

BEDNAREK Zoja¹
DRZYMAŁA Tomasz²

„WYBRANE ZAGADNIENIA BEZPIECZEŃSTWA POŻAROWEGO W TUNELACH DROGOWYCH I OBIEKTACH METRA”

W artykule przedstawiono działania Polski w zakresie tworzenia norm i wytycznych zharmonizowanych z dyrektywami UE zapewniającymi bezpieczeństwo użytkowników obiektów metra oraz tuneli komunikacyjnych. Omówiono podstawowe kierunki działań UE w tworzeniu bezpiecznych warunków użytkowania tych obiektów. Szczególną uwagę zwrócono na zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego w trakcie projektowania, budowy i przebudowy tuneli i obiektów metra. W podsumowaniu zaprezentowano propozycje autorów zmierzające do poprawy obecnej sytuacji.

„SELECTED ISSUES OF FIRE SAFETY IN THE ROAD TUNNELS AND UNDERGROUND FACILITIES”

This paper presents activities undertaken by Poland in setting of standards and guidelines, consistent with EU directives ensuring safety of the underground facilities and tunnels users. It discusses main EU courses of action in creating safe conditions for use of the above mentioned facilities. Special attention is paid to the provision of fire safety at the design, construction works and reconstruction stage of the tunnels and underground facilities. In summary authors' proposals aiming at improvement of the present situation is presented.

¹The Main School of Fire Service, Faculty of Fire Safety, POLAND, Warsaw 01-629, Slowackiego 52/54. Phone: +48 22 561-73-87, Fax: +48 22 833-07-24, E-mail: zoja.bednarek@gmail.com

²The Main School of Fire Service, Faculty of Fire Safety, POLAND, Warsaw 01-629, Slowackiego 52/54. Phone: +48 22 561-76-13, Fax: +48 22 833-07-24, E-mail: tomekdrzymala@wp.pl

1. WPROWADZENIE

W dużych aglomeracjach miejskich, a także w rejonach górzystych, tunele stanowią niezbędny element sieci komunikacyjnej i stają się coraz ważniejszą częścią infrastruktury. Transport podziemny staje się bardzo korzystnym sposobem rozwiązywania problemów płynności ruchu bez naruszenia już istniejącej infrastruktury i zabudowy, a także krajobrazu. Coraz częściej tunele są bezpośrednio lub pośrednio wykorzystywane ze względów ekologicznych, gdyż przyczyniają się do lepszej ochrony środowiska w mieście, zaś na terenach pozamiejskich to jedyna możliwość utworzenia nowych połączeń komunikacyjnych bez ingerowania w krajobraz. Ponadto, jeśli porówna się ogólny poziom bezpieczeństwa w tunelach komunikacyjnych (mierzony ilością wypadków śmiertelnych na przejechany kilometr) z bezpieczeństwem na takim samym odcinku w ruchu drogowym, to okaże się, że bezpieczeństwo w tunelach jest wyższe [9 – 11].

Tunele komunikacyjne stanowią obecnie niezbędny element transeuropejskiej sieci transportowej. Zapewnienie bezpieczeństwa transportu w tunelach komunikacyjnych jest zatem jednym z bardzo istotnych problemów nie tylko poszczególnych krajów wchodzących w skład Unii Europejskiej, lecz całej Unii Europejskiej. Szczególną uwagę na problem bezpieczeństwa zwrócono na skutek tragicznych zdarzeń w tunelach powodujących dużą liczbę ofiar śmiertelnych i rannych oraz duże straty społeczne i finansowe. Komisja Europejska przystąpiła do działań w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa w tunelach wydając stosowne dyrektywy oraz finansując szereg projektów skierowanych na poprawę bezpieczeństwa w już istniejących tunelach oraz zapewnienie bezpieczeństwa w nowopowstających tunelach [3 – 4].

