

Assessment of acoustic climate in passenger space of EN57 series electric multiple unit

Ocena klimatu akustycznego w przestrzeni pasażerskiej elektrycznego zespołu trakcyjnego serii EN57

The paper presents the results of tests of sound levels in the passenger space of the EN57 series electric multiple unit (EMU) during standstill, starting-up, running and braking. The tests were carried out on the basis of the author's test methodology based on the PN-EN ISO 3381 standard: Railway applications. Acoustics. Measurement of noise inside rail vehicles. The tests were carried out on the railway line No. 250 from the Gdańsk Śródmieście stop to the Rumia station. The aim of the tests was to assess the acoustic climate in the passenger space of the EN57 series electric multiple unit of the Tricity fast urban railway of S2 line Gdańsk Śródmieście - Rumia. The results of the carried out analysis showed places potentially threatened with higher noise levels than others and the impact of these sound levels on passengers using public transport such as the EN57series EMU in the Tricity.

W pracy przedstawiono wyniki badań poziomów dźwięku w przestrzeni pasażerskiej elektrycznego zespołu trakcyjnego (EZT) serii EN57 podczas postoju, rozruchu, jazdy oraz hamowania. Badania przeprowadzono na podstawie autorskiej metodyki badawczej bazując na normie PN-EN ISO 3381:Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu wewnątrz pojazdów szynowych. Badania przeprowadzono na linii kolejowej nr 250 od przystanku Gdańsk Śródmieście do stacji Rumia. Celem badań była ocena klimatu akustycznego w przestrzeni pasażerskiej elektrycznego zespołu trakcyjnego serii EN57, trójmiejskiej szybkiej kolei miejskiej linii S2 Gdańsk Śródmieście – Rumia. Wyniki przeprowadzonej analizy wskazały na miejsca potencjalnie zagrożone wyższymi poziomami dźwięków niż pozostałe oraz wpływ tych poziomów dźwięku na pasażerów korzystających z transportu publicznego jakim jest EZT serii EN57 w Trójmieście.

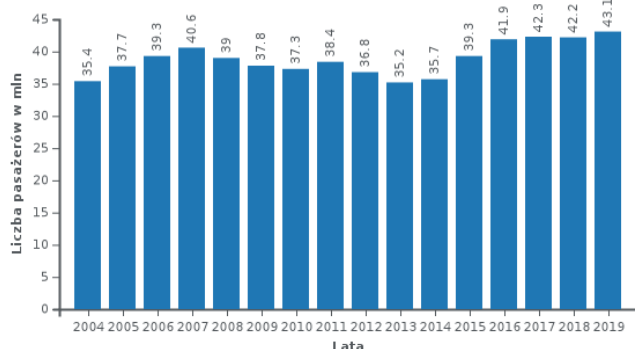
1. INTRODUCTION

Currently, in everyday life, human hearing is exposed from all sides to bothersome, unpleasant sounds that have a troublesome effect on our well-being or are even harmful to our health. This problem also affects those who travel to work, school or simply during their free time. Whether going to work or on holidays, the traveler expects quiet and peace, which cannot always be experienced in public transport. Every year the number of people choosing the public transport for a car when traveling to work increases. In Gdańsk, 175.7 million passengers used the public transport in 2018, by 100 000 more than in 2017 and approx. 13 million more than in 2012. In 2019, 43.1 million passengers traveled with the Fast Urban Railway (SKM-Szybka Kolej Miejska) in the Tricity i.e. by 900 thousand more than in 2018. Since 2016, the number of people using the SKM is approximately 42 million, and over 14 years there has been a steady increase in interest in traveling by urban railway. Some SKM trains have been used for fifty years and the sounds of a running rail vehicle have a negative impact on the health of people inside.

1. WSTĘP

Obecnie w codziennym życiu słuch człowieka z każdej strony narażony jest na uciążliwe, nieprzyjemne dźwięki, które wpływają dokuczliwie na samopoczucie, bądź są wręcz szkodliwe dla naszego zdrowia. Problem ten dotyczy również podróżujących do pracy, szkoły czy po prostu podczas czasu wolnego. Zarówno jadąc do pracy czy na wakacje podróżujący oczekuje wyciszenia i spokoju, czego nie zawsze może doświadczyć w komunikacji miejskiej. Z każdym rokiem wzrasta liczba osób wybierających transport publiczny na rzecz samochodu w dojeździe do pracy. W Gdańsku z transportu miejskiego w 2018 roku skorzystało 175,7 mln pasażerów, o 100 tys. więcej niż w 2017 roku i ok. 13 mln więcej niż w 2012 roku. Szybką Koleją Miejską w Trójmieście (SKM), w 2019 roku, podróżowało 43,1 mln pasażerów, czyli o 900 tys. więcej niż w roku 2018. Od 2016 roku liczba osób korzystających z SKM wynosi około 42 mln a na przestrzeni 14 lat dochodzi do ciągłego zwiększenia zainteresowania podróżowaniem koleją miejską. Część składów SKM eksploatowana jest od pięćdziesięciu lat i dźwięki pracującego pojazdu szynowego wpływają

The aim of the study is to assess the acoustic climate in the passenger space of the EN57 series electric multiple unit of the Tricity high-speed urban railway S2 line Gdańsk Śródmieście - Rumia. The noise level was measured with a sound meter at standstill, during starting-up and running as well as during braking of the train at the sitting and standing height for two measuring points. The analysis of the results and conclusions resulting from the conducted tests is aimed at presenting what sound levels are in contact with people using SKM services in EN57 vehicles. Additionally, the synthesis of the work indicates the effect of the measured sound levels on the health of travelers.



