

DÁLNIČNÍ TUNELY NA SILNIČNÍM OKRUHU KOLEM PRAHY

1. ÚVOD

Trasa jižní části vnějšího okruhu Prahy přechází údolí Vltavy a Berounky do kterého klesá z poměrně strmě se zvedající pahorkatiny podél břehů. Proto a také protože vede chráněnými územími bude trasa v úsecích stavby 513 Lahovice-Vestec a stavby 514 Lahovice-Slivenec vedena v tunelech. V obou úsecích jsou jednosměrné tunelové trouby které jsou v klesání dvoupruhové a ve stoupání s ohledem na sklon cca 4 % rozšířené o stoupačí pruh pro těžkou nákladní dopravu, tedy třípruhové. Tunelové trouby jsou z bezpečnostních a technologických důvodů propojeny propojkami ve vzdálenostech po cca 200 m. Celkem mají tunely na stavbě 513 délku cca 1930 m a na stavbě 514 cca 1620 m. Aby se v ražených úsecích dosáhl optimální odstup tunelových trub mezi sebou jsou pravé tunelové trouby odsunuty od osy trasy mírně odlišnými poloměry od poloměrů trasy.

2. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Tunely stavby 514 budou raženy v ordovických a silurských horninách, které jsou tektonicky porušené a prostoupené zlomovými a vrásovými poruchami. Podle tektonických pásem došlo k silnému porušení hornin. Břidlice jsou prohnětením drcené s tektonickými ohlasy. Pukliny jsou často rozevřené nebo částečně vyplněné drcenými horninami a zvodnělé. Četné zlomy mají různý směr; za hlavní lze považovat směr SV – JZ se sklonem 45 až 60° k SZ. Hojné jsou všude i příčné zlomy orientované subparalelně s trasou. V nich došlo k poklesům s brekciovou výplní charakteru střípků břidlic a jílu. Tektonické poruchy v trase tunelů budou kvantitativně i kvalitativně upřesněny při ražbě průzkumné štoly v ose kaloty třípruhového tunelu

Tunely stavby 513 budou u Komořanského portálu procházet kvartérní horniny víceméně nesoudržné, podle dosavadních znalostí v převážné délce hodnocené jako písek s příměsí jemnozrné zeminy a v několika polohách jako písek hlinitý a písek jílovitý.

Ražený tunel bude v celé své délce ve skalních horninách, ve spodní části (cca 800m) v ordovických vrstvách letenských břidlic, v horní části (cca 900m dlouhé) v polohách protezoických drob. V převážné délce bude ražba probíhat v podmínkách dobrých nebo zhoršených; nepříznivé až velmi nepříznivé podmínky se očekávají pouze u portálu než se klenba zahloubí do jen mírně navětralých poloh letenských břidlic, potom v místech poruchových zón a v celkem delším úseku u výjezdového Cholupického raženého portálu, kde strop tunelu zasahuje do zvětralých a narušených poloh drob.

Hydrogeologické poměry jsou z hlediska ražeb poměrně příznivé i když téměř celá trasa ražených tunelů prochází pod hladinou podzemní vody. V oblasti ražených tunelů je zvodněl vázána na puklinový kolektor ve zvětralých zónách skalního podloží. Hladina podzemní vody kopíruje do jisté míry terén. Vydátost přítoků na čele výrubu může dosahovat většinou řádově desetin l/s, u křemenců a diabásů pak cca 1 l/s a ve zvodnělých tektonických poruchách až 3 l/s.

3. PRŮŘEZ TUNELOVÝCH TRUB A PROPOJEK

Světlé průřezy tunelových trub jsou klenuté a v celé délce jednotné bez ohledu na způsob výstavby. Pravý stoupající tunel je třípruhový, levý klesající tunel je dvoupruhový.

Šířky vozovky vychází z předchozího stupně dokumentace a byly závazně stanoveny na jednáních a respektují požadavky normy a intenzity dopravy.

Pravý jízdní pruh mají tunely široký 3,75m, jeden eventuálně druhý levý jsou šíře 3,50m. Třípruhový tunel má vodící proužky 0,50m a tedy celkovou šířku vozovky 11,75m, Dvoupruhový tunel má vodící proužky 0,50 a 0,25m a nouzový pruh 1,0 m, celková šířka vozovky je 9,00m. Chodníky jsou 1,0m široké po obou stranách. Výška průjezdného průřezu je 4,80m; uprostřed pod klenbou by mohla mimořádně projet i vozidla vyšší.

4. RAŽENÉ TUNELY

Ražené objekty tvoří podstatnou část staveb 513 i 514 silničního okruhu. Na hlavní tunely z obou stran navazují hloubené úseky a průběžně tunelové propojky.

