

# Brnianske električkové tunely

Ing. Bronislav Weigl,

Slovenská vedeckotechnická spoločnosť, doprava

*Pre zabezpečenie kvalitnej dopravy sa vo svete budujú aj technicky vysoko náročné stavebné diela, ktorých výsledkom je lepšia dopravná obslužnosť, resp. celkovo kvalitnejšie dopravné riešenia pre dané oblasti.*

V susednej Českej republike, v krajskom meste Brne sa takúto problematiku rozhodli riešiť vybudovaním dvoch električkových tunelov TRAM tunel Kampus a TRAM tunel Žabovřeská. Výstavba týchto dvoch tunelov pre električkové trate je realizovaná dvomi rozdielnymi metódami. Tunel Kampus bol realizovaný podzemnými stenami, osadením stropu a postupným hĺbením relatívne mäkkého materiálu. Tunel Žabovřeská bol realizovaný klasickým razením v skalnom masíve za pomoci trhavín. V oboch tuneloch je vlastná električková trať realizovaná ako pevná jazdná dráha

## TRAM tunel Kampus

### PREDLŽENIE ELEKTRIČKOVEJ TRATE Z OSOVÉ DO KAMPUSU BOHUNICE

#### Stručný popis

- Dĺžka tunelovej časti – 620 m
- Dĺžka PJD (W-Tram) – 620 m
- Dátum zahájenia stavby 1.8.2019
- Dátum spustenia prevádzky električiek 11.12.2022
- Celková cena diela – 1,49 mld. Kč

Nový úsek električkovej trate je odbočením z jestvujúcej trate na Starý Lískovec u zastávky Osová. Vlastný tunel je súčasťou tejto stavby „Predĺženie električkovej trate z Osovej do Kampusu Bohunice“. Výstavbou električkovej trate v časti vedenej v tunely a následnou jej prevádzkou sa podstatne zlepši spojenie centra mesta s vysokoškolským mestečkom, nemocničným komplexom a obchodným centrom. Termín skúšobnej prevádzky s cestujúcimi je od decembra 2022. Investorm je spoločne mesto Brno a Dopravní podnik města Brno.

Vlastná stavba sa dotýka aj jestvujúcej trate Starý Lískovec, kde došlo k posunu zastávky Osová o cca 125m smerom do centra a úprave smerového a výškového vedenia trate v dĺžke cca 450 m, za ktorou začína nový úsek trate, ktorá pokračuje do dvojkoľajného tunela dĺžky 619 m a stúpa k zastávke „Západná brána“. Tato zastávka je hĺbenej konštrukcie s ostrovným nástupiskom. Za tunelovou časťou nasleduje konečná zastávka „Univerzita a Nemocnice Bohunice“. Konečná zastávka je úvratového usporiadania koľajovým prejazdom pred zastávkou. Zastávka má celkovo 6 nástupných hrán zabezpečujúcich prestup medzi električkami, autobusmi a trolejbusmi. Medzi zastávkou a portálom tunelu sú umiestnené dve odstavné koľaje. Trať je vedená na samostatnom telese s nájazdami z komunikačnej siete pre účely údržby a mimoriadne udalosti. Zabezpečenie tunelového úseku je svetelnou signalizáciou.

Koľajový zvršok na úseku novovybudovanej trate s nasledujúcimi povrchmi:

- Asfaltový kryt - cca km 0,0 až 0,056 a km 0,675 až 0,835
- Pevná jazdná dráha, betón - cca km 0,056 až 0,675 (tunelový úsek vrátane zastávky)
- Otvorený koľajový zvršok - cca km 0,835 až 0,903 a v rekonštruovanom úseku jestvujúcej trate

V tunelovej časti je po celej dĺžke obojstranný chodník šírky 1,5m. Tunel má z oboch strán uzatváracie vráta, aby s celý priestor tunelu po skončení prevádzky mohol uzatvoriť. V tunelu je po celej dĺžke kamerový systém. Vstupy do zastávky Západní Brána sú opatrené rolovacou mrežou, aby sa rovnako po ukončení prevádzky mohla zastávka uzatvoriť spolu s tunelom.

