

KOLEKTOR HLÁVKŮV MOST – SPECIFIKA VÝSTAVBY

UTILITY TUNNEL HLÁVKŮV MOST - SPECIFIC CONDITIONS OF CONSTRUCTION

Václav Dohnálek¹, Radek Kozubík², Martin Špeta³

ABSTRAKT

Výstavba kolektorů má v Praze bohatou tradici. Jejich výstavba byla zahájena v roce 1969 a k zásadnímu rozvoji došlo v devadesátých letech minulého století. Ke stávající síti hloubených a ražených kolektorů o celkové délce téměř 91 km přibude cca 0,5 km hlubinného kolektoru Hlávkův most. Dojde tak k propojení již vybudovaných kolektorů na obou březích Vltavy a ostrova Štvanice. Jedná se o velmi složitou geotechnickou stavbu v blízkosti historických budov a těsném kontaktu s tělesem Hlávkova mostu. Technické řešení kolektoru Hlávkův most, které je odlišné od řešení ražených konstrukcí dříve realizovaných kolektorů, by mohlo naznačit trend dalšího směřování výstavby kolektorů nejenom v Praze.

ABSTRACT

The construction of utility tunnels in Prague has a long tradition. It started in 1969 and experienced major development in the 1990s. The existing network of utility tunnels with the total length of nearly 91km will be extended by ca 0.5km of the Hlavkův Bridge deep-level utility tunnel. This will lead to the interconnection between the already finished utility tunnels located on both banks of the river Vltava and Štvanice island. This project is geotechnically very complex, located in the vicinity of historic buildings and in close contact with the body of Hlavkův Bridge. The technical solution to the Hlavkův Bridge utility tunnel, which is different from the solution to the mined structures of the previously realised utility tunnels, could indicate the trend of the further direction of the development of utility tunnels, not only in Prague.

1 Základní informace o stavbě

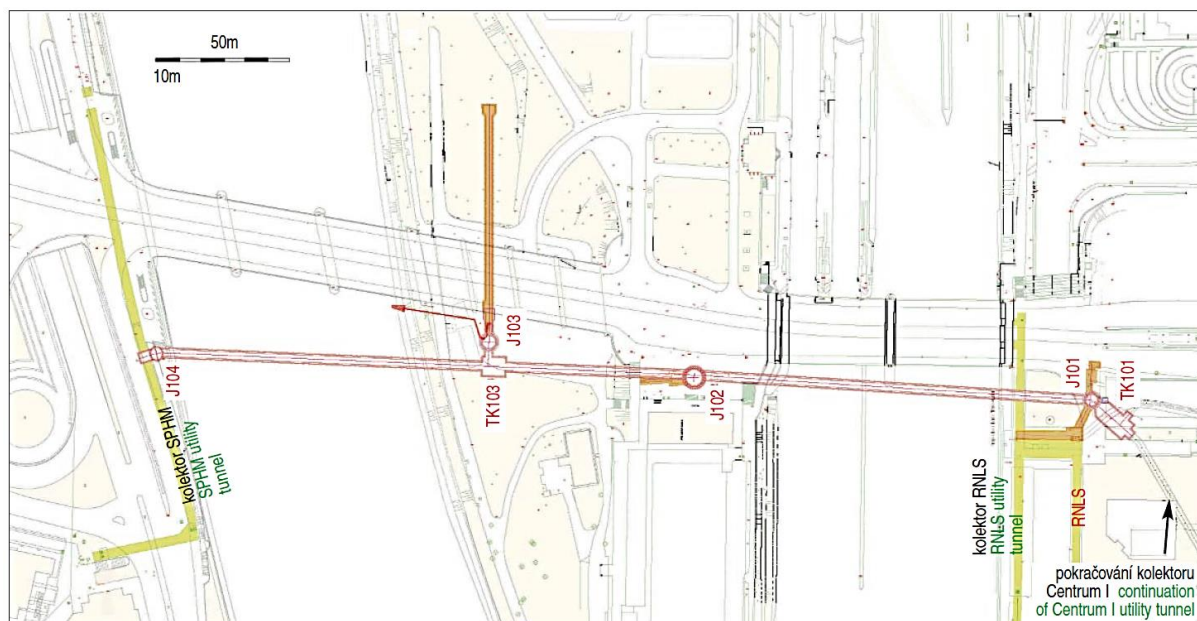
V současné době je v centru Prahy realizována jedna z mála staveb prováděných metodou NRTM na území České republiky za poslední tři roky. Tou stavbou je rozšíření kolektorové sítě (sdružené vedení inženýrských sítí) v podobě ražby hlubinného kolektoru II. kategorie.