Všechny ražené tunelové objekty jsou konstrukčně podobné se stejným typem konstrukcí. Primární ostění ze stříkaného vyztuženého betonu C 20/25 X0, definitivní ostění z monolitického vyztuženého betonu C25/30 XF4, oboje ostění klenuté kruhové s mezilehlou izolací. Ražení všech tunelů bude postupovat podle zásad Nové rakouské tunelovací metody s horizontálním členěním čelby.

5. PORTÁLY TUNELŮ A HLOUBENÉ TUNELY

Obtížným místem tunelové stavby bývají vždy portály tunelu. Už samotné jejich umístění záleží na mnoha faktorech, zejména na tvaru terénu a směrovém a výškovém vedení trasy, na geologických poměrech v daném místě, na vhodném začlenění stavby do krajiny a na dalších faktorech. Všechny tyto okolnosti ovlivňují i portály tunelů na okruhu Prahy. Velmi problematický je zejména Lochkovský portál stavby 514. Je umístěn ve strmém svahu nad Radotínem s mocností pokryvných útvarů - štěrkových zemin přes 10 m. V tomto případě je nutné posunout ražený portál co nejdál do hory, kde je již alespoň spodní část tunelu ve skalních horninách. I když při pochůzce terénem neshledáte žádné zvláštnosti a dalo by se říct, že terén nad budoucím tunelem vypadá všude stejně, je to vlastně louka s řídkým náletem a nemnoho stromů, právě v místě vhodném pro umístění portálu probíhá biokoridor. To znamená, že počáteční úsek tunelu je nutno posunout do jednoduše řečeno nejobtížnějších možných podmínek pro tunelování a tento úsek se nesmírně prodraží a jeho výstavba bude nebezpečná. Jestli je to vůbec možné řešení a jakým způsobem řešitelné by mělo ukázat doplnění geologického průzkumu průzkumnou štolou. Stavební jámy pro ražené portály tunelů jsou navrženy se strmými svahy, zajištěnými stříkaným betonem a kotvami (hřebíky), portál nad Radotínem vyžaduje svislé stěny, které jsou zajištěny pilotovými stěnami. V jamách budou vybudovány hloubené tunely a pohledové portály. Ostění hloubených tunelů je ze železobetonu C25/30, V4 T 100 a má stejný světlý průřez jako příslušné tunely ražené; jejich klenby mají tloušťku 600mm. Vodotěsnost ostění hloubených tunelů zajistí rubová izolace z folie HDPE tl. 3mm, chráněné z obou stran ochrannou netkanou vpichovanou geotextilií. Hloubené tunely jsou založeny na základových patkách, hloubené tunely v úseku 514 - Lahovice jsou navrženy se spodní klenbou.



Portály jsou všechny konstrukčně řešeny jako monolitické, železobetonové. Na elipsovitou korunu portálových čel stavby 514 je navíc nasazen „žebrovaný límec“, který architektonicky ztvárňuje portály a začleňuje je do přilehlého území. Toto architektonické ztvárnění je užito poprvé na u nás projektovaných tunelech a jak můžete sami posoudit, rozhodně průjezd touto částí trasy oživí. Definitivní terén okolo portálů je vytvořen zasypáním navazujících hloubených tunelů a částí portálů ve sklonu cca 1:1,75. Po stranách portálů jsou svahy ukončeny opěrnými zídkami.

6. ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI A TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ TUNELŮ

Pro zajištění bezpečnosti jsou silniční tunely vybaveny více než tunely železniční, protože v silničním tunelu se pohybuje daleko více subjektů - vozidel s poměrně větší svobodou pohybu a tím i možnost vzniku nebezpečných situací při provozu je daleko větší.

Jak ukázaly požáry v evropských tunelech v nedávné minulosti, nejpodstatnější pro bezpečnost je možnost úniku z tunelu a k tomu slouží únikové propojky mezi tunely, které jsme již zmínili výše a které jsou vždy u obou napojení do tunelu opatřeny požárními dveřmi a samostatně větrány. V dvoupruhovém tunelu je navíc nouzový záliv pro zastavení nebo odstavení vozidla.

Po 150 m jsou v tunelu SOS skříň s telefonem, hasicími přístroji a dalším vybavením.

V tunelu je požární vodovod s velkými hydranty, které jsou určeny pouze pro zásah hasičů.



Pochopitelně standardem je již osvětlení tunelu s akomodačním pásmem u portálů, kde postupné snižování intenzity osvětlení zajistí postupné stmívání a zvyká oko řidiče při vjezdu i výjezdu z tunelu. Pro případ havárie a požáru je navíc instalováno nouzové osvětlení.

