

Przyczyny nierównomiernego zużywania się zestawów kołowych w wagonach towarowych

Andrzej ZBIEĆ¹

Streszczenie

W artykule opisano przyczyny nierównomiernego zużycia kół zestawów kołowych w wagonach towarowych, spowodowane wzajemnym oddziaływaniem różnych czynników, takich jak rodzaj układu biegowego, wady materiałowe, geometria wagonu, niewłaściwa regulacja usprężynowania (rozkład nacisków), nieprawidłowości w połączeniu pudło – wózek i inne, związane z utrzymaniem wagonów. Przyczyny te mogą mieć zróżnicowany wpływ na nierównomierne zużywanie się kół w zestawie kołowym. Mogą występować samodzielnie lub łącznie, nakładając się na siebie i powodując w efekcie nasilenie objawów lub ich znoszenie się.

Słowa kluczowe: transport, wagon towarowy, układ biegowy, zestaw kołowy, koło, zużycie zestawów kołowych

1. Wstęp

Polscy przewoźnicy, a w szczególności PKP Cargo, dysponują dużą liczbą wagonów towarowych. Według danych zawartych w [8], w dniu 31 grudnia 2011 r. spółka PKP Cargo dysponowała 65 453 własnych wagonów oraz dodatkowo eksploatowała około 4000 wagonów obcych, co daje łączną liczbę prawie 70 tysięcy wagonów. Średni wiek tych wagonów na koniec 2011 roku wynosił 26,6 roku, a w 2010 roku 86,4% wagonów było starszych niż 20 lat. Na koniec 2014 roku spółka PKP Cargo miała 61 593 wagonów [9], a na koniec 2016 roku – 60 954 wagonów [10]. Pomimo stale zmniejszającej się liczby wagonów, nadal są to znaczne wartości dotyczące największego z istniejących na polskim rynku posiadaczy wagonów towarowych.

Przedstawione dane dotyczące liczby wagonów i ich wieku pokazują ogromną różnorodność stanu technicznego tych wagonów. Nawet bez odwoływania się do odpowiednich statystyk, można stwierdzić, że nowe i kilkuletnie wagony, poza bieżącym utrzymaniem, nie przysparzają poważnych problemów eksploatacyjnych, natomiast wagony, których wiek przekracza 20 lat już takie problemy mogą stwarzać. Jednym z takich problemów jest nierównomierne zużywanie się kół w odniesieniu do zestawu kołowego, wózka lub wagonu.

2. Możliwe przyczyny zużycia

Przyczynami nierównomiernego zużywania się zestawów kołowych mogą być:

- 1) rodzaj układu biegowego,
- 2) twardość kół,
- 3) geometria wagonu,
- 4) niewłaściwa regulacja usprężynowania (rozkład nacisków),
- 5) nieprawidłowości w połączeniu pudło – wózek,
- 6) inne przyczyny.

Wymienione przyczyny mogą mieć mniejszy lub większy wpływ na nierównomierne zużywanie się kół w zestawie kołowym, co więcej, mogą występować samodzielnie lub łącznie, nakładając się na siebie i w efekcie powodując nasilenie objawów lub ich przynajmniej ich częściowe znoszenie się. Na rysunku 1 pokazano koła o prawidłowym charakterze zużycia, na rysunku 2 zaś, koła o nadmiernym zużyciu. Na kole o nadmiernym zużyciu, na szczycie obrzeża jest wyraźnie widoczna krawędź wynikająca ze zużycia tego obrzeża (na rysunku część powierzchni obrzeża o zmienionym kolorze).

2.1. Rodzaj układu biegowego

Typ układu biegowego zastosowany w wagonie towarowym może mieć zasadniczy wpływ na rodzaj i charakter zużycia. Pobieźna analiza pokazuje, że inne są warunki pracy zestawów kołowych i inne jest ich prowadzenie w przypadku wagonów dwuosioowych, a inne w przypadku wagonów wózkowych. Wózki mogą być 2-, 3- i 4-osioowe, ponadto w zależności od typu wózka, zestawy kołowe mogą mieć

¹ Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Badań Taboru; e-mail: azbiec@ikolej.pl.



