

Analiza skuteczności smarownic torowych w wybranych lokalizacjach na terenie Wrocławia

Analysis of the effectiveness of track lubricators in selected locations in Wrocław



Magdalena Skiba

Mgr inż.

Doktorantka, Politechnika
Wrocławska

magdalena.skiba@pwr.edu.pl

Streszczenie: Z uwagi na narastający problem negatywnego oddziaływania hałasu tramwajowego podjęto próbę jego ograniczenia poprzez montaż smarownic torowych w kilku lokalizacjach we Wrocławiu. W artykule przedstawiono wyniki pomiarów na terenie wybranych pętli tramwajowych przed i po zamontowaniu smarownic torowych. Zestawiono i przeanalizowano zebrane dane wraz ze wskazaniem dalszego kierunku badań.

Słowa kluczowe: Hałas; Smarownica; Pętla tramwajowa

Abstract: Due to the growing problem of the negative impact of noise, an attempt was made to reduce it by installing track lubricators in several locations in Wrocław. The article presents the results of measurements in selected tram loops before and after the installation of track lubricators. The collected data were compiled and analyzed together with an indication of the further direction of research.

Keywords: Noise; Lubricator; Tram loop

Wstęp

Powszechnie stykamy się z hałasem powodowanym przez ruch transportowy, działalność przemysłową oraz aktywności związane z rekreacją. W dużych miastach jest zatem obecny niemal w każdej sytuacji – zarówno w pracy, jak również podczas podróży, na spacerze i w mieszkaniu. Z uwagi na jego negatywne skutki kwalifikowany jest jako jedno z głównych zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego. Wraz z przekroczeniem natężenia 55 dB pojawiają się pierwsze negatywne oddziaływania na człowieka takie jak zakłócenia snu czy nadpobudliwość.

Zakres natężenia dźwięku określony jest przez próg słyszalności (0 dB) i próg bólu (130 dB).

Szczególnie uciążliwym hałasem w miastach jest hałas tramwajowy. Spowodowany jest on zachodzącymi

procesami tribologicznymi. [1] W celu ograniczenia tego rodzaju hałasu podejmowane są następujące działania:

- szlifowanie szyn na liniach tramwajowych,
- podbijanie torów
- toczenie kół,
- wymiana zużytych kół w tramwajach.
- montaż smarownic,
- budowa niskich ekranów akustycznych,
- modernizacja torowiska.

Dotychczas przeprowadzane badania wykazały nie tylko ogólną skuteczność smarownic tramwajowych, ale również dodatkowe zalety tego rozwiązania, wśród których należy wymienić mniejsze zużycie szyn oraz obręczy kół wózków tramwajowych [2]. Jest to niezwykle istotne z uwagi na możliwość zminimalizowania kosztów

związanych z napawaniem szyn, remontami torowisk oraz wymianą kół i obręczy [3].

Zarówno krajowe jak i międzynarodowe publikacje obejmują swoją

Tab. 1. Poziomy dźwięku występujące w przykładowych sytuacjach

Rodzaj dźwięku (hałasu)	Wartość poziomu dźwięku (dB)
Próg słyszalności	0
Powiew i szelest liści	15 – 20
Rozmowa szeptem	20
Średni hałas w mieszkaniu	40
Spokojna ulica, zwykła rozmowa	40 – 45
Głośna rozmowa	60
Hałas uliczny, tramwaj	70
Duży ruch uliczny, silnik motocyklowy	80 – 85
Młot pneumatyczny (odległość 2 m)	90
Pociąg pośpieszny (odległość 10 m)	100
Dyskoteka, koncert rockowy	100 – 120
Samolot śmigłowy	120
Próg bólu	130

Źródło: <http://geoportal.wroclaw.pl/www/old/mapa-akustyczna.shtml#halas>

tematyką przegląd środków smarnych [4,5], sposoby sterowania układami smarującymi [6,7] oraz analizę skuteczności tłumienia hałasu [8]. Z uwagi na zróżnicowany tabor tramwajowy dobierany indywidualnie przez przewoźników miejskich, rzeczywista skuteczność smarownic torowych może być ustalona wyłącznie na podstawie pomiarów przeprowadzonych dla danej lokalizacji.

Studium przypadku: Ograniczenie hałasu poprzez montaż smarownic torowych na pętlach tramwajowych we Wrocławiu

System komunikacji tramwajowej we Wrocławiu jest najstarszym systemem tramwajów elektrycznych na terenie Polski, obsługującym 22 linie dzienne. Zarządcą torowisk i trakcji tramwajowych na terenie miasta jest Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Sp. z o.o.

Obecnie we Wrocławiu eksploatowane są liniowo następujące typy tramwajów:

- Konstal 105NaWr,
- Protram 204 WrAs,
- Protram 205 WrAs,
- Skoda 16T,
- Skoda 19T,
- PESA 2010 NW,
- Moderus MF 19 AC,
- Moderus MF 24 AC,
- Moderus LF07AC.

