

dr inż. Jacek Bułhak
dr inż. Piotr Wasilewski
dr inż. Natasza Krawczyk

SMiOC Bułhak i Cieślowski Frenoplast S.A.

Nowe możliwości zastosowania kompozytowych wstawek hamulcowych fr 510 typu II w wagonach towarowych

New possibilities of application of composite brake shoes fr510 type II in freight wagons

Artykuł dotyczy kwestii redukcji hałasu toczenia emitowanego przez wagon towarowy poprzez zastosowanie kompozytowej wstawki hamulcowej. Przedstawiono możliwości zastosowania kompozytowej wstawki hamulcowej typu LL, nie posiadającej homologacji UIC, w wagonach towarowych poruszających się w transeuropejskim systemie kolei. Publikacja zawiera analizę obecnie obowiązujących w Unii Europejskiej przepisów, regulujących interoperacyjność kolei w zakresie układu hamulcowego oraz przedstawia sposób postępowania umożliwiający zastąpienie wstawek żeliwnych kompozytowymi w istniejącym taborze. W artykule zaprezentowano ponadto wyniki prób stanowiskowych i eksploatacyjnych kompozytowej wstawki hamulcowej FR510 przeprowadzone w Polsce i w Maroku oraz porównanie właściwości tego materiału z wynikami wstawek typu LL, które uzyskały homologację UIC w projekcie EuropeTrain.

The article presents the possibility to apply type LL composite brake shoes, which are not UIC-approved, in freight wagons being in service in trans-European rail system. The publication contains an analysis of the existing European Union law governing the interoperability of the rail system in the scope of the brake system and shows a feasible procedure that allows cast-iron brake shoes to be replaced with composite brake shoes in the existing rolling stock. The article presents the results of bench and field tests of the FR510 composite brake shoe conducted in Poland and Morocco and a comparison of the properties of this material to the results of LL-blocks that were approved in UIC project EuropeTrain.

1. WSTĘP

Transport kolejowy jest jednym z najbardziej ekologicznych środków transportu, jednakże wiele kontrowersji wzbudza poziom emitowanego przez niego hałasu. Walka z tym zjawiskiem jest jednym z obszarów aktywnych działań Unii Europejskiej. Planowane jest wprowadzenie opłat za dostęp do infrastruktury kolejowej zróżnicowanych ze względu na poziom hałasu emitowanego przez wagony towarowe.

Na hałas generowany podczas przejazdu wagonu znaczący wpływ ma hałas toczenia zależny od: prędkości, chropowatości koła i szyny oraz charakterystyki dynamicznej toru i zestawu kołowego [1]. Stan powierzchni tocznej kół wagonów wyposażonych w hamulec klockowy jest ściśle związany ze współpracą pary ciernej. W starszych wagonach towarowych stosowano niemal wyłącznie wstawki hamulcowe wykonane z żeliwa szarego P10. Powierzchnia toczna kół w taborze tego typu osiąga znaczną chropowatość (rys. 1). Ilość wagonów towarowych eksploatowanych w

1. INTRODUCTION

Rail transport is one of the most environmentally friendly means of transportation. A lot of controversy is raised, however, by the level of noise emitted by it. The fight against this phenomenon is one of the areas of intensive activities of the European Union. There are plans to introduce charges for access to railway infrastructure that will be diversified according to the noise emitted by freight wagons.

The noise generated during a wagon passage is significantly influenced by the rolling noise that depends on the speed, wheel and rail roughness, and the dynamic characteristics of the track and wheel set [1]. The condition of the wheel tread in wagons equipped with a block brake is closely related to the mating of the friction pair. In older freight wagons, brake shoes made from P10 cast iron were used almost exclusively. The tread surface of wheels in the rolling stock of this type attains considerable

Europie, wyposażonych w układ hamulcowy ze wstawkami żeliwnymi szacowana jest na ok. 350 tys. [2] Najbardziej efektywnym rozwiązaniem jest zmniejszenie emisji hałasu u źródła, tj. w obszarze kontaktu koła i szyny. Sposób ten nie wymaga wysokich nakładów inwestycyjnych dla zarządców infrastruktury kolejowej związanych z budową ekranów przeciwhałasowych. Koszt dostosowania układu hamulcowego umożliwiającego użycie sprawdzonego rozwiązania stosowanego w nowych wagonach towarowych, jakim są kompozytowe wstawki hamulcowe typu K, oceniany jest na ok. 2-10 tys. € / wagon [2]. Rozwiązanie to z ekonomicznego punktu widzenia jest nieopłacalne. Natomiast zastąpienie wstawek żeliwnych bezpośrednimi zamiennikami, tj. kompozytowymi wstawkami hamulcowymi typu LL, daje w skali całej Europy potencjalną możliwość zmniejszenia kosztu z ok. 1,8 mld € do 0,45 mld € [2].

Obecnie na rynku dostępne są dwie kompozytowe wstawki hamulcowe typu LL z pełną homologacją zgodnie z wymaganiami Karty UIC 541-4:2010 [3]. Jednakże nie są one optymalnym rozwiązaniem ze względu na stosunkowo wysokie zużycie średnicy koła (patrz p. 4.2.4.). W obecnie obowiązującej sytuacji prawnej, możliwe jest zastosowanie wstawki, nie posiadającej homologacji UIC, a pozwalającej na uzyskanie znacznie niższej wartości kosztu cyklu życia (LCC) wagonu. Przykładem takiego produktu jest wstawka kompozytowa FR510 produkcji Frenoplast.



Rys.1 Stan powierzchni tocznej koła współpracującego ze wstawką żeliwną P10 (u góry) i kompozytową typu LL z materiału FR510 (na dole)

Fig.1 Condition of the wheel tread surface mating with the P10 cast-iron brake shoe (top) and the LL-type FR510 composite brake shoe (bottom)

2. NOWE UWARUNKOWANIA PRAWNE STOSOWANIA KOMPOZYTOWYCH WSTAWEK HAMULCOWYCH W WAGONACH TOWAROWYCH

levels of roughness (Fig. 1). The amount of freight wagons operated in Europe, equipped with a braking system with cast-iron brake shoes is estimated at nearly 350 thousand [2]. The most effective solution is to reduce noise emissions at the source, i.e. in the area of the wheel and rail contact. This method does not require large capital expenditure from railway infrastructure managers that are associated with the construction of noise barriers. The cost of adapting the braking system to enable the use of a proven solution applied in new freight wagons, which are the type K composite brake shoes, is estimated at approximately EUR 2–10 thousand/wagon [2]. This solution is not feasible from an economic point of view. On the other hand, the replacement of cast-iron brake shoes with their direct counterparts, i.e. type LL composite brake shoes, can result in the whole of Europe in potential reduction of the cost ranging from approximately EUR 1.8 billion to EUR 0.45 billion [2].

