

Analiza TSI pod kątem wymagań wpływających na energochłonność systemu transportu kolejowego

W artykule zaprezentowano wyniki analizy Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności dla podsystemu Tabor kolejowy – lokomotywy i tabor pasażerski, oraz Techniczną Specyfikację Interoperacyjności dotyczącą podsystemu „Tabor” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości pod kątem wymagań które mogą mieć wpływ na energochłonność transportu kolejowego.

1. Wstęp

Leżący u podstaw funkcjonowania Unii Europejskiej Traktat Lizboński wskazuje na konieczność dokonywania niezbędnych zmian w transporcie europejskim w celu ujednoczenia systemu kolei w Europie. Jednoznacznie wskazuje na to cytat: „Aby pomóc osiągnąć cele określone w artykułach 26 i 174 oraz umożliwić obywatelom Unii, podmiotom gospodarczym, wspólnotom regionalnym i lokalnym pełne czerpanie korzyści z ustanowienia obszaru bez granic wewnętrznych, Unia przyczynia się do ustanowienia i rozwoju sieci transeuropejskich w infrastrukturach transportu, telekomunikacji i energetyki...”. Przywołany art. 26 mówi iż „rynek wewnętrzny obejmuje obszar bez granic wewnętrznych, w którym jest zapewniony swobodny przepływ towarów, osób, usług i kapitału, zgodnie z postanowieniami Traktatów”, a czyni się tak „w celu wspierania harmonijnego rozwoju całej Unii rozwija ona i prowadzi działania służące wzmocnieniu jej spójności gospodarczej, społecznej i terytorialnej” [1].

Unia Europejska stoi przed dużym wyzwaniem, które w ostateczności ma na celu ujednoczenie systemu kolei. Ważnym krokiem w kierunku ujednoczenia kolei Europejskiej była Dyrektywa Rady 96/48/WE z dnia 23 lipca 1996 r. w sprawie interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości [2]. Kierując się wytycznymi dyrektywy decyzją Komisji z dnia 21 lutego 2008 r. wprowadzono w życie Techniczną Specyfikację Interoperacyjności dotyczącą podsystemu „Tabor” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości (2008/232/WE) [6]. Kolejna Dyrektywa 2001/16/WE Parlamentu Europejskiego i

Rady Europy z dnia 19 marca 2001 r. dotyczyła interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych [3]. Dyrektywy te zostały zastąpione Dyrektywą 2008/57/WE w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie (zmienionej Dyrektywa Komisji 2011/18/UE z dnia 1 marca 2011r. zmieniająca załączniki II, V i VI do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE w sprawie interoperacyjności systemu kolei we wspólnocie [5]) powołującą do życia Techniczną Specyfikację Interoperacyjności (TSI) dla podsystemu tabor kolejowy – tabor pasażerski” systemu kolei konwencjonalnych wprowadzonej Decyzją Komisji z dnia 26 kwietnia 2011 (2011/291/UE) [7].

Celem Technicznych Specyfikacji Interoperacyjności jest postawienie wymagań, który musi spełniać tabor w celu poruszania się po transeuropejskiej sieci kolejowej. Wymagania te mają wpływ na energochłonność transportu kolejowego.

2. Wymagania TSI dla kolei dużych prędkości

Jako koleje dużych prędkości należy rozumieć takie, które poruszają się z prędkością powyżej 190 km/h. TSI wskazuje parametry, które należy uwzględnić projektując poszczególne elementy, a które mogą mieć wpływ na energochłonność.

Pierwszym elementem wymienianym w TSI mogącym mieć wpływ na energochłonność są drzwi zewnętrzne. Wymagania stawiane drzwiom dotyczą sterowania, oraz zasad bezpieczeństwa. Drzwi mogą być wyposażone w przyciski do otwierania, który

musi być podświetlony lub przynajmniej podświetlony na obrzeżu. System drzwi zewnętrznych musi umożliwiać personelowi pociągu (maszyniście lub konduktorowi) zamknięcie i zablokowanie drzwi przed odjazdem pociągu. Dodatkowo, jeśli drzwi zaczynają się zamykać musi zostać włączony sygnał dźwiękowy. Drzwi muszą być wyposażone w elementy sygnalizujące awarie, które mogą być zasilane elektrycznie i muszą podlegać kontroli. Elementy te, których kontrola jest wymagana przez TSI, mogą być zasilane elektrycznie i mają bezpośredni wpływ na energochłonność. Drugim aspektem dotyczącym drzwi jest ich ilość i wielkość. Ilość i wielkość drzwi uwarunkowana jest sytuacjami awaryjnymi i musi umożliwić opuszczenie pojazdu w ciągu trzech minut. Parametry te wpływają bezpośrednio na energochłonność podczas normalnej eksploatacji. Otwieranie i zamykanie drzwi, czas ich pozostawania w stanie otwartym ma bezpośredni wpływ na warunki środowiskowe panujące wewnątrz pojazdu a w związku z tym pośredni wpływ na energochłonność. Ponieważ pasażerom należy zapewnić odpowiednie warunki podróży (temperatura, wilgotność, wentylacja, itp.) zasilane elektrycznie urządzenia odpowiedzialne za komfort pasażerów przyczyniają się do zwiększenia energochłonności pojazdu.