Szczególną uwagę zwrócono na bezpieczeństwo pożarowe tuneli, gdyż z analizy zdarzeń w tunelach wynika, że w większości przypadków głównym zagrożeniem był pożar powstały na skutek kolizji pojazdów, wycieków niebezpiecznych substancji palnych lub awarii instalacji elektrycznych. W związku z tym, że takich zdarzeń w tunelach nie da się zupełnie wyeliminować, szczególnego znaczenia nabiera sprawa ewakuacji ludzi z zagrożonego terenu oraz bezpieczeństwo pracy ratowników [5, 23].

2. DZIAŁANIA W ZAKRESIE ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA W TUNELACH

Problemy związane z zapewnieniem bezpieczeństwa w tunelach zostały sformułowane w dokumentach unijnych, a badania związane z rozwiązaniem ich zostały dofinansowane przez Komisję Europejską. W ten sposób rozwiązano szereg następujących, ważnych problemów [6, 7, 17 – 20]:

- poddano analizie stan bezpieczeństwa istniejących tuneli drogowych w Europie. Niestety nawet częściowe wyniki badań wskazywały na niski poziom bezpieczeństwa znacznej części europejskich tuneli (projekt EuroTAP- European Tunnel Assessment);
- zainicjowano opracowanie wspólnej bazy danych dotyczących bezpieczeństwa pożarowego w tunelach, tworzenie modeli pożarów w tunelach, a także zasad projektowania pod kątem warunków bezpieczeństwa i reagowania na zagrożenie (projekt FIT- Fire in Tunnels);

- opracowano wytyczne dotyczące modernizacji istniejących tuneli pod kątem bezpieczeństwa pożarowego oraz metod oceny ryzyka, a także tworzenia modeli bezpieczeństwa pożarowego w tunelach;
- opracowano szereg środków technicznych służących poprawie bezpieczeństwa w tunelach stosowanych do monitoringu i wczesnego wykrywania niebezpieczeństwa oraz tworzenia optymalnych warunków ewakuacji ludzi;
- zainicjowano badania ukierunkowane na problemy związane z możliwością zniszczenia konstrukcji tuneli oraz minimalizacją zagrożeń z tym związanych, w szczególności dotyczących pracy ratowników, w tym występującego w tunelach eksplozyjnego odpryskiwania betonu (spalling), niebezpiecznego dla ratowanych i ekip ratowniczych;
- zwrócono uwagę na potrzebę opracowania symulatora do szkolenia strażaków oraz innych służb ratowniczych w zakresie działań ratowniczo-gaśniczych w tunelach.

Na marginesie ostatniego problemu należy odnotować rozpoczętą pracę nad stworzeniem symulatora do szkolenia strażaków w zakresie prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych w tunelach w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie.

Ważnym krokiem podjętym przez Komisję Europejską było przyjęcie dyrektyw 2004/49/EC i 2004/54/EC oraz decyzji z dnia 20 grudnia 2007 r. [12 – 14]. Celem Komisji Europejskiej było zobligowanie członków Unii Europejskiej do stosowania jednolitego, minimalnego poziomu bezpieczeństwa w tunelach określonego w dyrektywach [12, 13]. Należy odnotować pozytywne skutki tych działań w postaci poprawy warunków bezpieczeństwa w tunelach w niektórych krajach europejskich.

Wszystkie kraje członkowskie Unii Europejskiej były zobowiązane przenieść dyrektywy do prawa krajowego do 30 września 2006 r. Należy zaznaczyć, że dyrektywy mają zastosowanie do tuneli o długości powyżej 500 m., położonych w obrębie transeuropejskiej sieci drogowej. Niektóre kraje Unii Europejskiej, np. Francja, zdecydowały się objąć przepisami również tunele krótsze o długości powyżej 300 m. W związku z tym, że Polska do 2010 roku nie miała tuneli o długości powyżej 500 m. obowiązek ten do roku 2006 r. nie został zrealizowany. Jednak przystąpiono do opracowania dokumentów krajowych w oparciu o dyrektywy europejskie.

