

## Obsah

1. Úvod .....	3
2. Podklady .....	3
3. Charakteristika územia a električky .....	3
3.1 Popis zástavby .....	3
3.2 Hygienické zaradenie územia .....	4
3.3 Popis trasy .....	4
3.4 Popis vozidiel .....	5
4. Dopravné údaje .....	5
5. Teoretický výpočet hluku .....	8
5.1 Teoretický výpočet hluku od električkovej dopravy .....	9
5.2 Teoretický výpočet hluku od cestnej dopravy - komunikácia B: .....	10
5.3 Teoretický výpočet hluku - cestná a električková doprava .....	11
6. Realizácia výpočtu .....	11
6.1 Posudzované objekty .....	11
6.2 Hladiny hluku .....	12
6.2.1 Hlukové pomery v Petržalke .....	12
6.2.2 Šafárikovo námestie .....	17
7. Protihlukové opatrenia .....	18
7.1 Estakádny variant .....	18
7.2 Povrchový a polozapustený variant .....	19
7.3 Vplyv plánovanej zástavby .....	20
8. Záverečné zhodnotenie a odporúčania .....	20
9. Prílohová časť .....	22

## 1. Úvod

Príprava stavby nosného systému MHD v Bratislave bola definovaná objednávateľom - Magistrátom hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy v súťažných podkladoch, kde boli zadefinované okrajové podmienky. Trať bude prevádzkovaná ako „električka“. Výhľadovo sa uvažuje s dobudovaním segregovaného systému električky na výkonnejší dopravný systém MHD. Pre technickú dokumentáciu bola vypracovaná hluková štúdia pre úsek od depa Janíkov dvor po zaústenie do centrálnej časti mesta v priestore Šafárikovho námestia v dvoch úsekoch s odlišnými charakteristikami. V technickej správe je uvedený výpočet zaťaženia hlukom pre tri variantné riešenia v úseku (od km 0.000 do km 4.900). Je to úsek električkovej trate prevádzkovaný na estakáde, po povrchu, alebo vedenie v záreze. V úseku km 5.700 - 6.000 na Šafárikovom námestí je zhodnotený vplyv zaústenia električkovej trate do centrálnej mestskej oblasti, ktoré sa variantne nelíši.

## 2. Podklady

Posúdenie hlukových pomerov v okolí plánovanej električkovej trate je spracované v zmysle:

- Metodických pokynov pre výpočet hladín hluku z dopravy (VÚVA Praha, 1991),
- Novelu metodiky pre výpočet hluku ze silniční dopravy (Zpravodaj MŽP ČR, 1996),
- Nariadenia vlády SR č. 40/2002 Z.z.,
- Zákona NR č. 514/2001 a
- TP 09/2002 SSC: Návrh a posúdenie protihlukových opatrení pre cestné komunikácie (november 2002),
- Objednávateľ prostredníctvom Dopravného podniku Bratislava a.s. poskytol tieto podklady:

Ing. Buca S.: Porovnanie hluku pri prejazde električiek K2 a K2S rôznymi druhmi koľajového zvršku. Diplomová práca na ŽU v Žiline, 1999,

Záverečná správa z merania a hodnotenia hluku a vibrácií (Vajnorská ulica); NORSONIC Slovensko s r.o., Bratislava, október 2002,

- Objednávateľ priamo poskytol „Podklady pre zhotovenie dokumentácií:
- Nosný systém MHD – prevádzkový úsek Janíkov dvor – Šafárikovo nám. v Bratislave“; Magistrát hlavného mesta Bratislavy, október 2004,
- Urbanistická štúdia Chorvátske rameno - Zrkadlový háj: Mestská časť Bratislava - Petržalka (Ing. Arch. I. Marko, Ing. Arch. B. Paulík), máj 2004
- Urbanistická štúdia Jantárová cesta - Lúky: Mestská časť Bratislava - Petržalka (Ing. Arch. S. Talaš, Ing. Arch. V. Talaš), apríl 2004

Firma Siemens poskytla orientačné údaje o emisiách pre moderné nízkopodlažné vozidlá električky.

Wiener Lämbericht 1997; Magistratsabteilung 22 - Umweltschutz, 1082 Wien, Ebendorferstraße 4.

Ako vstupné údaje výpočtu boli použité nasledovné podklady:

- situácia okolia plánovanej električkovej trate v M 1:10 000,
- pozdĺžny profil plánovanej električkovej trate v M 1:2 000/200
- zameranie okolia plánovanej električkovej trate v M 1:1000,
- obhliadka terénu a
- dopravno-inžinierske údaje poskytnuté objednávateľom.

## 3. Charakteristika územia a električky

### 3.1 Popis zástavby

Plánovaná trasa električky bude prechádzať od depa Janíkov dvor pozdĺž Chorvátskeho ramena územím z obidvoch strán zastavaným zväčša výškovými panelovými budovami s funkciou bývania. Existujúcu zástavbu v okolí

plánovanej trasy električky tvoria prevažne bytové domy s výškou nad 30 m. Výnimku tvorí budova supermarketu LIDL, zdravotného centra, kostola a prevádzkových budov. Nezastavaná plocha v okolí plánovanej električkovej trate bude predmetom intenzívnej výstavby po realizácii stavby električky. Umiestnenie plánovanej zástavby je určené v územnom pláne mesta.

V roku uvedenia do prevádzky sa predpokladá, že okolitá zástavba električky bude zodpovedať súčasnému stavu. Hneď po spustení jej prevádzky dôjde k zrušeniu stavebnej uzávery a do roku 2018 by malo byť v úsekoch (kde budú umiestnené zástavky električky) okolie zastavané, tak ako je to uvedené v územnom pláne a napr. v urbanistickej štúdii mestskej časti Petržalka z apríla 2004. V okolí zastávok sa bude jednať prevažne o zástavbu občianskej vybavenosti tvorenú polyfunkčnými budovami, pričom bude mať táto zástavba tieniaci efekt vzhľadom na existujúcu obytnú zástavbu. Podľa urbanistického návrhu by to mali byť pomerne súvislo obstavané predovšetkým úseky v km 1.800 - 2.400, km 2.600 - 3.600 a 4.000 - 4.500.

### 3.2 Hygienické zaradenie územia

Limitujúce hodnoty hluku vo vonkajších priestoroch určuje nariadenie vlády č. 40/2002 Z.z. o ochrane zdravia pred hlukom a vibráciami ako ekvivalentnú hladinu hluku  $L_{Aeq}$ . Najvyššia prípustná hladina hluku  $L_{Aeq}$  pre hluk premenný sa určí súčtom základnej ekvivalentnej hladiny hluku  $L_{AZ}=50$  dB(A) a korekcií, ktoré zohľadňujú miestne podmienky ( $K_{\gamma}$ ) a denný čas ( $K_{\delta}$ ).

Keďže plánovaná trasa električky prechádza zastavaným územím, kde sa nachádzajú posudzované objekty určené na bývanie, je možné toto územie zaradiť do III. kategórie územia – vonkajší priestor v obytnom území v okolí diaľnic, ciest I. a II. triedy a hlavných železničných ťahov s prípustnou hladinou hluku:

**$L_{Aeq}$ , prípustná – deň: 60 dB**

**Pre nočnú dobu nebol výpočet prevedený z dôvodu, že od 22.00 do 24.00 a od 00 do 4.00 hod je intenzita električkovej s dlhými intervalmi (dopravné sedlo) resp. električky nepremávajú.** V blízkosti trasy električky sa nachádza zdravotné stredisko (km 1.616, vľavo), pre ktorého posúdenie bola tiež zvolená III. kategória územia z dôvodu, že sa v ňom nenachádza lôžková časť a už v súčasnosti je situované v blízkosti zbernej komunikácie.

### 3.3 Popis trasy

Na sídlisku Petržalka je navrhnuté vedenie električky v troch variantných riešeniach, pričom smerové vedenie trasy zostáva vo všetkých troch prípadoch približne rovnaké. Mení sa hlavne výškové vedenie trasy, pričom je električka vedená:

- na estakáde,
- po povrchu,
- v záreze (v hĺbke cca 1 až 2 m).

Zvršok trate nezávisle od jeho konštrukcie v roku uvedenia trasy do prevádzky (r. 2008) bude **bez žliabkovania koľajníc, geometrických nerovností** a iného opotrebovania trate, ktoré by mohli mať vplyv na zvýšenie emisií hluku od električky. Rozchod koľají bude ako pri existujúcich električkových tratiach 1000 mm. Trasa vedená na povrchu a v záreze bude mať **zatrávnený povrch zvršku** (povrchový a polozapustený variant), ktorý má najlepší efekt v pohltivosti hluku oproti ostatným typom prekrytia.

V roku 2018 sa prejaví určitá opotrebovanosť trate aj miernym zvýšením emisií vozidiel, ktorá bude čiastočne kompenzovaná kvalitnou údržbou a okolitou vzrastlou zeleňou (zvýšenie pohltivosti okolia).

