

TUNELY LOCHKOV A KOMOŘANY – SILNIČNÍ TUNELY NA OKRUHU KOLEM PRAHY, STAVBY 513, 514

THE LOCHKOV AND KOMOŘANY TUNNELS ON THE PRAGUE CITY RING ROAD (CONSTRUCTION LOTS #513, #514)

OTAKAR HASÍK, KAREL ZÁVORA, MÁROŠ DAVID

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Region	Středočeský kraj, hlavní město Praha
Investor	Ředitelství silnic a dálnic ČR
Projektant	METROPROJEKT, a. s., PRAGOPROJEKT, a. s., PUDIS, a. s., VALBEK, s. r. o.
Uživatel	Ředitelství silnic a dálnic ČR
Období výstavby	2006–2010
Objem stavebních prací:	
ražené objekty	351 778/432 000 m ³ (vyrubaný prostor 514/513)
hloubené objekty	109 021/82 000 m ³ (obestavěný prostor 514/513)

ÚVOD

Vývoj automobilizace v České republice po roce 1989 a stále přísnější požadavky na životní prostředí vedly k potřebě přehodnocení přístupu k automobilové dopravě. V hlavním městě Praze byla proto v 90. letech navržena a posléze schválena koncepce sítě hlavních komunikací. Pro město s rozlohou 496 km², kde žije 1,17 mil. obyvatel, byl navržen systém radiálně-okružní, který tvoří dva okruhy (městský a pražský) a 7 radiál.

Pražský (vnější) silniční okruh je veden poblíž hranice města a převádí tranzitní regionální a mezistátní dopravu mimo zastavěné území. Jeho celková délka dosahuje 83 km. Okruh má v současné době v provozu úseky v západní a východní části Prahy celkové délky cca 17 km.

Navržená trasa jižní části silničního okruhu kolem Prahy přechází údolím Vltavy a Berounky, do kterého klesá z poměrně strmě se zvedající

BASIC DATA

Region	the Central Bohemian Region, the City of Prague
Employer	the Directorate of Roads and Motorways of the CR
Designer	METROPROJEKT a. s., PRAGOPROJEKT a. s., PUDIS a. s.
User	the Directorate of Roads and Motorways of the CR
Construction period	2006 – 2010
Works volumes	
mined structures	351,778/432,000m ³ (excavated space 514/513)
cut-and-cover structures	109,021/82,000m ³ (wall-in space 514/513)

INTRODUCTION

The development of car ownership after 1989 and the more and more stringent requirements for the living environment resulted in a need for re-evaluation of the attitude toward motor-vehicle traffic. Regarding the City of Prague, a conception of a network of major roads was proposed and subsequently approved in the 1990s. A radial-orbital system consisting of two orbital roads (the Prague City Ring Road and the City Circle Road) and 7 radial roads was designed.

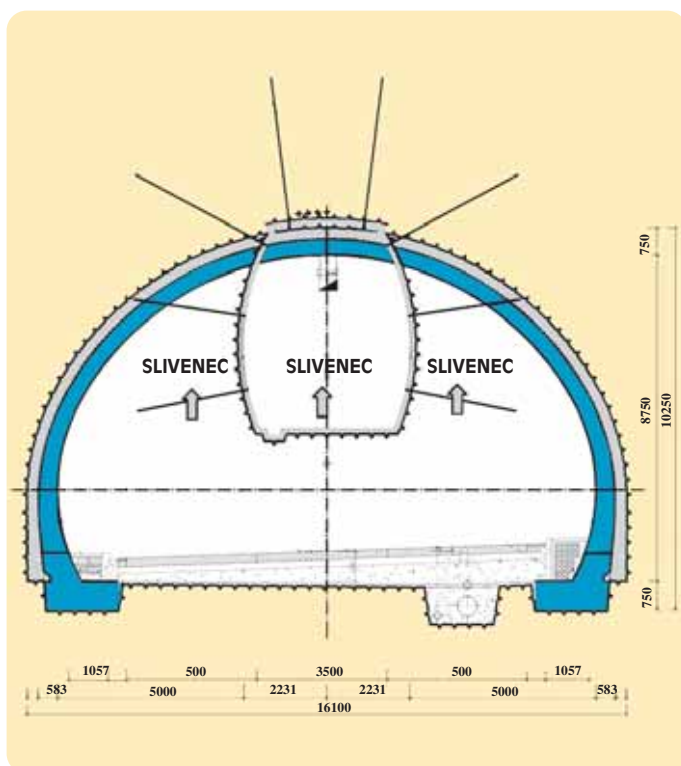
The (outer) Prague City Ring Road runs near the city limits. The regional and interstate traffic is diverted along this road outside the urban development area. The total length of the ring road amounts to 83km. The currently operating sections of the ring road with an aggregated length of approximately 17km are found in western and eastern parts of Prague.