Rys. 1. Liczba pasażerów podróżująca Szybką Koleją Miejską w Trójmieście w ciągu roku [1]

Fig. 1. Number of passengers travelling with Fast Urban Railway (SKM) in Tri-city during a year [1]

2. CHARACTERISTIC OF TEST OBJECTS

2.1. Characteristic of EN57 series electric multiple unit

The EN57 series electric multiple unit (EMU) is a standard-gauge rail vehicle adapted to the low platforms, consisting of three sections (Fig. 2). The designation of EN57 series train specifies its characteristics, such as: type of traction: electric traction, vehicle characteristic: low-platform, electric multiple units: 3000V DC three-section units, further the registration number, type of section and sequence of sections[11]. The EMU of EN57 series is characterized by the possibility of passing from one wagon to another, which makes it one common passenger space. The rail vehicle is adapted to two-way traffic, so it has two control cabs. The structure of the vehicle can be divided into two groups, control - the first one consisting of the first and last car, and the second one - motor located in the middle of the train. The sections are connected with each other without a head, a disconnected coupling under operating conditions and a passage for people using this means of transport. Automatic Scharfenberg couplers were mounted 950 mm above the rail head at the beginning and end of the multiple unit, i.e. the control cars. The advantage of Scharfenberg couplers is that there is no necessity of personnel interference, the use of additional tools or devices when two identical units are connected to each other. EN57 can serve both high and low platforms because the external

negatywnie na zdrowie osób przebywających wewnątrz.

Celem pracy jest ocena klimatu akustycznego w przestrzeni pasażerskiej elektrycznego zespołu trakcyjnego serii EN57, trójmiejskiej szybkiej kolei miejskiej linii S2 Gdańsk Śródmieście – Rumia. Poziom hałasu został zmierzony miernikiem dźwięku na postoju, podczas rozruchu i jazdy oraz podczas hamowania pociągu na wysokości miejsca siedzącego oraz stojącego dla dwóch punktów pomiarowych. Analiza wyników i wniosków wynikających z przeprowadzonych badań, ma na celu pokazanie z jakimi poziomami dźwięków ma styczność człowiek korzystający z usług SKM w pojazdach typu EN57. Dodatkowo, synteza pracy wskazuje wpływ zmierzonych poziomów dźwięku na zdrowie podróżnych.

2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW BADAŃ

2.1. Charakterystyka elektrycznego zespołu trakcyjnego serii EN57

Elektryczny zespół trakcyjny (EZT) serii EN57 jest to pojazd szynowy normalnotorowy przystosowany do niskich peronów, składający się z trzech członów (rys. 2). Oznaczenie pociągu serii EN57 określa jego cechy takie jak: rodzaj trakcji: trakcja elektryczna, cecha pojazdu: niskoperonowy, elektryczne zespoły trakcyjne: zespoły trójczłonowe na prąd stały 3000V, dalej numer inwentarzowy, rodzaj członu oraz kolejność członów [11].



Rys. 2. Wnętrze elektrycznego zespołu trakcyjnego serii EN57 a) Elektryczny zespół trakcyjny serii EN57, b) pierwszy przedział w wagonie rozrządczym, c) wejście do pociągu przez drzwi dwuskrzydłowe otwierane automatycznie wraz z rampą dla osób niepełnosprawnych, d) przedział wagonu silnikowego [opracowanie własne]

Fig. 2. Interior of EN57 series electric multiple unit a) EN57series electric multiple unit, b) first compartment in control wagon, c) entrance to the train through double-leaf door that opens automatically with ramp for the disabled, d) compartment of motor car [own study]

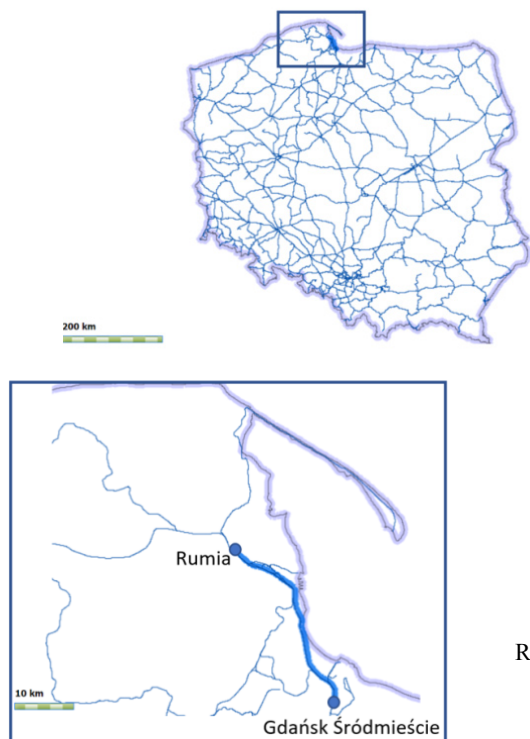
EZT serii EN57 charakteryzuje się możliwością przechodzenia z jednego wagonu do drugiego, co czyni go jedną wspólną przestrzenią pasażerską. Pojazd szynowy przystosowany jest do ruchu dwukierunkowego, więc posiada dwie kabiny sterownicze. Konstrukcję

steps are 495 and 655 mm above the rail head [12].

