

*Dr inż. Jolanta Radziszewska-Wolińska
Instytut Kolejnictwa*

BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE TABORU SZYNOWEGO W POLSCE I EUROPIE

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Rozwój wymagań w zakresie ochrony przeciwpożarowej
3. Zmiana właściwości palno-dymowych materiałów badanych według PN w ostatnich 30 latach
4. Wpływ właściwego doboru materiałów na zabezpieczenie pojazdów oraz zmniejszenie liczby pożarów w Polsce
5. Normalizacja europejska i projekt TRANSFEU
6. Podsumowanie

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wkład Instytutu Kolejnictwa w rozwój metod badawczych oraz normalizacji polskiej i europejskiej w zakresie właściwości palno-dymowych materiałów niemetalowych stosowanych w środkach transportu szynowego. Ponadto przeanalizowano wpływ omawianych prac na poprawę bezpieczeństwa pożarowego w taborze.

1. WSTĘP

Pierwszą linię kolejową na ziemiach polskich zbudowano w latach 1840–1848. Była to kolej Warszawsko-Wiedeńska łącząca Warszawę z Krakowem, Wiedniem i Wrocławiem. W obrębie Królestwa Polskiego miała ona długość 328 km. W 1935 roku na terenie Warszawskiego Węzła Kolejowego rozpoczęła się elektryfikacja polskiej kolei. Kolejnictwo zaczęło się szybciej rozwijać. Również coraz większym przeobrażeniem podlegały pojazdy szynowe. W latach sześćdziesiątych XX wieku do budowy taboru, w którym wcześniej dominowała stal oraz drewno, zaczęto coraz częściej wprowadzać tworzywa sztuczne czyli materiały na bazie syntetycznych, naturalnych lub modyfikowanych polimerów. Początkowo były one traktowane jako namiastka tradycyjnych materiałów konstrukcyjnych. Dopiero systematyczne doskonalenie technologii ich produkcji, a jednocześnie stawianie coraz to nowszych wymagań pojazdom, w tym również konie-

czność poprawy komfortu i estetyki, spowodowały stopniowe zwiększanie się udziału nowych materiałów w budowie i wyposażeniu taboru. Dodatkowy czynnik motywujący stanowiła możliwość ograniczania masy, a także stosunkowa łatwość kształtowania formy. Wzrost popularności kolei, która stała się masowym środkiem transportu, w połączeniu z ekspansją tworzyw sztucznych w wyposażeniu pojazdów, uwidoczniły wady nowych materiałów, a szczególnie ich łatwopalność [3, 12, 14, 20].

2. ROZWÓJ WYMAGAŃ W ZAKRESIE OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ

Zwiększające się z roku na rok zagrożenie pożarowe w taborze pasażerskim wpłynęło na podjęcie poszukiwań narzędzi do jego oceny, a następnie kierunków zapobiegania. Stosowanie materiałów trudnopalnych ograniczających rozprzestrzenianie się ognia i dymu uznano za najważniejszy element skutecznej ochrony przeciwpożarowej. Takie podejście wpłynęło na rozwój metod badawczych, charakteryzujących palno-dymowe właściwości materiałów oraz systemy ich klasyfikacji.

Prace uruchomiono równolegle w różnych krajach. W Polsce prekursorem było Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa (aktualna nazwa: Instytut Kolejnictwa), gdzie opracowano jedną z pierwszych w Europie, ustanowioną przez PKN w 1984 r. Polską Normę PN-K-02500:1984 [4] dotyczącą bezpieczeństwa pożarowego pojazdów szynowych. Wprowadzone wtedy wymagania były zdecydowanie łagodniejsze od obecnych, jednak wraz z analizą kolejnych przypadków pożarów w taborze oraz systematycznym rozwojem prac badawczych, następowało rozszerzenie zakresu badań oraz zaostrzenie wymagań. Historię rozwoju zmian normalizacyjnych w obszarze ochrony przeciwpożarowej taboru szynowego w Polsce, będących wynikiem szeroko rozwiniętych badań i analiz w Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji CNTK (IK), przedstawiono w tablicy 1. Opisy i fotografie z badań zawierają wcześniejsze publikacje [12, 13, 20].