Currently, two LL-type composite brake shoes that hold full approval in accordance with the requirements of UIC 541-4: 2010 [3] are commercially available. However, they are not the best solution because of relatively high wheel diameter wear (see section 4.2.4.). Under the current regulations, it is possible to use a brake shoe which does not have the UIC approval, and that allows to achieve a much lower life-cycle cost (LCC) of the wagon. An example of such a product is the FR510 composite brake shoe manufactured by Frenoplast.

2. NEW LEGAL CONDITIONS OF APPLICATION OF COMPOSITE BRAKE SHOES IN FREIGHT WAGONS

In Commission Decision 2006/861/EC of 28 July 2006, concerning the technical specification for interoperability relating to the “rolling stock – freight wagons” subsystem of the trans-European conventional rail system (TSI WAG 2006) [4] and being in force until 1 January 2014, the composite brake shoe is included as an interoperability constituent, subject to conformity assessment. The procedures of this assessment, however, were an open point and in practice solely the composite brake shoes approved by the International Union of Railways (UIC) and included in Technical Document ERA/TD/2009-02/INT [5], published on the website of the European Railway Agency (ERA), were used as the only brake shoes conforming with the requirements of the TSI.

In the light of Commission Regulation (EU) No 321/2013 of 13 March 2013 being in force since 1 January 2014 (TSI WAG 2013) [6], the composite brake shoe used in a freight wagon is no longer an interoperability constituent and the conformity assessment of the brake shoe in the wagon is made at the subsystem (wagon) level. The method of conformity

W obowiązującej do 01.01.2014 r. Decyzji Komisji nr 2006/861/WE z dnia 28 lipca 2006 r. dotyczącej technicznej specyfikacji dla interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „tabor kolejowy – wagony towarowe” transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych (TSI WAG 2006) [4] kompozytowa wstawka hamulcowa była składnikiem interoperacyjnym, który podlegał ocenie zgodności. Procedury tej oceny były jednak punktem otwartym i w praktyce stosowano wyłącznie wstawki kompozytowe dopuszczone przez Międzynarodowy Związek Kolei (UIC) i zawarte w publikowanym na stronie Europejskiej Agencji Kolejowej (ERA) Dokumencie Technicznym ERA/TD/2009-02/INT [5], jako jedyne wstawki zgodne z wymaganiami TSI.

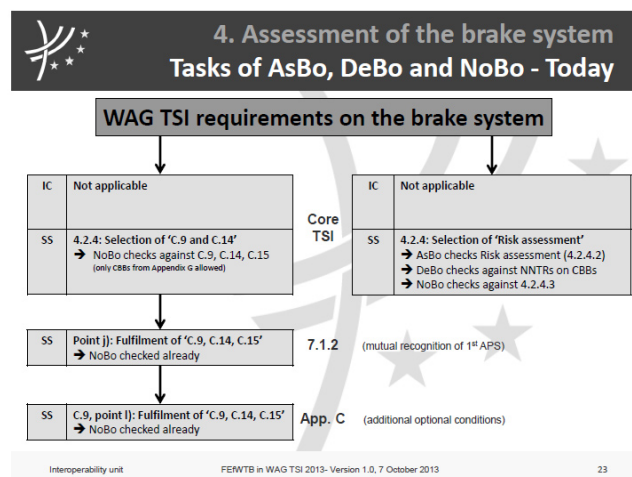
W świetle obowiązującego od 01.01.2014 r. Rozporządzenia Komisji (UE) nr 321/2013 z dnia 13 marca 2013 r. (TSI WAG 2013) [6] kompozytowa wstawka hamulcowa stosowana w wagonie towarowym nie jest już składnikiem interoperacyjnym i ocena zgodności działania wstawki w wagonie odbywa się na poziomie podsystemu (wagonu). Sposób przeprowadzenia oceny zgodności w zakresie układu hamulcowego obrazuje rys.2 [7].

Możliwe są dwie ścieżki oceny:

- Ścieżka „UIC”, polegająca na zastosowaniu wstawki kompozytowej z załącznika G [5] do TSI WAG publikowanego przez ERA (wstawka dopuszczona przez UIC). Ocena odbywa się zgodnie z punktami C9 i C14, jednostka notyfikowana sprawdza tylko czy w wagonie zastosowano wstawkę z listy ERA (lewa „ścieżka” na rys. 2);
- Ścieżka „oceny ryzyka”, polegająca na zastosowaniu innej wstawki kompozytowej i przeprowadzeniu oceny ryzyka na poziomie podsystemu, czyli wagonu, zgodnie z p. 4.2.4.2 TSI-WAG 2013 [6]. Ocenę ryzyka przeprowadza konstruktor wagonu (AsBo). Jednostka Dedykowana (DeBo) przeprowadza dodatkowo ocenę zgodności wagonu wyposażonego w kompozytową wstawkę hamulcową z normami krajowymi, a jednostka notyfikowana (NoBo) sprawdza zgodność z wymaganiami zawartymi w punkcie 4.2.4.3 TSI WAG [6] (prawa „ścieżka” na rys. 2).

Z powyższej analizy wynika, że wstawka FR510 typu LL produkcji Frenoplast może być stosowana w wagonach towarowych pomimo tego, że nie posiada dopuszczenia UIC. Ocena zgodności wstawki odbywa się na poziomie oceny zgodności podsystemu poprzez ocenę ryzyka zastosowania wstawki w konkretnym typie wagonu. Ocena podsystemu pod kątem układu hamulcowego przebiega zgodnie z p.4.2.4.3 TSI-WAG 2013 [6]: oblicza się skuteczność hamowania zgodnie z EN-14531-6:2009 [8] lub UIC 544-1:2012

assessment of the braking system is illustrated by Fig. 2 [7].



