



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Doprava





Ministerstvo dopravy
Státní fond dopravní
infrastruktury



			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	

**MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.**
LEGIONÁŘSKÁ 1085/8 , 779 00 Olomouc

tel.: +420 585 570 444
IDS: kjee9md
e-mail: moravia@moravia.cz
http://www.moravia.cz

OBJEDNATEL		 Správa železniční dopravní cesty, státní organizace v zastoupení: SZDC, s.o., Stavební správa východ, Nerudova 1, 772 58 Olomouc
HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU	ING. LUMÍR HOLEŠOVSKÝ 	G. ŘEDITEL MORAVIA CONSULT Olomouc a.s. ING. VÁCLAV KRATOCHVÍL
ODPOVĚDNÝ PROJ. OBJ., PS	NAVRHL, VYPRACOVAL	EXTERNÍ SUBDODAVATEL
MGR. BC. PETRA REICHOVÁ 	RNDR. JIŘÍ GRÚZ 	ECOLOGICAL CONSULTING A.S.
KRAJ: ZLÍNSKÝ	POVĚŘENÝ OÚ: Bystřice pod Hostýnem	OBEC: Bystřice pod Hostýnem, Holešov
"Rekonstrukce žst. Bystřice pod Hostýnem"		ZAK. ČÍSLO MCO 17-015-232-PD
		ÚČEL PŘÍPRAVNÁ DOKUMENTACE
		DATUM LISTOPAD 2017
		FORMÁT
		MĚŘÍTKO
Měření vibrací		ČÁST B.6 POŘ.Č. B.6.8

Doplňující údaje:

0	08/2017	1.vydání	RNDr. Grúz, Ing. Cápál	RNDr.Grúz	Mgr Reichlová	RNDr.Bc. Bosák, MBA
			v.r.	v.r.	v.r.	v.r.
Rev.	Datum	Popis	Vypracoval	Kreslil/psal	Kontroloval	Schválil
Objednatel:					Souprava:	
MORAVIA CONSULT Olomouc a.s. Legionářská 8 772 00 Olomouc						
Zhotovitel:						
ECOLOGICAL CONSULTING a.s. Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc tel: 585 203 166, fax: 585 203 169 e-mail: ecological@ecological.cz						
Projekt: „Rekonstrukce žst. Bystřice pod Hostýnem“					Číslo projektu:	320/17020
					VP (HIP):	
					Stupeň:	
KÚ:	OÚ, MÚ:	Datum:		08/2017		
Obsah: HODNOCENÍ VIBRACÍ					Archiv:	
					Formát:	
					Měřítko:	
					Část:	Příloha:

Objednatel: MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.

Ing. Václav Kratochvíl

Legionářská 8

772 00 Olomouc

IČ: 64610357

DIČ: CZ64610357

Zpracovatel: Ecological Consulting a. s.

Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc

RNDr. Jiří Grúz

číslo osvědčení odborné způsobilosti 85189/ENV/08

Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc, tel. 603 584 222

e-mail: ecological@ecological.cz ; www.ecological.cz

Srpen 2017

RNDr. Jiří G R Ú Z

Prvotní dokumentace je uložena v archivu zpracovatele.

Rozdělovník:

3x výtisk.; digitální verze: 12xpdf, 1xotevř. forma: objednatel

1x digitální verze.:

Ecological Consulting a.s.

Řešitelský kolektiv:

RNDr Jiří Grúz – technické složky životního prostředí, vedoucí autorského kolektivu

oprávněná osoba k posuzování vlivů na životní prostředí, číslo osvědčení odborné způsobilosti 85189/ENV/08

Ecological Consulting a.s., Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc, tel. 585 203 166

Ing. Lukáš Haluska – měření vibrací

*Ecological Consulting a.s., Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc, tel. 585 203 166,
pracoviště Brno, tel. 532 091206*

Bc. Jakub Orolín – měření vibrací

*Ecological Consulting a.s., Na Střelnici 48, 779 00 Olomouc, pracoviště Brno,
tel. 532 091206*

Obsah

1. ÚVOD.....	5
2. NEGATIVNÍ ÚČINKY VIBRACÍ.....	8
3. ZDROJ VIBRACÍ, ŠÍŘENÍ VIBRACÍ	10
4. CHARAKTER PODLOŽÍ.....	12
5. PROVEDENÁ MĚŘENÍ.....	13
6. MATEMATICKÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ	15
7. NÁVRH ANTIVIBRAČNÍCH OPATŘENÍ.....	16
PŘÍLOHY	18
POUŽITÁ LITERATURA.....	19

1. ÚVOD

Hodnocení vlivu vibrací bylo provedeno jako součást dokumentace železniční stavby. Jedná se o stavbu s názvem „**Rekonstrukce žst. Bystřice pod Hostýnem**“.

V daném úseku se jedná o jednokolejnou, neelektrizovanou trať vybavenou nezávislou trakcí. Maximální rychlost na stávající trati je 70 km/hod.

Rekonstruovaný úsek se nachází v koncové části města. Úsek na severozápadě navazuje na průmyslovou oblast, na jihozápadě na plochy individuálních zahrad, na severovýchodě a jihovýchodě na obytnou zástavbu. Řešení je v souladu s požadavky platného územního plánu, který dané území funkčně vymezuje jako plochu dopravní infrastruktury – drážní dopravy. V těsné blízkosti řešeného záměru je autobusové nádraží.

Posuzovaná stavba rekonstrukce železniční stanice Bystřice pod Hostýnem představuje stavební úpravy v uvedeném úseku celostátní trati 303, Hulín – Valašské Meziříčí. Maximální rychlost na stávající trati je 70 km/hod a lze ji použít pouze na části trati. Její zvýšení se hodnocenou rekonstrukcí nepředpokládá. Nepočítá se ani se zásadním navýšením rozsahu provozu.

Součástí modernizace bude komplexní rekonstrukce železničního spodku a svršku a úprava trati, která je nezbytná pro zajištění požadovaného rozsahu osobní železniční dopravy a zvýšení komfortu. V místech, kde je stávající těleso trati opouštěno bude toto rekultivováno, odstraněno, případně použito pro místní potřeby. Proběhne rovněž celková rekonstrukce železniční stanice. Řešena bude i modernizace sdělovacího a zabezpečovacího zařízení (SZZ).

Podle stavebních úprav kolejíště a dispozice železniční stanice bude realizována nová místní kabelizace sdělovacího zařízení. Veškerá kabelizace bude řešena tak, aby při rekonstrukci návazných traťových úseků nedocházelo (nebo minimálně) k zemním pracím v obvodu žst. Bystřice pod Hostýnem

Daný záměr spočívá v modernizaci stávající jednokolejné železniční tratě 303 v Bystřici pod Hostýnem a to v drážním kilometru 34,288 (začátek směrové a výškové úpravy) až 35,503 (konec směrové a výškové úpravy) a přilehlých úseků železničních vleček a nástupišť. V převážné části tohoto úseku (cca žel. km 34,31 až 35,32) proběhne i rekonstrukce železničního svršku.

V žst. Bystřice pod Hostýnem bude rekonstruována silnoproudá technologie a energetická zařízení v rozsahu rekonstrukce železničního svršku, spodku a výpravní budovy.

Rekonstrukce se týká i železničního přejezdu P7272 v km 35,293. Stavbou bude respektován propustek v km 34,733, který byl v roce 2011 rekonstruován. Nepředpokládá se,

že by byl stavbou dotčen. Situování nového výstražníku přejezdu a plánovaného chodníku si pravděpodobně vyžádá stavební úpravy tohoto trubního propustku.

Součástí záměru je rekonstrukce výpravní budovy. Charakter rekonstrukce výpravní budovy je v současném stupni řešení stavební dokumentace variantní – dílčí demolice a rekonstrukce současné výpravní budovy nebo kompletní demolice současné výpravní budovy a výstavba nové výpravní budovy.

U výpravní budovy bude vybudováno vnější nástupiště č. 1 délky 130 m. Přístup na poloostrovní nástupiště č. 2 délky 130 m bude zajištěn přes centrální přechod (vybaven výstražným zařízením), který bude kryt cestovými návěstidly. Obě nástupiště bude v budoucnu možné prodloužit.

Kolejové řešení uvažuje s přeložkou (posunem koleje) ve směru na Holešov z důvodu změny poloměru směrového oblouku. Jedná se o změnu vedení kolejiště v km cca 34,313 (začátek přechodnice) až 34,590 (konec přechodnice). Posunutá trať se následně dotkne i mimodrážních pozemků.

Navrhovaný stav představuje tři dopravní koleje – dvě pro osobní dopravu a jednu pro nákladní dopravu, dále jednu průjezdnou manipulační kolej č. 5, kusou manipulační kolej č. 4 pro případné odstavování vlakových jednotek a kusou manipulační kolej č. 7, vše dle nového číslování. Plošný rozsah kolejiště mezi zhlavími žst. Bystřice pod Hostýnem zůstane beze změny.