Wdrożone metody badawcze stanowią mniejsze lub większe uproszczenie warunków występujących w eksploatacji z uwzględnieniem również aspektu ekonomicznego (małe próbki). Jednak testy laboratoryjne wykonywane w powtarzalnych warunkach pozwalają na poznanie reakcji materiałów na różne źródła zapłonu oraz porównanie ich właściwości i klasyfikację wyrobów.

3. ZMIANA WŁAŚCIWOŚCI PALNO-DYMOWYCH MATERIAŁÓW BADANYCH WEDŁUG PN W OSTATNICH 30 LATACH

Decyzją Ministra Komunikacji Nr KT3-0512-2/85 z dnia 22 października 1985 roku, ówczesny Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju Kolejnictwa (aktualnie IK) został upoważniony do wydawania atestów według PN-K-02500:1984 [4] dopuszczających mate-

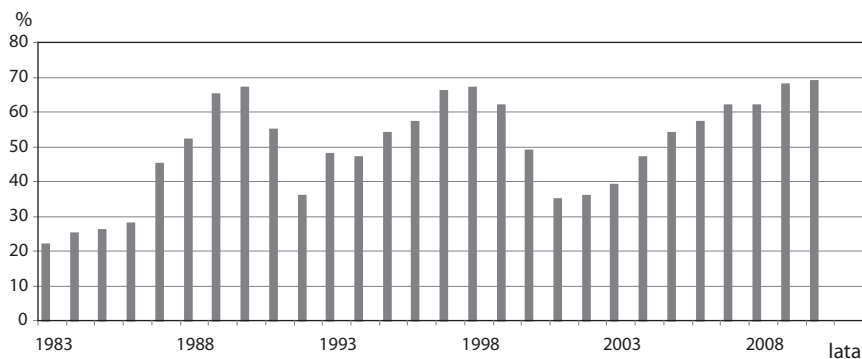
Tablica 1

**Historia zmian normalizacyjnych w obszarze ochrony przeciwpożarowej
taboru szynowego w Polsce**

Rok	Zmiana	Zakres
1984	Ustanowienie PN-K-02500 [4]	Opis metody badania rozprzestrzeniania się płomienia po powierzchni (I), a także wymagania dla materiałów, uwzględniające dwa parametry: I oraz OI (wskaznik tlenowy)
1991	Ustanowienie PN-K-02501 [5]	Opis kolejnej metody badania intensywności dymienia materiałów oraz wymagania w zakresie tego parametru dla materiałów
1992	Ustanowienie PN-K-02502 [6]	Opis kolejnej metody badawczej określania podatności na zapalenie siedzeń taborowych oraz wymagania
1993	Ustanowienie PN-K-02505 [7]	Opis kolejnej metody badania i wymagań w zakresie wydzielania tlenu i dwutlenku węgla w trakcie spalania lub pirolizy
1999	Ustanowienie PN-K-02508 [8]	Opis kolejnych metod badań i wymagań w zakresie właściwości palnych dla poszczególnych grup materiałowych (wdrożenie Karty UIC 564-2 [22])
2000	Zmiana PN-K-02501 [5]	Do oceny właściwości dymowych dodano dodatkowy parametr: natężenie oświetlenia po 4 minutach badania E_4 (lx).
2000	Wycofanie PN-K-02500 [4]	W całości
2000	Ustanowienie PN-K-02512 [13]	Zastąpiła wycofaną PN-K-02500:1984 [4] w zakresie metody badań rozprzestrzeniania się płomienia po powierzchni, przy czym z uwagi na coraz popularniejsze w pojazdach szynowych materiały termoplastyczne wprowadzono dodatkowy warunek – konieczność braku opadania palących się cząstek
2000	Ustanowienie PN-K-02511 [10]	Zastąpiła wycofaną PN-K-02500:1984 [4] w zakresie wymagań dotyczących ochrony przeciwpożarowej dla materiałów niemetalowych przeznaczonych do budowy i wyposażenia taboru szynowego. Jednocześnie przywołuje ona komplet norm zawierających opisy obowiązujących metod badawczych. Zawiera podwyższone wymagania dla wskaźnika tlenowego określanego według PN-EN ISO 4589-2 [14]

riały do stosowania w kolejowym taborze pasażerskim. Rozpoczęły się systematyczne i zakrojone na coraz szerszą skalę, laboratoryjne testy materiałów niemetalowych w zakresie właściwości pożarowych.