Kolejnym elementem omówionym w TSI mającym wpływ na energochłonność są szyby kabiny maszynisty. Wymaganiem koniecznym do spełnienia jest obowiązek zastosowania szyb ogrzewanych wyprodukowanych ze szkła bezpiecznego. Szyby powinny być również wyposażone w urządzenia odladzające, odmglawiające oraz zewnętrzne urządzenia czyszczące. Elektryczne urządzenia zapewniające spełnienie stawianych wymagań w sposób bezpośredni wpływają na pobór i zużycie energii.

Istotnymi wymaganiami stawianymi pojazdom mającymi wpływ na pobór energii są wytyczne dotyczące procesu hamowania. Według wytycznych TSI pociągi powinny być wyposażone w systemy kontroli hamowania z jednym lub kilkoma poziomami opóźnienia. elektrycznych hamulców dynamicznych uwzględnia się w obliczaniu skuteczności tylko wtedy, gdy:

- ich działanie jest niezależne od obecności napięcia w sieci trakcyjnej, lub
- jest to dopuszczone przez państwo członkowskie.

Hamowanie elektryczne może odbywać się jeśli:

- Jeśli instalacje elektroenergetyczne (podstacje) są do tego przystosowane, oddawanie energii elektrycznej wytwarzanej podczas hamowania jest dopuszczalne, ale nie może powodować przekroczenia wartości granicznych napięcia określonych w normie EN 50163:2004.
- Wszystkie pojazdy szynowe powinny być wyposażone w możliwość odłączania hamulców i sygnalizację stanu hamulców.
- Oprócz tego, pociągi o prędkości maksymalnej większej niż 200 km/h należy wyposażać w układ diagnostyki awarii układu hamulcowego.

Dla hamulców elektromagnetycznych, które stykają się z szyną, stosuje się wymóg mówiący iż nie mogą być one stosowane przy prędkościach większych niż 280 km/h. Przy ocenie skuteczności hamowania awaryjnego na wszystkich liniach dopuszcza się uwzględnienie w hamowaniu udziału hamulców elektromagnetycznych niezależnych od przyczepności koła do szyny, jako środków zapewniających odpowiednią skuteczność hamowania.

Dla pociągów wyposażonych w hamulce wiroprądowe TSI stawia wymagania, które również wpływają na energochłonność.

Jak wyszczególniono w TSI „Infrastruktura” dla kolei dużych prędkości, wyd. 2006, zastosowanie tego typu hamulca, działającego niezależnie od przyczepności, na liniach (które mają zostać wybudowane, zmodernizowanych lub łączących) transeuropejskiej sieci kolei dużych prędkości jest dozwolone na następujących warunkach:

- Do hamowania awaryjnego na wszystkich liniach oprócz niektórych określonych linii łączących wymienionych w rejestrze infrastruktury.
- Do pełnego lub normalnego hamowania zasadniczego na odcinkach linii, gdzie zezwala na to zarządca infrastruktury. W tym przypadku warunki ich stosowania powinny być zamieszczone w rejestrze infrastruktury.

Pociągi wyposażone w tego typu hamulce muszą spełniać następujące wymagania techniczne:

- Hamulce niezależne od przyczepności kół do szyn są dopuszczone do stosowania od

- prędkości maksymalnej do 50 km/h. ($V_{max} \geq V \geq 50$ km/h)
- Maksymalne średnie opóźnienie musi być mniejsze od 2,5 m/s² (wartość ta, związana z wzdłużną wytrzymałością toru, musi zostać spełniona przy zastosowaniu wszystkich hamulców).
- W najmniej korzystnym przypadku, tj. dla wielu trakcyjnych pociągów zespołowych połączonych w trakcji wielokrotnej w pociąg o największej dopuszczalnej długości, największa wzdłużna siła hamowania wywierana na tor przez hamulec wiroprądowy nie może przekraczać:
 - 105 kN dla hamowania z siłą niższą niż 2/3 pełnego hamowania zasadniczego
 - Wartości zmiennych liniowo od 105 kN do 180 kN dla hamowania z siłą od 2/3 do pełnego hamowania zasadniczego
 - 180 kN dla pełnego hamowania zasadniczego
 - 360 kN podczas hamowania awaryjnego

