

## **Příloha č. 1**

### **Posouzení vlivu modernizace podzemního vedení trati v úseku Praha - Dejvice Praha - Veleslavín na vibrace, ve speciálních laboratořích Fyzikálního ústavu ČAV v Cukrovarnické ulici**

Zadavatel : **Metroprojekt, a.s.**  
Ing.Kamil Bednařík  
Náměstí I.P.Pavlova 1786  
120 00 Praha 2  
e-mail:[bednarik@metroprojekt.cz](mailto:bednarik@metroprojekt.cz)  
tel: 736443884  
296154250

Vypracoval: **Stěnička Jan**  
Kozí 9  
110 00 Praha 1  
tel.: 603438065

#### **Obsah:**

1. Úvod
2. Vyhodnocení problému
3. Hygienické limity hluku a vibrací a způsob jejich ověření
4. Zhodnocení variant vibroizolačního útlumu uvnitř tunelů běžně navrhovaných v posledním období pro pražské metro
5. Hodnocení výsledků měření vibrací Ing.Mertlem v laboratořích Fyzikálního ústavu ČAV
6. Stanovení frekvenčních charakteristik vibrací ohrožujících laboratoře fyzikálního ústavu ČAV ve dvou variantách trasy tunelu
7. Požadavky na antivibrační opatření v tunelech a laboratořích FÚ-ČAV
8. Doporučená opatření v tunelech a laboratořích včetně jejich odůvodnění
9. Závěr
10. Seznam literatury

## 1. Úvod

Cílem práce je posoudit stávající stav, tj. velikost vibrací resp. velikost hladin zrychlení vibrací ve vybraných laboratorních místnostech fyzikálního ústavu ČAV na Ořechovce.

Pro laika se zdá být obytná část Ořechovky jako klidná, ale již dnes průjezdy tramvají po ulici Střešovické ve vzdálenosti cca 120 m a autobusů MHD po ulici Cukrovarnické, přímo sousedící s pozemkem Fyzikálního ústavu, vytvářejí vibrace, které jsou cca 20 dB pod hygienickými limity, ale 20 dB nad úrovní, která je požadována ve speciálních suterénních místnostech náročných laboratoří Fyzikálního ústavu ČAV. Jedná se konkrétně o místnosti A2 a A15, A17 a F5.

### Použita terminologie:

$a$  – zrychlení vibrací  $/\text{ms}^{-2}/$

$L_a = 20 \cdot \log a/a_0$ ,  $a_0 = 10^{-6} \text{ms}^{-2} / \text{dB}$

$L_{a_w,T}$  – vážená hladina zrychlení vibrací – hygienický limit, viz lit. 2  $/\text{dB}/$

$L_{a_{eq},T}$  – ekvivalentní hladina zrychlení vibrací pozadí, po dobu  $T$   $/\text{dB}/$

$y$  – výchylka vibrací  $/\mu\text{m}/$ , */pozor, v protokolu Ing.Mertla viz lit.24 je použito označení  $A_{ef}$*

$L_{A_{eq},8h}$  – ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A$  za 8 pracovních hodin  $/\text{dB}/$

$L_{A_{max}}$  – maximální hladina akustického tlaku  $A$   $/\text{dB}/$

v chráněných vnitřních prostorech stavby

$f_0$  – frekvenční oktařová pásma  $/\text{Hz}/$

$D = 20 \cdot \log a_1/a_2$  – útlum zrychlení vibrací z místa 1 do místa 2, nebo rozdíl mezi hladinami akustického tlaku  $A$  bez vibroizolace a s vibroizolací.  $/\text{dB}/$

$A_{ef}$  - absolutní hodnota výchylky vibrací  $/\mu\text{m}/$ , */pozor, v protokolu Ing.Mertla viz lit.24 je použito toto označení pro výchylku, běžně se používá „y“ viz jednotka výše/*

## 2. Vyhodnocení problému

Posuzované laboratorní místnosti se nacházejí v druhém suterénu dvou budov FÚ ČAV a jsou jednoduchým způsobem v kontaktu s geologickým podložím. V tomto případě se nejedná o žádné navážky v podloží stavby, ale o sedimentární horniny ordovické, bez vlivu spodní vody na základy, neboť se jedná o kvalitní prvorepublikovou ŽB konstrukci budov, doplněnou struskovými cihlami, kde je povrchová i spodní voda již od počátku založení budov /tj. od 30. let 20.století/ vedena hluboko do speciálních jímek, pod úroveň spodní vody.

Úkolem této práce je stanovit, jak velké vibrace budou v těchto vybraných místnostech na podlaze pod přístroji, když projede v plánovaných ražených tunelech vlaková souprava, prakticky přím buď pod budovami laboratoří, nebo cca 120 m severněji v trase ve variantě **odsunuté, viz přílohu č. 4 „Situace“**.

Práce vychází z více než 20 leté spolupráce s Metroprojektem na antivibračních opatřeních na metru, přesto úloha stanovit vibrace je v tomto případě nová, neboť soupravy vlaků nebudou mít na rozdíl od metra 5 vagonů a délku 100 m a nepojedou rychlostí max.80 km/hod, ale 200m a rychlostí bude 120 km/hod. Síla na nápravu projíždějícího vagonu bude značně vyšší, než v metru, podrobněji v kap.6.

Ideálním řešením pro dosažení laboratorního limitu vibrací na podlaze předmětných laboratoří by bylo navrhnout antivibrační opatření v tunelech, které mají v kritických frekvenčních pásmech maximální omezení, tj. snížení vibrací o cca 18 dB /obdobu řešení v metru, jako na prodloužených trasách metra C a A s tím rozdílem, že v současné době se již nepočítá se způsoby vibroizolace v samotných tunelech na tak vysoké úrovni, jak bylo donedávna u metra zvykem, blíže vysvětleno v kap.4./.

**Pro pochopení souvislostí uved'me doposud navrhovaný rozsah vibroizolačních opatření v daném úseku železničního tunelu** pro zajištění hygienických limitů strukturálního hluku v obytné zástavbě. Během minulého roku bylo v rámci zpracování TES navrženo přesunutí železničního spojení s letištěm z původní historické trasy buštěhradské dráhy do tunelů pod Ořechovkou. Tunely se nachází v okolí Fyzikálního ústavu ČAV, tj. v úseku staničení km 4,4 – 6,85 z kap.6, lit.20.

Cituji z uvedené literatury míru překročení hygienických limitů strukturálního hluku v obytné zástavbě v předmětném územní, které bylo již projekčně vyřešeno.

