

Niekontrolowane uwolnienie się substancji niebezpiecznych w transporcie kolejowym. Białystok 2010. Analiza skutków oraz przyczyn katastrofy

Tomasz WĘSIERSKI¹, Paweł LESZCZYŃSKI², Bogusław BARTOSIK³,
Krzysztof OCHOCIŃSKI⁴

Streszczenie

Niekontrolowanie uwolnienie się substancji niebezpiecznych może prowadzić do powstania wielu zagrożeń, wynikających z charakterystyki palnej, wybuchowej lub toksykologicznej substancji ulegającej uwolnieniu. Zagrożenie to często wzrasta przez możliwość powstania efektu domina. Dzięki uregulowanej strukturze, transport kolejowy należy do najbardziej bezpiecznych form przewozu. Zdarzenie w towarowym ruchu kolejowym, zaistniałe w Białymstoku w 2010 r., pokazało jednak, że skala zagrożeń może być zdecydowanie większa, niż w transporcie drogowym.

Słowa kluczowe: Ratownictwo chemiczne, katastrofa kolejowa, studium przypadku, BLEVE, pożar kulisty

1. Wstęp

Pod pojęciem „towary niebezpieczne” należy rozumieć materiały i przedmioty, które ze względu na właściwości fizyczne, chemiczne lub biologiczne, stwarzają potencjalne zagrożenie bezpieczeństwa w przypadku niewłaściwego obchodzenia się z nimi w czasie całego procesu przewozu lub w przypadkach awaryjnych, mogące powodować śmierć, zagrożenie zdrowia, zniszczenie środowiska naturalnego lub dóbr materialnych. Z tego powodu przewóz tego rodzaju ładunków jest regulowany specjalnymi umowami np. ADR⁵ w transporcie samochodowym oraz RID⁶ w transporcie kolejowym.

¹ Młodszy kapitan, doktor, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, e-mail: wesierskitomasz@poczta.pl; analiza zagrożeń na miejscu zdarzenia, wnioski.

² Starszy ogólny inżynier, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, opis zdarzenia w Białymstoku.

³ Magister, Instytut Kolejnictwa, e-mail: bbartosik@ikolej.pl; analiza statystyk przewozów.

⁴ Magister inżynier, Instytut Kolejnictwa, e-mail: kochocinski@ikolej.pl; wstęp.

⁵ ADR (fr. *L' Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route*) – Europejska umowa dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego materiałów niebezpiecznych.

⁶ RID (fr. *Reglement concernant le transport Internationale ferroviaire des marchandises Dangereuses*) – Regulamin międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych.

Pojęcie „towary niebezpieczne” obejmują także określenia TWR, czyli towary wysokiego ryzyka oraz MSN – materiały szczególnie niebezpieczne. Spośród towarów niebezpiecznych, materiały szczególnie niebezpieczne są wyodrębnioną grupą materiałów, charakteryzującą się wyjątkowo szkodliwymi właściwościami niebezpiecznymi dla życia i zdrowia ludzi oraz poważnie zagrażającymi środowisku naturalnemu. W celu zobrazowania skali zagrożeń związanych z produkcją i transportem towarów niebezpiecznych, można przytoczyć dwa przykłady wydarzeń historycznych oraz ich skutków dla ludzi i środowiska.

W dniu 3 grudnia 1984 r. w miejscowości Bhopal w Indiach, z powodu braku odpowiedniego chłodzenia zbiorników z toksyczną substancją, w ciągu około jednej godziny uwolniło się do atmosfery około 30 ton par izocyjanku metylu. W wyniku tej katastrofy śmierć poniosło około 16 000 ludzi, a u około 100 000 osób odnotowano ciężkie przypadki utraty zdrowia. Jedynie szybka ewakuacja około 200 000 osób zapobiegła jeszcze bardziej tragicznym skutkom tej katastrofy.

Drugim przykładem olbrzymich zagrożeń jakie niesie ze sobą transport towarów niebezpiecznych, może być zdarzenie z 6 grudnia 1917 r. w kanadyjskim mieście Halifax, gdzie około godziny 8:45 w zatoce Bedford Basin nastąpiło zderzenie francuskiego frachtowca Mont Blanc z belgijskim statkiem Imo. Na pokładzie frachtowca Mont Blanc znajdowały się 2 653 tony materiałów wybuchowych (w tym m.in. kwas pikrynowy) oraz ciecze łatwopalne takie, jak benzen. Szacuje się, że moc eksplozji była równoważna wybuchowi 3 tysięcy ton trotylu, a więc około 1/5 mocy bomby jądrowej zrzuconej na Hiroszimę. W centrum eksplozji wytworzyła się temperatura 5000°C, a ciśnienie było równe tysiącom atmosfer. W wyniku wybuchu zginęło około 2 tysiące osób (dokładna liczba nie jest znana), około 9 000 osób zostało rannych, u 600 osób stwierdzono uszkodzenia oczu, z czego 38 osób straciło wzrok na zawsze. Gorące odłamki żelaza pochodzące z obu statków spadły na Halifax i Dartmouth, rażąc mieszkańców tych miast, a w port uderzyła fala wody. Każde z 12 000 budynków, które znajdowały się w promieniu 26 km od centrum wybuchu, zostały kompletnie zniszczone lub poważnie uszkodzone, natomiast duże fabryki zlokalizowane w pobliżu portu uległy zniszczeniu, grzebiąc pod swoimi gruzami większość pracujących w nich ludzi.