Zestawienie wyników badań właściwości palno-dymowych testowanych materiałów w stosunku do obowiązujących w danym okresie wymagań zilustrowano na rysunku 1. Przedstawia on procentowy udział materiałów spełniających wymagania w stosunku do ogólnej liczby materiałów badanych na przestrzeni trzydziestu lat. Jak z niego wynika, każdorazowe wprowadzenie nowych wymagań powodowało początkowo zmniejszenie udziału materiałów o parametrach odpowiadających kryteriom. Jednak wymagania te stały się bodźcem do modyfikacji procesów technologicznych z uwzględnieniem stosowania antypirenów i wpłynęły na systematyczną poprawę właściwości badanych wyrobów [3, 13, 14, 20].

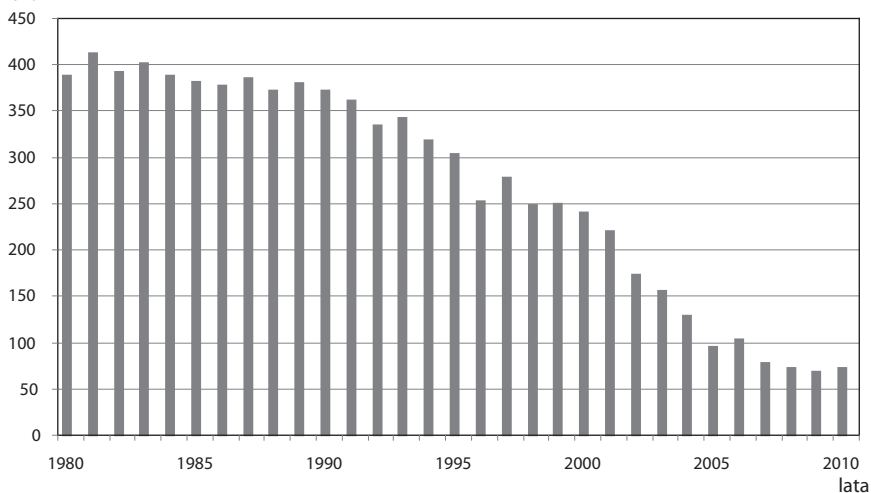


Rys. 1. Zestawienie wyników badań właściwości palno-dymowych testowanych materiałów w stosunku do obowiązujących w danym okresie wymagań

4. WPŁYW WŁAŚCIWEGO DOBORU MATERIAŁÓW NA ZABEZPIECZENIE POJAZDÓW ORAZ ZMNIJSZENIE LICZBY POŻARÓW W POLSCE

Dane statystyczne dotyczące występowania pożarów w pojazdach szynowych pochodzące z różnych źródeł (różnych komórek, a później Spółek PKP oraz Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej) niestety różnią się od siebie. Przy czym rozbieżności wynikają z różnej klasyfikacji zdarzenia typu „pożar”. W strukturach PKP jako pożar rejestrowano tylko przypadki, których pierwotną przyczyną był ogień, pomijając w tej statystyce zdarzenia, w których pożar wystąpił jako następstwo innego wypadku, np. wykolejenia. Natomiast dane KGPSP uwzględniają wszystkie przypadki wystąpienia ognia, w których była wymagana interwencja ich służb.

liczba pożarów



Rys. 2. Liczba zarejestrowanych pożarów w taborze kolejowym (według KGPSP)

Dane przedstawione na rysunku 2 jednoznacznie wykazują, że liczba pożarów systematycznie się zmniejsza. W analizowanym okresie trzydziestu lat można stwierdzić około 5,5-krotny spadek liczby zarejestrowanych przypadków. Należy również przyjąć, że zmniejszeniu uległa także wielkość strat materialnych, przy czym z uwagi na zmianę wartości złotego oraz różne sposoby kwalifikacji pożaru w PKP, nie jest możliwe podanie wartości liczbowych. Efekt poprawy bezpieczeństwa jest wynikiem stosowania coraz skuteczniejszych pasywnych i aktywnych środków zabezpieczeń, mających na celu ograniczenie powstania pożaru oraz minimalizację skutków jego ewentualnego zaistnienia [15].

Do środków pasywnych należą:

- odporność ogniowa konstrukcji (materiały o wymaganych parametrach palno-dymowych oraz bariery ognioodporne),
- drogi ewakuacyjne.