### 3.4 Popis vozidiel

Prehodnotením hlukovej záťaže v stupni Zámer podľa zákona č. 127/1994 (Dopravoprojekt - november 2004) sa objednávateľ rozhodol pre prevádzkovanie **výlučne nových vozidiel**, ktoré oproti súčasne používaným vozidlám predstavujú nižšiu hlukovú záťaž pre okolie električkových tratí (emisie súčasných vozidiel nezodpovedá súčasným požiadavkám na hlučnosť v mestskom prostredí<sup>1</sup>, preto na tejto trati nebudú používané). Na základe hlukovej záťaže okolia bude v záveroch uvedená aj emisná hodnota pre nové vozidlo električky, ktorá sa stane okrajovým parametrom pri objednávke vozidiel. **Pre takéto vozidlo bol nakalibrovaný aj výpočtový model.**

Plánované nové vozidlo bolo špecifikované v poskytnutých podkladoch pre vypracovanie dokumentácie nasledovne: sólo vozidlo dĺžky 34 m, šírky 2.5 m s kapacitou 232 osôb (pri 4 osobách/m<sup>2</sup>). Z dôvodu nižších emisných hodnôt budú nápravy prekryté bočnicami a pohonná jednotka zvukovo odizolovaná. Konečný parameter maximálnej emisie hluku od nového vozidla električky bude zahrnutý a špecifikovaný až v objednávke na dodávku nových vozidiel električky (v zmysle zákona o obstarávaní).

## 4. Dopravné údaje

Pre električkovú trať bola do výpočtového modelu zadávaná ekvivalentná hladina hluku  $L_{aq}$ , ktorá by zodpovedala parametrom moderných električkových vozidiel pri intenzite vozidiel 76 voz./profil/1 hod.. Táto hodnota bola použitá na teoretický výpočet hlukovej záťaže okolia pre rok uvedenia stavby do prevádzky v roku 2008 a 10 rokov po uvedení stavby do prevádzky v roku 2018. Pre všetky tri variantné riešenia sa vo výpočtovom modeli uvažovalo s rovnakou maximálnou hodinovou intenzitou dopravy na električkovej trati.

Dopravné zaťaženie električkovej trate v roku 2008 a 2018

Tab. č. 1

Číslo linky	Interval [min.]	Intenzita - hodinová [voz/hod/smer]	
		2008	2018
6	8.5	7	7
7	7.4	8	8
12	12.0	5	5
14	6.7	9	9
15	6.7	9	9
Spolu	1.6	38	38

<sup>1</sup> Snahou úradov a samospráv je znižovať hlukovú záťaž obyvateľstva, z čoho vyplýva aj potreba minimalizovať emisiu každého zdroja tak, aby kumulatívny účinok hluku na obyvateľstvo bol čo najmenší.

Do výpočtového modelu boli zadávané aj intenzity cestnej dopravy <sup>2</sup> pre roky 2008 a 2018 v nulovom stave a po realizácii električky a jej uvedení do prevádzky. V tabuľke č. 2 sú uvedené hodinové intenzity cestnej dopravy v nulovom stave na zberných komunikáciách ležiacich v plánovanom koridore trasy električky.

Dopravné zaťaženie existujúcej cestnej siete v nulovom stave v rokoch 2008 a 2018 Tab. č. 2

úsek	ulica	intenzita - hodinová (osobné / nákladné voz.) [voz/hod/profil]	
		2008	2018
1	Panónska cesta	708/64	1471/133
2	Panónska cesta	590/53	1207/109
3	Jantárová	321/29	888/80
4	Betliarska	396/36	594/54
5	Jantárová	397/36	707/64
6	Lietavská	269/25	299/27
7	Jantárová	876/79	1144/103
8	Šintavská	306/28	334/30
9	Jantárová	1225/111	1456/131
10	Pajštúnska	1479/133	1628/147
11	Kutlíkova	2497/225	2581/233
12	Romanova	227/21	298/27
13	Jiráskova	390/35	425/39
14	Osuského	763/69	843/76
15	Námestie Hraničiarov	876/79	941/85
16	Rusovská cesta	1283/116	1380/125
17	Jantárová	1700/153	1733/156
18	Bosáková	1062/96	1134/102
19	Jantárová	1269/115	1311/118

Tabuľka č. 3 uvádza hodnoty intenzít dopravy v prípade realizácie trasy električky a komunikácie B s kríženiami električkovej trate.

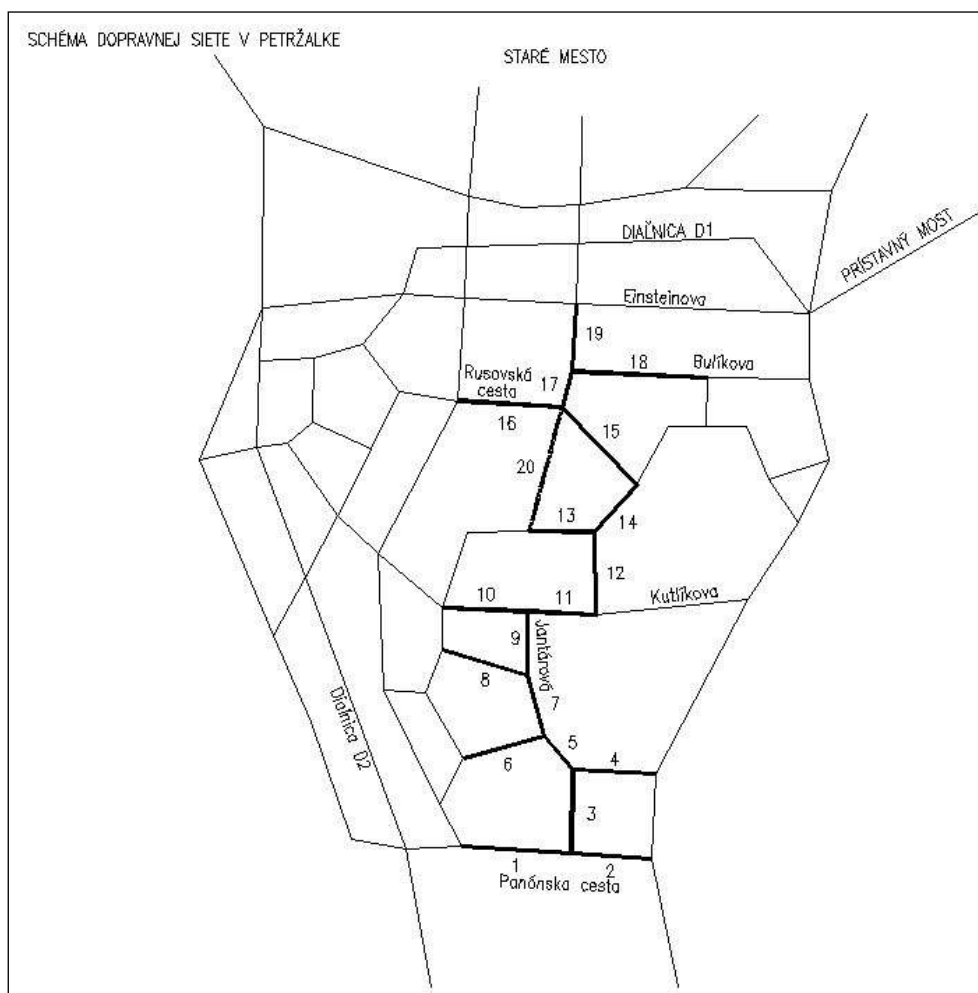
Dopravné zaťaženie existujúcej cestnej siete s realizáciou električkovej trate v roku 2008 a 2018

Tab. č. 3

úsek	ulica	intenzita - hodinová (osobné / nákladné voz.) [voz/hod/profil]	
		2008	2018
1	Panónska cesta	708/64	1466/132
2	Panónska cesta	634/57	1233/111
3	Jantárová	321/29	898/81

<sup>2</sup> Pre výpočet v rokoch 2008 a 2018 boli použité intenzity dopravy poskytnuté Magistrátom mesta Bratislavy pre roky 2010 a 2020. Z dôvodu zjednodušenia a aby nedochádzalo k pomýleniu sú ďalej uvádzané len roky 2008 a 2018.

4	Betliarska	430/39	663/60
5	Jantárová (kom. B)	463/42	839/76
6	Lietavská	309/28	342/31
7	Jantárová (kom. B)	974/88	1307/118
8	Šintavská	364/33	446/40
9	Jantárová (kom. B)	1265/114	1507/136
10	Pajštúnska	1343/121	1484/134
11	Kutlíkova	2419/218	2509/226
12	Romanova	291/26	399/36
13	Jiráskova	649/58	803/72
14	Osuského	309/28	440/40
15	Námestie Hraničiarov	427/38	485/44
16	Rusovská cesta	1070/96	1264/114
17	Jantárová	1379/124	1474/133
18	Bosáková	1204/109	1374/124
19	Jantárová	1936/174	1993/180
20	Komunikácia B (v prípade vybudovania)	756/68	823/74



Obr. č.1: Schéma zberných komunikácií

### Šafárikovo námestie

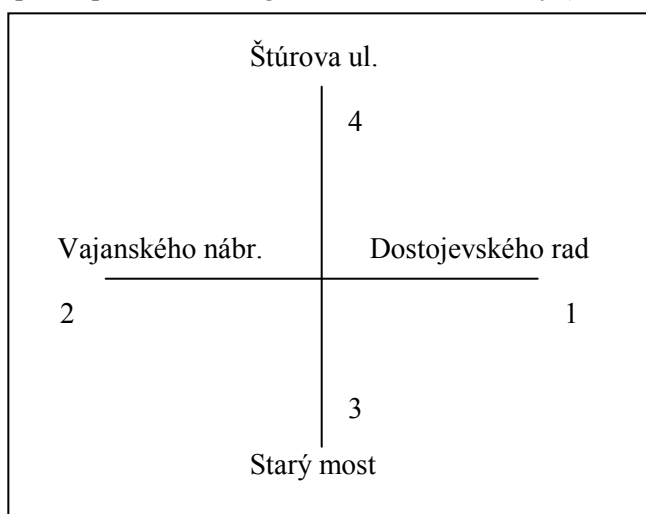
Intenzity dopravy zadávané do výpočtového modelu pre križovatku Šafárikovo námestie sú uvedené v tabuľke č. 4. **Cez Starý most nebude po realizácii električkovej trate premávať automobilová doprava.**