The running gear of the EN57 electric multiple unit consists of bogies and joining elements. We distinguish two types of bogies: driving, i.e. wheelsets that have a driving function, and rolling sets whose wheelsets only perform a rolling function. The purpose of the bogies is the possibility of increasing the speed of running on the conventional tracks, where there are irregularities causing vibrations and noise. They also improve the kinematics of train movement along curves with small radii. The wheels of the driving bogies are made of St70P steel. The diameter of the wheels is 1000 mm, the thickness is 75 mm and the width is 135 mm. The bogies are equipped with hydraulic shock absorbers, rim wheelsets, coil springs and leaf springs. The motor wagon rests on two bogies with a wheelbase of 2700 mm. The bogie wheels are produced of St65P steel. The diameter of the wheels is 940 mm, the thickness is 65 mm and the width is 135 mm. The control wagons are on two bogies with a wheelbase of 2700 mm [11].

2.2. Characteristic of railway line No. 250 Gdańsk Śródmieście – Rumia

The railway line No. 250 from Gdańsk Śródmieście - Rumia is located in the Pomorskie Province (Fig. 3). The length of the Gdańsk Śródmieście - Rumia route is approximately 33 km and the journey takes approximately 56 minutes. The railway line No. 250 is a first-class, standard-gauge line, electrified with voltage of 3000 V. It has two tracks and is intended only for passenger transport. The manager of line No. 250 is PKP Szybka Kolej Miejska w Trójmieście Sp. z o.o. (SKM) (Fast Urban Railway in the Tricity). On line No. 250 the permissible train speed is 70 km/h and the permissible axle load of the rolling stock is 221 kN/axle [8].



Rys. 3. Linia kolejowa nr 250 Gdańsk Śródmieście – Rumia [opracowanie własne na podstawie interaktywnej mapy PKP PLK]

Fig. 3. Railway line No. 250 Gdańsk Śródmieście – Rumia [own study based on interactive map of PKP PLK]

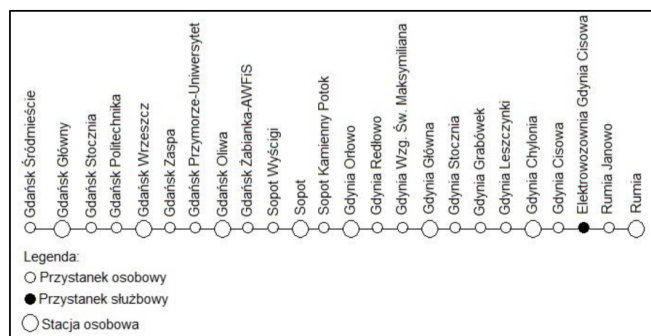
pojazdu można podzielić na dwie grupy, pierwszą rozrządczą zawierającą pierwszy oraz ostatni wagon i drugą silnikową znajdującą się w środku składu. Człony połączone są ze sobą bez głowicy, sprzęgiem nierozłączalnym w warunkach eksploatacyjnych oraz przejściem dla osób korzystających z tego środka transportu. Na początku i końcu zespołu trakcyjnego, czyli wagonach sterowniczych zamocowano 950 mm nad główką szyny samoczynne sprzęgi typu Scharfenberga. Zaletą sprzęgów typu Scharfenberga jest brak konieczności ingerencji personelu, użycia dodatkowych narzędzi czy urządzeń podczas łączenia ze sobą dwóch tożsamyh jednostek. EN57 może obsługiwać perony wysokie jak i niskie ponieważ stopnie zewnętrzne znajdują się 495 i 655 mm nad główką szyny [12].

Podwozie elektrycznego zespołu trakcyjnego EN57 składa się z wózków oraz elementów wiążących. Rozróżniamy dwa typy wózków: napędne, czyli zestawy kołowe pełnią funkcję napędową oraz toczne których komplety kołowe sprawują tylko funkcję toczną. Przeznaczeniem wózków jest możliwość zwiększania prędkości jazdy po torach konwencjonalnych, na których pojawiają się nierówności będące przyczyną drgań i hałasu. Poprawiają również kinematykę przemieszczania się pociągu po łukach o małych promieniach. Koła wózków napędnych zostały wyprodukowane ze stali St70P. Średnica kół wynosi 1000 mm, grubość 75 mm oraz szerokość 135 mm. Wózki wyposażone są w amortyzatory hydrauliczne, obrotowe zestawy kołowe, sprężyny śrubowe oraz resory piórowe. Wagon silnikowy spoczywa na dwóch wózkach napędnych o rozstawie osi 2700 mm. Koła wózków tocznych zostały wyprodukowane ze stali St65P. Średnica kół wynosi 940 mm, grubość 65 mm oraz szerokość 135 mm. Wagony rozrządcze spoczywają na dwóch wózkach tocznych o rozstawie osi 2700 mm [11].

2.2. Charakterystyka linii kolejowej nr 250 Gdańsk Śródmieście – Rumia

Linia kolejowa nr 250 relacji Gdańsk Śródmieście – Rumia położona jest w województwie pomorskim (rys. 3). Długość trasy Gdańsk Śródmieście – Rumia wynosi około 33 km a przejazd zajmuje około 56 minut. Linia kolejowa nr 250 jest to linia pierwszorzędna, normalnotorowa, zelektryfikowana napięciem 3000 V. Posiada dwa tory i jest przeznaczona wyłącznie do przewozu pasażerów. Zarządcą linii nr 250 jest PKP Szybka Kolej Miejska w Trójmieście Sp. z o.o. (SKM). Na linii nr 250 dopuszczalna prędkość pociągów wynosi 70 km/h a dopuszczalny nacisk osi taboru wynosi 221 kN/oś [8].

Line No. 250 consists of a total of 24 parking points, including 16 passenger stops, 7 passenger stations and 1 business stop on request. The course of the entire route of the railway line No. 250 is presented in Fig. 4 [8].