3. PRZEPISY OBOWIĄZUJĄCE W POLSCE W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA W TUNELACH

Obecnie w Polsce zwiększa się zapotrzebowanie na przepisy i opracowania ułatwiające projektowanie tuneli różnego rodzaju [1 – 4]: tuneli drogowych przeznaczonych dla pojazdów samochodowych, tuneli kolejowych oraz metra, a także przejść podziemnych przeznaczonych dla ruchu pieszego. Każdy z tych tuneli z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego ma inną specyfikę i skalę zagrożenia, inny scenariusz sytuacji kryzysowej oraz możliwą ilość poszkodowanych.

W Polsce kwestię bezpieczeństwa pożarowego w tunelach komunikacyjnych drogowych i kolejowych regulują przepisy następujących rozporządzeń:

1. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich sytuowanie [15],

2. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie [16].

Wymagania zawarte w tych przepisach są jednak zbyt ogólne i ich zakres można uznać za niewystarczający. Nie uwzględniają one również przyjętych przez Parlament Europejski i Radę Europejską wymagań dotyczących bezpieczeństwa w tunelach:

- Dyrektywa 2004/49/EC Parlamentu i Rady Europejskiej z dnia 29 kwietnia 2004 r. o bezpieczeństwie na kolei (Dz. U. UE L 164/44 z dnia 30.04.2004 r.) [13],
- Dyrektywa 2004/54/EC Parlamentu i Rady Europejskiej z dnia 29 kwietnia 2004 r. dotycząca minimalnego poziomu bezpieczeństwa w tunelach na transeuropejskiej sieci drogowej (Dz. U. UE L 201/55 z dnia 7.06.2004 r.) [12],
- Decyzja Komisji Europejskiej z dnia 20 grudnia 2007 r. dotycząca technicznej specyfikacji „interoperacyjności” w zakresie bezpieczeństwa w tunelach kolejowych transeuropejskiego systemu kolei komunikacyjnych i transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości (Dziennik Urzędowy UE L 64/1 z dnia 7.03.2008 r.) [14].

Bardzo ważnym dokumentem szczegółowo określającym techniczne warunki bezpieczeństwa obiektów metra jest Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. [21] w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie. Rozporządzenie zostało opublikowane w Dzienniku Ustaw z 2011 roku Nr 144, Poz. 859 i obowiązuje od 17 lipca 2011 roku. Rozporządzenie to jest pierwszym aktem prawnym, którego przedmiotem jest uregulowanie warunków technicznych dla obiektów budowlanych metra (pomimo tego, że budowę metra w Polsce rozpoczęto blisko 30 lat temu tj. w 1983 r.). Dokument obejmuje uregulowania dotyczące m.in.: usytuowania obiektów budowlanych metra, ogólnych wymagań technicznych dla obiektów budowlanych metra, stacji i tuneli, nawierzchni i ukształtowania toru metra, budowli i urządzeń infrastruktury technicznej podziemnej kolejki. Załączniki to wymagania w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych metra, wymagania w zakresie ograniczenia wpływu drgań, wymagania w zakresie zapewnienia ochrony obiektów budowlanych metra przed oddziaływaniem prądów błędzących.

W ujęciu rozporządzenia [21] tunele są to budowle między stacjami metra stanowiące szlak metra lub część szlaku metra obudowanego całkowicie lub częściowo. Ogólne wymagania dla obiektów metra uwzględniają między innymi:

- bezpieczeństwo konstrukcji w zakresie wytrzymałości, nośności i stateczności,
- bezpieczeństwo pożarowe,
- zapewnienie bezpieczeństwa ruchu pojazdów metra,
- zaopatrzenie w niezbędne media.

