

Vypracování přípravné dokumentace stavby "Modernizace trati Brno - Přerov, I. etapa Blažovice - Nezamyslice" je spolufinancováno Evropskou unií z programu TEN-T ve výši 2 300 000 EUR, což je 49,41% z celkových nákladů na projekt.



Za tuto publikaci odpovídá pouze její autor. Evropská unie nenese odpovědnost za jakékoli využití informací v ní obsažených.

			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	



SUDOP BRNO, spol. s r.o.
Kounicova 26
611 36 Brno



Oltavská 1a
130 80 Praha 3
Česká republika
tel.: 02/24 22 71 68
fax: 02/24 23 03 16
faxmodem: 02/670 943 64
E-mail : praha@sudop.cz

OBJEDNAVATEL:	SŽDC, S.O., DLÁŽDĚNÁ 1003/7, 110 00 PRAHA 1 STAVEBNÍ SPRÁVA OLOMOUC		TEL.: +420 972 625 804 E-MAIL: SUDOP@SUDOP-BRNO.CZ	
PROFESNÍ SKUPINA:	33 ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	VEDOUČÍ PROF. SKUPINY MGR. GABRIELA RŮŽIČKOVÁ	ŘEDITEL ING. FRANTIŠEK MRÁZ	
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY ING. RADOSLAV MOLÁK	ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO ING. IRENA BÁRTOVÁ	NAVRHL, VYPRACOVAL ING. IRENA BÁRTOVÁ	KONTRLOVAL MGR. GABRIELA RŮŽIČKOVÁ	
KRAJ: JIHO-MORAVSKÝ, OLOMOUCKÝ	POVĚŘENÝ OÚ: VYŠKOV		STUPEŇ: PŘÍPRAVNÁ DOKUMENTACE	
Modernizace trati Brno - Přerov, I. etapa Blažovice - Nezamyslice			ZAK. ČÍSLO 1815-01-1109	ARCH. ČÍSLO 2008220030
			MĚŘÍTKO	POČET FORMÁTŮ
			DATUM: 09/2009	
			ČÁST DOKUM. PŘÍLOHA	
Vibrace				

J.3

V i b r a c e

Modernizace trati Brno - Přerov, I. etapa Blažovice - Nezamyslice

přípravná dokumentace

INVESTOR:

SŽDC, s.o.
Stavební správa Praha
Sokolovská 278/1955
100 00 Praha 1

PROJEKTANT:

SUDOP Brno, s.r.o.
Kounicova 26
611 36 Brno

PROFESNÍ GARANT STUDIE:

Ing. Irena Bártová

listopad 2009

Zpracovatelé studie:

Ing. Irena Bártová – odborný garant
Ing. Petr Vrána – měření vibrací, výpočtová část
Aqua Enviro s.r.o., - výpočtová část Ivanovice na Hané

Obsah:

1. Úvod	3
2. Přehledná situace	4
3. Geologie a popis území	5
4. Vstupní údaje	7
5. Hygienické limity	8
6. Výpis z protokolu o měření	8
7. Stanovení kritické vzdálenosti	9
8. Vyhodnocení a návrh opatření	10
9. Obecné a technické požadavky na AVR	12
10. Vliv procesu výstavby	14
11. Shrnutí a závěr	15

Samostané přílohy:

Protokol o měření vibrací
Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu - Ivanovice na Hané

1. Úvod

Předkládaná studie **Vibrace** je zpracována jako součást přípravné dokumentace akce **Modernizace trati Brno - Přerov, I. etapa Blažovice - Nezamyslice**

Předmětem řešení je úsek trati č. 300 Brno-Přerov, č. 300 a 340 v úsecích **nžkm 23,795 – 61,100**. Celková délka pojednávaného úseku je cca 37 km. Kabelové výběhy bez vibračních účinků zasahují za uvedené hranice stavby: směrem z Nezamyslic do Pivína a Němčic a směrem z Holubic do Křenovic horního nádraží a do Slavkova.

Účelem studie je návrh omezení vlivu vibrací z provozu železnice na přilehlou obytnou zástavbu.

Sílící tlaky veřejnosti na ochranu životního prostředí způsobují, že se do popředí pozornosti dostávají všechny dopady, které životní prostředí ovlivňují. Součástí těchto celkových dopadů jsou i vibrace šířící se zemí jako součást znečištění životního prostředí. Šíření vibrací je výslednicí působení jednak zdroje, jednak skladby prostředí ve kterém se vibrace šíří, a vibrace šířící se zemí ze železničního provozu nejsou mnohdy zanedbatelné, i když tento druh dopravy je všeobecně považován za šetrný k životnímu prostředí.

Vibrace vznikají jako mechanické chvění způsobené průjezdem vlaku po koleji a přenášejí se podložím do obytné zástavby. Na průběh šíření vibrací má zásadní vliv geotechnická charakteristika podloží, parametry zdroje (typ, hmotnost, rychlost vlakové soupravy), technický stav železniční trati, stav obytného objektu (typ konstrukce, stáří).

Zejména vliv na obyvatele žijící v těsné blízkosti trati je klíčový a je nezbytné normalizovat efektivní postupy pro aplikaci příslušných antivibračních opatření. Spolu se změnou skladby v navrhovaném provozu je možno uvažovat i s postupnou modernizací vozového parku, zvláště u dopravy nákladní. Zde je předpoklad nejen nasazení podvozků s lepším odpružením, ale i s lepším technickým stavem vozového parku.

