

Oddziaływanie kolei dużych prędkości na środowisko.

Część 1: Oddziaływania akustyczne

Krzysztof POLAK¹

Streszczenie

W artykule opisano zagadnienia związane z oddziaływaniami akustycznymi generowanymi przez koleje dużych prędkości. Wskazano najważniejsze regulacje prawne z zakresu hałasu w transporcie kolejowym, a także scharakteryzowano główne źródła hałasu generowanego przez linie kolejowe dużych prędkości. Podjęto się próby określenia negatywnego oddziaływania akustycznego na poszczególne elementy środowiska w fazie budowy, eksploatacji oraz likwidacji kolei dużych prędkości. Wskazano najczęściej stosowane rozwiązania minimalizujące ten wpływ.

Słowa kluczowe: hałas, oddziaływanie akustyczne, kolej dużych prędkości, oddziaływanie kolei dużych prędkości na środowisko

1. Wstęp

Ogromnym wyzwaniem w procesie wzrostu urbanizacji jest zapewnienie odpowiednich warunków do szybkiego przemieszczania się (łac. *mobility* – mobilność) ludności. Dlatego od wielu lat można zauważyć promowanie budowy lub rozbudowy systemu kolei dużych prędkości. Utrzymanie wzrostu gospodarczego przy jednoczesnym uwzględnieniu ochrony środowiska jest jednym z głównych „przeszkód” w dalszym rozwoju światowej gospodarki. Wzrost świadomości ekologicznej społeczeństwa zobowiązuje do uwzględnienia środowiska naturalnego w rozwoju wszystkich gałęzi gospodarki, w tym również transportu kolejowego. W rezultacie poszczególne sektory zaczęły wdrażać rozwiązania przyjazne środowisku lub ograniczać ich negatywny wpływ na otoczenie [1–5].

Transport kolejowy jest uznawany za jeden z rodzajów transportu najbardziej przyjaznych środowisku. Emisja zanieczyszczeń emitowanych przez środki transportu kolejowego do środowiska jest zdecydowanie niższa, niż w przypadku transportu drogowego czy lotniczego [6, 7]. Dlatego też bardzo ważnym aspektem jest dalsza rozbudowa systemu kolejowego, w tym linii dużych prędkości, uwzględniająca zasadę zrównoważonego rozwoju. Zasada ta polega na takim rozwoju społeczno-gospodarczym, w którym następuje proces integrowania działań politycznych,

gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych grup społecznych oraz obywateli zarówno współczesnych, jak i przyszłych pokoleń [8].

Realizacja budowy/modernizacji linii kolejowej oraz jej późniejsza eksploatacja musi być zgodna z wymaganiami ochrony środowiska. Uwzględnienie zasad ochrony środowiska w znaczny sposób umożliwi ograniczenie negatywnego wpływu inwestycji na otoczenie. Dużym wyzwaniem jest określenie wszystkich czynników mogących wpływać na środowisko i jego procesy, nie tylko te oczywiste, łatwo mierzalne (takie jak hałas, czy zanieczyszczenie powietrza), lecz także tych trudnych do określenia (krajobraz). Zdefiniowanie wszystkich niewrażliwych elementów środowiska, ich wrażliwości, najistotniejszych cech, czy najważniejszych procesów pozwoli na zidentyfikowanie zagrożeń mogących mieć niekorzystny wpływ na jego stan oraz umożliwi wskazanie ewentualnych rozwiązań, działań lub zabezpieczeń chroniących ich przed negatywnym oddziaływaniem. Do głównych zagrożeń, związanych z budową, modernizacją i eksploatacją linii kolejowej dużych prędkości należy zaliczyć:

- emisję hałasu,
- emisję drgań,
- zajętość terenu, zmianę ukształtowania terenu, wpływ na krajobraz,

¹ Dr; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów; e-mail: Kpolak@ikolej.

- oddziaływanie na obszary cenne przyrodniczo, w tym obszary chronione,
- oddziaływanie na bioróżnorodność, w tym na chronione siedliska oraz gatunki roślin i zwierząt,
- emisję zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego,
- wpływ na klimat,
- oddziaływanie na wody powierzchniowe i podziemne,
- pozostałe oddziaływania (np. wpływ na zabytki, oddziaływania skumulowane i transgraniczne) [9].

W pierwszej części artykułu przedstawiono zagadnienia związane z oddziaływaniem akustycznym generowanym przez pojazdy kolejowe dużych prędkości. Omówiono aspekty prawne, regulujące kwestie hałasu w transporcie kolejowym dużych prędkości, scharakteryzowano jego źródła, określono wpływ oddziaływań akustycznych na środowisko, a także przedstawiono najważniejsze rozwiązania redukujące hałas.