The designed alignment of the southern part of the Prague City Ring Road passes across the Vltava River and Berounka River valley. It descends to this valley from relatively steeply rising downs along its banks. For this reason, and also because it runs across conservation areas, the alignment sections pass through Komořany and Lochkov tunnels. Section from Lahovice to Vestec forming the construction lot #513 and the section from Lahovice to Slivenec forming the construction lot #514. will pass also through tunnels, i.e. the Komořany and Lochkov tunnel respectively. Both sections are twin-tube structures, double-lane in sections and three-lane in ascending sections, where another lane is added for heavy goods vehicles with respect to the approximately 4% gradient. For safety and technical reasons, the tunnel tubes are interconnected by cross passages at intervals of about 200m. Total lengths of the tunnels of the construction lot #513 and #514 amount to 1,930m and 1,620m respectively. To achieve an optimal distance between the tunnel tubes, the right tubes are shifted from the centre line of the route using radii slightly differing from the radii of the route.

GEOLOGY

The relatively thick Quaternary cover in the vicinity of the Radotín portal of the construction lot #514 consists of slope loams containing rock debris. The further tunnels will be driven through Ordovician and Silurian rock consisting of thinly laminated clayey shales. The downhill drive passes through Palaeozoic Silurian rock types with alternation of calcareous shales and clayey tuffite shales.

At the Komořany portal, the cut and cover section of the construction lot #513 will pass through the Quaternary cover consisting of sand with addition of fine-grained soil. The whole length of the mined tunnel will be found in rock, i.e. in the Ordovician measures of homogeneous Letná Shales in the lower part, and Proterozoic



Obr. 1 Vzorový příčný řez třípruhovým tunelem stavby 514 s plochým dnem

Fig. 1 Construction lot 514 – typical cross section through the three-lane tunnel with flat invert



Obr. 2 Portál tunelu Lochkov

Fig. 2 Portal of the Lochkov Tunnel

pahorkatiny podél břehů. Z těchto důvodů, a také protože vede chráněnými územími, bude trasa v úsecích stavby 513 Lahovice – Vestec (tunel Komořany) a stavby 514 Lahovice – Slivenec vedena v tunelech (tunel Lochkov). V obou úsecích jsou jednosměrné tunelové trouby, které jsou v klesání dvoupruhové a ve stoupání s ohledem na sklon cca 4 % rozšířené o stoupací pruh pro těžkou nákladní dopravu, tedy třípruhové. Tunelové trouby jsou z bezpečnostních a technologických důvodů propojeny propojkami ve vzdálenostech po zhruba 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.

GEOLOGICKÉ POMĚRY

Kvartérní pokryvné útvary tvoří v okolí radotínského portálu stavby 514 poměrně mocné svahové hlíny s úlomky hornin. Tunely budou raženy v ordovických a silurských horninách královodvorského souvrství tvořeného jílovitými břidlicemi tence laminovanými. Úpadní ražba prochází v paleozoických horninách siluru se střídáním vápnných břidlic a jílovitých tufitických břidlic.

Hloubená část stavby 513 bude u komořanského portálu procházet kvartérními pokryvy, písek s příměsí jemnozrnné zeminy. Ražený tunel pak bude v celé své délce ve skalních horninách, ve spodní části v ordovických vrstvách homogenních letenských břidlic, v horní části v polohách proterozoických drob a břidlic s prokřemenělými písčitymi a prachovitými vrstvami.

V převážné délce budou všechny ražby probíhat v podmínkách dobrých nebo zhoršených; nepříznivé až velmi nepříznivé podmínky se očekávají pouze u portálů, než se klenba zahlubí do jen mírně navětralých skalních poloh.

Hydrogeologické poměry jsou z hlediska ražeb poměrně příznivé, i když téměř celá trasa ražených tunelů prochází pod hladinou podzemní vody, ražené štoly tuto hladinu snížily až k úrovni kaloty. Výdatnost přítoků na čele výrubu bude v průměru do 5 l/s, maximálně 15 l/s.