Staničení <b>4,4 až 4,65</b>	– překročení	8 dB	Buštěhradská, 1004, 1005, 1006, 1008, 1010 Pevnostní, 954, 966, 1050, 1048, 1046, 1044, 1042, 1040, 1038, 1066, 1065, 1064 1067/2 Dělostřelecká, 958, 966, 1058, 1060, 1056, 1058 Slunná, 952, 955/1, 955/2, 958, 1064 1071/3, 1071/4, 1070/6, 1098
Staničení <b>4,65 až 4,9</b>	– překročení	6 dB	Slunná, 1100, 929/2, 929/1, Na Ořechovce, 928, 930, 932, 934, 1113/1 1112, 1110, 1111/2 U Laboratoře, 1106, 1107/2, 1108, 1118 /s garáží 1119/, 1120, 1117/2, 1116, 1112 Špálová 1136, 1137, 1143, 1141
Staničení <b>4,9 až 6,85</b>	– překročení	0 dB	
Staničení <b>6,85 až 6,95</b>	– překročení	6 dB	Stamicova, 3633/2, 3634 U vojenské nemocnice, 3633/2, 3632/2, Veleslavínská 491/43, 491/44 - 31

Toto opatření sice splní hygienické požadavky v obytné zástavbě, ale pravděpodobně nesplní požadavek laboratoří na vibrace. Proto bude nutné navrhnout i další antivibrační opatření jako posun trasování tunelů, změna vibroizolace v laboratořích a možná i zvýšení vibroizolace v samotných tunelech.

### 3. Hygienické limity hluku a vibrací a způsob jejich ověření

**Pro předmětné laboratoře Fyzikálního ústavu ČAV nejsou stanoveny hygienické limity. Jde o speciální pracoviště s mimořádnými nároky na maximální omezení vibrací z okolí, přesto zde uved'me hygienické hodnocení, neboť všechny měřicí protokoly a posudky hygienické hodnocení uvádějí, ačkoliv s věcí nesouvisí.**

Hygienické limity pro hluk šířený vzduchem a šířený konstrukcí se stanovuje dle Nařízení vlády č.272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších úprav.

Zásadně musíme rozlišovat hygienický limit pro hluk a pro vibrace. Přestože se studie týká pouze hluku šířeného konstrukcí od metra, resp. prostředím kolejového svršku, konstrukce tunelu, geologie podloží, konstrukce chráněné budovy a nakonec vyzařování vibrací do vzduchu v chráněném vnitřním prostoru staveb, uvádím i hygienické limity hluku šířeného vzduchem.

Hygienický limit pro **v hluk šířený vzduchem v chráněných vnitřních prostorech staveb** z dopravy na pozemních komunikacích a drahách **je vyjádřen ekvivalentní hladinou akustického tlaku** /§10 odst.1/  $L_{Aeq} = 40 \text{ dB}$  a korekcí dle druhu chráněného prostoru a dle denní a noční doby

Dopraví hluk

- **v denní době** /6.00 – 22.00 hod/ za 16 denních hodin  $L_{Aeq,16h} = 40 \text{ dB} + 0 = \mathbf{40 \text{ dB}}$

- **v noční době** /22.00 – 6.00/ za 8 nočních hodin  $L_{Aeq,8h} = 40 \text{ dB} - 10 = \mathbf{30 \text{ dB}}$

Výše uvedené hygienické limity uvádím proto, že účinky hluku na zdraví člověka se hodnotí komplexně, tj. synergický účinek všech druhů hluku šířených jak vzduchem, tak konstrukcí..

Pro strukturální hluk, tj. **hluk šířený konstrukcí** se hygienický limit stanoví pro chráněné vnitřní prostory staveb **z maximální hladiny akustického tlaku** a korekcí dle přílohy č.2 nařízení vlády, viz lit.2, tj. i podle druhu chráněného vnitřního prostoru /byty, školy, kavárny, nemocniční pokoje, vyšetřovny, operační sály, hotely, atd./

**Limity tohoto hluku pro byty jsou:**

**v denní době**  $L_{Amax} = \mathbf{40 \text{ dB}}$

**v noční době**  $L_{Amax} = \mathbf{30 \text{ dB}}$

*Jde li o hluk s tónovými složkami nebo má li výrazně informační charakter, přičte se další korekce -5 dB.*

*Pro hluk ze stavební činnosti mezi 7.00 až 21.00 hod se k hygienickému limitu hluku připočte +15 dB. U stavební činnosti provádění za dobu kratší než 14 hodin se limit počítá dle vztahu uvedeného v nařízení vlády /str.1851/*

**Pro kanceláře resp. pracoviště se limit stanoví dle nároků na duševní práci /§3 Nařízení vlády/**

Hygienický limit pro vykonávání práce náročné na pozornost a soustředění se vyjadřuje ekvivalentní hladinou akustického tlaku A za 8 pracovních hodin

**$L_{Aeq} = 50 \text{ dB}$**

*Investor, resp. provozovatel v pracovním prostředí může samozřejmě požadovat i přísnější limit, než stanovuje citované nařízení vlády v zájmu zajištění akustické pohody svých pracovníků.*

**Vibrace v chráněných vnitřních prostorech staveb a na pracovištích** /§18 Nařízení vlády č.272/2011 Sb./

1/ Základní hygienický limit vibrací za dobu jejich působení T v chráněných vnitřních prostorech staveb jsou vyjádřeny průměrnou váženou

a/ hladinou zrychlení vibrací  $L_{aw,T}$  se rovná 75 dB

nebo

b/ hodnotou zrychlení  $a_{ew}$  se rovná 0,0056 m/s<sup>2</sup>

Hygienické limity vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb se vztahují na horizontální a vertikální vibrace v místě pobytu osob a k době trvání vibrací T..

**Korekce** základního hygienického limitu podle odstavce 1 jsou v závislosti na typu prostoru a denní době a povaze vibrací upraveny v tabulce přílohy č.5 k citovanému nařízení vlády.

Pro obytné místnosti je to tedy limit vibrací v denní době  $75 + 6 \text{ dB} = \mathbf{81 \text{ dB}}$

v noční době  $75 + 3 \text{ dB} = \mathbf{78 \text{ dB}}$

Hygienický limit pro kancelářské prostory je  $75 + 12 \text{ dB} = \mathbf{87 \text{ dB}}$

**Pokud budou splněny hygienické limity pro hluk šířený konstrukcí, budou s jistotou splněny hygienické limity vibrací.**

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

#### 4. Zhodnocení variant vibroizolačního útlumu uvnitř tunelů běžně navrhovaných v posledním období pro pražské metro

Ačkoliv nejde o trasy metra, Metroprojekt předložil poslední varianty vibroizolace používané v současnosti u plánovaného metra D, viz lit.13 - 15. Netýká se to realizovaných úseků v Praze na prodloužených trasách metra C a A, ale nejnovější projektované zjednodušené varianty.

Varianty se vyznačují významně nižším vibroizolačním útlumem /o cca 5 - 7 dB/, v důsledku umístění obou kolejí na jednu společnou ŽB desku o šíři 4,5 m, oproti předchozí praxi – oddělených ŽB podélných prahů. Z původních dvou navrhovaných variant „šterk“ a „pevná jízdní dráha“ se vyvinulo šest variant na základě různých kombinací dvou vibroizolačních opatření:

- vibroizolační rohož z recyklované pryže o tl.50 mm
- vibroizolátory Ortec Delta Lager

Důvodem tohoto kroku zpět jsou prostorové podmínky v nové technologii ražených tunelů.