W Polsce, tragiczne konsekwencje przy bardziej niekorzystnym rozwoju sytuacji, mogłaby mieć katastrofa kolejowa z udziałem cystern ze skroplonym chlorem. W dniu 9 marca 1989 r. wykoleił się pociąg tranzytowy nadany z ZSRR do zakładów „Buna Werke” (NRD). W jego skład wchodziły 32 wagony, z których 6 stanowiły cysterny o pojemności 46 m³ zawierające chlor. Przy ciągłym wypływie o intensywności 1 kg/s, prawdopodobieństwo 50% zgonów istniałoby na dystansie 600 metrów, co w centrum kilkuset tysięcznego miasta miałyby katastrofalne skutki.

2. Skala przewozów

Obecnie istnieje ponad 4 tysiące substancji chemicznych, które zalicza się do niebezpiecznych towarów. Z danych Unii Europejskiej wynika, że najczęściej (58%) towarów niebezpiecznych, przewozi się transportem samochodowym, 25% koleją, a najmniej 17%, w transporcie wodnym śródlądowym.

Według danych (tabl. 1), w Polsce przewozi się koleją rocznie ponad 21 mln ton towarów niebezpiecznych (drugie miejsce w krajach UE po kolejach niemieckich). Przewóz towarów niebezpiecznych transportem samochodowym jest około sześciokrotnie większy niż transportem kolejowym.

Tablica 1

Struktura przewozu towarów niebezpiecznych koleją w latach 2008–2012 (dane UTK)

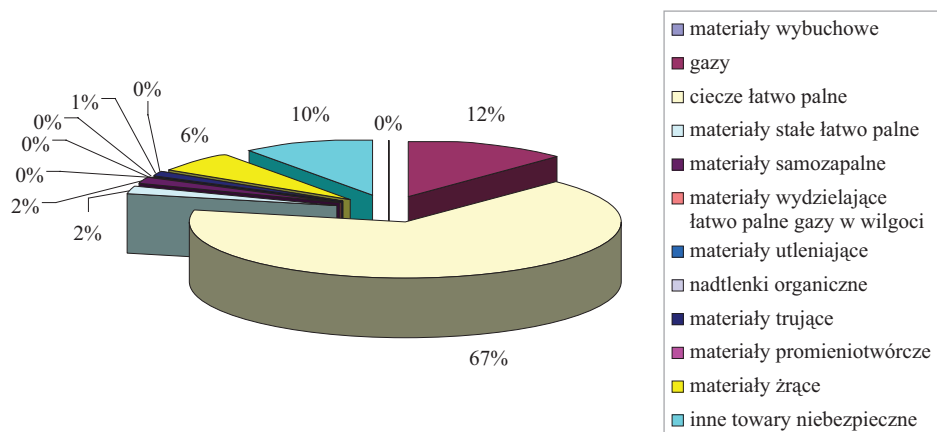
Table 1

The structure of the transport of dangerous substances by rail in 2008–2012 (based on data of the Office of Rail Transport)

| Rodzaj transportowanych towarów niebezpiecznych | Przewozy [tys. ton] w latach | | | | |
|---|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Materiały wybuchowe | 18,0 | 10,1 | 15,6 | 13,7 | 12,1 |
| Gazy | 2 574,7 | 2 638,7 | 2 964,4 | 2 661,9 | 2 614,1 |
| Ciecze łatwo palne | 13 511,6 | 14 395,3 | 15 596,1 | 15 915,0 | 14 211,9 |
| Materiały stałe łatwo palne | 528,0 | 329,4 | 556,6 | 561,7 | 522,3 |
| Materiały samozapalne | 121,0 | 149,0 | 237,7 | 233,8 | 360,5 |
| Materiały wydzielające łatwo palne gazy w wilgoci | 8,6 | 7,1 | 36,9 | 7,7 | 7,0 |
| Materiały utleniające | 190,9 | 71,4 | 250,4 | 103,2 | 83,6 |
| Nadtlenki organiczne | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| Materiały trujące | 243,5 | 196,0 | 162,2 | 212,0 | 202,3 |
| Materiały promieniotwórcze | 0,3 | 0,5 | 3,5 | 0,0 | 0,1 |
| Materiały żrące | 1 784,4 | 1 641,8 | 1 677,6 | 1 576,3 | 1 374,3 |
| Inne towary niebezpieczne | 443,9 | 376,3 | 864,6 | 1 695,5 | 2 097,5 |
| Razem | 19 425,0 | 19 815,7 | 22 365,7 | 22 981,0 | 21 485,8 |

W latach 2008–2012, przewozy kolejowe towarów niebezpiecznych w naszym kraju systematycznie wzrastały w tempie od 2,0 do 2,9% rocznie (tabl. 1). Niewielki ich spadek (o 6,5%) nastąpił jedynie w 2012 r., co było związane z zahamowaniem wzrostu gospodarczego, wywołanym kryzysem gospodarczym. Ogółem w latach 2008–2012 dynamika przewozów towarów niebezpiecznych koleją wyniosła 10,6%. Największy wzrost przewozów w latach 2008–2012 (około 4,5-krotny) odnotowano w grupie „inne towary niebezpieczne”, w grupie „materiały samozapalne” (prawie trzykrotny) oraz „ciecze łatwo palne” (wzrost o 5,2%).

