

PORTÁLY A HLOUBENÉ ČÁSTI TUNELU BEROUN

PORTALS AND CUT&COVER SECTIONS OF BEROUN TUNNEL

PETR MAKÁSEK, PETR HAVLAN

ABSTRAKT

Článek se zabývá řešením portálů tunelu na připravovaném železničním spojení mezi Prahou a Berounem. Jedná se o dva portály na území Prahy – portál Hlubočepy a portál Branický most a jeden portál v blízkosti Berouna. Pro každý z portálů článek popisuje jeho umístění, specifické podmínky dané lokality, tvar a zajištění stavební jámy. Vzhledem k významu této stavby jsou portály řešeny také z pohledu architektury a jejich zakomponování do příslušné lokality. V článku jsou pak zachyceny také výsledné portálové konstrukce, které byly právě architektonickým ztvárněním výrazně ovlivněny.

ABSTRACT

The paper describes the design and engineering solutions for the tunnel portals on the planned railway connection between Prague and Beroun. There are two portals in the territory of Prague – the Hlubočepy portal and the Branický Bridge portal, and one portal near Beroun. The paper describes location of each portal, the specific conditions of the given location, the shape and support structures of the construction pit. Given the importance of the project, the portals are also designed in line with the architectural perspective and their integration into the respective location. The paper also captures the resulting portal structures, which were significantly influenced by the architectural design.

ÚVOD

U tunelů bývá hlavním tématem diskuse zejména celková koncepce daného podzemního díla, respektive způsob realizace. Nicméně pro Berounský tunel je velmi zajímavým tématem i technické řešení tunelových portálů. V tomto případě jde o portály hned tří, jejichž lokace v pražských Hlubočepích, Malé Chuchli a nedaleko města Berouna vyžaduje tři rozdílná řešení, reflektující specifické uspořádání daných lokalit. Vzhledem k významu a umístění stavby do technického návrhu zásadně promlouvá i požadavek na architektonické ztvárnění konstrukcí.

1. PORTÁL HLUBOČEPY

Hlavním problémem na portálu Hlubočepy jsou prostorová omezení pro realizaci technického návrhu. Dvě nové koleje do Berouna zde musí podejít trať do Rudné, pro niž se počítá se zdvoukolejněním. Jedním ze zásadních parametrů návrhu byla minimalizace nickolejné výluky trati na Rudnou. Pravá kolej na Rudnou bude posunuta do nové polohy blíže k ulici Hlubočepská, levá potom plynule nastoupá a překříží trasu do Berouna nad hloubenými částmi tunelu. Rozpletení kolejí probíhá v těsné blízkosti tramvajové estakády na Barrandov, jejíž pilíř omezuje možnosti vedení kolejí do Rudné, a pod současnou silniční estakádou k Barrandovu. Zájmovou lokalitu v malé hloubce podchází stávající kanalizační stoka rozměrů 2,6 m x 2,5 m se spojovací komorou (obr. 1).

Stavební jáma

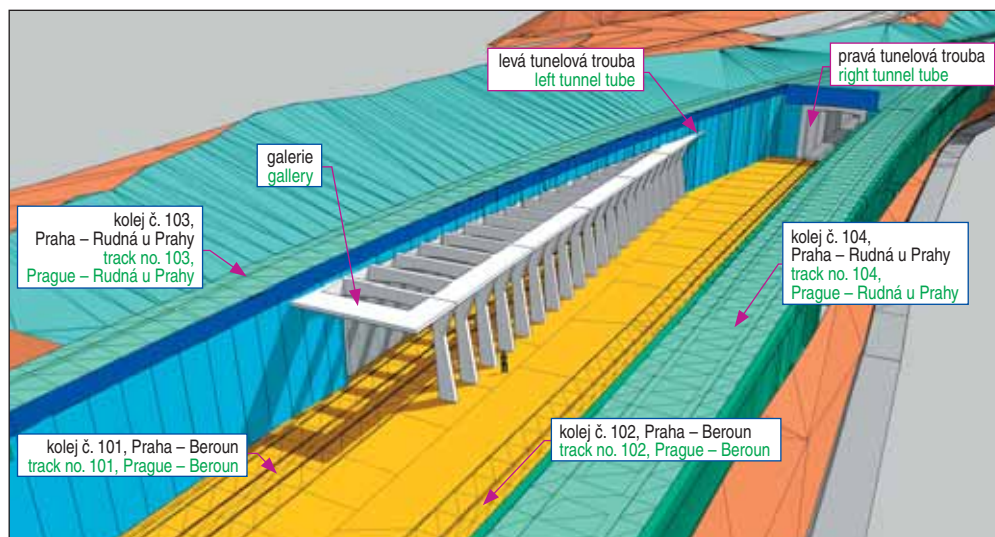
V portálovém úseku je trasa vedena v pražském a zlíčovském souvrství budovaném devonskými vrstevnatými vápenci. Terén předmětné oblasti je výrazně ukloněný, klesá

INTRODUCTION

In tunnelling, the main topic of discussion is usually the overall concept of the given underground structure, or rather the construction method. However, for the Beroun Tunnel, the technical solution of the tunnel portals is also a very interesting topic. In this case, there are three portals, whose locations in Prague's Hlubočepy, Malá Chuchle and near the town of Beroun require three different solutions, reflecting the specific layout of the given locations. Given the importance of the project location in the technical design, the requirement for the architectural design of the structures is also fundamental.