Doposud bylo možné aplikovat v tunelech rozsáhlé zkušenosti, shrnuté do směrnice, lit.4. Tato směrnice navrhování ražených a hloubených tunelů rozeznává celkem základní 4 druhy tunelů. Rozdíly mezi tunely z hlediska vibroizolačního jsou relativně nízké, 2 – 3 dB, ale stejně jejich výběr zde nepřipadá v úvahu. Pro tunely pod Ořechovkou bude použit jenom jeden typ raženého tunelu kruhového průřezu, zhotovenou nejnovější technologií TBM, do kterého budou aplikovány zde uváděné varianty vibroizolačních opatření, viz přílohu č. 6 „Vzorové řezy v tunelech TBM“.

**Pro modernizaci železniční trati na trase Dejvice-Veleslavín budou pouze ražené tunely kruhového průřezu typu TBM, o průměrech 9,5m /vnější průměr/ a 8,7m /vnitřní průměr/. Projektová dokumentace předkládá dva způsoby uložení kolejového svršku, které se liší pouze použitím vibroizolační rohože o tl. 50 mm a vibroizolátory Ortec Delta Lager.**

Tloušťka 50 mm je sice z akustického hlediska více, než je zapotřebí, ale základní ŽB deska spojující obě koleje je navržena z geometrických důvodů velice malá /0,8 m/ vůči šířce, která je 4,52 m. Mezi koleje a plastbetonové redukce pražců lze sice vložit vibroizolační článek, známý jako Ortec Delta Lager, který vykazuje vlastní vibroizolační útlum 12 dB, namísto standardního upevnění kolejnice W14, ale v celkovém součtu se jeho tlumící účinky neuplatní na 100 %. Frekvenčně to ukazuje následující tab.1.

**Kolejový svršek řešený Metroprojektem je navržen v šesti variantách (viz přílohu č. 6 „Vzorové řezy v tunelech TBM“):**

**1/ betonové prahy ve šterkovém loži** tl. šterkové lože 37 cm, kolejový svršek 80 cm značení je šterková lože, pražec SB91S, upevnění W14 /klasika/

**2/ betonové prahy ve šterkovém loži** tl. šterkové lože 37 cm, kolejový svršek 85 cm - pracovní označení je šterková lože s **antivibrací**, pražec SB91S upevnění W14 /klasika/

**3/ betonové prahy ve šterkovém loži**, šterková lože 35 cm, kolejový svršek 80 cm – pracovní označení pražec SB91S, upevnění E14

**4/ betonové prahy ve šterkovém loži**, šterková lože s **antivibrací** 33,5 cm, kolejový svršek 85 cm – pracovní označení pražec SB91S, upevnění E14

**5/ pevná jízdní dráha systém OBB-PORR, upevnění SYSTÉM 300** železobeton tl. 27,8 cm, kolejový svršek 80 cm /šířka panelu 238 cm/

**6/ pevná jízdní dráha systém OBB-PORR s antivibrací, upevnění SYSTÉM 300** železobeton tl. 31,5 cm, kolejový svršek 80 cm /šířka panelu 238 cm/

**Tři varianty předpokládají uložení kolejového svršku s vibroizolací /2,4 a 6/ a tři varianty bez vibroizolace /1 a 3 a 5/**

**Tab.1 Frekvenční závislost očekávaného útlumu pro uvažované varianty vibroizolace kolejových svršků**

fo/Hz/	1	2	4	8	16	31	63	125	250	500	1000	varianty	pozn.
D/dB/	3	4	4	5	6	7	7	7	7	7	7	<b>1/</b>	
D/dB/	4	5	5	6	6	7	8	8	8	7	7	<b>3/</b>	
D/dB/	4	4	5	6	7	7	7	9	9	8	8	<b>5/</b>	
D/dB	4	5	6	7	8	9	10	11	10	10	9	<b>2/</b>	
D/dB/	5	5	6	7	8	8	8	8	8	7	7	<b>4/max. vibr.útlum</b>	
D/dB/	4	5	5	7	8	9	11	12	12	13	12	<b>6/ max. akust.útlum</b>	

Jako vibroizolace jednoduchá, je vždy počítáno s antivibrační rohoží na bázi pryžového recyklátu tl. 50 mm.

**Varianta 4/** vykazuje nejvyšší útlum v oblasti vlastních vibrací, tj. pod 50 Hz.

**Varianta 6/** vykazuje nevyšší útlum v oblasti slyšitelných kmitočtů /okt.pásma 125 – 1000 Hz/. Na rozdíl od variant 2 a 4 je ve variantě 6 použita antivibrační rohož mezi ŽB a šterk.

Všechny způsoby vibroizolace v tunelech byly vyhodnoceny stejnými programy, jako útlum v obdobných situacích v pražském metru, viz lit.4, 6 a 7, pro budoucí trasu metra D, nikoliv výpočet útlumu programy použitými a popsány v lit.9,10,11 a 12 /tj. jiný způsob vibroizolace, než u prodloužené trasy C a A/, se kterými se v budoucnosti v metru vůbec nepočítá. Rozdíly mezi velikostmi útlumů pro trasu D a útlumů pro prodloužené trasy C a A jsou značné a jsou vynuceny technickými možnostmi, zejména geometrickými okolnostmi, tj. antivibrační opatření účinnější se do projektovaných tunelů v současnosti nevejdou.

Všechny výše uvedené způsoby vibroizolace v železničních tunelech pro účely Fyzikálního ústavu ČAV jsou v každém případě málo účinné pro vyřešení problému, přesto budou zapotřebí.

**Doporučuje se použití varianty 4/ kolejových svršků pro maximální útlum v oblasti nízkých kmitočtů.**

## 5. Hodnocení výsledků měření vibrací Ing. Mertlem v laboratořích Fyzikálního ústavu ČAV

Protokol o autorizovaném měření viz lit.24, hodnotí pouze stávající vibrační pozadí na vybraných pracovištích ústavu pro jiné zdroje, než budoucí železniční tunely na úseku trasy železnice Praha – Dejvice, Praha – Veleslavín.

Protokol vyhodnocuje vibrace ve 4 místech měření, tj. v místnostech **A17, A15, A2 a F5**.

