE OF DANGEROUS SUBSTANCES

The paper presents the topic of the formation of threats caused by uncontrolled release of dangerous substances as a result of road accidents, the distribution systems failure, natural disasters and disruptive events. Special attention was paid to aspects related to the elimination of the consequences of these events, in the light of life and health protection of victims and rescue operators.

1. WSTĘP

Każda dziedzina działalności ludzkiej związana jest z ryzykiem, rozumianym jako prawdopodobieństwo (możliwość) wystąpienia niepożądanych zdarzeń zagrażających zdrowiu i życiu człowieka oraz jego otoczeniu. Potencjalnym źródłem zagrożenia może stać się miejsce magazynowania, transportowania czy przetwarzania substancji uważanych za niebezpieczne. Substancja niebezpieczna to:

- pierwiastek, związek, mieszanina lub preparat, które ze względu na swoje właściwości chemiczne, fizyczne lub (eko)toksyczne stanowią zagrożenie;
- substancja, która ze względu na swoje właściwości chemiczne, fizyczne lub toksyczne, stanowi zagrożenie.

Kolizje drogowe, awarie systemów dystrybucji i magazynowania, klęski żywiołowe mogą być przyczyną niekontrolowanego uwalniania substancji niebezpiecznych, powodujących szereg zagrożeń toksycznych, wybuchowych lub pożarowych. Powstają one nieoczekiwanie, a ich przebieg często jest gwałtowny i wywołuje różnego rodzaju reakcje fizykochemiczne i związane z tym zagrożenia dla ludzi, infrastruktury drogowej,

¹ Wojskowa Akademia Techniczna

² Akademia Obrony Narodowej

technologicznej i środowiska [1]. Dla potrzeb zapobiegania tego typu sytuacjom prowadzi się szereg czynności zwanych analizą zagrożeń, określanych jako:

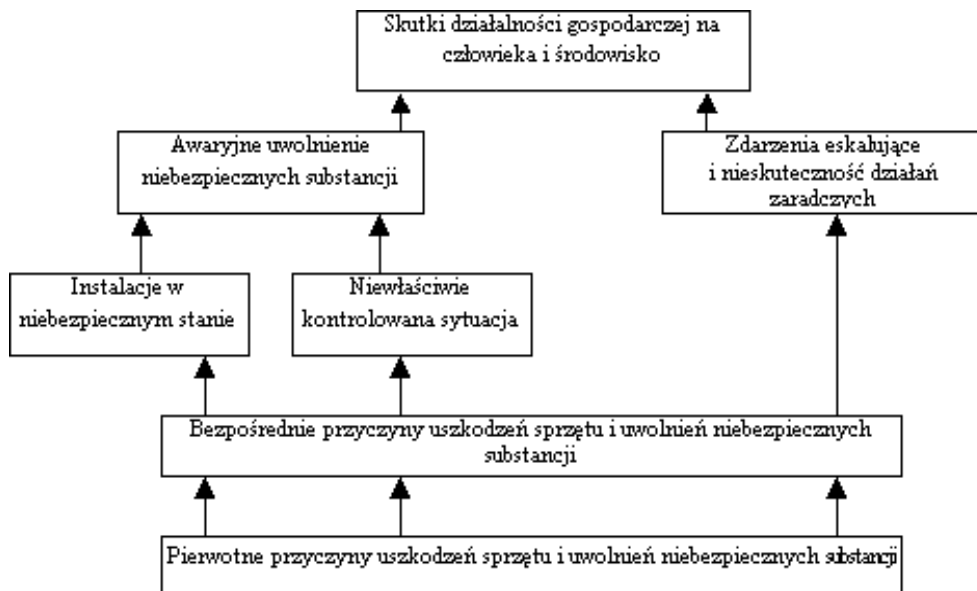
- identyfikacja (określenie) poszczególnych zagrożeń w danym systemie (układzie), określenie mechanizmów, poprzez które te zagrożenia mogą spowodować niepożądane zdarzenia, oraz ocena skutków tych zdarzeń (definicja OECD);
- identyfikacja niepożądanych zdarzeń, prowadzących do urzeczywistnienia zagrożenia, analiza mechanizmów rozwoju sytuacji, w wyniku których te niepożądane zdarzenia mogą wystąpić. Zazwyczaj, ocena rozmiaru/wielkości i względnego prawdopodobieństwa szkodliwych następstw (tożsame z analizą ryzyka) (definicja MOP).