1. HLUBOČEPY PORTAL

The main challenge at the Hlubočepy portal are the space constraints posing limitations for the technical design. The two new railway tracks to Beroun must underpass the existing railway line to Rudná, which is planned to change from single-track to double-track



Obr. 1 Koordinační 3D model
Fig. 1 Coordination 3D model

severozápadním směrem (od ulice K Barrandovu k ulici Hlubočepská), s četnými skalními výchozy v severovýchodní části zájmového území.

Stavební jáma je v celém rozsahu navržena jako svahovaná. Vzhledem k morfologii terénu rozsah výkopů výrazně narůstá jihovýchodním směrem (tj. směrem k ulici K Barrandovu), s největší výškou svahu cca 21 m v severovýchodní části v místě výraznějšího skalního výchozu. Jihovýchodní stěna je orientována paralelně s osou kolejí, v pozicích pod budoucí úrovní finálních zásypů je navržena v generálním sklonu 8 : 1 s dočasným zajištěním hřebíky, výztužnými sítěmi a stříkaným betonem. Části skalních svahů nad linií zpětných zásypů budou řešeny jako trvalé ve sklonu 3 : 1 se zajištěním hřebíky a sítěmi. Použití stříkaného betonu na části skalního svahu viditelné po dokončení finálních terénních úprav se nepřipouští. Koruna svahu obecně sleduje přirozenou linii stávajícího terénu. Obě portálové stěny na jihozápadě jsou navrženy ve sklonu 8 : 1 s dočasným zajištěním stříkaným betonem a hřebíky. Prvky zajištění svahu budou voleny a uspořádány tak, aby bylo možno realizovat ražené tunely se speciálními předstihovými opatřeními.

Atypická ražba

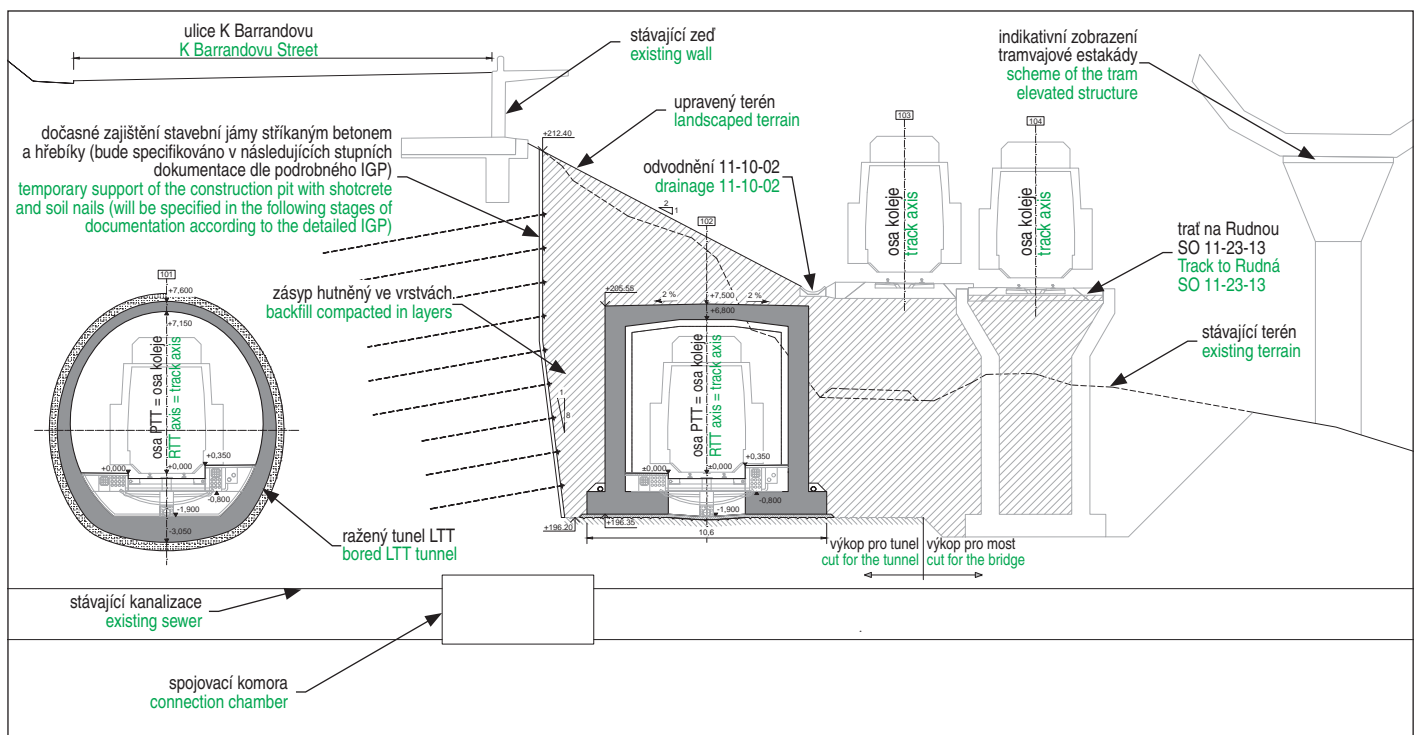
Z důvodu postupného zanořování ražených tunelů do skalní stěny (směr tunelu je s ní téměř paralelní), a tedy nedostatečné horninové masy v pravé části profilu, je nutné prvních 36 metrů pravé tunelové trouby (PTT) a 54 m levé tunelové trouby (LTT) doplnit dodatečným opatřením, které bude realizováno ze stavební jámy a umožní bezpečné zaražení do horninového masivu. Ve stávající fázi projektu je uvažována železobetonová stěna minimální tloušťky 1,5 m založená na mikropilotách a doplněná kotvami. Technické řešení bude definitivně upraveno až na základě podrobného inženýrskogeologického průzkumu. Atypická ražba je navržena do takové vzdálenosti, kde bude mocnost horninového masivu dostatečná pro standardní kotvení primárního ostění systémem radiálních kotev. Úsek atypické ražby v PTT koliduje se stávajícím kanalizačním řadem s komorou (obr. 2). Opatření atypické ražby (mikropiloty) zde bude upraveno a stoka s komorou budou podrobně monitorovány.