Rozsah rekonstrukce železničního spodku bude stanoven po provedení a vyhodnocení geotechnického průzkumu. Je předpokladem, že železniční spodek bude odvodněný soustavou trativodů a svodných potrubí. Pokud to místní podmínky dovolí, bude navržen vsak těchto vod. V místě železničního přejezdu bude do vzdálenosti 5 m od přejezdové konstrukce provedena zesílená konstrukce pražcového podloží.

Bude vybudováno nové osvětlení. Stávající stožáry budou zrušeny. Osvětlení bude realizováno z osvětlovacích stožárů, případně osvětlovacích věží. Věže i stožáry budou umístěny takovým způsobem, aby byla umožněna případná budoucí instalace trakčního zařízení. Budou použita svítidla s technologií LED. Osvětlení soukromých vleček zůstane nedotčeno, bude realizováno pouze nové napojení krajních osvětlovacích stožárů. Na nástupišťích bude realizováno nové osvětlení pomocí sklápěcích stožárků 5 – 6 m se svítidly s technologií LED.

Rekonstruovaný úsek trati se nachází na území obce Bystřice pod Hostýnem, v k. ú. Bystřice pod Hostýnem ve Zlínském kraji.

Daný úsek trati neprobíhá v blízkosti území soustavy NATURA 2000 ani v blízkosti velkoplošného či maloplošného vyhlášeného zvláště chráněného území (ZCHÚ).

Cílem stavby „Rekonstrukce žst. Bystřice pod Hostýnem“ je zlepšení jízdního komfortu i komfortu cestujících se zlepšením podmínek v železniční stanici.

Modernizován a přestavěn bude na většině úseku železniční spodek i svršek, s nutnými územními nároky, zejména v případech nového situování trati.

Situování popsané stavby je zřejmé z obrázku 1.

Obrázek 1 – Situace stavby



V souvislosti s uvedenou stavbou se ukázalo jako nezbytné vliv těchto úprav trati, včetně rekonstrukce železničního svršku na hladinu vibrací řádně vyhodnotit. Z toho důvodu byla provedena některá měření hladin zrychlení vibrací a zjištěny další podklady. Na základě těchto údajů a dalších hodnot, vč. praktických zjištění a údajů literatury je v dalším predikován stav vibrací v okolí trati a navržena potřebná antivibrační opatření.

Otázky spojené s ochranou před **vibracemi** upravuje zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a jeho prováděcí nařízení vlády č. 272/2011 Sb.

Vibrace jsou mechanická chvění vznikající při průjezdu vozidla po dané trati a přenášejí se podložím do obytné zástavby, kde způsobují nežádoucí účinky. V důsledku jízdy vozidla po přilehlé komunikaci nebo trati vznikají dynamické síly, které se přenášejí zemí do okolí. Na průběh šíření vibrací od jejich zdroje, t.j. na koeficienty útlumové křivky má

zásadní vliv (mimo parametrů vlastního zdroje) zejména geotechnická charakteristika podloží, jímž se vibrační vlnění šíří. Z ostatních parametrů má podstatný vliv kromě typu, hmotnosti a rychlosti jízdy vozidla i technický stav komunikace či železniční trati a kvalita, stáří a technický stav objektu. Tyto vlivy však je při měření a prognóze vibrací velmi těžké postihnout.

Podle ustanovení §18 odst. 1 nařízení vlády č. 272/2011 Sb. - je dán hygienický limit vibrací za dobu jejich působení v chráněných vnitřních prostorech staveb vyjádřený průměrnou váženou hladinou zrychlení vibrací $L_{aw,T}$ (75 dB) a korekcí podle přílohy č. 5 uvedeného právního předpisu. Pro obytné místnosti a denní dobu je korekce + 6 dB, v noční době + 3 dB. Celkový nejprísnější limit průměrné vážené hladiny zrychlení vibrací tedy činí pro chráněné vnitřní prostory staveb a noční dobu (22,00-6,00 hod) $75 + 3 = 78$ dB. Tento limit nesmí být překročen jak u horizontálních, tak ani u vertikálních vibrací (ustanovení §18 odst.2 citovaného nař.vl.).

2. NEGATIVNÍ ÚČINKY VIBRACÍ

Negativní vlivy vibrací, jakožto nízkofrekvenčního vlnění (cca 1-100 Hz) se mohou dotýkat jak stavebních objektů, tak otázek lidského zdraví, případně zvláště chráněných částí přírody.

Působení vibrací bývá obecně nejvýraznější u budov stojících v bezprostřední blízkosti drážního tělesa. V případě nesoudržného podloží dochází k relativně rychlému útlumu hladiny zrychlení vibrací.

Co se týče obecného vlivu vibrací na statiku staveb, je v rozmezí 20-50 Hz udáván jako nejnižší limit rychlosti kmitání pro historické, narušené stavby (dle technických podmínek výstavby metra Praha)5-7 mm/s. Pro kvalitnější stavby, mosty, podzemní stavby a potrubí jsou limity řádově vyšší. Horší situace vzniká v případech, kdy hladina podzemní vody je málo vzdálená (cca 1 m) od základové spáry budov.

Norma ČSN 73 0040 „Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva“ udává obdobné limitní efektivní rychlosti vibrací. Limity jsou zde přitom rozděleny do různých skupin podle třídy „významu“ a třídy „odolnosti“ stavby.

Pro vliv vibrací na lidské zdraví je často používána hodnota zrychlení vibrací.

Zrychlení kmitavého pohybu je jako druhá derivace výchylky „y“ dáno vztahem (1):

$$a = d^2y/dt^2 = - y_{\max} \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t) \quad (1)$$

kde

a..... hodnota zrychlení

y..... výchylka

t.....čas

ω úhlová rychlost

Křivka zrychlení přitom předbíhá o 90° (1/4 T) průběh rychlosti a o 180° (1/2 T) průběh výchylky. Při průchodu bodu rovnovážnou polohou je zrychlení rovné nule, v extrémech výchylky je největší. Zrychlení je v protifázi (má opačnou fázi) s průběhem výchylky: v každém okamžiku je úměrné výchylce, ale směřuje proti ní.

Podle platného vztahu mezi rychlostí kmitání „v“ a zrychlením je pro výše uvedenou mezní rychlost 5 mm/s (statika objektů) odpovídající zrychlení (při 50 Hz) $a = 1,57 \text{ m.s}^{-2}$. Tato hodnota představuje hladinu zrychlení vibrací (při referenčním zrychlení $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$)

$$L = 20 \cdot \log (1,57 : 10^{-6}) \quad (2)$$

t.j.

$$L = 123,9 \text{ dB}, \quad (3)$$

což je v daném případě u v úvahu přicházejících staveb s rezervou dodrženo.

Výjimečně je v různých podkladech pro vliv vibrací z dopravy na statiku historických a narušených staveb udávána limitní hodnota rychlosti vibrací 2 mm/s. V tomto případě a při minimální frekvenci (cca 1 Hz) vychází limitní hladina zrychlení vibrací cca 82 dB, což by rovněž nemělo činit potíže vzhledem k tomu, že již samotný hygienický limit dle nař.vl.č.272/2011 Sb. činí pro chráněné vnitřní prostory staveb a noční dobu ...78 dB.

Lze tak oprávněně předpokládat, že i kdyby došlo k zvýšení rychlosti jízdy vlakových souprav, budou nejvyšší přípustné hodnoty pro vibrace v obytných budovách z hlediska jejich statiky dodrženy a to minimálně tam, kde není překročen uvedený hygienický limit.

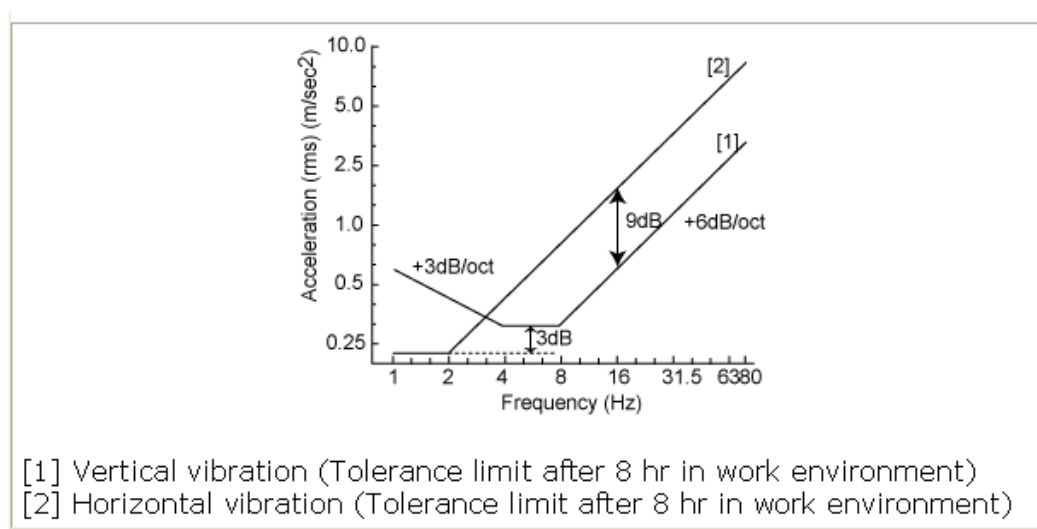
Ke snížení hodnot vibrací dojde i díky postupné modernizaci vozového parku. Po trati tak budou jezdit jednotky nejen s lepším odpružením podvozků, ale i s jejich výrazně lepším technickým stavem. Zlepšení technického stavu vozových jednotek je možno očekávat především v případě nákladních vozů, které se dnes výrazně podílejí nejen na generování vibrací, ale i na hlukovém zatížení okolí železničních stanic či zastávek na hodnocené trati 303 (Dobrotice, Jankovice a další). Z toho důvodu nelze ani při změně parametrů vlakových souprav předpokládat navýšení hladiny zrychlení vibrací v dané oblasti. Tuto skutečnost, včetně účinností dále navržených antivibračních opatření však bude nezbytné ověřit následným měřením po realizaci záměru.