Rys.2 Sposób oceny kompozytowych wstawek hamulcowych zgodnie z obowiązującym TSI-WAG 2013. Źródło: Schirmer A.: Friction elements for wheel tread brakes in WAG TSI 2013 version 1.0, ERA, 7 October 2013, Presentation [7]

Fig. 2. Method of assessment for composite brake shoes in accordance with valid TSI-WAG 2013. Source: Schirmer A.: Friction elements for wheel tread brakes in WAG TSI 2013 version 1.0, ERA, 7 October 2013, Presentation [7]

Two assessment paths are available:

- The “UIC” path, consisting in the application of a composite brake shoe listed in Annex G [5] to the TSI WAG published by ERA (brake shoe approved by UIC). The assessment takes place in accordance with items C9 and C14, a notified body checks only whether a brake shoe from the ERA list was used in the wagon (the left “path” in Fig. 2).
- The “risk assessment” path, based on the application of another composite brake shoe and risk assessment at the subsystem (i.e. the wagon) level, according to section 4.2.4.2 of the TSI-WAG 2013 [6]. The risk assessment is carried out by the wagon designer-developer (AsBo). The dedicated body (DeBo) additionally performs an assessment of conformity of the wagon equipped with a composite brake shoe with national standards, and the notified body (NoBo) checks compliance with the requirements of section 4.2.4.3 of the TSI WAG [6] (the right “path” in Fig. 2).

The above analysis implies that the Frenoplast FR510 LL-type brake shoe can be used in freight wagons even though it is not UIC-approved. The conformity assessment for a brake shoe takes place at the level of subsystem conformity assessment through assessment of the risk of application of the brake shoe in a particular type of wagon. The subsystem assessment with regard to the brake system runs according to

[9] i potwierdza za pomocą badań. Następnie dokonuje się oceny pojemności cieplnej układu hamulcowego i oceny systemu zabezpieczenia kół przed poślizgiem, jeśli taki występuje.

3. OCENA RYZYKA

Jak opisano w punkcie 2, krokiem niezbędnym do zastosowania wstawki nie posiadającej homologacji UIC, jest przeprowadzenie oceny ryzyka zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 352/2009 z dnia 24 kwietnia 2009 r. w sprawie przyjęcia wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka [10]. Dokument ten zawiera następujące definicje:

- „ryzyko” oznacza częstotliwość wypadków i incydentów prowadzących do szkody (spowodowanej zagrożeniem) oraz stopień powagi tej szkody;
- „analiza ryzyka” oznacza systematyczne wykorzystywanie wszystkich dostępnych informacji do identyfikowania zagrożeń i szacowania ryzyka;
- „wycena ryzyka” oznacza procedurę opierającą się na analizie ryzyka, która ma na celu ustalenie, czy osiągnięto poziom dopuszczalnego ryzyka;
- „ocena ryzyka” oznacza całościowy proces obejmujący analizę ryzyka i wycenę ryzyka;

To, czy ryzyko dotyczące systemu podlegającego ocenie jest dopuszczalne bada się za pomocą następujących zasad akceptacji ryzyka:

- stosowanie kodeksów postępowania, które są powszechnie uznane w branży kolejowej i ogólnie dostępne;
- porównanie z podobnym systemem, który sprawdził się już w praktyce jako system o dopuszczalnym poziomie bezpieczeństwa np.: porównanie ocenianego wagonu z innym wagonem o podobnej konstrukcji;
- w przypadku gdy zagrożenia nie są objęte jedną z dwóch powyższych zasad akceptacji ryzyka, dopuszczalność ryzyka jest udowodniana za pomocą szacowania i wyceny jawnego ryzyka. Ryzyka wynikające z tych zagrożeń powinny być szacowane jakościowo lub ilościowo, z uwzględnieniem istniejących środków bezpieczeństwa. Jeżeli szacowane ryzyko nie jest dopuszczalne, należy określić i wdrożyć dodatkowe środki bezpieczeństwa, aby zredukować ryzyko do dopuszczalnego poziomu.

section 4.2.4.3 of the TSI-WAG 2013 [6], i.e. the braking performance is calculated in accordance with EN-14531-6:2009 [8], or UIC 544-1:2012 [9] and then it is confirmed by testing. Next, thermal capacity of the brake system is assessed and the wheel slide protection system (if provided) is examined.

