

Ocena poziomu hałasu generowanego przez wybrane pojazdy szynowe

W ostatnich latach uciążliwość hałasu odczuwa większość społeczeństwa. Prowadzi to do coraz liczniejszych pomiarów poziomu hałasu w miejscach jego największego nasilenia. Badania prowadzone są w celu oceny istniejącego zagrożenia dla środowiska i sposobu jego redukcji. Artykuł przedstawia wyniki pomiarów poziomu hałasu generowanego do środowiska przez pojazdy szynowe poruszające się po torach w różnych jego lokalizacjach.

1. Wstęp

W początkowej fazie rozwoju i eksploatacji pojazdów, zwłaszcza szynowych, hałas traktowany był jako efekt uboczny, który zwalczano w sposób minimalny. Gwałtowny rozwój transportu spowodował nagły wzrost emisji hałasu szkodliwego dla zdrowia oraz środowiska.

Hałas jest specyficznym zagrożeniem. Charakteryzuje się on mnogością źródeł i powszechnością występowania w większości środowisk. Stanowi on przede wszystkim przyczynę powszechnej ich degradacji, pogarszając ich jakość, aż do uniemożliwienia znacznym obszarom biosfery pełnienia swoich naturalnych funkcji [1].

Ogólne wymagania i warunki badań hałasu pojazdów szynowych zawarte są w normie [2]. Bardziej szczegółowe informacje dotyczące pomiarów i wartości dopuszczalnych hałasu zawarte są w normach [3, 4, 5 i 6] oraz dokumentach opracowanych przez Unię Europejską takich jak: „Zielona księga” [7], Dyrektywa 2002/49 [8] itp.

2. Metodyka pomiaru hałasu podczas jazdy pociągu

Dopuszczalne wartości hałasu i metodykę badań poziomu hałasu określa norma PN-N/01307. Pomiary poziomu hałasu generowanego przez pociągi obejmowały składy osobowe oraz towarowe ciągnięte przez różne lokomotywy w następujących lokalizacjach torów:

- podczas wjazdu, postoju oraz ruszania pociągu z peronów,
- przejazdu pociągu przez skrzyżowanie (przejazd) z drogą asfaltową,
- jazdy pociągu po terenie płaskim,
- jazdy pociągu w zagłębieniu,
- jazdy pociągu na nasypie,
- przejazdu pociągu przez most.

Podczas pomiarów mierzono równoważny (L_{Aeq}),

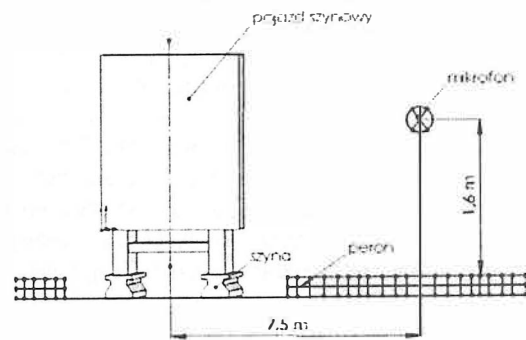
maksymalny (L_{max}) i minimalny (L_{min}) poziom hałasu podczas przejazdu pociągów oraz tła bez pociągu.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat pomiaru hałasu pociągów na peronie. Hałas mierzono na wysokości 1,6 m nad poziomem peronu w odległości 7,5 m od osi toru w następujących sytuacjach:

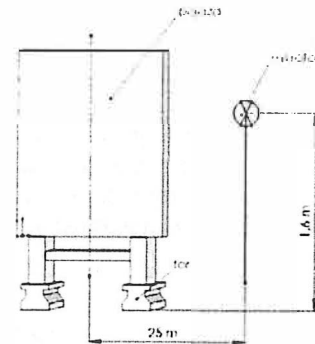
- pomiar hałasu na peronie bez pociągu (tła),
- pomiar hałasu podczas wjazdu pociągu na peron,
- pomiar hałasu podczas postoju pociągu na peronie (włączone urządzenia w lokomotywie),
- pomiar hałasu podczas ruszania pociągu z peronu.