Z raportu Europejskiej Agencji Środowiska [10] wynika, że transport kolejowy jest drugim co do wielkości źródłem hałasu w Europie. Oddziałuje on na około 4% ludności w porze dziennie-wieczorno-nocnej oraz na 3% ludności w porze nocnej, co sprawia, że hałas kolejowy należy zaliczyć do jednego z bardziej uciążliwych źródeł zanieczyszczeń środowiska [11]. Odpowiednie rozpoznanie oddziaływań generowanych przez pojazdy kolejowe dużych prędkości, umożliwi skuteczny dobór i wdrożenie rozwiązań ograniczających oddziaływanie hałasu na środowisko i jego elementy.

2. Ocena uciążliwości akustycznej w aktach normatywnych

Głównym przepisem określającym zasady ochrony przed hałasem kolejowym jest dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 25 czerwca 2002 r., odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku [12], której celem jest określenie wspólnotowych środków ograniczających hałas pochodzący od głównych źródeł, w tym między innymi z transportu kolejowego. Państwa członkowskie są zobowiązane do ustalenia poziomu narażenia na hałas w środowisku przez sporządzanie map hałasu (minimum co 5 lat) m.in. dla linii kolejowych, po których przejeżdża ponad 30 tys. składów pociągów rocznie. Wspólna metodyka oraz wskaźniki oceny umożliwiają uzyskanie od wszystkich państw członkowskich UE porównywalnych wyników, na podstawie których są określone działania zapobiegawcze i ograniczające powstawanie ponadnormatywnych poziomów hałasu, a także ochrony jakości klimatu

akustycznego na obszarach, na których nie odnotowano przekroczeń [13, 14].

Omawiając akty prawne określające ramy dla transportu kolejowego na poziomie europejskim, należy wspomnieć o Rozporządzeniu Komisji (UE) nr 1304/2014 z dnia 26 listopada 2014 r. w sprawie technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Tabor kolejowy – hałas” (dalej TSI Hałas) [15]. Dokument ten definiuje dla pojazdów kolejowych, w tym dla pojazdów dużych prędkości, dopuszczalne poziomy dźwięku dla hałasu stacjonarnego, ruszania oraz przejazdu.

Hałas stacjonarny jest to hałas generowany przez pojazd kolejowy podczas postoju w normalnym stanie załączenia silników oraz wyposażenia dodatkowego, w tym m.in. systemów chłodzenia oraz klimatyzacji (sprężarek). W przypadku hałasu stacjonarnego wartości dopuszczalne w warunkach normalnych zostały określone dla:

- równoważnego ciągłego poziomu dźwięku A jednostki ($L_{pAeq,T[jedn.]}$),
- równoważnego ciągłego poziomu dźwięku A w najbliższej pozycji pomiarowej „i”, z uwzględnieniem głównej sprężarki powietrznej ($L_{pAeq,T}^i$).

Wartości dopuszczalne poziomu hałasu stacjonarnego dla elektrycznych zespołów trakcyjnych (w tym m.in. pojazdów kolejowych dużych prędkości), zostały przedstawione w tablicy 1.

Tablica 1

Wartości dopuszczalne poziomu hałasu stacjonarnego [15]

Rodzaj taboru kolejowego	$L_{pAeq,T[jedn.]}$ [dB]	$L_{pAeq,T}^i$ [dB]
Elektryczne zespoły trakcyjne	65	68

Wartości dopuszczalne poziomu hałasu podczas ruszania pojazdów zwiększonych prędkości dla maksymalnego poziomu dźwięku z korekcją A i stałą czasową FAST ($L_{pAF,max}$) zostały określone na poziomie 80 dB dla elektrycznych zespołów trakcyjnych poruszających się z prędkością mniejszą niż 250 km/h. Dla pojazdów o wyższych prędkościach wartość dopuszczalną określono na poziomie 83 dB.

W przypadku hałasu od przejazdu pojazdów dużych prędkości (elektrycznych zespołów trakcyjnych) maksymalne wartości dopuszczalne dla równoważnego ciągłego poziomu dźwięku A zostały określone w tablicy 2.

Tablica 2

Wartości dopuszczalne hałasu przejazdu [15]

Rodzaj taboru kolejowego	$L_{pAeq,Tp[80 km/h]}$ [dB]	$L_{pAeq,Tp[250 km/h]}$ [dB]
Elektryczne zespoły trakcyjne	80	95

Dla pojazdów kolejowych dużych prędkości o maksymalnej prędkości wynoszącej 250 km/h, hałas przejazdu należy określić dla prędkości 80 km/h oraz przy maksymalnej prędkości jednostki. Jeżeli maksymalna prędkość eksploatacyjna v_{\max} jednostki jest większa niż 80 km/h i mniejsza niż 250 km/h, hałas przejazdu jest mierzony przy prędkości 80 km/h i przy maksymalnej prędkości jednostki. Obie zmierzone wartości hałasu przejazdu normalizuje się do prędkości odniesienia wynoszącej 80 km/h $L_{pAeq, Tp(80 \text{ km/h})}$ za pomocą zależności [15]:

$$L_{pAeq, Tp(80 \text{ km/h})} = L_{pAeq, Tp(V_{\text{test}})} - 30 \log \frac{V_{\text{test}}}{80 \text{ km/h}} \quad (1)$$

gdzie: V_{test} – zmierzona prędkość podczas pomiaru.