line. One of the essential parameters of the design was to minimize the operation closure period of the Rudná line. The right track to Rudná will be moved to a new position closer to Hlubočepská Street, the left track will then smoothly ascend and cross the Beroun line above the cut & cover tunnel. The tracks branching takes place in close proximity to the tram elevated structure to Barrandov, whose one pillar limits the space for the tracks running to Rudná, and is also under the road elevated structure to Barrandov. The site is underpassed at a shallow depth by an existing sewer measuring 2.6m × 2.5m with a connection chamber (Fig. 1).

Construction pit

In the portal section, the alignment traverses the Prague and Zlíchov formations, formed by Devonian stratified limestones. The terrain of the area is significantly inclined, descending in a northwesterly direction (from K Barrandovu Street to Hlubočepská Street), with numerous rock outcrops in the northeastern part of the area.

The entire construction pit is designed as a sloped pit. Due to the morphology of the terrain, the extent of the excavations increases significantly in the southeast direction (i.e. towards K Barrandovu Street), with the deepest cut of approximately 21m in the northeast part at the location of a more pronounced rock outcrop. The southeast wall is oriented parallel to the track axis, in positions below the future level of the final backfill it is designed in a general slope of 8:1 with temporary support of soil nailing, reinforcing mesh and shotcrete. Parts of the rock slopes above the backfill line will be designed as permanent structures with a slope of 3:1 supported by soil nails and mesh. The use of shotcrete on parts of the rock slope visible after the completion of the final landscaping is not permitted. The crest of the slope generally follows the line of the existing terrain. Both portal walls on the southwest are designed at a slope of 8:1 with temporary support of shotcrete and soil nails. The slope retaining support will be selected and arranged to allow realization of bored tunnels with special reinforcement measures in advance.



Obr. 2 Příčný řez v km 7,208
Fig. 2 Cross section at km 7.208



Obr. 3 Vizualizace portálu Hlubočepy

Fig. 3 Visualization of the Hlubočepy portal design

Hloubené tunely a galerie

Hloubené tunely jsou navrženy jako jednokolejné ve sníženém profilu, který umožňuje přes hloubený úsek převedení kolejí trati směr Rudná. PTT je v celé délce 96 m od vjezdového portálu po ražený portál tunelu vedena v typické konstrukci hloubeného tunelu. Ta je navržena obdélníkového tvaru s minimální tloušťkou stěn 900 mm a tloušťkou stropu min. 700 mm. Světlá výška nad TK (temeno kolejnice) je 6,8 m, světlá šířka je 7,2 m.

LTT je od vjezdového portálu navržena jako otevřená galerie délky 72 m, na kterou navazuje uzavřený profil hloubeného, respektive přespaného tunelu délky 36 m. Tvar galerie byl upraven na základě architektonického návrhu, kdy levá stěna a stropní konstrukce má shodný tvar s následným profilem hloubeného tunelu a pravá stěna je nahrazena sloupy o minimálním průřezu 500 × 1600 mm, v osové vzdálenosti 3,0 m. Mezi sloupy je navržena podélná zídka do výšky 1,85 m nad TK. Stropní deska je částečně nahrazena trámy o rozměrech 500 × 800 mm navazující na sloupy ve stejné osové vzdálenosti 3,0 m. Na portálu galerie je navržena konzola. Pro zajištění kolejového spodku trati na Rudnou je na severním okraji a na portálových stěnách hloubených tunelů a galerie LTT navržena atika (obr. 3).

Definitivní ostění hloubeného tunelu i galerie bude z monolitického železobetonu s vázanou výztuží. Hloubené tunely jsou dilatovány ve spárách jednotlivých betonážních bloků. Konstrukce galerie LTT je rozdělena na dva dilatační celky. Předpokládá se fóliová izolace ukončená na posledním bloku hloubených tunelů. Konstrukce galerie bude provedena z betonu s omezenou hloubkou průsaku a zároveň bude izolována fóliovou izolací v místech, kde je přesypána.