Schemat pomiaru hałasu podczas przejazdu pociągu przez przejazd kolejowy przedstawiono na rysunku 2. Hałas

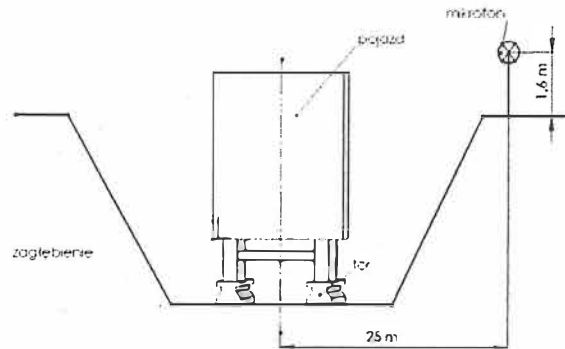
ten mierzono na wysokości 1,6 m nad poziomem drogi w odległości 25 m od osi toru.



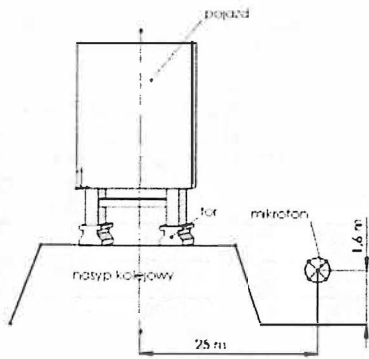
Rys. 1. Schemat pomiaru poziomu hałasu na peronie



Rys. 2. Schemat pomiaru hałasu podczas przejazdu pociągu przez skrzyżowanie z drogą asfaltową



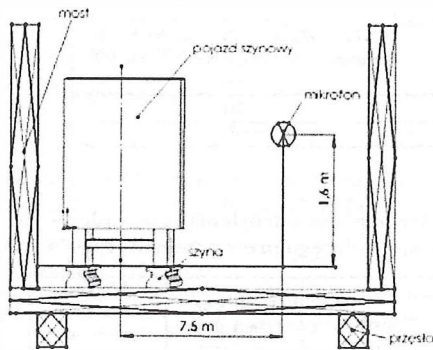
Rys. 3. Schemat pomiaru poziomu hałasu podczas jazdy pociągu w zagłębieniu



Rys. 4. Schemat pomiaru poziomu hałasu podczas jazdy pociągu na nasypie

Rysunek 3 przedstawia schemat pomiaru hałasu generowanego podczas jazdy pociągu w zagłębieniu a rysunek 4 na nasypie. Hałas w obu przypadkach mierzono na wysokości 1,6 m nad poziomem terenu w odległości 25 m od osi toru.

Na rysunku 5 przedstawiono schemat pomiaru hałasu generowanego podczas przejazdu pociągu przez most o konstrukcji kratowej. Hałas mierzono na wysokości 1,6 m nad główką szyny w odległości 7,5 m od osi toru.



Rys. 5. Schemat pomiaru poziomu hałasu podczas jazdy na moście

3. Aparatura pomiarowa

Pomiary poziomu hałasu wykonane zostały przy pomocy całkującego miernika poziomu dźwięku Mediator 2238 firmy Brüel & Kjaer [9]. Mediator należy do kategorii oznaczanej jako mierniki poziomu dźwięku grupy X, które są urządzeniami w oddzielnej obudowie, zasilanymi baterią i nie wymagającymi połączeń zewnętrznych z inną aparaturą do pomiaru dźwięku.

Istotną cechą Mediatora jest to, że zawiera on dwa detektory, do których można niezależnie doprowadzić sygnały z różnymi korekcjami częstotliwościowymi. Każdemu z detektorów może być przypisana charakterystyka korekcji częstotliwościowej A, C lub liniowa (Lin). Mediator pozwala na zapamiętywanie w pamięci RAM plików z danymi, ustawień pomiarowych, danych kalendarzowych (data i godzina) oraz danych o kalibracji. Wykonane pomiary mogą być zapamiętywane automatycznie (przy pomiarach z wstępnie ustawionym czasem pomiaru) lub ręcznie (w każdym momencie po zatrzymaniu pomiarów). Pamięć ta nie jest wymazywana po wyłączeniu przyrządu. Istnieje również możliwość podłączenia Mediatora do komputera, drukarki itp.