Při dodržení předepsaných limitů (viz výše) hladiny zrychlení vibrací po realizaci záměru (vč. event. realizace antivibračních opatření) lze říci, že nelze predikovat negativní

vliv vibrací na stabilitu objektů vč. rodinných domů v okolí železničních stanic a zastávek a tedy ani eventuelní vliv na snížení hodnoty těchto objektů z uvedeného důvodu.

Co se týče vlivu vibrací na lidské zdraví, toto je značně závislé (viz obrázek 2) na převažující frekvenci v daném spektru.

Obrázek 2- Citlivostní křivky lidského vnímání vibrací (vertikální a horizontální vibrace)



Z vertikálních vibrací (S, R) je nejcitlivěji vnímáno vlnění o frekvenci 4-8 Hz. Z horizontálních vibrací (P nebo Love-vlnění) je nejcitlivěji vnímána oblast 1-2 Hz (citlivostní křivky). V návaznosti na to a v období s užitím filtru „A“ u zvuku je i zde při měření užito speciálních filtrů a měřena vážená hodnota zrychlení vibrací. Na základě těchto hodnot je potom počítána hladina zrychlení vibrací L, (dB).

Významné fyziologické vlivy na člověka lze očekávat (Environmental Pollution Control Center, Osaka, Japan) zejména při hladině vibrací 85 dB a vyšší. To je však hladina zrychlení vibrací, která je výrazně nadlimitní (oproti nař.vl.č. 272/2011 Sb.) a u měřených bodů byla dosažena zcela výjimečně.

3. ZDROJ VIBRACÍ, ŠÍŘENÍ VIBRACÍ

V daném případě se jedná v současném stavu o nekvalitní starou částečně stykovanou kolej, s kolejnicemi uloženými převážně na betonových či ocelových pražcích.

Co se týče vlivu rychlosti vlaků na hladinu zrychlení vibrací u jejich zdroje, tento není obvykle příliš výrazný. Při provedených měřeních na trati Pardubice - Praha (Hlaváček, 2001) byl u svislých vibrací a rychlíků v rozmezí 90-140 km/h vliv změny rychlosti na hladinu vibrací neprůkazný, bez trendu. Rozdíly byly ve vzdálenosti do 7,5m od koleje max. 5 dB. U svislých vibrací a nákl. vlaků v rozmezí 70-100 km/h byl tento vliv rovněž nízký, bez trendu.

V tomto případě ale byly rozdíly byly vzdálenosti do 7,5m od koleje větší a to v rozmezí 5 - 15 dB.

Obdobně u vodorovných vibrací a rychlíků byl vliv změny rychlosti v rozmezí 90-130 km/h relativně malý, rovněž bez trendu. Rozdíly byly ve vzdálenosti do 7,5m od koleje byly 5 - 10 dB.

U vodorovných vibrací a nákl. vlaků byl v rozmezí 70-100 km/h tento vliv relativně nízký, bez trendu. Rozdíly byly ve vzdálenosti do 7,5m od koleje 5 - 10 dB.

V daném případě nárůst vážené hladiny zrychlení vibrací z titulu vyšší rychlosti nehrozí, rekonstrukcí nebude stávající rychlost na trati zvyšována.

Závislost šíření vibrací v horninovém prostředí lze obecně popsat (NAKAMICHI et al., 2003) vztahem :

$$L, [\text{dB}] = L_0 - 20 \cdot \log (x/x_0)^n - 8,7 \cdot \alpha \cdot (x - x_0) \quad (4)$$

kde

Lhladina zrychlení vibrací ve vzdálenosti x

L_0hladina zrychlení vibrací ve vzdálenosti x_0

n, αkonstanty

V daném případě poskytuje aplikace této rovnice (4) uváděné NAKAMICHI-m (Japan), event. Hunaidi-m (Canada) hodnoty modelu, odchylovící se významněji od naměřených hodnot.

K hodnocení závislosti

$$L = f(x) \quad (5)$$

tak byl užit vztah (4), po úpravě, spočívající zejména v eliminaci lineárního členu (frikční ztráty) dané relace. Důvodem této úpravy bylo

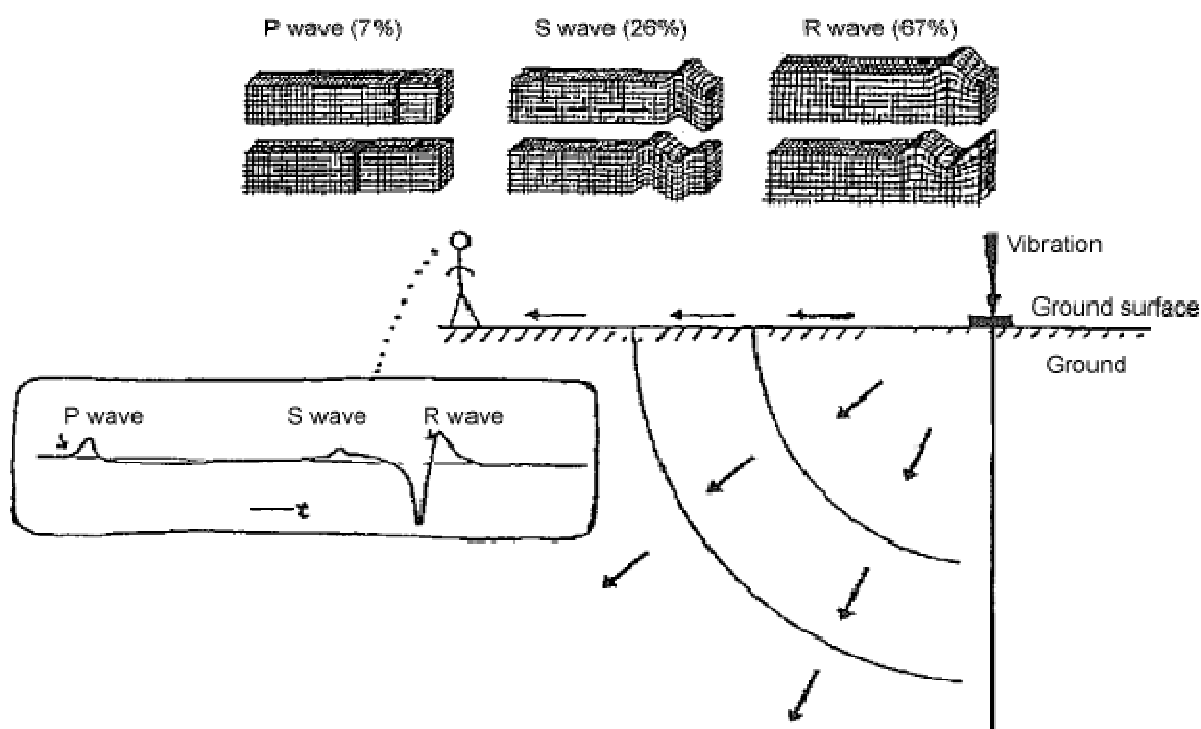
- špatná korelace rovnice (4) s naměřenými výsledky
- nereálné hodnoty rovnice s lineárním členem u vzdáleností x cca nad $x = 50 \text{ m}$ (u „normal ground“ dostáváme hladiny zrychlení vibrací L blízké nule či záporné)
- porovnání rovnice s teoretickým tvarem závislosti, obdobné jako u šíření zvuku

Vážená hladina zrychlení vibrací je vyhodnocována z důvodu odlišného vlivu vibrací

různé frekvence na lidský organizmus. Vibrační vlnění je vnímáno receptory na povrchu těla. Vnímáno je jak sekundární vlnění (S) a vlnění Rayleighovo (R) jakožto vlnění vertikální, tak vlnění horizontální (P,L). Rayleighovo vlnění, jakožto zásadní z uvedených typů se přitom šíří pod povrchem, cca do hloubky jedné délky vlny, λ (Hunaidi O., 2000).

Z celkové energie vlnění představuje S cca 26% a R cca 67%. Obě tato vertikální vlnění jsou výrazně pomalejší než vlnění primární (P) a šíří se obvykle spolu (mají cca stejnou rychlost). Poměry jsou zřejmé z obrázku 3.