V prostoru za portálem PTT je mezi tunely navržena technologická místnost, která bude sloužit jako rozvodna sdělovacího zařízení. Její vnitřní půdorys je 5,40 m × 9,23 m, světlá výška 6,13 m, s podlahou v úrovni tunelových chodníků. Vstup je navržěn z obou tunelových trub.

2. PORTÁL BEROUN

Umístění trvalého portálu do blízkosti opuštěného kamenolomu v zatáčce silnice II/116, frekventované spojnice Berouna a obce Svätý Jan pod Skalou, vyžadovalo maximálně možný posun místa zahájení ražby směrem k Berounu, aby bylo možné provést trvalé přeložení této silnice nad ražené tunely přes oblast kamenolomu. Tento postup umožní výstavbu hloubených částí tunelů bez dalšího

Atypical tunnel excavation

Due to the gradual embedding of the excavated tunnels into the rock face (the tunnel direction is almost parallel to it), and therefore insufficient rock mass in the right part of the profile, it is necessary to supplement the first 36m of the right tunnel tube (RTT) and 54m of the left tunnel tube (LTT) with an additional measure, which will be realized from the construction pit and will enable safe tunnel driving into the massif. In the current phase of the project, a reinforced concrete wall of a minimum thickness of 1.5m founded on micropiles and supplemented with anchors is being considered. The technical design will be finalized based on the results of a detailed engineering-geological survey.. Atypical tunnel excavation is

designed to a distance where the thickness of the rock mass will be sufficient for standard anchoring of the primary lining with a system of radial anchors. The section of atypical excavation in RTT collides with the existing sewer line with a chamber (Fig. 2). The atypical excavation measures (micropiles) will be modified here and the sewer with the chamber will be monitored in detail.

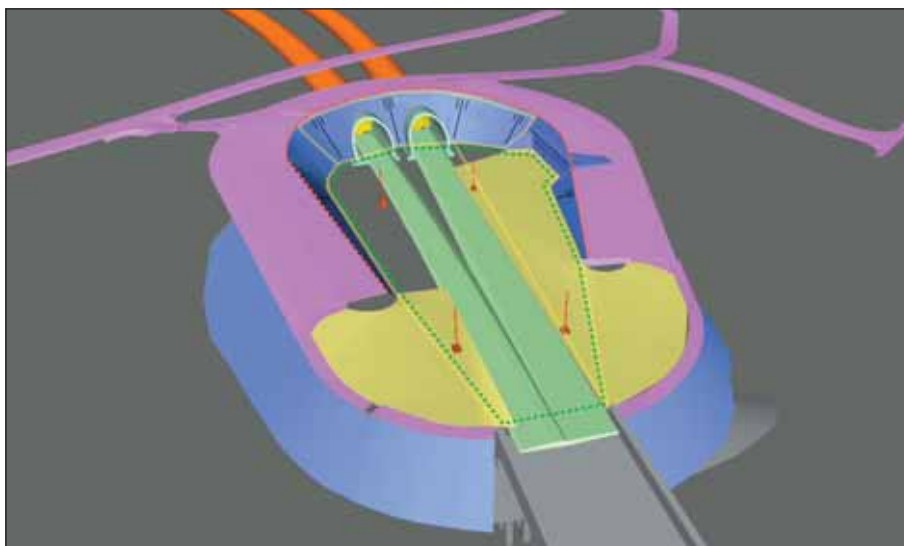
Cut and cover tunnels and column galleries

Cut and cover tunnels are designed as single-track with a lower high profile, which allows the Rudná line tracks to overpass the cut and cover section. The RTT is designed as a typical cut and cover tunnel structure for the entire length of 96m. It is designed as a rectangle shape with a minimum wall thickness of 900mm and a upper slab thickness of min. 700mm. The clear height above the TOR (top of the rail) is 6.8m, the clear width is 7.2m.

The LTT is designed as an open gallery 72m long from the entrance portal, and is connected to a closed profile of a cut and cover or backfilled tunnel 36m long. The shape of the gallery was based on the architectural design, where the left wall and ceiling structure have the same shape as the subsequent profile of the cut and cover tunnel and the right wall is replaced by columns with a minimum cross-section of 500 × 1600mm, at a spacing of 3.0m. A longitudinal wall is designed between the columns to a height of 1.85m above the TOR. The upper slab is partially replaced by beams measuring 500 × 800mm connecting to the columns at the same spacing of 3.0m. A console is designed at the gallery portal. To stabilize the track bed of the Rudná line, an attic is designed on the northern edge and on the portal walls of the cut and cover tunnels and the LTT gallery (Fig. 3).

The permanent lining of the cut and cover tunnel and gallery will be made of cast concrete reinforced by rebars. The cut and cover tunnels have movement joints between the concrete blocks. The LTT gallery structure is divided into two dilation parts. Waterproofing membrane is assumed to the end at the last block of the cut and cover tunnels. The gallery structure will be made of concrete with limited depth of penetration of water under pressure and will also use waterproofing membrane in places where it is backfilled.

In the space behind the RTT portal, a technological room is designed between the tunnels, which will accommodate a communication equipment switchboard. Its internal floor plan is 5.40m × 9.23m, clear height 6.13m, with a floor at the level of the tunnel walkways. The entrances are designed from both tunnel tubes.