Rys. 1. Koło o prawidłowym charakterze zużycia [fot. A. Zbieć]



Rys. 2. Koło o nadmiernym zużyciu [fot. A. Zbieć]

luz w prowadzeniu (np. w wózku 1XTa) lub mogą mieć prowadzenie bezluzowe (np. w wózku Y25 w kierunku wzdłużnym). Brak luzu w kierunku wzdłużnym uniemożliwia zestawom kołowym radialne samonastawienie się w łuku. Im większa baza wózka (odległość pomiędzy zestawami), tym większe wynikające z tego możliwe skutki. Na rysunkach 3 i 4 pokazano wózki 1XTa oraz wózek z rodziny Y25 (25TN).



Rys. 3. Wózek 1XTa [fot. A. Zbieć]



Rys. 4. Wózek z rodziny Y25 (25TN) [fot. A. Zbieć]

2.2. Twardość kół

Podstawowym parametrem mającym bezpośredni wpływ na zużywanie się kół jest twardość ich powierzchni toczonej oraz obrzeża. Zgodnie z normą [3], minimalna twardość powierzchni toczonej kół powinna wynosić 225÷255 HBW w zależności od gatunku materiału, z którego wykonano koła. Pomiary powinny być prowadzone w okręgu tocznym, na obrzeżu (np. w połowie wysokości

obrzeża) oraz na powierzchni odniesienia, czyli takiej, która nie ulega zużyciu oraz walcowaniu (np. wewnętrznej powierzchni wieńca koła). Dla każdego koła należy przeprowadzić pomiary przynajmniej w dwóch przekrojach, a w każdym z przekrojów w co najmniej 3 miejscach.

2.3. Geometria wagonu

Kolejnym czynnikiem mającym duży wpływ na prawidłowe funkcjonowanie wagonu jest jego geometria. Chodzi tu nie tylko o geometrię wagonu jako całości, ale także o geometrię poszczególnych podzespołów i ich wzajemne interakcje. Na nierównomierne zużywanie się kół, mogą mieć wpływ następujące parametry geometrii wagonów:

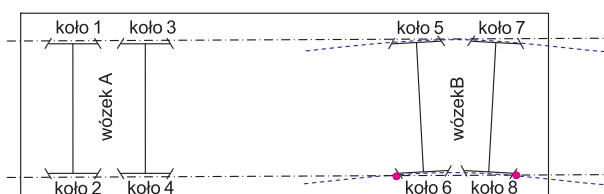
- poprzeczne położenie czopów skrzytu wagonu względem jego osi podłużnej i poprzecznej (odchylenia od tych osi),
- położenie gniazda skrzytu wózka względem jego osi podłużnej i poprzecznej,
- wybrane parametry geometryczne samej ramy wózka, przede wszystkim takie jak odległości wzdłużne pomiędzy elementami utrzymującymi maźnice w odpowiednim położeniu oraz odległości krzyżowe tych elementów,
- rozstaw kół na osi oraz wyjściowa prawidłowość przetoczenia zestawu.

Położenie czopów skrzytu powinno być symetryczne. Według normy [4], dopuszczalne tolerancje odległości y_2 od środka czopa skrzytu do obwodziny (niesymetria w kierunku poprzecznym) wynoszą od +2mm do -3 mm, czyli maksymalna różnica pomiędzy stroną prawą i lewą sumarycznie wynosi 5 mm. Niesymetria położenia czopów skrzytu przy ślizgach nieusprężynowanych powoduje stałe oparcie pudła wagonu na ślizgach po jednej stronie wagonu, a przy ślizgach usprężynowanych – większy nacisk na te ślizgi. W jednym i drugim przypadku wynikiem opisanej niesymetrii będzie zwiększony nacisk na koła po jednej stronie wagonu, a w zależności od stopnia tej niesymetrii (wielkości nacisku) oraz połączenia z innymi czynnikami – przyspieszone zużywanie się kół po jednej lub po drugiej stronie. Zjawisko to opisano w punktach 2.4. i 2.6. Niesymetria w kierunku wzdłużnym będzie powodowała zwiększenie nacisku na jeden z wózków, a więc szybsze zużywanie się kół tego wózka.