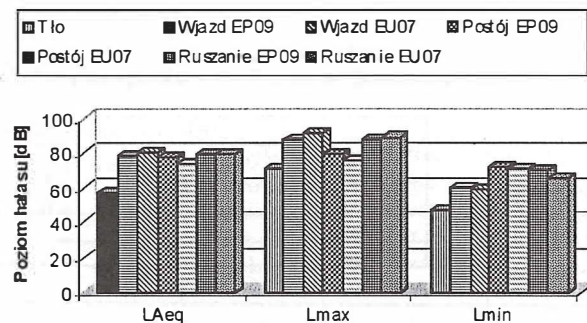
4. Wyniki pomiarów

4.1. Wyniki pomiaru poziomu hałasu pociągów na peronie

Pomiary hałasu na peronie zostały zrealizowane na terenie Dworca Głównego PKP w Poznaniu. Badania te miały na celu wyznaczenie poziomu hałasu generowanego przez pociąg podczas wjazdu, postoju oraz odjazdu z peronu. Pomiary przeprowadzono dla składów pociągów osobowych ciągniętych przez lokomotywy serii EU07 oraz EP09. Dla każdej serii lokomotyw przeprowadzono 5 pomiarów pociągów w następujących warunkach:

- temperatura powietrza około 25°C,
- szyny suche,
- pogoda bezwietrzna.

Wyniki pomiarów: tj. wartość średnią i odchylenie standardowe pomiarów L_{Aeq} , L_{max} i L_{min} dla tła, wjazdu, postoju oraz ruszania pociągów ciągniętych przez badane lokomotywy przedstawiono w tabeli 1 i 2. Na rys. 6 przedstawiono średnie wartości poziomu hałasu generowanego przez pociągi podczas wjazdu, postoju oraz ruszania z peronu.



Rys. 6. Wartości poziomu hałasu podczas wjazdu, postoju oraz ruszania pociągów z peronu

Pomiary poziomu hałasu na peronie zakłócały częściowo przez pociągi wjeżdżające i odjeżdżające z sąsiednich peronów, co odzwierciedlają przedstawione wyniki pomiaru tła. Poziom hałas tła zawierał się w granicach 46÷71 dB a poziom równoważny wyniósł 53 dB.

Najbardziej uciążliwy dla pasażerów jest hałas pochodzący od wjeżdżających na peron pociągów. Na peronach Dworca Głównego PKP ustalona prędkość wjazdu wynosi 20÷30 km/h. Przekroczenie tej prędkości wywołuje znaczny wzrost poziomu hałasu, który odbierany jest przez pasażerów jako nieprzyjemne doznanie słuchowe. Większa prędkość wjazdu wymusza wzrost intensywności hamowania, a co za tym idzie większy nacisk klocków hamulcowych na koła. Wywołuje to nieprzyjemny „pisk” odbierany przez pasażerów jako hałas. Hałas generowany przez pociągi ciągnięte przez lokomotywy EP09 podczas wjazdu zawiera się w granicach 60÷88 dB, natomiast dla lokomotywy EU07, 59÷91 dB.

Podczas postoju pociągu na peronie hałas generowany jest głównie przez urządzenia pracujące w lokomotywie a jego poziom zawiera się w granicach 72÷80 dB dla składu pociągu z lokomotywami EP09 oraz 71÷76 dB z lokomotywami EU07. Wartość średnia maksymalnych poziomów hałasu podczas ruszania pociągu z peronu wynosi 87 dB dla pociągów ciągniętych przez lokomotywy EP09 oraz 89 dB dla pociągów ciągniętych przez lokomotywy EU07. Wartości te zależne są od wielkości przyspieszenia przy rozpędzaniu pociągu.