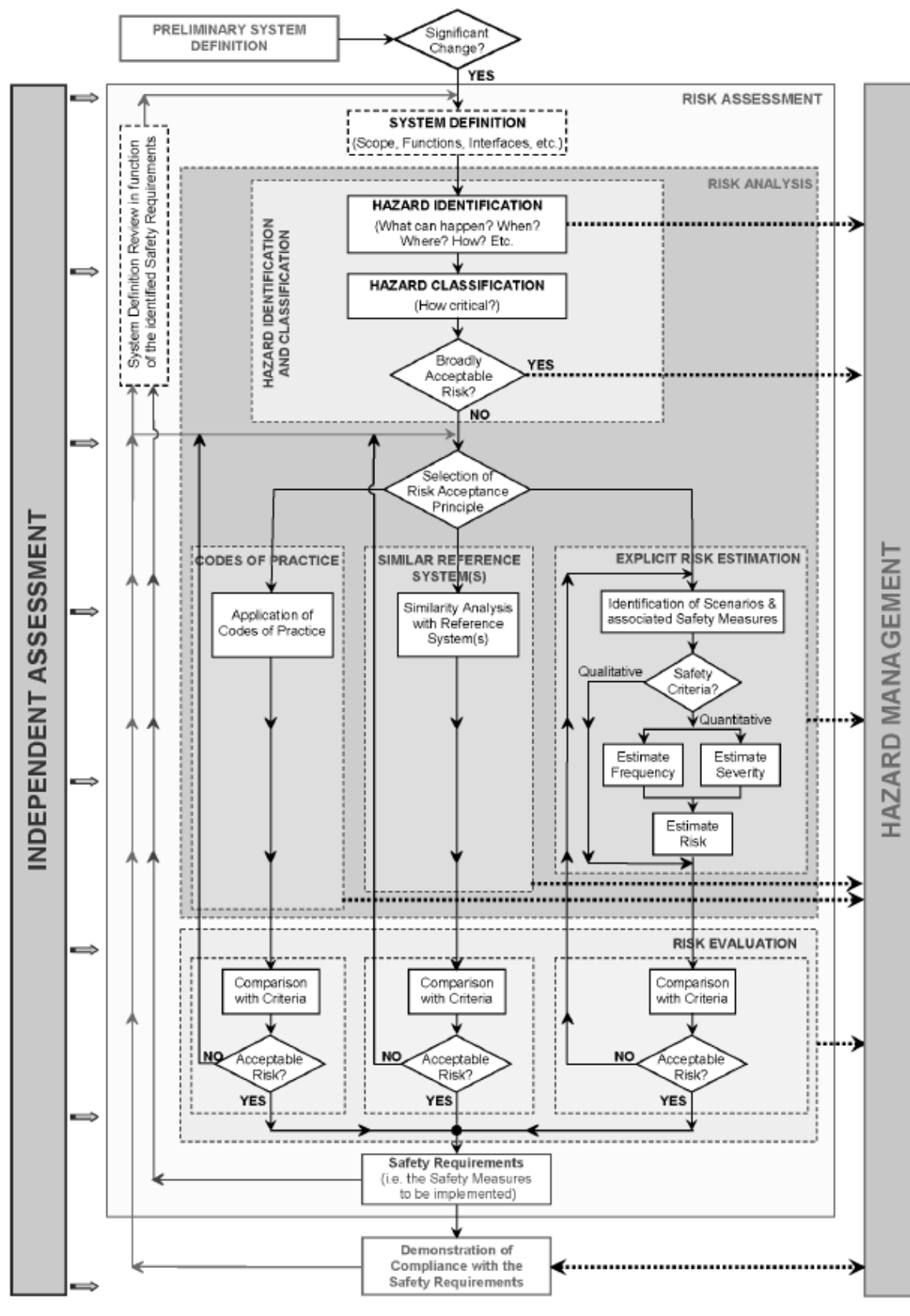
3. RISK ASSESSMENT

As it was already shown in section 2, a necessary step to use a brake shoe holding no UIC approval is to carry out risk assessment in accordance with Commission Regulation (EC) No 352/2009 of 24 April 2009 on the adoption of a common safety method for risk evaluation and assessment [10]. This document contains the following definitions:

- “risk” means the rate of occurrence of accidents and incidents resulting in harm (caused by a hazard) and the degree of severity of that harm,
- “risk analysis” means systematic use of all available information to identify hazards and estimate risks,
- “risk evaluation” means a procedure based on risk analysis to determine whether acceptable risk has been achieved,
- “risk assessment” means the overall process comprising risk analysis and risk evaluation.

Whether or not the risk to the system under assessment is permissible is tested using the following risk acceptance principles:

- application of codes of practice which are acknowledged in the railway domain and publicly available for all actors who want to use them,
- comparison with a similar system that has already been proven in-use to have an acceptable safety level, e.g.: comparison of the wagon assessed with another wagon of a similar design,
- where the hazards are not covered by one of the two risk acceptance principles, the demonstration of risk acceptability shall be performed by explicit risk estimation and evaluation. Risks resulting from these hazards shall be estimated either quantitatively or qualitatively, taking existing safety measures into account. If the estimated risk is not acceptable, additional safety measures shall be identified and implemented in order to reduce the risk to an acceptable level.



Rys.3 Sposób przeprowadzenia oceny ryzyka. Źródło: Rozporządzenie Komisji (WE) nr 352/2009 [10]

Fig. 3. Risk assessment performance. Source: Commission Regulation (EC) No 352/2009 [10]

4. KOMPOZYTOWA WSTAWKA HAMULCOWA TYPU LL Z MATERIAŁU FR510

Kompozytowa wstawka hamulcowa typu LL z materiału FR510 jest produkowana przez firmę Frenoplast i składa się z metalowego zbrojenia oraz z materiału ciernego (rys. 4). Metalowe zbrojenie zapewnia montowalność wstawki w obsadzie hamulcowej oraz wytrzymałość mechaniczną. FR510 to bezazbestowy, organiczny prasowany materiał cierny. Zawiera żywice, modyfikatory tarcia oraz włókna mineralne wzmacniające jego strukturę. Wstawki wykonane z materiału FR510 produkcji Frenoplast są z powodzeniem stosowane od 5 lat jako zamiennik wstawek żeliwnych. Materiał FR510 został przebadany na pełnowymiarowym stanowisku dynamometrycznym i przeszedł pomyślnie badania eksploatacyjne w Polsce i w Maroku. W 2014 r. wstawki wykonane z materiału FR510 uzyskały certyfikat zgodności z Kartą UIC 541-4:2010 [3] w obszarze opisanym w punktach: 1.2.1; 1.3; 1.4; 1.5; 1.6; 2.1.1 (w tym 2.1.2, 2.1.3, 2.1.5); 2.2.2 (w tym 2.2.2.1, 2.2.2.2, 2.2.2.3, 2.2.2.5, 2.2.2.7); 2.4 (w tym 2.4.1, 2.4.2, 2.4.4, 2.4.5, 2.4.6), 2.5; 2.6; 3.1.2 (w zakresie 2.1.1 do 2.2.2.7); 3.1.3; 3.1.4; 3.2; 3.3; 4; wydany przez jednostkę notyfikowaną - Instytut Pojazdów Szynowych "TABOR". W zakresie wartości współczynnika tarcia wstawka FR510 nie jest w pełni zgodna z wymaganiami Karty UIC 541-4:2010 [3], a zatem nie stanowi bezpośredniego zamiennika wstawek żeliwnych.

4.1. Wyniki badań stanowiskowych

Wykres 1 przedstawia wartości średniego współczynnika tarcia uzyskane z badania w konfiguracji 2xBg kompozytowych wstawek hamulcowych wykonanych z materiału FR510 na pełnowymiarowym stanowisku badawczym Instytutu Kolejnictwa, posiadającym homologację UIC. W związku z tym, że wstawka jest przeznaczona do ruchu S, przedstawiono wyniki dla skróconego programu A2a Karty UIC 541-4:2010 [3], w którym zrezygnowano z hamowań z naciskiem 100kN oraz z prędkości 120km/h w stanie ładowym, charakterystycznych dla ruchu SS.

Wartości współczynnika tarcia w stanie ładowym mieszczą się w tolerancjach UIC dla wstawki LL, podczas gdy wartości współczynnika tarcia w stanie próżnym leżą poniżej wymaganych wartości. Należy przy tym zwrócić uwagę na fakt, że właściwości ciernego materiału FR510 są niezmiennie w warunkach suchych i mokrych.