Jedná se o **suterénní místnosti v 2.PP**, kde jsou již dnes v provozu velice náročná elektronická zařízení:

- 1/ objekt **A** – **laboratoře rastrovacího mikroskopu, místnost A17**, měřeno na podlaze rozšířeného základu dělicí stěny, mezi prostorem kanceláře a prostorem s rastrovacím mikroskopem - **KB1** /vzt vypnuta, v provozu řídicí jednotka mikroskopu, chlazení a běžný provoz budovy/
- 2/ objekt **A** – **strojovna vzt – místnost A15**, měřeno na podlaze u stěny vpravo u vstupních dveří – **KB2** /vzt vypnuta, běžný provoz budovy/. V místnosti nejsou měřicí přístroje, nejedná se o laboratoř, ale servisní místnost  
Toto místo bylo zvoleny pracovníky FÚ ČAV, nikoliv pro určení přenosu vibrací od okolní dopravy, ale pro určení vibračního pozadí vznikajícího přímo doplňkovými zařízeními TZB v budově /převážně VZT a čepadla topení/

3/ objekt **A** – **laboratoř** – **místnost A2**, měřeno na podlaze u levé nohy měřicího zařízení **KB3** /vzt vypnuta, běžný provoz budovy/

4/ objekt **F** – **sklad** – **místnost F5 v 2.suterénu**, měřeno na podlaze v rohu místnosti u vnější stěny – **KB4** /dílny mimo provoz, běžný provoz budovy F, obdoba místnosti A15 v budově A/

Většina měřících míst dnes kromě KB2 /strojovna VZT/ obsahuje jistou dodatečnou vibroizolaci, prakticky málo účinnou, ale standardně používanou /v jednom případě i viditelně rozeznatelnou/ pro daný provoz, ve speciálních laboratořích.

Zdrojem vibrací pro toto hodnocení byl dopravní provoz na ulici Cukrovarnické /včetně autobusů MHD/ a v ulici na Ořechovce /pouze osobní doprava/.

Speciálně byly vyhodnoceny vibrace od provozu tramvají ulicí Střešovická z dlouhodobého časového záznamu cca 30 minut.

Ve všech měřících místech byla vyhodnocena hladina zrychlení vibrací ve standardních akustických pásmech 1 – 1000 Hz v jednom směru kmitání, tj. kolmo na podlahu. Jednorozměrné měření bylo s ohledem na danou situaci dostatečné, neboť zdroj vibrací, ať již doprava na místních komunikacích, tak i provoz tramvají v ulici Střešovická, byly v dostatečné vzdálenosti od míst měření. Nejednalo se tedy o blízká pole.

Jako vibrační pozadí pro všechna měření byly vzaty hladiny zrychlení vibrací, odpovídající „běžnému provozu budovy“. Ve spektru běžného provozu budovy se ve všech místech dominantně vyskytuje hladina zrychlení vibrací v pásmu 50 Hz, jde o síťový kmitočet, který „v obrysovém“ vyhodnocení spadá do oktávy 63 Hz. Tato hladina  $L_a$  se prakticky vyskytuje ve všech měřených místech mezi 60 – 70 dB a zůstala dominantní a prakticky stejné intenzity, jako při měření zdrojů vibrací /automobilová doprava, tramvaj/.

V naměřených spektrech se nevyskytuje běžný doprovodný dvojnásobek síťového kmitočtu, tj. 100 Hz /v oktávě 125 Hz/.

Na měřené výsledky v protokolu lit.24 lze shrnout do následující tab.2.

**Tab.2 Vyhodnocení naměřených hodnot vibrací z lit.24 /hladiny zrychlení vibrací/**

fo/Hz/	1	2	4	8	16	31	63	125	250	500	1000	zdroj vibrací
$L_a$ /dB/	50	48	49	47	48	44	67	45	50	49	40	provoz budovy FÚ ČAV
$L_a$ /dB/	50	49	53	48	52	48	67	60	66	56	45	automob. doprava
$L_a$ /dB/	50	48	49	49	51	50	67	61	63	67	58	tramvajová doprava

Rozdíl naměřených hodnot vůči standardním měřením šíření vibrací podloží v pražské aglomeraci se liší tím, že **ve spektrech nedominuje oktavové pásmo 63 Hz jako u metra, nebo 125 Hz jako u tramvají**. Dominance oktavového pásma **63 Hz ve výsledcích** měření Ing.Mertla shrnutých v tab.2, **není způsobena vibracemi od dopravy z okolí budovy**, ale zcela **vlivem síťového kmitočtu 50 Hz uvnitř budovy** a nebyla nadále uvažována v dalším hodnocení.

#### **Poznámka:**

Frekvenční pásmo 1/3 oktávy bylo zvoleno později jako hraniční frekvence, resp. pásmo, mezi dvěmi základními kmitočtovými oblastmi šíření vibrací „**pod 50 Hz**“ a „**nad 50 Hz**“, tj. v tabulce 2 pod oktavovým pásmem **63 Hz** a nad oktavovým pásmem **63 Hz**.

Důvodem není to, že by v oblasti pod 50 Hz byl jiný spektrální charakter chování budovy, jako „nad 50 Hz“, dokonce ve spektru nejsou viditelné dominantní speciální složky, i když v této oblasti se dají ve frekvenční oblasti přenosových vlastností budovy najít daleko významnější vidy kmitání, než je tomu nad 50 Hz, kde se jich nachází daleko více, ale jsou energeticky sčítány, tj. viditelnější a mohutnější.

Poznamenejme, že terminologie statického a dynamického namáhání budov je velikost vibrací nazvána **mohutnost vibrací**.

**Dominance některých pásem nad 50 Hz je způsobena zejména zdrojem vibrací, které jsou naprosto odlišné v porovnání s vlakovými soupravami v metru, tj. rychlost max. 120 km místo max. 80 km a délka 200 m místo 80 m, o dynamickém zatížení vozových náprav nemluvě, protože nebyly brány v úvahu.**

Ačkoliv se dá ve spektrálním vyjádření vibrací v různých režimech vyhodnotit systematické odlišnosti, jako např. vibrace od tramvajového provozu mají poněkud vyšší složky vibrací v pásmech 500 - 1000 Hz, u automobilové dopravy jsou vyšší složky vibrací ve frekvenčním pásmu 250 Hz a nemají při podrobnější frekvenční analýze /1/3 oktávy/ významnou dominanci. Naměřené spektrum je frekvenčně ploché.

Z naměřených výsledků lze výtěžit pouze informaci o míře šíření povrchových vibrací, tj. v hloubce cca 7 – 10 m pod povrchem terénu, od zdrojů přibližně stejně vzdálených, jako budou železniční tunely. Tunely nebudou v hloubce sledovaného přenosu vibrací měřením, ale v hloubce **cca 30 – 40 m pod povrchem**, kde jde především o jiné geomorfologické složení podloží, ale hlavně o vlny jiného charakteru, převážně podélné vlny, které však mění svůj směr v závislosti na hloubce a tloušťce zvětralých mezivrstev v jinak celkem souvislém skalním podloží.

Závěrem této kapitoly o měření ve Fyzikálním ústavu ČAV lze konstatovat, že vibrační pozadí  $L_a = \text{cca } 50 - 60 \text{ dB}$ , narušuje podle vyjádření pracovníků ústavu stávající náročná měření ve sledovaných laboratořích.

$L_a = 60 \text{ dB}$  představuje zrychlení vibrací  $1 \text{ mm.s}^{-2}$ . Hladiny rychlostí, nebo výchylek ve stejných místech jsou pak významně nižší, než hladiny zrychlení vibrací o integrační složky převodu zrychlení na rychlost vibrací  $/2 \cdot \pi f_0$ , nebo na výchylku  $/2 \cdot \pi f_0^2$ .