Wartość znormalizowana nie może przekraczać wartości dopuszczalnej $L_{pAeq, Tp(80 \text{ km/h})}$ określonej w tabelicy 2.

W przypadku pojazdów, których prędkość eksploatacyjna wynosi co najmniej 250 km/h, hałas przejazdu mierzony jest przy prędkości 80 km/h i przy maksymalnej prędkości jednostki, lecz nie większej niż 320 km/h. Zmierzony wynik hałasu przejazdu przy prędkości 80 km/h należy znormalizować za pomocą zależności (1), do prędkości odniesienia wynoszącej 80 km/h $L_{pAeq, Tp(80 \text{ km/h})}$. Wartości hałasu przejazdu dla maksymalnej prędkości jednostki należy znormalizować do prędkości odniesienia wynoszącej 250 km/h $L_{pAeq, Tp(250 \text{ km/h})}$ zgodnie z zależnością [15]:

$$L_{pAeq, Tp(250 \text{ km/h})} = L_{pAeq, Tp(V_{\text{test}})} - 50 \log \frac{V_{\text{test}}}{250 \text{ km/h}} \quad (2)$$

gdzie: V_{test} – zmierzona prędkość podczas pomiaru.

Wartość znormalizowana nie może przekraczać wartości dopuszczalnej określonej dla prędkości odniesienia równej 80 km/h, tj. 80 dB oraz 95 dB dla prędkości odniesienia wynoszącej 250 km/h.

Kwestie ochrony środowiska przed hałasem reguluje ustawa „Prawo ochrony środowiska” (dalej ustawa POŚ) [8] wraz z aktami wykonawczymi, które zapewniają utrzymanie poziomu hałasu poniżej dopuszczalnego, lub co najmniej na tym poziomie, lub w przypadku przekroczenia ograniczenie go co najmniej do poziomu dopuszczalnego. Podstawowym narzędziem określonym przez ustawę POŚ do ograniczania nadmiernego hałasu w środowisku jest ocena klimatu akustycznego środowiska, która stanowi implementację zapisów dyrektywy 2002/49/WE [12], opisanej na początku niniejszego rozdziału.

Ważnym narzędziem ochrony środowiska przed hałasem jest określenie w drodze rozporządzenia [16], dopuszczalnych poziomów hałasu powodowanego przez poszczególne grupy źródła hałasu, w tym m.in. dla linii kolejowych. Dokument ten wprowadza podział w zależności od funkcji oraz rodzaju zabudowy obszarów chronionych akustycznie, dla których określono zróżnicowane dopuszczalne poziomy hałasu dla pory dnia (od 6:00 do 22:00) oraz dla pory nocy (od 22:00 do 6:00). Dopuszczalne wartości poziomu hałasu dla linii kolejowych, obejmujące poszczególne grupy terenów, przedstawiono w tabelicy 3.

Ważnym elementem w kształtowaniu ustawodawstwa europejskiego i krajowego w zakresie ochrony środowiska przed hałasem są normy. Do najważniejszych dokumentów odnoszących się w sposób bezpośredni lub pośredni do oddziaływań akustycznych transportu kolejowego należy zaliczyć normy obejmujące swoim zakresem pomiar hałasu emitowanego przez pojazdy szynowe [17], obliczenia oddziaływań aerodynamicznych wywołanych przejeżdżającymi pociągami [18],

Tabela 3

Wartości dopuszczalne poziomu hałasu dla linii kolejowych [16]

Lp.	Przeznaczenie terenu	Dopuszczalny poziom hałasu [dB]	
		L_{AeqD} pora dnia $t = 16 \text{ h}$	L_{AeqN} pora nocy $t = 8 \text{ h}$
1.	a) obszary A ochrony uzdrowiskowej, b) tereny szpitali poza miastem.	50	45
2.	a) tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej, b) tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży, c) tereny domów opieki, d) tereny szpitali w miastach.	61	56
3.	a) tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego, b) tereny zabudowy zagrodowej, c) tereny rekreacyjno-wypoczynkowe, d) tereny mieszkaniowo-usługowe.	65	56
4.	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców.	68	60

wymagania dla urządzeń przeciwhałasowych [19–24], a także tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej [25, 26].