4.2. Wyniki prób eksploatacyjnych

4.2.1. Badania eksploatacyjne wagonów serii Eaos w Polsce

Badania eksploatacyjne wstawek FR510 w Polsce przeprowadzono w terminie od listopada 2005r. do

4. LL-TYPE COMPOSITE BRAKE SHOE FROM FR510 MATERIAL

The LL-type composite brake shoe made from the FR510 material is manufactured by Frenoplast and consists of metal backing plate and friction material (Fig. 4). Metal reinforcement ensures mountability of the shoe in the brake shoe holder and secures mechanical strength. FR510 is an asbestos-free, organic, molded friction material. It includes resins, friction modifiers and mineral fibres reinforcing its structure. The brake shoes made of Frenoplast FR510 material have been successfully applied for five years as replacements for cast-iron brake shoes. The FR510 material was tested on a full-scale dynamometer bench and successfully passed field tests in Poland and Morocco. In 2014, brake shoes made from FR510 were certified as compliant with UIC 541-4: 2010 [3] in the area described in the following sections: 1.2.1; 1.3; 1.4; 1.5; 1.6; 2.1.1 (incl. 2.1.2, 2.1.3, 2.1.5); 2.2.2 (incl. 2.2.2.1, 2.2.2.2, 2.2.2.3, 2.2.2.5, 2.2.2.7); 2.4 (incl. 2.4.1, 2.4.2, 2.4.4, 2.4.5, 2.4.6), 2.5; 2.6; 3.1.2 (within the scope from 2.1.1 to 2.2.2.7); 3.1.3; 3.1.4; 3.2; 3.3 and 4 issued by a notified body, the Rail Vehicles Institute "TABOR" (Instytut Pojazdów Szynowych "TABOR"). In terms of the value of coefficient of friction, the FR510 brake shoe is not fully compliant with the requirements of UIC 541-4:2010 [3], and therefore it does not represent a direct replacement for cast-iron brake shoes.

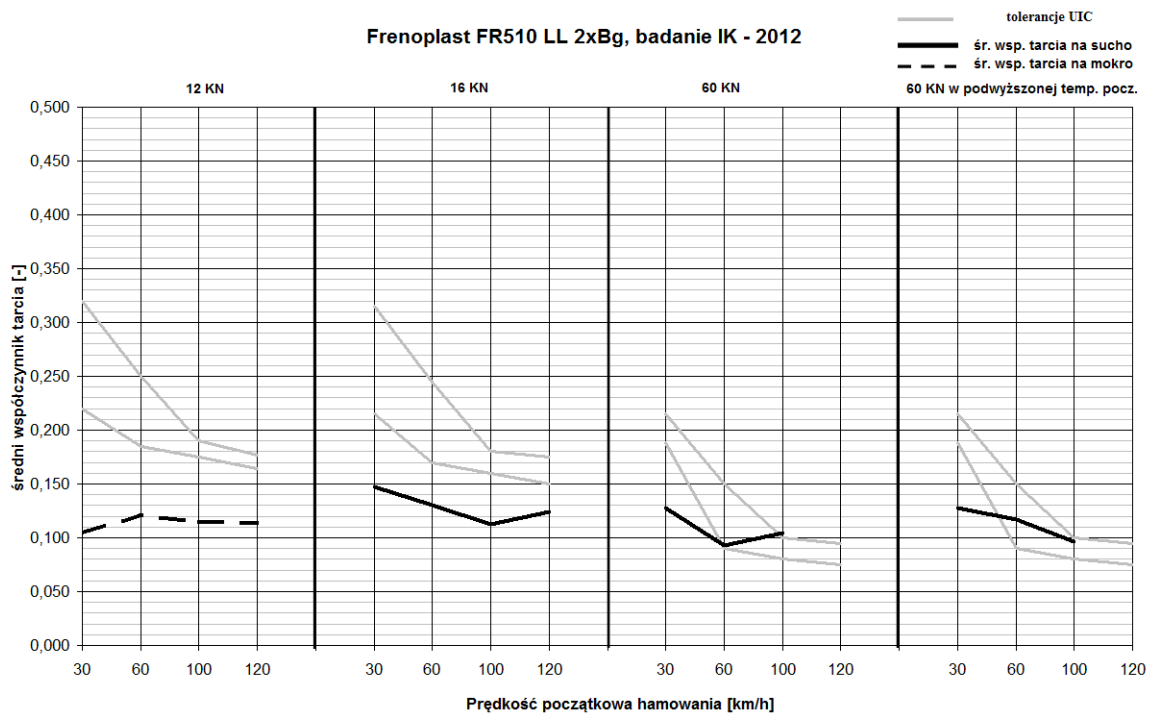


Rys.4 Kompozytowa wstawka hamulcowa typu LL z materiału FR510

Fig. 4 LL-type composite brake shoe made from FR510 material

4.1. Results of bench tests

Fig. 5 shows the average coefficient of friction obtained during a test in the 2xBg configuration for composite brake shoes made from the FR510 material, carried out at a UIC-approved full-scale test bench at the Railway Institute in Warsaw (Instytut Kolejnictwa). Following to the fact that the brake shoe is intended for the S braking regime, the results were presented for the modified test programme no. A2a from UIC 541-4:2010 [3], in which braking with the brake pressure of 100 kN and at the speed of 120



Wykres 1 Wyniki badania stanowiskowego wstawki FR510 programem A2a skróconym z Karty UIC 541-4

Fig.5. Results of a bench test of the FR510 brake shoe using a brief UIC 541-4 A2a programme

lipca 2007r.. Przedmiotem badań był skład 40 wagonów serii Eaos typu 430W (rys. 5) eksploatowanych przez PKP Cargo, przy czym 25 z nich było wyposażone w kompozytowe wstawki hamulcowe UIC 320mm wykonane z materiału FR510, a pozostałe 15 wagonów dla porównania było wyposażonych we wstawki z żeliwa P10. Badania przeprowadzono na 3 rodzajach kół: obręczowych stalowych, monoblokowych stalowych i monoblokowych stalowych (standard UIC) [11]. We wnioskach w raporcie końcowym z przeprowadzonych badań napisano: „próby eksploatacyjne potwierdziły zakładane własności badanych kompozytowych wstawek hamulcowych FR510 w warunkach przeprowadzonej eksploatacji”.

km/h in the loaded state, typical of the SS braking regime, were left out.

