

# Niekorzystne oddziaływania taboru szynowego w mieście

dr hab. inż. Tomasz Błaszczyński, Eur Ing CEng MStructE, prof. uczelni, Politechnika Poznańska

## 1. Wprowadzenie

Pierwsza linia kolejowa określana mianem „tramwaju” – *Swansea and Mumbles Railway*, została otwarta w 1804 roku w Wielkiej Brytanii i służyła do transportu węgla oraz rudy żelaza. Transport pasażerski został uruchomiony w roku 1807. W tym czasie słowo „tram” oznaczało jeszcze wagoniki kopalniane, zaś sama linia zaliczana była w późniejszych brytyj-

powstała pierwsza linia w Gdańsku, w 1877 roku we Wrocławiu, w 1879 roku w Szczecinie, w 1880 roku w Poznaniu oraz w 1882 roku w Krakowie. W Sopocie prywatny tramwaj konny ruszył 1 maja 1884 roku, przetrwał do początku XX wieku. W następnych latach linie tramwajów konnych były uruchamiane w kolejnych miastach, zaś ostatnim miastem otwierającym sieć tego typu tramwaju był Kostrzyn nad Odrą w roku 1903 [1].

**Rys. 1, 2.** Przykłady tramwajów konnych z drugiej połowy XIX wieku



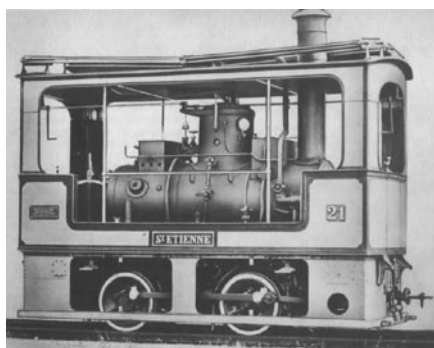
skich publikacjach zarówno do linii kolejowych, jak i tramwajowych. Pierwszy tramwaj miejski pojawił się za sprawą inżyniera Johna Stephensona w Nowym Jorku w 1832 roku. Wagoniki były ciągnięte przez konie po szynach ułożonych w ulicy. W 1835 roku otwarta została pierwsza linia tramwajowa w Nowym Orleanie, dając początek najstarszej, funkcjonującej nieprzerwanie sieci tramwajowej świata (rys. 1, 2). Od lat 60. XIX wieku tramwaje rozpowszechniły się w Europie, w tym czasie też we Francji pojawiły się pierwsze tramwaje parowe (rys. 3). W 1879 roku w Nantes inż. Mękarski zbudował system tramwajowy oparty o wagony wyposażone w zbiorniki sprężonego powietrza (uzupełnianego na stacjach krańcowych) napędzającego silniki pneumatyczne; tramwaje te kursowały tam przez 34 lata [1].

Na terenie obecnej Polski pierwszą linię tramwaju konnego uruchomiono w 1866 roku w Warszawie, służyła do komunikacji między dworcami kolejowymi. W 1873 roku

Pierwszy eksperymentalny tramwaj elektryczny skonstruowany przez Wernera Siemensu uruchomiono w Groß-Lichterfelde (obecnie dzielnica Berlina) w 1881 roku, zaś do wybuchu I wojny światowej prawie wszystkie sieci tramwajowe zelektryfikowano (rys. 4).

Na dzisiejszym terenie Polski tramwaje elektryczne po raz pierwszy pojawiły się na ulicach Wrocławia w 1893 roku, następnie w 1894 roku we Lwowie (pierwszy w monarchii austro-węgierskiej, uruchomiony z okazji Powszechnej Wystawy Krajowej), kolejne w 1895 roku w Bielsku i Elblągu, w 1896 roku w Bydgoszczy, Gdańsku i Grudziądzu, w 1897 roku w Szczecinie i Zgorzelcu, w 1898 roku na Górnym Śląsku, w Legnicy, Łodzi (pierwsze w Królestwie Polskim), Poznaniu, Słubicach i Wałbrzychu, w 1899 roku w Toruniu i Gorzowie, w 1900 roku w Jeleniej Górze oraz w 1901 roku w Krakowie. Kolejnymi miastami uruchamiającymi linie tramwajów elektrycznych na ziemiach polskich był Gubin (1904 r.),

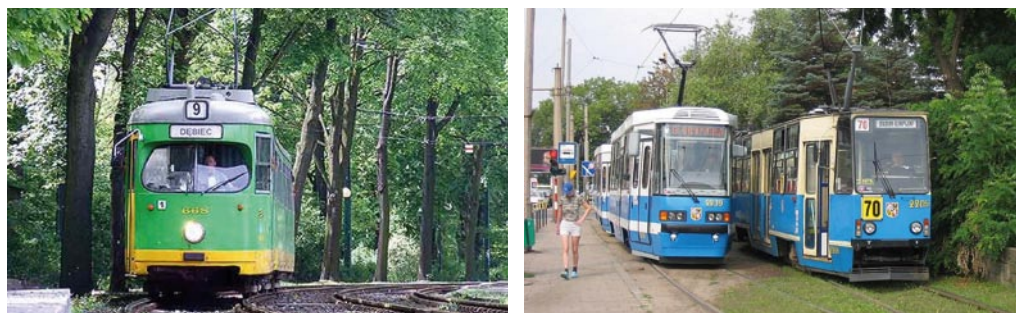
**Rys. 3.** Francuski tramwaj parowy z drugiej połowy XIX wieku