Z uwagi na stwierdzone przekroczenia hałasu w rejonie wybranych pętli tramwajowych oraz liczne zgłoszenia i skargi mieszkańców podjęto decyzję o montażu smarownic torowych.

W dniu 31.03.2021 zarządca torowisk tramwajowych we Wrocławiu ogłosił postępowanie przetargowe, którego przedmiotem było opracowanie dokumentacji projektowej oraz montaż automatycznych smarownic torowych na sześciu pętlach tramwajowych we Wrocławiu.

Zamawiający wymagał zamonto-

wania smarownic torowych w następujących ilościach i lokalizacjach:

- Pętla Leśnica – smarownica jednotorowa,
- Pętla Kromera – smarownica dwutorowa,
- Pętla Sępólno – smarownica jednotorowa oraz smarownica dwutorowa,
- Pętla Księża Małe – smarownica jednotorowa,
- Pętla Klecina – smarownica dwutorowa,
- Pętla Oporów – smarownica jednotorowa oraz smarownica dwutorowa.

W dniu 12.05.2021r. nastąpiło otwarcie ofert. W wyniku postępowania przetargowego została wybrana firma LWZ Sp. z o.o. Na wybranych pętlach zamontowano smarownice firmy SmarTech.

Zgodnie z zapisami w dokumentacji przetargowej zamontowane smarownice przystosowane są do pracy ze smarami biodegradowalnymi niepowodującymi wydłużenia drogi hamowania tramwaju. Zamawiający dopuścił biodegradowalny smar wapienowy produkowany na bazie mieszanki syntetycznego oleju esterowego i oleju roślinnego. Stosowany obecnie

smar, zgodnie z informacją producenta, przeznaczony jest do smarowania przelotowego trakcji szynowej w kolejnictwie i tramwajach miejskich, jak również do smarowania maszyn i urządzeń eksploatowanych na terenach leśnych, ujęć wody itp., tam gdzie istnieje potencjalne niebezpieczeństwo skażenia środowiska.

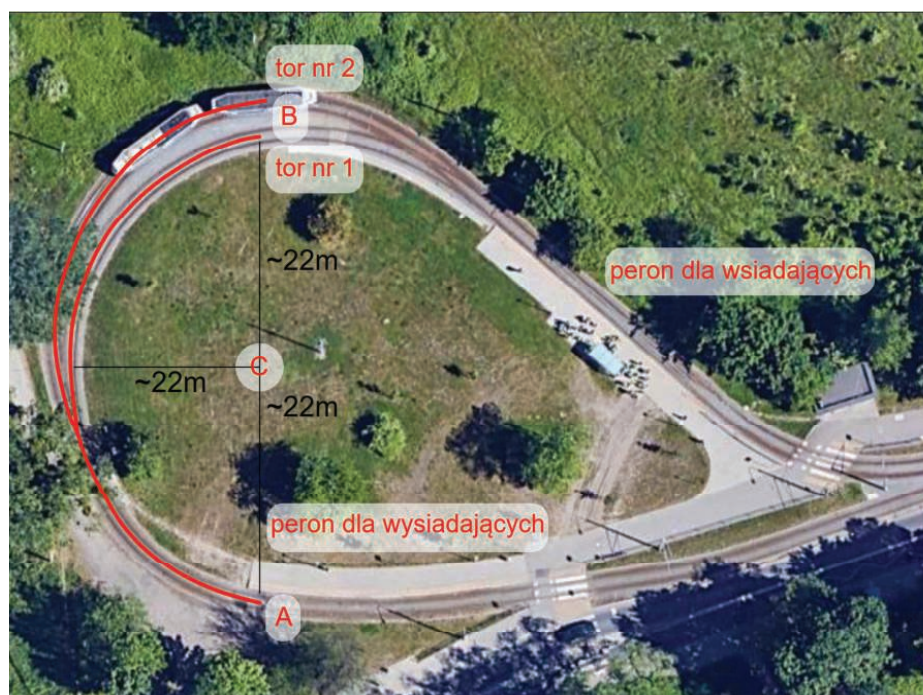
Sposoby pomiaru

Dla każdej z pętli wykonano schemat graficzny ze wskazaniem punktu pomiarowego. Mikrofon do pomiarów lokalizowano, w miarę możliwości, w jednakowej odległości od toru dla całej trasy wymagającej przeprowadzenia pomiaru. Każdorazowo analizator dźwięku lokalizowany był na wysokości około 1,5m nad poziomem terenu.

Podczas pomiarów starano się wyeliminować wpływ dźwięków zakłócających, w tym hałas generowany ruchem pojazdów. W związku z tym pomiary wykonywano przede wszystkim w godzinach wieczornych lub wczesno porannych.

Wykorzystany sprzęt

Do pomiarów wykorzystano miernik poziomu dźwięku producenta Norsonic, model: Nor145 użyczony przez firmę Systemy Pomiarowe Sp. z o.o.