Natomiast aktywne środki zabezpieczeń to:

- wykrywanie, sygnalizacja i gaszenie pożaru w początkowym etapie jego rozwoju.

Największy wpływ na skalę pożaru, jego przebieg, a szczególnie intensywność wydzielanego dymu oraz toksyczność jego składników ma rodzaj, ilość i rozmieszczenie materiałów niemetalowych. Coraz częstsze stosowanie wyrobów odpowiadających wymaganiom, zdecydowanie wpłynęło na ograniczenie podpalenia – najpopularniejszej przed laty przyczyny zapłonu.

5. NORMALIZACJA EUROPEJSKA I PROJEKT TRANSFEU

Większość powstałych systemów krajowych, jak również ogólnoeuropejskich uwzględnia jako istotne, następujące parametry charakterystyki palno-dymowej:

- właściwości dymowe,
- toksyczność produktów spalania,
- rozprzestrzenianie płomienia w warunkach symulujących rozgorzały pożar,
- zapalność.

Również w większości systemów oceny, wymagania dla poszczególnych grup materiałowych zostały zróżnicowane w zależności od:

- wymiarów i masy w pojeździe,
- lokalizacji oraz odległości od potencjalnego źródła ognia i powierzchni narażonej na jego działanie,
- typu pojazdu szynowego.

Zróżnicowanie metod badawczych oraz zasad klasyfikacji i dopuszczania do stosowania materiałów, przy braku badań porównawczych uniemożliwiających określanie korelacji między nimi oraz występujące przypadki pożarów, uświadamiały badaczom ciągłą niedoskonałość systemu. Dlatego już pod koniec lat osiemdziesiątych XX wieku podjęto pierwsze europejskie działania na rzecz ujednoczenia metod badań i wymagań

w zakresie ochrony przeciwpożarowej taboru szynowego, których wynikiem było opracowanie w 1991 r. Karty UIC 564-2 [22]. Jednak większość krajów Europy jej nie przyjęła. Dlatego jeszcze w tym roku rozpoczęto prace w ramach CEN / CENELEC nad projektem normy EN 45545. W 2003 r. do JWG 256 dołączył przedstawiciel CNTK jako reprezentant Polskiego Komitetu Normalizacji.

Kierunki prac JWG ulegały wielu przeobrażeniom, gdyż koncepcja podejścia do badań i wymagań kilkakrotnie ulegała zmianom. W 2010 r. ten dokument został wprowadzony do dobrowolnego stosowania jako techniczna specyfikacja TS / CEN 45545 [21] przewidywana do ustanowienia jako EN 45545 (do obowiązkowego stosowania). Opóźnienie procesu normalizacyjnego zostało spowodowane z jednej strony próbą nadążania z dostosowywaniem metod badawczych do nowych tworzyw, np. materiałów termoplastycznych, a z drugiej strony rozwojem wiedzy w zakresie zjawisk zachodzących w czasie rozprzestrzeniania się pożaru w jadącym pojeździe.

Za szczególnie ważne i jednocześnie najtrudniejsze do oceny przy szacowaniu realnego czasu ewakuacji pasażerów na wypadek pożaru, uznano pomiary poziomu toksyczności materiałów oraz zasady ich klasyfikacji. Dotychczasowe metody oznaczania toksyczności materiałów i zasady ich klasyfikowania, przedstawione w specyfikacji TS / CEN 45545-2 [21] jak i w normach krajowych, opierają się tylko na statycznych pomiarach stężenia gazów, przeprowadzanych jedynie w dwóch momentach czasowych i ekstrapolacji wyników dla pozostałego czasu spalania. Dlatego też ta klasyfikacja jest daleka od warunków rzeczywistych. Ponadto brakuje badań porównawczych, pomiędzy dotychczas stosowanymi w różnych krajach i branżach metodami badawczymi i systemami klasyfikacji w zakresie toksyczności produktów termicznego rozkładu.