Dopravné zaťaženie existujúcej cestnej siete v roku 2008 a 2018

Tab. č. 4

úsek	ulica	Nulový stav - hodinová intenzita (osobné / nákladné voz.) [voz/hod/profil]		Realizácia - hodinová intenzita (osobné / nákladné voz.) [voz/hod/profil]	
		2008	2018	2008	2018
		1	Dostojevského rad	37 524 / 3 711	37 293 / 3 688
2	Vajanského nábr.	29 400 / 2 908	29 029 / 2 871	23 120 / 2 287	22475 / 2223
3	Starý most	14 111 / 1396	14 541 / 1438	-	-
4	Štúrova	14 976 / 1 481	15 859 / 1 568	12 993 / 1 285	13339 / 1319

Intenzita električkovej dopravy v nulovom stave bude zodpovedať súčasnej premávke električky v jednom smere. Pri realizácii to budú intenzity podľa podkladov Magistrátu mesta Bratislavy (tab. č. 1).



Obr. č. 2: Schéma križovatky Šafárikovo námestie

## 5. Teoretický výpočet hluku

Výpočet hlukových pomerov pred fasádami priľahlej zástavby bol realizovaný programom Hluk+, verzia 6.27dxf pre:

- nulový stav - stav bez realizácie stavby len na existujúcich komunikáciách ležiacich v koridore trasy električky,
- estakádny variant - realizácia stavby na estakáde cca od km 0.460 - 4.450,
- povrchový variant - realizácia stavby v úrovni existujúceho terénu s dosypávkou v úsekoch koridoru, kde v minulosti boli prevedené výkopové práce pre nosný systém,
- polozapustený variant - realizácia stavby vo výkope cca 1-2 m hlbokom v úseku km 0.500 do 1.800, km 2.100 - 2.300 a od staničenia 2.300 na povrchu, prípadne na mostnom objekte (cez Chorvátske rameno).

Algoritmus výpočtu programu Hluk+, verzia 6.27dxf vychádza z posledného vydania schválených „Metodických pokynov pre výpočet hladín hluku z dopravy“ (VÚVA Praha, 1991), v ktorom je už zabudovaná „Novela metodiky pre výpočet hluku z cestnej dopravy“ (spracovatelia Ing. J. Kozák, CSc. a RNDr. M. Liberko, Zpravodaj MŽP ČR, č.3/96), jej časť zaoberajúca algoritmom výpočtu  $L_{Aeq}$  z cestnej dopravy.

Keďže v okolí plánovanej trasy električky je plánovaná aj výstavba "komunikácie B", bol do výpočtu zahrnutý aj vplyv cestnej dopravy na existujúcej komunikačnej sieti v nulovom stave a na komunikácii B po realizácii električky. Do výpočtu nebola zahrnutá automobilová doprava na priľahlých parkovacích plochách a obslužných komunikáciách.

**Výpočet bol prevedený pre najnepriaznivejší stav - dopravnú špičku.** Preto sú vstupnými hodnotami maximálne hodinové intenzity električkovej a automobilovej dopravy. Pre nočnú dobu nebol výpočet prevedený z dôvodu, že od 22.00 do 24.00 a od 00 do 4.00 hod je intenzita električkovej s dlhými intervalmi (dopravné sedlo)

resp. električky nepremávajú. Preto sa riešiteľ rozhodol previesť **výpočet len pre maximálne zaťaženie okolia hlukom** (špičkové obdobie) tak, aby bolo možné porovnať nulový stav a stav po realizácii.

### 5.1 Teoretický výpočet hluku od električkovej dopravy

#### Petržalka:

Keďže v súčasnej dobe **výpočtový model používaný v SR nezohľadňuje vozidlá novej generácie**, bola na základe teoretického výpočtového modelu určená maximálna prípustná hladina hluku vo vzdialenosti 7,5 m od osi električkovej trate pre profilové zaťaženie **76 voz./hod. (maximálna hodinová intenzita dopravy)**. Táto hodnota bola určená na základe predpokladaných emisných hodnôt električky, teda porovnaním vypočítaných hodnôt hluku na fasádach okolitých budov s maximálnymi prípustnými hladinami hluku pre III. hygienickú kategóriu územia pri nami pevne zadanej emisii hluku.

Na základe výpočtového modelu bola zistená potrebná ekvivalentná hladina hluku vo vzdialenosti 7.5 m od osi trasy električky, pri ktorej nebude dochádzať k prekročeniu hluku na najbližších fasádach okolitých existujúcich budov. Takéto hodnoty bolo možné dosiahnuť pri každom podlaží existujúcich budov, aj napriek ich relatívne malej vzdialenosti od trate električky.

**Uvedený výpočet je však možné chápať len ako modelový, ktorý bude potrebné v ďalšom stupni projektovej dokumentácii aktualizovať.**

#### Šafárikovo námestie:

Výpočet hluku v nulovom stave (bez realizácie električkovej trate do Petržalky) od existujúcej električkovej trate prechádzajúcej Šafárikovým námestím bol vypočítaný podľa „Metodických pokynov pre výpočet hladín hluku z dopravy“.

Vstupné parametre pre výpočet  $L_{Aeq}$  sú:

- $m$  – počet električkových vlakov, ktoré prejdú daným profilom električkovej trate za hodinu,
- $v_{el}$  – max. rýchlosť v km/h, vzťahujúca sa k posudzovanému profilu,
- typ zvršku el. trate,
- zloženie električkového vlaku.

Pre stanovenie hodinovej  ${}^rL_{Aeq,1h} = 40 + 10 \cdot \log X$ , pričom

$$X = 44.5 \cdot F_5 \cdot m$$

kde  $F_5$  je faktor, definovaný:

$$\text{pre } v_{el} = 30 \text{ km/h} \quad F_1 = 0.25 \quad \text{pre trate typu BKV a klasické trate A,}$$

$$F_1 = 0.50 \quad \text{pre klasické trate B.}$$

Takto zistená hodnota  ${}^rL_{Aeq,1h}$  sa vzťahuje k električkovým vlakom typu 20. Pre iné zloženie električkových vlakov sa hodnoty  ${}^rL_{Aeq,1h}$  korigujú pripočítaním korekcie  $D_{ST}dB(A)$ , a to takto:

pre  $m \geq 50$  je hodnota korekcie  $D_{ST}dB(A)$  rovná:

$$\text{pre vlaky typu 10: } D_{ST} = -3.2dB(A)$$

$$\text{pre vlaky typu 2T: } D_{ST} = -2.5dB(A)$$

$$\text{pre vlaky typu 1T: } D_{ST} = -5.0dB(A)$$

pre  $m < 50$  je hodnota korekcie  $D_{ST}dB(A)$  rovná:

$$\text{pre vlaky typu 10: } D_{ST} = -1.5dB(A)$$

$$\text{pre vlaky typu 2T: } D_{ST} = -1.2dB(A)$$

$$\text{pre vlaky typu 1T: } D_{ST} = -2.5dB(A)$$

Hodnota  ${}^rL_{Aeq,1h}$  zistená týmto postupom sa ďalej koriguje vzhľadom k situácii posudzovaného bodu. Korekcie, ktoré prichádzajú do úvahy, sa používajú obdobným spôsobom ako pri posudzovaní hluku automobilovej prevádzky.

Ekvivalentná hladina A hluku vo zvolenom výpočtovom bode sa určí zo vzťahu:

$$L_{Aeq} = L_{Aeq,1h} - U - \sum D_i, \text{ kde je}$$

U – útlm zvuku vzdialenosťou,

$\sum D_i$  – súčet korekcií na útlm od ostatných faktorov, ktoré ovplyvňujú šírenie hluku.

Výpočet pre **nulový stav** v priestore Šafárikovho námestia bol nakalibrovaný pre nasledovné okrajové podmienky:

- na plánovanú intenzitu električiek v roku 2008 a 2018,
- max. rýchlosť 30 km/h v priestore Šafárikovho námestia,
- staré električkové vozidlá (T3, K2, K2S a T6A5).

### 5.2 Teoretický výpočet hluku od cestnej dopravy - komunikácia B:

Základnou výpočtovou veličinou Y je určená ekvivalentná hladina hluku A v referenčnej vzdialenosti 7.5 m od osi krajného pruhu, od ktorého sa odvíja výpočet vo zvolených posudzovaných bodoch, ako aj určenie izofón.

V programe Hluk+, verzia 5.0 bola hodnota pomocnej výpočtovej veličiny Y vypočítaná podľa vzťahu:

$$Y = 10 \cdot \log X - 10,1, \text{ kde } X = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3$$

$F_1$  – faktor rýchlosti, intenzity a percentuálneho podielu nákladných vozidiel,

$F_2$  – faktor sklonu nivelety,

$F_3$  – faktor vyjadrujúci vplyv povrchu vozovky.