Wartości średnie oraz odchylenia standardowe poziomu hałasu pociągów (ciągnionych przez lok. EP09) wjeżdżających, stojących oraz odjeżdżających z peronu Tabela 1

Wielkość mierzona	Wartość średnia poziomu hałasu dla tła dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla tła	Wartość średnia poziomu hałasu dla wjazdu dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla wjazdu	Wartość średnia poziomu hałasu dla postoju dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla postoju	Wartość średnia poziomu hałasu dla ruszania dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla ruszania
L_{Aeq}	53	2,6	79	4,9	78	2,9	80	4,7
L_{max}	65	2,7	88	2,4	80	3,5	87	5,2
L_{min}	46	5,0	60	5,4	72	6,2	70	7,1

Wartości średnie oraz odchylenia standardowe poziomu hałasu pociągów (ciągnionych przez lok. EU07) wjeżdżających, stojących oraz odjeżdżających z peronu Tabela 2

Wielkość mierzona	Wartość średnia poziomu hałasu dla tła dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla tła	Wartość średnia poziomu hałasu dla wjazdu dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla wjazdu	Wartość średnia poziomu hałasu dla postoju dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla postoju	Wartość średnia poziomu hałasu dla ruszania	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla ruszania
L_{Aeq}	57	8,5	81	8,3	74	2,03	80	4,2
L_{max}	71	7,2	91	8,0	76	3,08	89	8,3
L_{min}	46	5,1	59	4,8	71	2,06	65	8,9

Zmierzone oraz dopuszczalne wartości poziomu hałasu na zewnątrz pociągów podczas jazdy i ruszania Tabela 3

Warunki pomiaru	Zmierzone wartości poziomu hałasu dB		Dopuszczalne wartości poziomu hałasu zgodne z PN-92/K-11000 dB
	EP09	EU07	
Postój	80	77	80
Ruszanie	87	89	90

Porównując zmierzone maksymalne poziomy hałasu pociągów na postoju oraz podczas ruszania (tabele 1 i 2) z wartościami zawartymi w normie [2] stwierdzono, że otrzymane wartości poziomu hałasu nie przekraczają wartości dopuszczalnych (tabela 3).

4.2. Wyniki pomiaru poziomu hałasu podczas przejazdu pociągu przez przejazd kolejowy

Pomiary poziomu hałasu pociągów wykonane zostały na przejeździe kolejowym Poznań – Staroleka. Przeprowadzone badania miały na celu określenie poziomu hałasu generowanego podczas przejazdu pociągów przez skrzyżowanie szlaku kolejowego z drogą asfaltową. Pomiary wykonano dla składów pociągów ciągnionych przez lokomotywy EU07 oraz ET22. Dla każdej serii lokomotyw i ciągnionych wagonów w przeprowadzono 10 pomiarów.

W tabelach 4 i 5 przedstawiono wyniki pomiarów: tj. wartości średnie oraz odchylenie standardowe poziomu hałasu generowanego przez pociągi jadące przez przejazd kolejowy.

Wartości średnie oraz odchylenia standardowe poziomu hałasu pociągu jadącego przez przejazd (ET22) Tabela 4

Wielkość mierzona	Wartość średnia poziomu hałasu dla tła dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla tła	Wartość średnia poziomu hałasu dla przejazdu dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla przejazdu
L_{Aeq}	57	5,5	76	5,7
L_{max}	66	5,8	83	6,0
L_{min}	52	6,1	60	7,7

Wartości średnie oraz odchylenia standardowe poziomu hałasu pociągu jadącego przez przejazd (EU07) Tabela 5

Wielkość mierzona	Wartość średnia poziomu hałasu dla tła dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla tła	Wartość średnia poziomu hałasu dla przejazdu dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla przejazdu
L_{Aeq}	57	2,7	77	4,2
L_{max}	65	3,8	86	5,0
L_{min}	51	4,5	56	3,9

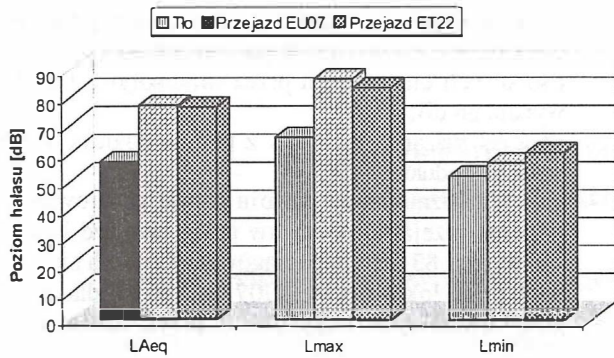
Na rysunku 7 przedstawiono wartości średnie z pomiaru poziomu hałasu podczas przejazdu przez przejazd pociągów ciągnionych przez lokomotywy EU07 oraz ET22.