Co roku notuje się szereg awarii i katastrof transportowych z udziałem niebezpiecznych substancji, które przyniosły wiele strat w szerokim wymiarze, w tym najważniejszym - ludzkim. Ich analizy pozwalają skonstruować podstawowy schemat powstawania takich zdarzeń. Należy przy tym zaznaczyć, że o ile bezpośrednie przyczyny zdarzeń są dobrze udokumentowane, o tyle mniej wiadomo o przyczynach pierwotnych. Błędy ludzkie są często wskazywane jako główne elementy sprawcze zdarzeń bezpośrednich, determinujące cały scenariusz awaryjny wtedy, gdy zdarzenia pierwotne: niewłaściwy sprzęt lub niewłaściwy dobór środków zapobiegawczych jest bardziej istotny z punktu widzenia powstania awarii.

2. SCHEMAT POWSTAWANIA I ROZWOJU SYTUACJI AWARYJNYCH

Analiza zaistniałych zdarzeń awaryjnych i przebiegu ich rozwoju pozwala przyjąć ogólny schemat powstania i rozwoju sytuacji awaryjnej (rys.1) [8]. Elementy diagramu wyznaczają grupy zdarzeń występujących w ciągach awaryjnych:

1. Przyczyny pierwotne przedstawiają podstawowe uwarunkowania powstania zdarzenia i zwykle odnoszą się do rozwiązań konstrukcyjnych i zasad obsługi instalacji przyjętych norm i/lub założeń projektowych.
2. Przyczyny bezpośrednie postrzegane zwykle jako zdarzenia początkujące scenariusze awaryjne. Są to niewłaściwe działania ludzi, uszkodzenie sprzętu lub zdarzenia zewnętrzne prowadzące do odstępstw od stanów nominalnych instalacji przewidzianych założeniami projektowymi.
3. Instalacja może się znaleźć w stanie awaryjnym w wyniku wystąpienia niebezpiecznych zmian wartości parametrów eksploatacyjnych, niesprawności sprzętu powstałej przy przeprowadzaniu remontów i konserwacji lub utraty szczelności w wyniku błędnych działań,
4. Utrata kontroli nad rozwojem sytuacji powstaje, gdy działania naprawcze ekip remontowych, systemów sterowania oraz systemów bezpieczeństwa nie są w stanie skorygować niebezpiecznego trendu w wartościach parametrów wyznaczających obszar bezpiecznej pracy, co ostatecznie prowadzi do uszkodzeń instalacji lub uwolnień awaryjnych,
5. Niepowodzenie uniknięcia sytuacji awaryjnej wywołuje najczęściej wystąpienie lub eskalację zdarzeń, którym towarzyszy znaczne uwolnienie substancji toksycznych i/lub energii. Ostateczne skutki zależą od podjętych działań ratowniczych.



Rys.1. Podstawowy schemat rozwoju sytuacji awaryjnej z udziałem substancji niebezpiecznych

Schematy rozwoju sytuacji awaryjnych pozwalają sporządzić tabelę rodzaju awarii chemicznych i potencjalne miejsca ich wystąpienia, które należy uwzględnić przy analizie skutków, co znacznie ułatwia całościową analizę danego zagrożenia (tab.1) [8]. W zależności od uwalnianej substancji oraz warunków uwalniania możliwe są następujące skutki :

- pożary,
- wybuchy,
- skażenie toksyczne.