Obrázek 3- Šíření vibrací v zemním tělese (P, S) a na jeho povrchu (R, L)



4. CHARAKTER PODLOŽÍ

Pro šíření vibrací, event. rychlost jeho útlumu hrají stěžejní roli morfologie terénu a geotechnická skladba podloží, v němž dochází k propagaci vibrací.

Podle našich předpisů (ČR) je při zkoušce do zeminy automaticky zaráženo sutyčím opatřené kuželovým hrotem průměru 43,7mm, plochy 15 cm², vrcholový úhel činí 90 stupňů.

K zarážení je použit beran hmotnosti 50 kg, který dopadá z výšky 0,5m. Průměr sutyčím je 32mm, délka jedné tyče 1m. Na úvodní tyči je nasazen hrot s drážkou - tzv. hrot "na ztraceno" nebo je použit hrot pevný šroubovací. Hrot na ztraceno umožňuje eliminaci plášťového tření při vytahování sutyčím. Ovládání beranu je plně automatické a zabezpečuje přerušení po vniku sutyčím každých 10 cm. Počet úderů na vnik sutyčím o 10 cm (N10) se odečítá na počítadle, případně je počítá operátor. Výsledkem je hodnota $N_{10,red}$.

Z geotechnického hlediska tak lze podloží pro účely posouzení šíření vibrací charakterizovat v celé délce trati jako „normal ground“ (Ashiya, Kimitoshi, 2003), jak vyplývá ze srovnání s celou řadou obdobných případů, řešených ve zdejší společnosti (Grúz, 2008).

Hladina podzemní vody mělké zvodně se nachází převážně v hloubkách 6 - 10 m pod terénem (p.t.). Podle interních materiálů společnosti Ecological Consulting a.s. (Grúz J., 2008) se tak jedná v celé délce trati převážně o případ A1W, jak je popsáno dále.

Při vyhodnocování měření vibrací pro uvedenou trať byly nalezené hladiny vibrací porovnány s obecnou závislostí atenuace pro případ A1W.

5. PROVEDENÁ MĚŘENÍ

Pro možnost orientačního vyhodnocení zátěže vibracemi na obyvatelstvo v okolí předmětné trati bylo provedeno kalibrační měření vibrací v červenci 2017 a to Ing. Haluskou a Bc. Orolínem.

Pro úspěšné vyhodnocení průběhu vibrací byly vytipovány obytné objekty podél trati. Majitelé objektů ve většině případů s provedením měření vibrací v objektu souhlasili. Měření probíhalo v průběhu denních hodin, měřicí přístroje byly umístěny v místnosti nejbližší k trati. Byla snaha postihnout existující druhy vlaků/mechanismů na trati a jejich vliv na hodnoty vibrací a to vč. vlaků nákladních.

Měřena byla hladina zrychlení vibrací pouze v jednom bodě na objektu, blízce trati. Jednalo se o objekt k bydlení, Bystřice pod Hostýnem č.p. 1025, vzdálený 27,0 m od osy koleje.

Na rozdíl od měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku se při měření hladiny zrychlení vibrací a jejich interpretaci nejedná o měření za období jednoho dne (6,00-22,00 hod) či noci (22,00 – 6,00). Jedná se výslovně o hodnoty, naměřené a interpretované na období provozu zdroje vibrací (průjezdu vlaku). Z toho důvodu by byla např. změna intenzity dopravy v dané železniční stanici po její optimalizaci prakticky bez vlivu na vyšetřované poměry, t.j. na hladinu zrychlení vibrací po realizaci záměru.

Uvedené měření vibrací v roce 2017 bylo provedeno pomocí následujících přístrojů:

- spektrální modul PULSE B&K typ 3050-A-060, v. č. 100121
- notebook Toshiba U400 (včetně softwaru Labshop 12), v. č. 48315510W
- akcelerometr B&K 4524 - B, v. č. 32053
- etalonový kalibrátor vibrací B&K 4294, v. č. 2624099
- tří-kanálový kabel B&K AO 0526 (5m)

Měření bylo provedeno dle:

- ČSN ISO 2631-1: Vibrace a rázy - Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím. Část 1: všeobecné požadavky
- ČSN ISO 2631-2: Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím. Část 2: Nepřerušované vibrace a rázy v budovách (1 až 80Hz)
- Metodický návod pro měření hluku v pracovním prostředí a vibrací, zn. HEM-300-26.4.01-16344.

Celková nejistota měření je 2 dB.

Měření (2017) byly vibrace v uvedeném měřicím místě v okolí trati (obytný objekt), a to:

M1- Bystřice p/H č.p. 1025

Výsledky tohoto měření z roku 2017 jsou v příloze 1. Celkový přehled použitých výsledků měření je shrnut v tabulce 1. Vibrace byly měřeny za průjezdu **osobního vlaku**.

Tabulka 1 – Maximální hladiny L_{ef} (dB), nalezené při měření

Měřicí bod č.	Vzdálenost x, m	O s a		
		X	Y	Z
1	27,0	64,6	71,1	74,7

V předložené tabulce 1 byly vybrány vždy nejhorší, t.j. maximální hodnoty průměrné vážené hladiny zrychlení vibrací, dosažené v daném bodě pro každou osu zvlášť, jak předepisuje ustanovení § 18 nař.vl.č. 272/2011 Sb. Přitom pro daný měřicí bod byly měřeny hladiny vibrací při průjezdech různých osobních vlaků (vyjma nákladního vlaku).

To znamená, že maxima pro danou vzdálenost od objektu u horizontálních (P nebo Love-vlnění) i vertikálních (sekundární vlnění -S uvnitř podloží a vlnění Rayleighovo -R jakožto povrchové vlnění v kolmém směru na směr šíření vlny) vibrací mohla být dosažena při odlišných průjezdech vlaků.

Přitom z důvodů exaktnosti byly pro hodnocení vybrány hodnoty, naměřené při průjezdu pouze jedné vlakové soupravy. Jak je z tabulky zřejmé, nedošlo v měřicím bodě k překročení limitní průměrné vážené hladiny vibrací a to ani pro noční dobu.

Z hlediska principu předběžné opatrnosti byly naměřené hodnoty porovnávány vždy s nejpřísnějším limitem, t.j. limitem hladiny zrychlení vibrací pro noc, tedy 78 dB.

Při porovnání maximálních hodnot L_{ef} se jeví jako nejzásadnější hodnoty průměrné vážené hladiny zrychlení vertikálních vibrací ve směru kolmém na osu koleje, které byly z toho důvodu (osa Z) dále zhodnoceny.

6. MATEMATICKÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Výsledky provedených měření vibrací u uvedené trati byly porovnány s odhadovaným průběhem atenuační křivky, a dále s pokusem o odhad „kritické vzdálenosti“ (k) objektů s chráněným vnitřním prostorem (stavby k bydlení) od osy krajní koleje. Kritickou vzdáleností je přitom rozuměna vzdálenost navržené **isoseisty 78 dB** od osy projížděné nejbližší koleje. Při větší vzdálenosti než „ k “ není předpoklad překročení předepsaného limitu, který činí pro noční dobu 78,0 dB (průměrná vážená hladina zrychlení vibrací). Chránit bude nutno objekty uvnitř uvedeného pásma, po obou stranách trati. Provedení antivibračních opatření na železnici se předpokládá v rozpětí $\pm k$ od kolmého průmětu objektu na trať, resp. do vzdálenosti „ k “ od krajních bodů budovy.

Pro danou stavbu byly k matematickému hodnocení vybrány jako nejzávažnější hodnoty, naměřené ve směru osy Z (vertikální vibrace kolmé na osu koleje).

Z matematického hlediska bylo nutno celý hodnocený úsek trati z hlediska vibrací zařadit pod případ A1W (Grúz, 2008), kde útlum vibrací lze charakterizovat zvýšenou hodnotou k_b .

Vzhledem k tomu, že byl měřen pouze 1 bod a to pro průjezd osobního vlaku, bylo přistoupeno k výpočtu koeficientu atenuace k_b , z relace (5). Přitom iniciační efektivní vážená hladina vibrací k_a pro osobní vlaky na tratích tohoto typu činí (dle řady měření ve zdejší společnosti) 120 dB.

Hodnota k_b byla nalezena ve výši 13,7, což odpovídá typu „normal ground“.

Dále bylo třeba výslednou křivku typu (5) korigovat na nejhorší případ v budoucnu, t.j. na průjezdy nákladních vlaků. V tomto případě lze uvažovat o zvýšení iniciační hladiny k_a . Podle řady měření na nejbližších obdobných tratích (na př. trať 300) lze nárůst tohoto koeficientu předpokládat průměrně o 5 dB, takže naměřená nejhorší hladina, korigovaná na průjezd nákladního vlaku bude činit: $74,7 + 5 = 79,7$ dB.