Obr. 4 Portál Beroun – 3D koordinační model Navisworks
Fig. 4 Beroun portal – 3D coordination model Navisworks

omezení provozu na přeložené komunikaci a lepší vedení přístupových cest k definitivnímu portálu pro přístup složek Integrovaného záchranného systému (IZS). Pro zásah ISZ je požadován přístup z komunikace II/116 (U Ovčína), s možností přístupu z obou stran k portálu tunelu samostatně po obousměrných komunikacích. Dalšími faktory ovlivňujícími uspořádání přístupových komunikací, a tím i geometrii portálu jako takového, jsou požadované maximální podélné sklony vozovky a minimální poloměry zatáčení techniky IZS. Alternativně zvažovaný přístup od řeky Berounky z komunikace Na Ovčíně není vhodný s ohledem na rozsah vyhlášeného záplavového území řeky (obr. 4).

Tunelový portál je dle architektonického návrhu řešen ve tvaru amfiteátru se zasypanými portálovými stěnami ve sklonu 1 : 1 navazujícími na přístupové komunikace sjíždějící k portálu. Technologický objekt je umístěn pod násypy jižní komunikace a bude z něj viditelná pouze čelní stěna se vstupy.

Stavební jáma

V oblasti portálu bude trasa procházet silurským vulkanicko-sedimentárním komplexem hornin, budovaným tufovy, tufitami a tufitickými břidlicemi kopaninského souvrství, intruzivními a efuzivními bazalty (diabasy, hyaloklastika, polštářové lávy) a jílovitými a vápnitými břidlicemi s ložními žilami bazaltů liteňského souvrství.



Obr. 5 Vizualizace portálu Beroun
Fig. 5 Visualization of the Beroun portal design

2. BEROUN PORTAL

The location of the permanent portal near the abandoned quarry in the bend of road II/116, a busy connection between Beroun and the municipality of Svatý Jan pod Skalou, required the maximum possible shift of the tunnels' excavation start towards Beroun, in order to be able to permanently relocate the road over the excavated tunnels through the quarry area. This shift will allow the construction of the cut and cover parts of the tunnels without further traffic restrictions on the relocated road and better routing of access roads to the permanent portal for access by the Integrated Rescue System (IRS) units. For the IRS intervention, access is required from road II/116 (U Ovčína), with the possibility of access from both sides to the tunnel portal separately on two-way roads. Other factors influencing the location of access roads, and thus the geometry of the portal as such, are the required maximum longitudinal

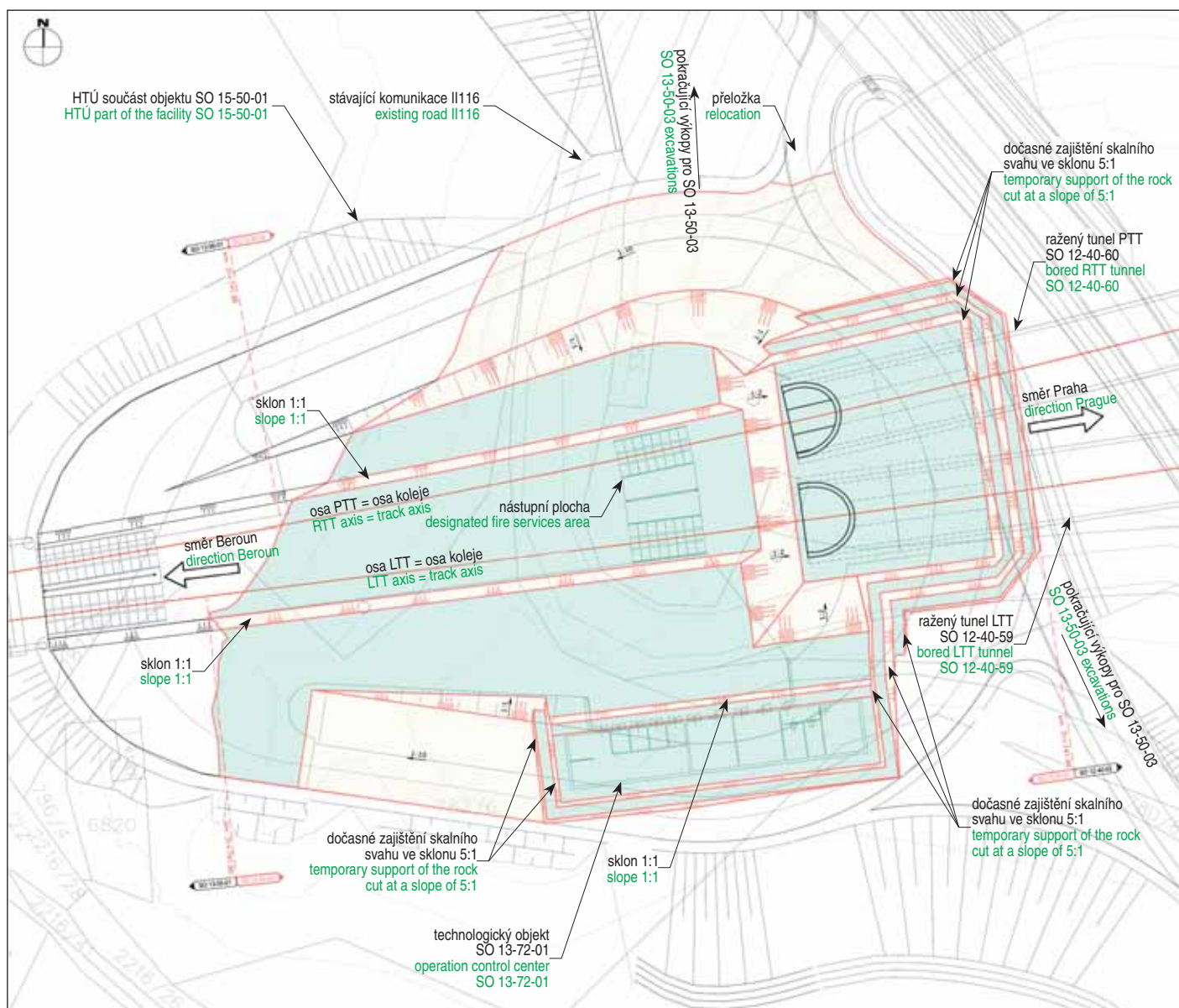
road gradients and minimum turning radii of IRS equipment. The alternative approach considered from the Berounka River from the Na Ovčíně road is not suitable with regard to the extent of the declared floodplain of the river (Fig. 4).