Na podstawie danych z 2012 r. wyraźnie widać, iż dominującą grupę w przewozach towarów niebezpiecznych kolejją stanowią ciecze łatwopalne (67%), następnie gazy 12%, inne towary niebezpieczne 10% oraz materiały żrące 6% (rys. 1). Przewozy w pozostałych grupach towarów niebezpiecznych są znikome: od 2% w grupie „materiały stałe łatwo palne” do śladowych 0,003% w grupie „nadtlenki organiczne”.



Rys. 1. Struktura przewozu towarów niebezpiecznych kolejją w 2012 r.
(na podstawie danych UTK)

Fig. 1. The structure of the transport of dangerous substances by rail in 2012
(based on data of the Office of Rail Transport)

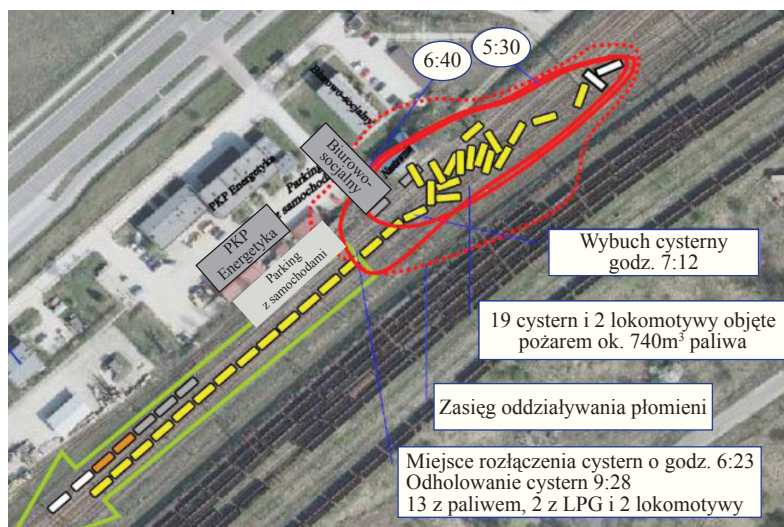
3. Katastrofa kolejowa w Białymstoku, 8 listopada 2010 roku

Przewozy towarów niebezpiecznych są specyficznym rodzajem przewozów, które ze względu na rodzaj przewożonego ładunku wymagają wielu działań profilaktycznych, zabezpieczających oraz organizacyjnych, umożliwiających bezpieczne ich wykonywanie. Działania te dotyczą zarówno przewoźników realizujących tego rodzaju przewozy, jak również zarządców infrastruktury transportowej oraz regulatorów rynku transportowego w zakresie działań legislacyjnych oraz kontrolnych, wymuszających na podmiotach wykonujących przewozy określone działania, umożliwiające bezpieczną realizację tych przewozów.

Do katastrofy kolejowej pod Białymstokiem [1] doszło wczesnym rankiem 8 listopada 2010 r. w pobliżu nastawni BŁ1 znajdującej się przy ul. Hetmańskiej. Zderzyły się dwa składy pociągów towarowych, z których pierwszy był złożony z lokomotywy, dwóch cystern z gazem LPG (nr ONZ 1268) oraz pięciu wagonów towarowych ze złomem. W drugim składzie była lokomotywa i trzydzieści dwie

cysterny: dwanaście wypełnionych olejem napędowym (nr ONZ 1202) oraz dwadzieścia z tak zwanym wsadem do reformowania (nr ONZ 1268) mającym faktycznie właściwości benzyny. O godzinie 5:28, w pociąg ze złomem i LPG przejeżdżający z toru bocznego na tor główny szlakowy, uderzył drugi skład, jadący na wprost głównym szlakiem.

W wyniku zderzenia wykoleiły się dwie lokomotywy, siedemnaście cystern z olejem napędowym oraz dwa wagony ze złomem. Zniszczone składy i wypływające z nich paliwo uległy zapłonowi, w jednej z cystern nastąpił wybuch, który rozerwał płaszcz zbiornika. Wyrzuty medium ze zniszczonych zbiorników spowodowały intensywny rozwój pożaru. Płomienie objęły budynek pobliskiej nastawni kolejowej. W bezpośrednim zagrożeniu były budynki administracyjno-socjalne i administracyjno-warsztatowe, a także skład pociągu z cysternami zawierającymi propan-butan i produkty ropopochodne. Oszacowano, iż powierzchnia zdarzenia sięgała około 4000 m². Plan sytuacyjny katastrofy przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Szkic sytuacyjny katastrofy kolejowej w Białymstoku (8 listopada 2010 r.) [1]
Oznaczenia kolorów: kolor biały – lokomotywy, kolor żółty – cysterny z paliwem, kolor pomarańczowy – cysterny z LPG, kolor szary – wagony ze złomem

Fig. 2. Sketch of the train crash in Białymstok (8 November 2010) [1] abelling color: white – locomotives, yellow – tankers with fuel, orange color – LPG tanker, gray – wagons with scrap

Pierwsze zastępy PSP dotarły na miejsce zdarzenia o godzinie 5:36. Wysokie płomienie, silne promieniowanie cieplne oraz duże zadymienie uniemożliwiły strażakom przeprowadzenie szczegółowego rozpoznania. Liczba cystern objętych pożarem była nieznana. Próby ustalenia rodzaju substancji w cysternach,

a także ich ilości były bardzo utrudnione. Było to spowodowane sprzecznymi oraz niewiarygodnymi informacjami otrzymanymi od przedstawicieli PKP CARGO i PKN ORLEN. Podane dane różniły się od tych w listach przewozowych.