Řízení dopravy bude zajištěno jak proměnným dopravním značením v tunelu tak ve volné trase před tunely, je navázáno na DIS (dopravní informační systém) přenosem dat do dispečinků v SSÚD Rudná a HDRÚ Praha s vyhodnocováním dopravních dat z trasy. Dění v tunelu navíc bude možno sledovat pomocí instalovaných kamer.

Tunely jsou větrány pomocí proudových ventilátorů umístěných pod klenbou tunelu po cca 200 m. V základním režimu pracují ve směru jízdy vozidel. Určující podmínkou pro umístění a výkon ventilátorů je případ požáru. Při požáru bude větrání spuštěno až po cca 6 až 8 min., kdy vlivem ochlazování kouřových zplodin pod klenbou tunelu dojde k zadýmení zóny u vozovky a tím k ohrožení cestujících. Do té doby se teplý kouř drží pod klenbou a umožní únik osob. V sousedním nezadýmeném tunelu budou ventilátory spuštěny ve stejném směru jako v tunelu s požárem, aby nedocházelo k nasávání škodlivin (dým a zplodiny z hoření) přes portál do druhého čistého tunelu. Do tohoto tunelu se osoby dostanou únikovými propojkami.

Při běžném provozu je z důvodu zajištění požadovaného rozptylu škodlivin v pravém stoupajícím tunelu a částečně v začátku levého tunelu navržena odsávací strojovna vzduchotechniky.

Všechna uvedená zařízení kladou velké nároky na napájení. Trafostanice a rozvodny jsou umístěny v přízemních objektech před portály tunelů, vlastní rozvody v tunelu jsou vypínatelné po 400 m. Napájení je zálohováno pro případ výpadku el.energie.

I při odvodnění vozovky je myšleno na bezpečnost, odvodňovací žlaby podél obrubníků jsou po každých 50 m přerušeny sifonem-shybkou přes kterou se nemůže šířit požár při havárii.

7. PRŮZKUMNÉ ŠTOLY

1.1 Všeobecně

Při přípravě výstavby větších tunelových staveb je možno ověřit horninové poměry předpovídané geologickým průzkumem vyražením průzkumné štoly. Další výhodou je částečná příprava staveniště a zjištění dalších vztahů stavby a okolní přírody nebo zástavby. Průzkumná štola je významnou součástí

podrobného geologického průzkumu, která upřesňuje a doplňuje údaje o fyzikálních a mechanických charakteristikách horninového prostředí a ověřuje jeho chování při ražbě. Získané výsledky pak využije projektant při návrhu a posouzení primárního i trvalého ostění tunelu, při návrhu technologického postupu i při umístění ražených portálů tunelů. Zhotovitel ražby tunelu pak má spolu s dozorem investora k dispozici podklady pro upřesnění (optimalizaci) postupu výstavby před vlastním zahájením ražby a k nasazení potřebných mechanismů.

Pro stavby okruhu Prahy 513 a 514 je rozhodnuto razit průzkumné štoly.

Dosud se při návrhu průzkumné geologické štoly volil zpravidla malý výrubní průřez, aby se minimalizovaly náklady na průzkum horninových poměrů. V poslední době zejména v hustěji obydleném území nebo různě chráněných oblastech přestávají mít geologické poměry hlavní vliv na vedení trasy komunikace včetně trasy tunelů. K výsledné realizované trase se zpravidla dospěje po úporném vyhledání „schůdného“ koridoru a pro něj se realizuje podrobný geologický a geotechnický průzkum.

Rozsah tunelových staveb, jejich náročnost i nákladnost, požadavek na rychlé a ekonomické ražení tunelového díla s využitím moderní výkonné mechanizace však vyžaduje nejen důkladné znalosti horninových poměrů, ale také znalost reakcí těchto poměrů na ražbu, prováděnou mechanizací obdobnou, jaká bude nasazena pro předpokládaný technologický postup tunelování. Proto v současné době již není vhodné razit „ručně“ minimální průřez s nedokonalým dočasným vstrojením výrubu štoly.

Nasazení vhodné mechanizace vyžaduje však zvětšit průřez průzkumné štoly a zvětšení průřezu průzkumné štoly pak vyžaduje zvolit optimální polohu z hlediska následné ražby tunelového díla tak, aby předražená průzkumná štola co nejméně narušovala technologický postup ražby vlastního tunelu a naopak přispěla k ulehčení a zrychlení jeho ražby.