Rys. 4. Przebieg linii kolejowej nr 250 [opracowanie własne]

Fig. 4. The route of railway line No. 250 [own study]

Description: Legenda - Legend: Przystanek osobowy - Passenger stop. Przystanek służbowy – Business stop, Stacja osobowa – Passenger station

The main difference between the passenger station and the passenger stop is that the station, apart from the main track, also has at least one additional main track, thanks to which trains can start and end their journey. In the SKM timetable, only some trains start their run from Gdańsk Śródmieście to Rumia. Most trains end their route towards Rumia at the Gdynia Chylonia or Gdynia Cisowa stations.

The pavement on the railway line No. 250 mainly consists of the 60E1 rails to the Gdańsk Główny station, and on the selected sections of the S49 rails. Along the entire line there are mainly PS-94 or INBK-7 prestressed concrete sleepers with SB4 type fasteners. Due to the high intensity on the line No. 250, the Fast City Railway in the Tricity is constantly working on improving the condition of the infrastructure, inter alia, by modernizing track sections, stabilizing tampers, replacing sleepers, regulating tracks and modernizing platforms. Recently, the above-mentioned scopes of works were carried out at the Gdynia Chylonia station and at the Rumia Janowo stop.

2. METHODOLOGY OF TESTS

Sound tests in the space of the EN57 series electric multiple unit were carried out on the basis of an original research methodology based on the PN-EN ISO 3381 standard: "Railway. Acoustics. Measurement of noise inside rail vehicles". This standard defines the conditions and methodology of noise measurements inside passenger wagons and at the driver's workplace. The standard specifies the height at which sound measurements should be made, for the sitting places it is 1.20 m, and for standing places it is 1.60 m above the floor level [7].

In order to record the sound levels in EMU of the EN57 series, a sound level meter of the type 2250Light of Brüel & Kjaer company was used. The

Linia nr 250 składa się łącznie z 24 punktów postojowych w tym z 16 przystanków osobowych, 7 stacji osobowych oraz 1 przystanku służbowego na żądanie. Przebieg całej trasy linii kolejowej nr 250 przedstawiono na rys. 4 [8].

Zasadniczą różnicą między stacją osobową, a przystankiem osobowym jest to, że stacja oprócz toru głównego zasadniczego posiada również przynajmniej jeden tor główny dodatkowy, dzięki czemu pociągi mogą rozpoczynać i kończyć jazdę. W rozkładzie jazdy SKM tylko niektóre pociągi rozpoczynają swój bieg z Gdańska Śródmieścia do Rumi. Większość pociągów kończy swoją trasę w kierunku Rumi na stacji Gdynia Chylonia lub Gdynia Cisowa.

Nawierzchnia na linii kolejowej nr 250 przeważnie składa się z szyn 60E1 do stacji Gdańsk Główny oraz na wybranych odcinkach z szyn S49. Na całej linii znajdują się głównie podkłady strunobetonowe PS-94 lub INBK-7 z przytwierdzeniami typu SB4. Szybka Kolej Miejska w Trójmieście z powodu dużego natężenia występującego na linii nr 250 ciągle pracuje nad poprawą stanu infrastruktury między innymi wykonując modernizację odcinków torów (w), podbicia stabilizujące, wymianę podkładów (w), regulację torów (w) czy modernizację peronów. W ostatnim czasie wymienione zakresy robót były realizowane na stacji Gdynia Chylonia oraz przystanku Rumia Janowo.

2. METODYKA BADAŃ

Badania dźwięku w przestrzeni elektrycznego zespołu trakcyjnego serii EN57 przeprowadzono na podstawie autorskiej metodyki badawczej bazując na normie PN-EN ISO 3381:Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu wewnątrz pojazdów szynowych. Norma ta określa warunki i metodykę pomiarów hałasu wewnątrz wagonów pasażerskich oraz w miejscu pracy maszynisty. Norma określa wysokość na jakiej powinno się wykonywać pomiar dźwięku, dla miejsc siedzących jest to 1,20 m, a dla miejsc stojących przyjmuje się 1,60 m nad poziomem podłogi [7].

W celu zarejestrowania poziomów dźwięku w EZT serii EN57, użyto miernika poziomu dźwięku typu 2250Light firmy Brüel&Kjaer. Miernik poziomu dźwięku 2250Light rejestrował równoważny poziom dźwięku z korekcją częstotliwościową A i C. Dodatkowo, zarejestrowano chwilowy poziom dźwięku LAF, również z korekcją częstotliwościową A i C oraz stałą czasową FAST. Podczas prowadzonych badań, ze względu na ich specyfikę, nie użyto osłony przeciw-wietrznej (rys. 5) [2, 3, 9, 10].

Badania przeprowadzono w środkowym wagonie silnikowym EZT serii EN57 na linii kolejowej nr 250 na trasie Gdańsk Śródmieście – Rumia. Zakres badań obejmował pomiar i analizę poziomów dźwięku:

- w przestrzeni pasażerskiej pociągu podczas postoju,

2250Light sound level meter recorded the equivalent sound level with A and C frequency correction. Additionally, the instantaneous LAF sound level was recorded also with A and C frequency correction and the FAST time constant. During the conducted research, due to their specificity, no windscreen was used (Fig. 5) [2, 3, 9, 10].



Rys. 5. Miernik poziomu dźwięku B&K 2250Light [opracowanie własne]

Fig. 5. Sound level meter of B&K 2250Light [own study]

The tests were carried out in the middle motor wagon of the EMU of EN57 series on the railway line No. 250 on the Gdańsk Śródmieście - Rumia route. The scope of the tests included the measurement and analysis of sound levels:

- in the passenger space of the train during stop,
- in the passenger space of the train during start-up,
- in the passenger space of the train during running,
- in the passenger space of the train during braking
- background measurement.