1. Pętla Klecina

Analizator dźwięku Nor145 to precyzyjny miernik poziomy dźwięku klasy 1 (najwyższa klasa dokładności) zgodnie z normami IEC 61672, IEC 61260, DIN 45657, ANSI S1.4, ANSIS1.11, and ANSI S1.43. Przed każdym cyklem pomiarowym dokonywano kalibracji miernika kalibratorem czterozakresowym Nor1256 klasy 1.

Porównanie wyników

Pętla Klecina

Na pętli znajdują się dwa tory (rys. 1). Na potrzeby niniejszego artykułu oznaczono je jako „tor nr 1” i „tor nr 2”. Wskazano również peron dla wysiadających oraz peron dla wsiadających. Odcinek zaznaczony na czerwono pomiędzy punktami A i B stanowi przedmiot badań akustycznych. Stano-wisko pomiarowe zlokalizowano w punkcie C.

Pomiary akustyczne wykonano w

dniach:

- 27.09.2021r. – przed montażem smarownic
- 09.09.2022r. i 12.09.2022r. – po montażu smarownic.

Dla pomiarów przeprowadzonych w dniu 27.09.2021r. uzyskano wyniki pokazane na rys. 2

Dla pomiarów przeprowadzonych w dniu 09.09.2022r. uzyskano wyniki zaprezentowane na rys. 3

W dniu 09.09.2022r. stwierdzono rozbieżny tabor w stosunku taboru

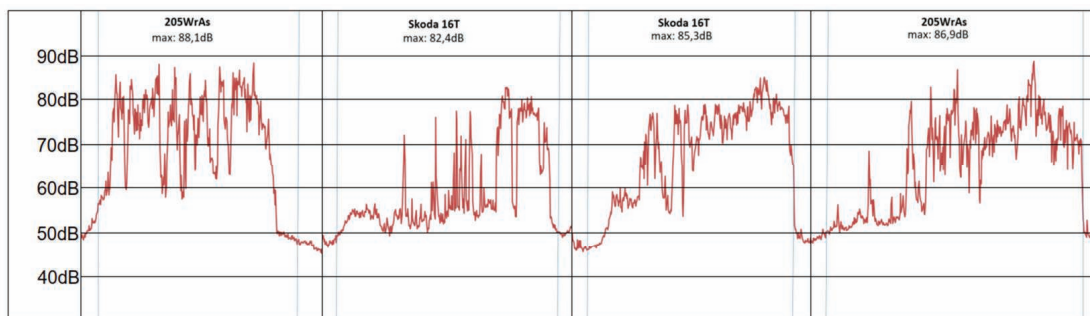
kursującego w dniu 27.09.2021r. W związku z tym wykonano dodatkowe pomiary 12.09.2022r. w celu uzyskania dodatkowych wyników porównawczych (rys. 4).

Tabela 2 przedstawia tabor zarejestrowany w ciągu trzech dni pomiarowych. Na szaro zaznaczono pola dotyczące tego samego taboru na tych samych torach.

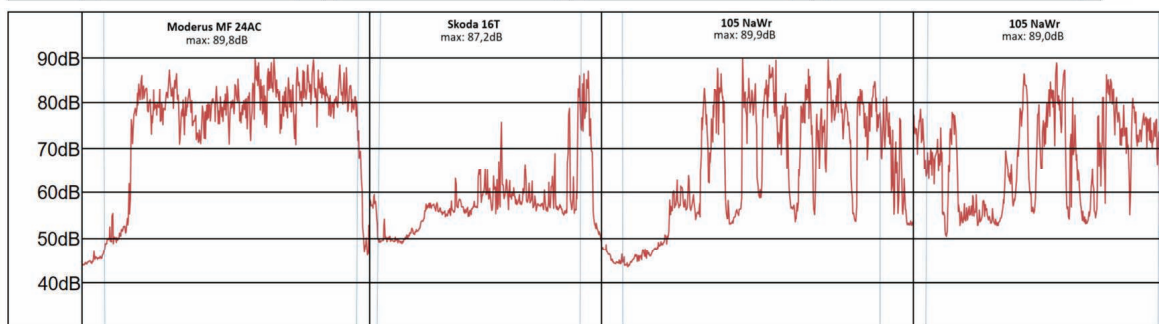
Dzięki zestawieniu można stwierdzić, że porównaniu można poddać wyłącznie model 205WrAs i 105NaWr. Tor nr 1 i tor nr 2 charakteryzują się in-

Tab. 2. Zestawienie taboru, pomiary 27.09.2021r., 09.09.2021 i 12.09.2021r.