According to the architectural design, the tunnel portal is designed in the shape of an amphitheater with portal walls backfill at a 1:1 slope, connecting to the access roads leading down to the portal. The technological facility is located under the embankments of the southern road and only the front wall with the entrances will be visible.

Construction pit

In the portal area, the alignment will pass through a Silurian volcanic-sedimentary rock complex, built up of tuffs, tuffites and tuffite schists of the Kopanina Formation, intrusive and effusive basalts (diabases, hyaloclastics, pillow lavas) and clayey and calcareous schists with basalt bedding veins of the Liteň Formation.

The construction pit of the Beroun Portal includes excavations and landscaping not only for the construction of the cut and cover tunnels, but also for the breakthrough of tunnel boring machines and for the construction of the IRS boarding area, access roads, the railway superstructure body and the technological facility. At the eastern end, the construction pit will follow the landscaping carried out as part of the relocation of road II/116, and at the western end,



Obr. 6 Situace stavební jámy portálu Beroun

Fig. 6 Plan view of the construction pit of the Beroun portal

Stavební jáma objektu Portál Beroun zahrnuje výkopy a terénní úpravy nejen pro samotné vybudování hloubených tunelů, ale také pro příjem razicích strojů a pro výstavbu nástupní plochy IZS, přístupových komunikací, tělesa železničního svršku a technologického objektu. Na východním konci bude stavební jáma navazovat na terénní úpravy provedené v rámci přeložky silnice II/116, na západním konci pak na terénní úpravy potřebné pro přístupové komunikace a vybudování přechodové oblasti mostu (obr. 5).

Stavební jáma je řešena jako svahovaná, v místě hloubených tunelů ve sklonu 5 : 1 s dočasným zajištěním stříkaným betonem a hřebíky, výškově rozdělená dvěma lavicemi šířky 2 m. Přibližně na úrovni definitivních portálů dochází k rozšíření stavební jámy v oblasti severní stěny a úpravě sklonu na 1 : 1, koruna svahu klesá ve směru staničení ve sklonu 1 : 10 do úplného vymizení. Stejně tak dochází k rozšíření stavební jámy v oblasti jižní stěny pro umístění technologického objektu. Stěna je kolem objektu navržena jednotně ve sklonu 5 : 1 s dočasným zajištěním stříkaným betonem a hřebíky, výškově je rozdělená lavicí šířky 2 m. Přibližně od konce technologického objektu je svah navržěn ve sklonu 1 : 1 s klesající korunou ve směru staničení, ve sklonu 1 : 10 do úplného vymizení. Dno stavební jámy je navrženo v několika výškových úrovních

the landscaping required for access roads and the construction of the bridge transition area. (Fig. 5)

The construction pit is designed as a sloped pit, with a 5:1 slope at the site of the cut and cover tunnels, with temporary support of shotcrete and soil nails, divided in vertical by two benches 2m wide. Approximately at the level of the definitive portals, the construction pit is widened in the area of the northern wall and the slope is adjusted to 1:1, the crest of the slope drops in the direction of the chainage at a slope of 1:10 until it completely disappears. Similarly, the construction pit is widened in the area of the southern wall in the location of the technological object. The wall around the object has uniform a slope of 5:1 with temporary support of shotcrete and nails, divided in vertical by a bench 2m wide. Approximately from the end of the technological object, the slope is 1:1 with a descending crest in the direction of the chainage, at a slope of 1:10 until it completely disappears. The bottom of the construction pit is designed in several vertical levels according to the needs of individual construction objects, with sloped transitions between them (Fig. 6).

Cut and cover tunnels

Both tunnel tubes are designed identically with a length of 24m. The cross section of the cut and cover tunnel has horseshoe shape on

podle potřeb jednotlivých stavebních objektů, přechody mezi nimi jsou řešeny svahováním (obr. 6).