In the EMU of EN57 series, two measurement points were selected: point No. 1 and point No. 2 (Fig. 6).

Measurement point No.1 was at the beginning of the second wagon at the connecting section. The door to the adjacent wagon was closed during the entire measurement, while the door connecting the compartment with the corridor remained opened. Point No.1 is the measuring point located directly on the bogie. At this point, the measurements were carried out on the

- w przestrzeni pasażerskiej pociągu podczas rozruchu,
- w przestrzeni pasażerskiej pociągu podczas jazdy,
- w przestrzeni pasażerskiej pociągu podczas hamowania,
- pomiar tła.

W pojeździe EZT serii EN57 wytypowano dwa punkty pomiaru: punkt nr 1 i punkt nr 2 (rys. 6).

Punkt pomiaru nr 1 znajdował się na początku drugiego wagonu przy członie łączącym. Drzwi do sąsiedniego wagonu przez cały pomiar były zamknięte natomiast drzwi łączące przedział z korytarzem pozostały otwarte. Punkt nr 1 jest punktem pomiaru umiejscowionym bezpośrednio na wózku. W tym punkcie wykonano pomiary na trasie Gdańsk Śródmieście – Gdynia Główna, mierząc poziom dźwięku na wysokości 1,20 m od poziomu podłogi (miejsce siedzące). Następnie, na trasie Gdynia Główna – Rumia wykonano pomiary na wysokości 1,60 m od poziomu podłogi (miejsce stojące).

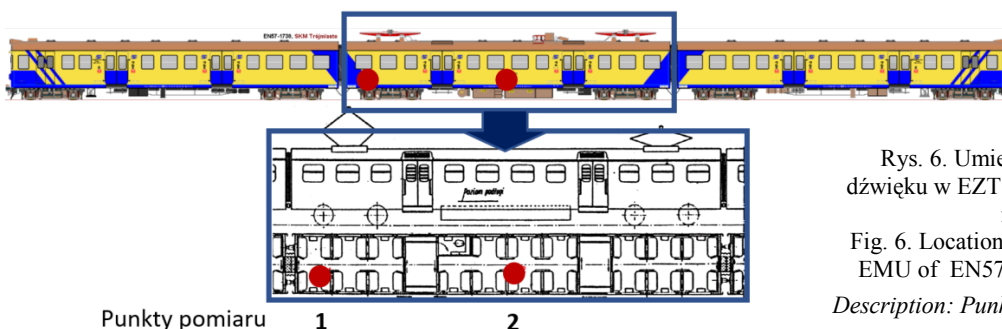
Punkt pomiaru nr 2 znajdował się w części środkowej środkowego wagonu. Drzwi łączące przedział z korytarzem przez cały pomiar były otwarte co umożliwiało swobodne poruszanie się podróżnym. W tym punkcie wykonano pomiary na trasie Rumia – Gdynia Główna na wysokości 1,60 m od poziomu podłogi (miejsce stojące). Następnie na trasie Gdynia Główna – Gdańsk Śródmieście zmierzono poziom dźwięku na wysokości 1,20 m od poziomu podłogi (miejsce siedzące).

Badania zostały wykonane podczas jazdy pociągu w którym starano się osiągnąć zbliżone warunki dla każdego z pomiarów. Wszystkie okna w pociągu były zamknięte, natomiast w przedziałach znajdowali się podróżni w stopniu 30% zapełnienia przedziału [4, 5, 6].

3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

3.1. Analiza pomiaru dźwięku w przestrzeni pasażerskiej pociągu podczas postoju

W analizie wyników badań tło akustyczne było częścią zmierzonych wartości poziomów dźwięku. Różnica pomiędzy obliczoną średnią wartością tła akustycznego a obliczonymi wartościami poziomów dźwięku wynikającymi z określonego etapu eksploatacji pociągu nie przekroczyło 20 dB. Zatem do dalszych analiz przyjmowano tło jako część hałasu bezpośredniego



Rys. 6. Umieszczenie punktów pomiaru dźwięku w EZT serii EN57 [opracowanie własne na podstawie 11]

Fig. 6. Location of sound measurement points in EMU of EN57 series [own study based on 11]

Description: Punkty pomiaru- measurement points

Gdańsk Śródmieście - Gdynia Główna route, measuring the sound level at a height of 1.20 m from the floor level (seat). Next, on the Gdynia Główna - Rumia route, measurements were taken at a height of 1.60 m from the floor level (standing place).

Measurement point No. 2 was in the middle of the middle wagon. The door connecting the compartment with the corridor was opened during the entire measurement, which allowed passengers to move freely. At this point, measurements were carried out on the Rumia - Gdynia Główna route at a height of 1.60 m from the floor (standing place). Next, on the Gdynia Główna - Gdańsk Śródmieście route, the sound level was measured at a height of 1.20 m from the floor (seat).

The tests were performed while the train was running in which the efforts were made to achieve the similar conditions for each of the measurements. All the windows in the train were closed, while the compartments were occupied by the travelers in the amount of 30% of their capacity [4, 5, 6].

3. ANALYSIS OF TEST RESULTS

3.1. Analysis of sound measurement in the passenger space of the train during the stop

In the analysis of the test results, the acoustic background noise was a part of the measured sound level values. The difference between the calculated mean value of the acoustic background and the calculated values of sound levels resulting from a specific stage of train operation did not exceed 20 dB. Thus, for further analysis, the background was taken as part of the noise directly affecting travelers.

The course of changes in sound levels during the stop of the EMU of EN57 series along the entire route is shown in Figure 7. The measurement was performed for the equivalent LAeq sound level and instantaneous LAF sound level with A and C frequency correction and the FAST time constant.