Natomiast pasażerski transport powierzchniowy (kolejowy, wodny i autobusowy) uznawany za stosunkowo bezpieczny, w przypadku wystąpienia pożaru stwarza wyjątkowo duże zagrożenie. Pożar może być bardzo niebezpieczny dla pasażerów z powodu toksycznych produktów spalania utrudniających ewakuację, szczególnie gdy do zdarzenia dojdzie w trudno dostępnym terenie (w tunelu, na estakadzie, z dala od dróg dojazdowych) [1, 2, 13, 15, 16, 19]. Mimo wieloletnich prac badawczych i symulacyjnych, nadal dochodzi do groźnych pożarów w pojazdach. W listopadzie 2000 r. w pożarze kolejki linowej w Kaprun (Austria) zginęło 155 osób, w lutym 2008 r. w pożarze pociągu w Bułgarii zginęło 8 osób, a 62 osoby uległy zatruciu. Niedawno zarejestrowany pożar miał miejsce 16 czerwca 2011 r. w Norwegii (Hallingskeid), gdzie mimo braku dróg dojazdowych, udało się bezpiecznie ewakuować 250 pasażerów, natomiast, straty materialne określone jako ogromne, nie zostały jeszcze oszacowane.

Pożar jest zjawiskiem bardzo skomplikowanym, charakteryzującym się nie tylko emisją toksycznych gazów, ale również różną szybkością i ilością wydzielania ciepła, a także rozprzestrzenianiem się dymu. Na przebieg pożaru wpływają zastosowane w pojeździe aktywne i pasywne środki zabezpieczeń. W związku z tym uznano za niezbędne opracowanie kompleksowej metody pomiaru i klasyfikacji toksyczności produktów spalania z uwzględnieniem inżynierii pożarowej, pozwalającej na odzwierciedlenie warunków

rzeczywistych i jednocześnie uzyskanie bardziej elastycznych i ekonomicznie uzasadnionych alternatywnych rozwiązań zabezpieczeń przeciwpożarowych z wykorzystaniem innowacyjnych technologii i materiałów.

W celu realizacji wymienionych zadań, w kwietniu 2009 r. uruchomiono projekt TRANSFEU (*Transport Fire Safety Engineering in the European Union*) „Inżynieria ochrony przeciwpożarowej w transporcie UE”, objęty 7. Ramowym Programem UE (FP7-SST-2008-RTD-1 dla Transportu Powierzchniowego) [17, 18]. Kontrakt będzie realizowany przez 42 miesiące (do września 2012 r.). Wykonawcą jest konsorcjum projektowe, w którym uczestniczy 21 partnerów z dziewięciu krajów, w tym Instytut Kolejnictwa z Polski.

Głównymi celami projektu są:

- rozwinięcie metody FSE i jej adaptacja do potrzeb środków transportu powierzchniowego z wykorzystaniem modelowania numerycznego oraz innowacyjnej metody pomiaru toksyczności;
- udoskonalenie zasad klasyfikacji własności pożarowych materiałów z uwzględnieniem rzeczywistego efektu toksyczności przy naukowym podejściu z zastosowaniem FSE;
- szerokie rozpowszechnienie wyników projektu w obszarze wszystkich środków transportu powierzchniowego.

Założenia projektu przewidują uzyskanie następujących, bezpośrednich i pośrednich efektów:

- opracowanie nowej precyzyjnej metody pomiaru toksyczności produktów wydzielanych w czasie spalania materiałów stosowanych w taborze szynowym;
- zamknięcie otwartego punktu w TS / CEN 45545 [21] i doprowadzenie do ustanowienia normy europejskiej EN 45545;
- zwiększenie bezpieczeństwa pasażerów;
- rozwój technologii i wdrożenie do stosowania innowacyjnych, bezpiecznych i jednocześnie lekkich materiałów;
- zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych (zużycie dróg oraz energii zasilającej), wynikające z obniżenia masy pojazdów.

6. PODSUMOWANIE

1. Polskie doświadczenie pokazuje, że nowe wymagania stymulują rozwój technologii uniepalniania tworzyw oraz produkcji nowych, bardziej bezpiecznych materiałów.
2. Podjęte kierunki ujednoczenia i doskonalenia metod badawczych oraz zasad klasyfikacji i doboru materiałów mają na celu zwiększenie bezpieczeństwa pożarowego taboru szynowego przez stosowanie zabezpieczeń adekwatnych do wielkości potencjalnego zagrożenia, czyli z uwzględnieniem analizy ryzyka pożarowego, przy jednoczesnym umożliwieniu rozwoju nowych technologii projektowania i budowy pojazdów z zastosowaniem nowych, bezpiecznych, lekkich, innowacyjnych materiałów.