Budovaný kolektor se nachází na pomezí několika pražských částí (především Holešovic a Karlína, viz. Obr. 1) a jeho primárním úkolem je přeložení inženýrských sítí z tělesa Hlávkova mostu do podzemí, čímž bude umožněna rekonstrukce mostu. Stavbu provádí sdružení firem Subterra a.s. a HOCHTIEF CZ a. s. (dále sdružení). Zadávatel stavby je Magistrát hl. m. Prahy.

¹ Ing. Václav Dohnálek, S u b t e r r a a.s., Koželužská 2246/5, 180 00 Praha 8 – Libeň, Česká Republika, tel.: +420 724 991 893, email: vdohnalek@subterra.cz

² Ing. Radek Kozubík, HOCHTIEF CZ a. s., Plzeňská 16/3217, 150 00 Praha 5, Česká republika, tel.: +420 602 513 703, email: radek.kozubik@hochtief.cz

³ Ing. Martin Špeta, HOCHTIEF CZ a. s., Plzeňská 16/3217, 150 00 Praha 5, Česká republika, tel.: +420 728 428 046, email: martin.speta@hochtief.cz



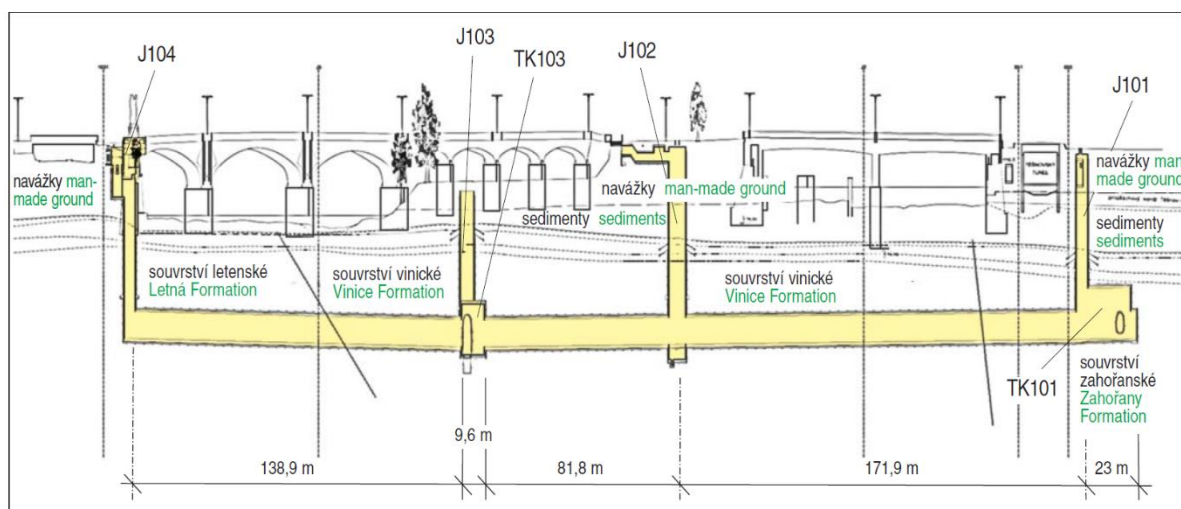
Obr. 1 Situace stavby
Fig. 1 Building site layout