Analogiczne zjawisko będzie występowało przy niesymetrii położenia gniazda skrzytu w wózku. Im większa niesymetria poprzeczna, tym większa różnica nacisków kół po jednej i drugiej stronie wózka (wagonu). Niesymetria w kierunku wzdłużnym będzie powodowała zwiększenie nacisku na jeden z zestawów kołowych, a więc szybsze zużywanie się kół w tym zestawie kołowym. Oprócz opisanych skutków w postaci wpływu na zwiększone zużycie materiału kół, innym bardzo ważnym, niekorzystnym zjawiskiem nierównomiernego rozkładu nacisków kół jest zwiększone ryzyko wykołowania w sytuacji chwilowego odciążenia koła prowadzącego (np. najazdu na rampę przechyłkową w łuku lub przejazdu przez wichrowaty tor). Zagadnienie to nie jest jednak przedmiotem artykułu.

Wykonanie ramy wózka ma duży wpływ na poprawną współpracę koła i szyny. W procesie produkcji lub naprawy sprawdza się wiele parametrów takich, jak: położenie gniazda skreślenia, a także wchrowatość ramy wózka, odległości liniowe poszczególnych elementów lub powierzchni. W celu zapewnienia prawidłowego położenia zestawów kołowych najważniejsze są odległości liniowe takie, jak: odległości wzdłużne i poprzeczne pomiędzy powierzchniami prowadzenia zestawów kołowych lub maźnic oraz odległości krzyżowe pomiędzy tymi powierzchniami. Te ostatnie pokazują, czy rama wózka nie jest rombem, co nawet przy prawidłowych odległościach wzdłużnych i poprzecznych pomiędzy powierzchniami prowadzenia zestawów kołowych powoduje nieprawidłowy kontakt koła z szyną. Zgodnie z normami [5, 7], maksymalna różnica odległości krzyżowych prowadników maźnic wynosi 1,5 mm – operacja pomiarowa 22 w [5].

Ewentualny negatywny wpływ nieprawidłowych odległości poprzecznych pomiędzy powierzchniami prowadzenia zestawów kołowych powinien zostać zniwelowany istniejącym luzem poprzecznym w prowadzeniu zestawów kołowych. Zdecydowanie gorsza sytuacja występuje w przypadku nieprawidłowych odległości wzdłużnych, zależna oczywiście od typu układu biegowego, o czym wspomniano już w punkcie 2.1. Dla wózka 1XTa mającego luz w prowadzeniu wzdłużnym, ewentualne niewielkie wady wykonania ramy wózka są kompensowane wielkością tego luzu, natomiast dla wózka Y25, który nie ma takiego luzu, nawet niewielkie różnice w odległościach wzdłużnych będą przyczyną nieprawidłowego ustawienia zestawów kołowych, a co za tym idzie nieprawidłowej współpracy koła z szyną. Zgodnie z normą [5], maksymalna różnica odległości prowadników maźnic pomiędzy stroną lewą i prawą wynosi 1,0 mm (operacja pomiarowa 23). Niestety autorowi nie udało się nigdzie znaleźć dopuszczalnej wartości nierównoległości zestawów kołowych w już zmontowanym wózku. Brak unormowania tego parametru prowadzi do sytuacji, że takie sprawdzenie może być pomijane w procesie naprawy, a jest ono bardzo istotne, szczególnie ze względu na przyspieszone zużywanie się obrzeży kół. Sytuację nierównoległe ustawionych zestawów kołowych w wózku ilustruje rysunek 5.



Rys. 5. Ustawienie zestawów kołowych w wózkach [opracowanie własne]

Wózek A, o równoległe ustawionych zestawach kołowych, zachowuje się prawidłowo w torze. Wózek B, o nierównoległe ustawionych zestawach kołowych, pomimo jazdy po torze prostym, zachowuje się tak, jakby ciągle jechał po łuku. Podczas jazdy wózkiem A do przodu, zachodzi

ciągłe nabieganie koła nr 6 na szynę i szybkie zużywanie się obrzeża tego koła. Podczas jazdy w kierunku przeciwnym, następuje ciągłe nabieganie koła nr 8 na szynę i szybkie zużywanie się obrzeża tego koła. Okresowe obracanie wagonu na obrotnicy lub trójkącie nie ma tutaj żadnego wpływu na zmniejszenie nieprawidłowego zużycia.