**Rys. 4.** Jeden z pierwszych czeskich tramwajów elektrycznych



**Rys. 5.** Przykładowe tramwaje obsługujące dzisiaj linie w Poznaniu i we Wrocławiu



Olsztyn (1907 r.), Warszawa (od 1908 r.) i Słupsk (1910 r.). Spuścizną poróżbierową był brak unifikacji szerokości torowisk. Z początkiem XX wieku zaczęto już tylko realizować normalnotorowe torowiska (szerokość 1435 mm), pierwsze wykonano w Bytomiu i Katowicach, a w kolejnych latach następowały już unifikacje torowisk, m.in. w Krakowie w 1913 roku (z 900 mm) i w Warszawie w 1946 roku (z 1525 mm). Regres w dziedzinie rozbudowy transportu publicznego w oparciu o transport szynowy nastąpił na początku lat 60. ubiegłego wieku z chwilą wzrostu popularności transportu samochodowego [1]. Dopiero lata 80. przyniosły kolejny renesans dla transportu publicznego z uwagi na zanieczyszczenia środowiska, ale także korki uliczne. Stara infrastruktura drogowa prawie wszystkich aglomeracji skazywała na symbiozę ruch tramwajowy i kołowy. Od tego czasu wiele miast na świecie powraca do systemu komunikacji zawierającego tramwaje jako środek komunikacji wydajniejszy, tańszy w eksploatacji, a także bardziej ekologiczny niż autobus.

A obecnie w polskich miastach jeździ mieszany tabor tramwajowy od lat 80. po XXI wiek (rys. 5), a także coraz częściej spotyka się tabor z miast holenderskich czy niemieckich, przekazywany w wyniku modernizacji taboru w tych krajach. Ze względu na brak linii metra w wielu polskich miastach tabor szynowy jest jedynym niezależnym od korków ulicznych i staje się w dzisiejszych czasach podstawową gałęzią niezależnego transportu publicznego. Stąd w zapisach do wielu planów zagospodarowania przestrzennego tramwaj ma stanowić podstawę komunikacji w mieście, tak jest m.in. w Poznaniu od 1994 roku.

Stąd coraz więcej miast rozwija szybką kolej miejską, która w przypadku Poznania od roku 1997 przybrała postać Poznańskiego Szybkiego Tramwaju nazwanego przez poznańskich „Pestką”, a także poszukuje coraz nowszych rozwiązań technicznych (rys. 6).

## 2. Niekorzystne oddziaływanie taboru szynowego w mieście

Do niekorzystnych oddziaływań taboru tramwajowego możemy zaliczyć oddziaływania dynamiczne i akustyczne. Oddziaływania dynamiczne ograniczone są praktycznie do strefy kilku metrów i dotyczą głównie zabudowy zwartej w ścisłych centrach, gdzie odległość torowiska od budynków



**Rys. 6.** Przykładowe tramwaje mogące obsługiwać szybką kolej miejską

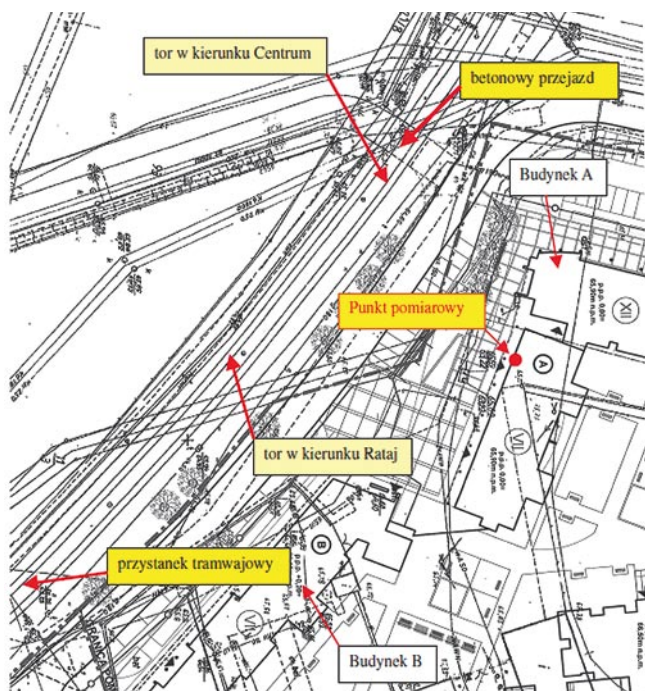
nie jest większa niż 5–6 m. W pozostałych przypadkach nadal aktualne są wpływy akustyczne (hałasu), gdyż dotyczą one budynków lokalizowanych w strefie nawet kilkudziesięciu metrów [2].