PRŮŘEZ TUNELOVÝCH TRUB A PROPOJEK

Světlé průřezy tunelových trub jsou klenuté a v celé délce jednotné bez ohledu na způsob výstavby. Šířky vozovky byly závazně stanoveny na jednáních a respektují jak požadavky nového návrhu normy ČSN 737507, tak intenzitu dopravy.

Pravý jízdní pruh je široký 3,75 m, levé jsou širší 3,50 m. Třípruhový tunel má celkovou šířku vozovky 11,75 m, dvoupruhový 9 m. Chodníky jsou 1 m široké po obou stranách. Výška průjezdného průřezu je 4,80 m, uprostřed pod klenbou by mohla mimořádně projet i vozidla vyšší.

RAŽENÉ TUNELY

Ražené objekty tvoří podstatnou část staveb 513 i 514 silničního okruhu. Na hlavní tunely z obou stran navazují hloubené úseky a tunelové propojky. V kalotě třípruhového tunelu je vyražena průzkumná štola v celé délce.

greywacke and schist with quartziferous sandy and silty layers in the upper part.

All excavation operations will take place in good or worsened conditions; unfavourable to very unfavourable conditions are anticipated to be encountered at the portals, before the excavation faces advance deeper into the only slightly weathered rock.

Hydrogeological conditions are relatively favourable in terms of the excavation, even though the whole route of the mined tunnels runs under the water table level. The mined galleries lowered this water table down to the top heading level. Intensity of the inflows at the excavation face will amount to 5 l/sec on average, maximally 15 l/sec.

CROSS-SECTIONS OF THE TUNNEL TUBES AND CROSS PASSAGES

Cross sections of the tunnel tubes are vaulted, uniform along the whole length, no matter which construction method is used. Binding values were set for the roadway widths. They comply both with the requirements of the new ČSN 73 7507 norm draft and the traffic intensity demands.

The right traffic lane is 3.75m wide, the widths of the left lanes are of 3.50m. The width of the roadway of the three-lane tunnel and two-lane tunnel is of 11.75m and 9.00m respectively. The walkways designed on either side of the tunnel are 1.00m wide. The vertical clearance height amounts to 4.80m; even higher vehicles could pass through exceptionally, just under the crown of the vault.

MINED TUNNELS

Mined structures form significant part of the construction lots #513 and #514 of the ring road. Linking to the main tunnels there are the cut and cover sections on both sides and cross passages. An exploratory gallery excavation has been completed in the top heading, along the whole length of the tunnel.

All mined tunnel structures are of a similar design. The primary lining is from C20/25 X0 reinforced sprayed concrete; the C25/30 XF4 cast in situ final lining is vaulted, with intermediate waterproofing. All tunnels will be excavated using the NATM with a horizontal excavation sequence (top heading, bench).

THE TUNNEL PORTALS AND CUT-AND-COVER TUNNELS

Tunnel portals are usually a difficult point of a tunnel construction. The portal location itself depends on many factors, primarily the terrain configuration and the route and level parameters, geology in the given location, proper incorporation of the construction into the landscape, etc. All of the above-mentioned circumstances affect also the portals on the Prague City Ring Road. There are many problems, particularly at the Lochkov portal of the construction lot #514. Its position is at a steep slope over Radotín, where the cover consisting of gravelly soil is over 10m thick. At this particular case it would have been reasonable to shift the mined portal as deep into the rock massif as possible, to a location where at least the bottom part of the tunnel is keyed in the bedrock. Unfortunately, a biological corridor crosses the tunnel alignment just at the location suitable for the portal construction. The initial section of the tunnel was therefore placed just to the difficult conditions. Construction trenches for the tunnel portals will have steep slopes supported with sprayed concrete and anchors (nails); the portal over Radotín requires vertical sides supported with pile walls. The trenches will be used for the construction of the cut and cover tunnels and architectural portals. The cross section of the cut and cover tunnels is identical with adjacent mined tunnels; their vaults are 600mm thick. The waterproofing of the cut and cover tunnels will be secured by an external system.

The tunnel portals proper are designed as monolithic reinforced concrete structures. In the construction lot #514, a ribbed collar is put on top of the ellipsoid crown of the portal front ends, which both architecturally shapes the portals and incorporates them into the landscape. This architectural design has been used for the first time for tunnels designed in our country, and it will definitely freshen up the passage along this part of the route.

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 betonu C25/30 XF4, klenuté s mezilehlou izolací. Ražba všech tunelů bude postupovat podle zásad Nové rakouské tunelovací metody s horizontálním členěním čelby (kalota, jádro).

