

**Posouzení vibroizolace v železničních tunelech pro letiště na trati Stromovka -Veleslavín,  
úsek Výstaviště - Dejvice**

Zadavatel : **Metroprojekt, a.s.**

Ing. Bednařík Kamil

Argentinská 1621/36

170 00 Praha 7

e-mail: [bednarik@metroprojekt.cz](mailto:bednarik@metroprojekt.cz)

tel: 296154314

Vypracoval: **Stěnička Jan**

Kozi 9

110 00 Praha 1

tel.: 603438065

**Obsah:**

1. Anotace
2. Úvod – rozbor současné situace
3. Emisní hladiny vibrací železničních tunelů bez vibroizolace
4. Emisní hladiny vibrací železničních tunelů s vibroizolací
5. Hygienické limity pro obytnou zástavbu
6. Rozdělení tratě na vibroizolační úseky po cca 400 m, s ohledem na staničení v hloubených a ražených tunelech s požadavky na útlum vibroizolace
7. Závěr – návrh dalšího postupu
8. Seznam literatury

Zpracování posudku dne 3.8.2019

Vyčlenění úseku Výstaviště – Dejvice 1.12.2022

Ing. Jan Stěnička

## 1. Anotace

Pilotní posudek pro přenos vibrací a strukturálního hluku z provozu na trati je založen na rozsáhlých teoreticko-experimentálních zkušenostech během posledních let v Metroprojektu.

Počáteční prognóza se zaměřila na dílčí traťové úseky v délce cca 150 - 400 m, v závislosti na staničení, hloubce tunelu a geologii podloží a různé navrhované rychlosti jízdy vlakové soupravy pro úsek od Stromovky po železniční stanici Praha-Dejvice (výchozí posudek byl zpracován pro úseku Stromovka (Výstaviště) – Veleslavín, následně došlo k rozdělení na dva samostatné úseky, resp. stavby).

Výsledkem posudku je určení nezbytné velikosti útlumu vibroizolace pro jednotlivé úseky s aproximací rychlostí od rozjezdu až po rychlost 80 km/hod.

## 2. Úvod a rozbor současné situace

Železniční trať v úseku mezi Stromovkou a ŽST Praha-Dejvice je vedena převážně hloubeným dvojkolejným tunelem vedeným ve stopě stávající povrchové železniční trati.

Posudek vyhodnocuje pouze velikost překročení hygienického limitu v závislosti na staničení, nikoliv pro jednotlivé obytné domy.

Níže jsou popsány emisní hladiny pro pevnou jízdní dráhu. Varianty železničního svršku v hloubeném tunelu se nazývají „bez vibroizolace“ a naopak doplnění železničních svršků o vibroizolační materiály, viz lit.23, jsou jako jediné antivibrační opatření a nazývají se „s vibroizolací“. Následně jsou posouzeny jednotlivé dílčí úseky a jsou stanoveny požadavky na parametry útlumu.

## 3. Emisní hladiny vibrací železničních tunelů bez vibroizolací

Dále je popsáno řešení pevné jízdní dráhy „bez vibroizolace“ umístěné ve dvoukolejném hloubeném hranatém tunelu. Pro tuto situaci lze použít model z dosavadní praxe z Metroprojektu, viz lit.2 a použít následující tab.1.

Tab.1 Emisní hladiny zrychlení vibrací na vnitřním povrchu tunelů

fo/Hz/	2	4	8	16	31	63	125	250	500
La/dB/	80	76	68	62	68	72	76	79	69
Chyby/dB/	7	6	5	4	4	3	2	3	4

Poznámka:

Hodnoty odpovídají průjezdu vlakových souprav s parametry uvedenými v lit.22, při rychlosti 80 km/hod.

