1. Ochrona przed hałasem od wentylacji podstawowej

1.1 Podstawa formalna

1. Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego oraz Rady Europejskiej z dnia 25 czerwca 2002 w sprawie oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku. Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich L 189/12
2. Commission recommendation C(2003)2807 concerning the guidelines on the revised interim computation methods for industrial noise, aircraft noise, road traffic and railway noise, and related emission data.
3. Ustawa z dnia 07.07.1994 r. Prawo Budowlane (Dz. U. Nr 207, poz. 2016, z 2003 r. z późniejszymi zmianami).
4. Ustawa Prawo ochrony środowiska (Dz.U.06.129.902 z późniejszymi zmianami)
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U.02.75.690).
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie (Dz.U.11.144.859).
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, poz. 1109
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 4 listopada 2008 r w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobranej wody. Dziennik Ustaw Nr 206, poz. 1291. Załącznik 6 „Metodyka referencyjna wykonywania okresowych pomiarów hałasu w środowisku pochodzącego od instalacji lub urządzeń, z wyjątkiem hałasu impulsowego”.
9. PN-B-02151-02:1987 Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach - Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach
10. PN-EN 12354-4 Akustyka budowlana, określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów; część 4 przenikanie hałasu z budynku do środowiska.
11. PN-ISO 9613-2 Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczania.

1.2 Założenia projektowe

W wentylatorni szlakowej V07 będą działały dwa wentylatory osiowe. Po stronie zewnętrznej wentylatornia jest połączona z terenową czerpnio-wyrzutnią, po stronie wewnętrznej powietrze jest prowadzone do tuneli. Zgodnie z założeniami projektowymi występują dwa warianty pracy wentylatorów:

a) Normalne warunki eksploatacyjne, jeden wentylator działa na zmniejszonych obrotach z wydajnością 50%.

b) Warunki awaryjne, w przypadku pożaru wentylatory działają z pełną wydajnością.

W warunkach normalnej eksploatacji poziom hałasu emitowanego przez wentylatory nie powinien przekraczać wartości dopuszczalnej w środowisku zewnętrznym, oraz wartości dopuszczalnej przyjętej w hali peronowej. W warunkach awaryjnych (pożar) hałas wentylatorów na peronie należy ograniczyć do poziomu umożliwiającego sprawne funkcjonowanie instalacji DSO. W warunkach awaryjnych nie obowiązują wymagania akustyczne w środowisku zewnętrznym.

Po stronie czerpnio-wyrzutni i po stronie tunelu będą zastosowane typowe szczelinowe tłumiki akustyczne o długości ok. 3m, zamontowane bezpośrednio po obu stronach każdego wentylatora. Na ścianach i na stropie wentylatorni tj. na poziomie wentylatorów +25.72, a także wewnątrz samej czerpnio-wyrzutni, będzie zastosowana wykładzina dźwiękochłonna z wełny mineralnej o grubości 10 cm w welonie szklanym, przykrytej blachą 0,5 mm perforowaną o stopniu perforacji co najmniej 30%.

1.3 Emisja hałasu do środowiska

Wentylatornia szlakowa V07 jest usytuowana przy ul. Górczewskiej w pobliżu skrzyżowania z Al. Prymasa Tysiąclecia. W sąsiedztwie planowanej czerpnio-wyrzutni znajduje się pas drogowy ul. Górczewskiej oraz obiekty usługowe, trawnik, a dalej obiekty rekreacyjno-sportowe na terenie Parku Moczydło. Zgodnie z mapą akustyczną Warszawy w rejonie lokalizacji projektowanej czerpnio-wyrzutni długookresowy poziom dźwięku L_{DWN} wynosi 75dB, a wskaźnik L_N dla pory nocnej 69dB.