Analiza wyników pomiarów hałasu przedstawiona w tabeli 4 oraz 5 wykazuje, że wartości równoważnego poziomu hałasu tła oraz podczas przejazdu nieznacznie różnią się między sobą i wynoszą odpowiednio: 57 dB dla tła, 60 dB podczas przejazdu pociągów ciągnionych przez lokomotywy EU07 i 56 dB przez lokomotywy ET22.

Ta niewielka różnica wynika z wysokiego poziomu hałasu tła, spowodowanego dużym natężeniem ruchu drogowego w pobliżu miejsca pomiaru.

4.3. Wyniki pomiaru poziomu hałasu pociągów jadących w zagłębieniu

Pomiary poziomu hałasu pociągów poruszających się w zagłębieniu przeprowadzono na trasie Poznań – Jarocin dla 10 pociągów osobowych prowadzonych przez lokomotywy EU07 oraz 10 pociągów towarowych prowadzonych przez lokomotywy ET22.



Rys.7. Wartości poziomu hałasu pociągu jadącego przez skrzyżowanie toru kolejowego z drogą asfaltową

W tabelach 6 oraz 7 przedstawiono wyniki pomiarów: tj. wartości średnie oraz wartości odchylenia standardowego poziomu hałasu generowanego przez pociągi poruszające się w zagłębieniu.

Wartości średnie oraz odchylenia standardowe poziomu hałasu pociągu jadącego w zagłębieniu (EU07) Tabela 6

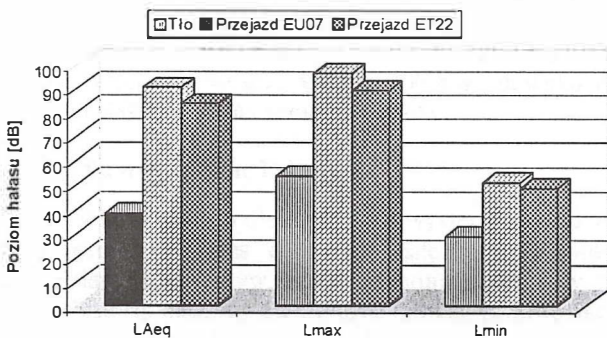
Wielkości mierzone	Wartość średnia poziomu hałasu dla tła [dB]	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla tła	Wartość średnia poziomu hałasu dla przejazdu [dB]	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla przejazdu
L _{Aeq}	40	2,9	90	4,7
L _{max}	54	6,7	96	3,5
L _{min}	31	3,0	51	7,4

Wartości średnie oraz odchylenia standardowe poziomu hałasu pociągu jadącego w zagłębieniu (ET22) Tabela 7

Wielkości mierzone	Wartość średnia poziomu hałasu dla tła [dB]	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla tła	Wartość średnia poziomu hałasu dla przejazdu [dB]	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla przejazdu
L _{Aeq}	38	1,5	84	6,2
L _{max}	54	4,4	89	5,4
L _{min}	30	2,6	49	3,2

Pociągi osobowe prowadzone przez lokomotywy EU07 generują podczas jazdy w zagłębieniu maksymalny poziom hałasu większy o około 7 dB od poziomu hałasu generowanego przez pociągi towarowe prowadzone lokomotywą ET22.

Na rys.8 przedstawiono średnie wartości poziomu hałasu generowanego przez pociągi osobowe i towarowe jadące w zagłębieniu.