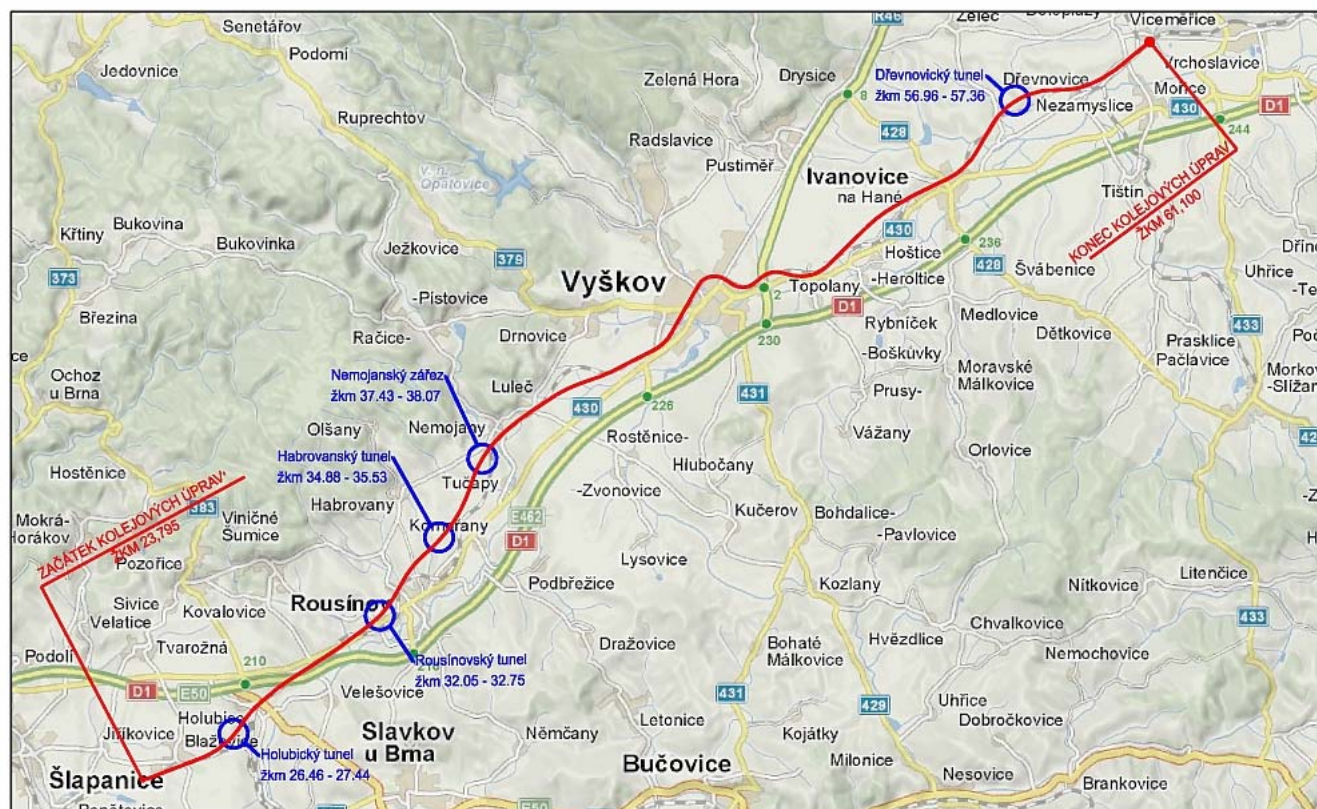
Pro ověření stávajícího stavu vibračních účinků provozu po železniční trati byla provedena ověřovací měření vibrací v Holubicích, Rousínově, Vyškově a Nezamyslicích, která prokázala překročení limitních hodnot na většině měřených objektů. Protokoly o měření jsou doloženy separátní přílohou.

Samostatnou kapitolu předkládané práce tvoří problematika nadlimitní expozice vibracemi obytné zástavby v Ivanovicích na Hané. Na základě stížností obyvatel byla opakovaným měřením potvrzena nadlimitní expozice vibracemi na nejbližší skupině rod. domů při trati a následně byly v příslušném úseku trati provedeny stavební úpravy. I přes částečné snížení vibrační zátěže se nepodařilo dosáhnout splnění limitních hodnot, a je předmětem řešení předkládané práce navrhnout potřebná opatření k dosažení normového stavu.

Opatření jsou navrhována a dimenzována na příspěvek, který souvisí s provozem po železniční trati.

2. Přehledná situace

M 1:150 000



3.Geologie a popis území

Geomorfologie

Podle orografického členění (internetový portál gov.cz) náleží zájmové území k celkům Dyjsko-svrateckého úvalu, Vyškovské brány a Litenčické pahorkatiny, konkrétně k podcelkům Bučovické pahorkatiny, Ivanovické pahorkatiny Pracké pahorkatiny a Rousínovské brány. Trasa probíhá v nadmořské výšce 450 – 305 m.n.m.

Geologické poměry

Geologické poměry se v předmětném území navzájem příliš neliší: předkvartérní půdní podklad tvoří neogenní, mořské sedimentární horniny. Novými vrtnými pracemi i archivními sondami byly zastíženy pouze jílovité sedimenty – pevné jíly, místy prachovité, ojediněle slabě jemně písčité. Z hlediska regionální geologie jsou výše uvedené horniny součástí terciéru karparské předhlubně – konkrétně se jedná o vápnité jíly spodnobádenského stáří šedé až šedohnědé barvy, svrchu místy tuhé až pevné konzistence, které směrem do hloubky nabývají konzistence pevné až tvrdé. Při vyšším obsahu vápnité složky v nich bývají vápnité konkrece a povlaky, svrchní polohy místy obsahují drobné černé manganové konkrece milimetrových rozměrů. Ojediněle pak mohou být v souvrství zastíženy i jemnozrné až středně zrnité písky s hojnou prachovitou, jemně vápnitou příměsí. Písky v souvrství jílu vytváří nepravidelná, plošně nevýznamná tělesa malých rozměrů a mocností.

Kvartérní pokryv je tvořen převážně eolickodeluviálními, eolickými a fluviálními sedimenty, v menší míře jsou zastoupeny i antropogenní sedimenty – navážky. Celková mocnost kvartérního pokryvu se pohybuje v trase navrhované přeložky v rozmezí od cca 2,9 až více než 10 m.

Fluviální sedimenty vyplňují erozní rýhy místních vodotečí a pramenné mísy. Jsou zastoupeny převážně jíly, jílovitými hlínami, písčitými hlínami a písčitými jíly, často s příměsí organických látek.

Eolické sedimenty jsou zastoupeny převážně jílovitoprachovými (F6/CL, CI, F5/MI až F4/CS), vápnitými zeminami tuhé až pevné konzistence. Jedná se o zeminový materiál transportovaný a na příhodných místech ukládaný větrem.