Podzemní část je realizována z celkem čtyř hloubených šachet souhrnné hloubky 130 m. V celkové délce 430,25 m se kolektor v severní části napojuje na již dříve realizovaný kolektor SPHM (Severní předmostí hlávkova mostu) a prochází přes ostrov Štvanice pod oběma rameny Vltavy na karlínské předmostí, kde se opět napojuje na již vybudovaný kolektor NLS (Nábřeží Ludvíka Svobody). Trasa kolektoru je v prostoru Štvanického ostrova místně vyvedena na povrch pomocí šachty a dále vedena jako hloubená část kolmo na osu ražené trasy v délce přibližně 100 m pro budoucí převedení inženýrských sítí na povrch ostrova Štvanice. Kolektor se nachází v rozmanitém geologickém prostředí ordovického stáří tvořeném soustavou letenských, vinických a záhořanských souvrství. Tyto sedimentární (břidličnaté) horniny nabývají v průběhu trasy hodnot pevnosti v prostém tlaku 20 – 150 MPa. Toto široké rozmezí vedlo k využití různých způsobů ražeb. Využito bylo jak pásových rypadel s impaktorem, důlního kombajnu tak i trhacích prací, což je pro podzemní dílo tohoto typu atypické. Hloubka uložení díla je přibližně 30 m pod povrchem a skalní nadloží tvoří mocnost mezi 10 – 15 m včetně úseků pod Vltavou (Obr. 2).

2 Geologické a hydrogeologické poměry

Dle geomorfologického členění ČR patří území k Pražské kotlině, jež je součástí České tabule. Do zájmového území se značně projevila erozní činnost Vltavy. Říční koryto se zahlubovalo do podložních zvrásněných a tektonicky porušených ordovických hornin. Původní morfologie terénu byla narušena vlivem lidské činnosti při výstavbě nábrežních zdí a komunikací na levém i pravém břehu Vltavy a ostrova Štvanice.

Geologické poměry zájmového území lze charakterizovat jako značně proměnlivé. Na zvětralém ordovickém skalním podloží břidlic leží fluviální sedimenty a navážky. Zaměříme se na horniny skalního podkladu. Ze skalních hornin se dle nových a archivních průzkumných prací v zájmovém území nachází geologické souvrství letenské, vinické a záhořanské.



Obr. 2 Schéma podélného profilu trasy

ZDROJ:(autor Ingutis s.r.o.)

Fig. 2 Longitudinal profile of the route

Souvrství letenské – toto souvrství tvoří především droby a křemence s vložkami jílovitých břidlic. Břidlice jsou jemně až hrubě slídnaté deskovitě až lavicovitě vrstevnaté. Křemence jsou jemnozrné, deskovitě odlučné s mocností 6 - 20 cm. Celkový charakter sedimentu do jisté míry připomíná flyš. Pevnost v prostém tlaku $\sigma_c = 35 - 150$ MPa.

Souvrství vinické – na rozdíl od mladšího letenského souvrství se jedná o sedimenty hlubšího moře a je tvořeno černými jílovitými břidlicemi s hojným obsahem slídy. Zpravidla se vyskytují ještě s písčitou příměsí, která místy přechází do čoček a vrstev drob a pískovců. Pevnost v prostém tlaku $\sigma_c = 25 - 100$ MPa.