Ogólnikowe informacje o zawartości cystern otrzymano dopiero po zgłoszeniu się maszynistów. Od nich strażacy dowiedzieli się, że wykolejone cysterny zawierają olej napędowy i półprodukty do wytwarzania benzyny. Maszyniści poinformowali także ratowników, iż w strefie zagrożenia stoją niewykolejone cysterny z gazem LPG. Według dalszego rozpoznania cysterny nie uległy uszkodzeniu, co pozwalało na późniejsze ich odholowanie.

W pierwszej fazie działań KDR (Kierujący Działaniami Ratowniczymi) zadecydował podać cztery prądy wody w obronie zagrożonych budynków oraz dwa prądy piany na palące się lokomotywy. Po dotarciu kolejnych zastępów na miejsce zdarzenia, podano siedem kolejnych prądów piany na palące się cysterny. Przy stanowiskach o największym narażeniu, KDR nakazał pracę w ubraniach żarochronnych.

O godzinie 6:19 kierowanie działaniami ratowniczymi przejął przybyły na miejsce zdarzenia podlaski komendant wojewódzki PSP. Nowoprzybyły KDR utworzył na wstępie sztab akcji, a następnie podzielił teren działań na pięć odcinków bojowych:

1. OB I – obrona cystern składu kolejowego od strony Warszawy.
2. OB II – schładzanie cystern od strony uszkodzonej lokomotywy.
3. OB III – punkt przyjęcia sił i środków.
4. OB IV – chłodzenie cystern w środkowej części wykolejonego składu oraz przygotowanie natarcia pianowego po zgromadzeniu odpowiednich sił i środków.
5. OB V – zaopatrzenie wodne.

Taktycznym zamiarem KDR była obrona składu cystern z paliwem i bezpośrednio zagrożonych budynków PLK, odłączenie i odholowanie cystern, które nie zostały uszkodzone, a także przygotowanie oraz przeprowadzenie natarcia pianą, przy jednoczesnym zabezpieczeniu nieprzerwanego zaopatrzenia w wodę i środek pianotwórczy.

Zaopatrzenie wodne było realizowane przez system mieszany. Ratownicy wykorzystywali miejską sieć hydrantową w pobliżu miejsca zdarzenia. Jednocześnie dowozili wodę ze Stawów Marczukowskich oddalonych o około 1,5 km od pożaru. Po przybyciu na miejsce zdarzenia samochodu wężowego, strażacy zbudowali stanowisko wodne przy stawie przy ulicy Octowej, skąd poprowadzili linię tłoczną zbudowaną z odcinków W 110 o długości około 550 metrów.

O godzinie 7:12 nastąpił wybuch drugiej cysterny. Płaszcz cysterny został całkowicie rozerwany. Ratownikom, którzy znajdowali się w odległości około dwudziestu metrów nic się nie stało. Z analizy akcji wynika, iż rozżarzone metalowe

elementy cysterny upadły między samochody i ratowników. W wyniku wybuchu zapaliła się trawa w odległości około 200 metrów od pożaru.

Około godziny 7:20 KDR otrzymał informację o samodzielnej ewakuacji jedenastu mieszkańców bloku przy ul. Hetmańskiej, który znajdował się około 250 metrów od palących się cystern. W oddalonej o około 600 metrów Szkole Podstawowej przerwano zajęcia i odesłano dzieci do miejsc zamieszkania.

Pomimo szybkiego odłączenia nieuszkodzonych składów od palących się cystern i wagonów (około godziny 6:23), operacja odholowania została przeciągnięta w czasie. Zniszczone i zatarasowane torowisko oraz blokowanie innych torów przez składy towarowe uniemożliwiło zestawienie nieuszkodzonych cystern i wagonów przez lokomotywy z Białegostoku. W tym celu było konieczne zadysponowanie lokomotywy z odległej o 99 km Małkini. Podczas oczekiwania na pojazd do odholowywania, istniała realna groźba zapalenia się wielu nieuszkodzonych cystern, w konsekwencji czego mogło dojść do wybuchu gazu LPG, co byłoby katastrofalne w skutkach. Świadomość zagrożenia sprawiła, że gdy ogień rozprzestrzenił się na dwie ostatnie cysterny odłączonego składu, te zostały bez wahania odłączone i pozostawione przy wykolejonych zbiornikach. Ostatecznie, zagrożone cysterny odholowano o godzinie 9:28.

Około godziny 9:30 ratownikom udało się zgromadzić na miejscu akcji odpowiedni zapas środków pianotwórczych, a piętnaście minut później rozpoczęto natarcie pianowe na płonące zbiorniki. Główną grupę cystern, znajdującą się w środkowej części wykolejonego składu, ugaszono około godziny 10:34. O godzinie 11:00 zakończono gaszenie lokomotyw oraz konstrukcji dachu budynku nastawni. W natarciu i obronie łącznie podano czternaście prądów wody, i dwanaście prądów piany ciężkiej. Sumarycznie, podczas aukcji zużyto ponad 11 tysięcy litrów środków pianotwórczych.