Hałas i związane z nim wibracje zalicza się do czynników zanieczyszczenia środowiska. Strefa obciążenia hałasem obejmuje ponad 20% powierzchni naszego kraju. Często ten problem jest bagatelizowany, ponieważ skutki oddziaływania nie są natychmiastowe. Już pod koniec lat dziewięćdziesiątych ub. wieku (według danych Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska) ponad 10 mln mieszkańców dużych miast i 4,5 mln małych miast było stale narażonych na hałas przekraczający 70 dB. Hałas to każdy uciążliwy, szkodliwy bądź niebezpieczny dla zdrowia dźwięk. Człowiek reaguje na dźwięki o częstotliwości od 20 do 20 000 Hz. Negatywny wpływ na zdrowie mogą mieć także niesłyszalne dla nas infradźwięki (dźwięki poniżej 20 Hz) i ultradźwięki (dźwięki powyżej 20 kHz). Z danych Ministerstwa Środowiska wynika, że hałas drogowy w dużych miastach osiąga poziom 75 dB. Prawie połowie mieszkańców miast najbardziej dokucza hałas wytwarzany przez środki komunikacji drogowej, szynowej i lotniczej. Szkodliwość oddziaływania hałasu zależy nie tylko od poziomu ciśnienia akustycznego, ale także od tego, jak długo jesteśmy narażeni na odbiór głośnych dźwięków. Badania wykazały, że po przekroczeniu poziomu 75 dB występują wyraźne zaburzenia funkcji fizjologicznych organizmu. Obliczono, że w każdym roku poziom hałasu w dużych ośrodkach miejskich wzrasta o jeden decybel, a aż 40% mieszkańców dużych miast



(od 200 tys. do 1 mln i powyżej) jest narażonych na szkodliwe działanie hałasu [3–5].

Hałas dociera także do wnętrza domów; są to odgłosy zarówno z zewnątrz, jak i od wewnątrz pomieszczenia. Hałas zewnętrzny jest bardziej dokuczliwy i głośniejszy, jeżeli w pobliżu znajduje się często uczęszczana droga, zakład przemysłowy, tor czy korytarz powietrzny. Należy również podkreślić, że około 450 mln mieszkańców Europy (czyli 65% populacji) przez 24 godziny na dobę jest narażonych na oddziaływanie hałasu o natężeniu 55 dB, który wywołuje niepokój i negatywnie wpływa na zdrowie, natomiast około 113 mln ludzi (17% populacji) jest narażonych na hałas o natężeniu powyżej 65 dB, to znaczy powyżej poziomu, w którym obserwuje się poważne negatywne skutki zdrowotne oraz że około 10 mln ludzi żyje w środowisku, w którym hałas przekracza poziom 75 dB przez 24 godziny. Ponadto w dużych miastach procent populacji narażonej na oddziaływanie hałasu o natężeniu szkodliwym dla zdrowia jest dwu-, a nawet trzykrotnie większy niż w całym kraju [6]. Od tego, czy dom będzie odpowiednio wyciszony akustycznie, zależy jakość życia jego mieszkańców. Warto zwrócić uwagę na odpowiednie parametry akustyczne materiałów budowlanych i zadbać o odpowiednie wyciszenie domu już na etapie planowania. Przed przystąpieniem do budowy dobrze jest poznać plany zagospodarowania otaczającego terenu. Kolejnym krokiem jest dobór materiałów budowlanych o właściwych parametrach izolacyjności akustycznej (zwłaszcza okien i drzwi). Jeżeli okolica budynku jest bardzo hałaśliwa, warto zainwestować w okna o podwyższonej izolacyjności akustycznej. Taki efekt uzyskuje się przez zastosowanie szyb warstwowych, laminowanych lub wprowadzenie do przestrzeni między szybami gazu ciężkiego, np. kryptonu.



**Rys. 7.** Analizowany odcinek torowiska wraz z lokalizacją punktu pomiarowego

Poza tym obecnie obowiązujące prawo budowlane w postaci Ustawy Prawo Ochrony Środowiska (Dz.U. Nr 62, poz. 637, z 2001 r. z p. zm.) w art. 112 stanowi, że ochrona przed hałasem polega na zapewnieniu jak najlepszego stanu akustycznego środowiska, w szczególności poprzez utrzymanie poziomu hałasu poniżej dopuszczalnego lub co najmniej na tym poziomie, a w przypadku przekroczeń zmniejszenie poziomu hałasu do co najmniej dopuszczalnego. Natomiast art. 174 ust. 1 wymaga, że eksploatacja dróg, linii kolejowych, linii tramwajowych, lotnisk oraz portów nie może powodować przekroczenia standardów jakości środowiska. Należy także zauważyć, że art. 118 ust. 8 ustala, iż teren zagrożony hałasem to teren, dla którego przekroczone są poziomy hałas w stopniu wymagającym podjęcia przedsięwzięć ochronnych w pierwszej kolejności, czyli po przekroczeniu poziomów progowych. Progowy poziom hałasu to taka wartość poziomu ciśnienia akustycznego, po przekroczeniu którego występują wyraźne zaburzenia funkcji fizjologicznych organizmu.