### **Zastávka Západní Brána**

Zastávka Západní Brána je hĺbená s ostrovným nástupiskom dĺžky 65m a šírky 6,6 m -9,7 m. Nástupisko je 7,6m pod terénom. S povrchom ho spájajú eskalátory a pevné schodiská. Bezbariérový prístup je umožnený evakuačným výťahom. Celý priestor nástupiska je otvorený a zakrytý preskleným zastrešením.

### **Zastávka Univerzita a Nemocnice Bohunice**

Konečná zastávka je úvratového usporiadania s koľajovým prejazdom pred nástupiskom. Zastávka má celkom 6 nástupných hrán dĺžky 60 m zabezpečujúcich prestup medzi električkami, autobusmi a trolejbusmi. Nástupiská sú šírky 3,3 m zakryté v celej dĺžke zastrešením. Medzi zastávkou a portálom tunela sú umiestnené dve odstavné koľaje, každá dĺžky 65 m.

### **Popis stavebného riešenia**

Stavba je na jestvujúcu električkovú sieť MHD napojené na trať do Starého Lískovce v mieste zastávky Osová. Prístup na zastávku Osová je novými chodníkmi, schodiskom a dvoma výťahmi z ulice Osová. Ulice Okrouhlá je prerušená v úseku medzi vjazdom na parkovisko u ulice Vltavská a miestom napojení na Osovú bude slúžiť iba chodcom, pre prístup údržby a vozidla integrovaného záchranného systému.

Na zastávku Nová Jihlavská je peší prístup z ulice Labská. Prístup bude zároveň slúžiť pre vozidla údržby a evakuačné vozidlá. Na úroveň nástupiska je prístup výťahom, pevným schodiskom a eskalátormi.

V priestore zastávky Univerzita a Nemocnice Bohunice sú pre trolejbusové a autobusové linky zriadené nástupiská priamo v ulici Netroufalky. V smere k zastávke Univerzitní Kampus je spoločné nástupisko a električkami a v opačnom smere je nástupisko za križovatkou s ulicou z Palachovho námestia. Priestor trolejbusové zastávky pre ukončené trolejbusy, príjazd na parkovisko a k Nemocnici Brno je organizovaný jednosmerne. Vjazd z križovatky s ulicou z Palachovho námestia bude aj pre MHD a aj pre príjazd vozidiel na parkovisko u nemocnice.

### **Električková trať v tunelu**

Do tunelu vchádza električková trať pravým oblúkom ( $R=50$  m) a pokračuje priamou s nadväzným oblúkom ( $R=300$  m), ktorým sa vchádza so zväčšujúcou sa osovou vzdialenosťou do zastávky Západní Brána. Tato zastávka je podpovrchová s ostrovným nástupiskom a nástupní hranou na vnútornej strane oblúku ( $R=300$  m). Za zastávkou sa trať vracia do osovej vzdialenosti 3,10 m a priamym úsekom vychádza z tunelového úseku. Od vjazdu do tunelu až po zastávku Západní Brána má trať stúpanie 65 ‰, za zastávkou 12 ‰ a na rozhraní tunelovej časti a časti pred Nemocnicou Bohunice, trať mierne klesá -10 ‰. Dĺžka tunelového úseku je cca 620 m, je riešená pevnou jazdou dráhou so žliabkovou koľajnicou, upevnením W-Tram a so zakrytým povrchom.

### **Postup výstavby**

Tunel je rozdelený na 4 úseky: južný portál (monolit), tunelová časť (podzemné steny, monolitický strop), hĺbená stanica (monolit, severný portál (monolit). V prvej etape výstavby tunelu sa realizovala výstavba hlavnej tunelovej časti. V druhej etape sa realizovala výstavba vlastnej podzemnej stanice a severného portálu. V tretej etape sa budoval južný portál. Po dokončení hrubej stavby sa začala budovať pevná jazdná dráha. Najskôr sa realizovalo odvodnenie pomocou drenážneho potrubia. Následne sa vykonala betonáž únikových chodníkov po oboch

stranách tunelu. V priebehu dokončovania chodníkov sa začala realizovať betónová doska pro pevnú jazdnú dráhu. Po zabetónovaní dosky začala montáž koľajníc, pomocou upevnenia W-Tram. Po osadení oboch koľají sa realizovala betonáž „pojazdových dosiek“ medzi koľajami a v jednotlivých koľajach. Pred portálmi sa nachádza zakrytý zvršok pomocí asfaltového krytu. Medzi tunelom a „klasickým“ električkovým zvrškom (štrk a podvaly) je vytvorený prechodová oblasť (preliate štrkové lôžko pomocou živice) z dôvodu menšieho rozdielu medzi sadaním jednotlivých typov konštrukcií.