3. PAŃSTWOWA STRAŻ POŻARNA JAKO PODSTAWOWY PODMIOT RATOWNICZY W AKCJACH LIKWIDACJI SKUTKÓW NIEKONTROLOWANEGO UWALNIANIA SIĘ SUBSTANCJI NIEBEZPIECZNYCH

Państwowa Straż Pożarna jest zawodową, umundurowaną i wyposażoną w specjalistyczny sprzęt formacją, przeznaczoną do walki z pożarami, klęskami żywiołowymi i innymi miejscowymi zagrożeniami, powstałymi w wyniku uwalniania się substancji niebezpiecznych.

Państwową Straż Pożarną powołano Ustawą 24 sierpnia 1991 r. Do zadań Państwowej Straży Pożarnej, zgodnie z przedmiotową ustawą należy:

Tabela 1. Wykaz rodzajów awarii chemicznych i potencjalnych miejsc ich występowania

RODZAJ SUBSTANCJI / INSTALACJI/ OPERACJI	RODZAJ WYPADKU							
	POŻAR	BLEVE ³	GWAŁTOWNY POŻAR	WYBUCH			GAZ TOKSYCZNY	DYM TOKSYCZNY
				VCE ⁴	PYŁ	INNE		
Skroplone gazy palne								
• zbiorniki ciśnieniowe	X	X	X	X				
• magazynowanie pod ciśnieniem atmosferycznym	X		X	X				
• instalacje procesowe	X	X	X	X				
• miejsca przeładunku drogowego/ kolejowego	X	X	X	X				
• transport drogowo – kolejowy	X	X	X	X				
• transport wodny / operacje na nadbrzeżach	X	X	X	X				
• rurociągi przemysłowe	X		X	X				
Ciecze palne								
• zbiorniki magazynowe	X	X						
• instalacje procesowe	X	X	X	X				
• miejsca przeładunku drogowego/ kolejowego	X							
• transport drogowo – kolejowy	X							
• transport wodny / operacje na nadbrzeżach	X							
• rurociągi przemysłowe	X							
Magazynowanie i przetwarzanie								
• gaz palny	X		X	X				
• palne substancje sproszkowane	X				X			
• silnie reagujące substancje	X			X	X	X		X
• gazy toksyczne							X	
• substancje o toksycznych produktach spalania								X

³ eksplozja pary rozprężającej się cieczy wrzącej⁴ wybuch zamkniętych objętości pary

- rozpoznawanie zagrożeń pożarowych i innych miejscowych zagrożeń;
- organizowanie i prowadzenie akcji ratowniczych w czasie pożarów, klęsk żywiołowych lub likwidacji miejscowych zagrożeń;
- wykonywanie pomocniczych specjalistycznych czynności ratowniczych w czasie klęsk żywiołowych lub likwidacji miejscowych zagrożeń przez inne służby ratownicze;
- kształcenie kadr dla potrzeb Państwowej Straży Pożarnej i innych jednostek ochrony przeciwpożarowej oraz powszechnego systemu ochrony ludności;
- nadzór nad przestrzeganiem przepisów przeciwpożarowych;
- prowadzenie prac naukowo-badawczych w zakresie ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony ludności;
- współpraca z Szefem Krajowego Centrum Informacji Kryminalnych w zakresie niezbędnym do realizacji jego zadań ustawowych.

W strukturach Państwowej Straży Pożarnej działają wyspecjalizowane Grupy Ratownictwa Specjalistycznego, stanowiące bardzo ważne ogniwo systemu ratowniczego. W strukturze Państwowej Straży Pożarnej działają:

- 8 Specjalistycznych Grup Ratownictwa Wodno – Nurkowego,
- 14 Specjalistycznych Grupy Ratownictwa Chemiczno – Ekologicznego,
- 13 Specjalistycznych Grup Ratownictwa Wysokościowego,
- 6 Specjalistycznych Grup Ratownictwa Technicznego,
- 7 Specjalistycznych Grup Poszukiwawczo – Ratowniczych [9].