Eolickodeluviální sedimenty jsou reprezentovány převážně jílovitoprachovitými zeminami (F6/CL, CI, F7/MH, MV) až jíly (F8/CH, CV, ojediněle i CE). Původně se jedná o spraše které byly částečně redeponovány vodním ronem, pomalými svahovými pohyby a případně pohyby i rychlejšími. Při bázi mohou tyto sedimenty obsahovat i hojnou drobnou příměs úlomků okolních podložních hornin, případně příměs písčitou. Jedním z vrtů byla zastížena ulehlejší až pevnější jílovitý písek mocný cca 0,6m.

Fluviální sedimenty holocénního stáří se v zájmovém území vyskytují v nejbližším okolí stávajících vodních toků i toků občasných. Zpravidla se jedná o jemnozrné hlinitopísčité, jílovitopísčité a hlinitojílovité sedimenty, lokálně s občasou štěrkovitou příměsí, místy s příměsí organických zbytků. Zeminy jsou převážně tuhé, v blízkosti toků až měkké konzistence. Podle ČSN 73 1001 je lze zařadit do tříd F3/MS – hlína písčitá, F4/CS – jíl písčitý, F5/ML,MI až F6/CL,CI - hlína s nízkou/ střední plasticitou až jíl s nízkou/ střední plasticitou. Ojediněle mohou být tyto zeminy (při vyšším podílu štěrkovité frakce) klasifikovány jako hlinité G4/GM až jílovité G5/GC štěrky.

Navážky o různém složení a mocnosti se vyskytují v tělesech místních komunikací, zejména v železničním tělese a v zásypech stáv. inženýrských sítí. Jedná se převážně o písčité a štěrkovité materiály, překopané místní zeminy, stavební odpad a živici.

Ivanovice na Hané

Předkvartérní podloží v zájmovém úseku v km 54.125 – 54.478 nového staničení (km 55.800-56.200 ev.km) je tvořeno neogenními vápnitými jíly s občasnými vložkami písků spodního tortonu.

Vrtem M54.125 (realizovaným u mostu v km 54.125 nového staničení) byly od úrovně 3.6 m p.t. (224.8 m n.m.) ověřeny neogenní vápnité jíly s vysokou plasticitou, od hloubky 10.0 m p.t. (218.4 m n.m.) pak jíly s velmi vysokou plasticitou pevné konzistence. Vrtem P54.478 (realizovaným u propustku v km 54.478 nového staničení) byly od úrovně 7.6 m p.t. (224.8 m n.m.) ověřeny rovněž neogenní vápnité jíly s vysokou plasticitou pevné konzistence.

Kvartérní sedimenty tvoří (odshora):

- jíly s nízkou plasticitou (sprášení), (F6 CL), tmavě žluté, tuhé konzistence, ověřené vrtem P54.478 do úrovně 4.2 m p.t. (228.2 m n.m.)
- jíly se střední plasticitou, (sprášení až sprašovými hlínami) (F6 CI), tmavě žluté, tuhé konzistence, ověřené vrtem M54.125 v úrovni 226.6 – 224.8 m n.m. a vrtem P54.478 v úrovni 228.2 – 224.8 m n.m.

Hladina podzemní vody byla naražena vrtem M54.125 v hloubce 9.0 m. p.t., tj. na úrovni 219.4 m n.m. Hladina podzemní vody je zde vázána na ojedinělé polohy písků v neogenních jílech. Vrtem P54.478 nebyla hladina podzemní vody ověřena.

Fyzikálně-mechanické vlastnosti základových půd (jednotlivých geotechnických typů) jsou uvedeny níže v tabulce č. 1.

Tabulka 1 Fyzikálně-mechanické vlastnosti zemín

Zemina (GT – typ)	Typ I jíly s nízkou plasticitou, tuhé	Typ II jíly se střední plasticitou, tuhé	Typ III jíly s vysokou plasticitou, pevné	Typ IV jíly s velmi vysokou plasticitou, pevné
ČSN 731001	F6CL	F6 CI	F8 CH	F8 CV
Index plasticity I_p (%)	12.0	11.0 - 15.0	41.8	45.9
Stupeň konzistence I_c	0.90	0.77 – 0.95	1.10	1.10
Relativní hutnost I_d ()	-	-	-	-
Objemová tíha γ (kN.m ⁻³)	21.0	21.0	20.5	20.5
Efekt.úhel vnitřního tření ϕ_{ef} (°)	19	19	15	15
Efekt. soudržnost c_{ef} (kPa)	12	12	10	10
Totální úhel vnitřního tření ϕ_u (°)	0	0	0	0
Totální soudržnost c_u (kPa)	50	50	80	80
Modul přetvárnosti E_{def} (MPa)	5	5	5	5
Poissonovo číslo ν ()	0.40	0.40	0.42	0.42
R_{dt} (kPa)	100	100	160	160

Pozn.: V tabulce jsou uvedeny směrné charakteristiky dle ČSN 73 1001, s ohledem na výsledky rozborů zemín. Zvýrazněny jsou průkazné hodnoty laboratorních zkoušek

provedených na tomto objektu. Hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti R_{dt} platí pro soudržné zeminy (jíly) pro hloubku založení 0.8 -1.5 m a pro šířku základu ≤ 3.0 m.

V zájmovém úseku bylo realizováno šest penetračních sond, a to jak v tělese násypu cca 3 až 4 m od osy, tak i u jeho paty. Výsledky odpovídají dokumentaci inženýrsko-geologických vrtů M54.125 a P54.478. Lze konstatovat že těleso násypu a jeho podloží je zde tvořeno sprášenými sprašovými hlínami, které dle ČSN 73 1001 spadají do třídy F6 Cl, popřípadě F6 CL, jíly se střední (nízkou) plasticitou tuhé konzistence. Jedna ze sond vykazuje pravděpodobný přechod k miocénním jílům, které mají pevnou konzistenci.