Prakticky matematicky získané hodnoty naměřených **rychlostí a výchylek vibrací** jsou v každém protokolu uvedeny zásadně v absolutních hodnotách rychlosti tabelárně vyhodnocených, **tj. v mm/s a výchylky v  $\mu\text{m}$** . Doposud nebyly nároky na velikost vibrací vyjadřovány ze strany výzkumných pracovníků frekvenčně, protože v oblasti klasických vibrací se jedná o výchylky s nejnižšími frekvencemi pod hranicí slyšitelného pásma, tj. 16 Hz.

Výchylky se vyjadřují  $\mu\text{m}$ , nikoliv zrychlení v  $\text{mm.s}^{-2}$ , nebo dokonce hladiny zrychlení v dB, s referenční hodnotou  $1 \text{ mm.s}^{-2}$ .

Protože se dá očekávat, že rušení citlivé měřící techniky používané ve speciálních laboratořích bude řešeno v rozměrech výchylek, rozhodující závěry nad vypočtenými velikostmi vibrací od budoucí tunelové železniční dopravy byly provedeny rovněž do těchto jednotek. Nemá smyslu uvažovat v hladinách výchylek, i když je to u některých specialistů také zavedeno. Připomeňme, že  **$1 \mu\text{m}$**  představuje hladinu výchylky rovné **60 dB**. Pozor, nelze porovnávat hladinu zrychlení vibrací s hladinou výchylek, neboť zásadně jde o jinou veličinu, ale hlavně o hladinu s jinou referenční hodnotou. Referenční hladiny v normalizaci mechanických veličin byly zvoleny odlišně, tj. místo referenčního zrychlení vibrací  $10^{-6} \text{ m.s}^{-2}$  pro hladinu zrychlení, byla pro hladinu výchylek již dávno zavedena referenční hodnota  **$10^{-9} \text{ m}$** .

**Důležité je, že na vibrace citlivá měření ve Fyzikálním ústavu ČAV se v současné době provádějí podle vyjádření výzkumných pracovníků jen v noční době, mimo provoz současné dopravy, tj. v klidových intervalech, které jsou v této době dostatečně dlouhé. V tomto ohledu by hrálo vyloučení nočního provozu značnou roli.**



Pro další řešení vibroizolace je ještě důležité ověřit, že

- **bud' tato velikost vibrací neruší daná měření**

Pracovníci ústavu konstatovali, že citlivost měřících aparatur není v oblasti řádově milimetrů /cca 60 dB/ ani mikronů cca /0 dB/, ale nanometrů až Angstromů

- **anebo naměřené hladiny vibračního pozadí neodpovídají skutečnosti**, ale jsou v podstatě minimálními hladinami, které neurčují jen vibrace, ale také vlastní elektronický šum/brum měřících přístrojů.

**Tato okolnost byla při konzultaci s Ing.Mertlem dne 13.2.2017 a 15.2.2017 vyloučena.**

Tyto závěry byly konzultovány s pracovníky Fyzikálního ústavu na základě předchozích vlastních, resp. oboustranných zkušeností z měření. Bohužel Dr.Mareš sdělil e-mailem dne 15.2.2017, že neposkytnou informace o měřeních vibrací v FÚ ČAV, ale objednájí nové kontrolní měření vibrací v souvislosti s výstavbou železničních tunelů jinou akreditovanou laboratoří.

Pro vyhodnocení vibrací v laboratořích FÚ ČAV a jejich změn v době zprovoznění železničních tunelů je důležité tab.2 převést na hodnotící veličiny, běžně používané v oboru dané metrologie.

**Tab.3 Vyhodnocení naměřených hodnot vibrací z lit.24 /výchyly vibrací v  $\mu\text{m}$ /**

fo/Hz/	1	2	4	8	16	31	63	125	250	500	1000	zdroj vibrací
Aef/ $\mu\text{m}$ /	1,9	0,7	0,15	0,03	0,01	0,004	0,0018	0,0018	0,012	0,00	0,00	provoz budovy FÚ ČAV
Aef/ $\mu\text{m}$ /	4,5	1,3	0,72	0,084	0,03	0,042	0,02	0,002	0,0008	0,0001	0,00	automob.doprava
Aef/ $\mu\text{m}$ /	4,5	2,9	0,4	0,0008	0,032	0,0072	0,02	0,0015	0,0008	0,0004	0,00	tramvajová doprava

#### **Poznámka:**

Tabulka 3 vyjadřuje naměřené hodnoty výchylek, odpovídající hladinám zrychlení vibrací v tab.2.

Frekvenční složení, tj. údaje o velikostech vibrací, ať již jsou v hladinách rychlosti vibrací nebo ve výchylkách, nelze hodnotit **jednočíselně**, jak je zvykem u všech měřičů vibrací, např. viz tabulka na straně 6 v lit.24 pro účely hygienického hodnocení, ale musí být ponechána ve frekvenčním vyjádření.

Nebylo jednoduché vyčíslit a rozlišit velikosti přenášených vibrací od tramvají v ulici Sřešovická a velikosti vibrací od automobilové dopravy, včetně autobusové dopravy MHD v ulicích Cukrovarnická a Na Ořechovce. Standardní vyhodnocení lit.24 nerozlišuje, ale z cca 30 minutového záznamu provozu na komunikacích bylo možné rozlišit tramvaje od ostatních vozidel nejen ve spektrálním obrazu, ale také z tabulky DP Praha o rozsahu současné dopravy v uvedené lit.24.

## **6. Stanovení frekvenčních charakteristik vibrací ohrožujících laboratoře fyzikálního ústavu ČAV ve dvou trasách tunelu**

Tato kapitola je nejdůležitější částí posudku a prakticky jí nelze úplně exaktně řešit. Měření vibrací v nejdůležitějších místech s nejvyššími nároky vůbec neodpovídá budoucí situaci, neboť zdroj vibrací doposud neexistuje, viz podrobněji v předchozí kap.5, přesto lze některé závěry z měření pro daný problém využít.

**Průjezd vlaků po železnici byl modelován pro soupravu o délce 200 m a rychlostí 120 km s dynamickou složkou vlaku na nápravu 18t /nákladní vlak 22 t/ na každou nápravu.**

**V tab.4** jsou uvedeny **základní emisní hladiny zrychlení vibrací při průjezdu** této vlakové soupravy na **pevná jízdní dráze systému OBB-PORR s antivibrací, upevnění SYSTÉM 300** železobeton tl. 31,5 cm, kolejový svršek 80 cm /šířka panelu 238 cm/ - **průměr nad pochozími krajnicemi v tunelu. Hodnoty zahrnují již nejvyšší stupeň vibroizolace v tunelu, který je možné v projekční praxi v Metroprojektu v současné době očekávat, tj. varianty 6/ v tab.1 kap.4.**

**Tab.4 Základní emisní hladiny zrychlení vibrací při průjezdu vlakové soupravy – průměr nad pochozími krajnicemi**

fo/Hz/	1	2	4	8	16	31	63	125	250	500	1000
La/dB/	64	64	63	65	67	77	80	82	80	76	74
Cbyba /dB/	4	4	4	3	3	3	2,5	2,5	3	4	4

Chyby výpočtů hladin zrychlení vibrací jsou v souladu s hodnotami v lit16.