3. Źródła hałasu w pojazdach kolejowych

Hałas generowany podczas przejazdu pojazdu kolejowego dużych prędkości zależy od wielu czynników począwszy od stanu technicznego taboru oraz linii kolejowej, natężenia ruchu, ukształtowania terenu, a kończąc na prędkości [27–29]. Źródła hałasu w transporcie kolejowym można podzielić na 5 grup, tj.: hałas tocznienia, hałas uderzeniowy, hałas pisków, hałas ruszania i hamowania, a także hałas aerodynamiczny. W przypadku kolei dużych prędkości, do dominujących źródeł hałasu należy zaliczyć hałas tocznienia oraz hałas aerodynamiczny. Mając to na uwadze, na potrzeby niniejszego artykułu, autor ograniczył się do scharakteryzowania jedynie tych dwóch źródeł.

Dźwięk powstający na styku koła z szyną i przenoszony na konstrukcję pojazdu oraz elementy toru, jest nazywany hałasem tocznienia. Głównym czynnikiem generującym tego rodzaju hałas są drgania koła i szyny, pomimo iż powierzchnia ich styku wynosi jedynie około 1,5 cm². Nierówności na powierzchni tocznej szyny oraz biegowej koła prowadzą do powstawania drgań w obu elementach. Wibracje te rozprzestrzeniając się, warunkują generowanie promieniowania dźwiękowego poszczególnych części, które stanowią składowe hałasu tocznienia [27, 30].

Hałas na styku koła z szyną jest generowany przez chropowatość ich powierzchni (makro-chropowatość), która powoduje przemieszczanie się (drganie) tych elementów względem siebie. Drgania są przenoszone do obydwu struktur stykowych jednakowo, tj. bez względu na to, w którym elemencie występuje większa chropowatość [31]. W przypadku, gdy na którejś części pojawia się fala o długości λ [m], a pojazd porusza się z prędkością v [m/s], to sinusoidalne drgania będą generowane z częstotliwością f [Hz], zgodnie z zależnością [32–34]:

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (3)$$

gdzie:

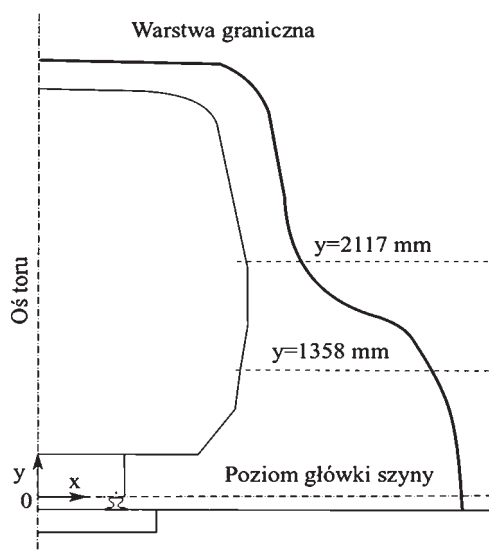
- f – częstotliwość [Hz],
- v – prędkość pojazdu [m/s],
- λ – długość fali [m].

Hałas tocznienia w kolejach dużych prędkości ma największe znaczenie przy prędkościach do około 200–250 km/h. Poziomy hałas tocznienia silnie zależy od prędkości pojazdu i wraz z jej podwojeniem

wzrasta o około 9 dB. Zakres częstotliwości zawiera się w zakresie od 50 Hz do 5000 Hz, z czego wyższe częstotliwości charakteryzują drgania koła, średnie częstotliwości szyny, niższe zaś odpowiadają drganiom podkładów [27, 35–38].

Hałas aerodynamiczny jest generowany przez ruch cząstek w ośrodku sprężystym (powietrze), a nie drganiami w ciałach stałych. Mając na uwadze to stwierdzenie, im większa prędkość pojazdu, tym większe oddziaływania aerodynamiczne [39]. Podczas poruszania się pojazdu kolejowego dochodzi do niejednorodnych przepływów warstw powietrza spowodowanych przez poszczególne elementy pojazdu, w tym przede wszystkim przez pantograf, układ jezdny (wózek) oraz bryłę pojazdu [40, 41]. Ze względu na różną budowę techniczną pojazdów kolejowych, hałas aerodynamiczny może dominować przy różnych prędkościach dla poszczególnych pojazdów dużych prędkości. Niemniej jednak dotychczasowe badania potwierdziły, że ten rodzaj hałasu pojawia się przy prędkości powyżej 250 km/h [33, 42, 43].

W otoczeniu pojazdu kolejowego jadącego z dużą prędkością powstaje ruch ośrodka sprężystego (powietrza), w postaci przepływu warstw począwszy od swobodnego, aż po ruch zmniejszony do zera (przy powierzchni bryły pojazdu). Równoległe warstwy powietrza poruszają się z różną prędkością, przez co powstają zaburzenia (turbulencje) w przemieszczaniu gazu przy powierzchniach pojazdu. Grubość warstwy (tzw. warstwy granicznej), w której występują zaburzenia w przepływie powietrza, wynosi około 2 m za czołem pociągu i zwiększa się istotnie wzdłuż pionowej osi pociągu, osiągając najszerszą wartość przy nawierzchni torowiska [27, 33, 44, 45]. Schemat warstwy granicznej przepływu powietrza został przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat warstwy granicznej przepływu powietrza [40]

Widmo hałasu aerodynamicznego dla pociągów dużych prędkości uznano za hałas szerokopasmowy, którego zakres częstotliwości mieści się w zakresie od 800 Hz do 4–5 kHz [46, 47].