Hodnoty počtu úderů a měrného dynamického odporu jsou obsaženy v protokolech doložených v části projektu J – průzkumy, pod kap. J.1 – Geotechnický a stavebně-technický průzkum

4. Vstupní údaje

Výhledová doprava je převzata z části příslušného projektu Dopravní technologie v následující skladbě:

Výhledová doprava - počet vlaků za 24 hodin (pracovní den)

Traťové úseky	Směr	HST	R	S p	Os	Rn Vn Pn	Mn	Celkem	
Prostějov – Nezamyslice	Z-K		17		20		2	39	78
	K-Z		17		20		2	39	
Kojetín – Nezamyslice	Z-K	17	29		20	16		82	164
	K-Z	17	29		20	16		82	
Nezamyslice – Vyškov n.M.	Z-K	17	46		15	16	2	96	192
	K-Z	17	46		15	16	2	96	
Vyškov n.M. – Blažovice	Z-K	17	46		27	16	1	107	214
	K-Z	17	46		27	16	1	107	
Slavkov u Brna - Blažovice	Z-K			15	24	1	1	41	82
	K-Z			15	24	1	1	41	
Blažovice – Odb.B.Černovice	Z-K	17	46	15	51	19	4	152	304
	K-Z	17	46	15	51	19	4	152	
Odb.B.-Černovice - Brno hl.n.	Z-K	17	46	15	51			129	258
	K-Z	17	46	15	51			129	

Z-K směr od začátku trati ke konci, K-Z směr od konce trati k začátku. Začátek trati je v Přerově, konec trati je v Nezamyslicích. Úsek Holubice - Křenovice h.n. je bez pravidelné drážní dopravy.
HST - vysokorychlostní vlak

Veškeré spoje jsou vedeny pod trakcí elektrickou s výjimkou tů Blažovice, kde dochází k souběhu předmětné trati s tratí Brno-Veselí n.Mor., kde jsou vedeny nákladní vlaky pod trakcí nezávislou.

Spolu se změnou skladby v navrhovaném provozu je možno uvažovat i s postupnou modernizací vozového parku, zvláště u dopravy nákladní. Zde je předpoklad nejen nasazení podvozků s lepším odpružením, ale i s lepším technickým stavem vozového parku.

5. Hygienické limity

Ochranu obyvatelstva před účinky vibrací upravuje zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., které stanoví hygienické limity vibrací.

Podle tohoto Nařízení vlády je základní hygienický limit vibrací za dobu jejich působení T pro chráněné vnitřní prostory vyjádřený průměrnou váženou hladinou zrychlení vibrací $L_{aw,T} = 71 \text{ dB}$. Tento limit se vztahuje na horizontální a vertikální vibrace v místě pobytu osob a na dobu působení zdroje. V závislosti na denní době a typu chráněného prostoru se přičítají korekce:

obytná místnost, den: + 6 dB

obytná místnost, noc: + 3 dB

Pak platí následující hygienický limit:

den: $L_{aw,T} = 77 \text{ dB}$

noc: $L_{aw,T} = 74 \text{ dB}$

6. Výpis z protokolů o měření vibrací

Měření byla provedena na obytné zástavbě situované v OPD v obcích Holubice, Rousínov, Vyškov a Nezamyslice, a prokázalo překročení limitních hodnot na všech měřicích místech. V Holubicích byly obytné objekty čp. 129, čp. 224, č.p.151, č.p. 153 voleny tak, aby bylo možno sledovat pokles hladiny zrychlení vibrací v závislosti na vzdálenosti od trati.

Měřeno zde bylo vždy 20 průjezdů, z toho překročení limitu bylo zjištěno

Bod měř	Lokalizace zástavby	Vzdál koleje	Počet překročení
1	Holubice 129	15m	1 R, 1 N, 1 Lv
2	Holubice 224	39m	1 R
3	Holubice 151	56m	5 R, 1 Lv
4	Holubice 153	82m	1 R

zdrojem nadlimitních vibrací byly jednoznačně rychlíky, výjimečně nákladní vlak.

Přehled maximálních naměřených hodnot L_{ef} /dB/

Bod měř	Lokalizace zástavby	Vzdál koleje	X	Y	Z	Vysvětlivky
1	Holubice 129	15m	84,6	78,7	87,4	Nejistota měření $\pm 2 \text{ dB}$
2	Holubice 224	39m	76,6	78,2	79	XX,X – hodnota > noční limit, nebo je v pásmu nejistoty měření
3	Holubice 151	56m	72,6	75	76,4	
4	Holubice 153	82m	71,3	71	73,1	
5	Rousínov ČSL. Armády 56	35m	70,8	73,3	73,3	
6	Vyškov, Hrnčířská 33/197	37m	73,2	72,8	74,8	
7	Nezamyslice, Nádražní 117	17m	78,6	75,2	82,2	

7. Stanovení kritické vzdálenosti

Následující stanovení kritické vzdálenosti vychází z předpokladu zachování spodní stavby v úsecích průchodu obcemi, tzn. tam kde nová trať sleduje stávající stopu. Předpokládá se zde položení nového kolejového svršku s pružným upevněním na obvyklém kolejovém loži z hutněného štěrku na hutněné minerální směsi. V širé trati v nové stopě bude třeba vybudovat spodek nový s rozdílnými geomechanickými vlastnostmi a jinými zákonitostmi šíření vibrací, zde však obytná zástavba nemá být situována.

Prověření stávajícího stavu vibrací šířených z dopravy bylo provedeno měřením v lokalitě Holubice. Měření byla provedena na chráněných objektech za účelem určení závislosti poklesu hladin zrychlení na vzdálenosti od zdroje, měřicí body byly zvoleny v téže kilometrůžce ve vzdálenostech 15m, 39m, 56m a 82m od koleje.

Následně byla výpočtově stanovena zóna nadlimitních vibrací v měřeném profilu, vyhledána kritická vzdálenost z průběhu šíření vibrací a pak stanovena zóna nadlimitních vibrací. Nejvyšší hodnoty zrychlení vibrací byly zjištěny vertikální, tj. ve směru osy Z, proto do výpočtů byly zahrnuty výsledky měření pro tuto osu.

Pro kritickou vzdálenost byla limitní hladina $L_{aw,T} = 71 + 3 = 74$ dB pro noc korigována nejistotou měření ± 2 dB a o předpokládané zlepšení vlivem rekonstrukce + 5 dB

Graf poklesu vážené hladiny zrychlení vibrací a poloha limitní hladiny vůči zdroje vymezuje kritickou vzdálenost 42 m od průjezdných kolejí 1a 2.

Nejvyšší hodnoty zrychlení vibrací byly zjištěny nejčastěji vertikální, tj. ve směru osy Z, proto byly promítnuty do výpočtů výsledky měření pro tuto osu.