Po ugaszeniu płonących cystern, przystąpiono do schładzania prądami wody rozgrzanych zbiorników. Przez cały czas operacji schładzania, ratownicy kontrolowali temperaturę cystern za pomocą kamer termowizyjnych oraz pirometrów. Monitorowano także stężenie par wybuchowych. W tym czasie ratownicy przygotowywali się do kolejnej fazy akcji – wypompowywania paliw z uszkodzonych zbiorników. W tym celu sprawdzono stan każdej cysterny pod względem uszkodzeń, stabilności i sposobu ułożenia oraz stopnia napełnienia po ustaniu palenia się.

Pompowanie produktów ropopochodnych prowadziły specjalistyczne grupy ratownictwa chemicznego PSP z Warszawy, Białegostoku i Lublina. Zanieczyszczone środkami gaśniczymi paliwo z wnętrza cystern oraz zanieczyszczone błotem i piaskiem ropopochodne z rozlewisk na poziomie terenu, przepompowano do podstawionych cystern samochodowych – łącznie 85 m³. Ponadto około 99 m³ niezanieczyszczonego paliwa przepompowano do cystern kolejowych podstawionych przez PKN ORLEN. Działania z użyciem pomp zakończono około pół godziny po północy.

Następnego dnia (9 listopada) około godz. 6, na miejsce zdarzenia dotarł pociąg ratunkowy PKP PLK. Przystąpiono do ostatniej fazy działań, czyli podnożenia uszkodzonych cystern i przenoszenia ich poza torowisko. Przed rozpoczęciem usuwania zniszczonego taboru, strażacy po raz kolejny sprawdzili teren pod względem występowania stężeń wybuchowych – mierniki nic nie wskazały. Cały teren akcji zabezpieczono za pomocą linii gaśniczych na pianę ciężką. Działania definitywnie zakończono o godzinie 17:59.

3.1. Warunki atmosferyczne

W trakcie pożaru występowało duże zachmurzenie, wiatr był lekki i umiarkowany, wschodni, o prędkości 2 m/s. Temperatura powietrza wahała się od $+6^{\circ}\text{C}$ do $+9^{\circ}\text{C}$. Dnia 08.11.2010 r., w godzinach od 10 do około 12, występowały słabe opady deszczu, z tego względu przyjęto wilgotność względną na poziomie 100%. Program ALOHA przy zadanych parametrach, przyjął klasę stabilności pogody jako D – stabilna jedynie poniżej źródła wycieku.

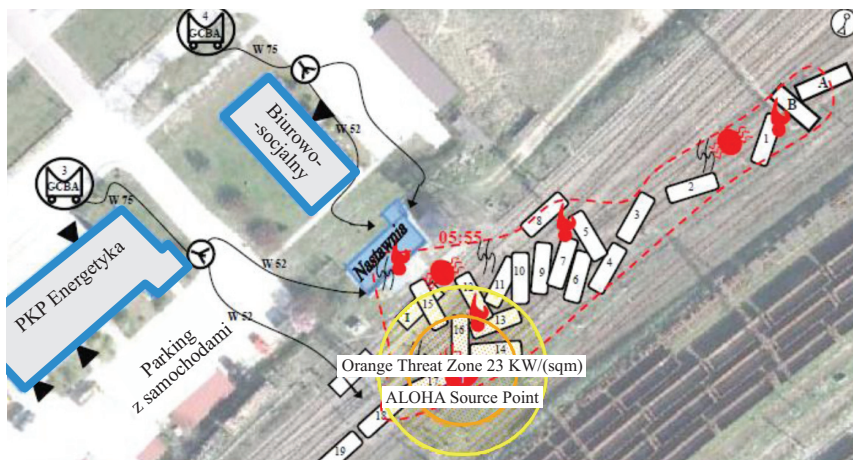
3.2. Program wykorzystywany do analizy

Podstawową analizę zagrożeń przeprowadzono z wykorzystaniem bezpłatnego oprogramowania ALOHA 5.4.1.2, będącego elementem pakietu CAMEO, dostępnego na stronie internetowej www.epa.gov. Mimo, iż jest to bezpłatne oprogramowanie, w zupełności wystarcza do przeprowadzenia analizy w zadanym zakresie.

3.3. Analiza zagrożeń występujących na miejscu zdarzenia

W wyniku najeżdżania na siebie dwóch składów kolejowych wykoleiło się 17 cystern, zawierających olej napędowy (ONZ 1202) oraz surowiec do reformowania (ONZ 1268). Każda z cystern zawierała około 39 m^3 substancji – maksymalna pojemność cysterny wynosiła 53 m^3 . W wyniku zdarzenia powstały trzy rozlewiska. W analizie zagrożeń rozpatrzono tylko jedno z nich, to które generowało największe zagrożenie – utworzone w bliskiej odległości od cysterny, która wybuchła o godzinie 7:12. Do obliczeń w programie przyjęto Heptan, ze względu na właściwości zbliżone do benzyny oraz fakt, iż wykorzystywany jest w badaniach kwalifikacyjnych podczas testów gaśniczych. Ze szkicu sytuacyjnego (rys. 3) załączonego do analizy akcji ustalono, iż średnica wycieku wyniosła w przybliżeniu 9 metrów [1], szacunkowa intensywność spalania – 328 kg/min , wielkość strumienia promieniowania cieplnego – 35 kW/m^2 (8,5 m), 23 kW/m^2 (12 m), $12,6\text{ kW/m}^2$ (18 m).