The values of the coefficient of friction in the loaded state are within the UIC tolerances for the LL brake shoe, while the values of the coefficient of friction when empty lie below the required values. It should be noted that the friction properties of FR510 are the same in dry and wet conditions.

4.2.2. Tads series wagon field tests in Morocco

The FR510 brake shoes were also subjected to field tests performed in Morocco in 2008 on the Tads series wagons (Fig. 7), in a set of 60 wagons fitted



Rys. 6 Wstawki FR510 w próbach eksploatacyjnych na wagonach serii Eaos typu 430W w Polsce

Fig. 6 FR510 brake shoes in field tests on Eaos 430W wagons in Poland

4.2.2. Badania eksploatacyjne wagonów serii Tads w Maroku

Wstawki FR510 poddano również badaniom eksploatacyjnym w Maroku w 2008 r. w wagonach serii Tads (rys. 6), w składzie złożonym z 60-ciu wagonów wyposażonych w kompozytowe wstawki FR510. Dla porównania obserwowano również skład 60-ciu wagonów wyposażonych we wstawki żeliwne. We wnioskach z prób stwierdzono, że wstawki są zgodne z wymaganiami klienta i mogą być stosowane w całym parku wagonów Tads. Od 5-ciu lat około tysiąca wagonów tego typu jest wyposażonych we wstawki FR510.



Rys. 7 Wstawki FR510 w próbach eksploatacyjnych na wagonach serii Tads w Maroku

Fig. 7 FR510 brake shoes in field tests on Tads series wagons in Morocco

4.2.3. Projekt EuropeTrain

EuropeTrain to projekt przeprowadzony przez UIC we współpracy m.in. z państwowymi kolejami z Polski, Słowacji, Niemiec, Austrii, Szwajcarii, Finlandii, Francji i Włoch mający na celu zbadanie w eksploatacji właściwości użytkowych kompozytowych wstawek hamulcowych typu LL i zebranie danych do oszacowania LCC wagonów towarowych wyposażonych w takie wstawki [12]. Pociąg złożony był z 32 wagonów (5 wagonów serii Hbbillns 305, 6 wagonów serii Remms (R10), 4 wagony serii Rs (R80), 4 wagony serii Sggmrs, 4 wagony serii Eanos 537 7, 4 wagony serii Eas, 5 wagonów serii Shimmns-ttu 722) wyposażonych we wstawki hamulcowe wykonane z żeliwa P10, kompozytu spiekane CoFren C952-1 i kompozytu organicznego Icer/Becorit IB116* [13]. Podczas badań trwających od grudnia 2010 r. do września 2012 r. pociąg osiągnął przebieg ponad 200 tys. km w przejazdach w zróżnicowanych warunkach eksploatacyjnych, topograficznych (linie nizinne i górskie) oraz klimatycznych (od północnej Szwecji po południowe Włochy) [2, 12, 14]. Oba badane materiały po zakończeniu projektu EuropeTrain uzyskały pełną homologację zgodnie z Kartą UIC 541-4.

with the FR510 brake shoes. For comparison purposes, a set of 60 wagons equipped with cast-iron brake shoes was observed. In the conclusions from the tests, it was stated that the brake shoes conform to the requirements of the client and may be applied in the entire Tads wagon stock. In the last five years, nearly one thousand such wagons have been fitted with the FR510 brake shoes.

4.2.3. EuropeTrain project

EuropeTrain was a project carried out by UIC in collaboration, among others, with the national railways of Poland, Slovakia, Germany, Austria,

Switzerland, Finland, France and Italy, in order to investigate the service properties of LL composite brake shoes and to collect data for assessment of LCC of freight wagons equipped with such brake shoes [12]. The train consisted of 32 wagons (5 Hbbillns 305 wagons, 6 Remms (R10) wagons, 4 Rs (R80) wagons, 4 Sggmrs wagons, 4 Eanos 537 7 wagons, 4 Eas wagons and 5 Shimmns-ttu 722 wagons) equipped with brake shoes made of P10 cast iron, CoFren C952-1 sintered composite and Icer/Becorit IB116* organic composite [13]. During the field tests performed between December 2010 and September 2012, the train made more than 200 thousand km of runs in varied conditions of operation, topography (lowland and mountain lines) and climate (from northern Sweden to southern Italy) [2, 12, 14]. Upon completion of the EuropeTrain project, both materials obtained full UIC 541-4 approval.

4.2.4. Discussion of field test results

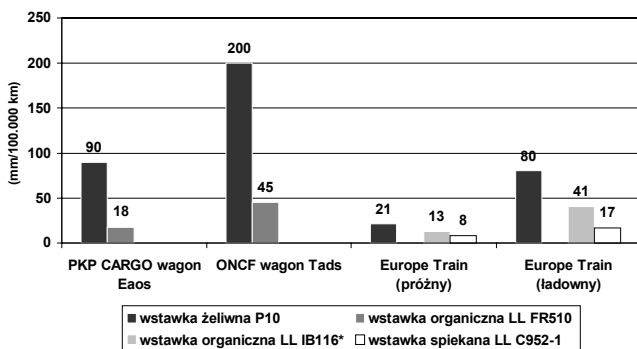
Comparisons of field test results for the FR510 brake shoes and the UIC-approved IB116* and C952-1 brake shoes (data from the EuropeTrain project [14]) are presented in Figs. 8–11. Figs. 8 and 9 show the results for brake shoe wear. Figs. 10 and 11

4.2.4. Omówienie wyników prób eksploatacyjnych

Porównanie wyników badań eksploatacyjnych wstawek FR510 oraz wstawek IB116* i C952-1 posiadających homologację UIC (dane z projektu EuropeTrain [14]) przedstawiono na wykresach 2-5. Na wykresie 2 i 3 zestawiono wyniki zużycia wstawek. Na wykresach 4 i 5 porównano wyniki zużycia zestawów kołowych. Wartości przedstawione na wykresach otrzymano dla kół stalowych monoblokowych (standard UIC).