Dle uvedeného orientačně popisujeme šíření vibrací v oblasti hodnocené stavby jedinou závislostí typu (5), a to:

$$y = 125 - 13,7 \cdot \ln x \quad (6)$$

kde:

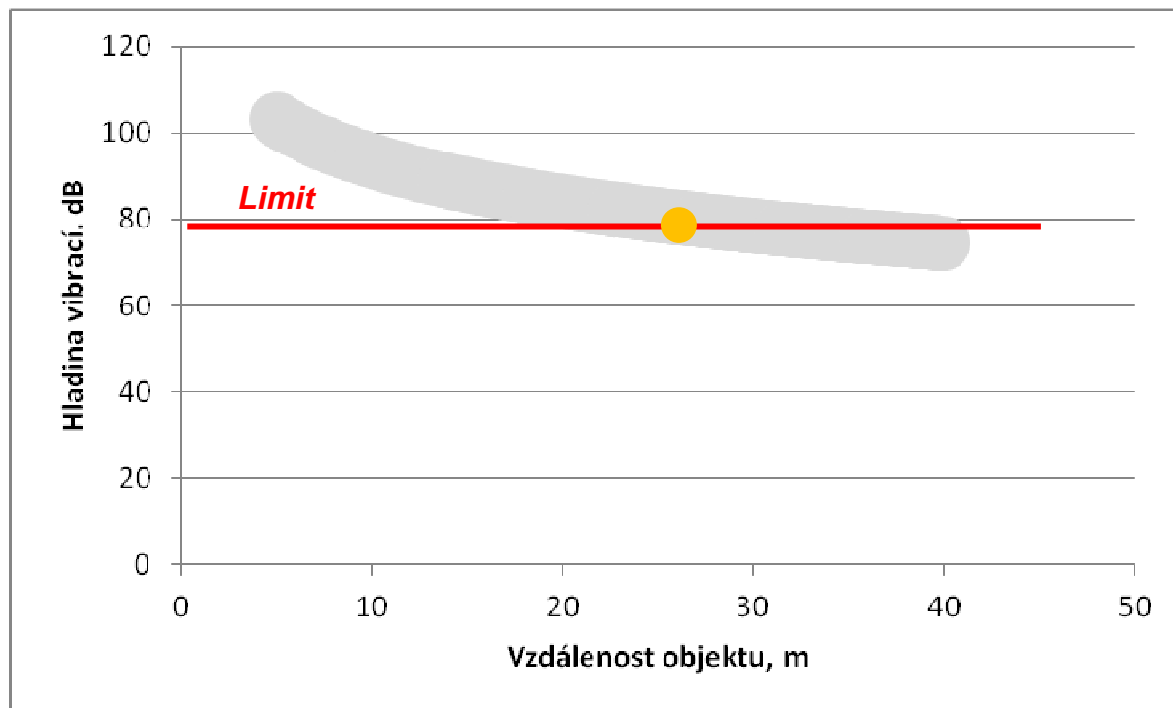
xvzdálenost objektu od osy krajní koleje, m

yhladina vibrací (osa Z), dB

Tato závislost vykazuje relativně úzký prostor okolo trati, pro eventuelní aplikaci antivibračních opatření, jak je dále, u návrhu hodnoty k uvedeno.

Odhad grafického průběhu relace (6) pro uvedené území stavby je zřejmý z obrázku č. 4 .

Obrázek 4 – Atenuační křivka (šedě, osa Z) a naměřená korigovaná hladina vibrací (žlutě)



7. NÁVRH ANTIVIBRAČNÍCH OPATŘENÍ

Z grafu, uvedeného na obrázku 4 a zmíněných závislostí vyplývá pro území stavby orientační hodnota kritické vzdálenosti, daná souřadnicí průsečíku výše uvedené relace (6) a rovnice

$$y = 78$$

na ose úseček, která činí

$$k = e^{3,43},$$

t.j. **30,9 m**. V této vzdálenosti od osy krajní dopravní koleje tedy probíhá stávající isoseista 78 dB.

Pokud by nebyly prováděny popsané úpravy trati, bylo by nutné pro případ, že se v těchto pruzích (vzdálenost na obě strany od žel. trati) nachází obytné stavby, provedení antivibračních opatření.

Při realizaci modernizace trati však jedním z antivibračních opatření nesporně bude základní opatření ve formě dokončení bezstykové koleje, event. podložek pod patou kolejnice. Pozitivní vliv bude mít rovněž zpevnění podloží na př. vápno- cementovou vrstvou včetně zhutnění a stavby nového železničního svršku.

Podle zkušeností z řady měření v ČR lze záměnou stykové koleje za bezstykovou dosáhnout snížení hladiny vibrací v celém průběhu závislosti (5) o 5- 7 dB. Obdobně přináší pružné upevnění kolejnic s podložkami pod patou kolejnice dle měření na trati Pardubice-Praha (Hlaváček, 2001, 1998) snížení k_a o 2-5 dB. Reálně tak lze předpokládat po provedené rekonstrukci pokles hladiny zrychlení vibrací cca o 5 dB.

Připustíme-li tedy v uvedené závislosti (6) snížení hodnoty „ k “ z tohoto důvodu (t.j. zvolíme limit $78+5=83$ dB), dostaneme novou hodnotu, k_1 . Tato činí pro daný případ

Hodnota k_1 21,3 m,

což představuje nový průběh isoseist v této vzdálenosti od osy krajní koleje. Výše uvedená isoseista (21,3 m) tak přibližně vymezuje blíže trati pásmo, v němž by bylo třeba aplikovat další antivibrační opatření (např. antivibrační rohože, bokovnice a pod.), mimo uvedené úpravy kolejového svršku.

Pokud se tedy v pruhu $\pm k_1$ okolo dopravních kolejí nachází chráněný vnitřní prostor staveb s obytnými místnostmi, bude pravděpodobně třeba zde realizovat AVO. Skutečnost by bylo nutné ověřit dalšími měřeními hladiny vibrací před rozhodnutím o aplikaci AVO.

Eventuelní potřeba AVO vyplývá z následující tabulky 2. Vzdálenosti objektů v tabulce 2 jsou vždy uváděny od nejbližší projížděné koleje.

Tabulka 2- Nejbližší obytné objekty a potřeba antivibračních opatření (AVO)

Žel. km cca	Objekt na parc.č.st (vzdálenost od krajní projížděné koleje,m) poloha od trati vlevo (L), vpravo (P)	Poznámka	AVO, žel. km
35,32	1090 (27,0) L	K bydlení, č.p. 1025	-
35,34	886 (28,0) L	K bydlení, č.p. 870	-
35,37	989 (26,3) L	K bydlení, č.p. 992	-
35,42	934 (33,9) L	K bydlení, č.p. 935	-
35,46	1547 (33,5) L	RD, č.p. 1205	-
35,5	1060 (26,0) L	K bydlení, č.p. 973	-
35,52	1039 (26,1) L	K bydlení, č.p. 1015	-

Jak je z tabulky 2 zřejmé, jsou vzdálenosti nejbližších obytných objektů od trati prokazatelně vyšší, než vypočtená hodnota k_1 . Antivibrační opatření tak nebude třeba u dané stavby aplikovat.

Uvedený závěr ovšem platí pouze z hlediska zdraví osob žijících podél trati, vzhledem k použití limitních hodnot hladiny vibrací z nař.vl.č. 272/2011 Sb. Pro obyvatele, vystavené působení vibrací přitom největší problém představuje sekundární vlnění (S) uvnitř podloží a vlnění Rayleighovo (R) jakožto povrchové vlnění v kolmém směru na směr šíření vlny, jak bylo uvedeno výše.

V daném případě je rovněž vhodné, posoudit **vliv vibrací i na techniku** a citlivá elektronická zařízení, nacházející se zejména v budovách dispečerských pracovišť. Z důvodů nedostatku přesnějších údajů a vzhledem k principu předběžné opatrnosti předpokládáme rovněž zde stejný dopad vibrací na okolí dopravních kolejí, jak bylo uvedeno výše. Vzhledem k obvyklé vzdálenosti relevantních budov ČD od dopravních kolejí ale nepředpokládáme z těchto důvodů nutnost provedení AVO. Takovýto postoj je rovněž v souladu s doporučeními ČSN 73 0040 (čl. 5.4.6).

Při dodržení předepsaných limitů (viz výše) hladiny zrychlení vibrací po realizaci záměru (vč. realizace naznačených antivibračních opatření) lze říci, že nelze predikovat negativní vliv vibrací na veřejné zdraví, zmíněná elektronická zařízení, ani na stabilitu objektů vč. obytných domů v okolí trati.