Celá nová električková trať bola budovaná od 05/2020 do 12/2022. Skúšobná prevádzka na trati začala 11.12.2022.

## **TRAM tunel Zabovřeská „VMO I/42 BRNO, ŽABOVŘESKÁ“**

### **Električkový tunel - stručný technický popis**

Električkový tunel je súčasťou rozšírenia komunikácie „VMO I/42 Brno, Žabovřeská“. Realizácia tohto električkového tunela umožní rozšírenie a tým zvýšenie kapacity príľahlej komunikácie. Termín skúšobnej prevádzky s cestujúcimi je plánovaný na 2. štvrťrok 2023 a následne bude pokračovať výstavba cestnej komunikácie. Investorom celej stavby vrátane električkového tunela je Ředitelství silnic a dálnic ČR.

V rámci výstavby VMO došlo k preloženiu električkovej trate do nového tunelu pod Wilsonovým lesom, pričom razené portály tunelu sú situované v miestach bývalých lomov.

Tunel v celkovej dĺžke 500 m je tvorený razenou časťou dĺžky 333 m a presypanými časťami dĺžky 162 m na severe a o dĺžky 5 m u južného portálu. Súčasťou tunela je samostatná razená úniková štôlna dĺžky 55 m, ktorá je situovaná zhruba v polovici dĺžky tunelu a umožňuje bezpečnou evakuáciu osôb do priestoru núdzového zálivu príľahlej cestnej galérie. Technologický objekt u severného portálu tunela združuje technologické zázemie pre električkové aj cestnú časť.

Z hľadiska priečného usporiadania zodpovedá prejazdný profil norme dvojkoľajného električkového tunelu. Osová vzdialenosť koľají je konštantná 3,100 m. Smerovo je tunel navrhnutý podľa trasy do niekoľkých protismerných oblúkov s minimálnym polomerom 161,550 m. Výškovovo je tunel navrhnutý do strechovitého sklonu s pozdĺžnym sklonom výškového polygónu 0,5 % s vrcholovým oblúkom približne v polovici dĺžky tunelu.

V trase razeného i presypaného tunelu sú umiestnené čistiace výklenky pre drenáž, v razenej časti tunelu sú umiestnené podružné rozvodne. Razba prebiehala novou rakúskou tunelovacou metódou za pomoci trhavín so zaistiťovaním výrubu striekaným betónom, priehradovými nosníkmi a svorníkmi. Definitívne ostenie v razenom úseku je založené na základových pásoch. Hrúbka ostenia vo vrcholu klenby je min. 300 mm. Tunel je opatrený medziľahlou dáždnikovou fóliovou hydroizoláciou a pätnou drenážou.

Presypaný tunel pri severnom portáli má dve konštrukčne rozdielne časti, 138 m dlhý klenbový úsek a 24 m dlhý úsek tvorený uzavretým pravouhlým rámom v susedstve galérie a portálového technologického objektu. Nosná klenbová konštrukcia je železobetónová s hrúbkou ostenia vo vrcholu klenby 450 mm. Rámové pásy na severnom portáli a na južnom portáli sú tvarovo obdobné a sú presypané iba z časti. Hrúbka stien, stropnej a spodnej dosky je min. 600 mm. Steny tunelu do vzdialenosti 50 m od portálu sú opatrené protihlukovým pohltivým obkladom s hliníkových paneloch.

