# 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

Na stacji C06 z torami odstawczymi znajdują się trzy wentylatornie podstawowe. W każdej wentylatorni działają dwa wentylatory osiowe. Po stronie zewnętrznej każda wentylatornia jest połączona z terenową czerpnio-wyrzutnią. Po stronie wewnętrznej w przypadku wentylatorni stacyjnej Nr 1 powietrze jest prowadzone do przestrzeni nad peronem i dalej przez otwory w stropie do hali peronowej. W przypadku wentylatorni torów odstawczych Nr 2 i Nr 3 po stronie wewnętrznej powietrze przepływa otworami w stropie do tunelu znajdującego się poniżej. 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 czerpni i po stronie peronu (tunelu) będą zastosowane typowe szczelinowe tłumiki akustyczne o długości 3m, zamontowane bezpośrednio po obu stronach każdego wentylatora. Na ścianach i na stropie w każdej wentylatorni, oraz w komorach i kanałach dolotowych do czerpni i w komorach i kanałach po stronie peronu (tunelu), 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

Stacja C06 z torami odstawczymi znajduje się pod ul. Górczewską na odcinku pomiędzy ul. Ciołka i ul. Krępowskiego. Zgodnie z mapą akustyczną Warszawy przy najbardziej eksponowanych elewacjach budynków mieszkalnych znajdujących się w pierwszej linii od ul. Górczewskiej długookresowy poziom dźwięku $L_{DWN}$ hałasu ulicznego wynosi obecnie 75dB, a wskaźnik $L_N$ dla pory nocnej 67-72dB.

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 tablicy 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<br>Tereny szpitali poza miastem | 45 dB | 40 dB |
| 2 | Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej<br>Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży [1)]<br>Tereny domów opieki społecznej<br>Tereny szpitali w miastach | 50 dB | 40 dB |
| 3 | Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego<br>Tereny zabudowy zagrodowej<br>Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe[1)]<br>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 rejonie stacji C06 obowiązują dwa miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego obejmujące tereny położone po obu stronach ul. Górczewskiej:

- Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego rejonu ulicy Olbrachta, Uchwała Nr LVI/1669/2009 Rady m. st. Warszawy z dnia 28 maja 2009 r.
- Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego obszaru Ulrychowa w rejonie ul. Księcia Janusza, Uchwała Nr LX/1830/2009 Rady m. st. Warszawy z dnia 27 sierpnia 2009 r.

Wszystkie terenowe czerpnio-wyrzutnie są zlokalizowane po południowej stronie ul. Górczewskiej. Wentylatornia stacyjna Nr 1 oraz wentylatornia torów odstawczych Nr 3 znajdują się na terenie oznaczonym literą U, który jest przeznczony pod usługi. Wentylatornia torów odstawczych Nr 2 znajduje się na terenie zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej z dopuszczonymi usługami 25MW(U). Dopuszczalny poziom hałasu dla terenu MW(U) odpowiednio w porze dziennej/nocnej wynosi 55/45dB (tab1, p.3).

Po północnej stronie ul. Górczewskiej znajdują się tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i usług 4B, 4C, 5F MW/U oraz teren zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej

z dopuszczeniem usług 13A MW(U). Dopuszczalny poziom hałasu dla tych terenów w porze dziennej/nocnej wynosi 55/45dB.

Działanie wentylatorni podstawowych i innych urządzeń emitujących hałas na zewnątrz nie może powodować przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu obowiązującego we wnętrzu pomieszczeń znajdujących się w sąsiednich budynkach. Wymagane wartości określa norma *PN-87/B-02151/02 (*tablica 2). Wymagania obowiązują dla pomieszczeń w pełni umeblowanych (wyposażonych) zgodnie z przeznaczeniem przy zamkniętych oknach i drzwiach.

Tablica 2. Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu od urządzeń wyposażenia technicznego metra przenikającego do pomieszczeń w sąsiednich budynkach.

| Przeznaczenie pomieszczenia | Równoważny poziom dźwięku A, dB | |
|---|---|---|
| | dzień | noc |
| Pomieszczenia mieszkalne w budynkach mieszkalnych | 35 | 25 |
| Kuchnie i pomieszczenia sanitarne w mieszkaniach | 40 | 40 |
| Sale kawiarniane i restauracyjne, sale sklepowe | 45 | - |