Te wymagania przytoczone za TSI mają wpływ na energochłonność. Ich wielkość jest uzależniona w zależności od konkretnego pojazdu i jego wyposażenia. Dodatkowo na energochłonność mają wpływ wymagania stawiane hamulcom w różnych sytuacjach takich jak: zabezpieczenie unieruchomionego pociągu, skuteczność hamowania na torach o dużym nachyleniu oraz wymagania dla celów ratowniczych.

Kolejnymi wymaganiami stawianymi pojazdom szynowym wpływającymi na energochłonność są te, które związane są z informacjami dla pasażerów oraz łączności z pasażerami. Jak podkreśla TSI pociągi muszą być wyposażone w minimum środki łączności głosowej, które mają służyć do:

- komunikacji między personelem pociągu z pasażerami,
- komunikacji personelu pociągu między sobą i kontrolą naziemną,
- komunikacji wewnętrznej pomiędzy członkami pociągu i kontroli naziemnej w szczególności między maszynistą i personelem znajdującym się w obszarach zajmowanych przez pasażerów.

Ważnym wymaganiem jest to, że urządzenia te muszą pozostawać w stanie gotowości przez co najmniej trzy godziny niezależnie od głównego źródła

zasilania. Zachowana musi być również zasada, że łączność musi być zaprojektowana w taki sposób aby w razie uszkodzenia jednego z elementów zachować ciągłość pracy co najmniej połowy głośników które są rozmieszczone w całym pociągu. Do kontaktowania się pasażerów z personelem powinien być założony alarm.

Komunikacja z pasażerami musi być również zapewniona poprzez umieszczenie urządzeń dla sygnalizacji niebezpieczeństwa. Należy w nie wyposażać wszystkie pomieszczenia dostępne przez pasażera, za wyjątkiem przedsiionków, przejść międzywagonowych i toalet. Uruchomienie alarmu powinno zapoczątkować działania, które również mają wpływ na energochłonność. TSI opisuje takie sytuacje:

- zapoczątkować hamowanie,
- spowodować wyzwolenie optycznego (błyszcząca lub świecąca lampka) i dźwiękowego (brzęczyk/klakson albo komunikat głosowy) alarmu w kabinie maszynisty,
- spowodować wysłanie wiadomości (sygnał dźwiękowy lub optyczny albo komunikat drogą radiową przez radiotelefon lub telefon komórkowy) przez maszynistę lub automatyczny system do personelu pociągu pracującego wśród pasażerów.
- przekazać potwierdzenie, rozpoznawalne przez osobę, która włącza sygnał (sygnał dźwiękowy w pojeździe, włączenie hamulców itp.)

Należy również zwrócić uwagę, że pociągi muszą być wyposażone w instalację do sygnalizacji pożaru taką, który wykryje jego powstanie we wczesnym stadium.

Niezbędnym elementem wyposażenia każdego pociągu wpływającym na energochłonność jest jego oświetlenie zewnętrzne. W przypadku świateł TSI precyzyjnie je definiuje aby uniknąć wątpliwości w stosowanej nomenklaturze

- Reflektor przedni – białe światło na przednim końcu pociągu, przewidziane do zapewnienia świetlnego ostrzeżenia o zbliżającym się pociągu oraz do oświetlania znaków przy torze,
- Lampa czołowa – białe światło na przednim końcu pociągu przewidziane do sygnalizowania obecności pociągu.

- Lampa tylna – czerwone światło na tylnym końcu pociągu przewidziane do sygnalizowania obecności pociągu.
- Lampy kombinowane
- Lampy kombinowane (np. lampy wielofunkcyjne) powinny być dozwolone tylko wtedy, gdy spełniają wymagania dla lamp jednofunkcyjnych.

W tabeli 1 zaprezentowano wymagania dla świateł zewnętrznych.