Hloubené tunely

Obě tunelové trouby jsou navrženy shodně v délce 24 m. Příčný profil hloubeného tunelu je navržen podkovovitého tvaru se založením na pasech. Definitivní ostění hloubeného tunelu bude z monolitického železobetonu s vázanou výztuží. Délka bloků betonáže se předpokládá 12 m, všechny bloky budou realizovány z betonu s omezenou hloubkou průsaku. Izolační deštník bude ukončený na předposledním bloku hloubeného tunelu (tzn. pod zásypem).



Obr. 7 Vizualizace portálu Branický most
Fig. 7 Visualization of the Branický Bridge portal design

3. PORTÁL BRANICKÝ MOST

Lokalita stavební jámy se nachází v Národní přírodní památce Barrandovské skály a bezprostředně navazuje na předpolí Branického mostu. Snaha o minimalizaci zásahu do chráněného území a současně snaha o co možná největší redukci výšky skalního odřezu tak, aby jej bylo možné realizovat běžně dostupnou mechanizací, vedla k co největšímu posunu definitivního portálu tunelu směrem k mostu. Dalším limitujícím faktorem bylo vedení kolejí, které se muselo přizpůsobit pozici a rozměrům nejbližšího pilíře Branického mostu. Zároveň architektonický návrh požadoval šikmé odříznutí portálu tunelu v souladu s morfologií svahu, zajišťující minimální vizuální dopad stavebního zásahu na okolí (obr. 7).

Výše zmíněné požadavky si vyžádaly atypické řešení hloubených tunelů. Vzhledem ke sbíhajícím se osám kolejí směrem k mostu, vzniká posunem polohy hloubených tunelů nedostatek prostoru mezi tunelovými troubami. Platí to jak pro ražbu (cca 1,1 m v místě dočasného portálu), tak pro realizaci hloubených tunelů (žádný prostor v místě trvalého portálu), jejich betonáž, řešení izolací a zpětného zásypu. Z důvodu co nejvíce možného vysunutí tunelu k mostu, a tedy k patě skalního svahu, je nutné portálový pás založit na desce. Vzhledem k požadovanému šikmému odřezu čela je portálový blok dlouhý až 21,2 m. To spolu nese zvýšení pracnosti s řešením hydroizolace, výztuže a betonáže (obr. 8).

strip foundation. The permanent lining of the cut and cover tunnel will be made of cast concrete reinforced by rebars. The length of the pour blocks is expected to be 12m, all blocks will be made of concrete with limited depth of penetration of water under pressure. The waterproofing membrane will end on the penultimate block of the cut and cover tunnel (i.e. under the backfill).

3. BRANICKÝ BRIDGE PORTAL

The construction pit is located in the Barrandovské Rocks National Natural Monument and immediately connects to the approach slab of the Branický Bridge. The effort to minimize the impact in the protected area and at the same time the effort to reduce the height of the rock cut as much as possible so that it can be realized with commonly available mechanization led to the greatest possible shift of the definitive tunnel portal towards the bridge. Another critical constraint was the track alignment, which had to be adapted to the position and dimensions of the nearest Branický Bridge pier. Additionally, the architectural design required portal edges to be inclined in accordance with the slope morphology to minimize visual impact and integrate harmoniously with the surrounding terrain. (Fig. 7).

The above-mentioned conditions required an atypical solution for the excavated tunnels. Due to the converging track axes running towards the bridge, the shift of the cut and cover tunnels results in a lack of space between the tunnel tubes. This applies both to the tunnel boring (approx. 1.1m at the temporary portal) and to the construction of the cut and cover tunnels (no space at the permanent portal), their casting, waterproofing and backfilling. In order to extend the tunnel as far as possible towards the bridge, and thus towards the foot of the rock slope, it is necessary to base the portal block on a slab. Due to the required oblique cut-off of the portal face, the portal block is up to 21.2m long. This increases complexity of the waterproofing, reinforcement and casting works (Fig. 8).

Construction pit

In the pit area, it is expected to encounter slightly weathered clayey shales to claystones,



Obr. 8 Portál Branický most – 3D koordinační model Navisworks
Fig. 8 Branický Bridge portal – 3D coordination model Navisworks

Stavební jáma

V oblasti jámy se předpokládá zastižení mírně zvětralých jílovitých břidlic až jílovců, směrem od paty stávajícího svahu postupný přechod přes navětralé prachovce do písčitéch hlín a jílu nivy řeky Vltavy.

Stavební jáma je navržena jako svahovaná, přibližně trojúhelníkového půdorysu, dno stavební jámy je navrženo ve sklonu nivelety koleje. Vzhledem k morfologii terénu rozsah výkopových prací výrazně narůstá ve směru staničení, s největší výškou svahu (cca 25 m) v severozápadním rohu stavební jámy. Skalní odřez je navržen ve sklonech stěn 5 : 1 s dočasným zajištěním stříkaným betonem a hřebíky, po výšce rozdělený dvěma lavicemi šířky 2 m. Části svahu nad linií zpětného zásypu budou řešeny jako trvalé se zajištěním hřebíky a sítěmi. Použití stříkaného betonu na části skalního svahu viditelné po dokončení finálních terénních úprav se nepřipouští. Podél jihovýchodní linie, uzavírající půdorys stavební jámy, výkopy plynule přecházejí v terénní úpravy vztažené k objektům Branického mostu (cca severní polovina jámy), v jižní polovině stavební jámy jsou pak výkopy ve sklonu 1 : 1 navázány na stávající terén.