Do wspomnianego powyżej prawa ustawodawczego wydano także odpowiednie przepisy wykonawcze. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2007 nr 120, poz. 826 z późn. zm.) dla terenów:

- w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców wartości dopuszczalne poziomu dźwięku A wynoszą odpowiednio:

- w porze dziennej – równoważny poziom dźwięku A dla 16 h:  $L_{AeqD} = 65$  dB,

- w porze nocnej – równoważny poziom dźwięku A dla 8 h:  $L_{AeqN} = 55$  dB;

- dla terenów zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej, terenów zabudowy zagrodowej, terenów rekreacyjno-wypoczynkowych i terenów mieszkaniowo-usługowych wartości dopuszczalne poziomu dźwięku A wynoszą odpowiednio:

- w porze dziennej – równoważny poziom dźwięku A dla 16 h:  $L_{AeqD} = 60$  dB,

- w porze nocnej – równoważny poziom dźwięku A dla 8 h:  $L_{AeqN} = 50$  dB;

- dla terenów zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej, terenów zabudowy związanej ze stałym lub czasowym przebywaniem dzieci i młodzieży, terenów domów opieki społecznej i terenów szpitali w miastach wartości dopuszczalne poziomu dźwięku A wynoszą odpowiednio:

- w porze dziennej – równoważny poziom dźwięku A dla 16 h:  $L_{AeqD} = 55$  dB,

- w porze nocnej – równoważny poziom dźwięku A dla 8 h:  $L_{AeqN} = 50$  dB.

Natomiast zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 stycznia 2002 r. w sprawie progowych poziomów hałasu (Dz.U. Nr 8, poz. 81 z późn. zm.) progowy poziom dźwięku A dla terenów zabudowy mieszkaniowej wynosi dla pory dziennej  $L_{A,prog} = 75$  dB i dla pory nocnej  $L_{A,prog} = 67$  dB.

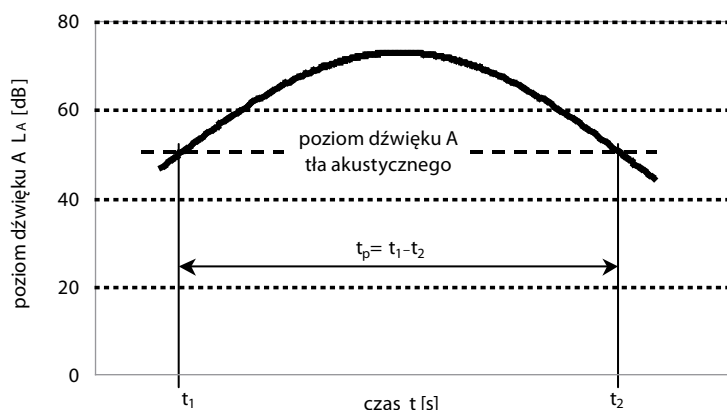
Aby określić uciążliwość hałasową spowodowaną taborem tramwajowym, przeprowadzono badania hałasu od przejeżdżających tramwajów na jednym z nowych osiedli mieszkaniowych w Poznaniu (rys. 7).

Na analizowanym odcinku badawczym (rys. 7) wizja lokalna wykazała zaskakująco dużą liczbę przejeżdżających tramwajów: ponad 600 w ciągu dnia (od godz. 6<sup>00</sup> do 22<sup>00</sup>) i ponad 60 w nocy (w godzinach od 22<sup>00</sup> do 23<sup>00</sup> i od 4<sup>00</sup> do 6<sup>00</sup>) [3]. Zgodnie z warunkami wynikającymi z Planu Ogólnego Zagospodarowania Przestrzennego miasta Poznania dla analizowanego obszaru przewidywana jest zabudowa śródmiejska mieszkalno-usługowa i ogólnomiejska (II Ma1.mu). W związku z tym zapis w decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu w sprawie dotyczącej warunków akustycznych, wynikający z powyższych ustaleń Planu Ogólnego Zagospodarowania Przestrzennego miasta Poznania, mówi w pkt. 6, że: „Należy dążyć do zachowania komfortu akustycznego 60 dB w porze dziennej oraz 50 dB w porze nocnej, stosując zasady akustyki architektonicznej i urbanistycznej. Zaleca się stosowanie okien o podwyższonej izolacyjności akustycznej”. Dlatego też współczynnik izolacji akustycznej dla fasad i okien powinien zostać podniesiony ponad standardowe parametry do ok. 40 dB przez zastosowanie odpowiedniego szklenia, które jest wypełnione, w komorze międzyszybowej, gazem SF<sub>6</sub> oraz zastosowanie w ścianach dwuwarstwowych wełny mineralnej. Pomiary przeprowadzono w czasie pomiędzy 11<sup>00</sup> a 14<sup>00</sup> dla pory dziennej oraz pomiędzy 22<sup>00</sup> a 23<sup>00</sup> i pomiędzy 5<sup>00</sup> a 6<sup>00</sup> dla pory nocnej. Badania przeprowadzono, wykorzystując analizator dźwięku i drgań SVAN 912 AE, który umożliwiał rejestrację przebiegów czasowych poziomu dźwięku A (czas próbkowania przyjęto 0,1 s). Przyrząd był kalibrowany przed każdą sesją pomiarową i po niej za pomocą kalibratora KA-10.

Procedura składała się z dwóch części:

- pomiarowej,
- obliczeniowej.