Predikce polohy kritické vzdálenosti byla odvozena z původního vztahu dle Nakamichi 2003

$$L = L_0 - 20 \log (x/x_0)^A - 8,7 * B * (x - x_0)$$

tento vztah je upraven na základě zkušeností z předchozích železničních staveb:

$$L = A + B * \ln(X)$$

kde

L..... průměrná vážená hladina zrychlení vibrací v ose Z

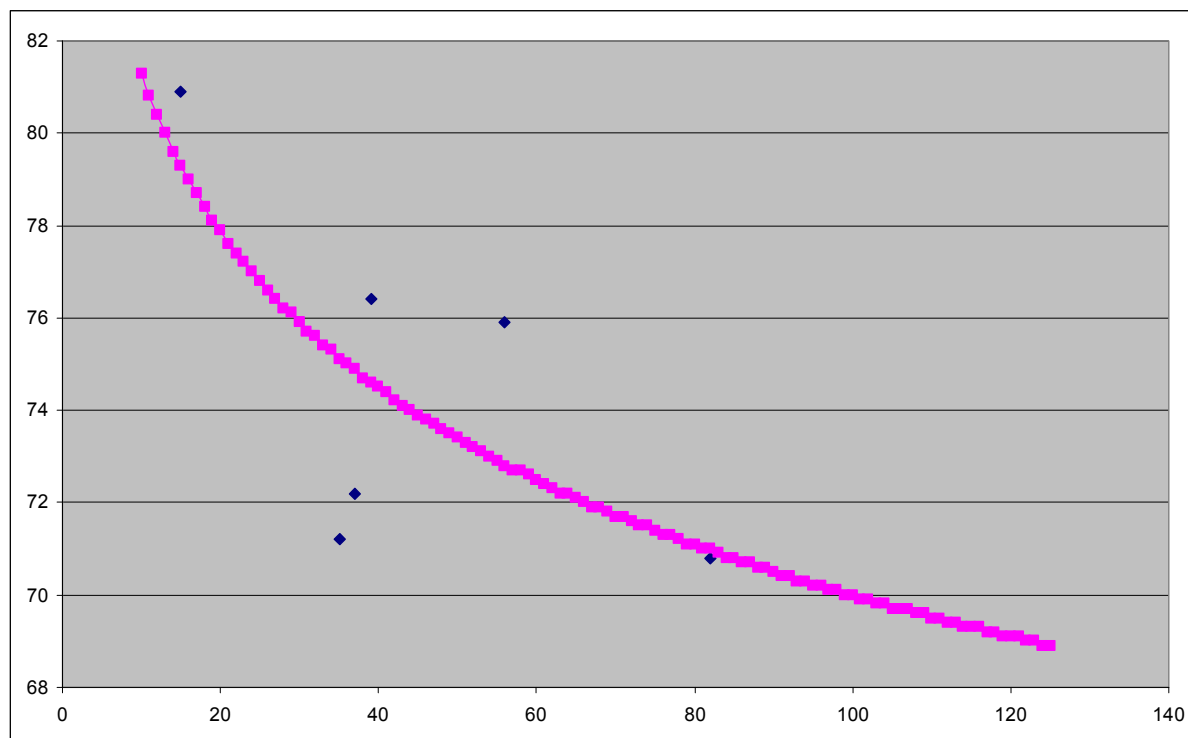
x.....vzdálenost bodu od osy krajní koleje

A.....konstanta vlivu zdroje vibrací odvozená $A = 92,58$

B.....konstanta útlumu vlivem podloží pro daný profil $B = 4,96$

K určení kritické vzdálenosti je limitní hladina $L_{aw,T} = 71 + 3 = 74$ dB noc korigována nejistotou měření ± 2 dB a o předpokládané zlepšení vlivem rekonstrukce + 5 dB

Pokles vážené hladiny zrychlení vibrací a vzdálenost limitní hladiny od zdroje



pokles vážené hladiny zrychlení vibrací a vzdálenost limitní hladiny od zdroje

8. Vyhodnocení a návrh opatření

V oblasti vymezené kritickou vzdáleností 42m od kolejiště nestačí nové kolejové lože a svršek utlumit šíření vibrací, bez dalších úprav by na objektech v těsné blízkosti kolejiště byly limitní hodnoty vážené hladiny zrychlení vibrací překročeny. Zde je na místě zvážit vliv úprav spodní stavby, které jsou nutné z hlediska zlepšení únosnosti málo stabilního podloží, tvořeného většinou sprašemi a jílovitými zeminami.

Z dostupného stupně rozpracovanosti návrhu sanace spodní stavby je dále doloženo srovnání zastavěných ploch + ploch k zástavbě určených a navrhovaných úprav, které mohou ovlivnit šíření vibrací podložím. Závěry geotechnických průzkumů prováděných pro účely tvorby spodní stavby potvrzují v celém průběhu trati shodné podloží. Závěry práce posuzující lokalitu blízko trati v Ivanovicích na Hané *Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu, Aquaenviro 2/2009*, lze tedy aplikovat k predikci průběhu šíření vibrací i v dalších traťových úsecích, kde s ohledem na časové vazby podání Dokumentace EIA a rozpracování přípravné dokumentace bylo nutno pracovat s předpoklady a pravděpodobností.

Pro *Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu* byly přednostně k dispozici údaje o skladbě pražcového podloží včetně všech potřebných geotechnických charakteristik. Tento postup projektové přípravy je dán místní situací v Ivanovicích, kde na základě stížností obyvatel byla opakovaným měřením potvrzena nadlimitní expozice vibracemi na nejbližší skupině rod. domů při trati a následně byly v příslušném úseku trati provedeny stavební úpravy. I přes částečné snížení vibrační zátěže se nepodařilo dosáhnout splnění limitních hodnot a SŽDC požádala o časově omezené povolení k provozování zdroje hluku a vibrací.