4. Wpływ kolei dużych prędkości na stan środowiska akustycznego

Hałas jest jednym z najbardziej rozproszonych zanieczyszczeń w środowisku i stanowi jedną z głównych obaw związanych z wpływem projektów kolei dużych prędkości na otoczenie. Zdarzenia akustyczne na linii kolejowej mogą być słyszalne nawet w odległości do kilkuset metrów [48]. Uciążliwość jest uzależniona od wielu czynników, takich jak: natężenie ruchu, rodzaj pojazdów kolejowych, stan techniczny jednostki oraz linii kolejowej, a także ukształtowanie terenu. Uwzględniając również indywidualną percepcję poszczególnych jednostek (człowiek, zwierzęta) oddziaływania akustyczne mogą się znacznie różnić dla poszczególnych odcinków linii kolejowej dużych prędkości. Określenie wpływu hałasu na środowisko wymaga znajomości struktur lokalnych populacji, stanu środowiska przyrodniczego, a także zagospodarowania terenu w sąsiedztwie linii kolejowej.

W przypadku przeprowadzania analizy oddziaływania dla przebudowy lub rozbudowy linii kolejowej dużych prędkości, jako punkt odniesienia należy przyjąć stan wpływu istniejącej linii. Analiza powinna obejmować ocenę oddziaływania w fazie budowy eksploatacji oraz likwidacji danego przedsięwzięcia.

W fazie prac budowlanych negatywne oddziaływania akustyczne będą związane przede wszystkim z pracą ciężkiego sprzętu, pozostałych maszyn budowlanych oraz koniecznością transportu materiałów budowlanych i surowców. Poziom uciążliwości wzdłuż linii kolejowej będzie mocno zróżnicowany i może być bardziej odczuwalny w pobliżu budowy węzłów przesiadkowych (stacji), obiektów inżynierskich lub w sąsiedztwie zapleczy budowy i parków maszyn. Prace budowlane mogą powodować dyskomfort wśród okolicznych mieszkańców, jednakże będą to uciążliwości okresowe, które ustaną po zakończeniu realizacji inwestycji. W przypadku prac budowlanych mamy do czynienia z hałasem krótko- lub średniookresowym. Brak znajomości wszystkich parametrów wpływających na wielkość emisji, tj. rodzaju pojazdów, stanu technicznego, liczby sprzętu i maszyn wykorzystanych do prac budowlanych oraz czasu ich pracy, uniemożliwia szczegółowe prognozowanie hałasu na etapie budowy. Na podstawie wykazu podstawowych maszyn budowlanych stosowanych podczas poszczególnych prac oraz opierając się na prostej zależności określającej spadek poziomu hałasu wraz

z odległością [40], zdaniem autora w odległości 50–70 m od inwestycji nie powinny występować znaczące zagrożenia wynikające z emisji hałasu.

Negatywny wpływ w fazie budowy może być odczuwalny przez zwierzyne, która płoszona z terenów zasiedlenia, będzie zmuszona do zmiany szlaków migracji lub okresowej rezygnacji z żerowisk czy łągowisk. Niemniej jednak, tak jak w przypadku oddziaływania na ludzi, będzie to wpływ chwilowy, ograniczony do pewnego obszaru, który ustanie po zrealizowaniu wszystkich prac budowlanych.

Na etapie eksploatacji uciążliwość akustyczna będzie związana z ruchem pojazdów dużych prędkości. W celu dokładnego określenia przestrzennego rozkładu poziomu hałasu niezbędne są informacje dotyczące rodzajów pojazdów, natężenia ruchu, a także funkcji użytkowych terenu sąsiadującego z linią kolejową dużych prędkości. Dane wejściowe, wykorzystane do opracowania modelu propagacji hałasu, umożliwią szczegółowe przedstawienie rozkładu poziomu hałasu w środowisku w postaci izolinii. Przykładową mapę z ukształtowaniem izolinii poziomu hałasu od linii kolejowej przedstawiono na rysunku 2.

Linia kolejowa może powodować uciążliwości na sąsiadujących terenach chronionych akustycznie, takich jak: zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna, zabudowa związana ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży, tereny szpitali, domów opieki czy obszary ochrony uzdrowskiej. Nadmierne i długotrwałe narażenie na hałas oprócz dyskomfortu może prowadzić do problemów ze zdrowiem psychicznym i fizycznym.