1.2 Návrh průřezu a umístění průzkumných štol tunelů 513 a 514

Problém velikosti a polohy průzkumné štoly byl postupně řešen u obou shora zmíněných tunelů na silničním okruhu kolem Prahy. Dvoupruhová tunelová trouba bude mít výrubní průřez 95 m^2 a třípruhová cca 130 m^2 . Podle první fáze podrobného geologického průzkumu byla ověřena vhodnost směrového i výškového vedení trasy v místě obou připravovaných tunelů a tato trasa byla potvrzena schválenou dokumentací DUR i projednávanou DSP. Předpokládá se postup ražení velkých tunelů podle zásad Nové rakouské tunelovací metody s členěním průřezu na přístropí (kalotu), opěří (jádro) a dobírku dna resp. spodní klenby.

Nejdříve byla navržena průzkumná štola podkovovitého tvaru o ploše $13,8 \text{ m}^2$, s polohou uprostřed kaloty třípruhového tunelu tak, aby výrub vrcholu štoly byl min $0,8 \text{ m}$ pod výrubem budoucího výrubu tunelu. Snahou zřejmě bylo, aby narušení horniny za rubem štoly nedosahovalo k líci výrubu tunelu. Taková poloha minimálně ovlivní další průběh ražeb tunelů, avšak také jen minimálně může přispět k ulehčení při další ražbě tunelu, když dno štoly bylo nejméně 1 m nad předpokládaným dnem přístropí.

Metroprojekt Praha a.s. při zahájení projekčních prací na DSP tunelů 514 a 513 projednal s investorem změnu návrhu průřezu a polohy průzkumné štoly podle již vypracované dokumentace na průzkumné štoly. Do dokumentace průzkumných štol byla zapracována nová poloha a zvětšený průřez.

Světlý průřez průzkumné štoly je $21,92 \text{ m}^2$, teoretický výrub má plochu $25,62 \text{ m}^2$. Průzkumná štola se opět navrhuje v třípruhové tunelové troubě v celé délce raženého tunelu. S ohledem na optimální dosah mechanismů, zajišťování bezpečné stability čela výrubu a vhodné podélné rozložení razicích prací ve velkém průřezu budoucího třípruhového tunelu navrhuje se dno průzkumné štoly v úrovni předpokládaného dna kaloty při vodorovném členění výrubu velkého tunelu. Výška štoly je optimální výškou pro nasazení výkonné mechanizace a její pracovní dosah v čelbě.

Poloha a tvar průzkumné štoly byly voleny tak, aby primární ostění štoly v klenbě zasahovalo 100 mm do primárního ostění budoucího tunelu a bylo tak jeho součástí. Uvedená poloha průzkumné štoly vytvoří první dílčí výrub přístropí třípruhového tunelu a svým primárním ostěním bude při ražbě přístropí působit jako obrovská prostorová kotva, která současně výrazně zmenší čelo výrubu tak, že bude bezpečně stabilní zpravidla bez jakýchkoliv dalších opatření. Tato štola nezhorší podmínky pro vlastní ražbu třípruhového tunelu, ale naopak výrazně přispěje k bezpečnosti jeho ražby.

Vyražená průzkumná štola v nové poloze bude, vedle své hlavní průzkumné funkce, významnou

ventilační chodbou, únikovou a nástupní chodbou v případě mimořádné události a v neposlední řadě i možnou zásobovací cestou. Nelze opomenout ani ideální možnost v předstihu před ražbou osadit kotvy ve vrcholu klenby a podle potřeby nasadit mimořádná či potřebná předstihová opatření v místech průzkumnou štolou ověřených poruchových zón či jiných mimořádností. V krajním případě lze zabudovat do vrcholu štoly segment klenby primárního ostění tunelu (v šířce štoly) a vyztužit ho tak, aby působil jako tuhý podélný nosník, který v nepříznivých horninových poměrech bude schopen výrazně omezit deformace v hornině a poklesy povrchu při rozšiřování výrubu přístropí a jeho zajišťování.

Významným přínosem této polohy a tvaru průzkumné štoly bude jistě i ověření postupů ražení podle NRTM / NATM protože technologický postup ražby bude v zásadě stejný, pouze s extrapolací zkušeností z menšího průřezu štoly na větší průřez přístropí. Tím se získají významné podklady pro přesnější rozdělení očekávaných tříd ražnosti podél celých délek obou tunelových trub a tedy i přesnější nasazení potřebných vystrojovacích prostředků a bez zbytečných rezerv stanovit jak ceny tak i harmonogram výstavby.

1.3 Závěr

Zvětšený výrub průzkumné štoly a její nová poloha přináší celou řadu výhod jak pro zhotovitele, tak pro investora. Vynaložené náklady na štolu se pak vrátí při vlastní ražbě tunelů zvýšenou bezpečností, kvalitou i rychlostí ražeb.

Pro využití úprav průzkumné štoly byly příznivé podmínky, pevně stanovená směrová i výšková poloha trasy a snaha všech účastníků výstavby po optimalizaci řešení.