Symulacja dokonana w programie ALOHA 5.4.1.2, substancja odniesienia – heptan. W tabelicy 2 przedstawiono zmiany parametrów pożaru rozlewiska w zależności od ilości wycieku.



Rys. 3. Szkic sytuacyjny wypadku w Białymstoku naniesiony na mapę satelitarną.

Na szkicu zaznaczono największe rozlewiska oraz obszar objęty pożarem o godzinie 5:55. Dla pożaru rozlewiska umieszczonego między wagonami 14, 16 i 17 oznaczono strefy oddziaływania termicznego strumienia mocy o wartości 23 kW/m^2 (kolor żółty) oraz 35 kW/m^2 (kolor pomarańczowy)

Fig. 3. Sketch of accident in Białymstok applied to the satellite map.

On the sketch marked the largest pools and the area covered by the fire at 5:55.

For the pool fire between rail tanks 14, 16 and 17 marked thermal flux zones of 23 kW/m^2 (yellow) and 35 kW/m^2 (orange)

Tablica 2

Szacunkowy czas trwania pożaru w funkcji wielkości wycieku

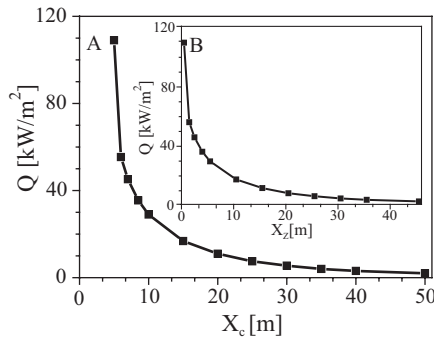
Table 2

Estimated duration of the fire as a function of the size of the leak

| Wielkość wycieku [m^3] | Szacunkowy czas trwania pożaru [min] |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 2 |
| 2 | 4 |
| 3 | 6 |
| 5 | 11 |
| 10 | 21 |
| 20 | 42 |
| 30 | 61 |

Wielkość strumienia ciepłego powodującego, iż niezabezpieczona stal osiągnie temperaturę naprężenia termicznego mogącego spowodować uszkodzenia

wynosi 23 kW/m^2 [2]. Dla pożaru rozlewiska o takiej średnicy wartość tę osiąga się już w odległości 12 metrów od jego centrum, natomiast uszkodzenie wszelkich nieosłoniętych instalacji procesowych następuje przy strumieniu ciepła 35 kW/m^2 , co odpowiadałoby odległości 8,5 m od centrum pożaru (rys. 4).



Rys. 4. Strumień ciepła pożaru rozlewiska heptanu w funkcji odległości od A) X_c – centrum pożaru B) X_z – zewnętrznego obrysu pożaru

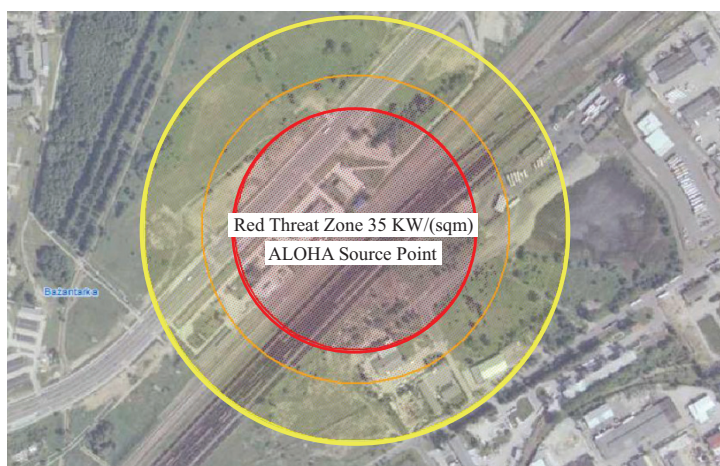
Fig. 4. Heat flux of fire of heptane pool as a function of A) X_c – center of fire B) X_z – the outer boundary of the fire

Na podstawie tablicy 2 wyraźnie można zauważyć, iż czas trwania pożaru, przy stałej wartości średnicy rozlewiska, był dostatecznie długi, aby móc spowodować uszkodzenia konstrukcyjne elementów stalowych cystern, a także ogrzać ciecz znajdującą się w środku zbiorników do temperatury umożliwiającej wybuch par wrzących cieczy (BLEVE). Kwestią domysłu pozostaje szybkość dostarczania materiału palnego z uszkodzonej cysterny kolejowej. Skoro jednak utworzyło się duże rozlewisko o średnicy około 9 metrów, z powodzeniem można założyć, że ta szybkość była dostatecznie duża w wyniku czego nastąpiło pogłębienie uszkodzeń cysterny na skutek ciągłego działania bodźca termicznego. Należy również pamiętać, iż każda z cystern zawierała około 39 m^3 substancji.