Rys 8 Wartości poziomu hałasu pociągów jadących w zagłębieniu

4.4. Wyniki pomiaru poziomu hałasu pociągów jadących na nasypie

Pomiary hałasu generowanego przez pociąg poruszający się po torze położonym na nasypie przeprowadzono na odcinku Poznań – Garbary. Pomiarami objęte zostały pociągi towarowe oraz osobowe po 10 z każdego rodzaju. W tabeli 8 i 9 przedstawiono wyniki pomiarów: tj. wartości średnie oraz odchylenie standardowe poziomu hałasu pociągów jadących na nasypie.

Wartości średnie oraz odchylenia standardowe poziomu hałasu pociągu podczas jazdy na nasypie (EP09) Tabela 8

Wielkości mierzone	Wartość średnia poziomu hałasu dla tła [dB]	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla tła	Wartość średnia poziomu hałasu dla przejazdu [dB]	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla przejazdu
L _{Aeq}	53	2,8	83	3,0
L _{max}	60	4,4	88	5,1
L _{min}	50	5,8	67	8,3

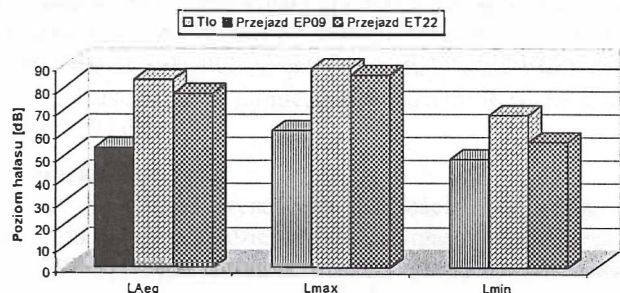
Wartości średnie oraz odchylenia standardowe poziomu hałasu pociągu podczas jazdy na nasypie (ET22) Tabela 9

Wielkości mierzone	Wartość średnia poziomu hałasu dla tła [dB]	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla tła	Wartość średnia poziomu hałasu dla przejazdu [dB]	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla przejazdu
L _{Aeq}	53	3,4	77	3,15
L _{max}	61	4,3	85	3,51
L _{min}	48	3,6	56	5,36

Na rys. 9 przedstawiono średnie wartości poziomu hałasu generowanego przez pociągi osobowe i towarowe jadące na nasypie.

Poziom hałas tła pociągów poruszających się na nasypie zawiera się w granicach 48÷61 dB. Największy hałas na nasypie generują pociągi osobowe jadące z prędkością przekraczającą

100 km/h (wynosi on 88 dB). Odczuwalny hałas jest jednak krótkotrwały, gdyż średni czas przejazdu pociągu wynosi ok. 10 s. Nieznacznie niższy poziom hałasu (85 dB) generują pociągi towarowe prowadzone przez lokomotywy ET22. Ich czas przejazdu jest jednak znacznie dłuższy i wynosił ok. 40 s. Pociągi towarowe poruszały się na nasypie z prędkościami nie przekraczającymi 60 km/h.



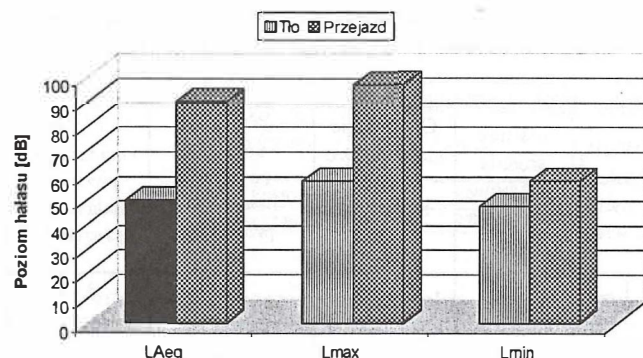
Rys. 9. Wartości poziomu hałasu pociągu jadącego na nasypie

4.5. Wyniki pomiarów poziomu hałasu pociągów podczas przejazdu przez most

Miejszem pomiaru hałasu generowanego podczas przejazdu pociągu przez most był most kolejowy Poznań - Garbary. Badania przeprowadzono dla 10 pociągów osobowych prowadzonych przez lokomotywy z serii EU07. W tabeli 10 i na rysunku 10 przedstawiono wyniki pomiarów: tj. wartości średnie oraz odchylenie standardowe poziomu hałasu pociągów jadących na moście.