Faktor  $F_1$  je závislý od časového horizontu výpočtu. Pre roky 2005 a vyššie je tento faktor pre dennú dobu definovaný vzťahom:

$$F_1 = n_{Oad} \cdot 10^{\frac{L_{Oa}}{10}} + n_{Nad} \cdot F_{vNA} \cdot 10^{\frac{L_{na}}{10}}$$

$n_{Oad}$  – denná priemerná hodinová intenzita dopravy osobných vozidiel,

$n_{Nad}$  - denná priemerná hodinová intenzita dopravy nákladných vozidiel,

$$F_{vOA} = 3,9 \cdot 10^{-5} \cdot v^{0,8} \quad v \leq 60 \text{ km/h}$$

$$F_{vNA} = 2,0 \cdot 10^{-7} \cdot v^2 \quad v > 60 \text{ km/h}$$

$$F_{vOA} = 1,0 \cdot 10^{-2} \cdot v^{-0,5} \quad v \leq 60 \text{ km/h}$$

$$F_{vNA} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot v^{0,5} \quad v > 60 \text{ km/h}$$

Ekvivalentná hladina A hluku vo zvolenom výpočtovom bode sa určí zo vzťahu:

$$L_{Aeq} = Y - U \cdot \sum D_i, \text{ kde je}$$

U – útlm zvuku vzdialenosťou,

$\sum D_i$  – súčet korekcií na útlm od ostatných faktorov, ktoré ovplyvňujú šírenie hluku.

Vstupnými parametrami pre výpočet  $L_{Aeq}$  z cestnej dopravy boli:

- priemerný počet vozidiel, ktoré prejdú daným profilom komunikácie za 24 hod.,
- podiel nákladných vozidiel a autobusov v dopravnom prúde,

- denná a nočná výpočtová rýchlosť,
- pozdĺžny sklon posudzovaných úsekov,
- výpočtové obdobie,
- druh krytu vozovky,
- kolmá vzdialenosť posudzovaného bodu od osi navrhovanej komunikácie,
- výška posudzovaného bodu nad terénom.

### 5.3 Teoretický výpočet hluku - cestná a električková doprava

Kumulatívny charakter hluku je zohľadnený sčítaním imisných hodnôt hluku od cestnej dopravy (komunikácia B) a električky.

Pre rok uvedenia do prevádzky (2008) sa neuvažovalo so zastavaním okolitého územia. V územnom pláne je plánovaná zástavba v okolí trasy električky až po jej realizácii. Pre rok 2018 sa uvažuje so zástavbou v okolí trasy električky v rozsahu uvedenom v územnom pláne mesta Bratislava a urbanistickej štúdii mestskej časti Petržalka.

## 6. Realizácia výpočtu

Na zistenie hladín hluku pred budovami boli zvolené výpočtové body 2 m pred fasádou posudzovaného objektu budovy. Boli vzaté do úvahy najnepriaznivejšie polohy bodov k plánovanej trase z pohľadu hlukovej záťaže. Výpočtové body boli volené vo výške 5.5 m nad povrchom terénu (výška vstupu do budovy, prípadne 2. podlažie u budov s pivnicami) a vo výške 30 m (vo výške posledného podlažia). Do výpočtu nebol zahrnutý vplyv zelene v okolí budov z dôvodu opadavosti listov v jesenných a zimných mesiacoch. Grafické znázornenie posudzovaných objektov a umiestnenie výpočtových bodov je znázornené pre všetky tri variantné riešenia v prílohách č. 1 - 4 a 6. Pre okolie Šafárikovho námestia je umiestnenie výpočtových bodov znázornené v prílohe č. 5. Okrem hladín hluku vo výpočtových bodoch sú hlukové pomery vyjadrené izofónami hluku pre dennú dobu vo výške 2 m nad úrovňou terénu pre hlukovú záťaž od električky v Petržalke a pre električku s automobilovou dopravou v priestore Šafárikovho námestia. Pribeh izofón hluku pre rok 2008 je vykreslený pre dennú dobu v prílohe č. 1 - 5.

Výpočet bol realizovaný pre nasledovný stav:

- nulový stav v rokoch 2008 a 2018,
- rok uvedenia stavby do prevádzky (rok 2008),
- 10 rokov po uvedení stavby do prevádzky (rok 2018) - Šafárikovo námestie.

### 6.1 Posudzované objekty

Do výpočtu boli vybraté výpočtové body pred bytovými domami, pred supermarketom LIDL a zdravotným strediskom (tab. č. 5). Charakter terénu okolia je rovinný.

Charakteristika výpočtových bodov – MČ Petržalka

Tab. č. 5

VB	staničenie	Orientácia k ceste	Typ zástavby	Vzdialenosť od osi električky	Výška VB nad terénom
	km			[m]	
1	0.555	vľavo	bytový dom	72	30/5.5
2	0.634	vpravo	bytový dom	80	30/5.5
3	0.649	vľavo	bytový dom	76	30/5.5
4	0.853	vpravo	supermarket	72	2.0
5	0.995	vľavo	bytový dom	63	30/5.5
6	1.026	vľavo	bytový dom	94	30/5.5
7	1.474	vľavo	bytový dom	56	30/6.0
8	1.616	vľavo	zdravotné stredisko	50	12.0
9	1.989	vľavo	bytový dom	50	22/5.5
10	1.984	vľavo	bytový dom	91	30/5.5
11	1.988	vpravo	bytový dom	91	30/5.5

12	2.157	vľavo	bytový dom	69	30/5.5
13	2.447	vpravo	bytový dom	79	30/5.5
14	2.541	vľavo	bytový dom	91	30/5.5
15	2.657	vpravo	bytový dom	107	30/5.5
16	2.913	vpravo	bytový dom	75	30/5.5
17	3.138	vpravo	bytový dom	58	30/5.5
18	3.521	vpravo	bytový dom	81	30/5.5
19	3.623	vpravo	bytový dom	105	30/5.5
20	3.770	vľavo	bytový dom	162	30/5.5
21	3.801	vľavo	bytový dom	106	30/5.5
22	3.848	vľavo	bytový dom	77	30/5.5
23	3.915	vpravo	bytový dom	200	30/5.5
24	4.015	vľavo	bytový dom	86	30/5.5
25	4.146	vpravo	bytový dom	177	30/5.5
26	4.176	vľavo	bytový dom	100	30/5.5
27	4.206	vpravo	bytový dom	220	30/5.5

Legenda: VB – výpočtový bod.

Výpočtové body pred fasádami budov na Šafárikovom námestí boli volené vo výške 4. podlažia, t. z. vo výške 12 m okrem budovy univerzity (VB29), kde bola vypočítaná hodnota vo výške 18 m. Výpočtové body sú popísané v tab. č. 6.

Charakteristika výpočtových bodov – MČ Staré mesto

Tab. č. 6

VB	staničenie	Orientácia k ceste	Typ zástavby	Vzdialenosť od električky	Výška VB nad terénom
				[m]	
28	5.672	vpravo	budova prokuratúry	29.8	12.0
29	5.768	vľavo	univerzita	42.1	18.0
30	5.798	vpravo	MŽP	34.2	12.0
31	5.825	vľavo	univerzita	29.1	12.0
32	5.868	vľavo	hotel	12.5	12.0

Legenda: VB – výpočtový bod.

Umiestnenie výpočtových bodov je znázornené v prílohách č. 1 - 6 prílohovej časti hlukovej štúdie.

## 6.2 Hladiny hluku

Pre nulový stav bola zistená predikcia hluku v roku 2008 a 2018 len od existujúcej siete zberných komunikácií, ktoré sa nachádzajú v koridore plánovanej trasy električky (tab. 7, 8 a 12).

Teoretický výpočet imisných hodnôt variantných riešení v roku 2008 bol prevedený **samostatne pre električkovú trať a samostatne pre hodnoty od cestnej dopravy a následne bolo prevedené sčítanie týchto hodnôt**. Výsledky sú uvedené v tab. č. 9, 10, 11 a 13.

### 6.2.1 Hlukové pomery v Petržalke

Prevedenie teoretického výpočtu vplyvu plánovanej električky v úseku km 0.200 - 4.800 má preukázať rozdiely medzi návrhmi variantov.

#### 6.2.1.1 Nulový stav

Výpočet bol prevedený pre koridor, v dotknutom území na existujúcich komunikáciách bez realizácie trate električky. Intenzity dopravy pre toto obdobie sú prevzaté od zadávateľa štúdie (Magistrát mesta Bratislavy) na základe ním vypracovanej prognózy dopravy. V Petržalke bola vypočítaná hladina hluku pred fasádou 27 budov v rôznych výškach. Vypočítané hladiny hluku od posudzovaných existujúcich komunikácií v koridore trasy plánovanej električkovej trate sú uvedené v tab. č. 7 a 8.