Dla końca pociągu przewidziano wymagania przedstawione w tabeli 2

Wymagania stawiane światłom są zbieżne z wymaganiami przepisów obowiązujących dla kolei dużych prędkości. Konieczność stosowania przepisów pociąga więc za sobą odpowiednie zapotrzebowanie na energię dla pojazdów poruszających się po torach. Oświetlenie mające na celu zachowanie bezpieczeństwa jest tego istotną częścią. TSI stawia wymagania dotyczące również oświetlenia wnętrza pojazdu w

momencie, gdy nastąpi awaria dotyczące czasów działania i natężenia światła. W celu zapewnienia ochrony i bezpieczeństwa na pokładzie pociągu w sytuacji awaryjnej należy wyposażyć pociągi w system oświetlenia awaryjnego. System ten musi zapewniać natężenie oświetlenia w obszarach przeznaczonych dla pasażerów i obsługi, i spełniać następujące wymagania:

- minimalny czas działania wynosi trzy godziny od chwili utraty głównego zasilania,
- natężenie światła na poziomie podłogi wynosi co najmniej 5 luksów.

W celu zapewnienia komfortu prowadzącemu pojazd wymagana jest wentylacja kabiny maszynisty. Stosowane urządzenia muszą zapewnić 30 m³/godz. świeżego powietrza. Maszynista musi mieć możliwość odbierania sygnałów o niebezpieczeństwie. Muszą więc być zastosowane systemy diagnostyczne, które pozwolą na czas wykryć usterkę. Do

Tabela 1 Wymagania dla świateł

Światłość lamp głównych		
	Lampa główna przyciemniona	Lampa przednia z pełną mocą
Światłość w osi lampy (cd)	12 000 – 16 000	> 10000
Światłość (cd) przy każdym kącie w zakresie 5 ⁰ od osi po każdej stronie osi w płaszczyźnie poziomej	> 3 000	> 10 000
Światłość lamp czołowych		
	Przyciemniona dolna lampa czołowa	Dolna lampa czołowa z pełną mocą
Światłość w osi lampy (cd)	Minimum 1000	300 – 700
Światłość (cd) przy każdym kącie pod kątem 45 ⁰ od osi po każdej stronie osi w płaszczyźnie poziomej	20 – 40	
Światłość górnych lamp czołowych		
	Przyciemniona dolna lampa czołowa	Przyciemniona dolna lampa czołowa
Światłość w osi lampy (cd)	Minimum 50	150 – 350

Tabela 2 Wymagania dla świateł końca pociągu

	Lampa końca pociągu
Natężenie światła (cd) na osi lampy 15–40	15 – 40
Natężenie światła (cd) pod kątem 7,5° od osi po każdej stronie w płaszczyźnie poziomej. Minimum 10	Minimum 10
Natężenie światła (cd) pod kątem 2,5° od osi po każdej stronie w płaszczyźnie pionowej	Minimum 10

obowiązkowych systemów diagnostycznych w który musi być wyposażony pojazd należą:

- Działanie drzwi,
- Wykrywanie niestabilności,
- Pokładowe monitorowanie stanu łożysk osi,
- Włączanie alarmu dla pasażerów,
- Układ hamulcowy,
- Wykrywanie wykolejenia,
- Wykrywanie pożaru,
- Awaria urządzenia do kontroli czujności maszynisty,
- Informacje podawane przez podsystem „Sterowanie”.

Informacje te (których większość została omówiona) podnoszą bezpieczeństwo, ale jednocześnie mają wpływ na energochłonność.

Wymagania stawiane koleją dużych, w myśl dyrektywy 2008/57/WE, prędkości są w dużej mierze zbieżne z wymaganiami stawianymi koleją konwencjonalnym.

3. Wymagania TSI dla kolei konwencjonalnych

Podobnie jak dla pociągów dużej prędkości pierwszym elementem wpływającym na energochłonność jest system nagłośnienia i komunikacji z pasażerami. Wymagania stawiane tym elementom są podobne jak dla kolei dużych prędkości i mają podobny wpływ na energochłonność. Podobnie drzwi i okna i szyby. Różnica dla obliczanego bilansu energetycznego pojazdów dużej prędkości i konwencjonalnych może wynikać z dopuszczenia do eksploatacji pojazdów z oknami, które mogą być otwierane przez pasażerów i nie mogą być zablokowane przez pasażerów. Projektując tabor w którym takie rozwiązania mogą mieć zastosowanie należy mieć na uwadze zwiększoną możliwość wymiany powietrza, a w związku z tym zwiększenie zapotrzebowania na energię.

Nieco inne wymagania postawiono oświetleniu zewnętrznemu i sygnałom dźwiękowym. W przypadku wymagań stawianych tym elementom należy brać pod uwagę. Wymagania norm europejskich EN 15153-1 [8] i EN 15153-2 [9]. Jak łatwo zauważyć są to wymagania dla pociągów dużych prędkości. TSI przywołuje je precyzyjnie konkretne punkty tych norm. Wymagania odpowiadają wymaganiom odpowiadają wymaganiom dla kolei dużych prędkości.