Na rysunku 3 widać, że cysterny nr 14, 16, 17 były najbardziej zagrożone bezpośrednim oddziaływaniem pożaru, a inne były osłonięte. Wybuchowi uległa tylko jedna cysterna, oznaczona numerem 17. Wynika z tego, iż była ona szczelna, a jej wybuch BLEVE oraz *fireball* nastąpił od działającego strumienia ciepła. Prawdopodobnie, gdyby reszta zbiorników była szczelna, zbiorniki 14 i 16 także uległyby wybuchowi.

Analizując wybuch cysterny numer 17, do obliczeń przyjęto, iż w procesie BLEVE brało udział 50% zawartości zbiornika [3, 4]. Program ALOHA 5.4.1.2. wyliczył, iż podczas wybuchu utworzyłyby się pożar kulisty (tzw. *fireball*) o średnicy 138 metrów i trwały przez 10 sekund. Następnie utworzyłyby się w pożar powierzchniowy, trwający około 22 sekundy. Jak widać z rysunku 5, w strefie

zagrożenia znalazło się wiele obiektów, w tym budynki mieszkalne w promieniu około 280 metrów. Z przebiegu akcji wiadomo, iż prawie żadna konstrukcja nie została zniszczona – uszczerbkowi uległa jedynie nastawnia, która już wcześniej była objęta pożarem. Było to spowodowane zbyt krótką ekspozycją promieniowania cieplnego pochodzącego ze zjawiska *fireball* na elementy metalowe i konstrukcyjne. W dużo większym niebezpieczeństwie znajdowali się ratownicy obecni na miejscu zdarzenia, jednakże nie stwierdzono żadnych poszkodowanych oraz ofiar wybuchu zarówno po stronie ratowników, jak i osób postronnych.



Rys. 5. Oddziaływanie strumienia cieplnego w kontekście możliwości uszkodzeń konstrukcyjnych oraz zagrożeń dla istot żywych. BLEVE oraz *fireball* cysterny 17.

Strefa czerwona – 160 m (35 kW/m^2 – możliwe uszkodzenie urządzeń instalacji procesowych oraz znaczne prawdopodobieństwo ofiar śmiertelnych dla grup narażonych natychmiastowo); strefa pomarańczowa – 204 m (23 kW/m^2 – możliwe osiągnięcie naprężeń termicznych mogących powodować uszkodzenia dla stali nieosłoniętej oraz możliwość ofiar śmiertelnych w sytuacji ekspozycji natychmiastowej); strefa żółta – 281 m ($12,6 \text{ kW/m}^2$ – topienie się rur z tworzywa sztucznego, uszkodzenia strukturalne stali oraz możliwość poparzeń 1 stopnia). Czas trwania *fireball* = 10 s – uszkodzenia konstrukcyjne mało prawdopodobne ze względu na małą wartość czasu ekspozycji

Fig. 5. The impact of the heat flux in the context of the possibility of structural damage and threats to living beings. BLEVE and *fireball* tank 17. The red zone – 160 m (35 kW/m^2 – possible damage to the equipment of processing installation, and a high probability of fatalities for groups exposed immediately); the orange zone – 204 m (23 kW/m^2 – possible achieve of thermal stresses that can cause damage to unprotected steel and the possibility of fatalities in a situation of immediate exposure); the yellow zone – 281 m ($12,6 \text{ kW/m}^2$ – melting plastic pipe, steel structural damage and the ability to first degree burns). Duration of *fireball* = 10 s – small probability of structural damage due to the small value of the exposure time.

4. Podsumowanie

Ostatecznie powierzchnia pożaru wyniosła około 5 000 m². Spaliły się dwie lokomotywy spalinowe, dziewiętnaście cystern, dwa wagony towarowe oraz budynek nastawni kolejowej. Udało się uratować dwa budynki należące do PKP PLK, dwanaście cystern z produktami ropopochodnymi, dwie cysterny z LPG oraz kilkadziesiąt wagonów kolejowych ze składów biorących udział w zdarzeniu oraz stojących na sąsiednich torach.

W trakcie trwania akcji strażacy często wpadali w przykryte pianą, wryte przez cysterny dziury i doły, które były wypełnione rozgrzanym paliwem. W takich zdarzeniach bardzo ważnym czynnikiem była wzajemna asekuracja ratowników. Dzięki przestrzeganim środkom ostrożności nikt nie został ranny, a tylko jeden strażak został lekko poszkodowany – ratownik skrzył staw skokowy, prawdopodobnie podczas poruszania się po trudnym terenie. Ratownikom udało się w maksymalnie wykonalnym stopniu ograniczyć skażenie gruntu. Natychmiast po ugaszeniu przystąpiono do zbierania cieczy w miejscach wycieków oraz wypompowywania z lokalnych rozlewisk w zagłębieniach terenu.

Ze względu na rodzaj płonących substancji oraz intensywność palenia należało podać ciężką pianę gaśniczą z dużą wydajnością. Dość sprawnie sprowadzono duże zapasy chemicznych środków pianotwórczych spoza Białegostoku, a nawet sąsiednich województw. Należałoby jednak rozważyć możliwość zastosowania innego sposobu gaszenia pożarów ropopochodnych, z użyciem mniejszych nakładów sił i środków. W obecnych czasach taką możliwość daje zastosowanie turbinowego samochodu gaśniczego (Turbo Löscher 2).