Rodzaje terenów podlegających ochronie akustycznej są określone w Ustawie *prawo ochrony środowiska* [4]. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku, powodowanego przez poszczególne grupy źródeł hałasu, zostały ustalone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 zmieniającym rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [7]. Dopuszczalne wartości poziomu hałasu są wyrażone wskaźnikami $L_{Aeq\,D}$ oraz $L_{Aeq\,N}$ odpowiednio dla pory dziennej (6.00-22.00) i pory nocnej (22.00-6.00). Źródła hałasu związane z wentylacją i wyposażeniem technicznym metra należy zaliczyć do grupy obejmującej „pozostałe obiekty i działalność będącą źródłem hałasu”. Dla tej grupy do oceny warunków akustycznych przyjmuje się przedział czasu odniesienia dla pory dziennej równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia kolejno po sobie następującym, natomiast dla pory nocnej przedział równy 1 najmniej korzystnej godzinie

nocy. Wartości dopuszczalne obowiązujące w przypadku hałasu od urządzeń technicznych związanych z eksploatacją II linii metra zamieszczono w tablica 1.

Tablica 1. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku od wentylacji metra

Lp	Przeznaczenie terenu	dzień	noc
		$L_{Aeq\ D}$	$L_{Aeq\ N}$
1	Strefa ochronna „A" uzdrowiska Tereny szpitali poza miastem	45 dB	40 dB
2	Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży [1)] Tereny domów opieki społecznej Tereny szpitali w miastach	50 dB	40 dB
3	Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego Tereny zabudowy zagrodowej Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe[1)] Tereny mieszkaniowo usługowe	55 dB	45 dB
4	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców[2)]	55 dB	45 dB

[1)] W przypadku niewykorzystywania tych terenów, zgodnie z ich funkcją, w porze nocy, nie obowiązuje na nich dopuszczalny poziom hałasu w porze nocy.
[2)] Strefa śródmiejska miast powyżej 100tys. mieszkańców to teren zwartej zabudowy mieszkaniowej z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych. W przypadku miast, w których występują dzielnice o liczbie mieszkańców pow. 100 tys. można wyznaczyć w tych dzielnicach strefę śródmiejską, jeżeli charakteryzuje się ona zwartą zabudową mieszkaniową z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych.

W sąsiedztwie wentylatorni V07 obowiązuje miejscowy plany zagospodarowania przestrzennego rejonu Parku Moczydło, Uchwała nr XCIV/2805/2010 Rady m. st. Warszawy z dnia 9 listopada 2010 r. Teren 22 US(U) po stronie północnej jest przeznaczony pod usługi sportu oraz usługi turystyki i gasrtonomii. Po stronie północno-zachodniej znajduje się budynek usługowy Górczewska 62/64 z parkingiem, po stronie wschodniej myjnia samochodowa Górczewska 56/60. Po stronie południowej biegnie ścieżka rowerowa i pas drogowy ul. Górczewskiej (droga wojewódzka 580). Tereny usługowe nie podlegają ochronie przed hałasem. Na terenach rekreacyjno-sportowych w Parku Moczydło, dopuszczalny poziom hałasu w porze dziennej/nocnej wynosi odpowiednio 55/45dB, teren jest zasadniczo użytkowany w porze dziennej. Wentylatornia znajduje się w strefie ekspozycji rzeźb metalowych.

Poziomy mocy akustycznej przyjętego na obecnym etapie referencyjnego wentylatora osiowego działającego w normalnych warunkach eksploatacyjnych z wydajnością 50% podano w tablicy 2. Po obu stronach wentylatora będą zastosowane szczelinowe tłumiki absorpcyjne o długości 3m. Skuteczność tłumików w odniesieniu do charakterystyki widmowej wentylatora obliczono w oparciu o dane firmy TROX. Analizowano różne typu

tłumików oraz różną konfigurację szczelin przy założeniu, że powierzchnia netto przepływu wynosi 40-50% całkowitego przekroju tłumika. Zgodnie z wynikami obliczeń skuteczność tłumika o długości 3m wynosi 22- 37dB zależnie od przyjętego ostatecznie typu i konfiguracji.

Tablica 2. Poziom mocy akustycznej referencyjnego wentylatora osiowego, wydajność 50%, n=750 min^{-1}, V= 110 000m^3/h.