Ostatnim z wymienionych w tym punkcie czynników mogących mieć wpływ na nierównomierne zużywanie się kół, jest rozstaw kół na osi oraz wyjściowa prawidłowość przetoczenia zestawu. Nieprawidłowy rozstaw kół na osi może mieć podobny wpływ jak omówiony wpływ nieprawidłowych odległości poprzecznych pomiędzy powierzchniami prowadzenia zestawów kołowych. Powinien on zostać zniwelowany istniejącym luzem poprzecznym w prowadzeniu zestawów kołowych. Oczywiście koła osadzone „za wąsko” nie będą przyczyniały się do zwiększonego zużycia, a koła osadzone „za szeroko” mogą się do takiego zwiększonego zużycia przyczyniać. Poza tym należy zaznaczyć, że jedna i druga sytuacja jest nieprawidłowa ze względu na bezpieczeństwo jazdy i może prowadzić do wykolejenia. Natomiast wyjściowa nieprawidłowość przetoczenia zestawu także może prowadzić do przyspieszonego zużycia kół i szybkiego pogłębienia „wad” zapoczątkowanych w procesie reprofiliacji.

2.4. Rozkład nacisków kół na szynę

Badanie rozkładu nacisków kół na szynę jest jednym z badań zaliczanych do grupy bezpieczeństwa jazdy. Najbardziej niebezpiecznym skutkiem braku zrównoważenia nacisków kół w obrębie jednego wózka, a także pojazdu, może być wykolejenie pojazdu. Natomiast wpływ nieprawidłowego rozkładu nacisków kół na szynę na nierównomierne zużywanie się zestawów kołowych, w zależności od jednoczesnego połączenia z innymi czynnikami, może być dwojaki: przyspieszenie zużycia koła o zwiększonym nacisku, np. przy występującej jednocześnie nieprawidłowości powodującej poprzeczne dociskanie tego koła do szyny, lub odwrotnie – zmniejszenie zużycia koła o zwiększonym nacisku. Zwiększony nacisk na koło, ze względu na profil toczonego koła (różne promienie toczenia dla różnych punktów profilu w przekroju poprzecznym), będzie powodował przesunięcie poprzeczne tego koła w stronę środka toru, czyli odsunięcie obrzeża od szyny, aż do wyrównania sił poprzecznych wywołanych naciskami pionowymi.

2.5. Nieprawidłowości w połączeniu pudło – wózek

Przez nieprawidłowości w połączeniu pudło – wózek, należy rozumieć nieprawidłowy moment obrotowy wózka względem nadwozia. Ze względu na bezpieczeństwo jazdy moment ten powinien być utrzymany w określonych granicach, tzn. nie może być ani za mały, ani za duży. Zbyt mały moment obrotowy powoduje niestabilną jazdę podczas jazdy po torze prostym, natomiast zbyt duży – utrudnia skreślenie wózka przy wchodzeniu w łuki toru oraz powrot-

ne, równoległe do nadwozia, ustawienie wózka po wyjściu z łuku. Jedna i druga nieprawidłowość może w ostateczności prowadzić do wykolejenia. Natomiast ze względu na zwiększone zużycie kół, zbyt mały moment obrotowy nie powinien przyczyniać się do takiego zużycia, ale zbyt duży moment obrotowy już będzie się do niego przyczyniał.

Utrudnione skręcanie wózka przy wchodzeniu w łuki toru będzie powodowało zwiększone siły oddziaływania pomiędzy kołem prowadzącym (pierwszym kołem zewnętrznym w łuku) i szyną oraz takie ustawienie wózka, które wymusza zwiększony kontakt samego obrzeża koła. Przy wychodzeniu z łuku, analogiczna nieprawidłowość pojawi się po drugiej stronie – wózek nie będzie mógł ustawić się równoległe do nadwozia (a więc do toru) i koło, które było pierwszym wewnętrznym kołem w łuku, będzie miało zwiększony kontakt obrzeża z torem. W ten sposób zwiększonemu zużyciu będzie podlegał przede wszystkim pierwszy zestaw kołowy w wózku w kierunku jazdy. Zakładając losowe występowanie łuków prawych i lewych (wagon nie kursuje tylko po jednej, wydzielonej krótkiej linii i to bez jego okresowego obracania na trójkacie lub obrotnicy), można stwierdzić, że taki rodzaj nieprawidłowości będzie się przyczyniał do przyspieszonego zużycia, ale jednolitego wszystkich kół w wózku oraz całym wagonie.

2.6. Inne przyczyny

Do ostatniej grupy czynników mogących mieć wpływ na nierównomierne zużywanie się kół zaliczono te, które nie mieszczą się w wymienionych wcześniej kategoriach, a mogą nimi być:

- niejednolite maźnice,
- pęknięty resor / sprężyna lub nieprawidłowo osadzone sprężyny przymażniczne,
- nieprawidłowe długości zderzaków.