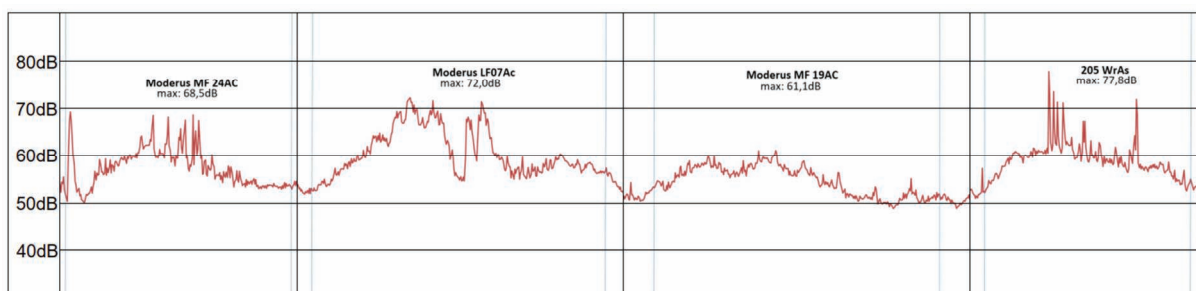
Tabor zarejestrowany w 2021r.		Tabor zarejestrowany w 2022r.			
Pomiar w dniu 27.09.2021r.		Pomiar w dniu 09.09.2022r.		Pomiar w dniu 12.09.2022r.	
tor nr 1	tor nr 2	tor nr 1	tor nr 2	tor nr 1	tor nr 2
205WrAs	205WrAs	Moderus LF07AC	Moderus MF24AC	Moderus LF07AC	105NaWr
Moderus MF24AC	Skoda 16T	205WrAs	Moderus MF19AC		Moderus MF17AC
Skoda 16T	Skoda 16T				
	105NaWr				
	105NaWr				

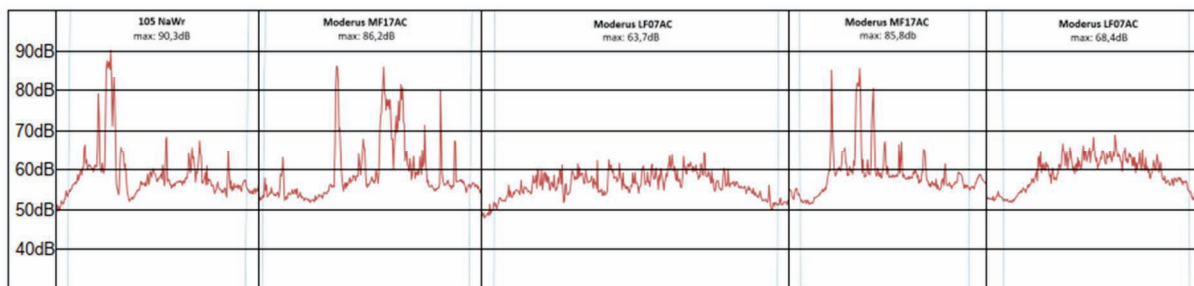


2. Wyniki pomiarów w dniu 27.09.2021r.

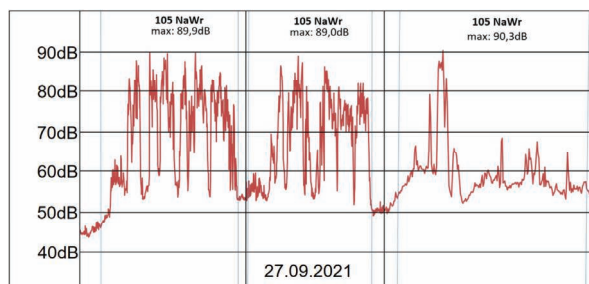
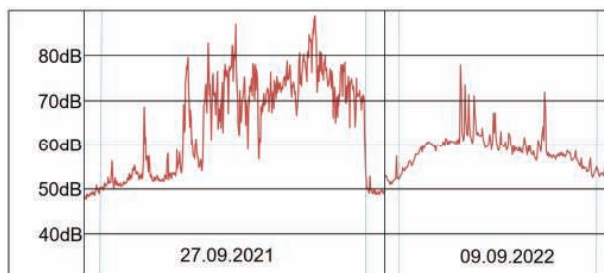


3. Wyniki pomiarów w dniu 09.09.2022r.





4. Wyniki pomiarów w dniu 12.09.2022r.



5. Porównanie wyników z pomiarów akustycznych na Pętli Klecina w dniu 27.09.2021 i w dniu 09.09.2022 dla modelu 205WrAs na torze nr 1

6. Porównanie wyników z pomiarów akustycznych na Pętli Klecina w dniu 27.09.2021 i w dniu 12.09.2022 dla modelu 105NaWr na torze nr 2

nymi promieniami łuków. W związku z tym porównanie można było dokonać wyłącznie dla tego samego taboru przejeżdżającego po tym samym torze. W tym wypadku porównano model 205WrAs na torze nr 1 oraz model 105NaWr na torze nr 2.

Wykresy (rys. 5) przedstawiają wyniki pomiarów akustycznych dla pojazdu 205WrAs na odcinku od przystanku dla wysiadających do zatrzymania na torze nr 1.