Emisní hodnoty bylo nutné stejným způsobem jako v lit.4 pro vibrace v metru přepočítat na imisní hodnoty vibrací do konstrukce tunelu při průjezdu vlakové soupravy. Ve výpočetních programech byly zadány oba boky tunelu ve výšce 1 m uvnitř, nad pochozími krajnicemi tak, aby to bylo možné zkontrolovat měřením. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tab.5.

**Tab.5 Imisní hladiny zrychlení vibrací při průjezdu vlaků v tunelu**

fo/Hz/	1	2	4	8	16	31	63	125	250	500	1000	místo
La/dB/	62	63	62	64	65	75	78	80	78	75	72	uvnitř tunelu 1m
La/dB	64	64	64	65	68	72	79	79	76	77	73	vně pláště tunelu
Cbyba /dB/	4	4	4	3	3	3	2,5	2,5	3	4	4	

Chyby výpočtů hladin zrychlení vibrací jsou v souladu s hodnotami v lit16.

#### **Poznámka:**

Hladiny zrychlení vibrací při průjezdu vlaků v tunelu jsou stanoveny jednak pro kontrolu měřením po realizaci stavby uvnitř tunelu ve výšce 1 m nad pochozími krajnicemi a jednak na vrcholu vně tunelu, viz 2.řádek tab.5, které nelze přímo ověřit měřením, ale jsou nezbytné znát pro výpočet přenosu vibrací geologickým složením terénu na trase od tunelu k základům budovy FÚ ČAV, které byly převzaty z lit. 8.

V následující tabulce jsou uvedeny již hladiny zrychlení vibrací a výchylky vibrací na podlaze v místnostech FÚ ČAV pro trasování posunutého tunelu s řešením kolejového svršku ve variantě 6/, viz tab.1 kap.4.

**Tab.6 Hladiny zrychlení vibrací a výchylky vibrací na podlaze laboratoří v budovách A a F**

fo/Hz/	1	2	4	8	16	31	63	125	250	500	1000	výpočtové místo
La/dB/	54	53	54	52	53	58	72	52	56	54	48	A15
La/dB/	57	53	56	54	56	54	72	66	72	62	55	A17
La/dB/	56	53	55	56	57	55	73	67	73	72	63	A2
La/dB/	56	54	57	56	56	59	72	68	67	72	64	F5
Cbyba /dB/	4	4	4	3	3	3	2,5	2,5	3	4	4	

fo/Hz/	1	2	4	8	16	31	63	125	250	500	1000	výpočtové místo
Aef /μm/ 8,3	2,4	1,20	0,12	0,04	0,018	0,0058	0,0066	0,022	0,001	0,001	A15	
Aef /μm/ 8,5	2,6	1,32	0,164	0,06	0,082	0,06	0,005	0,0016	0,0002	0,001	A17	
Aef /μm/ 8,5	4,9	0,8	0,0016	0,062	0,0152	0,04	0,0030	0,0016	0,0014	0,001	A2	
Aef /μm/ 8,9	5,9	0,9	0,0018	0,067	0,0162	0,06	0,0055	0,0032	0,0026	0,002	F5	
Cbyba/μm/0,2	0,1	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	0,002	0,001	0,001		

Chyby vypočtených výchylek jsou orientační a neodpovídají chybám výpočtů v dB, viz lit.16.

Výpočtová místa v tabulce byla zvolena přímo do místností, kde bylo provedeno měření Ing. Mertlem. Ve výpočtu nebyly zohledněny skutečné vibroizolační úpravy v podlahách pod přístroji. Model předpokládal pouze základovou desku o tl. 0,3 m přímo na geologickém podloží – letenské břidlice, tj. ve výpočetním programu P10 Metroprojektu v kategorii **skála**, viz lit.4, blíže objasněno v poznámce níže.

#### Poznámka:

Více než 20 let jsou pro potřeby metra používány programy modelující obytné a občanské stavby pomocí programů na bázi konečných prvků s frekvenčním hodnocením jak prvků modelu, tak vstupních veličin, nikoliv jako na obdobných zahraničních pracovištích s programy „Sofistic“, založených na principu časových průběhů vstupních veličin. Programy Metroprojektu zde konkrétně programy P10 /pro přenos geologickým podložím/ a P11 /pro přenos budovou/ vychází z výpočetních rovnic v lit.4 a 17.

Výpočetní programy na šíření vibrací geologickým podložím v pražské aglomeraci rozlišují pouze 4 druhy hornin: navážky/písky, jíly, zvětralé břidlice a skálu.

## 7. Požadavky na antivibrační opatření v tunelech a laboratořích FÚ-ČAV

Vypočtené hodnoty zrychlení vibrací byly netradičně vyhodnoceny též ve veličinách výchylek pro porovnání s požadavky FÚ ČAV, viz hodnoty v dolní části tab.6. Tyto hodnoty zahrnují již nejvyšší stupeň vibroizolace v tunelu, který je možné očekávat realizací ražených tunelů, tj. dle tab.1 varianta 6/.

Následující tabulka č.7 udává požadovaný útlum pro vibroizolaci ve frekvenčním rozsahu **nad 50 Hz**, které lze již dosáhnout jen aplikací úpravy podlahy, resp. základů pod přístroji FÚ ČAV, při použití speciálních izolátorů GERB. V sortimentu výrobků GERB existují izolátory pod laboratorní přístroje, které musí být vybrány ve spolupráci výzkumných pracovníků FÚ ČAV se specialisty firmy GERB, viz lit.28, při komplexním řešení antivibračních opatření v jednotlivých místnostech, kde budou instalovány citlivé měřicí přístroje tak, aby **s jistotou 2,5 násobně, tj. 6 - 7 dB**, byly splněny požadavky tab.7.

**Tab.7 Minimální útlum, potřebný v laboratořích FÚ ČAV ve vybraných místnostech pod přístroje**

místnost	fo/Hz/	63	125	250	500	1000
A15	D/dB/	2	7	6	5	8
A17	D/dB/	2	5	5	6	10
A2	D/dB/	2	6	5	6	9
F5	D/dB/	3	7	6	6	9
Jistota splnění /dB/		2	3	3	4	4

### **Poznámka k chybám, jistotám/nejistotám v tabulkách:**

Vypočtené hodnoty ve všech uvedených tabulkách byly provedeny s chybou výpočtů, která respektuje zásady přenosu vibrací a strukturálního hluku od dopravy do interiérů obytných a průmyslových staveb, viz lit.16. Při kontrole vypočtených hodnot po realizaci měření je vždy nedílnou součástí naměřených hodnot, jak hladin zrychlení vibrací, tak výchylek v  $\mu\text{m}$ , tzv. nejistota měření.