W części pomiarowej zarejestrowano dziesięć jednominutowych przebiegów czasowych poziomu dźwięku A, w okresie gdy nie przejeżdżały tramwaje zarówno dla pory dziennej, jak i dla pory nocnej. Na podstawie tych wyników badań określono równoważny poziom dźwięku A tła akustycznego  $L_{A,eq,tlo}$  dla pory dziennej, jak i dla pory nocnej, korzystając z zależności [7–9].



$$L_{A,eq,tlo} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{A,eq,tlo,i}} \right], \quad N = 10 \quad (1)$$

$$L_{A,eq,tlo,i} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} 10^{L_A(t)} dt \right]$$

gdzie  $t_1 = 0$ ,  $t_2 = 60$  s.

Następnie rejestrowano przebieg czasowy poziomu dźwięku A podczas przejazdu tramwaju. Zarejestrowano następującą liczbę przebiegów czasowych i tak:

- pora dzienna po 10 rejestracji,
- pora nocna po 6 rejestracji.

Dla każdego z zarejestrowanych przebiegów czasowych poziomu dźwięku A wyznaczono równoważny poziom dźwięku A  $L_{A,eq,tram,i}$  oraz czas przejazdu tramwaju  $t_{p,i}$ . Wielkości te wyznaczono, korzystając z drugiej zależności wzoru (1), gdzie czasy  $t_1$  i  $t_2$  odpowiadają czasom, dla których poziom dźwięku A hałasu generowanego przez przejeżdżający tramwaj jest równy równoważnemu poziomowi dźwięku A tła akustycznego. Zilustrowano to graficznie na rysunku 8.

Następnie wyliczono zarówno dla pory dziennej, jak i dla pory nocnej:

- równoważny poziom dźwięku A tramwaju

$$L_{A,eq,tram,z} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{A,eq,tram,i}/10} \right] \quad (2)$$

- średni czas trwania przejazdu tramwaju

$$t_{p,z} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{p,z,i} \quad (3)$$

Następnie znając, że w czasie  $T = 16$  h pory dziennej przejeżdża w jednym kierunku  $N_d = 308$  tramwajów oraz, że w czasie  $T = 2,3$  h pory nocnej przejeżdża  $N_n = 32$  tramwajów, wyznaczono równoważny poziom dźwięku A panujący na balkonie usytuowanym na czwartej kondygnacji budynku mieszkalnego (punkt pomiarowy – rysunek 7):

$$L_{A,eq} = 10 \cdot \log \left\{ \frac{1}{T} \left[ \frac{2 \cdot N_d \cdot t_p}{3600} \cdot 10^{L_{A,eq,tram}/10} + \left( T - \frac{2 \cdot N_d \cdot t_p}{3600} \right) \cdot 10^{L_{A,eq,tlo}/10} \right] \right\} \quad (4)$$

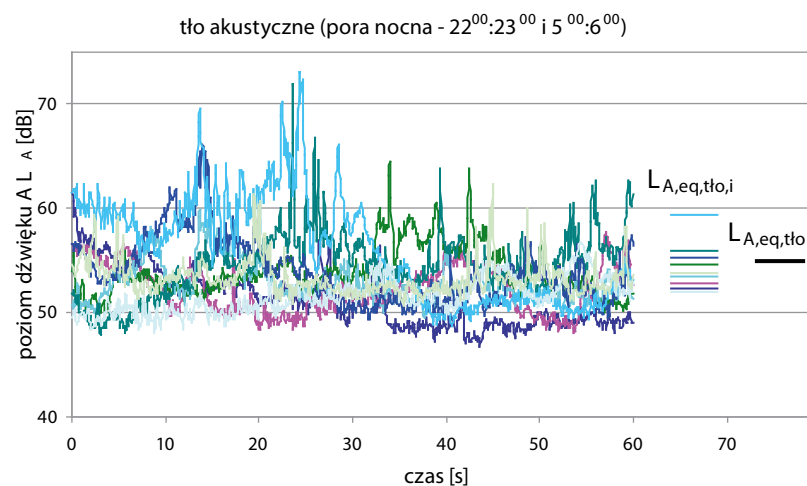
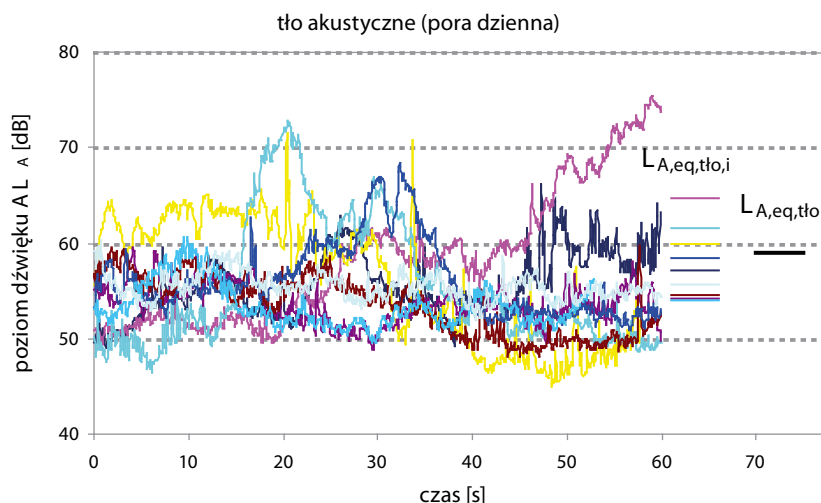
Wyniki rejestracji poziomu dźwięku A tła akustycznego przedstawiono na rysunkach 9 i 10.