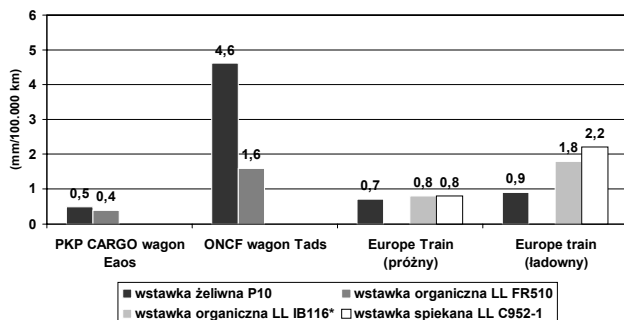
Zużycie wstawek FR510 stanowi 20% zużycia wstawki żeliwnej. Zużycie homologowanych wstawek wynosi odpowiednio 50- 60% zużycia wstawki żeliwnej dla wstawki organicznej IB116* i 20-40% dla wstawki spiekanej C952-1.

Zużycie zestawów kołowych współpracujących ze wstawkami FR510 nie przekracza wartości zużycia dla zestawów kołowych współpracujących ze wstawką żeliwną. W przypadku wstawek homologowanych wartości zużycia zestawów kołowych są porównywalne z wartościami uzyskanymi dla wstawek żeliwnych tylko dla stanu próżnego. Natomiast wartości te osiągają około 200% zużycia zestawów dla wstawek żeliwnych w przypadku stanu ładownego.



Wykres 2 Porównanie zużycia wstawek hamulcowych w badaniach eksploatacyjnych przeprowadzonych przez PKP Cargo, Koleje Marokańskie oraz w Projekcie EuropeTrain

Fig. 8. Comparison of brake shoes wear in field tests conducted by PKP Cargo, Moroccan Railways and the EuropeTrain project



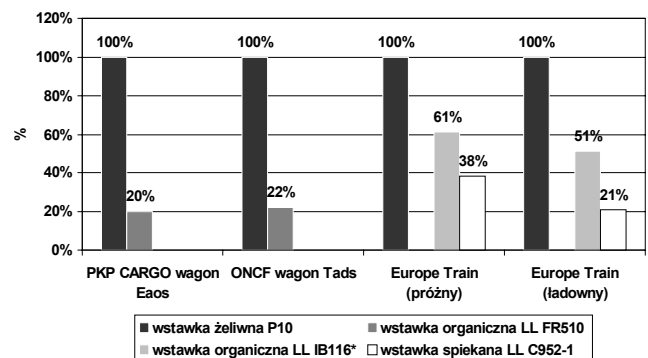
Wykres 4 Porównanie zużycia promienia koła w badaniach eksploatacyjnych przeprowadzonych przez PKP Cargo, Koleje Marokańskie oraz w Projekcie EuropeTrain

Fig. 10. Comparison of wheel radius wear in field tests conducted by PKP Cargo, Moroccan Railways and the EuropeTrain project

present a comparison of the results concerning wheel-set wear. Values shown in the Figs. 8–11 were obtained for steel monoblock wheels (UIC standard).

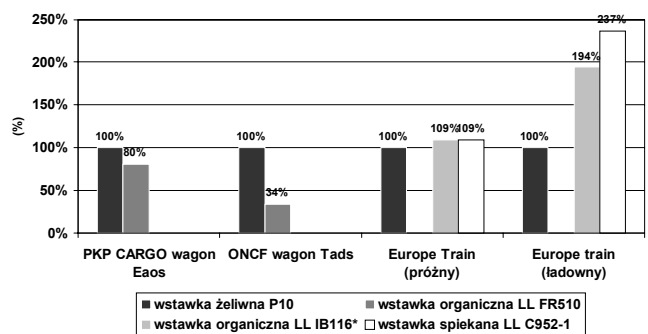
The wear of the FR510 brake shoes amounts to 20% of the wear of cast-iron brake shoes. The respective wear of approved brake shoes amounts to 50 to 60% of cast-iron brake shoe for the IB116* organic brake shoe and 20–40% for the C952-1 sintered brake shoe.

The wear of the wheel sets mating with the FR510 brake shoes does not exceed the wear of the wheel sets mating with cast-iron brake shoes. In the case of approved brake shoes, the wear of wheel sets is comparable with the values obtained for cast-iron brake shoes in empty state. In loaded state, these values reach approximately 200% of the wheel set wear for cast-iron brake shoes.



Wykres 3 Porównanie zużycia wstawek hamulcowych względem zużycia wstawki żeliwnej w badaniach eksploatacyjnych przeprowadzonych przez PKP Cargo, Koleje Marokańskie oraz w Projekcie EuropeTrain

Fig. 9. Comparison of brake shoes wear vs. cast-iron brake shoe war in field tests conducted by PKP Cargo, Moroccan Railways and the EuropeTrain project



Wykres 5 Porównanie zużycia promienia koła względem zużycia koła dla wstawki żeliwnej w badaniach eksploatacyjnych przeprowadzonych przez PKP Cargo, Koleje Marokańskie oraz w Projekcie EuropeTrain

Fig. 11. Comparison of wheel radius wear vs. wheel wear for the cast-iron brake shoe in field tests conducted by PKP Cargo, Moroccan Railways and the EuropeTrain project

5. SCOPE OF APPLICATION

In accordance with the analysis of the current legal situation presented in section 2, it is possible to use

5. ZAKRES STOSOWANIA

Zgodnie z przedstawioną w p. 2 analizą obecnej sytuacji prawnej, możliwe jest zastosowanie wstawki FR510 jako zamiennika wstawek żeliwnych w wagonach towarowych poruszających się w transeuropejskim systemie kolei, mimo iż nie posiada ona homologacji UIC. Bazując na wartościach średniego współczynnika tarcia uzyskanych w badaniach na pełnowymiarowym stanowisku dynamometrycznym, należy wykonać obliczenia hamulca wagonu zgodnie z Kartą UIC 544-1:2012 [9] lub EN14531-6:2009 [8]. Aby zastosować kompozytową wstawkę hamulcową wykonaną z materiału FR510 w istniejącym taborze, konieczna jest zmiana przełożenia układu hamulcowego. Następnym krokiem jest przeprowadzenie oceny ryzyka i sprawdzenie skuteczności hamulca podczas prób ruchowych oraz przeprowadzenie pozostałych badań wynikających z procedury weryfikacji WE podsystemu. Po uzyskaniu certyfikatu weryfikacji WE możliwe jest złożenie do UTK wniosku o wydanie zezwolenia na dopuszczenie do eksploatacji wagonu wyposażonego we wstawki FR510 typu LL.