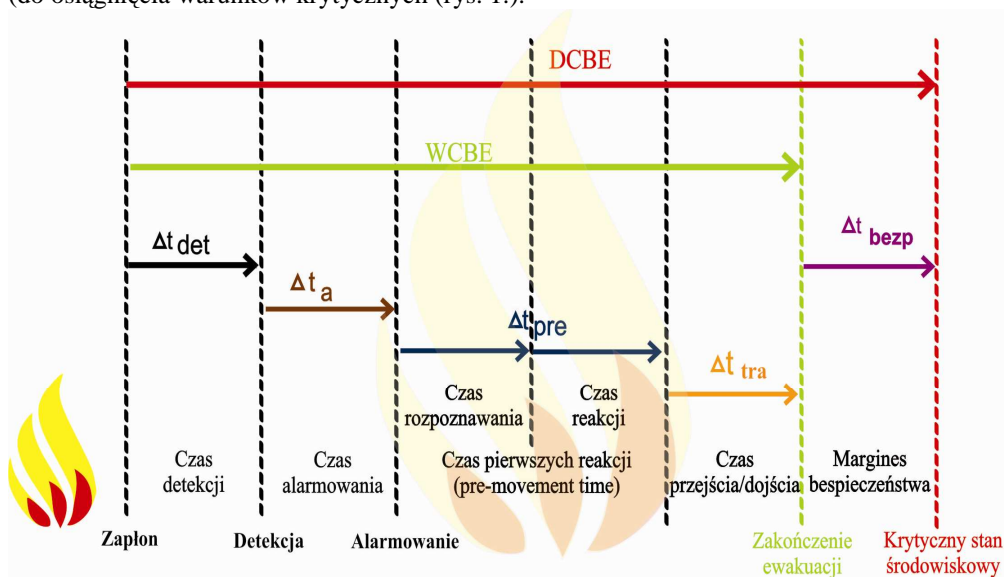
Ustalono, że usytuowanie wentylatorni instalacji wentylacji pożarowej ustala się na podstawie wyników przeprowadzonych badań i scenariuszy ochrony przeciwpożarowej dla obiektów budowlanych metra.

Szczegółowe wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych metra przedstawiono w załączniku nr 1 do rozporządzenia [21]. Wymagania te dotyczą zapewnienia w razie pożaru:

- nośności konstrukcji przez ustalony czas (klasa odporności ogniowej),
- ograniczenia rozprzestrzeniania się ognia i dymu wewnątrz obiektu budowlanego metra,

- możliwości ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób,
- dostępu do obiektów metra ekip ratowniczych,
- uwzględnienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych.

Załącznik nr 1 [21] uwzględnia wymagania dotyczące dróg ewakuacyjnych i czasu ewakuacji, rozmieszczenia wyjść ewakuacyjnych ze stacji oraz zabezpieczenia dróg ewakuacyjnych przed zadymieniem. W załączniku określono też warunki krytyczne dla życia i zdrowia przebywających w obiektach metra ludzi oraz krytyczny czas ewakuacji (do osiągnięcia warunków krytycznych (rys. 1.).



Rys. 1. Uproszczony schemat składowych czasu ewakuacji WCBE (wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji) w odniesieniu do czasu DCBE (dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji), źródło: opracowanie własne na podstawie [4, 23]

Okres czasu od powstania pożaru do osiągnięcia momentu przekroczenia dopuszczalnych warunków środowiskowych określany jest jako dostępny czas bezpiecznej ewakuacji (DCBE). Czas ten powinien być większy niż czas potrzebny do ewakuacji, określany jako wymagany czas bezpiecznej ewakuacji (WCBE). Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji (WCBE) powinien uwzględniać możliwość ucieczki pasażerów bez pomocy z zewnątrz, jak również umożliwić uratowanie osób wymagających pomocy przez Straż Pożarną oraz inne służby. Przy projektowaniu tuneli i stacji metra należy dążyć do: wydłużenia dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji (DCBE) oraz skrócenia wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji (WCBE). Wydłużenie czasu DCBE jest możliwe przy zastosowaniu technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego takich jak kurtyny dymne, systemy wentylacji pożarowej, stałe samoczynne instalacje gaśnicze wodne (tryskaczowe lub na mgłę wodną). Skrócenie czasu ewakuacji WCBE jest trudniejsze, gdyż poza parametrami technicznymi dróg ewakuacyjnych, takimi jak: szerokość i długość wpływającymi bezpośrednio na czas przejścia ewakuacyjnego, należy uwzględniać również elementy składowe czasu WCBE zależne od zachowania ludzi w sytuacjach kryzysowych.