Wyniki badań hałasu emitowanego przez przejeżdżający tramwaj zebrano na rysunkach i w tabelach. I tak:

- pora dzienna – rysunek 11 oraz tabela 1,
- pora nocna – rysunek 12 oraz tabela 2.

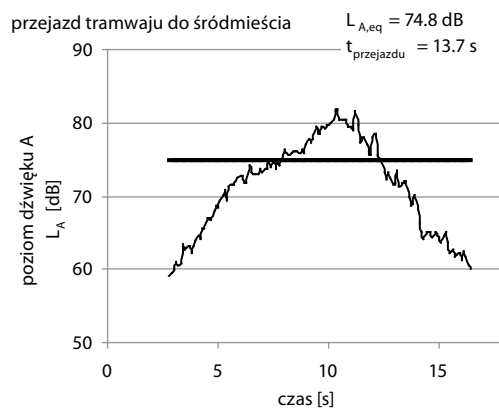
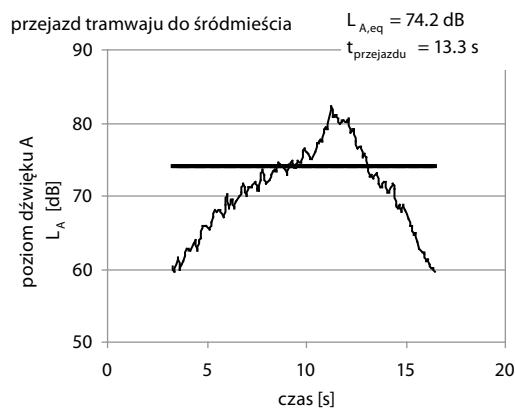
**Rys. 8.** Schemat wyznaczania równoważnego poziomu dźwięku A hałasu przejeżdżającego tramwaju  $L_{A,eq,tram,i}$  oraz czasu przejazdu  $t_{p,i}$

**Rys. 9.** Przebiegi czasowe poziomu dźwięku  $A$  tła akustycznego  $L_{A,i}(t)$  i odpowiadające im wartości równoważnego poziomu dźwięku  $A$   $L_{A,eq,tlo,i}$ ; pora dzienna; równoważny poziom dźwięku  $A$  dla próby  $L_{A,eq,tlo} = 59,0$  dB

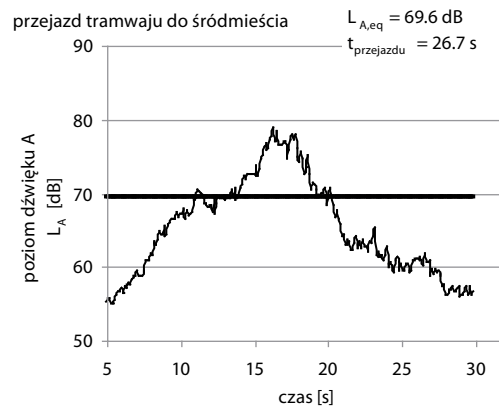
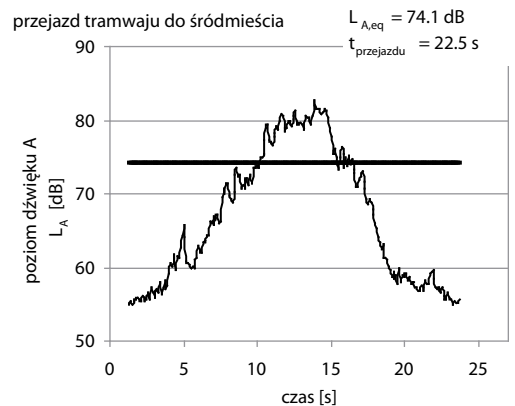


**Rys. 10.** Przebiegi czasowe poziomu dźwięku  $A$  tła akustycznego  $L_{A,i}(t)$  i odpowiadające im wartości równoważnego poziomu dźwięku  $A$   $L_{A,eq,tlo,i}$ ; pora nocna; równoważny poziom dźwięku  $A$  dla próby  $L_{A,eq,tlo} = 54,9$  dB

**Rys. 11.** Przykładowe przebiegi czasowe poziomu dźwięku  $A$  podczas przejazdu tramwaju dla pory dziennej



**Rys. 12.** Przebiegi czasowe poziomu dźwięku  $A$  podczas przejazdu tramwaju porą nocną



**Tabela 1.** Zestawienie wartości równoważnego poziomu dźwięku A i czasu przejazdu tramwaju dla pory dziennej

Nr pomiaru	Czas przejazdu $t_{p,do,i}$ [s]	Równoważny poziom dźwięku A $L_{A,eq,tram,do,i}$ [dB]
1	16,0	70,5
2	13,1	74,4
3	15,4	73,4
4	16,7	73,0
5	13,3	74,2
6	13,7	74,8
7	16,2	73,3
8	17,2	73,3
9	16,1	74,7
10	13,1	73,9
<b>Średnia</b>	<b><math>t_{p,do} = 15,1</math></b>	<b><math>L_{A,eq,tram,do} = 73,7</math></b>
<b>Odchylenie standardowe</b>	<b>1,6</b>	<b>1,2</b>

- Zestawienie wyników pomiarów dla pory dziennej przedstawiono dalej.