TSI WAG 2013 dopuszcza stosowanie w użytku krajowym kół innych niż kuto-walcowane [6], jednak dokument UIC „Wytyczne zastosowania wstawek kompozytowych typu LL” [15] stwierdza, iż koła obrczowane nie są dopuszczone do użytku z kompozytowymi wstawkami hamulcowymi typu LL.

6. WNIOSKI

W dotychczas obowiązującej sytuacji prawnej, stosowane powszechnie w ruchu towarowym wstawki żeliwne, można było zastąpić tylko dwiema wstawkami typu LL, posiadającymi homologację UIC. Z przeprowadzonych w ramach projektu EuropeTrain badań eksploatacyjnych wynika, że nie są one optymalne. Zużycie zestawów kołowych przy zastosowaniu wstawek IB116* lub C952-1 w stanie ładownym jest dwukrotnie większe niż zestawów współpracujących ze wstawkami żeliwnymi. Na rynku istnieją inne materiały o lepszych właściwościach, a obecnie obowiązujące prawo pozwala na ich zastosowanie, mimo iż nie są to materiały w pełni zgodne z Kartą UIC 541-4:2010 [3]. Zastosowanie takiego rozwiązania, pozwoliłoby operatorowi na obniżenie kosztów eksploatacji wagonów w porównaniu z kosztami jakie musiałby ponosić stosując wstawki z dopuszczeniem UIC.

Należy jednak pamiętać, że zastosowanie wstawki nie w pełni zgodnej z Kartą UIC 541-4:2010 [3], jaką jest wstawka z materiału FR510, wymaga nieznacznych zmian w układzie hamulcowym, które powinny być zweryfikowane na podstawie prób ruchowych.

the FR510 brake shoe as a replacement for cast-iron brake shoe in wagons running in the trans-European rail system, even though it does not have the UIC approval. Based on the values of the average coefficient of friction obtained during tests on a full-scale dynamometric bench, it is necessary to perform calculations for the wagon brakes in accordance with UIC 544-1:2012 [9] or EN14531-6:2009 [8]. To apply the FR510 composite brake shoe in the existing rolling stock, it is necessary to change the ratio of the brake rigging. The next step is to conduct a risk assessment and verify the braking performance during slip tests, and then to carry out other tests implied by the subsystem EC verification procedure. Upon obtaining the EC verification certificate, it is possible to apply to the National Safety Authority for authorisation for placing a wagon fitted with the LL-type FR510 brake shoes into service.

TSI WAG 2013 permits the use in the national service of wheels other than forged and rolled wheels [6]; however, the UIC document entitled “Guidelines for the use of LL-type composite brake shoes” [15] states that tired wheels are not approved for use with the LL-type composite brake shoes.

6. CONCLUSIONS

Under the previously applicable law, cast-iron brake shoes, commonly used in the freight train service, were allowed to be substituted solely with two UIC-approved, LL-type brake shoes. The results of field tests conducted within the EuropeTrain project show that those are not optimum. Wear of the wheel sets when using the IB116* or C952-1 brake shoes in loaded state is twice as high as for the wheel sets mating with cast-iron brake shoes. There are other materials with improved properties available in the market, and the current regulations allow to use them, even though they are not materials in full compliance with UIC 541-4:2010 [3]. Application of such a solution would allow the operator to reduce the wagon operation costs as compared with the costs which would have to be borne when using the UIC-approved brake shoes.

It should, however, be noted that the use of a brake shoe that is not fully compatible with UIC 541-4:2010 [3], i.e. the FR510 brake shoe, requires minor changes to the brake system, which must be verified based on slip tests.

LITERATURA

LITERATURE

1. *DECYZJA KOMISJI 2011/229/UE z dnia 4 kwietnia 2011 r. dotycząca technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor kolejowy – hałas” transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych;*
2. *Gräber J.: EuropeTrain and the Homologation of a Low Noise Brake System with LL Brake Blocks, UIC, 28t May 2013, Presentation;*
3. *UIC CODE 541-4 OR, Brakes - Brakes with composite brake blocks – General conditions for certification of composite brake blocks, 4th edition, January 2010;*
4. *DECYZJA KOMISJI 2006/861/WE z dnia 28 lipca 2006 r. dotycząca technicznej specyfikacji dla interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „tabor kolejowy – wagony towarowe” transeuropejskiego systemu kolei;*
5. *European Railway Agency: LIST OF FULLY UIC APPROVED COMPOSITE BRAKE BLOCKS FOR INTERNATIONAL TRANSPORT, ERA/TD/2009-02/INT, 31 May 2013;*
6. *ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 321/2013 z dnia 13 marca 2013 r. dotyczące technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor – wagony towarowe” systemu kolei w Unii Europejskiej i uchylające decyzję 2006/861/WE;*
7. *Schirmer A.: Friction elements for wheel tread brakes in WAG TSI 2013 version 1.0, ERA, 7 October 2013, Presentation;*
8. *EN 14531-6:2009, Railway applications. Methods for calculation of stopping and slowing distances and immobilization braking. Step by step calculations for train sets or single vehicles;*
9. *UIC CODE 544-1 V, Brakes – Kinking Performance, 5th edition, June 2013;*
10. *ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (WE) NR 352/2009 z dnia 24 kwietnia 2009 r. w sprawie przyjęcia wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka, o której mowa w art. 6 ust. 3 lit. a) dyrektywy 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady;*
11. *Bulhak J., Buchalska E.: Redukcja hałasu emitowanego przez tabor towarowy poprzez zastosowanie kompozytowych wstawek hamulcowych, Technika Transportu Szynowego, 11-12/2006;*
12. *Udział PKP CARGO S.A. w projekcie UIC EuropeTrain, Gdańsk, 11 października 2011, Prezentacja;*
13. *www.euopetrain.uic.org;*
14. *UIC B 126/RP 43, Synthesis paper on the EuropeTrain operation with LL brake blocks - Final Report-Management Summary, February 2013, UIC Report;*
15. *Usage guidelines for composite (LL) brake blocks - Rail System Forum SET 07 – “Braking” - UIC – Question 5 – 110, 1 August 2013, 10th edition;*