## 4. Emisní hladiny zrychlení vibrací v železničních tunelech s vibroizolací

**Použit je vibroizolační materiál s útlumem vibrací na kolejnici cca 24 dB, na nejdůležitějším frekvenčním pásmu 63 Hz.**

V lit.23 skutečný akustický útlum popisován deskriptorem  $L_{Amax}$  není, což nevadí, protože tento posudek ani s touto vibroizolací nepočítá. Přesto lze dopočítat velikost emisních hladin zrychlení vibrací na vnitřní stěně tunelů, viz tab.2, a porovnat s emisními hladinami „bez vibroizolace“ uvedenými v tab.1 předchozí kapitoly.

**Tab.2 Emisní hladiny zrychlení vibrací na vnitřním povrchu tunelů s vibroizolací**

fo/Hz/	2	4	8	16	31	63	125	250	500
La/dB/	78	75	67	61	60	68	69	65	61
Chyby/dB/	7	6	5	4	4	3	2	3	4

Poznámka:

Hodnoty odpovídají průjezdu vlakových souprav s parametry uvedenými v lit.22, při rychlosti 80 km/hod.

## 5. Hygienické limity pro obytnou zástavbu

Hygienické limity pro hluk šířený vzduchem a šířený konstrukcí se stanovují dle Nařízení vlády č.272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb, ve znění pozdějších úprav, viz lit.2.

Zásadně musíme rozlišovat hygienický limit pro hluk a pro vibrace.

Tato studie se týká pouze hluku šířeného konstrukcí od železničního provozu geologií podloží, konstrukcí chráněné budovy a nakonec vyzařováním vibrací do vzduchu v „chráněném vnitřním prostoru staveb“, dle terminologie hygienické služby.

Hygienický limit hluku pro chráněné vnitřní prostory staveb od dopravy je hodnocen deskriptorem ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $A_{L_{Aeq,16h}}$  /pro celou denní dobu, tj.16 hod./ a  $L_{Aeq,8h}$  /pro celou noční dobu 8 hod./.

**Pro hluk šířený konstrukcí** se hygienický limit hodnotí deskriptorem maximální hladiny akustického tlaku  $L_{Amax} = 40$  dB a korekcí, přihlížejících ke druhu chráněného vnitřního prostoru a denní a noční době, /korekce dle přílohy č.2 k Nařízení vlády/, viz lit. 2.

Limity pro byty jsou:

v denní době  $L_{Amax} = 40$  dB

v noční době  $L_{Amax} = 30$  dB

Pro ostatní druhy chráněného vnitřního prostoru v tabulce přílohy 2, viz lit.2, jmenovitě neuvedené, se použijí hodnoty pro prostory funkčně obdobné.

Pro kanceláře se limit stanoví dle nároků na duševní práci /§3 Nařízení vlády/

Hygienický limit pro vykonávání práce náročné na pozornost a soustředění /nejnáročnější limit/ se vyjadřuje ekvivalentní hladinou akustického tlaku za 8 pracovních hodin, tj.

$L_{Aeq} = 50$  dB.

Pro obchodní prostory není hygienický limit taxativně vymezen, je významně mírnější než pro byty i kanceláře.

**Vibrace** byly zváženy dle požadavků §18 Nařízení vlády, viz lit.2, kde hygienický limit, tj. průměrná vážená hladina zrychlení vibrací je  $L_{aw,T} = 75$  dB s připočtením korekcí na denní dobu. 6 a 3 dB, tj. dle přílohy č.5 citovaného nařízení vlády k základní hladině v bytech.:

$L_{aw,T} = 75$  dB +6 dB = 81 dB v denní době a 75 dB + 3 dB = 78 dB v noční době.

Pro ostatní chráněné vnitřní prostory je korekce +12 dB, tj. 75dB + 12 dB = 87 dB.

Měření a hodnocení hluku a vibrací se uskutečňuje dle Metodického návodu hlavního hygienika ČR pro měření a hodnocení hluku a vibrací č.j. HEM-300-26.4.01-16344 ze dne 26.4.2001, viz lit.6. Tento metodický návod určuje způsoby měření a hodnocení hluku z hlediska medicínského v gesci ministerstva zdravotnictví, počítá s nejistotami měření, které se pohybují v mezích 1-3 dB, proto je pro prokazatelné dodržení hygienických limitů zapotřebí mít rezervu 3 dB.