Výpis lokalit situovaných v rizikové zóně a návrh úprav pražcového podloží

Obec	Stáv.zást./km	Úz.rezerva/km	Návrh úpravy pražcového podloží v km	
Blažovice	25,6 – 26,2	25,7 – 26,0	0.35šl+0.50ms+0.50dk+g40	25,6 -26,4
Holubice	28,35 – 28,7		0.35 šl+0.30 ms+0.40 dk+g40	28,3
Rousínov	33,25 + 33,7		0.35 šl+0.30 ms + 0.50 zzvcc	32,9
Nemojany	39,3 VB		0.35 šl+0.30 ms + 0.50 zzvcc	39,4
Luleč	39,8 – 39,9		0.35 šl+0.50 ms+0.50 dk+g40	39,8
	42,25 dr.domek			
Vyškov	43,75 – 44,3	43,7 – 44,5	0.35 šl+0.20 ms+0.20 dk+g40	43,6
	45,1 – 45,9		0.35 šl+0.30 ms+0.30 dk+g40	45,2
	46,3 – 46,9	47,0 – 47,4	0.35 šl+0.30 ms+0.40 dk+ g40	46,3-47,0
Ivanovice	53,8 – 53,95		0.35 šl+0.50 ms+0.50 zzvcc,	
	54,05 – 54,4		0.35 šl+0.50 ms+0.50 zzvcc – viz samost.příloha	
Chvalkovice	55,6 – 56,0		0.35 šl + 0.50 ms + 0.50 dk + g40	55,6
			0.35 šl + 0.30 ms + 0.50 zzvcc	56
	56,2		0.35 šl + 0.50 ms + 0.50 dk + g40	56,2
Dřevnovice	58,5 – 58,6		0.35 šl+0.30 ms+0.40 dk+ g40	58,63-88
Nezamyslice	59,69 – 59,75		0.35 šl+0.30 ms+0.40 dk+ g40	
	60,35 – 60,45		0.35 šl+0.30 ms+0.40 dk+ g40	60,4

Vysvětlivky: šl - šterkové lože, ms - minerální směs, dk – drcené kamenivo, g - geomříž
zzvcc - zemina zpevněná vápnem a cementem z centra

Ze závěrů uvedených modelových výpočtů a srovnáním s návrhy úprav spodní stavby lze pak odvodit, že pro dodržení normového stavu zátěže vibracemi na přilehlé stávající obytné zástavbě je třeba doplnit pražcové podloží o antivibrační rohože (např. typu Belar) s atestem pro použití na stavbách železnice. K ochraně obyvatelstva před vibracemi je navrženo jejich položení pod kolejové lože průjezdných kolejí č. 1, 2, v dále uvedených úsecích trati.

Instalace antivibračních rohoží pod koleje č.1 2 se navrhuje

Obec	Žkm
Blažovice	25,6 – 26,2
Holubice	28,35 – 28,7
Rousínov	33,30 – 33,40 + 33,63 – 33,72
Nemojany	39,25 – 39,35 výpravní budova žst. Luleč
Vyškov	43,75 – 44,3 45,1 – 45,9 46,3 – 46,9
Ivanovice	54,05 – 54,20 54,25 – 54,50
Chvalkovice	56,20 – 56,50
Dřevnovice	58,65 – 58,75
Nezamyslice	59,80 – 60,10 60,65 – 60,75

Zde je na místě upozornit že na objektech situovaných v bezprostřední blízkosti kolejiště (staré drážní domky) je dosažení normového stavu velmi obtížné a nákladově neúměrné výsledku.

Lokality zakotvené v územních plánech jako rezervy pro bydlení je nutno přehodnotit a odsunout mimo ochranné pásmo dráhy. Objekty býv. drážních domků se doporučuje posoudit z hlediska nutnosti jejich užívání jako obytné budovy vzhledem k možnosti dosažení normového stavu vibrační (i hlukové) zátěže a případně je vyjmout z bytového fondu nebo nechat na dožití bez opatření.

9. Obecné a technické požadavky na AVR

Antivibrační rohože patří do skupiny výrobků, u kterých SŽDC požaduje - z důvodů zajištění provozuschopnosti železniční dopravní cesty - ověřování jakosti uživatelem pověřeným orgánem. Zahájení dodávek výrobku předchází vstupní audit, při kterém se ověřuje a posuzuje splnění dohodnutých podmínek, postupů, měření a výsledků, dokumentace, způsobilosti a stability procesů, jakosti výstupů, skladování a expedice.

Uživatelem pověřený orgán ověřuje vlastnosti a jakost výrobku v rozsahu OTP SŽDC čj. 1168/2009. Nesplňují-li antivibrační rohože požadavky předepsané v příslušných TPD, nesmí být výrobky vloženy do železničních drah ČR.

Při všech dodávkách AVR pro železničních dráhy ČR je třeba dodržet ustanovení OTP SŽDC čj. 1168/2009 bez ohledu na to, je-li přímým odběratelem SŽDC, provozovatel dráhy, zhotovitelé staveb nebo jiné organizace spravující, zhotovující nebo udržující železniční dráhy ČR.

Ověření jakosti uživatelem pověřeným kontrolorem jakosti nezbavuje dodavatele odpovědnosti za kvalitní plnění dodávek a poskytnuté záruky. Toto ověření rovněž nenahrazuje přejímku odběratelem.

Podle umístění mohou být AVR použity ve třech variantách:

- AVR podšťerkové – pokládají se na zemní pláň, případně na konstrukční vrstvu nebo na stavbu spodku, a jejich horní povrch je v přímém kontaktu s kamenivem kolej. lože
- AVR do konstrukčních vrstev – leží na zemní pláni a jejich horní povrch je v přímém kontaktu s kamenivem kolej. lože
- AVR pro systém odpružené hmoty – vkládají se mezi dva tuhé betonové prvky

Materiál AVR musí být nezávadný pro životní prostředí a odolný vůči vlivům:

- mechanickým (doprava, působení zatížení, manipulace, ukládání)
- klimatickým (teplota, vlhkost, sluneční záření, ozón ap.)
- biologickým (plísň, bakterie, hlodavci, hniloba)

Požárně-technické vlastnosti materiálů AVR musí charakterizovány třídou reakce na oheň podle ČSN EN 13501-1.

Životnost a funkčnost AVR musí být zaručena po dobu 25 let a rozmezí teplot kterým budou vystaveny, po tuto dobu budou jejich vlastnosti konstantní.

Pro spolehlivou funkci zabezpečovacího zařízení musí být zajištěny elektroizolační vlastnosti

Konstrukce AVR vytváří pružnou vrstvu, která má zajistit:

- požadovaný tlumicí účinek vibrací
- dlouhodobé zabezpečení předepsaných geometrických parametrů koleje

- řádný odtok srážkové vody

AVR komůrkové musí být zajištěny proti vniknutí zeminy, vody nebo nečistot do dutin.