Są to czynniki, które można zaliczyć do grupy nieprawidłowości utrzymaniowych. W trakcie eksploatacji, ewentualna konieczność wymiany zestawu kołowego powoduje, że wymieniany jest tylko ten jeden zestaw kołowy, który ma nieprawidłowe parametry. Jeżeli cała operacja odbywa się poza zakładem naprawczym, wymieniany jest ostateczny zestaw kołowy – a więc taki, który jest już przygotowany do natychmiastowego zamontowania w wagonie. Podczas wieloletniej eksploatacji i kilku takich wymianach dotyczących jednego wagonu, okaże się, że nie znajdziemy w nim 8 takich samych maźnic (maksymalnie mogą pojawić się nawet 4 typy różnych maźnic, bo każdy z zestawów kołowych będzie miał założone inne maźnice). Może to prowadzić do sytuacji, że wykonane przez innych producentów lub naprawiane w różnych warsztatach naprawczych maźnice będą się między sobą różniły wymiarami, mającymi wpływ na wzajemne położenie zestawów kołowych w wózku. Zatem nawet prawidłowe wykonanie wózka (zachowanie wszystkich wymaganych tolerancji wymiarowych) może okazać się niewystarczające w celu zapewnienia prawidłowej pracy

zestawów kołowych (ich wzajemnego prawidłowego ustawienia). Źle wykonane czy naprawione maźnice spowodują nierównoległe ustawienie zestawów kołowych w prawidłowo wykonanej ramie wózka.

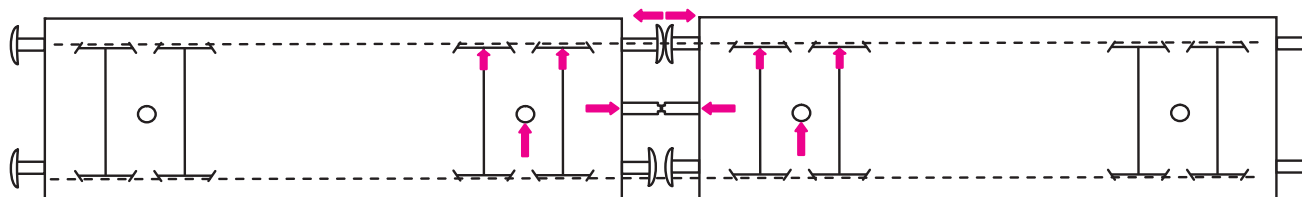
Drugi z wymienionych czynników – czyli pęknięty resor / sprężyna śrubowa (resor w przypadku resorów piórowych lub parabolicznych, sprężyna śrubowa w wózku Y25) lub nieprawidłowo osadzone sprężyny przymażniczne, poza oczywistym w takich przypadkach niebezpieczeństwem wykolejenia pojazdu szynowego, powodują efekt podobny, jak nieprawidłowo wyregulowane naciski poszczególnych kół, co zostało już omówione w punkcie 2.4. Rysunek 6 pokazuje nieprawidłowo osadzoną (opartą o kołnierz prowadzący) sprężynę wewnętrzną usprężynowania wózka rodziny Y25. W próżnym wagonie, wewnętrzna sprężyna powinna być luźna (nie przenosi sił pionowych). Wchodzi ona do współpracy po obciążeniu wagonu, powodując zwiększenie sztywności usprężynowania. Sprężyna przedstawiona na rysunku 6 jest stale obciążona i dodatkowo wstępnie ściśnięta, powodując dużą zmianę sztywności usprężynowania przy tym kole. Wagon w takim stanie poruszał się po sieci kolejowej.



Rys. 6. Nieprawidłowo osadzona sprężyna wewnętrzna [fot. A. Zbieć]

Trzeci z wymienionych czynników, czyli nieprawidłowa długość zderzaków, a dokładniej różnica długości z pozoru takich samych zderzaków na jednym końcu wagonu, może powodować powstawanie dodatkowych sił bocznych (poprzecznych), oddziaływujących na koła w wózku na tym końcu wagonu, przyczyniając się do ich zwiększonego zużycia. Efekt ten będzie występował w połączeniu ze skręceniem sprzęgu śrubowego, powodującym ściśnięcie zderzaków – a w tym przypadku tylko jednego zderzaka. Sprzęg śrubowy powoduje ściskanie obu wagonów, a zderzaki ich niesymetryczne (po jednej stronie) rozciąganie. W konsekwencji powstaje siła działająca przez czop skrzywienia na wózek i jego zestaw kołowy, dociskająca je do szyny. Im większe skręcenie sprzęgu śrubowego – tym większe siły boczne (rys. 7).