W zadaniach likwidacji skutków niekontrolowanego uwalniania się substancji niebezpiecznych będą brały przede wszystkim udział jednostki ratownicze *specjalistycznej grupy ratownictwa chemiczno – ekologicznego*. Jednostki te są najmłodszym elementem PSP, a ich organizacja oraz wyposażenie zostało określone w „Wytycznych do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym” opracowanych przez Komendę Główną PSP w 2007 r. oraz z uwagi na „nowe zagrożenia” dodatkowo określone w „Zasadach postępowania w przypadku możliwości wystąpienia zagrożenia radiacyjnego” opracowanych przez Krajowe Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności Komendy Głównej PSP.

Wypadki, do których wzywana jest sekcja ratownictwa chemiczno – ekologicznego, wymagają gruntownego przygotowania merytorycznego strażaków i wyposażenia ich w wyspecjalizowany sprzęt do realizacji zadań w strefach szczególnego zagrożenia. Sprzęt ten powinien umożliwiać zarówno rozpoznanie rodzaju skażeń, określenie skali, podjęcie działań zmierzających do likwidacji ich skutków i zapobieżenia dalszemu rozprzestrzenianiu się.

Szczegółowy zakres zadań realizowanych na poziomie specjalistycznym obejmuje:

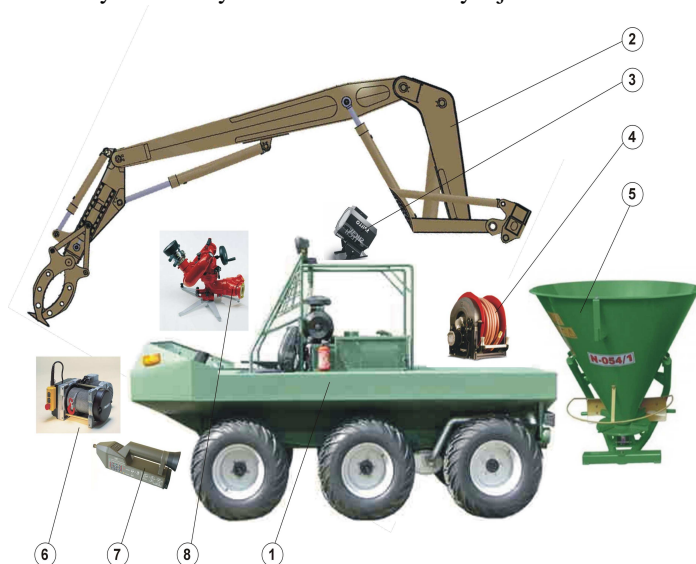
- ewakuację poszkodowanych i zagrożonych ludzi oraz zwierząt poza strefę zagrożenia,
- rozpoznawanie zagrożeń oraz ocenę i prognozowanie ich rozwoju, w tym próbę identyfikacji lub pobieranie do dalszej analizy próbek substancji niebezpiecznych stwarzających zagrożenia,
- ostrzeganie i alarmowanie o zagrożeniu oraz informowanie o zasadach zachowania się,
- stawianie zapór na ciekach lub obszarach wodnych zagrożonych skutkami wycieków substancji niebezpiecznych,
- neutralizację i związywanie substancji niebezpiecznych sorbentami,
- prowadzenie dekontaminacji (likwidacji skażeń) ludzi,

- prowadzenie dekontaminacji (likwidacji skażeń) sprzętu,
- przepompowywanie i przemieszczanie substancji niebezpiecznych (w tym ropopochodnych) do zastępczych zbiorników,
- stawianie kurtyn wodnych,
- ograniczanie i zatrzymywanie emisji substancji niebezpiecznych,
- zbieranie, w rejonie strefy zagrożenia, substancji niebezpiecznych.