Při porovnání naměřených výsledků s požadavky na útlum, tato **nejistota se stává jistotou** dodržení, např. hygienických limitů, viz lit.2 a 3.

**Zásadní snížení vibrací ve frekvenčním rozsahu 1 – 50 Hz bylo dosaženo odsunutou trasou tunelu v hodnotách útlumu 5 – 6 dB. Toto odsunutí snížilo vibrace ve frekvenčním rozsahu nad 50 Hz max. o 2 dB, proto bude zapotřebí provést dodatečné vibroizolační úpravy v laboratorních místnostech pod podlahou přístrojů, podle požadavků tab.7**

## **8. Doporučená opatření v tunelech a laboratořích včetně jejich odůvodnění**

Vybudování tratí v železničních tunelech pod Fyzikálním ústavem ČAV i při plánovaných antivibračních opatřeních pro obytnou zástavbu představuje zvýšení hladin vibrací, oproti současnému stavu, které bylo prověřeno speciálním měřením Ing.Mertla.

Navýšení velikosti vibrací je ve dvou odlišných frekvenčních oblastech různé /pod a nad 50 Hz/, ve kterých dochází k odlišnému způsobu vibrací, především způsobených geologickým podložím, ale též i konstrukcí a polohou tunelů vůči vlastní budovy FÚ ČAV :

**1/ poloha tunelů a vibroizolace v tunelech „pod 50 Hz“**

**2/ vibroizolace v základech laboratorních místností v budovách Fyzikálního ústavu ČAV „nad 50 Hz“**

Výpočtovými programy pro šíření vibrací geologickým podložím byla zjištěna míra překročení hladin zrychlení vibrací, viz tab.6 kap.6 vůči naměřeným hodnotám Ing.Mertla viz tab.2 kap.5.

Výpočet zahrnuje dvě fáze:

- zdrojovou, tj. tunel s uvažovanými antivibračními opatřeními
- přenosové vlastnosti geologického podloží od povrchu tunelu do základů Fyzikálního ústavu ČAV, resp. do základů pod 4 vybranými laboratořemi v suterénech

Navýšení velikosti vibrací bude ve dvou odlišných frekvenčních oblastech takto:

1/ Navýšení v oblasti **pod 50 Hz** bude cca 4 – 8 dB, bez významných frekvenčních složek a **lze je snížit na stávající úroveň „odsunutím“ trasy tunelu** severním směrem od původní trasy, podle projektu Metroprojektu Praha, viz lit.26.

2/ Navýšení v oblasti **nad 50 Hz** bude mít selektivní frekvenční charakter, z důvodu konstrukce budovy Fyzikálního ústavu ČAV v základech a to v oktávových pásmech 125 Hz o 5 – 7 dB a 250 Hz o 4 – 6 dB.

V místnosti laboratoře A2 dojde navíc ke zvýšení vibrací v oktávovém pásmu 500 Hz o 7–8 dB.

Důvodem navýšení vibrací ve slyšitelné oblasti je u odsunuté trasy menší hloubka tunelů pod terénem, než u původní trasy. **Toto navýšení se projeví také v obytné zástavbě**, viz kap.4., což představuje **požadavek na zvýšení vibroizolačního útlumu v tunelech samotných o 3 – 5 dB**. Toto zvýšení útlumu lze dosáhnout záměnou upevnění kolejnic typu E14 za upevnění systémem Ortec Delta Lager, varianta 6/ tab.1, kap 4, se kterým má Metroprojekt letité zkušenosti.

Na závěr a z výše uvedených důvodů upozorňuji na navýšení požadavků na útlum vibroizolace v tunelech z důvodu ohrožení hygienických limitů v dB v původní studii lit.20, u strukturálního hluku, pro splnění hygienických limitů v obytné zástavbě ve staničení km 4,4 – 5,05, viz uvedeno i v kap.2 o 4 dB a upraveno níže v dB /podškrtnuto, tučně/.

Staničení <b>4,4 až 4,65</b>	– překročení <b><u>12 dB</u></b>	Buštěhradská, 1004, 1005, 1006, 1008, 1010 Pevnostní, 954, 966, 1050, 1048, 1046, 1044, 1042, 1040, 1038, 1066, 1065, 1064 1067/2 Dělostřelecká, 958, 966, 1058, 1060, 1056, 1058 Slunná, 952, 955/1, 955/2, 958, 1064 1071/3, 1071/4, 1070/6, 1098
Staničení <b>4,65 až 4,9</b>	– překročení <b><u>10 dB</u></b>	Slunná, 1100, 929/2, 929/1, Na Ořechovce, 928, 930, 932, 934, 1113/1 1112, 1110, 1111/2 U Laboratoře, 1106, 1107/2, 1108, 1118 /s garáží 1119/, 1120, 1117/2, 1116, 1112 Špálová 1136, 1137, 1143, 1141
Staničení <b>4,9 až 6,85</b>	– překročení <b><u>4 dB</u></b>	
Staničení <b>6,85 až 6,95</b>	– překročení <b><u>6 dB</u></b>	Stamicova, 3633/2, 3634 U vojenské nemocnice, 3633/2, 3632/2, Veleslavínská 491/43, 491/44 - 31

#### **Poznámka:**

Pozor, staničení na odsunuté trase neodpovídá staničení na původní trase.

## **9. Závěr**

Již prvotní přesun trasy železničního spojení z Dejvic do Veleslavína pro budoucí propojení centra s Letištěm Václava Havla z povrchu do tunelů, relativně hluboko pod povrch terénu, přineslo významné snížení hlukové expozice v obytné a občanské zástavbě na Praze 6, na druhé straně vzniklo ohrožení strukturálním hlukem běžně řešeným v pražském metru.

Předkládaný posudek zjistil v první řadě současný stav vlivu vibrací v okolí Fyzikálního ústavu na chod velice citlivých laboratoří tohoto ústavu. Dále na základě teoreticko experimentálních zkušenostech založený výpočet určil navýšení zrychlení vibrací v laboratořích, které jsou jiného charakteru, než s hygienickým dopadem na bydlení.