BIBLIOGRAFIA

1. Gierski E.: *Problemy działań ratowniczo-gaśniczych w tunelach kolejowych*. Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej, Kraków, 1996.
2. Hoj N.P.: *Zagrożenia w tunelach*. „Fire protection and safety measures in rail, Road and metro tunnels”. Warszawa, Wydawnictwo FEiTR, 02.10.2006, s. 40–49.
3. Janowska G., Przygocki W., Łochowicz A.: *Palność polimerów i materiałów polimerowych*. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2007.
4. PN-K-02500:1984 – *Tabor kolejowy pasażerski. Wymagania i badania materiałów pod względem ochrony przeciwpożarowej* (norma wycofana w 2000 r., zastąpiona przez [5 i 10]).
5. PN-K-02501:2000 *Tabor kolejowy. Właściwości dymowe materiałów. Wymagania i metody badań*.
6. PN-K-02502:1992 *Tabor kolejowy. Podatność na zapalenie siedzeń wagonowych. Wymagania i badania*.
7. PN-K-02505:1993 *Tabor kolejowy. Stężenie tlenu i dwutlenku węgla wydzielanych podczas rozkładu termicznego lub spalania materiałów*.
8. PN-K-02508:1999 *Tabor kolejowy. Właściwości palne materiałów. Wymagania i metody badań*.
9. PN-K-02512:2000 *Tabor kolejowy – Bezpieczeństwo przeciwpożarowe materiałów – Metoda badania wskaźnika rozprzestrzeniania się płomienia*.
10. PN-K-02511:2000 *Tabor kolejowy. Bezpieczeństwo przeciwpożarowe materiałów. Wymagania*.
11. PN-EN ISO 4589-2:2006 *Tworzywa sztuczne. Oznaczanie zapalności metodą wskaźnika tlenowego. Badanie w temperaturze pokojowej*.
12. Radziszewska-Wolińska J.: *Acceptance of application of materials not complying with fire safety requirements*. 5th annual Fire Protection of Rolling Stock Conference, London, 10-11.03.09, „EURAILmag”, №20.
13. Radziszewska-Wolińska J.: *Bezpieczeństwo pożarowe taboru szynowego*. „Problemy Kolejnictwa”, 2001, Zeszyt 133, s. 111–124.
14. Radziszewska-Wolińska J., Milczarek D.: *Uniepalnienie materiałów niemetalowych a ich właściwości funkcjonalne*. XIX Konferencja Naukowa „POJAZDY SZYNOWE”, Targanice koło Andrychowa, 15-17.09.2010 r.
15. Radziszewska-Wolińska J.: *Outlining the progress with regards to fire safety of Polish rolling stock*. 6th annual Fire Protection of Rolling Stock Conference, London, 24–25.03.2010, CD.
16. Radziszewska-Wolińska J.: *Passenger train fire in a tunnel*. Second International Conference „LONG ROAD and RAIL TUNNELS”, 09–11.05.2002, Hong Kong. „Tunnel Management International Ltd”. vol. 5, Nr 4, 2002, Kempston, UK.
17. Radziszewska-Wolińska J.: *TRANSFEU – Transport Fire Safety Engineering in the European Union*. II International Conference Transport Problems, Kraków – Katowice, 8-11.06.2010, CD.

18. Radziszewska-Wolińska J.: *TRANSFEU – (Transport Fire Safety Engineering in the European Union) Inżynieria ochrony przeciwpożarowej w transporcie UE*. XIX Konferencja Naukowa „POJAZDY SZYNOWE”, Targanice koło Andrychowa, 15–17.09.2010 r.
19. Radziszewska- Wolińska J.: *Zagrożenia pożarowe w tunelach kolejowych*. „Problemy Kolejnictwa”, 2003, Zeszyt 137/138, s. 73–84.
20. Radziszewska-Wolińska J., Zienkiewicz-Gałąj B., Milczarek D.: *Plastics development in Rolling Stock*. Gdańsk, INMAT, 2006.
21. TS/CEN 45545:2009 *Railway applications – Fire protection on railway vehicles – Requirements for fire behaviour of materials and components*.
22. UIC Code 564-2 *Règles relatives à la protection et à la lutte contre l'incendie dans les véhicules ferroviaires du service international, transportant des voyageurs, ou véhicules assimilés*. 3 édition of 1.1.1991 and 2 Amendments.