Analizowany czas pomiarów:

$$T = 16 \text{ h}$$

Liczba tramwajów przejeżdżających w jednym kierunku:

$$N_i = 308$$

Równoważny poziom dźwięku A tła akustycznego:

$$L_{A,eq,tlo} = 59,0 \text{ dB}$$

Równoważny poziom dźwięku A przejeżdżającego tramwaju:

$$L_{A,eq,tram,do} = 73,7 \text{ dB}$$

Średni czas trwania przejazdu tramwaju:

$$t_{p,do} = 15,1 \text{ s}$$

W związku z powyższym równoważny poziom dźwięku A panujący na balkonie usytuowanym na czwartej kondygnacji budynku mieszkalnego (punkt pomiarowy – rysunek 7) wyniósł:

$$L_{A,eq} = 66,2 \text{ dB}$$

przy dopuszczalnym poziomie dźwięku A dla terenów zabudowy mieszkaniowej:

$$L_{A,dop} = 60 \text{ dB}$$

oraz progowym poziomie dźwięku A dla terenów zabudowy mieszkaniowej:

$$L_{A,prog} = 75 \text{ dB}$$

- Zestawienie wyników pomiarów dla pory nocnej przedstawiono dalej.

Analizowany czas pomiarów:

$$T = 2,3 \text{ h}$$

Liczba tramwajów przejeżdżających w jednym kierunku:

$$N_i = 32$$

Równoważny poziom dźwięku A tła akustycznego:

$$L_{A,eq,tlo} = 54,9 \text{ dB}$$

Równoważny poziom dźwięku A przejeżdżającego tramwaju:

$$L_{A,eq,tram,do} = 72,3 \text{ dB}$$

**Tabela 2.** Zestawienie wartości równoważnego poziomu dźwięku A i czasu przejazdu tramwaju dla pory nocnej

Nr pomiaru	Czas przejazdu $t_{p,do,i}$ [s]	Równoważny poziom dźwięku A $L_{A,eq,tram,do,i}$ [dB]
1	20,9	72,8
2	17,3	71,3
3	22,5	74,1
4	26,7	69,6
5	22,1	71,1
6	22,5	73,2
<b>Średnia</b>	<b><math>t_{p,do} = 22,0</math></b>	<b><math>L_{A,eq,tram,do} = 72,3</math></b>
<b>Odchylenie standardowe</b>	<b>3,0</b>	<b>1,6</b>

Średni czas trwania przejazdu tramwaju:

$$t_{p,do} = 22,0 \text{ s}$$

W związku z powyższym równoważny poziom dźwięku A panujący na balkonie usytuowanym na czwartej kondygnacji budynku mieszkalnego (punkt pomiarowy – rysunek 7) wyniósł:

$$L_{A,eq} = 64,2 \text{ dB}$$

przy dopuszczalnym poziomie dźwięku A dla terenów zabudowy mieszkaniowej:

$$L_{A,dop} = 50 \text{ dB}$$

oraz progowym poziomem dźwięku A dla terenów zabudowy mieszkaniowej:

$$L_{A,prog} = 67 \text{ dB}$$

Przeprowadzono także pomiary hałasu przenikającego do pomieszczeń w czasie pomiędzy godz. 22<sup>00</sup> a 23<sup>00</sup>, czyli jak dla pory nocnej, co wynikało z otrzymania w poprzednich badaniach wyższych wskaźników, w tym okresie. Czas pomiaru trwał 0,5 h. Mieszkanie, w którym prowadzono pomiary, było nieumeblowane, w związku z tym z małym współczynnikiem pochłaniania. Wyniki pomiarów przedstawia rysunek 13.

W wyniku przeprowadzonych badań hałasu przenikającego do pomieszczeń budynku otrzymano równoważny poziom dźwięku A o wysokości:

$$L_{A,eq,0.5} = 43 \text{ dB}$$

Ponadto należy przypomnieć, że zgodnie z normą [8] dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A dla pomieszczeń mieszkalnych w budynkach mieszkalnych wynosi w porze nocnej:

$$L_{A,prog} = 30 \text{ dB}$$

### 3. Podsumowanie

Niekorzystne oddziaływania niemodernizowanego taboru szynowego na przebieg czasowy poziomu dźwięku A w mieszkaniu z wyszczególnieniem różnych wpływów i równoważnego poziomu dźwięku przedstawia rysunek 14.