Właściwa reakcja ludzi jest tutaj niezwykle istotna. Badania [8] wykazały, że prawidłowa reakcja ludzi polegająca na natychmiastowej ewakuacji została zaobserwowana w jednym na siedem przypadków.

Załącznik nr 1 [21] dokładnie określa wymagania dotyczące materiałów, z których należy wykonać konstrukcję oraz wymagania dotyczące klas odporności ogniowej elementów konstrukcji. Przewidziane jest zapewnienie wyjść ratunkowych do miejsc bezpiecznych. Takimi miejscami bezpiecznymi mogą być drogi publiczne oraz inne miejsca poza terenem obiektu budowlanego metra. Wyjście ratunkowe może prowadzić do

o powierzchni co najmniej 25 m² zamkniętej drzwiami pożarowymi o klasie odporności ogniowej EI 30 oraz wyposażonej w agregaty do wytwarzania nadciśnienia. W załączniku nr 1 [21] uwzględniono również ułatwienia dla ekip ratowniczych – wyposażenie w mechaniczne wciągarki linowe oraz dźwigi przystosowane do transportu noszy oraz instalację wodociągową przeciwpożarową, możliwość sterowania automatycznego i ręcznego urządzeniami przeciwpożarowymi. Stacja metra powinna mieć co najmniej jedno dojsię na potrzeby ekip ratowniczych.

Zasygnalizowane wyżej problemy i ich rozwiązanie to tylko część zagadnień szczegółowo przedstawionych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. Jest to bardzo ważny dokument, następny krok na drodze do zapewnienia bezpieczeństwa użytkownikom metra.

Równie ważnym zagadnieniem jest zapewnienie bezpieczeństwa użytkowników tuneli drogowych w transeuropejskiej sieci drogowej (tunele o długości powyżej 500 m.). Należy odnotować występowanie w Polsce tuneli drogowych o takiej długości (użytkowanych i budowanych), a w przyszłości także możliwość objęcia podobnymi przepisami tuneli o mniejszej długości, np. powyżej 300 m. jak to ma miejsce we Francji.

Przykładem takiego tunelu w Polsce jest oddany w 2010 roku tunel drogowy w Lalikach na Żywiecczyźnie. Tunel ten ma długość 678 metrów i jest fragmentem drogi ekspresowej

S-69 prowadzącej do polsko-słowackiej granicy w Zwardoniu. Jego budowa trwała dwa lata.

Został wyposażony w zaawansowany system monitorujący i przeciwpożarowy. Budowla nosi imię Emilia, na cześć pamięci matki papieża Jana Pawła II. Inwestycję realizowały konsorcja składające się ze słowackich, czeskich, a także niemieckich firm. Głównym wykonawcą było konsorcjum czesko-niemieckiej spółki „BÖGL a KRÝSL” oraz słowackiej „DOPRASTAV”, w pracach uczestniczyli również polscy podwykonawcy. To pierwszy

w Polsce tego typu tunel wybudowany poza miastem. Obiekt został sklasyfikowany jako tunel drogowy, płytki, wykonywany metodami górniczą i odkrywkową, jednonawowy, o obudowie monolitycznej żelbetowej. Przy jego drażeniu po raz pierwszy zastosowano metodę NATM (Nowa Austriacka Metoda Tunelowa), jego drażenie trwało jednocześnie z dwóch stron. Obiekt w Lalikach składa się z jednonawowego tunelu właściwego i tunelu ewakuacyjno-technicznego. Oba połączone są czterema przejściami poprzecznymi między tunelami, przechodzącymi przez zbocze Sobczakowej Grapy.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie - projekt z dnia 10 maja 2011 r. [22] - wdraża dyrektywę 2004/54/WE