The lowest values of sound levels during the measurements were recorded for place No. 2, located in the middle of the compartment in a standing position, 1.60 m from the floor level. The rapid increase of the sound level is caused by the sound signal of opening and closing the train entrance door.

Figure 8 presents the course of sound levels during train start-up along the entire tested route in two measurement points.

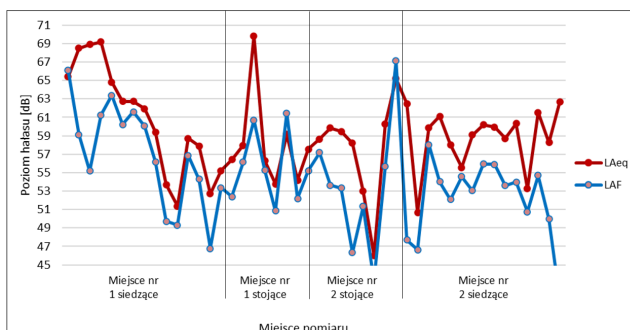
The lowest values of the measurement results were recorded for standing place No. 2, i.e. in the middle compartment of the motor wagon, while the highest results of the sound level were obtained in point No. 1 for a standing place.

The course of sound levels during train running on the entire route for two measurement places is presented in Figure 9.

wpływającego na podróżnych.

Przebieg zmian poziomów dźwięku podczas postoju EZT serii EN57 na całej trasie przedstawiono na rys.

7. Pomiar wykonano dla równoważnego poziomu dźwięku LAeq oraz chwilowego poziomu dźwięku LAF z korekcją częstotliwościową A i C oraz stałą czasową FAST.



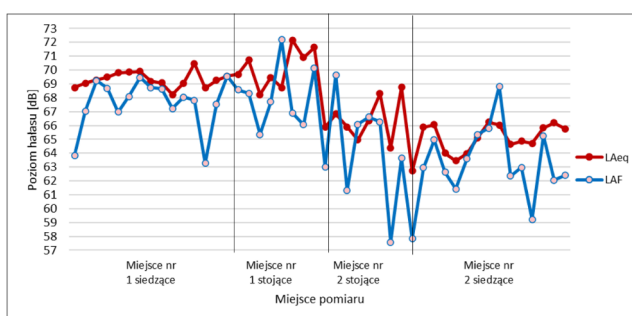
Rys. 7. Rozkład pomiaru dźwięku LAeq oraz LAF podczas postoju pociągu [opracowanie własne]

Fig. 7. Distribution of the LAeq and LAF sound measurements during the stop of train [own study]

Descriptions: Poziom hałasu [dB] – Noise level [dB], Miejsce nr 1 siedzące – Seat No. 1, Miejsce nr 1 stojące - Standing place No.1, Miejsce nr 2 siedzące – Seat No. 2, Miejsce nr 2 stojące - Standing place No.2, Miejsce pomiaru – Place of measurement

Najmniejsze wartości poziomów dźwięku podczas pomiarów odnotowano dla miejsca nr 2 zlokalizowanego na środku przedziału w pozycji stojącej 1,60 m od poziomu podłogi. Gwałtowne narastanie poziomu dźwięku jest spowodowane sygnałem dźwiękowym otwierania oraz zamykania drzwi wejściowych do pociągu.

Na rysunku nr 8 przedstawiono przebiegi poziomów dźwięku podczas rozruchu pociągu na całej badanej trasie w dwóch punktach pomiaru.

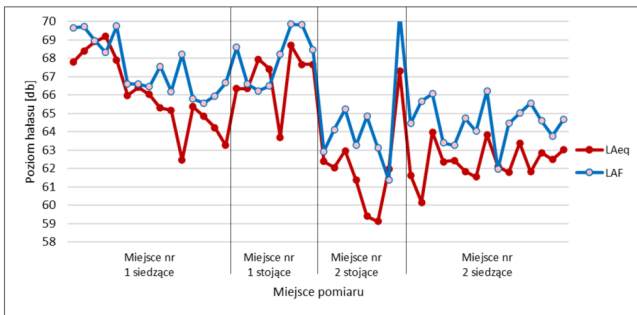


Rys. 8. Rozkład pomiaru dźwięku LAeq oraz LAF podczas rozruchu pociągu [opracowanie własne]

Fig. 8. Distribution of the LAeq and LAF sound measurements during the start-up of train [own study]

Descriptions: Poziom hałasu [dB] – Noise level [dB], Miejsce nr 1 siedzące – Seat No. 1, Miejsce nr 1 stojące - Standing place No.1, Miejsce nr 2 siedzące – Seat No. 2, Miejsce nr 2 stojące - Standing place No.2, Miejsce pomiaru – Place of measurement

Najmniejsze wartości wyników pomiarów odnotowano dla miejsca nr 2 stojącego, czyli w środkowym przedziale wagonu silnikowego, natomiast najwyższe wyniki poziomu dźwięku uzyskano w punkcie nr 1 dla miejsca stojącego.