Samochód wyposażony w dwa silniki odrzutowe o mocy 11 kN każdy, jest w stanie podać do środowiska pożaru rozproszone prądy wody o wydajności 8 000 l/min, przy zasięgu strumienia od 120 do 150 m. Przykładowo, prąd rozproszony ze standardowego działka wodnego o wydajności 2 400 l/min pozwala osiągnąć zasięg zaledwie 25 m. Ponadto, prąd gaśniczy podawany przez turbiny samochodu osiąga średnią kroplistość wody na poziomie 375 μm, podczas gdy średnica kropli w standardowych prądach wynosi przeciętnie około 800 μm. Większe rozproszenie strumienia wody powoduje wzrost powierzchni zewnętrznej wody, przez co odbiór ciepła staje się bardziej efektywny. Dodatkowo przemiana fazowa kropelek cieczy w parę wodną, powoduje nadprogramowy odbiór ciepła ze środowiska pożaru [5].

Przez długi czas KDR nie miał informacji od służb kolejowych o rodzaju i ilości przewożonego ładunku. Zawiódł Elektroniczny System Wspomagania Dyżurnego Ruchu w PKP. System ten pobierał dane o czasach jazdy pociągów oraz przewożonych towarach z innego programu. Treści dostarczonych listów przewozowych na terenie akcji i przesłanych do MSK, były inne niż w rzeczywistych

składach pociągów. Ponadto, zgłoszenie od pracowników PKP Cargo wpłynęło dopiero po 5 minutach od katastrofy. Pierwsze zgłoszenia wpłynęły natomiast od osób postronnych.

Nie jest to jedyny przypadek opóźnionej reakcji pracowników kolei na zdarzenia. Jak pokazał przykład ze Swarzędza, informacja o zdarzeniu dotarła do MSK dopiero po 21 minutach od wypadku (wykolejenie się i rozszczelnienie cystern z mazutem – 19 lutego 2007 roku). Równie kuriozalny przypadek miał miejsce podczas dużego pożaru w maju 2004 roku w Jezierzycach Słupskich [6]. KDR nie był w stanie wyegzekwować dostarczenia ze stacji w Słupsku lokomotywy, która miała być wykorzystana do wyciągnięcia cystern kolejowych zagrożonych pożarem.

Może to świadczyć o braku szkoleń, mających przygotować pracowników PKP do postępowania w sytuacji zagrożeń bądź też o niewłaściwych rozwiązaniach systemowych. Niezbędne jest zatem usprawnienie zasad alarmowania pomiędzy służbami ratowniczymi i zarządcą infrastruktury kolejowej. W przyszłości może to mieć istotny wpływ na wielkość ewakuacji osób objętych zagrożeniem, rozmiar strefy skażenia, czy też na wielkość niezbędnych sił i środków.

Literatura

1. *Analiza zdarzenia bardzo dużego pożaru przy ul. Hetmańskiej w Białymstoku w dniu 8 listopada 2010 r.*, Komenda Miejska PSP w Białymstoku, Białystok, styczeń 2011.
2. Borysiewicz M., Furtek A., Potemski S.: *Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi*, Otwock, Świerk, 2000.
3. Lihou D. A., Maund J. K.: *Thermal Radiation hazards from fireballs*, Institution of Chemical Engineers, The Assessment of Major Hazards, Rugby, 1982.
4. Moorhouse J., Pritchard M. J.: *Thermal Radiation hazards from large pool fires and fireballs a literature review*, [W:] Institution of Chemical Engineers, The Assessment of Major Hazards, Rugby, 1982.
5. Węsierski T., Kielin J., Gontarz A.: *Samochody z turbinowym systemem gaśniczym*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, 4 (20) 2010, s. 139–150.
6. Węsierski T.: *BLEVE – fireball w Jezierzycach Słupskich. Analiza pożaru dużego oraz zagrożeń z nim związanych*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, 1 (21) 2011, s. 95–103.

The Uncontrolled Release of Dangerous Substances in Rail Transportation. Bialystok 2010 Case Study. Analysis of the Effects and Causes of the Disaster

Summary

Uncontrolled release of hazardous substances can lead to a number of risks depending on the combustible, explosive or toxicological characteristics of released substances. This risk over time of incident is often increased by the possibility of a domino effect. Rail transport through its regulated structure is one of the most secure forms of transportation. However, as shown by the case of Bialystok on 8 November 2010, in the case of an event in rail freight scale of risks may be much greater than in case of road transportation.

Keywords: Chemical rescue, train disaster, case study, BLEVE, fireball

Неконтролируемый выброс опасных веществ на железнодорожном транспорте. Г. Белосток 2010. Анализ эффектов и причин катастрофы

Резюме

Неконтролируемый выброс опасных веществ может вести к возникновению многих угроз, вызванных горючими, взрывчатыми или токсикологическими свойствами вещества, которое подвергается выбросу. Эта угроза в перспективе времени часто увеличивается из-за возможности возникновения эффекта домино. Железнодорожный транспорт благодаря своей урегулированной структуре принадлежит к самым безопасным видам перевозок. Однако, на примере катастрофы, которая произошла в г. Белостоке 8 ноября 2010 года в железнодорожных грузовых перевозках, видно, что шкала угроз может быть намного больше, чем в случае дорожного транспорта.

Ключевые слова: химическая спасательная служба, железнодорожная катастрофа, изучение случаев, BLEVE, шаровидный пожар