Parlamentu i Rady Europejskiego z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie minimalnych wymagań bezpieczeństwa dla tuneli w transeuropejskiej sieci drogowej [12] (dotyczy tuneli o długości większej niż 500 m). Przepisy zawarte w tym projekcie rozporządzenia są odpowiednikiem załącznika nr 1 dyrektywy nr 2004/54/WE dotyczącego warunków technicznych w tunelach. Przewidują między innymi ustalenia dla:

- dróg ewakuacyjnych i wyjść awaryjnych,
- dostępu służb ratowniczych do tuneli,
- klasy odporności ogniowej konstrukcji,
- oświetlenia w tym awaryjnego, wentylacji do odprowadzania spalin i usuwania dymu, zasilania energią oraz systemu łączności służb ratowniczych.

Przewidziane jest tworzenie dla tuneli o długości powyżej 3000 m. centrów kontroli systemów bezpieczeństwa i urzędzeń. Dodatkowo przewidziano tworzenie zatok awaryjnych w tunelach oraz wyjść ewakuacyjnych prowadzących na zewnątrz lub do schronów,

w których użytkownicy tuneli mogą przebywać czasowo przed wydostaniem się na zewnątrz, i w których należy zapewnić nadciśnienie w stosunku do atmosfery tunelu.

4. WNIOSKI

1. Opublikowanie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. regulującego większość zagadnień związanych z bezpieczeństwem użytkowników metra zharmonizowanego z Dyrektywami UE jest ważnym krokiem na drodze zapewnienia bezpieczeństwa ludzi w normalnych warunkach eksploatacji metra oraz minimalizowania strat w warunkach zagrożenia w sytuacji kryzysowej poprzez tworzenie odpowiednich warunków dla ekip ratowniczych oraz warunków ewakuacji.
2. Należy spodziewać się w najbliższym czasie regulacji dotyczących również warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie w tym tunele drogowe znajdujące się w transeuropejskiej sieci drogowej.
3. W związku z rozbudową metra w Warszawie, w celu zapewnienia bezpieczeństwa, niezbędne jest opracowanie scenariuszy sytuacji kryzysowej oraz dodatkowych, szczegółowych wymagań opartych na analizie ryzyka z uwzględnieniem analiz i opracowań naukowych dotyczących zachowania użytkowników metra w sytuacjach kryzysowych oraz warunków prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczych.
4. Niezbędne jest opracowanie i wdrożenie w Polsce symulatora do szkolenia strażaków oraz innych służb ratowniczych w zakresie działań ratowniczo-gaśniczych w różnego rodzaju tunelach z uwzględnieniem różnych scenariuszy rozwoju sytuacji kryzysowych. Jest to zgodnie z działaniami w tym zakresie wielu krajów Unii Europejskiej.

5. LITERATURA

- [1] Bednarek Z., Drzymała T.: „Analiza zagrożeń występujących w tunelach komunikacyjnych na skutek eksplozyjnego odpryskiwania betonu”, Obiekty Inżynierskie nr 1/2011(8).
- [2] Bednarek Z., Drzymała T.: „Zagrożenie występowania eksplozyjnego odpryskiwania betonu w czasie pożaru w tunelach komunikacyjnych”, Logistyka nr 6/2010.