Skręcenie sprzęgu śrubowego, powodujące nawet niewielkie ściśnięcie zderzaka, świadczy o powstaniu siły wzdłużnej w układzie zderzak – sprzęg o wartości, co najmniej 10 kN. Jest to minimalna wartość napięcia wstępnego zderzaka według [2, 6], a zarazem minimalna wartość na-



Rys. 7. Zjawisko powstawania dodatkowych sił bocznych w wózku [opracowanie własne]

pięcia wstępnego amortyzatora urządzenia ciągnącego [1]. Dla wagonów o standardowej wartości zwisu 1,9 m (odległość od czopa skrzytu do czołownicy lub 2,52 m mierzona ze zderzakami) oraz rozstawie czopów skrzytu np. 6,5 m, siła ta powoduje powstanie siły bocznej działającej na wózek, wynoszącej 1346 N, co z kolei daje średnią poprzeczną siłę na jeden zestaw kołowy o wartości 673 N. Wartość ta odpowiada sile poprzecznej przypadającej na jedno koło, powstałej w okręgu tocznym koła na skutek działania siły pionowej pochodzącej od masy własnej wagonu 16 ton. Dodatkowo takie niekorzystne oddziaływanie przenosi się na sąsiedni wagon, powodując zwiększone zużycie kół w jego pierwszym wózku.

3. Podsumowanie

W artykule przedstawiono możliwe różne przyczyny wpływające na nierównomierne zużywanie się zestawów kołowych w wagonach towarowych. Należy mieć świadomość, że tych przyczyn może być więcej i nie wszystkie zostały uwzględnione. Z wymienionych tu czynników zdecydowanie najistotniejszym czynnikiem jest nierównoległe ustawienie zestawów kołowych w wózku. Pozostałe czynniki dodają się do tej nierównoległości, powodując jeszcze większe zużycie lub działają na nie hamująco, w pewnym stopniu je niwelując. Przy wspomnianej na wstępie liczbie wagonów kursujących po sieci PKP, przyspieszone zużywanie się kół zestawów kołowych może być istotnym problemem i generować pokaźne koszty związane z reprofiliacją kół oraz ich zbyt częstą wymianą połączoną ze złomowaniem zużytych kół lub całych zestawów kołowych po wcześniejszych wymianach pojedynczych kół.

Bibliografia

1. Karta UIC 520: Wagony towarowe, wagony pasażerskie i wagony bagażowe. Części urządzenia pociągowego. Normalizacja.
2. Karta UIC 526-1: Wagony towarowe. Zderzaki o skoku 105 mm.
3. PN-EN 13262+A2:2011: Kolejnictwo – Zestawy kołowe i wózki – Koła – Wymagania dotyczące wyrobu.
4. PN-EN 13775-2:2004: Kolejnictwo – Pomiary wagonów towarowych nowych i przebudowywanych – Część 2: Wagony towarowe na wózkach.
5. PN-EN 13775-4:2005: Kolejnictwo – Pomiary wagonów towarowych nowych i przebudowywanych – Część 4: Wózki dwuosiove.
6. PN-EN 15551:2017-04: Kolejnictwo – Pojazdy szynowe – Zderzaki.
7. PN-K-91000:1998: Wagony towarowe – Wózki dwuosiove – Wymagania i metody badań.
8. Pudło J.: *Tabor PKP Cargo – wagony*, [on-line] http://m.inforail.pl/tabor-pkp-cargo-wagony_more_48087.html [dostęp 20.07.2017].
9. Raport Roczny Grupy PKP 2014, [on-line] <http://pkpsa.pl/grupa-pkp/raporty/Raport-Roczny-Grupy-PKP-2014-PL.pdf> [dostęp 20.07.2017].
10. Skonsolidowany raport roczny grupy kapitałowej PKP-Cargo za rok 2016, [on-line] <https://www.pkpcargo.com/media/694274/skonsolidowany-raport-roczny-grupy-kapita%C5%82owej-pkp-cargo-za-rok-2016.pdf> [dostęp 20.07.2017].