Podczas pomiaru w dniu 27.09.2021r. odnotowano najwyższą wartość 86,9 dB, natomiast dla pomiaru w dniu 09.09.2022r. odnotowana najwyższa wartość to 77,8. Odnotowano zbliżone tło akustyczne dla obu dni o wartości około 48dB. Jak widać z wykresów zamontowane smarownice ograniczyły hałas o 9,1 dB.

Wykresy (rys. 6) przedstawiają wyniki pomiarów akustycznych dla pojazdu 105NaWr na odcinku od przystanku dla wysiadających do zatrzymania na torze nr 2.

Dla dwóch pomiarów w dniu 27.09.2021r. odnotowano najwyższą wartość 89,9 dB, natomiast dla pomiaru w dniu 12.09.2022r. odnotowana najwyższa wartość to 90,3.

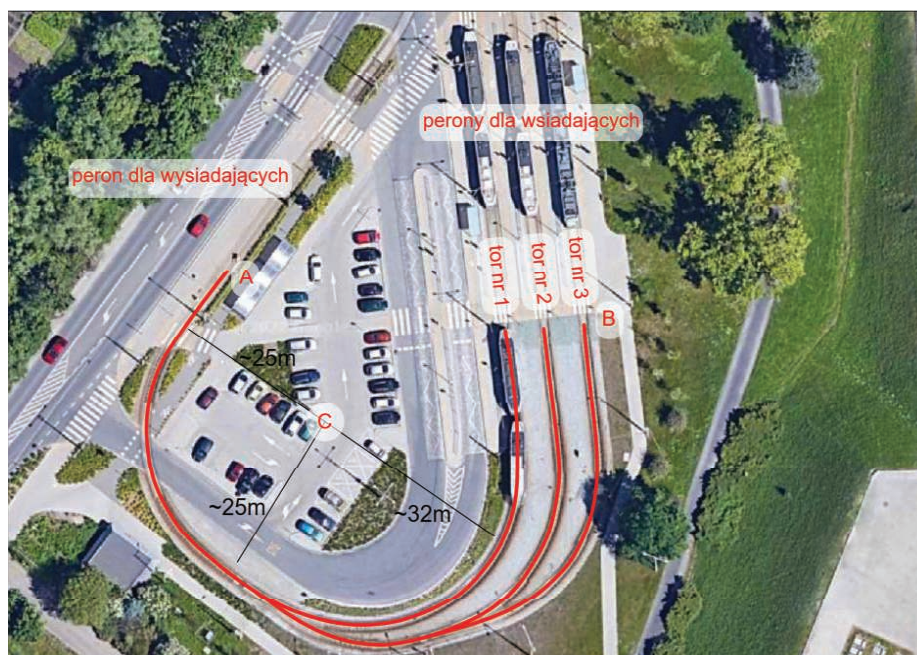
Pomimo zamontowanych smarownic torowych zarejestrowano większą wartość. Z uwagi na jej chwilowy charakter należy przypuszczać, że była ona wywołana zmianą położenia zwrotnicy (uderzenie elementów zwrotnicy o siebie). Poza tym incydentalnym wzrostem wartości warto zwrócić uwagę na ogólne wyłuszczenie i wyłagodzenie wykresu uzyskanego podczas pomiarów w dniu 12.09.2022r.

Pętla Oporów

Na pętli znajdują się trzy tory jak na rys. 7. Na potrzeby niniejszego artykułu oznaczono je jako „tor nr 1”, „tor nr 2” i „tor nr 3”. Wskazano również peron dla wysiadających oraz peron dla wsiadających. Odcinek zaznaczony na czerwono pomiędzy punktami A i B stanowi przedmiot badań akustycznych. Stanowisko pomiarowe zlokalizowano w punkcie C.

Pomiary akustyczne wykonano w dniach:

- 24.09.2021r. i 25.09.2021r. – przed



7. Pętla Oporów

- montażem smarownic
- 14.10.2022r. – po montażu smarownic.

Tabela 3 przedstawia tabor zarejestrowany w ciągu trzech dni pomiarowych. Na szaro zaznaczono pola dotyczące tego samego taboru na tych samych torach.

Dzięki zestawieniu można zauważyć, że porównaniu można poddać wyłącznie model 105NaWr i Moderus MF19AC. Tor nr 1, 2 i 3 charakteryzują się innymi promieniami łuków. W związku z tym porównanie można było dokonać wyłącznie dla tego samego taboru przejeżdżającego po tym samym torze. W tym wypadku porównano model 105NaWr na torze nr 1, model 105NaWr na torze nr 2 oraz model Moderus MF19AC na torze nr 3.

Wykresy (rys. 8) przedstawiają wynik pomiarów akustycznych dla pojazdu 105 NaWr na odcinku od przystanku dla wysiadających do zatrzymania na torze nr 1.

Podczas pomiarów w dniu 24.09.2021r. i 25.09.2021r. odnotowano najwyższe wartości: 91,3dB, 90,8dB i 89,7dB (rys. 9).