Wartości średnie oraz odchylenia standardowe poziomu hałasu pociągu jadącego przez most Tabela 10

Wielkości mierzone	Wartość średnia poziomu hałasu dla tła dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla tła	Wartość średnia poziomu hałasu dla przejazdu dB	Odchylenie standardowe poziomu hałasu dla przejazdu
L_{Aeq}	49	1,8	90	4,6
L_{max}	58	10,9	97	2,2
L_{min}	47	1,9	57	10,2



Rys.10. Wartości poziomu hałasu pociągu jadącego przez most

Równoważny poziom hałasu tła panującego na moście waha się w granicach 49 dB i nie jest zakłócany przez inne pojazdy. Znaczny wzrost poziomu hałasu następuje podczas przejazdu pociągów osobowych. Jego wartość rośnie maksymalnie do poziomu 97 dB. Pociągi pokonują most z prędkościami ok. 100 km/h, w czasie ok. 8 s., hałas jest więc odczuwalny jako krótkotrwały, ale intensywny.

5. Podsumowanie

Przedstawiono wyniki pomiarów hałasu generowanego przez poruszające się pociągi na peronie, po torze położonym w terenie płaskim, w zagłębieniu, na nasypie oraz poruszających się po moście. Wybrane miejsca pomiaru hałasu obejmują wszystkie charakterystyczne lokalizacje położenia torów. Ostatecznie wyniki pomiarów hałasu w poszczególnych miejscach można skomentować następująco:

- najwyższy poziom hałasu generowanego przez pociągi na peronie występuje podczas wjazdu pociągów osobowych ciągniętych przez lokomotywy EU07 i wynosi 88 dB,
- podczas ruszania pociągów z peronu poziom hałasu wynosi średnio 88 dB,
- najwyższy zmierzony poziom hałasu generowanego podczas przejazdu pociągów przez przejazd kolejowy wynosi 83 dB dla pociągów osobowych ciągniętych przez lokomotywy EU07 oraz 86 dB dla pociągów towarowych ciągniętych przez lokomotywy ET22,
- najwyższy zmierzony poziom hałasu generowanego przez pociągi jadące w zagłębieniu wynosi 96 dB dla pociągów osobowych ciągniętych przez lokomotywy EU07 oraz 89 dB dla pociągów towarowych ciągniętych przez lokomotywy ET22,
- najwyższy zmierzony poziom hałasu generowanego przez pociągi jadące na nasypie wynosi 88 dB dla pociągów osobowych ciągniętych przez lokomotywy EP09 oraz 85 dB dla pociągów towarowych ciągniętych przez lokomotywy ET22,
- najwyższy zmierzony poziom hałasu generowanego podczas przejazdu pociągów osobowych przez most, ciągniętych przez lokomotywy EU07 wynosi 97 dB.

Widać z tego, że zagadnienia te są obecnie ważne, a walkę z hałasem należy podejmować również dla pojazdów szynowych eksploatowanych z coraz większymi prędkościami.

6. Literatura

- [1] Cempel Cz., *Wibroakustyka stosowana*. Warszawa, 1989.
- [2] PN-92/K-11000 *Tabor kolejowy. Hałas*.
- [3] PN-N/01307 *Hałas - dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy, wymagania dotyczące wykonywania pomiarów*.
- [4] PN-90/K-11001/2 *Kabina maszynisty lokomotywy elektrycznej dwukabinowej, Metodyka badania hałasu*.
- [5] PN-ISO 1996-1/2/3 *Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Podstawowe wielkości i procedury*.
- [6] PN-ISO 9613-1/2 *Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Obliczanie pochłaniania dźwięku przez atmosferę*.
- [7] „Zielona księga” *Nowe ramy polityki hałasowej*.
- [8] Dyrektywa 2002/49 *Ocena i kontrola poziomu hałasu w środowisku*.
- [9] *Dokumentacja techniczna., Mediator 2238 całkujący miernik poziomu dźwięku. Podstawowy Moduł Programowy BZ 7126*.