Zgodnie z raportem Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) [50] narażenie na hałas może powodować powolne, ale trwałe zmiany słuchu, przez uszkodzenie wewnętrznych struktur. Długotrwałe lub nadmierne hałas skutkuje takimi problemami zdrowotnymi jak: choroby układu krążenia, zaburzenia funkcji poznawczych u dzieci, szum w uszach i utrata słuchu. Hałas może powodować również słabą koncentrację, zwiększony poziom stresu, niższą wydajność w pracy, a także drażliwość, problemy w komunikacji z ludźmi, chroniczne zmęczenie a w dłuższej perspektywie nawet problemy z odpornością [51].

W trakcie eksploatacji linii kolejowej dużych prędkości hałas może negatywnie wpływać również na dziką zwierzyne. Oddziaływania akustyczne mogą wywoływać u niej wiele skutków behawioralnych i fizycznych. Nadmierne hałas może powodować płoszenie zwierząt, co może prowadzić do efektu barierowego, tj. naruszenia spójności i ciągłości korytarzy migracyjnych, utraty dostępu do żerowisk oraz łągowisk. Długoterminowy hałas może również generować stres, który może przyczynić się do zmniejszenia zdolności reprodukcji lub opuszczenia dotychczasowych siedlisk.



Rys. 2. Przykładowa mapa linii kolejowej wraz z rozkładem poziomu hałasu (izolinie) [49]

Na etapie likwidacji linii kolejowych dużych prędkości można spodziewać się podobnych oddziaływań akustycznych jak na etapie realizacji. Wynika to z faktu, iż te prace będą prowadzone z zastosowaniem podobnych maszyn budowlanych, jak w fazie budowy.

5. Rozwiązania minimalizujące oddziaływane akustyczne

Wybór rozwiązań i środków zabezpieczających przed hałasem kolejowym jest jedną z najważniejszych decyzji na etapie budowy lub modernizacji infrastruktury kolejowej. Ważnym zagadnieniem jest odpowiednie rozpoznanie źródeł hałasu, gdyż umożliwi to skuteczniejsze dobranie działań i środków ograniczających oddziaływanie akustyczne pochodzące od kolei dużych prędkości. Zagadnienia ograniczania negatywnych skutków hałasu kolejowego są często podejmowanym zagadnieniem w literaturze [29, 52–54]. Rozwiązania minimalizujące hałas kolejowy można podzielić na trzy fazy: budowy, eksploatacji oraz likwidacji.

Na etapie realizacji lub likwidacji przedsięwzięcia ograniczenie negatywnych oddziaływań w zakresie emisji hałasu jest realizowane przez:

- ograniczenie prac budowlanych w sąsiedztwie obszarów chronionych akustycznie do pory dziennej,

- lokalizowanie zapleczy budowy oraz dróg dojazdowych na obszarach mniejszej uciążliwości dla ludzi i zwierząt,
- korzystanie z nowoczesnego i sprawnego sprzętu budowlanego w dobrym stanie technicznym,
- regularne przeglądy i konserwacje maszyn budowlanych,
- optymalizację w wykorzystaniu sprzętu budowlanego i środków transportu (minimalizacja zbędnych przejazdów, ograniczenie prac maszyn na biegu jałowym itp.).

Na etapie eksploatacji, rozwiązania minimalizujące negatywne oddziaływania akustyczne można podzielić na dwie grupy: leżące w gestii zarządcy linii kolejowej dużych prędkości oraz będące w gestii przewoźników kolejowych (producentów pojazdów). Do redukcji hałasu, zarządcy linii kolejowych dużych prędkości, najczęściej stosują rozwiązania polegające na:

- modernizacji/remontu linii,
- szlifowaniu szyn,
- montażu osłon przeciwhałasowych (wałów ziemnych, wykopów, ekranów akustycznych),
- izolacji akustycznej budynków (wymianie stolarki okiennej, drzwiowej, montażu ekranów akustycznych) [9, 40, 55, 56].

W przypadku kolei dużych prędkości najszerze spektrum działania mające na celu ograniczenie

negatywnego wpływu hałasu na środowisko mają przewoźnicy. Do najczęściej stosowanych rozwiązań należy zaliczyć:

- wymianę pojazdów na nowoczesny tabor,
- modernizację taboru (montaż nowoczesnych kół, układu kontroli poślizgu, wymianę układów chłodzenia),
- stosowanie pantografów o aerodynamicznym kształcie,
- zmniejszenie liczby pantografów,
- osłony pantografów,
- osłony wózków jezdnych [57–60].