PORTÁLY TUNELŮ A HLOUBENÉ TUNELY

Obtížným místem tunelové stavby bývají vždy portály tunelů. 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. 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 zemín přes 10 m. V tomto případě by bylo vhodné posunout ražený portál co nejdál do hory, kde je již alespoň spodní část tunelu ve skalních horninách. Ale právě v místě vhodném pro umístění portálu probíhá biokoridor, počáteční úsek tunelu byl proto umístěn právě do obtížných podmínek. Stavební jámy pro 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 má stejný světlý průřez jako příslušné tunely ražené; jejich klenby mají tloušťku 600 mm. Vodotěsnost ostění hloubených tunelů zajistí rubová izolace.

Vlastní portály tunelů jsou všechny konstrukčně řešeny jako monolitické, železobetonové. Na elipsovitou korunu portálových čel stavby 514 je navíc nasazen „žebrovaný límeč“, který architektonicky ztvárňuje portály a začleňuje je do přilehlého území. Toto architektonické ztvárnění je užito poprvé na u nás projektovaných tunelech a rozhodně průjezd touto částí trasy oživí.

ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI A TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ TUNELŮ

Možný únik z tunelu zajišťují propojky mezi tunely, které jsou u obou vstupů 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 skříňe s telefonem, hasičskými 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 snižování četnosti zdrojů osvětlení zajistí postupné stmívání a zvyká oko řidiče při vjezdu do tunelu. Pro případ havárie a požáru je navíc instalováno nouzové a požární osvětlení.

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

Tunely jsou větrány proudovými ventilátory umístěnými pod klenbou tunelu po zhruba 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 ochlazení kouřových zplodin pod klenbou tunelu by došlo 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.

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 s hořlavými tekutinami.

ING. OTAKAR HASÍK, e-mail: hasik@metroprojekt.cz,

ING. KAREL ZÁVORA,

ING. MÁROŠ DÁVID, e-mail: david@metroprojekt.cz,

METROPROJEKT PRAHA a. s.



Obr. 3 Průzkumná štola st. 514 v místě rozšíření do kaloty budoucího tunelu
Fig. 3 Construction lot 514 – the exploration gallery at the section enlarged to the top heading dimension

ENSURING SAFETY IN THE TUNNELS; TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

The possibility of escaping from the tunnel is ensured by cross passages, which are provided with fire-check doors at both entrances and ventilated separately. In addition, there is an emergency lay-by in the double-lane tunnel allowing vehicles to stop or be laid up. SOS boxes with a telephone, extinguishers and other equipment are installed every 150m. A fire main with large hydrants designed for utilisation by fire brigades is in the tunnel. It is well understandable that it is a standard for this tunnel to have the lighting system with transition zones at portals, where reduced frequency of lighting sources ensures gradual darkening and accommodates driver's sight at the tunnel entrance. In addition, an emergency and fire lighting system is installed in case of an accident or fire.

Traffic control will be ensured by variable message signs installed both in the tunnel and along the open-air route before the tunnels. It is connected to the Traffic Information System through data transmission to management centres in Rudná and Prague with assessment of traffic data from the route. In addition, it will be possible to follow the traffic in the tunnel by means of cameras installed in the tunnel.

The tunnels are ventilated by jet fans mounted under the tunnel vault approximately every 200m. In the basic regime they work in the direction of traffic. The basic criterion for determination of the position and performance of the fans is a fire event. The ventilation system will be switched on approximately after 6 to 8 minutes. The smoke keeping under the tunnel crown would be cooled down and fill the zone low above the roadway, thus jeopardising passengers. Till then the warm smoke keeps under the roof and allows the escape of persons. The fans in the neighbouring tunnel will be switched on in the same direction as in the tunnel with the fire so that noxious substances (smoke and combustion products) are not sucked into the clean tunnel via the portal. Passengers will get to the neighbouring tunnel through the escape cross passages.

All above-mentioned services put heavy demands on power supplies. Transformer stations and substations are placed into one-storied buildings in front of the portals. The electrical lines are provided with switches at 400m intervals. Power supply backup is ensured in case of a power failure.

Even the drainage system is designed with the safety taken into consideration. Drainage ducts along the kerbs are interrupted by inverted siphons every 50m. The siphon prevents a fire from spreading in the case of an accident where a flammable load is involved.

ING. OTAKAR HASÍK, e-mail: hasik@metroprojekt.cz,

ING. KAREL ZÁVORA,

ING. MÁROŠ DÁVID, e-mail: david@metroprojekt.cz,

METROPROJEKT PRAHA a. s.