Rys. 9. Rozkład pomiaru dźwięku LAeq oraz LAF podczas jazdy [opracowanie własne]

Fig. 9. Distribution of the LAeq and LAF sound measurements during running [own study]

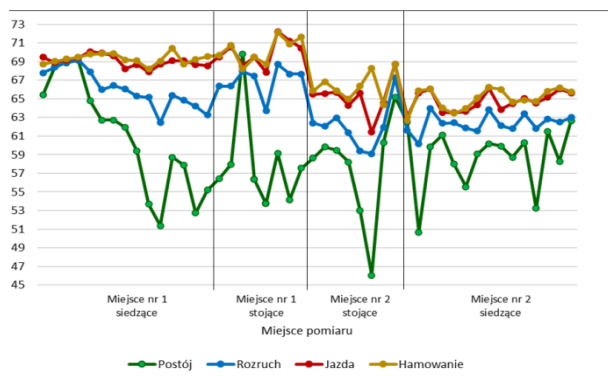
Descriptions: Poziom hałas [dB] – Noise level [dB], Miejsce nr 1 siedzące – Seat No. 1, Miejsce nr 1 stojące - Standing place No.1, Miejsce nr 2 siedzące – Seat No. 2, Miejsce nr 2 stojące - Standing place No.2, Miejsce pomiaru – Place of measurement

The lowest values of the sound level results were recorded for standing place No. 2 in the middle compartment of the motor wagon.

The course of sound levels during braking of the train along the entire route for two measuring points is presented in Figure 10.

The lowest values of the recorded sound level results were recorded for standing place No. 2, i.e. in the middle compartment of the motor wagon.

During all operational activities of the train such as: stop, starting-up, running, braking, the lower sound levels were recorded for the measurement point No. 2 located in the middle compartment of the motor wagon than in the case of the place No. 1 located directly above the driving bogie (Fig. 11).



Rys. 11. Wyniki pomiarów dźwięku a) LAeq oraz b) LAF dla miejsca pomiarowego nr 1 i 2 [opracowanie własne]

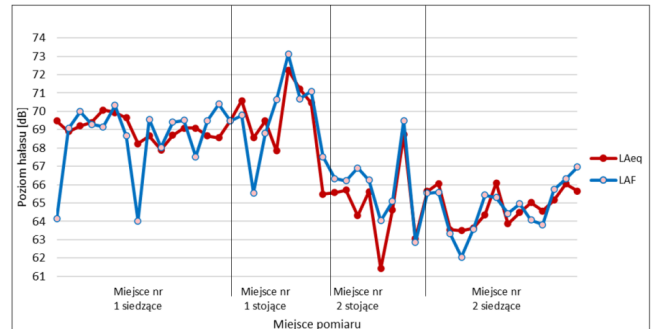
Fig. 11. Results of sound measurements a) LAeq and b) LAF for the measuring places No. 1 and 2 [own study]

Descriptions: Poziom hałas [dB] – Noise level [dB], Miejsce nr 1 siedzące – Seat No. 1, Miejsce nr 1 stojące - Standing place No.1, Miejsce nr 2 siedzące – Seat No. 2, Miejsce nr 2 stojące - Standing place No.2, Miejsce pomiaru – Place of measurement, Postój – Stop, Rozruch – Starting-up, Jazda – Running, Hamowanie - Braking

Przebieg poziomów dźwięku podczas jazdy pociągu na całej trasie dla dwóch miejsc pomiaru przedstawiono na rys. 9.

Najmniejsze wartości wyników poziomów dźwięku odnotowano dla miejsca nr 2 stojącego w środkowym przedziale wagonu silnikowego.

Przebieg poziomów dźwięku podczas hamowania pociągu na całej trasie dla dwóch punktów pomiarowych przedstawiono na rys. 10.

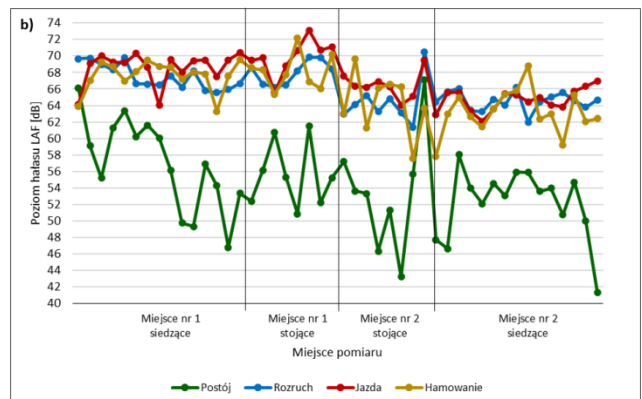


Rys. 10. Rozkład pomiaru dźwięku LAeq oraz LAF podczas hamowania [opracowanie własne]

Fig. 10. Distribution of the LAeq and LAF sound measurements during braking [own study]

Descriptions: Poziom hałas [dB] – Noise level [dB], Miejsce nr 1 siedzące – Seat No. 1, Miejsce nr 1 stojące - Standing place No.1, Miejsce nr 2 siedzące – Seat No. 2, Miejsce nr 2 stojące - Standing place No.2, Miejsce pomiaru – Place of measurement

Najmniejsze wartości zarejestrowanych wyników poziomów dźwięku odnotowano dla miejsca nr 2 stojącego, czyli w środkowym przedziale wagonu silnikowego.



Podczas wszystkich czynności eksploatacyjny pociągu takich jak: postój, rozruch, jazda, hamowanie, niższe poziomy dźwięku zarejestrowano dla punktu pomiarowego nr 2 znajdującego się w środkowym przedziale wagonu silnikowego niż w przypadku miejsca nr 1 położonego bezpośrednio nad wózkiem napędnym (rys. 11).

The lowest noise level was registered during the stop of train and the highest noise level was registered while braking. In the analysis of the results of sound levels during starting-up, running and braking, the recording of noise levels in a similar range is noticeable. The registered sound level during the stop differs significantly from these values.

According to the carried out tests in the EN57 trains of SKM a person using this means of transport deals with an equivalent sound level LAeq - from 46.03 dB to 72.24 dB and the instantaneous LAF sound level - from 41.33 dB to 73.11 dB. The sound level recorded in SKM trains in these ranges causes fatigue of nervous system and prolonged exposure may have a significantly negative impact on health.