Hladiny hluku v roku 2008 - nulový stav

Tab. č. 7

VB	$L_{Aeq}$ deň – 30 m	$L_{Aeq}$ deň – 5.5 m	$L_{Aeq}$ deň – iné vzdialenosti	$L_{Aeq, prip.}$ deň	prekročenie $L_{Aeq}$ deň
1	57.5	55.0	-	60	-
2	54.7	50.4	-		-
3	56.4	52.5	-		-
4	-	-	50.5 (2 m)		-
5	56.3	52.1	-		-
6	57.9	54.9	-		-
7	54.4	-	51.5 (6 m)		-
8	-	55.0	57.5 (12 m)		-
9	-	55.9	57.8 (22 m)		-
10	58.6	53.2	-		-
11	<b>60.5</b>	56.2	-		<b>0.5</b>
12	<b>61.4</b>	56.8	-		<b>1.4</b>
13	55.3	50.2	-		-
14	51.5	42.8	-		-
15	48.8	42.2	-		-
16	52.0	47.4	-		-
17	48.7	42.7	-		-
18	54.9	48.9	-		-
19	59.5	55.5	-		-
20	<b>61.0</b>	56.5	-		<b>1.0</b>
21	<b>63.1</b>	59.5	-		<b>3.1</b>
22	<b>66.4</b>	<b>64.8</b>	-		<b>6.4/4,8</b>
23	56.1	50.7	-		-
24	<b>61.9</b>	57.8	-		<b>1.9</b>
25	57.0	51.1	-		-
26	57.8	52.7	-		-
27	56.4	50.4	-		-

Na základe teoretického výpočtu a porovnaním hodnôt v roku 2008 a 2018 je možné očakávať mierny nárast imisnej záťaže na fasádach okolitých budov v úseku km 0.200 - 3.800 \*<sup>3</sup> a približne rovnaké hodnoty v ostatnej časti hodnoteného koridoru.

<sup>3</sup> od depa Janikov dvor po Námestie hraničiarov (VB1 - VB19)

Hladiny hluku v roku 2018 - nulový stav

Tab. č. 8

VB	$L_{Aeq}$ deň – 30 m	$L_{Aeq}$ deň – 5.5 m	$L_{Aeq}$ deň – iné vzdialenosti	$L_{Aeq}$ , príp. deň	prekročenie $L_{Aeq}$ , deň
1	<b>61.1</b>	58.8	-	60	<b>1.1</b>
2	58.0	53.9	-		-
3	59.6	55.8	-		-
4	-	-	52.5 (2 m)		-
5	58.8	54.7	-		-
6	60.0	56.9	-		-
7	55.4	-	52.7 (6 m)		-
8	-	55.9	58.3 (12 m)		-
9	-	56.7	58.5 (22 m)		-
10	59.1	53.7	-		-
11	<b>61.0</b>	56.7	-		<b>1.0</b>
12	<b>61.7</b>	57.1	-		<b>1.7</b>
13	56.2	51.1	-		-
14	51.8	43.2	-		-
15	49.5	42.9	-		-
16	53.9	49.8	-		-
17	50.2	44.4	-		-
18	54.9	49.0	-		-
19	59.6	55.5	-		-
20	<b>61.0</b>	56.6	-		<b>1.0</b>
21	<b>63.0</b>	59.5	-	<b>3.0</b>	
22	<b>66.3</b>	<b>64.7</b>	-	<b>6.3 / 4.7</b>	
23	56.0	50.7	-	-	
24	<b>61.8</b>	57.7	-	<b>1.8</b>	
25	57.0	51.0	-	-	
26	57.7	52.6	-	-	
27	56.5	50.4	-	-	

### 6.2.1.2 Estakádny variant

V úseku plánovanej električky v Petržalke bola vypočítaná hladina hluku pred fasádou 27 budov v rôznych výškach. Na základe výpočtu predpokladaný hluk pred fasádou posudzovaných objektov od električkovej a cestnej dopravy by mal dosahovať hodnoty od 57.5 dB do 67.3 dB v denných hodinách. Vypočítané hladiny hluku od posudzovanej električkovej trate sú uvedené v tab. č. 9.

Hladiny hluku v roku 2008 vo výpočtových bodoch pre rôzne výšky od električkovej a automobilovej dopravy

Tab. č. 9

VB	$L_{Aeq}$ deň – 30 m	$L_{Aeq}$ -SUMA deň – 30 m	$L_{Aeq}$ deň – 5.5 m	$L_{Aeq}$ -SUMA deň – 5.5 m	$L_{Aeq}$ deň – iné vzdialenosti	$L_{Aeq}$ -SUMA deň – iné vzdialenosti	$L_{Aeq}$ prípustné	prekročenie $L_{Aeq}$ , deň
1	59.5 / 57.5 <sup>(1)</sup>	<b>61.6</b>	56.3 / 55.0	58.7	-	-	60	<b>1.6 / -</b>
2	59.3 / 54.7	<b>60.6</b>	56.1 / 50.4	57.1	-	-		<b>0.6 / -</b>
3	58.8 / 56.0	<b>60.6</b>	55.1 / 52.5	57.0	-	-		<b>0.6 / -</b>
4	-	-	-	-	51.5 / 50.5 (2 m)	54.0		-
5	58.7 / 56.3	<b>60.7</b>	54.7 / 52.1	56.6	-	-		<b>0.7 / -</b>
6	59.6 / 57.9	<b>61.8</b>	56.0 / 54.9	58.5	-	-		<b>1.8 / -</b>
7	56.5 / 54.4	58.6	-	-	54.9 / 51.5 (6 m)	56.5		-
8	-	-	58.6 / 55.0	<b>60.2</b>	60.0 / 57.5 (12 m)	<b>61.9</b>		<b>0.2 / 1.9</b>

9	-	-	58.9 / 55.9	<b>60.7</b>	59.0 / 57.8 (22 m)	<b>61.5</b>		<b>0.7 / 1.5</b>
10	59.0 / 58.6	<b>61.8</b>	55.2 / 53.2	57.3	-	-		<b>1.8 / -</b>
11	58.9 / 60.5	<b>62.8</b>	55.2 / 56.2	58.7	-	-		<b>2.8 / -</b>
12	60.1 / 61.4	<b>63.8</b>	57.0 / 56.8	59.9	-	-		<b>3.8 / -</b>
13	59.3 / 54.9	<b>60.6</b>	55.9 / 50.0	56.9	-	-		<b>0.6 / -</b>
14	58.4 / 51.5	59.2	54.3 / 42.8	54.6	-	-		-
15	59.3 / 48.8	59.7	55.7 / 42.2	55.9	-	-		-
16	59.1 / 51.9	59.9	55.4 / 47.6	56.1	-	-		-
17	59.8 / 48.7	<b>60.1</b>	56.7 / 42.7	56.9	-	-		<b>0.1 / -</b>
18	59.3 / 54.1	<b>60.4</b>	55.7 / 47.9	56.4	-	-		<b>0.4 / -</b>
19	56.5 / 57.2	59.9	52.2 / 51.2	54.7	-	-		-
20	54.1 / 61.1	<b>61.9</b>	49.0 / 56.9	57.6	-	-		<b>1.9 / -</b>
21	56.4 / 63.5	<b>64.3</b>	52.3 / 60.2	<b>60.9</b>	-	-		<b>4.3 / -</b>
22	59.6 / 66.5	<b>67.3</b>	56.2 / 64.9	<b>65.4</b>	-	-		<b>7.3 / -</b>
23	54.3 / 56.9	58.8	49.3 / 51.7	53.7	-	-		-
24	58.7 / 62.0	<b>63.7</b>	54.8 / 57.8	59.6	-	-		<b>3.7 / -</b>
25	55.0 / 57.1	59.2	59.9 / 51.1	<b>60.4</b>	-	-		<b>0.4 / -</b>
26	55.4 / 57.8	59.8	51.2 / 52.8	55.1	-	-		-
27	50.9 / 56.4	57.5	45.2 / 50.4	51.5	-	-		-

<sup>(1)</sup> električka / automobilová doprava

Výpočet bol prevedený aj pre výšku 2 m nad terénom. Ako výstup sú v hlukovej mape (príloha č. 2) uvedené izofóny hluku v tejto výške nad terénom.

### Zhodnotenie hlukových pomerov

Pri posúdení hluku od plánovanej električkovej trate vo variante s estakádou je možné konštatovať, že dôjde k prekročeniu hlukovej záťaže v najnepriaznivejších výpočtových bodoch pred fasádami budov s funkciou bývania (III. kategória územia). **Najnepriaznivejšie sa prejaví vplyv križovatky Rusovská cesta - Jantárova cesta - Námestie hraničiarov na hlukové pomery (prekročenie od 4,3 do 7,3 dB), kde sú tieto komunikácie vedené v bezprostrednej blízkosti zástavby (VB 21 a 22). Prekročenie maximálnych prípustných hladín hluku bude spôsobené cestnou dopravou a je len o málo vyššie ako v nulovom stave.**

#### 6.2.1.3 Povrchový variant

Na úseku plánovanej električky v Petržalke bola vypočítaná hladina hluku v 27 výpočtových bodoch pred fasádami budov. Na základe výpočtu predpokladaný hluk pred fasádou posudzovaných objektov by mal dosahovať hodnoty **do 64,6 dB v denných hodinách**. Vypočítané hladiny hluku od posudzovanej električkovej trate sú uvedené v tab. č. 10.