## 6. Rozdělení tratě na vibroizolační úseky po cca 400 m s požadavky na útlum vibroizolace

Posuzování tunelů začíná v staničení km 2,27, tj. na počátku hloubeného tunelu Stromovka a končí ve staničení km 4,36 provizorním napojením ŽST Praha-Dejvice na stávající železniční trať.

Převážná část trati bude realizována technologií hloubených tunelů. V těchto úsecích se všeobecně s vibroizolací v budoucnosti počítá. Konkrétní dělení s požadavkem na útlum vibroizolace uvádí následující tab.3.

Tab.3 Dílčí úseky s požadavkem na útlum vibrací

č.úseku	staničení km zač. a konec	požadovaný útlum vibrací	rychlost vlaku
0. (povrch)	1,62 – 2,27	0 dB	80 km/hod
1.	2,27 – 2,62	18 dB	80 km/hod
2.	2,62 – 2,73	17 dB	80 km/hod
3.	2,73 – 2,90	19 dB	80 km/hod
4.	2,90 – 3,20	20 dB	80 km/hod
5.	3,20 – 3,36	20 dB	80 km/hod
6.	3,36 – 3,47	20 dB	80 km/hod
<b>7.</b>	<b>3,47 – 3,81</b>	<b>15 dB</b>	<b>80 km/hod</b>
8. (provizorní)	3,81 – 4,36	bez vibroizolace	80 km/hod

Poznámka 1:

Zvýrazněný úsek č.7 obsahuje železniční stanici Praha – Dejvice a vyžádá si zvýšenou pozornost a kvalitu pro dodržení útlumu vibroizolace.

Poznámka 2:

V první úsek od Výstaviště /km 2,27 – 2,62/ si vyžádá vibroizolaci v průměru 18 dB ze dvou důvodů:

- 1/ jedná se o vstup do tunelu, který sám o sobě zvýší nároky na vibroizolaci o cca 3 dB
- 2/ hloubka budoucího tunelu pod základy jednostranné obytné zástavby v ulici „Nad Královskou oborou“, kde nyní je železniční trať v zářezu a kde se dá předpokládat, že bude kryta způsobem, který rovněž navýší přenos vibrací, bude méně než 10 m pod základy domů a navíc pod sebou má průchod tunelů Blanka s blízkým tunelovým příslušenstvím.

## 7. Závěr – návrh dalšího postupu

Nejdůležitější část posudku vyústila do tab.3, která rozděluje posuzovaný úsek na dílčí úseky se stanovenými požadavky na útlum vibrací.

Uvedené útlumy mají charakter pilotního fundovaného odhadu s chybou určení 4 dB pro hloubené tunely. V dalším stupni projektové dokumentace po zpracování podrobného geotechnického a stavebního průzkumu bude muset být tomuto tématu věnována značná pozornost tak, aby byl stanoven optimální návrh technického řešení.

Pro další postup bude zapotřebí vypočítat frekvenční závislost minimálního vložného útlumu vibroizolace u železničních svršků, minimálně v oktávoých pásmech 16 – 500 Hz.

Velikost chyby určení požadovaného útlumu vibroizolace je téměř stejná, jako nejistoty měření rozhodující veličiny strukturálního hluku, vyjádřené deskriptorem  $L_{Amax}$  a hladinou 30 dB v noční době a v tomto případě se tyto veličiny nesčítají, ale musí být vždy vzata v úvahu větší hodnota.

Limity na fyziologické vibrace budou splněny s jistotou 10 a více dB.

Návrh vibroizolace je doložen v části D.2.1.1 Železniční svršek a spodek.