Dla pomiarów w dniu 14.10.2022r. dla modelu 105NaWr na torze nr 1 odnotowano następujące najwyższe wartości: 71,3dB, 64,0dB oraz 63,3dB.

Z wykresów wynika, że zamontowane smarownice ograniczyły hałas aż o 20dB dla modelu 105NaWr na torze nr 1.

Wykresy (rys. 10) przedstawiają zestawione wyniki pomiarów akustycznych

dla pojazdu Moderus MF19AC n odcinku od przystanku dla wysiadających do zatrzymania na torze nr 3.

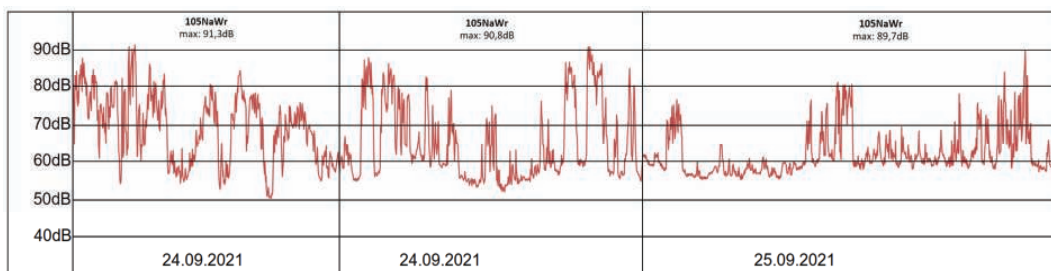
Podczas pomiarów w dniu 24.09.2021r. odnotowano najwyższą wartość 86,6dB, natomiast w dniu

Tab. 3. Zestawienie taboru, pomiar 24.09.2021r., 25.09.2021r. i 14.10.2022r.

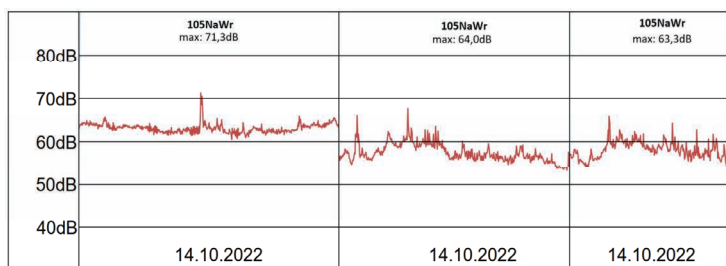
Tabor zarejestrowany w 2021r.						Tabor zarejestrowany w 2022r.		
Pomiar w dniu 24.09.2021r.			Pomiar w dniu 25.09.2021r.			Pomiar w dniu 14.10.2022r.		
Tor nr 1	Tor nr 2	Tor nr 3	Tor nr 1	Tor nr 2	Tor nr 3	Tor nr 1	Tor nr 2	Tor nr 3
105NaWr	Moderus MF19AC	105NaWr	105NaWr	Moderus MF24AC	105NaWr	105NaWr	204WrAs	205WrAs
105NaWr	Moderus MF24AC	105NaWr	Moderus MF24AC	Skoda19T	Moderus MF24AC	105NaWr	105NaWr	Moderus MF19AC
205WrAs	Skoda19T	Moderus MF19AC		Moderus MF24AC	105NaWr	105NaWr		
	PESA 2010NW	Moderus MF24AC		105NaWr				
				Skoda16T				

Tab. 4. Zestawienie taboru, pomiar 27.09.2021r., 09.09.2021 i 12.09.2021r.

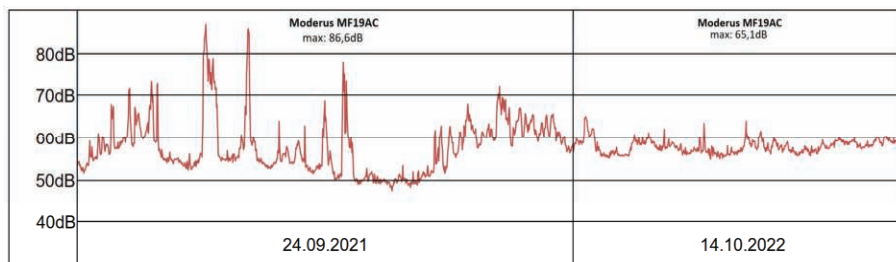
Tabor zarejestrowany w 2021r.		Tabor zarejestrowany w 2022r.	
Pomiar w dniu 25.09.2021r.		Pomiar w dniu 16.10.2022r.	
tor nr 1	tor nr 2	tor nr 1	tor nr 2
Skoda19T	PESA 2010NW	Moderus LF07AC	Moderus LF07AC
Skoda19T	Moderus MF24AC	Moderus LF07AC	Moderus LF07AC
Skoda19T	105NaWr	Moderus LF07AC	Moderus LF07AC
Skoda19T	204WrAs	Moderus LF07AC	Moderus MF19AC
Skoda19T	PESA 2010NW		Moderus MF24AC
Skoda19T	Skoda16T		Moderus MF24AC
	105NaWr		Moderus MF17AC
	Skoda19T		
	PESA 2010NW		
	Moderus MF24AC		
	PESA 2010NW		