Hladiny hluku v roku 2008 vo výpočtových bodoch pre rôzne výšky od električkovej a automobilovej dopravy

Tab. č. 10

VB	$L_{Aeq}$ deň – 30 m	$L_{Aeq-SUMA}$ deň – 30 m	$L_{Aeq}$ deň – 5.5 m	$L_{Aeq-SUMA}$ deň – 5.5 m	$L_{Aeq}$ deň – iné vzdialenosti	$L_{Aeq-SUMA}$ deň – iné vzdialenosti	$L_{Aeq}$ prípustné	prekročenie $L_{Aeq}$ , deň
1	59.5 / 56.0 <sup>(1)</sup>	<b>61.1</b>	55.4 / 52.2	57.1	-	-	60	<b>1.1 / -</b>
2	59.3 / 55.5	<b>60.8</b>	55.4 / 51.5	56.9	-	-		<b>0.8 / -</b>
3	58.8 / 55.0	<b>60.3</b>	54.2 / 50.6	55.8	-	-		<b>0.3 / -</b>
4	-	-	-	-	48.8 / 52.0 (2 m)	53.7		-
5	58.7 / 56.9	<b>60.9</b>	53.8 / 52.6	56.3	-	-		<b>0.9 / -</b>
6	59.6 / 59.2	<b>62.4</b>	55.3 / 56.1	58.7	-	-		<b>2.4 / -</b>
7	56.4 / 54.8	58.7	-	-	54.2 / 52.1 (6 m)	56.3		-
8	-	-	57.7 / 55.3	59.7	60.0 / 57.2 (12 m)	<b>61.8</b>		- / <b>1.8</b>
9	-	-	58.1 / 56.5	<b>60.4</b>	59.0 / 57.8 (22 m)	<b>61.5</b>		<b>0.4 / 1.5</b>
10	59.0 / 58.8	<b>61.9</b>	54.3 / 53.6	57.0	-	-		<b>1.9 / -</b>

11	58.9 / 61.0	<b>63.1</b>	54.2 / 57.0	58.8	-	-	<b>3.1 / -</b>
12	60.1 / 62.0	<b>64.2</b>	56.1 / 57.6	59.9	-	-	<b>4.2 / -</b>
13	59.3 / 56.3	<b>61.1</b>	55.0 / 51.8	56.7	-	-	<b>1.1 / -</b>
14	58.3 / 52.8	59.4	53.4 / 44.4	53.9	-	-	-
15	57.8 / 49.3	58.4	52.7 / 42.4	53.1	-	-	-
16	59.1 / 54.8	<b>60.5</b>	54.4 / 50.7	55.9	-	-	<b>0.5 / -</b>
17	59.8 / 51.0	<b>60.3</b>	55.7 / 45.0	56.1	-	-	<b>0.3 / -</b>
18	59.3 / 57.0	<b>61.3</b>	54.8 / 51.8	56.6	-	-	<b>1.3 / -</b>
19	56.5 / 59.2	<b>61.1</b>	51.3 / 54.1	55.9	-	-	<b>1.1 / -</b>
20	54.1 / 61.8	<b>62.5</b>	48.0 / 57.3	57.8	-	-	<b>2.5 / -</b>
21	56.4 / 62.5	<b>63.5</b>	51.3 / 58.3	59.1	-	-	<b>3.5 / -</b>
22	59.6 / 63.0	<b>64.6</b>	55.3 / 59.0	<b>60.5</b>	-	-	<b>4.6 / 0.5</b>
23	54.3 / 57.5	59.2	48.4 / 51.8	53.4	-	-	-
24	58.7 / 61.5	<b>63.3</b>	53.9 / 57.1	58.8	-	-	<b>3.3 / -</b>
25	55.0 / 57.3	59.3	48.9 / 51.3	53.3	-	-	-
26	55.4 / 57.4	59.5	50.2 / 52.1	54.3	-	-	-
27	50.9 / 56.6	57.6	44.2 / 50.7	51.6	-	-	-

<sup>(1)</sup> električka / automobilová doprava

Výpočet bol prevedený aj pre výšku 2 m nad terénom. Ako výstup sú v hlukovej mape (príloha č. 3) uvedené izofóny hluku v tejto výške nad terénom.

### Zhodnotenie hlukových pomerov

Pri posúdení hluku od plánovanej električkovej trate vo variante na povrchu je možné konštatovať, že dôjde k prekročeniu hlukovej záťaže pred fasádami budov len v najvyššie položených podlažiach budov s funkciou bývania (III. kategória územia) o hodnotu maximálne 4.6 dB. K zvýšeniu hluku oproti nulovému stavu dôjde na úsekoch, kde je plánované premostenie električkovej trate cestnými komunikáciami.

#### 6.2.1.4 Polozapustený variant

V úseku plánovanej električky v Petržalke bola vypočítaná hladina hluku v 27 výpočtových bodoch pred fasádami budov. Na základe výpočtu predpokladaný hluk pred fasádou posudzovaných objektov by mal dosahovať hodnoty do 64.6 dB v denných hodinách. Vypočítané hladiny hluku od posudzovanej električkovej trate sú uvedené v tab. č. 11.

Hladiny hluku v roku 2008 vo výpočtových bodoch pre rôzne výšky od električkovej a automobilovej dopravy

Tab. č. 11

VB	$L_{Aeq}$ deň – 30 m	$L_{Aeq-SUMA}$ deň – 30 m	$L_{Aeq}$ deň – 5.5 m	$L_{Aeq-SUMA}$ deň – 5.5 m	$L_{Aeq}$ deň – iné vzdialenosti	$L_{Aeq-SUMA}$ deň – iné vzdialenosti	$L_{Aeq}$ prípustné	prekročenie $L_{Aeq}$ , deň
1	59.5 / 56.0 <sup>(1)</sup>	<b>61.1</b>	55.4 / 52.2	57.1	-	-	60	<b>1.1 / -</b>
2	59.3 / 55.5	<b>60.8</b>	55.4 / 51.5	56.9	-	-		<b>0.8 / -</b>
3	58.8 / 55.0	<b>60.3</b>	54.2 / 50.7	55.8	-	-		<b>0.3 / -</b>
4	-	-	-	-	48.5 / 52.0 (2 m)	53.6		-
5	58.7 / 56.9	<b>60.9</b>	53.8 / 52.6	56.3	-	-		<b>0.9 / -</b>
6	59.6 / 59.2	<b>62.4</b>	55.3 / 56.1	58.7	-	-		<b>2.4 / -</b>
7	56.4 / 54.8	58.7	-	-	54.2 / 52.1 (6 m)	56.3		-
8	-	-	57.7 / 55.3	59.7	60.0 / 57.1 (12 m)	<b>61.8</b>		- / <b>1.8</b>
9	-	-	58.1 / 56.5	<b>60.4</b>	59.0 / 57.6 (22 m)	<b>61.4</b>		<b>0.4 / 1.4</b>
10	59.0 / 58.7	<b>61.9</b>	54.3 / 53.5	57.0	-	-		<b>1.9 / -</b>
11	58.9 / 61.0	<b>63.1</b>	54.2 / 57.0	58.8	-	-		<b>3.1 / -</b>
12	60.1 / 62.0	<b>64.2</b>	56.1 / 57.4	59.8	-	-		<b>4.2 / -</b>
13	59.3 / 57.3	<b>61.4</b>	55.0 / 53.3	57.2	-	-		<b>1.4 / -</b>

14	58.2 / 52.7	59.3	53.4 / 44.1	53.9	-	-	-
15	57.8 / 49.3	58.4	52.7 / 43.0	53.1	-	-	-
16	59.1 / 54.7	<b>60.4</b>	54.4 / 49.3	55.6	-	-	<b>0.4 / -</b>
17	59.8 / 51.0	<b>60.3</b>	55.7 / 45.1	56.1	-	-	<b>0.3 / -</b>
18	59.3 / 57.0	<b>61.3</b>	54.8 / 51.7	56.5	-	-	<b>1.3 / -</b>
19	56.5 / 59.2	<b>61.1</b>	51.3 / 53.9	55.8	-	-	<b>1.1 / -</b>
20	54.1 / 61.8	<b>62.5</b>	48.0 / 57.3	57.8	-	-	<b>2.5 / -</b>
21	56.4 / 62.6	<b>63.5</b>	51.3 / 58.3	59.1	-	-	<b>3.5 / -</b>
22	59.6 / 63.0	<b>64.6</b>	55.3 / 59.0	<b>60.5</b>	-	-	<b>4.6 / 0.5</b>
23	54.3 / 57.5	59.2	48.4 / 51.9	53.5	-	-	-
24	58.7 / 61.5	<b>63.3</b>	53.9 / 57.1	58.8	-	-	<b>3.3 / -</b>
25	55.0 / 57.3	59.3	48.9 / 51.3	53.3	-	-	-
26	55.4 / 57.4	59.5	50.2 / 52.1	54.3	-	-	-
27	50.9 / 56.6	57.6	44.2 / 50.7	51.6	-	-	-

<sup>(1)</sup> električka / automobilová doprava

Výpočet bol prevedený aj pre výšku 2 m nad terénom. Ako výstup sú v hlukovej mape (príloha č. 4) uvedené izofóny hluku v tejto výške nad terénom.

### 6.2.1.5 Zhodnotenie hlukových pomerov

Pri posúdení hluku od plánovanej električkovej trate v polozapustenom variante je možné konštatovať, že dôjde k prekročeniu hlukovej záťaže pred fasádami budov len v najvyšších podlažiach s funkciou bývania (III. kategória územia) **maximálne o hodnotu 4.6 dB**. Nárast hluku od cestnej dopravy bude skoro rovnaký ako v povrchovom variante a bude spôsobený v priestore premostenia električkovej trate cestnými komunikáciami.