Systém spojování desek musí vyloučit vzájemný posun desek, v případě lepení desek musí být určen typ lepidla a technologie lepení.

Tloušťka desek se doporučuje 10-50mm a její minimální rozměr musí zaručit že nedojde k protlačení zrn kameniva a současně bude zajištěn požadovaný tlumicí účinek. Případné speciální profily musí být součástí dodávky AVR, jejich výběr řeší realizační dokumentace *zhotovitele stavby* a podléhá odsouhlasení stavebního dozoru.

Konstrukce AVR musí zajistit homogenní požadované vlastnosti v celé jejich ploše, povrch rohoží musí být bez viditelných vad jako jsou např. bubliny, trhliny, prohloubeniny a jiné nerovnosti.

Požadavky na materiálové vlastnosti AVR:

Materiálově mohou být rohože na bazi kaučuků (kaučuk chloroprenový, styrenbutadienový, nitrilový, butadienový), případně z jiných elastomerů (polyuretan) Při použití jiných elastomerů (korek, minerální vlna) musí být jejich technické vlastnosti předem odsouhlaseny Ředitelstvím SŽDC Odborem traťového hospodářství.

objemová hmotnost $\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ max}$

pevnost v tahu TS = 0,50Mpa min

Tažnost $E_b = 50\% \text{ min}$

Tvrdost 15 – 70 Shore

Odolost proti oleji – změna pevnost v tahu $\pm 30\%$

změna tažnosti $\pm 50\%$

změna tvrdosti $\pm 15\%$

Odolnost proti nízkým teplotám – teplota zkřehnutí materiálu $< 25^\circ \text{C}$

Odolnost proti pronikání vody – bez míst proniknutí při tlaku 5 kPa po dobu 48 hod

Nasákavout vodou $n = 20\% \text{ max.}$

Požárně-technické vlastnosti deklaruje výrobce.

Požadavky na pružnostní charakteristiky AVR

AVR pro použití do spodku se volí podle statické plošné tuhosti a navržené traťové rychlosti

Statická plošná tuhost $C_{(A)stat} / \text{N.mm}^{-2}$ / se stanoví zkouškou na suchých vzorcích

Projektovaná trať.rychlost / km.h^{-1} /	Statická plošná tuhost $C_{(A)stat} / \text{N.mm}^{-3}$ /
$V \leq 120$	$0,03 \leq C_{(A)stat} \leq 0,05$
$120 < V \leq 220$	$0,05 < C_{(A)stat} \leq 0,10$
$0,10V > 220$	$0,10 < C_{(A)stat} \leq 0,15$

Statický modul přetvárnosti $E_{stat} = 20 \text{ Mpa}$ pro uložení pod kolejovým ložem

$E_{stat} = 10 \text{ Mpa}$ pro uložení pod podkladní vrstvou.

Provádí se min.na třech vzorcích, vzájemný rozdíl měření musí být $< \pm 10\%$

Dynamická plošná tuhost $C_{(A)iHz}$ se ověřuje zkouškou a stanovuje se jako sečný modul v rozsahu napětí $0,02 \text{ N.mm}^{-2}$ až $0,10 \text{ N.mm}^{-2}$ pro frekvence 1 – 30 Hz. Výsledky měření se dokládají protokolárně jako průměrná hodnota z měření na 1, 5, 10, 20 a 30 Hz.

Dynamický přírůstek tuhosti f_{iHz} stanoví realizační dokumentace stavby jako poměr $C_{(A)stat}$ ku $C_{(A)iHz}$

Odolnost proti cyklickému zatěžování $\Delta C_{(A)stat} = \pm 20\%$ po 1 mil cyklů

Odolnost proti cyklickému zmrazování a rozmrazování $\Delta C = 0,80 - 1,10$ jako poměr $C_{(A)stat}$ před a po 20 zmrazovacích cyklech

Rázový modul deformace MV_d / $N \cdot mm^{-3}$ / deklaruje výrobce

Statická plošná tuhost $C_{(A)stat}$ $N \cdot mm^{-3}$ viz výše

10. Vliv procesu výstavby

Vliv provádění stavby je záležitostí časově limitovanou, jak dokládá dále uvedený výpis harmonogramu výstavby - části projektu POV:

časový harmonogram		
traťový úsek	etapa	trvání
0. etapa - příprava staveniště, vytyčovací práce, plochy ZS, kácení zeleně – celá stavba		
1. etapa - realizace v nové stopě, tj. mimo stávající osu trati	1	21 měsíců
2. etapa - zprovoznění úseku mezi žst. Luleč a žst. Vyškov	2	12 hodin
3. etapa - úprava žst. Nezamyslice na koncovou stanici	3	1 měsíc
4. etapa - první polovina výluky Vyškov – Nezamyslice	4	4 měsíce
5. etapa - druhá polovina výluky Vyškov – Nezamyslice	5	4 měsíce
6. etapa - zprovoznění nástupiště u kol. 1 a 3 v žst Nezamyslice	6	3 týdny
7. etapa - zprovoznění nástupiště u kol. 2 a 4 v žst Nezamyslice	7	3 týdny
8. etapa - dokončení prací v žst Nezamyslice	8	1 týden
9. etapa - Výluka Blažovice – Vyškov	9	8 měsíců
10. etapa - žst. Blažovice	10	1 měsíc
11. etapa - žst. Blažovice	11	1 měsíc

Výstavba trati v nové stopě je situována vesměs mimo sídla, rekonstrukce úseků trati ve stávající stopě vedená obcemi podléhá řadě organizačních opatření včetně omezení činnosti těžkých mechanismů během dne.

Potenciálním zdrojem vibrací může být beranění larsenových pažicích stěn pro výkopy podchodů nebo spodních staveb mostních konstrukcí, rozpojovací práce při výstavbě tunelů, případně i staveništní doprava. Přesné údaje o nasazených mechanismech nemohou být v tomto stupni projektové přípravy známy (technologie výstavby je dána vybavením dodavatelských firem a výběrové řízení probíhá až po vydání stavebního povolení), je proto možno vycházet pouze z předpokladů. Vzhledem k rozdílnosti podloží i způsobů provádění předcházejících železničních staveb nemohou být k dispozici věrohodná měření jejich vibračních účinků, je však možno zajistit rozdělení jejich působení do kratších úseků. Výše uvedené činnosti jsou vesměs události hlukové s nadlimitní akustickou emisí, a z toho titulu podléhají dle vyhl. 148/2006 Sb časovému omezení v jednom pracovním dni, které určí hluková studie.