6. Podsumowanie

Obecnie społeczeństwo wiele czasu poświęca na przemieszczanie siebie i swoich dóbr, dlatego transport staje się coraz bardziej ważnym elementem życia codziennego. Ten trend wymusza kreowanie nowych rozwiązań podróżowania, takich jak koleje dużych prędkości. Zwiększanie prędkości pociągów nie jest celem samym w sobie, a jedynie środkiem do realizacji wymagań współczesnego świata, jakim jest m.in. szybszy transport kolejowy. Jednak wprowadzane udogodnienia dla jednego człowieka (pasażera) nie może odbywać się kosztem pogorszenia warunków życia drugiego (osoby zamieszkującej w sąsiedztwie linii kolejowej dużych prędkości). Istotnym jest, aby podczas budowy / modernizacji elementów składowych systemu kolei dużych prędkości (tabor, infrastruktura) uwzględniano także ochronę środowiska.

Celem artykułu jest przybliżenie zagadnień dotyczących oddziaływania akustycznego generowanego przez linie kolejowe dużych prędkości. Omówiono najważniejsze regulacje prawne z zakresu hałasu w transporcie kolejowym, a także scharakteryzowano główne źródła hałasu generowanego przez linie kolejowe dużych prędkości. W artykule podjęto się próby określenia negatywnego oddziaływania akustycznego na poszczególne elementy środowiska, wraz z najczęściej stosowanymi rozwiązaniami minimalizującymi ten wpływ.

Szczegółowe poznanie, a przede wszystkim zrozumienie poszczególnych elementów środowiska, a także procesów, jakie w nim zachodzą, umożliwi skuteczną jego ochronę. Stosowanie najnowocześniejszych rozwiązań pozwoli jednocześnie pogodzić dążenie do zwiększania prędkości na liniach kolejowych z koniecznością zmniejszania oddziaływań akustycznych na środowisko.

Literatura

1. Borwin M., Komorski P., Szymański G.: *Modeling of the sound propagation for a railway vehicle moving on the track*, Rail Vehicles, 2019, vol. 3, pp. 60–68.
2. He Q.: *A bi-objective deep reinforcement learning approach for low-carbon-emission high-speed railway alignment design*, Transportation Research Part C, 2023, vol. 147, 104006.
3. Holscher K., Wittmayer J. M., Loorbach D.: *Transition versus transformation: What's the difference?*, Environmental Innovation and Societal Transitions, 2018, vol. 27, s. 1–3.
4. Wu Y. et.al.: *Eco-efficiency measurement of coal-fired power plants in China using super efficiency data envelopment analysis*, Sustainable Cities and Society, 2018, vol. 36, s. 157–168.
5. Zhang J.X. et.al.: *Understanding the impact of environmental regulations on green technology innovation efficiency in the construction industry*, Sustainable Cities and Society, 2021, vol. 65, 102647.
6. Góra I.: *Kolej szansą na dekarbonizację transportu, Raport. Zrównoważony transport – droga do neutralności klimatycznej*, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej i UN Global Compact Network Poland, Warszawa, 2022, s. 140–141.
7. Tomaszewski F., Wojciechowska E.: *Transport kolejowy a ochrona środowiska*, Kraków, 2011.
8. Ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 21 kwietnia 2001 – t.j. Dz.U. 2016 poz. 672.
9. Polak K.: *High-Speed Rail versus environmental protection. In High-Speed Rail in Poland: Advances and Perspectives* [in. Żurkowski A., Ed., CRC Press], Warszawa, 2018, s. 421–439.
10. Peris E.: *Environmental noise in Europe – 2020*, European Environment Agency Raport, European Union, Luxembourg 2020, No 22/2019.
11. Polak K., Korzeb J.: *Pomiary hałasu pochodzącego od pojazdów kolejowych zwiększonych prędkości*, Problemy Kolejnictwa, 2019, z. 184, s. 33–38.
12. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2002/49/WE z dnia 25 czerwca 2002 odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku (Dz.U. L 189, 18.7.2002, p. 12–25).
13. Kossakowski P.: *Protection against noise in the European Union – general requirements, applied noise indicators and assessment methods*, 2011, no 4, p. 38–45.
14. Wrótny M., Bohatkiewicz J.: *Impact of railway noise on people based on strategic acoustic maps*, Sustainability, 2020, 12(14), p. 1–14.
15. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1304/2014 z dnia 26 listopada 2014 r. w sprawie technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Tabor kolejowy – hałas”, zmieniające decyzję 2008/232/WE i uchylające decyzję 2011/229/UE (Dz.U. UE. L.2014.356.421) z późniejszymi zmianami.
16. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowiska (tekst jednolity: Dz.U.2014.112).