TSI określa również moc maksymalną i prąd maksymalny który może być pobierany z sieci trakcyjnej. Pojazdom elektrycznym stawia się następujące wymagania:

- Elektryczne pojazdy kolejowe, o mocy wyższej niż 2 MW (w tym zadeklarowany skład stały i predefiniowany) muszą być wyposażone w funkcję ograniczania prądu, zgodnie z wymaganiem określonym normą EN 50388.
- Elektryczne pojazdy kolejowe muszą być wyposażone w samoczynną regulację prądu w czasie nienormalnych warunków eksploatacji w zakresie napięcia zgodnie z wymaganiem określonym normą EN 50388.

Wymagania w zakresie kabin maszynisty dla kolei konwencjonalnych dotyczących oświetlenia, szyb sygnalizacji uszkodzeń są tożsame z wymaganiami odnoszącymi się do kolei dużych prędkości. Należy zauważyć, że TSI dla kolei konwencjonalnych powstało później niż dla kolei dużych prędkości i w nieco zmienionych realiach prawnych co może powodować nieznaczne różnice w stawianych wymaganiach.

4. Podsumowanie

Europa dąży do tego, aby pociągi mogły się przemieszczać swobodnie przemieszczać między krajami. Nakłada to na operatorów obowiązek stosowania wymagań dla pociągów poruszających się po sieci interoperacyjnej. Docelowym założeniem jest, aby wszystkie linie stały się interoperacyjne. TSI dla kolei dużych prędkości powstało jako pierwsze i w związku z tym w większym zakresie niż TSI dla kolei konwencjonalnych posiada wymagania bezpośrednie dla pojazdów. TSI dla kolei konwencjonalnych w większym zakresie odwołuje się do norm europejskich, o czym świadczy przykład światła przywołanej w niniejszym artykule. Wymagania te mogą również ulegać zmianie wraz z rozwojem kolei i ze zmieniającymi się przepisami i normami. Faktem jest jednak to, że TSI stanowią obowiązujące prawo, które może nieść ze sobą wiele korzyści. Zmiany będą mogły przyczynić się do dynamicznego rozwoju kolei. Najważniejszą jednak zmianą będzie jednak możliwość podróżowania pasażerów i przewóz towa-

rów bez ograniczeń, a obecnie wymuszany jest rozbi-
ciem i niejednorodnością wymagań, które zależą od
legislacji i systemów obowiązujących w posz-
czególnych krajach.

Wymagania które przedstawiono w artykule są
wybranymi zagadnieniami, które poruszają TSI dla
kolei dużych prędkości i kolei konwencjonalnej. Po-
kazują one jednak, że projektując pojazd i chcąc nieć
możliwość kształtowania energochłonności należy
każdorazowo brać pod uwagę TSI i stawiane tam
wymagania.

Literatura:

1. *Traktat z Lizbony zmieniający traktat o Unii Europejskiej i Traktat ustanawiający wspólnotę Europejską,*
2. *Dyrektywa Rady 96/48/WE z dnia 23 lipca 1996 r. w sprawie interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości,*
3. *Dyrektywa 2001/16/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 marca 2001 r. w sprawie interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych,*
4. *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE z dnia 17 czerwca 2008r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie,*
5. *Dyrektywa Komisji 2011/18/UE z dnia 1 marca 2011r. zmieniająca załączniki II, V i VI do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE w sprawie interoperacyjności systemu kolei we wspólnocie,*
6. *Techniczna Specyfikacja Interoperacyjności dotycząca podsystemu „Tabor” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości (2008/232/WE),*
7. *Techniczna Specyfikacja Interoperacyjności dla podsystemu tabor kolejowy – tabor pasażerski” systemu kolei konwencjonalnych (2011/291/UE),*
8. *EN 15153-1; Kolejnictwo - Ostrzegawcze urządzenia zewnętrzne sygnalizacji optycznej i dźwiękowej pociągów dużej prędkości -- Część 1: Sygnalizacja świetlna czola i końca pociągu; Lipiec 2007,*
9. *EN 15153-2; Kolejnictwo - Ostrzegawcze urządzenia zewnętrzne sygnalizacji optycznej i dźwiękowej pociągów dużej prędkości -- Część 1: Dźwiękowe sygnały ostrzegawcze; czerwiec 2007.*
10. *EN 50388; Zastosowania kolejowe. System zasilania i tabor. Warunki techniczne koordynacji pomiędzy systemem zasilania (podstacja) i taborem w celu osiągnięcia interoperacyjności.*