### 6.2.2 Šafárikovo námestie

Teoretický výpočet v priestore Šafárikovho námestia bol prevedený pre 5 výpočtových bodov na fasádach budov, ktoré ohraničujú križovatku ulíc Dostojevského rad, Vajanského nábrežie, Štúrova ul. a Starý most.

#### 6.2.4.1 Nulový stav

Na základe výpočtu predpokladaný hluk pred fasádou posudzovaných objektov by mal dosahovať **hodnoty v rozmedzí od 65.1 do 72.4 dB v denných hodinách (rok 2008)**. Vypočítané hladiny hluku od posudzovanej električkovej trate sú uvedené v tab. č. 12 (príloha č. 1c).

Hladiny hluku - Nulový stav

Tab. č. 12

VB	L <sub>Aeq</sub> , deň		L <sub>Aeq</sub> , príp. deň	prekročenie L <sub>Aeq</sub> , deň	
	2008	2018		2008	2018
28	65.1	65.2	60	5.1	5.2
29	68.2	68.5	60	8.2	8.5
30	72.4	72.6	60	12.4	12.6
31	69.1	69.5	60	9.1	9.5
32	69.8	70.0	60	9.8	10.0

V 10 roku po uvedení do prevádzky je možné očakávať mierne zvýšenie hlukovej záťaže na okolitých fasádach budov z dôvodu predpokladaného nárastu automobilovej dopravy.

#### 6.2.4.2 Realizácia električkovej trate

Pre všetky tri varianty očakávame rovnakú hlukovú situáciu v priestore za Starým mostom na Šafárikovom námestí. Na základe výpočtu pre maximálnu rýchlosť električiek 30 km/h na tomto úseku boli vypočítané hodnoty hluku (tab. č. 13) pred fasádami okolitých domov od električkovej a automobilovej dopravy v rozmedzí od **61.3 do 71.2 dB** v dennej dobe v roku 2008 a **61.4 až 71.4 dB** v roku 2018. Nárast do roku 2018 bude spôsobený zvýšením cestnej dopravy.

Hladiny hluku - realizácia

Tab. č. 13

VB	L <sub>Aeq</sub> deň		L <sub>Aeq, príp.</sub> deň	prekročenie L <sub>Aeq</sub> deň	
	2008	2018		2008	2018
28	61.3	61.4	60	1.3	1.4
29	66.4	66.5	60	6.4	6.5
30	71.0	71.1	60	11.0	11.1
31	68.8	69.0	60	8.8	9.0
32	71.2	71.4	60	11.2	11.4

Výpočet bol prevedený aj pre výšku 2 m nad terénom. Ako výstup sú v hlukovej mape (príloha č. 5) uvedené izofóny hluku v tejto výške nad okolitým terénom.

### Zhodnotenie hlukových pomerov

Pre rok 2008 a 2018 boli zistené hodnoty vysoko prekračujúce maximálne prípustné hodnoty hluku pre III. kategóriu územia. Je to typické pre okolie zberných komunikácií v centrálnej časti mesta.

Pri posúdení hluku od plánovanej električkovej trate je možné konštatovať, že **dôjde k prekročeniu hlukovej záťaže pred fasádami budov do 11.2 (11.4) dB**. U väčšiny budov budú hodnoty na privrátených fasádach k električkovej trati prekročené na celej fasáde budovy.

Zníženie hluku na fasádach s výpočtovými bodmi č. 28-31 oproti nulovému stavu bude spôsobené zrušením automobilovej dopravy na Starom moste a tým aj znížením dopravy v celom priestore križovatky.

Je možné konštatovať, že v priestore Šafárikovho námestia dôjde k zlepšeniu hlukových pomerov oproti nulovému stavu. Výnimkou je obojstranná zástavba v úzkom koridore Štúrovej ulice, kde dôjde k zvýšeniu hluku (VB32 - km 5.868).

Zvýšenie hlukovej záťaže vo výpočtovom bode č. 32 indikuje zvýšenie hluku v celom úseku od km 5.868 do centra mesta. Bude to spôsobené zaústením 4 liniek električky z Petržalky do centra mesta pri zachovaní automobilovej dopravy.

## 7. Protihlukové opatrenia

**Vzhľadom na nekonkretizovaný typ vozidla, môžeme chápať výpočet len ako modelový, preto aj protihlukové opatrenia vyvolané kumulovaným hlukom električiek a automobilovej dopravy je orientačný, a bude ho potrebné v ďalšom stupni projektovej dokumentácii aktualizovať.**

Predikcia hluku pre rok uvedenia do prevádzky 2008 potvrdila prekročenie maximálnych prípustných hladín hluku v najvyšších podlažiach fasád okolitých budov. Preto je potrebné v rámci stavby realizovať protihlukové opatrenia priamo u zdroja hluku (cestná a električková doprava), prípadne na fasádach budov. Keďže pri výškových budovách nie je možné zabezpečiť protihlukovú ochranu tienením protihlukovou stenou na celej výške fasády, je možné v prípade prekračovania hodnôt hluku odporučiť fasádnu úpravu - výmenu okien od určitého podlažia nahor. V prílohe č. 1 až 4 sú znázornené objekty, u ktorých sa predpokladá prekročenie maximálnych prípustných hladín hluku na najvyšších podlažiach. Je potrebné dodať, že u niektorých bude dochádzať k prekročeniu hluku aj v nulovom stave (tab. č. 7 a 8).

Protihlukové opatrenia v Petržalke sa líšia v závislosti od variantného riešenia a sú uvedené v kapitole 7.1 a 7.2. Pri návrhu bola zohľadnená účinnosť protihlukového opatrenia (jeho umiestnenie) a možný bariérový účinok na pohyb peších.

### 7.1 Estakádny variant

Pre túto variantu navrhujeme realizovať **priebežnú protihlukovú stenu v celej dĺžke estakády s výškou 1 m nad temenom koľajnice na oboch stranách estakády v km 0.500 - 4.600** (výška protihlukovej steny vychádza z výšky zábradlia). Táto protihluková stena by mala byť integrovaná v rámci konštrukcie estakády v minimálnej novej vzdialenosti od osi koľaje. Mala by pozostávať z vysokopohltivých materiálov (príloha č. 7).

**Účinnosť navrhovaných protihlukových stien na estakáde bude mať účinnosť do výšky cca 8 podlažia.**

V rámci realizácie stavby je možné uvažovať aj s protihlukovou stenou na estakáde umiestnenou medzi koľajami električky. Toto protihlukové opatrenie by výrazne znížilo imisie hluku od električky predovšetkým na vyšších podlažiach okolitej zástavby. Znížilo by vplyv hluku na zástavbu od vzdialenejšej koľaje električkovej trate.

Pri estakádnom variante nespôsobí umiestnenie protihlukových stien žiadnu bariéru pre pohyb peších. Môže mať vplyv na náročnejšiu údržbu povrchu električkovej trate (v zimnom období) a zvýši cenu stavby.

V Petržalke vo výpočtových bodoch č. 1,2,3,5,6,8,9,10,11,12,13,1,18,20,21,22,24,25 vypočítané hodnoty **prekračujú hodnotu 60 dB. Preto odporúčame realizovať výmenu okien na týchto objektoch v prípade, že monitoring hluku (kap. č. 8) potvrdí prekročenie maximálnych prípustných hladín hluku.**

### 7.2 Povrchový a polozapustený variant

U povrchového a polozapusteného variantu je vplyv na okolitú zástavbu približne rovnaký. Vplyv sa líši predovšetkým v imisnej záťaži okolia električkovej trate a na fasádach okolitých budov do výšky cca 5. podlažia<sup>4</sup>. Keďže nie je možné umiestniť protihlukové steny<sup>5</sup> tak, aby sme nevytvorili výraznú bariéru pre pohyb peších, je potrebné sa zamerať na zníženie hluku od cestnej dopravy a konkrétne na okolie mimoúrovňových krížení<sup>6</sup>, kde sa práve hluk od cestnej dopravy stáva majoritným. Jedná sa predovšetkým o umiestnenie 7 protihlukových stien na premosteniach ponad trať električky. Po realizácii stavby s týmito protihlukovými stenami je možné očakávať hodnoty hluku uvedené v tabuľke č. 14.

Vo výpočtových bodoch č. 1,2,3,5,6,8,9,10,11,12,13,16,17,18,19,20,21,22,24 vypočítané hodnoty **prekračujú hodnotu 60 dB. Preto odporúčame realizovať výmenu okien na týchto objektoch v prípade, že monitoring hluku (kap. č. 8) potvrdí prekročenie maximálnych prípustných hladín hluku.**

Hluk od automobilovej dopravy po výstavbe PS

Tab. č. 14

PS	umiestnenie PS	parametre h/L	ovplyvnený VB	$L_{Aeq}$ pôvodné	$L_{Aeq}$ (30 m) s PS	$L_{Aeq}$ (5.5 m) pôvodné	$L_{Aeq}$ (5.5 m) s PS
1	Lietavská ul.	2 m / 310 m	5	56.9 (30 m)	<b>54.5</b>	52.6	<b>47.5</b>
			6	59.2 (30 m)	<b>57.0</b>	56.1	<b>49.7</b>
2		2 m / 255 m	7				
3	Šintavská ul.	2 m / 300 m	8	57.2 (12 m)	<b>55.3</b>	55.3	<b>51.7</b>
			9	57.8 (22 m)	<b>57.6</b>	56.5	<b>51.4</b>
4		2 m / 255 m	10	58.8	<b>58.5</b>	53.6	<b>52.7</b>
5	Pajštúnska ul.	3 m / 310 m	12	62.0	<b>62.0</b>	57.6	<b>54.7</b>
6		3 m / 175 m	19	59.2	<b>59.0</b>	54.1	<b>53.8</b>
7	Nám. hraničiarov	3 m / 170 m	20	61.8 61.0 (16 m)	<b>61.7</b> <b>59.2 (16 m)</b>	57.3	<b>51.4</b>
			21	62.5 61.7 (15 m)	<b>62.5</b> <b>59.9 (15 m)</b>	58.3	<b>52.9</b>
			22	63.0 60.6 (10 m)	<b>62.8</b> <b>60.2 (10 m)</b>	59.0	<b>58.6</b>

<sup>4</sup> Je to spôsobené nižšie položenou niveletou koľaje u polozapusteného variantu, čo má za následok výraznejší útlm hluku na okolitom povrchu ako pri variante povrchovom.