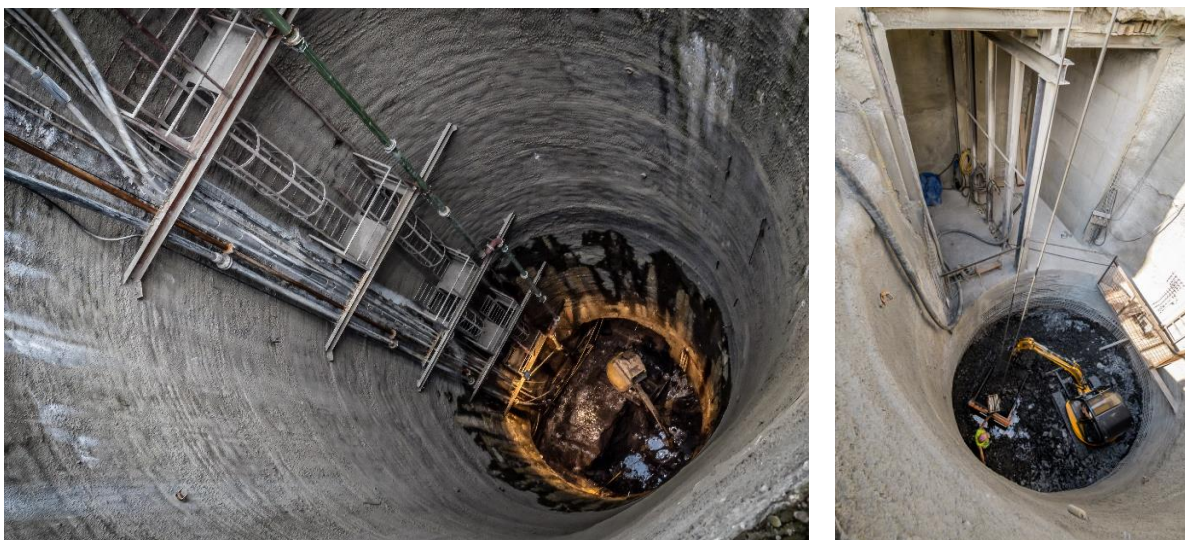
Zahořanské souvrství – je tvořeno především prachovci a prachovitými břidlicemi, hrubě slídnatými s velmi hojnou faunou. Vlastnostmi je toto souvrství v zastiženém území velmi blízké vinickému. Pevnost v prostém tlaku $\sigma_c = 20 - 70$ MPa.

Hydrogeologické poměry lze v zájmovém území řadit ke dvěma typům – podzemní voda v prostředí s průlinovou propustností (v sedimentech) a v prostředí s puklinovou propustností (horniny skalního podkladu). Zvýšené přítoky byly očekávány při ražbě v letenském souvrství a tektonických poruchách. Při částečném propojení se zvodněnými šterky byly očekávány havarijní přítoky až $50 - 80 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Pro ověření geologických a hydrogeologických poměrů v předpolí se provádí v rámci ražeb subhorizontální jádrové předvrty dl. 20 m se současně e ve vrtu provádí georadarové a seismické měření.

3 Šachty – výstavba a budoucí účel

V trase kolektoru jsou navrženy čtyři šachty. Šachty J101 a J104 jsou umístěny na nábřežích a souběžně s osou Hlávkova mostu propojují oba břehy Vltavy. Na ostrově Štvanice se nachází zbývající šachty J102 a J103. V první fázi všechny šachty slouží, jako těžební. V konečné fázi budou mít šachty poměrně široké využití.

Šachta J101 je kruhového profilu o vnějším průměru 6,06 m a celková hloubka šachty je 32,24 m. Před hloubením byla zajištěna 30-ti kusy převrtávaných pilot o průměru 900 mm. Rozpojování hornin v šachtě J101 bylo realizováno strojním způsobem. Z hornin skalního masivu se v daném území vyskytuje souvrství zahořanské. Šachta J101 propojí nově budovaný kolektor Hlávkův most se stávajícím kolektorem Nábřeží Ludvíka Svobody, dále z této šachty proběhla ražba technické komory TK101 a v budoucnu umožní také propoj s kabelovodem společnosti CETIN.



Obr. 3 a 4 Pohled do šachty J102 (vlevo) a J104 (vpravo) během hloubení;
ZDROJ: (fotoarchiv sdružení).

Fig. 3 and 4 Shaft J102 (left) and J104 (right) during excavation.

Šachta J102 je kruhového profilu o vnějším průměru 8,16 m a celková hloubka šachty je 36,96 m (Obr. 3). Před hloubením byla zajištěna 36-ti kusy převrtávaných pilot o průměru 1000 mm. Rozpojování hornin v šachtě J102 zpočátku probíhalo strojním způsobem (cca 24 metrů), dále rozpojování bylo prováděno pomocí trhacích prací až na úroveň dna počvy kaloty hlavní trasy. Po ukončení ražeb v kalotě hlavní trasy byla šachta strojním způsobem rozpojování vyhloubena na provizorní dno. Z hornin skalního masivu se v daném území vyskytuje souvrství vinické. Šachta J102 je umístěna na Štvanickém ostrově před bývalým zimním stadionem Štvanice. V této šachtě, jejíž strop je nad úrovní povodně z roku 2002, bude umístěn šplhavý výtah, který bude sloužit při provozu kolektoru k příležitostní přepravě osob a nákladu z povrchu na dno šachty. Dále bude v horní části šachty J102 vedeno krátkou hloubenou trasou hlavní větrání kolektoru.