## **Električková trať - stručný technický popis**

Zvršok električkovej trate v tunelu je navrhnutý ako pevná jazdná dráha. Betónová doska s povrchovým nástrekom emulziou FimafoB, výstuž z KARI-sítí pri spodnom povrchu, doska betónovaná po výške vo dvoch fázach. Električkový zvršok je realizovaný na doske hrúbky min. 240 mm z podkladového betónu. Pod pevnou jazdnou dráhou je umiestená elastomerová antivibračná rohož CONIRAP 24 mm.

Upevnenie koľajníc je pružné na plastových podkladniciach systému W-TRAM do betónovej pevnej jazdnej dráhy v elektricky izolovanom prevedení a krytom upevňovacieho uzla po 750 mm alebo na rektifikačný podval po 3,75 m, žliabková koľajnica NT3.

V prvej fáze je betónovaná spodná vystužená betónová doska uložená na antivibračnú rohož. Spodná doska je premennej hrúbky vo väzbe na priečny sklon horného povrchu daného prevýšením koľaje v oblúku. Koľajnice sú osadené pred vybetónovaním hornej betónovej dosky vrátane všetkých upevňovadiel a podkladníc po max. 750 mm a po 3,75 m na rektifikačné betónové podvaly. Koľajnice vrátane rektifikačných podvalov boli pred vybetónovaním vrchnej dosky smerovo aj výškovo osadené do projektovanej polohy pomocou rektifikačných skrutiek.

V druhej fáze betonáže sa následne koľaj spolu s upevňovadlami zaleje betónom po úroveň plastových podkladníc so zaliatím podkladníc do betónu v hrúbke min. 8 mm. Vrchná doska má konštantnú hrúbku cca 290 mm.

Betónová doska pevnej jazdnej dráhy sa vybetónovala pre pravú a ľavú koľaj samostatne. Monolitická betónová doska je v pozdĺžnom smere prerušená rektifikačnými podvalmi, dilatčné úseky betónovej dosky sú dlhé cca 4,0 m, dilatčné škáry rešpektujú dilatčné škáry v ostení tunelu (cca á 8,0 m).

Povrch pevnej jazdnej dráhy je odvodnený priečnym sklonom do prefabrikovaných betónových žliabkov šírky cca 0,21 m, ktoré sú v najnižších miestach odvodnené cez dažďové vpusti do kanalizácie. Päta koľajnice zostala bez podliatia, aby umožnila prietok vody.

## **Stručný postup výstavby**

Celková koncepcia výstavby je s ohľadom na zložitosť a vzájomnú previazanosť medzi stavebnými objektami založená na realizácii úseku pevnej jazdnej dráhy v tunelu čo najskôr, tak aby mohli byť následne osadené a inštalované prvky technologického vybavenia tunelu. Následne boli dobudované nadväzujúce úseky pevnej jazdnej dráhy pred a za tunelom v rozsahu smerových oblúkov vrátane prechodníc. Ďalšie úseky trate sú riešené otvoreným zvrškom. Po inštalácii všetkých technologických prvkov budú vykonané funkčné skúšky a odladenie riadiaceho systému tunelu vo väzbe centrálne velíny BKOM a DPMB. Predpokladaný termín uvedenia do prevádzky je v zmysle harmonogramu zhotoviteľa v 1. polroku 2023.

## **Slovo na záver**

*Poznanky z týchto stavieb je možné uplatniť aj v SR, najmä v Bratislave, ktorá stále zaostáva pri riešení výstavby a integrácie koľajovej dopravy a vyžaduje si spoluprácu všetkých zainteresovaných zložiek, ako to bolo v týchto vyššie uvedených prípadoch - oblasťná a miestna samospráva, železnice, magistráty, DP. Žiaľ u nás majú v prvom rade prvé slovo rôzne aktivistické skupiny, čo v prípade prípravy a následnej výstavby v Brne zostalo stranou a všetci zainteresovaní robili všetko preto, aby sa tieto diela realizovali v čo najkratšom čase s výsledkom zabezpečenia čo najkvalitnejšej dopravy.*

*A pre pamätníkov v Bratislave treba pripomenúť, že obdobné riešenie ako TRAM tunel Kampus bolo navrhované začiatkom 90-tich rokov pre obsluhu sídliska Dlhé diely, ale žiaľ po nekonečných diskusiách bolo toto zamietnuté.*