Jednym z częstszych zdarzeń, do których wzywana jest sekcja ratownictwa chemiczno – ekologicznego stanowią kolizje komunikacyjne z udziałem środków transportowych przewożących substancje niebezpieczne. Ich nagłe uwolnienie może być przyczyną wybuchu, pożaru lub też skażenia chemicznego. Zarówno wysoka temperatura, niebezpieczeństwo detonacji jak i potencjalne niebezpieczeństwo przeniknięcia substancji chemicznych w różnej postaci do środowiska, determinuje konieczność stosowania zdalnie sterowanych platform lądowych wyposażonych w detektory skażeń, systemy zraszania, gaszenia, rozpraszania, zmniejszania stężenia czy absorbowania substancji niebezpiecznych, przy jednocześnie bardzo dobrych właściwościach trakcyjnych pojazdu bazowego (rys.2) [1,2]. Pojazd tego typu powinien być wyposażony między innymi w:

- zdalnie sterowany manipulator ze specjalnym chwytakiem, umożliwiającym podnoszenie zarówno beczek o pojemności 200 dm³ jak i pojemników o pojemności kilku dm³ - udźwig na maksymalnym wysięgu około 200 kg, cztery stopnie swobody, obrót podstawy manipulatora 180°,
- reflektor-szperacz - zdalnie sterowany zasilany napięciem pokładowym 24 V, odporny na warunki atmosferyczne i skażenie chemiczne;
- zwijarka węża – długość węża 50m ± 1,5m, średnica 50 mm, ciśnienie robocze 16 bar;
- rozsiewacz - zmechanizowane rozsiewanie umożliwia lepsze wykorzystanie sorbentu i zwiększa jego wydajność. Pozwala to obniżyć koszty likwidacji skażenia dzięki zmniejszeniu zużycia sorbentu i mniejszej ilości otrzymanego odpadu (mniejsze koszty utylizacji). Rozsiewacz może być montowany w zależności od potrzeby z przodu lub z tyłu pojazdu, a gdy akcja ratunkowa nie wymaga jego wykorzystania, może być demontowany, aby nie obciążać nadmiernie pojazdu. Sterowanie pracą rozsiewacza powinno odbywać się zdalnie. Płynna regulacja prędkości obrotowej talerza również w czasie ruchu pojazdu umożliwi zmianę szerokości pasa rozsiewu od 0,5 do 2 metrów;
- przyciągarka linowa - zamocowana na stałe, obciążenie robocze 1,5 kN, zdalnie sterowana z układem zabezpieczającym przed przeciążeniem, zakończona zbloczem hakowym;
- system rozpoznania skażeń chemicznych np. na bazie przyrządu AP2C - przyrząd AP2C produkcji francuskiej jest automatycznym detektorem skażeń, przeznaczonym do wykrywania środków trujących w miejscu skażenia oraz wysyłania sygnału alarmu chemicznego w ciągu 5- 10 sekund od momentu rozpoczęcia automatycznej analizy składu skażonego powietrza, zakres czułości 0,01- 0,1 mg/m³, dokonuje rozpoznania i analizy wcześniej zaprogramowanych skażeń, dąży się do zwiększenia jego możliwości rozpoznawczych do odległości jednego kilometra, z której można wykryć chmurę niebezpiecznych substancji;
- działko wodne do gaszenia strumieniem skupionym i rozproszonym - działko wodno-pianowe to urządzenia przeznaczone do gaszenia dużych pożarów przy konieczności

intensywnego podawania środków gaśniczych na odległość do 50 m, wykorzystanym działkiem wodnym może być działko DWP 6 o wydajności do 1200 dm³/min.