Šachta J103 je kruhového profilu o vnějším průměru 6,8 m a celková hloubka šachty je 29,3 m. Před zahájením hloubení byla šachta zajištěna 40-ti kusy převrtávaných pilot o průměru 750 mm. Rozpojování hornin v šachtě J103 zpočátku probíhalo strojním způsobem (cca úvodních 14 metrů), dále rozpojování bylo prováděno pomocí trhacích prací. Z hornin skalního masivu se v daném území vyskytuje souvrství letenské. Šachta J103 umístěná rovněž na Štvanickém ostrově slouží především k vyvedení podpovrchového kolektoru a sítí v něm uložených na ostrov. K tomuto účelu je napříč pod Hlávkovým mostem budována hloubená odbočné větve směrem k tenisovému stadionu.

Šachta J104 (Obr. 4) má tvar elipsovitého profilu o rozměrech 6,42 x 5,68 m a celková hloubka šachty je 32,2 m. Oproti ostatním šachtám je horní část šachty zajištěna 31-ti kusy tryskové injektáže o průměru 1200 mm. Přibližně ve 2/3 obvodu jsou tryskové injektáže provedeny standardním způsobem, u zbylé 1/3 obvodu šachty jsou tryskové injektáže ukloněny tak aby nezasahovaly do náběžní zdi jež je zároveň součástí stávajícího kolektoru SPHM. Do všech vrtů tryskové injektáže jsou vloženy trubky TR108/10. Rozpojování hornin v šachtě J104 probíhalo strojním způsobem do hloubky 8 m (trhací práce zde nejsou povoleny) a posléze trhacími pracemi. Z hornin skalního masivu se v daném území vyskytuje souvrství letenské. Poslední šachta J104 umístěná v nájezdu z Nábřeží Kpt. Jaroše na Hlávkův most, je menší komorou propojena se stávajícím kolektorem SPHM.

Práce na šachtách probíhaly v převážné většině 24 hodin denně 7 dní v týdnu. Průměrná rychlost hloubení šachet byla přibližně 0,5m za den. Sekundární ostění šachet je poslední činností, která se bude na sekundárních ostěních kolektoru realizovat.

4 Technické komory – budoucí účel a výstavba

V trase kolektoru jsou navrženy dvě technické komory. Technická komora TK101 na Těšnovském nábřeží a technická komora TK103 (Obr. 5 a 6) nacházející se na ostrově Štvanice. Obě komory slouží k víceúrovňovému křížení inženýrských sítí což není v běžném profilu trasy kolektoru vzhledem k vysokým nárokům na prostor možné.



Obr. 5 a 6 Pohled na průnik technické komory TK103 se štolou kolektorové trasy (vlevo) a propojem do šachty J103 (vpravo).

ZDROJ: (fotoarchiv sdružení)

Fig. 5 and 6 Crossing the technical chamber TK103 and the gallery (left) and crossing the technical chamber TK103 and the connection of shaft J103 (right)

Technická komora TK101 byla ražena ze šachty J101 pod dvojicí proplachovacích kanálů vedoucích z Těšnova do Libně tlamového profilu 3 500 mm × 1700 mm zhotovených na počátku 20. století. Vzdálenost dna proplachovacího kanálu od klenby TK101 je 13,5 m. Komora je 9000 mm široká, 9760 mm vysoká o délce 18,87 m. V čelní stěně komory je zárodek o délce 2690 mm v profilu raženého kolektoru pro budoucí pokračování ve směru ke kolektoru CENTRUM. V levé části komory se nachází zárodek napojení na kabelový tunel PRE v profilu 3545 × 3840 mm o délce 2680 mm.