## 8.Seznam literatury

1. Mareš J.: Požadavky na dodržení velikosti vibrací, e-mail, 12.12.2018
2. Dědič, Stěnička.: Směrnice pro návrh vibroizolace v tunelech metra v Pražské aglomeraci, Metroprojekt a.s. 4/2001
3. Čermák M.: Modernizace trati Výstaviště-Veleslavín – měření dynamických účinků ve vrtu u FÚ-AV ČR, Inset, 12/2018
4. Vitásek P.: Rozložení vrtů v oblasti FÚ AV-ČR, SUDOP Praha, 20.12.2018
5. Chmelař R.: Geotechnické charakteristiky zemin a hornin, PUDIS, 6.1.2019
6. Pátek V.: Variantní řezy tunely Výstaviště-Veleslavín, Metroprojekt, 21.1.2019
7. Stěnička J.: Požadavky na vibroizolaci v železničních tunelech na letišti Ruzyně, pro dodržení hygienických limitů v stávající zástavbě na Ořechovce, Metroprojekt Praha, 15.8.2016
8. Stěnička J.: Posouzení vlivů modernizace podzemního vedení trati v úseku Praha – Dejvice-Veleslavín na vibrace, ve speciálních laboratořích FÚ AV-ČR v Cukrovarnické ulici, Metroprojekt, 17.2.2017
9. Stěnička J.: Návrh vibroizolace pro dodržení limitů FÚ AV-ČR e-mail ze dne 22.1.2019, Metroprojekt Praha
10. Pátek V.: Technické parametry vlakových souprav a kolejového svršku v tunelech v blízkosti FÚ AV-ČR, e-mail 23.1.2019. Metroprojekt
11. Stěnička J.: Dodržení limitů na vibrace u FÚ AVČR na Ořechovce od provozu železničních tunelů Dejvice – Vokovice, Metroprojekt, 5.2.2019
12. Stěnička J.: Dodržení limitů na vibrace u FÚ AVČR na Ořechovce, vyžádaný přehled hodnot vibrací, Metroprojekt, 8.3.2019
13. Mertl M.: Protokol o měření vibrací v FÚ AVČR č.A-14/2017, Mertl Akustika, Praha 1/2017
14. Dolejší F, Stěnička J.: Metodika výpočtu přenosu vibrací od liniových zdrojů mimo budovu do vnitřních chráněných prostorů, Sborník Akustického semináře Jetřichovice, 0/2009
15. Meller M., Stěnička J.: Směrnice pro výpočet přenosu vibrací v obytných a průmyslových budovách, VÚPS Praha, 1985
16. Stěnička J.: Konečný návrh vibroizolace v železničních tunelech na trati Dejvice-Veleslavín pro dodržení limitů FÚ AVČR na Ořechovce, Metroprojekt, 30.3.2019
17. Bednařík K.: Situační výkresy, Architektonického řešení, Urbanismus - Modernizace trati Praha – Veleslavín, Celková situace stavby, Metroprojekt Praha, 6/2019
18. Bednařík K.: Situační výkresy, Architektonického řešení, Urbanismus - Modernizace trati Praha – Veleslavín, Stavební část, inženýrské objekty – Železniční svršek a spodek, Podélný profil kol. č.1-2.díl, Metroprojekt, 6/2019
19. Pátek V.: Modernizace trati Praha-Výstaviště /mimo/ Praha-Veleslavín/mimo/, Stavební část, Inženýrské objekty, železniční svršek a spodek, Metroproejkt, 6/2019
20. Pátek V.:PJD- Řez hloubeným dvojkolejným tunelem železniční trati na letišti Ruzyně bez vibroizolace, Metroprojekt, 6/2019
21. Bednařík K.: Situační výkresy, Architektonického řešení, Urbanismus, Celková situace stavby, M 1 . 2000, Metroprojekt 6/2019
22. Pátek V.: Systém Vossloh 300 pro železniční trať na letišti Ruzyně /tzv. bez vibroizolace/ Metroproejkt 6/20149
23. Pátek V.: Antivibrační opatření na trati Dejvice-Veleslavín s použitím materiálu firmy Getzner, e-mail, 7/2019
24. Pátek V.: Vossloh 300, Upevnění na betonové desce dlouhé 5 m, Slovní dodatek e-mailu, Metroprojekt, 7/2019