Rys.2. Koncepcja zdalnie sterowanego pojazdu/ maszyny dla potrzeb eksploracji, likwidacji i zabezpieczania zagrożeń spowodowanych niekontrolowanym uwalnianiem się substancji niebezpiecznych: 1 - pojazd bazowy, 2 - manipulator ze specjalnym chwytakiem, 3 - reflektor-szperacz zdalnie sterowany, 4 - zwijarka węża, 5 - rozsiewacz sorbentu, 6 - przyciągarka, 7 - system rozpoznania skażeń chemicznych, 8 - działko wodne do gaszenia strumieniem skupionym i rozproszonym

4. WNIOSKI

Wycieki gazowych substancji toksycznych, palnych lub tworzących mieszaniny wybuchowe z powietrzem są poważnym zagrożeniem dla ludzi, dóbr materialnych i środowiska naturalnego, w którym mogą wywoływać nieodwracalne zmiany i zniszczenia. Ich nagłe przedostanie się do otoczenia wywołuje często długotrwałe zaburzenie funkcjonowania całego ekosystemu. Z tego powodu niezwykle ważne jest bezpieczne i sprawne usuwanie ze środowiska zagrożeń, jakimi są substancje niebezpieczne.

Skala i rodzaj występujących zagrożeń kształtują priorytety działań. Pewne procesy stają się decydującymi inne natomiast jedynie wspomagają prowadzenie akcji ratowniczych. Należy uzmysłwić sobie fakt, iż zadania związane z zabezpieczeniem logistycznym są prowadzone pod presją wywołaną między innymi rozprzestrzenieniem się zagrożenia, ryzykiem utraty zdrowia bądź życia, czasem czy oczekiwaniami ludności poszkodowanej. Zatem prowadzenie działań w tak specyficznych warunkach musi się opierać na zastosowaniu zarówno dalece wyspecjalizowanego sprzętu, maszyn i urządzeń, a także właściwie wyszkolonego personelu by zminimalizować zagrożenie z jakim może spotkać się ratownik.

Ze względu na niebezpieczeństwo zagrożenia występującego przy skażeniach atmosfery przez substancje niebezpieczne, najlepszym rozwiązaniem technicznym do działań

ratowniczych i usuwania ich skutków są systemy bezzałogowe, sterowane drogą radiową lub przewodową. W przypadku Bezzałogowych Platform Lądowych (BPL) podstawowym celem jest zwiększanie dystansu między człowiekiem, a zagrożeniem. Dotyczy to również realizacji zadań w warunkach szczególnie uciążliwych lub szkodliwych dla ludzi.

Rozpoznanie najistotniejszych przyczyn powstawania zagrożeń, określenie sił i środków koniecznych do wykonania stawianych zadań, odpowiednie zabezpieczenie logistyczne pozwolą na skuteczne przeciwdziałanie skutkom występowania zdarzeń, których destrukcyjne działanie może nieść ze sobą znaczne straty na wielu płaszczyznach i w długich okresach czasu oraz pozwoli na zmniejszenie poziomu zagrożenia życia bądź zdrowia ratowników prowadzących akcje ratownicze.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] BARTNICKI A.: Sprawozdanie z I etapu realizacji projektu *Technologia zmniejszania zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych*, WAT, Warszawa 2011
- [2] BARTNICKI A., KONOPKA S., TYPIAK A.: *Opracowanie systemu wizyjnego dla szybkobieżnej bezzałogowej maszyny inżynierskiej*, Logistyka 6/2010
- [3] KOWALCZYK M., RUMP S., KOŁACIŃSKI Z.: *Medycyna Katastrof Chemicznych*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2004 r
- [4] NOWAK E.: *Logistyka w sytuacjach kryzysowych*, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2009
- [6] WOJNAROWSKI A., *Podstawy ratownictwa chemicznego*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2001 r.
- [7] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991r. o Państwowej Straży Pożarnej, Dz. U. Nr 88, poz. 400 z późn. zm.
- [8] <http://manhaz.cyf.gov.pl>
- [9] www.kgpsp.gov.pl

Niniejsza publikacja jest częścią projektu rozwojowego nr 1649/B/T00/2010/40