Přílohy

PŘÍLOHA 1 Protokol o měření vibrací č. 17/08, Měření vibrací přenášovaných na člověka. Měření hladin vibrací v budovách ze železniční dopravy. Ing. Lukáš Haluska, Bc. Jakub Orolín, 08/2017

Použitá literatura

- ASHIYA, KIMITOSHI (2003): *A method to estimate the efficiency of ground vibration reduction wall*. Railway technology avalanche, No 1, January 1.
- BŘEŠŤOVSKÝ, P., HORNÍČEK, L., VOŘÍŠEK, P. (2006): *Zhodnocení realizovaných zkušebních úseků s antivibračními rohožemi v síti SŽDC*.
Dostupné z:
www.cideas.cz/free/okno/technicke_listy/3tlv/TL06CZ_2323-3.pdf
- GRÚZ J. (2008) : Interní podklady společnosti pro šíření vibrací. Ecological Consulting a.s., nepublikováno.
- HAVRÁNEK, J., a kol. (1990): *Hluk a vibrace*. Praha, Avicenum, 280 s.
- HAYA H. et al (1996).11, Development of Method for Reduction of Wayside Train Vibration, I.S. Osaka on Environmental Geotechnics, vol.1
- HLAVÁČEK, J. (1998): *Protihluková a protivibrační opatření používaná v evropské železniční síti*, Vědeckotechnický sborník ČD, č. 6, s. 37-41.
- HLAVÁČEK J. (2001): *Měření hluku a vibrací na koridorových tratích před a po modernizaci*.
Dostupné z: www.google.com
- HORNÍČEK, L. (2006): *Možnosti využití pryžového recyklátu v konstrukci železničních a tramvajových tratí*. Sborník přednášek 11. ročníku konference RECYCLING 2006, s. 67-74
Dostupné z: www.arism.cz/info/Sbornik_2006.pdf
- HORNÍČEK, L., KREJČÍŘÍKOVÁ, H. (2005): *Možnosti použití antivibračních rohoží vyrobených z pryžového recyklátu u kolejových staveb*.
Dostupné z: [ww.cideas.czz/free/okno/technicke_listy/2tlv/2323-1.pdf](http://www.cideas.czz/free/okno/technicke_listy/2tlv/2323-1.pdf)
- HUNAIDI, O. (2000): *Traffic Vibrations in Buildings*, Construction Technology Update, No. 39.
- KREJČÍŘÍKOVÁ, H. (2008): *Nové prvky a technologie výstavby železničních tratí v České republice*, Stavebnictví, No. 2.
- NAKAMICHI, HIGASHINARI-KU (2003): *Environmental technology information. Noise a. vibration*. Dostupné z:
www.menlh.go.id/apec_vc/osaka/eastjava/noise_en/index.html

PŘÍLOHY

Příloha 1
PROTOKOL O MĚŘENÍ VIBRACÍ

Protokol o autorizovaném měření vibrací
autorizační set G10
č.: 17/08

Strana č.: 1
Celkový počet stran: 10

Měření vibrací přenášených na člověka

Měření hladin vibrací v budovách
ze železniční dopravy

Objednatel:

Moravia Consult Olomouc, a. s.
Legionářská 1085/8
779 00 Olomouc

Místa měření:

M1 – Sokola Tůmy 1025, Bystřice pod Hostýnem

Datum měření:
19. 7. 2017

Datum vydání dokladu:
7.8.2017

Měření provedl: Ing. Lukáš Haluska
Bc. Jakub Orolín

.....
protokol vypracoval
Ing. Lukáš Haluska

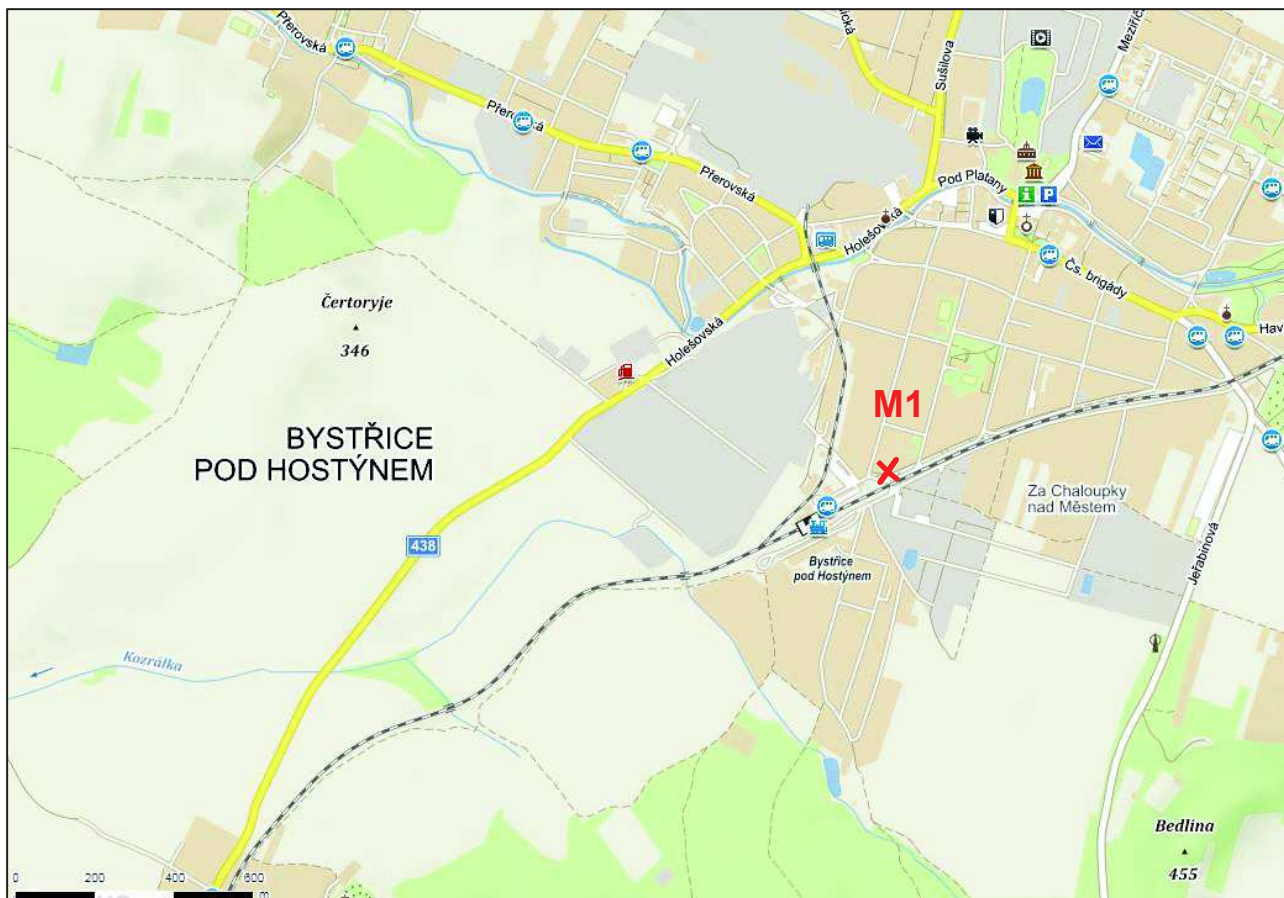
.....
protokol schválil
Ing. Jaromír Čápal
Vedoucí akustické Laboratoře
Odborný vedoucí setu

Výsledek měření je vázán na dokladem popsané místo a dobu vykonání měření.
Doklad o měření vibrací může být reprodukován jedině celý a s písemným souhlasem jeho
zpracovatele.

Obsah:

1. Situace umístění měřicích míst	3
2. Použitá měřicí souprava	4
3. Popis měření.....	4
4. Popis měřicích míst a výsledky měření	5
Měřicí místo M1 – Sokola Tůmy 1025, Bystřice pod Hostýnem	5
5. Závěr	10
6. Poznámky a vysvětlivky	10

1. Situace umístění měřicích míst



Obr. 1: Přehledná situace umístění míst měření

2. Použitá měřicí souprava

spektrální modul PULSE B&K typ 3050-A-060, v. č. 100121
notebook Toshiba U400 (včetně softwaru Labshop 12), v. č. 48315510W
akcelerometr B&K 4524 - B, v. č. 32053
etalonový kalibrátor vibrací B&K 4294, v. č. 2624099
tří-kanálový kabel B&K AO 0526 (5m)

Pomocné měřidlo: digitální meteorologická stanice CONRAD FK-WS-444 v.č. WQ1316-002,
měřící pásmo (20m), svinovací metr (5m).

Uvedená měřicí sestava B&K byla ověřena v Českém metrologickém institutu v Praze a má platné ověřovací listy č. 8012-KL-5193-09, 8012-KL-50318-16.

Uvedená měřicí aparatura byla před měřením a po měření kontrolována uvedeným kalibrátorem.

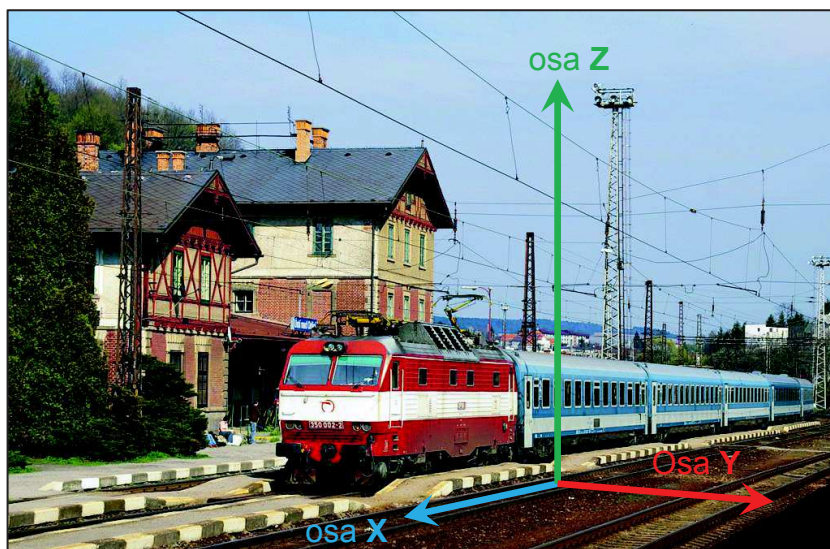
3. Popis měření

Měření vibrací od pojezdů železničních souprav v obvodu ŽST Bystřice pod Hostýnem bylo provedeno za účelem zjištění vlivu šíření vibrací od pojezdů vlakových souprav. Přehledná situace umístění měřícího bodu je na obr. 1. Pro názornost byl uváděn grafický průběh zaznamenaných vibrací na třetinooktávových pásmech u všech vlakových souprav.