17. PN-EN ISO 3095:2013-12: Akustyka – Kolejnictwo – Pomiar hałasu emitowanego przez pojazdy szynowe.
18. PN-EN 1991-2:2007: Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 2: Obciążenia ruchome mostów.
19. PN-B-02482:1955: Fundamenty budowlane – Nośność pali i fundamentów na palach – Wytyczne wyznaczania.
20. PN-EN 1793-1:2017-05: Drogowe urządzenia przeciwhałasowe – Metoda oznaczania właściwości akustycznych – Część 1: Podstawowe właściwości pochłaniania dźwięku w warunkach rozproszonego pola.
21. PN-EN 1793-2:2018-08: Drogowe urządzenia przeciwhałasowe – Metoda oznaczania właściwości akustycznych – Część 2: Podstawowe właściwości izolacji od dźwięków powietrznych w warunkach dźwięku rozproszonego.
22. PN-EN 1794-1: Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Część 1: Właściwości mechaniczne i stateczność.
23. PN-EN 1794-2: Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Część 2: Ogólne bezpieczeństwo i wymagania ekologiczne.
24. PN-ISO 10847:2002: Akustyka – Wyznaczanie „in situ” skuteczności zewnętrznych ekranów akustycznych wszystkich rodzajów.
25. PN-ISO 9613-1:2000: Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej – Obliczanie pochłaniania dźwięku przez atmosferę.
26. PN-ISO 9613-2:2002: Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej – Ogólna metoda obliczania.
27. Czyczuła W., Kożuch B.: *Hałas w otoczeniu linii kolejowych – porównanie hałasu emitowanego przez EMU 250 (pendolino) i inne pociągi kursujące po centralnej magistrali kolejowej*, Technika Transportu Szynowego, 2015, R. 22, nr 12, s. 347–353.
28. Hemsworth B.: *Environmental noise directive development of action plans for railways*, International Union of Railways, Paris, 2008.
29. Szablowska P., Rochel M.: *Ways of protection from noise pollution in railway and tramway infrastructure*, Journal of Civil Engineering and Transport, 2020, vol. 2(1), p. 35–45.
30. Garcia-Andrés X. et.al.: *Wheel shape optimization approaches to reduce railway rolling noise*, Structural and Multidisciplinary Optimization, 2020, vol. 62, p. 2555–2570.
31. Pieren R. et.al.: *Auralisation of combined mitigation measures in railway pass-by noise*, in Inter-Noise, Glasgow, UK, 2022.
32. Pieren R. et.al.: *Auralization of railway noise: Emission synthesis of rolling and impact noise*, Applied Acoustics, 2017, vol. 127, p. 34–45.
33. Thompson D.J.: *Railway noise and vibration: mechanisms, modelling and means of control*, Institute of Sound and Vibration Research University of Southampton, 2009.
34. Zea E. et.al.: *Wavenumber-domain separation of rail contribution to pass-by noise*, Journal of Sound and Vibration, 2017, vol. 409, pp. 24–42.
35. Arteaga L.: *Rolling noise in road and rail transportation systems*, in: Proceedings of International Congress on Noise Control Engineering -INTER-NOISE 2019, Spanish Acoustical Society SEA, Madrid 2019.
36. Clausen U. et.al.: *Reducing railway noise pollution – study, european parliament, policy department structural and cohesion policies*, Brussels 2012.
37. Janssens M.H.A. et.al.: *Railway noise measurement method for pass-by noise, total effective roughness, transfer functions and track spatial decay*, Journal of Sound and Vibration, 2006, nr 293(3–5), s. 1007–1028.
38. Polak K., Korzeb J.: *Identification of the major noise energy sources in rail vehicles moving at a speed of 200 km/h*, Energies, 2021, no. 14(13): 3957.
39. Zbiec A.: *Zjawiska aerodynamiczne wywołane przejazdem pociągu. Część 1: Oddziaływanie ciśnienia na obiekty*. Problemy Kolejnictwa, 2021, z. 191.
40. Polak K.: *Ocena wpływu hałasu generowanego przez pojazd kolejowy zwiększonych prędkości na otoczenie drogi kolejowej*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Kolejnictwa, Warszawa, 2023.
41. Sheng X. et.al.: *Recent advances on research into high-speed railway noise*, Intelligent Transportation Infrastructure, 2023, vol. 2.
42. Li T. et.al.: *Step-by-step numerical prediction of aerodynamic noise generated by high speed trains*, Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2022, vol. 35/28.
43. Liu D. et.al.: *A review on aerodynamic load and dynamic behavior of railway noise barriers when high-speed trains pass*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2023, vol. 239, 105–458.
44. Talotte C.: *Aerodynamic noise: a critical survey*, Journal of Sound and Vibration, 1999, nr 231(3), s. 549–562.
45. Yao Y. et.al.: *Analysis of aerodynamic noise characteristics of high-speed train pantograph with different installation bases*, Applied Sciences, 2019, nr 9 (2332).
46. Liang X. et.al.: *Aerodynamic noise characteristics of high-speed train foremost bogie section*, Journal of Central South University, 2020, vol. 27, s. 1802–1813.
47. Zhang Y., Zhang J., Li T.: *Research on aerodynamic noise reduction for high-speed trans*, Shock and Vibration, 2016, s. 1–21.