**Zadání z Metroprojektu bylo jednoznačné, zda po realizaci železniční trati na letiště v tunelech pod Fyzikálním ústavem ČAV zvýší velikost vibrací od okolní dopravy v současnosti.**

**Posudek určil navýšení vibrací v budoucnosti po výstavbě tunelů oproti současnému stavu.**

**Řešení bylo nalezeno jednak v možnosti „odsunutí“ trasy železničních tunelů z pozice přímo pod Fyzikálním ústavem do odsunuté varianty za současné aplikace standartních antivibračních opatření a jednak v pružném uložení laboratorních přístrojů na speciálních lokálních vibroizolátorech GERB.**

Přesunutí trasy sníží navýšení vibrací v oblasti „pod 50 Hz“ prakticky na nulu, zatímco navýšení „nad 50 Hz“ lze řešit poněkud nestandardními opatřeními podle konkrétních

požadavků jednotlivých laboratoří, pomocí speciálních lokálních vibroizolátorů. Možná největší komplikací budou prostorové možnosti laboratoří pro budoucí pružné prvky, to však je již jiná úloha, kdy možná není vyloučeno, že Fyzikální ústav ČAV přejde na jinou technologii. **V každém případě se nesmí dopustit, aby velikosti vibrací byly v budoucnosti vyšší, než dnes.**

**Dále se nabízí možnost snížení návrhové rychlosti z požadovaných 120 km/h, což by znamenalo významné snížení emisních hodnot vibrací. Toto krajní řešení by ovšem mělo vliv na jízdní dobu, resp. na benefit ekonomického hodnocení spočívající v úspoře času.**

**Důležité je, že na vibrace citlivá měření ve Fyzikálním ústavu ČAV se v současné době provádějí podle vyjádření výzkumných pracovníků jen v noční době, mimo provoz současné dopravy, tj. v klidových intervalech, které jsou v této době dostatečně dlouhé. V tomto ohledu by hrálo vyloučení nočního provozu značnou roli.**

#### **Poznámka řešitele:**

Podle vyjádření výzkumných pracovníků již dnes vibrace od okolní dopravy znemožňují některá měření. Měření musí probíhat jen v noční době a v klidových intervalech.

Podle řešitele je nezbytné rozhodnout o dalším postupu, na základě vyjádření požadavků výzkumu.

Měření pracuje s výchyly na úrovni nanometrů až Angstromů. Dnes na podlaze laboratoří nejlépe izolovaných byly zjištěny velikosti výchylek v řádech mm.

Aby bylo možné pro výzkum udělat závažné rozhodnutí pro budoucnost, je nutné ověřit toto schizmatické konstatování, protože podle řešitele ani v klidových nočních intervalech nemůže být na podlaze suterénních laboratoří velikost vibrací nižší, než jeden nanometr.

## **10. Seznam literatury:**

1. Stěnička J.: Hluk šířený konstrukcemi, SNTL. Praha 1989
2. Nařízení vlády č.272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
3. Metodický návod hlavního hygienika ČR pro měření a hodnocení hluku a vibrací č.j. HEM-300-26.4.01-16344 ze dne 26.4.2001
4. Dědič P., Stěnička J.: Návrh obecné směrnice pro antivibrační opatření, Metroprojekt, září 2002
5. Bednařík K.:Soubor dokumentace k tunelu Dejvice - Veleslavín, Metroprojekt Praha, 2/016
6. Stěnička J.: Předběžné posouzení hluku šířeného od trasy D pražského metra do obytných domů v oblasti stanic Nám. brí Synků a Nádraží Krč, Praha 29.10.2010
7. Stěnička J.: Posouzení přenosu hluku konstrukcí do obytné zástavby na trase metra I.D a návrh opatření k dosažení hygienických limitů hluku a vibrací, Metroprojekt Praha, 4/2011
8. Bednařík Dokumentace – technická zpráva, Metroprojekt Praha 2/2016
9. Stěnička J.: Posouzení antivibračního uložení kolejového spodku pro metro v úseku Trója, Metroprojekt Praha, 2002
- 10.Stěnička J.: Doplňkové řešení izolace vibrací, chvění a hluku od kolejového spodku metra v úseku Ládví, Metroprojekt Praha, 2002
- 11.Lahodný V, Šnajder K.: Výsledky měření izolace vibrací při použití podélných železobetonových prahů v úseku prodloužené trasy metra C – Trója, Metroprojekt Praha, 2004

12. Stěnička J.: Posouzení přenosu hluku konstrukcí do obytné zástavby na prodloužené trase metra A ze stanice Dejvická na Letiště Ruzyně a návrh opatření k dosažení hygienických limitů hluku a vibrací, Metroprojekt Praha, 2008
13. Pátek V.: Technické údaje o provozu metra v tunelech I.D3, Metroprojekt 11/2015
14. Pátek V.: Výkresová dokumentace - Nové řešení kolejového svršku v tunelu na trase I.D3 se ŽB deskou tl. 0,3 m a 0,463 m, Metroprojekt, 11/2015
15. Pátek V.: Výkresová dokumentace - Nové řešení kolejového svršku v dvojkolejovém tunelu na trase I.D3, Metroprojekt, 11/2015
16. Stěnička J.: Chyby výpočtů a nejistoty měření hluku a vibrací v souvislosti se šířením hluku konstrukcí, Sborník 79. Akustického semináře, Sezimovo Ústí, 10/2007
17. Meller M, Stěnička J.: Směrnice pro navrhování obytných a průmyslových staveb z hlediska hluku a vibrací, VÚPS Praha, 1985
18. Stěnička J.: Zásadní omyly při měření a hodnocení hluku a vibrací šířeného od metra do blízké zástavby, Sborník 87. Akustického semináře, Ráž u Písku, 10/2013
19. Kyselovský K.: Měření vibrací a hluku na prodloužené trase C v blízkosti EZU Troja, VUDH Ostrava 11/2005
20. Stěnička J.: Modernizace trati Praha Výstaviště – Praha Veleslavín, úsek Dejvice – Veleslavín, Metroprojekt Praha, 28.4.2016
21. Bednařík K.: Soubor výkresů k podzemnímu vedení trati na štěrkovém loži a na pevné jízdní dráze v ražených tunelech metodou TDM, Metroprojekt Praha, 1/2017 – viz přílohy
22. Bednařík K.: Požadovaná náplň práce – zápis z jednání 8.12.2016, Metroprojekt Praha, 12/2016
23. Mareš J, Řítká I, Siebertová R.: Zápis ze schůzky připravovaného projektu podzemního vedení železniční trati v úseku Praha-Dejvice Praha-Veleslavín /“PTES“/, ČAV –Fyzikální ústav, 9/2016
24. Mertl M.: Protokol o autorizovaném měření č.A-2017-0-09, Mertl Akustika, 18.1.2017
25. Vossloh .: Uchycování kolejnic systému 300 od standardního uložení na pražcích až po celopryžové uložení kolejnice, Vossloh Fastening Systeme GmbH, Vosslohstrasse 4, D-58791 Werdohl
26. Bednařík K.: Technicko-ekonomická studie podzemního vedení trati v úseku Praha-Dejvice /mimo/ - Praha – Veleslavín /mimo/ POSOUZENÍ OVLIVNĚNÍ Fyzikálního ústavu – a Podélný profil varianty „odsunuté“/2 výkresy/, Metroprojekt 1/2017
27. Mareš J.: E-mail ze dne 15.2.2017 - Informace o paralelním kontrolním měření nezávislou akreditovanou laboratoří a neposkytnutí výsledků pro hodnocení vibrací a jejich vlivu na provoz laboratoří
28. Kordíková B.: Snižování vibrací pomocí pružných prvků GERB, GERB Praha, s.r.o. 2/2017