- [3] Bednarek Z., Drzymała T., Szczypta R.: „*Safety analysis for tunnels*”, 20th International Conference „Fire Protection”, Ostrava 2011.
- [4] Bednarek Z., Drzymała T., Szczypta R.: „*Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa w tunelach komunikacyjnych*”, rozdział w Monografii pod red. Zborowski T. „*Rewolucja Bezpieczeństwa Publicznego*”, Gorzów Wlkp. – Poznań, 2011.
- [5] Foster J. A., Roberts G. V.: Research Report Number 61/1994: „*Measurements of the Firefighting Environment*”.
- [6] Haack A.: „*Overview of European Tunnel Research and ITA Committee on Operational Safety of Underground Facilities*”, Seminar „Fire Protection and Safety Measures in Rail, Roads and Metro Tunnels”, Warsaw, October 2nd 2006, str. 75-81.
- [7] Haack A. (Mai 2005): European Research and Development on Safety in Road Tunnels: 3rd International Congress – Traffic and Safety in Road Tunnels – HBV-Verkehrsconsult, Hamburg, 18-20 May 2005 in Hamburg.
- [8] Martens M. H.: „*Human Behaviour in Tunnel Accidents: Users, Operators and Rescue Teams*”, Seminar „Fire Protection and Safety Measures in Rail, Roads and Metro Tunnels”, Warsaw, October 2nd 2006, str. 99-107.
- [9] Niels Peter Hoj & Steen Rostam: „*Optimal Design of Tunnels Experience from and for Practice*”. Proceedings of 2nd International Symposium „*Safe & Reliable Tunnels, Innovative European Achievements*”, Lausanne Switzerland 30-31 May 2006.
- [10] Niels Peter Hoj and I. B. Kroon: How to decide on restrictions to transport of dangerous goods Proceedings of the ITA World Tunneling Congress (Re)claiming the Underground Space, Amsterdam, the Netherlands, 12-17 April 2003.
- [11] Niels Peter Hoj „*Hazards in Tunnels*”, Seminar „Fire Protection and Safety Measures in Rail, Roads and Metro Tunnels”, Warsaw, October 2nd 2006, str. 108-116.

Akty prawne, normy oraz inne opracowania

- [12] Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council, 29, April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the trans-European road network. In: Official Journal of the European Union L 201/56pp; published 7.06.2004.
- [13] Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the Council, April 2004 on safety on the Community's railways and amending Council Directive 95/18/EC on the licensing of railway undertakings and Directive 2001/14/EC on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification (Railway Safety Directive). In: Official Journal of the European Union L 164/44 pp; published 30.04.2004.
- [14] Decyzja Komisji Europejskiej z dnia 20 grudnia 2007 r. dotycząca technicznej specyfikacji „interoperacyjności” w zakresie bezpieczeństwa w tunelach kolejowych transeuropejskiego systemu kolei komunikacyjnych i transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości (Dz. U. UE L 64/1 z dnia 7.03.2008 r.).
- [15] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz. U. z 1998 r., nr 158, poz. 987).

- [16] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. z 2000 r., nr 63, poz. 735, Dz. U. z 2010 r., nr 65, poz. 408).
- [17] DARTS, Durable And Reliable Tunnel Structures (www.dartsproject.net). Research project, Fifth Framework.
- [18] FIT, Fire in Tunnels (www.etnfit.net). Thematic network, Fifth Framework.
- [19] UPTUN, Cost-effective, Sustainable and Innovative Upgrading Methods for Fire Safety in Existing Tunnels (www.uptun.net). Research project, Fifth Framework.
- [20] OECD/PIARC. „*Safety in Tunnels. Transport of Dangerous Goods through Road Tunnels*”. OECD Paris, 2001.
- [21] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie (Dz. U. z 2011 r., nr 144, poz. 859).
- [22] Projekt rozporządzenia Ministra Infrastruktury zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie z dnia 10 maja 2011 r., Ministerstwo Infrastruktury.
- [23] PD 7974-6: 2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 6: Human Factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behavior and condition (SUB-system 6).