Z důvodu přiblížení tunelových trub v ražené části, tedy v podstatě vymizení horninového pilíře, byla navržena předražba z prostoru stavební jámy v podobě středového tunelu, ve kterém bude vybetonován společný středový pilíř. Poté se vyrazí zárodky traťových tunelů o délce 30 m využívající tento pilíř. Až následně může dojít k prorážce traťových tunelů do těchto zárodků.

Hloubené tunely

Portálový blok obou hloubených tunelů má v návrhu společnou základovou desku tloušťky 1,0 m, s maximální délkou v pravé patě 21,2 m a minimální délkou v levé patě 9,3 m. Za portálovým blokem (směrem do tunelu) je v každé troubě navržen blok hloubeného tunelu délky 6 m založený na pasech. Celková výška konstrukce bude 9,55 m a světlá výška nad TK 7,15 m. Šířka horní klenby bude 9,72 m (se základovými pasy 11,325 m). Tloušťka horní klenby je předpokládána minimálně 600 mm. Definitivní ostění hloubeného tunelu bude z monolitického železobetonu s vázanou výztuží. Portálový blok je výrazně vyztužen z důvodu atypického tvaru, asymetrického zatížení a tvaru otevřené klenby. Vzhledem k délce bloku je nutné výrazné vyztužení také proti smršťování betonu. Všechny bloky budou realizovány z betonu s omezenou hloubkou průsaku.

ZÁVĚR

Realizace tunelových portálů s sebou často nese mnoho koordinačních a technických problémů. Téměř vždy se jedná o střet technického návrhu a požadavků architektonicko-estetických, navíc ve stísněném prostoru. V případě Berounského tunelu musel projektant na každém portálu koordinovat řadu vstupů a vzájemně si odporujících požadavků. Díky zpracování projektu ve 3D modelech bylo možné s úspěchem zapracovat veškeré požadavky i v takto složitých místních podmínkách.

Ing. PETR MAKÁSEK, Ph.D., petr.makasek@mottmac.com,

Ing. PETR HAVLAN, petr.havlan@mottmac.com,

Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.

Recenzoval / Reviewed by: Ing. Vlastimil Horák

with a gradual transition from the foot of the existing slope through weathered siltstones to sandy loams and clays of the Vltava River floodplain.

The construction pit is sloped, approximately triangular in plan, the bottom of the construction pit is designed in the slope of the track alignment. Due to the morphology of the terrain, the volume of excavation work increases significantly in the direction of the chainage, with the greatest slope height (approx. 25m) in the northwestern corner of the construction pit. The rock cut is designed with wall slopes of 5:1 with temporary support of shotcrete and soil nails, divided in vertical by two benches 2m wide. Parts of the slope above the backfill level will be designed as permanent with support of soil nails and nets. The use of shotcrete on parts of the rock slope visible after the completion of the final landscaping is not permitted. Along the southeastern end of the construction pit, the excavations smoothly transition into landscaping of the Branický Bridge structures (approximately the northern half of the pit), while in the southern half of the construction pit, the excavations are connected to the existing terrain at a 1:1 slope.

Due to the reduction of distance between the tunnel tubes in the bored section, i.e. the disappearance of the rock pillar between the tubes, a pre-excavation of a central tunnel from the construction pit area was proposed, in which a central pillar will be concreted. Then, the 30m long track tunnels will be driven along the sides of the pillar. Only then can the track tunnels will be allowed to break through into the pre-excavated tunnel structure.

Cut and cover tunnels

The portal block of both cut and cover tunnels has a common foundation slab of 1.0m thickness, with a maximum length at the right foot of 21.2m and a minimum length at the left foot of 9.3m. Behind the portal block (towards the tunnel), a 6m long cut and cover tunnel block on strip foundation is designed in each tube. The total height of the structure will be 9.55m and the clear height above the TOR 7.15m. The width of the upper vault will be 9.72m (with strip foundation 11.325m). The thickness of the upper vault is assumed to be at least 600mm. The final lining of the cut & cover tunnel will be made of cast concrete reinforced by rebars. The portal block is heavily reinforced due to the atypical shape, asymmetric load and the open vault shape. Given the length of the block, heavy reinforcement is also necessary to minimize concrete shrinkage. All blocks will be made of concrete with limited depth of penetration of water under pressure.

CONCLUSION

The construction of tunnel portals often involves many coordination and technical problems. It almost always involves a clash of technical design and architectural and aesthetic requirements, and in a confined space. In the case of the Beroun Tunnel, the designer had to coordinate a number of inputs and contradictory requirements at each portal. Thanks to the processing of the project in 3D models, it was possible to successfully incorporate all the requirements even in such complex local conditions.

Ing. PETR MAKÁSEK, Ph.D., petr.makasek@mottmac.com,

Ing. PETR HAVLAN, petr.havlan@mottmac.com,

Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Mott MacDonald CZ, spol. s r.o. *Novostavba trati Praha-Smíchov – Beroun, tunelové portály, koncept dokumentace DÚR*, 05/2023.