Měření a následné vyhodnocení hladin vibrací bylo provedeno v souladu s normou ČSN ISO 2631-2, Část 2: Vibrace v budovách. Byly měřeny jednotlivé průjezdy vlakových souprav. Z naměřených hladin byly vyloučeny vibrace produkované zdroji nesouvisející s dopravou na železničních tratích.

Vibrace byly snímány ve třech osách. Směry jednotlivých os byly zvoleny tak, že osy X a Y ležely v horizontální rovině a osa Z byla kolmá na horizontální osu (vertikální směr). Dále osa X byla rovnoběžná s osou koleje a osa Y byla kolmo na osu posuzované koleje. (viz obr. č. 2)

Tato osová orientace platí pro všechna měření uvedená v tomto protokolu.



Obr. 2: Orientace os měření

4. Popis měřicích míst a výsledky měření

Měřicí místo M1 – Sokola Tůmy 1025, Bystřice pod Hostýnem

Účel měření: vibrace vyvolané pojezdy vlakových souprav po železničním svršku
Datum měření: 19. 7. 2017

Vybraný objekt je bytový dům na ulici Sokola Tůmy. Snímač měřicí aparatury byl umístěn na vytyčovací bodu ve výšce cca 0,8 m nad zemí, viz obr. 4. Měřicí místo se nachází ve vzdálenosti cca 27 m od osy koleje.



Obr. 3: Letecký snímek se zákresem měřicího místa M1

Před místem měření se nachází jedna kolej. Nedaleko místa měření se nachází křížení železnice se silnicí. Směrem k žst. Bystřice pod Hostýnem se také nachází výhybka. Koleje jsou situovány ve stejné úrovni, jako měřený stavební objekt. Kolej je vevařena do bezстыkové koleje a je uložena na betonových pražcích.



Obr. 4: Pohled na umístění snímače



Obr. 5: Pohled na měřící aparaturu



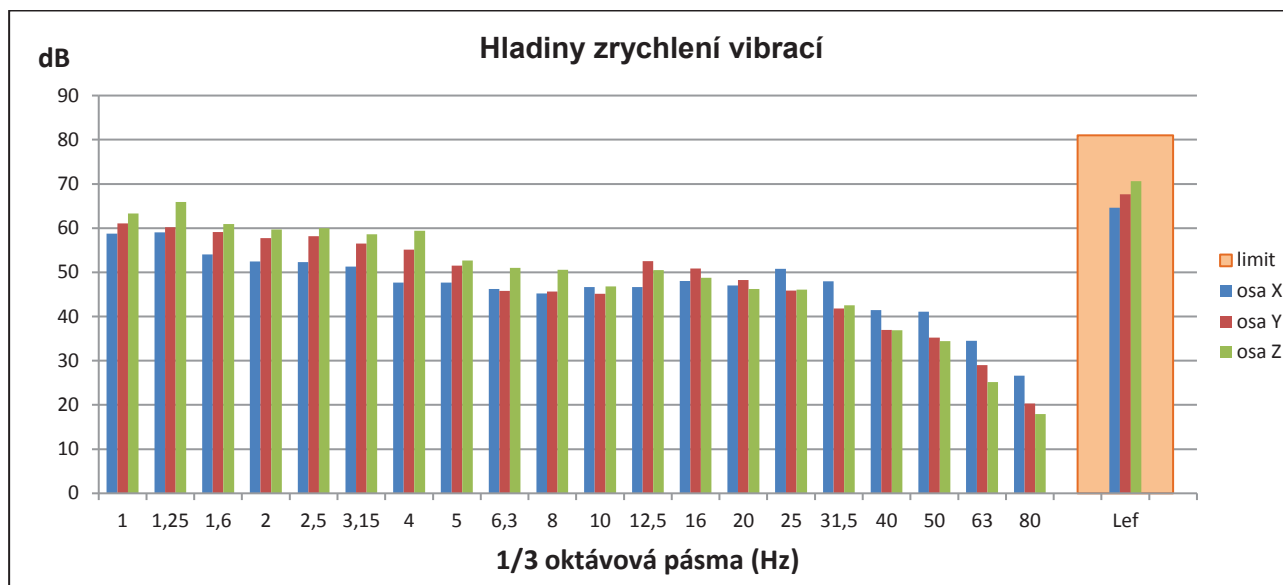
Obr. 6: Pohled na posuzovaný objekt

Přehled zaznamenaných vlakových souprav a grafy hladin zrychlení

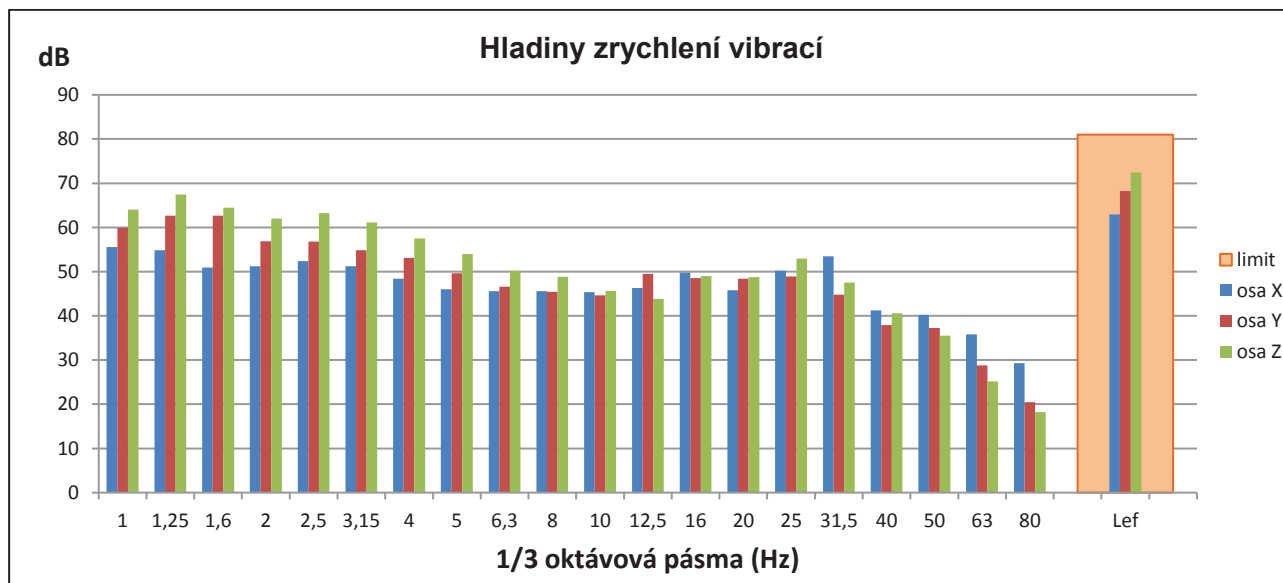
čas	druh vlaku (trakce)	počet vozů	směr	celkové naměřené hodnoty hladin zrychlení vibrací L_{ef} (dB)			celkové hodnoty hladin zrychlení vibrací L_{ef} (dB) včetně přičtené nejistoty měření			limit (dB)	
				osa X	osa Y	osa Z	osa X	osa Y	osa Z	den	noc
10:06	Os (D)	2	Bystřice pod Hostýnem	64,6	67,7	70,7	66,6	69,7	72,7	81,0	78,0
10:37	Os (D)	2	Valašské Meziříčí	62,9	68,3	72,4	64,9	70,3	74,4	81,0	78,0
11:56	Os (D)	2	Bystřice pod Hostýnem	62,9	71,1	74,7	64,9	73,1	76,7	81,0	78,0
12:37	Os (D)	2	Valašské Meziříčí	63,2	67,8	71,2	65,2	69,8	73,2	81,0	78,0
Zjištěné hladiny zrychlení vibrací pozadí				57,0	61,4	63,1	/	/	/	/	/

Vlak 10:06 Os (D)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	
X	58,8	59,0	54,1	52,4	52,3	51,3	47,7	47,7	46,2	45,2	46,7	46,7	48,1	47,1	50,8	48,0	41,5	41,1	34,5	26,6	64,6
Y	61,0	60,2	59,1	57,7	58,2	56,5	55,1	51,5	45,8	45,7	45,1	52,6	50,9	48,3	45,9	41,8	36,9	35,2	29,0	20,3	67,7
Z	63,3	66,0	61,0	59,7	60,0	58,6	59,4	52,7	51,0	50,6	46,8	50,5	48,8	46,2	46,1	42,6	36,9	34,4	25,2	17,9	70,7