8. Zestawienie wyników z pomiarów akustycznych na Pętli Oporów w dniu 24.09.2021 i w dniu 25.09.2021 dla modelu 105NaWr na torze nr 1



9. Zestawienie wyników z pomiarów akustycznych na Pętli Oporów w dniu 14.10.2022 dla modelu 105NaWr na torze nr 1



10. Zestawienie wyników z pomiarów akustycznych na Pętli Oporów w dniu 24.09.2021r. oraz 14.10.2022r. dla modelu Moderus MF19AC na torze nr 3

14.10.2022r. odnotowano najwyższą wartość 65,1dB. Z wykresów wynika, że zamontowane smarownice ograniczyły hałas o 21,5dB dla modelu Moderus MF19AC na torze nr 3.

Pętla Sępólno

Na pętli znajdują się dwa tory jak na rys.11. Na potrzeby niniejszego artykułu oznaczono je jako „tor nr 1” i „tor nr 2”. Wskazano również peron dla wysiadających oraz peron dla wsiadających. Odcinek zaznaczony na czerwono pomiędzy punktami A i B stanowi przedmiot badań akustycznych. Stanowisko

pomiarowe zlokalizowano w punkcie C.

Tabela 4 przedstawia tabor zarejestrowany w ciągu trzech dni pomiarowych. Na szaro zaznaczono pola dotyczące tego samego taboru na tych samych torach.

Pomiary akustyczne wykonano w dniach:

- 25.09.2021r. – przed montażem smarownic
- 16.10.2022r. – po montażu smarownic.

Dzięki zestawieniu można zauważyć,

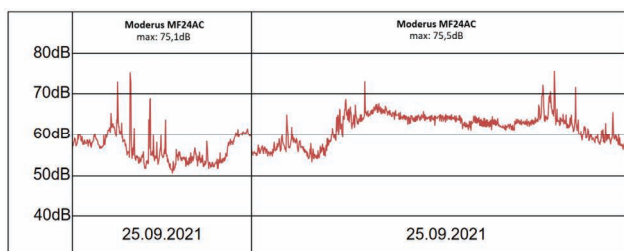
że porównaniu można poddać wyłącznie model Moderus MF24AC. Tor nr 1 i tor nr 2 charakteryzują się innymi promieniami łuków. W związku z tym porównanie można było dokonać wyłącznie dla tego samego taboru przejeżdżającego po tym samym torze. W tym wypadku porównano model Moderus MF24AC na torze nr 2. Dodatkowym utrudnieniem podczas realizowanych pomiarów był fakt, że w rozkładach jazdy obejmujących Pętlę Sępólno niemal całkowicie zastąpiono dotychczasowe modele najnowszym taborem.

Wykresy (rys. 12, 13) przedstawiają wynik pomiarów akustycznych dla pojazdu Moderus MF24AC na odcinku od przystanku dla wysiadających do zatrzymania na torze nr 2.

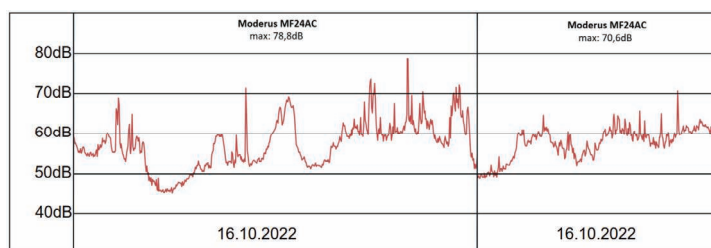
Podczas pomiarów w dniu 25.09.2021r. odnotowano najwyższą wartość 75,5dB, natomiast w dniu 16.10.2022r. odnotowano najwyższą wartość 78,8dB. Z wykresów wynika, że zamontowane smarownice nie wpłynęły na ograniczenie hałasu dla modelu Moderus MF24AC na torze nr 2. Ze względu na brak możliwości porównania wyników pomiaru na torze nr 1 oraz dla innego taboru na torze nr 2 nie można jednoznacznie wykluczyć skuteczności zamontowanych smarownic.



11. Pętla Sępólno



12. Zestawienie wyników z pomiarów akustycznych na Pętli Sępólno w dniu 25.09.2021 dla modelu Moderus MF24AC na torze nr 2



13. Zestawienie wyników z pomiarów akustycznych na Pętli Sępólno w dniu 16.10.2022 dla modelu Moderus MF24AC na torze nr 2

Podsumowanie

Przedmiotem niniejszego opracowania jest porównanie i analiza wyników z przeprowadzonych pomiarów akustycznych przed oraz po zamontowaniu smarownic torowych na Pętli Klecina, Pętli Oporów oraz Pętli Sępólno.