Wentylator V08	Poziom mocy akustycznej L_W, dB									
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{WA}	L_{lin}
strona tłoczna	101	106	108	108	106	101	94	84	**110**	113.7
strona ssąca	98	103	105	105	103	98	91	81	107	110.7
obudowa	64	71	75	77	76	72	65	55	79.7	81.9

Poziom mocy akustycznej wentylatora działającego z wydajnością 50% wynosi L_{WA}=110dB (tab. 2). Zastosowane tłumiki akustyczne o długości 3m oraz system wytłumionych kanałów pomiędzy wentylatornią, a czerpnią powietrza ograniczą poziom hałasu wewnątrz samej czerpnio-wyrzutni do 65dB.

Poziom hałasu emitowanego na zewnątrz do środowiska obliczono za pomocą programu komputerowego IMMI, stosując metodę zgodną z Dyrektywą [1] oraz zaleceniami dokumentu [2]. Terenowa czerpnio-wyrzutnia została zamodelowana jako źródło hałasu zgodnie z normą *PN-EN 12354-4.* Wyniki obliczeń emisji hałasu do środowiska przedstawiono graficznie na rysunku 1. Poziom hałasu na zewnątrz w bezpośrednim otoczeniu czerpnio-wyrzutni nie przekracza 55dB, a na terenie przeznaczonym pod usługi sportu jest niższy od 45dB, warunki dopuszczalne w środowisku są spełnione. Uzyskany poziom hałasu zewnętrznego gwarantuje również, że będą zachowane warunki dopuszczalne określone w normie PN-87/B-02151/02 dla pomieszczeń znajdujących się we wnętrzu sąsiednich budynków.

W projekcie wykonawczym należy dobrać konkretne wentylatory i tłumiki akustyczne w taki sposób, aby w warunkach eksploatacyjnych poziom hałasu wewnątrz czerpnio-wyrzutni nie przekraczał L_{Aeq} = 65dB. Jeżeli ten warunek nie będzie spełniony, należy przeprowadzić ponowną analizę akustyczną i w razie konieczności zastosować dodatkowe środki ochrony przed hałasem.

Rys. 1. Wentylatornia V07, emisja hałasu do środowiska, pora dzienna i nocna.

1.4 Hałas na peronie

W warunkach eksploatacyjnych dla zapewnienia zrozumiałość podawanych komunikatów oraz zachowania odpowiedniego poziom komfortu, poziom hałasu od wentylacji podstawowej na peronie nie powinien przekraczać L_A = 60 dB. Poziom mocy akustycznej jednego wentylatora działającego w warunkach eksploatacyjnych z wydajnością 50%, podano w tablicy 2.

W warunkach awaryjnych tło akustyczne na peronie powinno być ograniczone do poziomu zapewnianiającego zrozumiałości komunikatów DSO. Poziomy mocy akustycznej przyjętego obecnie wentylatora o wydajności V= 220 000m^3/h, pracującego na pełnych obrotach n=1500 min $^{-1}$ podano w tablicy 3.

Tablica 3. Poziom mocy akustycznej referencyjnego wentylatora osiowego, wydajność 100%, n=1500 min^{-1}, V= 220 000m^3/h.

Wentylator V08	Poziom mocy akustycznej L_W, dB									
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{WA}	L_{lin}
strona tłoczna	116	121	123	123	121	116	109	99	125	128.7
strona ssąca	113	118	120	120	118	113	106	96	122	125.7
obudowa	79	86	90	92	91	87	80	70	94.7	96.9

Tłumiki akustyczne oraz wykładziny dźwiękochłonne zastosowane po stronie tunelu gwarantują, że działanie wentylatorów szlakowych i hałas przedostający się do tuneli nie będzie miał wpływu na warunki akustyczne panujące na peronach.

1.5 Hałas w wentylatorni

Wentylatornia nie wymaga stałej obsługi, ekipy remontowe należy wyposażyć w indywidualne środki ochrony słuchu. Wentylatory należy posadowić za pośrednictwem wibroizolatorów dostosowanych do parametrów konkretnych urządzeń zgodnie z zaleceniami producenta i ustaleniami projektu wykonawczego.