4. SUMMARY

The paper presents the results of sound tests in the passenger space of the EN57 series electric multiple unit (EMU) during the stop, starting-up, running and braking, which were carried out on the basis of the author's research methodology based on the PN-EN ISO 3381 standard: Railway applications. Acoustics. Measurement of noise inside rail vehicles. The measurement results showed the lowest sound levels during the stop, while the place with a lower level of noise exposure turned out to be the middle compartment in the motor wagon. In the analyzed set, the equivalent LAeq sound level fluctuated in the range of 46.03 - 72.24 dB and the instantaneous LAF sound level changed from 41.33 dB to 73.11 dB. For the measuring point No. 1 located directly above the driving bogie, there were nine LAeq and LAF results during running and braking, the sound level of which is higher than 70 dB and noise exposure at the level of 70 dB negatively affects health. No sound levels higher than 70 dB were recorded at measuring point No.2. By comparing the acoustic climate inside the EMU wagon between a seating place, measured at 1.20 m above floor level, and a standing position measured at 1.60 m above floor level, this seating position provides passengers with greater comfort due to lower sound levels. The conclusions of the carried out tests are the concept of continuing the tests of the acoustic climate in the newer and modernized trains of Fast Urban Railway (SKM) in the Tricity.

Additionally, it was planned to conduct the analysis of power spectrum of the recorded sound levels and the survey of the satisfaction of travelers.

Najniższy poziom hałasu zarejestrowano podczas postoju pociągu a najwyższy poziom hałasu zarejestrowano w czasie hamowania. W analizie wyników poziomów dźwięku podczas rozruchu, jazdy jak i hamowania zauważalna jest rejestracja poziomów hałasu w zbliżonym zakresie. Zarejestrowany poziom dźwięków podczas postoju w znacznym stopniu odbiega od tych wielkości.

Według przeprowadzonych badań w składach EN57 Szybkiej Kolei Miejskiej, osoba korzystająca z tego środka lokomocji ma do czynienia z równoważnym poziomem dźwięku LAeq - od 46,03 dB do 72,24 dB oraz chwilowym poziomem dźwięku LAF - od 41,33 dB do 73,11 dB. Poziom dźwięku zarejestrowany w pociągach SKM w niniejszych zakresach powoduje zmęczenie układu nerwowego a dłuższa ekspozycja może wpływać znacznie niekorzystnie na stan zdrowia.

4. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono wyniki badań dźwięku w przestrzeni pasażerskiej elektrycznego zespołu trakcyjnego (EZT) serii EN57 podczas postoju, rozruchu, jazdy oraz hamowania, które przeprowadzono na podstawie autorskiej metodyki badawczej bazując na normie PN-EN ISO 3381:Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu wewnątrz pojazdów szynowych. Wyniki pomiarów wskazały najniższe poziomy dźwięku podczas postoju pociągu, natomiast miejscem z mniejszym poziomem na ekspozycję hałasu okazał się środkowy przedział w wagonie silnikowym. W analizowanym składzie równoważny poziom dźwięku LAeq oscylował w przedziale 46,03 - 72,24 dB oraz chwilowy poziom dźwięku LAF zmieniał się od 41,33 dB do 73,11 dB. Dla punktu pomiarowego nr 1 zlokalizowanego bezpośrednio nad wózkiem napędnym odnotowano dziewięć wyników LAeq oraz LAF podczas jazdy i hamowania, których poziom dźwięku jest wyższy od 70 dB a ekspozycja na hałas na poziomie 70 dB wpływa negatywnie na zdrowie. W punkcie pomiaru nr 2 nie odnotowano poziomów dźwięku wyższych niż 70 dB. Porównując klimat akustyczny wewnątrz wagonu EZT między miejscem siedzącym, pomiar na wysokości 1,20 m od poziomu podłogi, a stojącym, pomiar na wysokości 1,60 m od poziomu podłogi, to miejsce siedzące dostarcza podróżującym większy komfort spowodowany niższymi poziomami dźwięku. Wnioskami wynikającymi z przeprowadzonych badań jest koncepcja kontynuacji badań klimatu akustycznego w nowszych i zmodernizowanych składach Szybkiej Kolei Miejskiej w Trójmieście. Dodatkowo zaplanowano przeprowadzenie analiz widma mocy zarejestrowanych poziomów dźwięku oraz ankietyzację zadowolenia podróżnych.

Bibliography / Bibliografia

- [1] Grupa PKP – Raporty Roczne 2005 – 2019.
- [2] Kirpluk M.: *Podstawy akustyki*, Warszawa, 2012.
- [3] Licow R.: *Ocena uszkodzeń powierzchni tocznej szyn kolejowych za pomocą zjawisk wibroakustycznych*, Praca doktorska, Politechnika Poznańska, 2018
- [4] Orczyk M.: *Analiza hałasu wewnętrznego autobusów komunikacji miejskiej*, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, 2018
- [5] Orczyk M., Tomaszewski F.: *Klimat akustyczny w wybranych typach tramwajów na postoju*, Czasopismo techniczne, Politechnika Krakowska, 2012
- [6] Orczyk M., Tomaszewski F.: *Porównanie hałasu panującego we wnętrzu wybranych typów pojazdów szynowych podczas jazdy*, Politechnika Poznańska, Pojazdy szynowe 3/2014
- [7] PN-EN ISO 3381: Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu wewnątrz pojazdów szynowych.
- [8] Regulamin sieci kolejowej zarządzanej przez PKP Szybka Kolej Miejska w Trójmieście Sp. z o.o
- [9] www.bruel.com.pl
- [10] www.hifi.pl
- [11] www.transportszynowy.pl
- [12] www.wikiwand.com