<sup>5</sup> Účinnosť protihlukových stien na najvyššie položené podlažia, kde sa práve predpokladá prekročenie hluku od dopravy, by bol minimálny.

<sup>6</sup> Najvýraznejší je tento vplyv od cestnej dopravy na premostení ulice Námestie hraničiarov v km 3.775 plánovanej električkovej trate.

Navrhované opatrenia budú mať sekundárny vplyv aj na ochranu plánovanej zástavby v okolí električkovej trate.

### 7.3 Vplyv plánovanej zástavby

Je možné predpokladať, že po uvedení stavby do prevádzky bude v najbližších rokoch okolité územie zastavané tak, ako to uvádza územný plán a urbanistická štúdia z roku 2004. V tomto prípade dôjde k odtieneniu existujúcej zástavby v nasledovných úsekoch:

- km 1.800 - 2.400 (VB 10, 11, 12),
- km 2.600-3.650 (VB 15, 17, 18 a 19),
- km 4.000 - 4.500 (VB 25 a 27).

To znamená, že na fasádach týchto budov a budov ležiacich na ich vzdialenostnej úrovni nebude vplyv od električky a komunikácie B majoritný. Najväčší vplyv budú mať obslužné komunikácie v ich blízkosti, prípadne zberné komunikácie, ktoré krížia električku.

## 8. Záverečné zhodnotenie a odporúčania

**Predkladanú hlukovú štúdiu vzhľadom na nekonkretizovaný typ vozidla môžeme chápať len ako modelový výpočet.** Štúdia zhodnocuje hlukové pomery v okolí plánovanej trasy električkovej trate, ktorá má byť realizovaná ako dočasné riešenie až do obdobia, kedy sa začne budovať nosný systém vyššieho rádu. Hlukové pomery boli posúdené na predpokladanú intenzitu električkovej dopravy v roku 2008 (rok uvedenia trasy do prevádzky) a výhľadovo zhodnotené aj pre rok 2018.

Teoretický výpočet preukázal rozdiely medzi hodnotenými variantnými riešeniami vedenia trasy električky. Do teoretického výpočtu bola zahrnutá aj cestná doprava na plánovaných úsekoch komunikácie B. Na imisné hodnoty hluku pred fasádami okolitých budov má vplyv predovšetkým poloha nivelety električkovej trate vzhľadom k okolitému terénu a mimoúrovňové kríženia s cestnou dopravou.

Je možné konštatovať, že teoretický výpočet hluku preukázal **prekročenie celkových imisií hluku (električka + automobilová doprava)** v najvyšších podlažiach na fasádach okolitých budov za predpokladu, že **nebudú realizované žiadne protihlukové opatrenia.**

Tieto hodnoty je problematické minimalizovať protihlukovými opatreniami na trase električky u povrchového a polozapusteného variantu. Preto boli navrhnuté protihlukové opatrenia na zníženie hluku od automobilovej dopravy na premosteniach električkovej trate. Pre plánované varianty boli navrhnuté protihlukové opatrenia tak, ako je to uvedené v kapitole č. 7.

**Plánovaná výstavba** v okolí električkovej trate bude mať výrazný prínos pri odtienení existujúcej zástavby, predovšetkým zástavby s funkciou bývania, a tak aj jej ochrany pred účinkami hluku od plánovanej električkovej trate. Po realizácii tejto výstavby bude mať rozhodujúci vplyv na existujúcu zástavbu práve automobilová doprava. V okolí električkovej trate nedôjde k výstavbe budov skôr ako po jej uvedení do prevádzky v roku 2008. Po 10 rokoch prevádzky je možné na základe územného plánu a urbanistickej štúdie mestskej časti Petržalka konštatovať, že dôjde k odtieneniu existujúcej obytnej zástavby v nasledovných úsekoch:

- km 1.800 - 2.400,
- km 2.600-3.600,
- km 4.000 - 4.500.

Je potrebné dbať, aby k električkovej trati boli v rámci novej zástavby čo možno v najmenšej možnej miere orientované obytné priestory bytov. Je možné využiť formu terasovitej zástavby a tak vyššie položené podlažia prirodzene vzdialiť od zdroja hluku.

### Odporúčanie pre vozidlo električky

Pri výbere vozidla by mal byť kladený dôraz na emisiu hluku. Na túto hodnotu má najväčší vplyv používanie plastov v konštrukcii vozidla, odpruženie podvozku, bočné prekrytie náprav (bočnice), odhlučnenie pohonnej jednotky a hlučnosť klimatizačného zariadenia vozidla električky.

**Pre plánovanú električku odporúčame maximálnu hladinu emisie hluku 81 dB pre uloženie na betónových platniach (zaústenie električkovej trate do CMO<sup>7</sup> a na estakáde) a 79 dB pri zatrávnenom zvršku<sup>8</sup>.**

Ďalším faktorom je vplyv plynulosti jazdy vozidla, ktorá bude prerušovaná len na zastávkach električky<sup>9</sup>. Pre prevádzku je možné odporučiť maximálne rýchlosť 60 km / h na úsekoch električky.

Dôležitá pre zachovanie emisných parametrov je aj kvalitná údržba vozidiel.

Rozdiely v emisiách hluku u nových vozidiel električky bez špeciálnych úprav sú minimálne. V konečnom dôsledku pri výbere dodávateľa električiek budú rozhodovať cena a vhodné prevádzkovo-technické parametre, z ktorých hlučnosť električiek bude významným kritériom.

### Odporúčanie pre trať električky

Vedenie električky na estakáde - Na zabezpečenie tieniaceho efektu navrhujeme umiestniť v technicky najmenšej možnej vzdialenosti k osi koľaje bariéru, ktorá by zabránila voľnému šíreniu hluku od temena koľajnice.

Vedenie električky na úrovni terénu - Ako najúčinnšie protihlukové opatrenie sa javí vedenie električky na zatrávnenom zvršku, ktorý zabezpečuje vyššiu pohltivosť a zvyšuje účinnosť krytia bočnicami električky.

Počas prevádzky električkovej trate je potrebné dbať na kvalitnú údržbu tak, aby nedochádzalo k zhoršovaniu technických parametrov trasy (žliabkovanie, priečne nerovnosti) a prípadnému poškodeniu protihlukových stien.

### Monitoring hluku

Keďže sa jedná o mimoriadne dôležitú stavbu v rámci územia mesta, je potrebné, aby boli prevedené **merania hluku v okolí plánovanej električky pred začatím výstavby a po uvedení stavby do prevádzky**. Je žiaduce, aby bol realizovaný **podrobný monitoring hluku** v celom úseku plánovanej stavby električky. V prípade, že by bolo potvrdené prekročenie hluku na fasádach okolitých budov, bude potrebné realizovať dodatočné účinné protihlukové opatrenia.

V Bratislave, júl 2005

Vypracoval: Ing. Adrián Lakošík

<sup>7</sup> CMO- centrálna mestská oblasť

<sup>8</sup> na základe konzultácie s firmou Siemens a.s. a Správy o životnom prostredí mesta Viedeň 1997

<sup>9</sup> Segregované vedenie električky od ostatnej dopravy zabezpečí plynulosť s výnimkou brzdenia a akcelerácie v priestore zastávok.

## 9. Prílohová časť

Príloha č. 1a: Hluková mapa – Nulový stav (km 0.400 – 3.000)

Príloha č. 1b: Hluková mapa – Nulový stav (km 3.000 – 4.300)

Príloha č. 1c: Hluková mapa – Nulový stav (km 5.7000 – 6.000)

Príloha č. 2a: Hluková mapa – Estakádny variant (km 0.400 – 3.000)

Príloha č. 2b Hluková mapa – Estakádny variant (km 3.000 – 4.300)

Príloha č. 3a: Hluková mapa – Povrchový variant (km 0.400 – 3.000)

Príloha č. 3b Hluková mapa – Povrchový variant (km 3.000 – 4.300)

Príloha č. 4a: Hluková mapa – Polozapustený variant (km 0.400 – 3.000)

Príloha č. 4b Hluková mapa – Polozapustený variant (km 3.000 – 4.300)

Príloha č. 5: Hluková mapa – Šafárikovo námestie (km 5.7000 – 6.000)

Príloha č. 6: Fotodokumentácia

Príloha č. 7: Príklady umiestnenia protihlukových stien