Przeprowadzona analiza wykazuje skuteczność zamontowanych smarownic dla Pętli Klecina oraz Pętli Oporów. Dla uzyskanych wyników nie wykazano poprawy dla Pętli Sępólno.

Wyniki badań potwierdzają, że zamontowanie smarownic torowych było słusznym działaniem. Sugrowana jest dalsza analiza akustyczna na terenie miasta oraz wprowadzanie podobnych rozwiązań w miejscach szczególnie uciążliwych dla otoczenia. Jest to niezwykle istotne ze względu na komfort życia osób mieszkających w rejonie wymienionych pętli, jak również użytkowników przebywających tymczasowo w rejonie pętli.

Dla prawidłowego przeprowadzenia pomiarów należałoby uzgodnić z przewoźnikiem przejazdu wyłącznie tego samego taboru przed i po założeniu smarownic. Dla uniknięcia kolejnej zmiennej konieczne byłoby zapewnienie stałej prędkości przejeżdżającego taboru. Zgodnie z obowiązującymi przepisami na terenie Wrocławia, byłyby to prędkość maksymalnie 10km/h, z uwagi na badanie odcinków torowisk w rejonie zwrotnic. Prędkość Zgodnie z obowiązującą na terenie Wrocławia Instrukcją dla motorniczego, motorniczy zobowiązany jest do poruszania się z prędkością nie przekraczającą:

- 15km/h na zwrotnicach najazdowych dla relacji na wprost (dla iglic ryglowanych) oraz na zwrotnicach zjazdowych,
- 10km/h na zwrotnicach najazdowych dla relacji skrzyżnych.

Dodatkowo pod kątem warunków atmosferycznych pomiary należałoby wykonywać wyłącznie dla analo-

gicznego ciśnienia, temperatury oraz prędkości wiatru.

W przyszłości należałoby zatem powtórzyć pomiary z uwzględnieniem wszystkich wymienionych zmiennych.

Podziękowania

Pragnę złożyć podziękowania dla firmy Systemy Pomiarowe Sp. z o.o., która na potrzeby powyższych pomiarów kilkakrotnie wypożyczyła analizator dźwięku Nor145 firmy Norsonic wraz z kalibratorem czteroszakresowym Nor1256 klasy 1.



Materiały źródłowe

- [1] Zaričny, J., & Grulkowski, S. (2009). Efektywność działania smarownic a redukcja hałasu generowanego na łukach linii tramwajowych. Technika Transportu Szynowego, R. 15(nr 9=184), 43-45.
- [2] Bąkowski H., Wójtowicz A.: Oszczędności wynikające ze smarowania obrzeży kół w łukach o różnym promieniu. „TTS Technika Transportu Szynowego”, Tom R. 20, nr 2-3, str. 58-61, 2013.
- [3] Deak V.: Zmniejszanie hałasu podczas jazdy tramwajów po łuku – system smarowania obrzeży kół. Technika Transportu Szynowego 7-8/2004,
- [4] Eadie, Donald & Oldknow, Kevin & Santoro, Marco & Kwan, Gene & Yu, Marcia & Lu, Xin. (2013). Wayside gauge face lubrication: How much do we really understand?. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. 227. 245-253. 10.1177/0954409712459306,
- [5] Clayton, Peter et al. "Laboratory assessment of lubricants for wheel/rail applications." Lubrication Engineering 45 (1989): 501-506,
- [6] Belikov A., Kreknin K., Matsuk Z., Protsiv V. Lubricants for rail transport liquid (plastic) for friction pair "wheel - rail" (2022) Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnycho-

ho Uniwersytetu, (1), pp. 63 - 68, Cited 0 times. DOI: 10.33271/nvngu/2022-1/063

- [7] Temple, P. D., Harmon, M., Lewis, R., Burstow, M. C., Temple, B., & Jones, D. (2018). Optimisation of grease application to railway tracks. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, 232(5), 1514-1527. doi:10.1177/0954409717734681
- [8] Tellado N., Aspuru I., Eguiguren J.L. Importance of lubrication position on squeal noise mitigation (2006) EURONOISE 2006 - The 6th European Conference on Noise Control: Advanced Solutions for Noise Control, pp. 6P
- [9] <https://www.zdiium.wroc.pl/torowiska-tramwajowe/>
- [10] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. „Prawo Ochrony Środowiska” (Dz.U. Nr 62, poz. 627) wraz z późniejszymi zmianami.
- [11] Ustawa z dnia 28 lipca 2005 r. o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach, i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz gminach uzdrowiskowych (Dz. U. Nr 167, poz. 1399).
- [12] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 lipca 2004 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. Nr 178, poz. 1841).
- [13] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. Nr 120, poz. 0826).
- [14] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 czerwca 2007 r. w sprawie ustalania wartości wskaźnika hałasu LDWN.
- [15] Polska Norma PN-ISO-1:1999 „Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Podstawowe wielkości i procedury”.