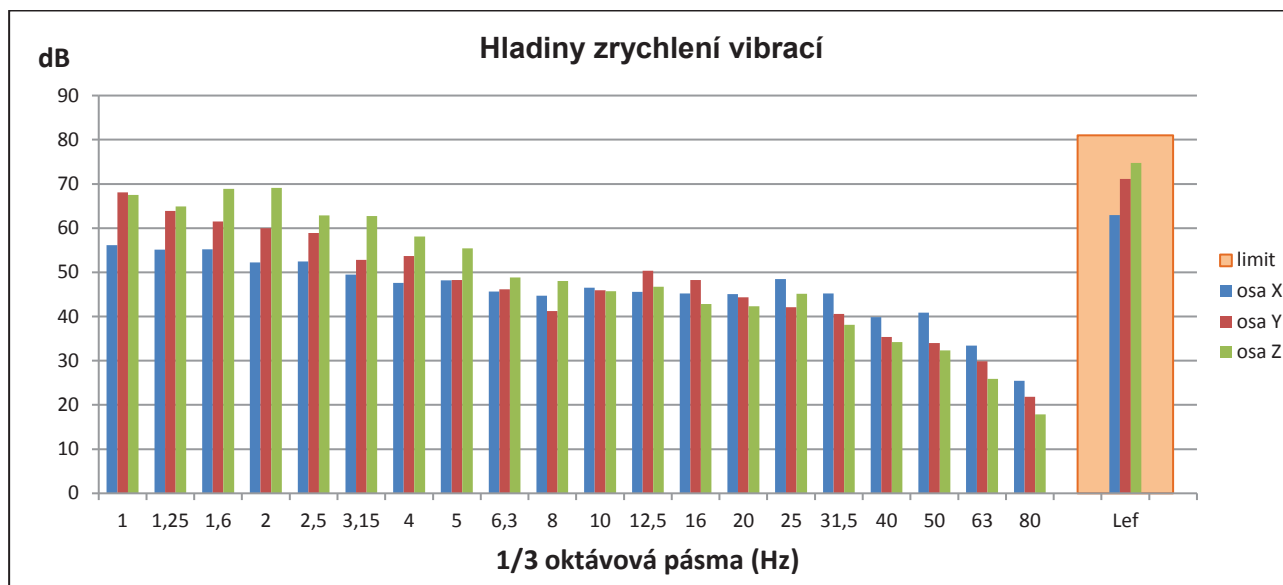
**Vlak 10:37 Os (D)**

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																			L _{ef} (dB)	
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63		80
X	55,5	54,8	50,9	51,2	52,4	51,2	48,4	46,0	45,6	45,5	45,3	46,3	49,8	45,8	50,2	53,5	41,3	40,2	35,8	29,3	62,9
Y	59,9	62,6	62,7	56,9	56,8	54,9	53,1	49,6	46,6	45,4	44,7	49,5	48,6	48,4	48,9	44,8	37,9	37,2	28,8	20,5	68,3
Z	64,0	67,5	64,5	62,0	63,3	61,1	57,5	54,0	50,2	48,9	45,7	43,9	49,0	48,7	53,0	47,6	40,6	35,5	25,2	18,2	72,4

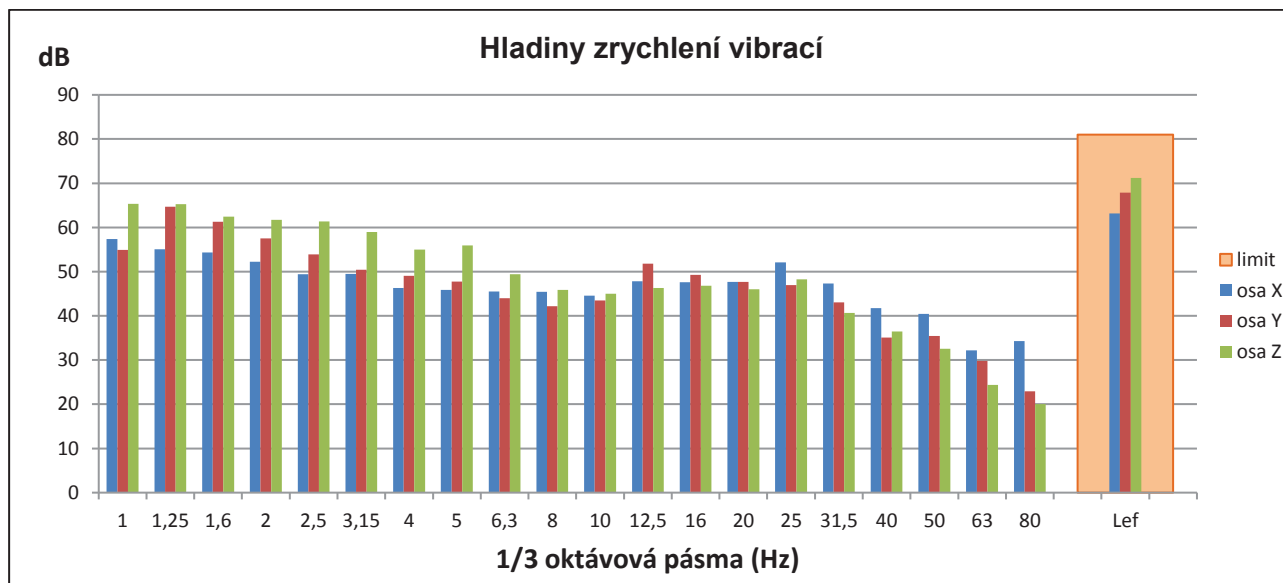


Vlak 11:56 Os (D)

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	
X	56,1	55,1	55,2	52,2	52,5	49,5	47,6	48,2	45,7	44,7	46,5	45,6	45,2	45,1	48,5	45,2	39,9	40,9	33,4	25,4	62,9
Y	68,1	63,9	61,5	60,0	58,9	52,8	53,7	48,2	46,1	41,2	45,9	50,3	48,3	44,4	42,1	40,6	35,4	34,0	29,8	21,9	71,1
Z	67,5	64,9	68,9	69,1	62,9	62,8	58,1	55,4	48,9	48,0	45,7	46,7	42,8	42,3	45,1	38,1	34,2	32,3	25,9	17,8	74,7

**Vlak 12:37 Os (D)**

Osy	Hladiny zrychlení vibrací v dB pro jednotlivá frekvenční pásma Hz																				L _{ef} (dB)
	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	
X	57,4	55,0	54,3	52,2	49,4	49,5	46,3	45,9	45,5	45,5	44,6	47,8	47,6	47,7	52,1	47,3	41,7	40,5	32,2	34,3	63,2
Y	54,9	64,7	61,3	57,5	53,9	50,5	49,1	47,7	44,0	42,2	43,5	51,8	49,3	47,7	47,0	43,0	35,1	35,4	29,8	22,9	67,8
Z	65,3	65,3	62,5	61,7	61,3	59,0	55,0	55,9	49,4	45,8	45,0	46,3	46,8	46,0	48,2	40,6	36,4	32,5	24,4	20,1	71,2



5. Závěr

Dle Nařízení vlády č. 272/2011 § 18 je dán hygienický limit vibrací za dobu jejich působení v chráněných vnitřních prostorech staveb vyjádřený průměrnou váženou hladinou zrychlení vibrací $L_{aw,T} = 75$ dB a korekcí podle přílohy č. 5 pro obytné místnosti. Pro denní dobu je korekce + 6 dB a pro noc + 3 dB.

Protože lze předpokládat, že průjezd vlakových souprav se projevuje stejně v denní i noční době, lze naměřené hodnoty porovnávat s hygienickým limitem platným pro denní dobu (81 dB), tak i limitem pro noční dobu (78 dB).

Nejistota měření pro zjištěné hladiny vibrací byla stanovena $\pm 2,0$ dB.

Měřicí místo M1 – Sokola Tůmy 1025, Bystřice pod Hostýnem

Výsledné hodnoty prokazatelně splňují hygienický limit pro denní i noční dobu.

6. Poznámky a vysvětlivky

Označení druhů vlaků :

<i>Os</i>	<i>osobní vlak (klasická souprava tvořená lokomotivou a přívěsnými vozy)</i>
<i>R</i>	<i>rychlík (klasická souprava tvořená lokomotivou a přívěsnými vozy)</i>
<i>MOs</i>	<i>osobní vlak (souprava je tvořena ucelenou jednotkou s čelními motorovými a řídícími vozy a vloženými přívěsnými vozy)</i>
<i>Pn</i>	<i>průběžný nákladní vlak</i>
<i>Mn</i>	<i>manipulační vlak</i>
<i>Lv</i>	<i>lokomotivní vlak (vlak tvořený pouze jednou či více lokomotivami)</i>
<i>Prac</i>	<i>souprava pracovního vlaku (lokomotiva se speciálními vozy)</i>