Jak widać z rysunku 14, jednostkowy hałas spowodowany przejazdem tramwaju może powodować nawet dwa razy

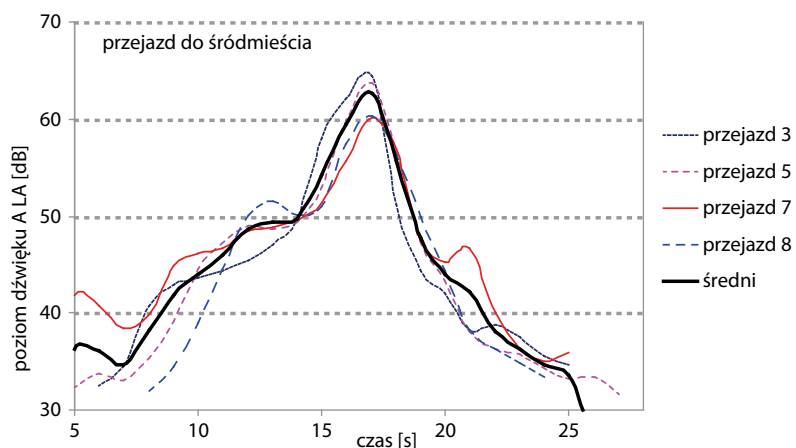


**Rys. 13.** Przebiegi czasowe poziomu dźwięku A w mieszkaniu podczas przejazdu tramwajów

większą uciążliwość akustyczną niż samoloty pasażerskie przelatujące nad analizowanym osiedlem.

Z przeprowadzonych badań polowych wynika, że zarówno w dzień, jak i w nocy znacząco są przekroczone dopuszczalne poziomy dźwięku A. Ponadto w porze nocnej generowany hałas nie tylko przekracza dopuszczalny poziom dźwięku A, ale dodatkowo zbliżył się znacznie do progowego poziomu dźwięku, po przekroczeniu którego zagrożone jest zdrowie mieszkańców osiedla. Wykonane pomiary hałasu przenikającego do pomieszczeń wykazały także przekroczenie dopuszczalnego równoważnego poziomu dźwięku A dla pomieszczeń mieszkalnych w budynkach mieszkalnych (wg normy [8]).

Niekorzystne oddziaływania niemodernizowanego taboru szynowego na infrastrukturę miejską, zwłaszcza oddziaływania dynamiczne i akustyczne, wymuszają wprowadzanie nowych systemów budowy torowisk. Zwłaszcza teraz, gdy zasady zrównoważonego rozwoju są podstawą wszystkich działań, poszukuje się trwałych i bezpiecznych dla środowiska rozwiązań. Szczególnie ważna jest wymiana wszystkich torowisk podsypkowych na bezpodsypkowe. Trwałość położenia torowiska w konstrukcjach bezpodsypkowych znacząco ogranicza nierówności toru, a tym samym zmniejsza oddziaływania dynamiczne pomiędzy torem i pojazdem szynowym, dzięki czemu zarówno komfort jazdy, jak i zużycie szyn i kół pojazdów są ograniczone. Ograniczenia wpływów dynamicznych i akustycznych oraz niezbędną trwałość dają jedynie nowoczesne rozwiązania systemowe oparte na współczesnych produktach polimerowych. Układanie kostki z kamieni naturalnych w obszarach dużych obciążeń



spowodowanych ruchem drogowym, zwłaszcza w obszarze torów tramwajowych (kolejowych), wymaga także specjalistycznego systemu [10].

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Wojcieszak J., Rozwój komunikacji tramwajowej w Polsce, TTS Technika Transportu Szynowego – Analizy, 7–8/2013, str. 8–34
- [2] Gorzelańczyk P., Badanie emisji hałasu komunikacyjnego w mieście Piła, Autobusy – Eksploatacja i Testy 6/2016, str. 876–880
- [3] Leśnikowska-Matusiak I., Wnuk A., Wpływ hałasu komunikacyjnego na stan środowiska akustycznego człowieka, Transport Samochodowy 3/2014, str. 37–63
- [4] Woźny A., Dobosz M., Pacana A., Wpływ hałasu na jakość pracy, Humanities and Social Sciences, tom XIX, 21 (2/2014), str. 251–258
- [5] Gorzelańczyk P., Badanie emisji hałasu komunikacyjnego w mieście Piła, Autobusy – Eksploatacja i Testy 6/2016, str. 876–880
- [6] Skoczył R., Hałas a środowisko, Kropla – Magazyn ekologiczny 2/2004
- [7] PN-ISO 1996-2:1999: Akustyka – Opis i pomiary hałasu środowiskowego – Zbieranie danych dotyczących sposobu zagospodarowania terenu
- [8] PN-B-02151-2:2018-01: Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach
- [9] Pośniak M., Skowroń J., Czynniki szkodliwe w środowisku pracy. Wartości dopuszczalne, CIOP, 2020
- [10] Błaszczyński T., Bazela Cz., Trwałe rozwiązania torowisk w infrastrukturze miejskiej, [w:] Trwałe rozwiązania naprawcze w obiektach budowlanych, red. M. Kamiński, J. Jasiczak, W. Buczkowski, T. Błaszczyński, DWE, Wrocław, 2010, str. 167–195

**Rys. 14.** Przebieg czasowy poziomu dźwięku A w mieszkaniu z wyszczególnieniem różnych wpływów i równoważnego poziomu dźwięku  $L_{A,eq,0.5}$