Poziomy mocy akustycznej przyjętego na obecnym etapie referencyjnego wentylatora osiowego działającego w normalnych warunkach eksploatacyjnych z wydajnością 50% podano w tablicy 3. Po obu stronach wentylatora będą zastosowane typowe tłumiki szczelinowe o długości 3m. Skuteczność tłumików w odniesieniu do charakterystyki widmowej wentylatora określono w oparciu o dane firmy TROX. Analizowano różne typy tłumików oraz różną konfigurację szczelin zakładając, 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 3. Poziom mocy akustycznej referencyjnego wentylatora osiowego, wydajność 50%, n=750 $min^{-1}$, V= 110 000$m^3$/h.

| Wentylator C07 | 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. 3). Zastosowane tłumiki akustyczne o długości 3m oraz system wytłumionych kanałów pomiędzy wentylatornią, a czerpnią powietrza ograniczą poziom hałasu wewnątrz samej czerpnio-wyrzutni odpowiednio do;

- 55 dB w przypadku wentylatorni Nr 2 znajdującej się na ternie zabudowy mieszkaniowej w sąsiedztwie budynku Okocimska 2;

- 60 dB w przypadku pozostałych dwóch czerpnio-wyrzutni.

Poziom hałasu emitowanego na zewnątrz do środowiska obliczono za pomocą programu komputerowego IMMI, stosując metodę zgodną z Dyrektywą [1] oraz zaleceniami dokumentu [2]. Terenowe czerpnio-wyrzutnie zostały zamodelowana jako źródło hałasu zgodnie z normą *PN-EN* 12354-4. Wyniki obliczeń emisji hałasu do środowiska przedstawiono graficznie na rysunkach 1-3 odrębnie dla każdej czerpnio-wyrzutni, 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 Nr 2 znajdującej się w sąsiedztwie budynku Okocimska 2 nie przekraczał $L_{Aeq}$ = 55dB, a wewnątrz pozostałych dwóch czerpnio-wyrzutni nie przekraczał $L_{Aeq}$ = 60dB. Jeżeli te warunki nie zostaną spełnione należy przeprowadzić ponowną analizę akustyczną i w razie konieczności zastosować dodatkowe środki ochrony przed hałasem.

Rys. 1. Stacja C06, terenowa czerpnio-wyrzutnia Nr 1, emisja hałasu do środowiska, pora nocna.

Rys. 2. Stacja C06 tory odstawcze, terenowa czerpnio-wyrzutnia Nr 2, emisja hałasu do środowiska, pora nocna.

Rys. 3. Stacja C06 tory odstawcze, terenowa czerpnio-wyrzutnia Nr 3, emisja hałasu do środowiska, pora nocna.

## 1.4 Hałas na peronie

Wentylatornia stacyjna. 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 3.

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 4.

Tablica 4. Poziom mocy akustycznej referencyjnego wentylatora osiowego, wydajność 100%, n=1500 min$^{-1}$, V= 220 000m$^3$/h.

| Wentylator C07 | 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 |

Poziom tła akustycznego na peronie zależy od hałasu wentylacji oraz hałasu pociągów stojących na stacji. Równoważny poziom dźwięku A od jednego stojącego pociągu wynosi ok. 72 dB (rys. 4), w przypadku dwóch pociągów wzrasta do ok. 75 dB. Poziom dźwięku A od wentylacji podstawowej nie powinien w takiej sytuacji przekraczać 72 dB. Sumaryczny poziom hałasu od wszystkich wymienionych źródeł wynosi ok. 77dB, przy projektowaniu instalacji DSO na peronie należy przyjąć tło akustyczne na poziomie 77-80dB.

Rys. 4. Poziom hałasu na peronie podczas postoju jednego pociągu francuskiego.

Zastosowane tłumiki akustyczne o długości 3m i wykładziny dźwiękochłonne pozwolą ograniczyć poziom hałasu na peronie do przyjętych wartości dopuszczalnych tj. 60dB w warunkach eksploatacyjnych oraz 72dB w warunkach awaryjnych. Tłumiki akustyczne należy dobrać w fazie projektu wykonawczego odpowiednio do parametrów ostatecznie wybranych wentylatorów.

Wentylatornie torów odstawczych. W obu wentylatorniach torów odstawczych po stronie tunelu będą zastosowane tłumiki akustyczne długości 3m oraz wykładziny dźwiękochłonne. Najbliższe otwory nawiewno-wywiewne w stropie przy wentylatorni Nr 2 znajdują się w odległości ok. 160m od peronu. Zastosowane zabezpieczenia akustyczne gwarantują, że działanie obu wentylatorni torów odstawczych nie będzie miało wpływu na warunki akustyczne panujące na peronie stacji C06.

## 1.5 Hałas w wentylatorni

Wentylatornie podstawowe nie wymagają 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.