Jedním z nejdelších časových úseků výstavby v blízkosti obce je zřízení rousínovského tunelu, jehož lhůta výstavby má být cca 1 rok. Ostatní tunely této stavby jsou situovány s velkým odstupem mimo zástavbu.

Technické řešení podzemních staveb je obecně charakterizováno dvoukolejnými tunely, jejichž hloubené úseky zajišťují svislé podzemní stěny se železobetonovými rozpěrami v klenbě stěny i pod šterkovým ložem železniční tratě, a raženými dvoukolejnými tunely. Ražba tunelů bude probíhat vesměs v soudržných zeminách při použití běžných prostředků, bez nutnosti rozpojovat masiv pomocí trhavin. Pro výstavbu se navrhuje tzv. Nová rakouská tunelovací metoda s nedestruktivním rozpojováním zeminového masivu, kdy nadloží hloubených tunelů je zasypáno a povrch terénu navrácen předešlému účelu.

Výstavba tunelů, tzv. na "zelené louce", bude zahájena vytvořením přístupových komunikací k portálům a hloubeným úsekům, umožňující nasazení mechanizace, schopné vytvořit masivní podzemní žebet. stěny i konstrukce ražených tunelů. Tyto musí také umožnit vyvážení zeminy z rýh stěn i čeleb tunelů.

Prvním postupem bude odtěžení dočasných zářezů hloubených úseků. Na vytvořené pracovní, dočasné ploše se provedou vodící zídky, do kterých se instalují monolitické podzemní stěny. Rýha pro podzemní stěny hloubených tunelů je realizována drapáky pod ochranou jílové pažicí suspenze po jedno- či více-záběrových úsecích (záběr hranatého drapáku je 2,5 m). Betonová směs je ukládána do rýhy litím kolonou betonářských rour.

Překrytí stěn monolitickým stropem v koruně umožní rychlé navrácení prostoru nad hloubeným tunelem předchozímu účelu, nepředpokládá se že tyto úseky se budou realizovat déle jak 1 rok. Už při zasypávání zářezu je možné odtěžovat prostor mezi podzemními stěnami a postupně realizovat spodní rozpěrnou desku, která hloubený profil uzavře a stabilizuje. Již při odtěžování prostoru hloubeného tunelu bude ale nutné, vzhledem k délce úseku a limitům koncentrace nečistot v ovzduší, uzavřený prostor nuceně větrat.

Při ražení tunelů se při nakládání rubaniny a dočišťování profilu nejčastěji používají hydraulická rýpadla, tzv. tunelbagry, lopatové nakladače s čelním nebo bočním vyklápěním rubaniny na vozidla pro odvoz. Tunelbagr je vybaven bouracím kladivem a radlicí.

Lopatové nakladače o obsahu 1 až 4,5 m³ s pneumatikovými podvozky jsou nezastupitelné při rychlém přemisťování na krátké vzdálenosti. Do délky 800 m se dají využít i k odvozu na deponii. K tomuto účelu se však nejčastěji využívají hydraulicky výklopná nákladní auta a dumpy s korbou nosnosti až 35t.

Protože všechny práce mimo hloubení svislých podzemních stěn probíhají v uzavřeném podzemním prostoru, je oddělení techniky od vnějšího prostředí velice účinné. Vzhledem k zemině masivu, jílu, nebude vznikat skoro žádný prach, když tento se uvnitř tunelu vyvine pouze při stříkání betonu a bourání dočasných stěn. "Plastičnost" jílového a sprašového masivu pak způsobí zásadní utlumení všech dynamických vln, které při výstavbě vznikají. Po zvážení všech výše uváděných argumentů, projektant nenavrhuje žádné mimořádné sanační nebo technologická opatření pro ochranu ovzduší a prostředí v oblastech sousedících s výstavbou.

11. Shrnutí a závěr

Po provedení pojednávané stavby je předpoklad snížení hodnot vibrací z provozu železnice. Na objektech v blízkosti kolejíště však bez přídatných opatření budou limitní hodnoty vážené hladiny zrychlení vibrací překročeny. K ochraně obyvatelstva před vibracemi je navrženo položení antivibračních rohoží pod kolejové lože průjezdných kolejí č. 1, 2, v následujících úsecích trati:

Obec	Žkm
Blažovice	25,6 – 26,2
Holubice	28,35 – 28,7
Rousínov	33,30 – 33,40 + 33,63 – 33,72
Nemojany	39,25 – 39,35 výpravní budova žst Luleč
Vyškov	43,75 – 44,3 45,1 – 45,9 46,3 – 46,9
Ivanovice	54,05 – 54,20 54,25 – 54,50
Chvalkovice	56,20 – 56,50
Dřevnovice	58,65 – 58,75
Nezamyslice	59,80 – 60,10 60,65 – 60,75

Vypracovala ing. Bártová

Použitá literatura a podklady

- (1) Zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb.
- (2) Nařízení vlády č.148/2006 Sb.
- (3) Základní mapa ČR 1:5 000.
- (4) Jednotná železniční mapa 1:1 000.
- (5) Digitální mapy – ČÚZK.
- (6) Přípravná dokumentace stavby v rozpracovanosti Modernizace trati Brno-Přerov, I.stavba Blažovice-Nezamyslice, SUDOP Brno 9/2009.
- (7) Geotechnický průzkum stavby , MS Geotechnika.
- (8) Protokol o měření vibrací MPRO 0819
- (9) Enviromental technology information. Noise a.vibration, Nakamichi 2003
/www.menlh.go.id/apec_vc/osaka/eastjava/noise_en/index.html
- (11) Vliv vibrací Elektrizace trati Otrokovice-Vízovice RNDr Grůz, Ecological Consulting
- (12) Modelový výpočet šíření vibrací z navrhovaného železničního provozu, Aquaenviro 2/2009
- (13) Žádost o vydání časově omezeného povolení k provozování zdroje hluku a vibrací v traťovém úseku Ivanovice –Nezamyslice, SŽDC Praha 2008