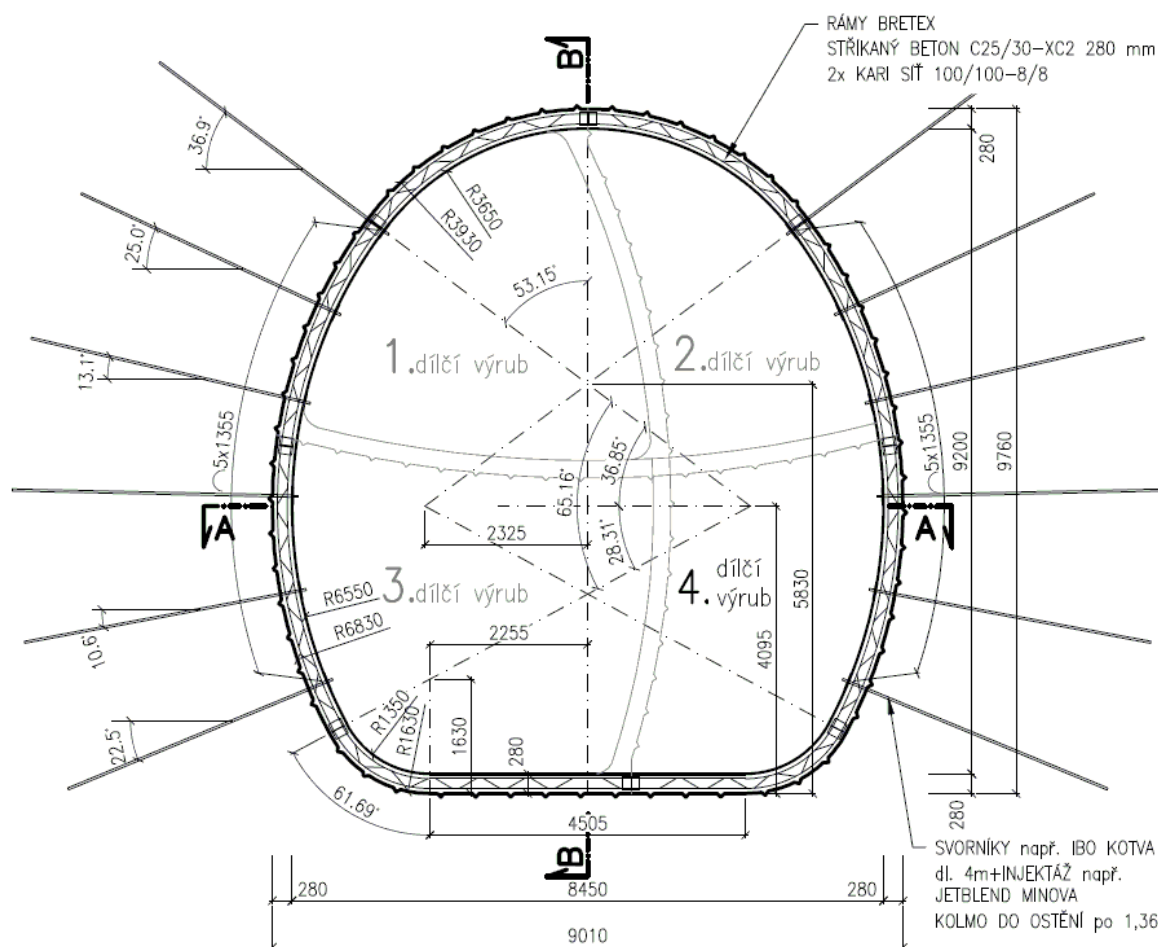
Výška skalního nadloží záhořanského souvrství je proměnlivá od 4,1 m do 4,7 m. Nad tímto nadložím se nachází fluviální sedimenty Vltavy (písky a šterk špatně zrněný) a antropogenní navážky. Vzhledem k velikosti profilu, nízkém skalním nadloží, podcházení dvojice proplachovacích kanálů a blízkosti budovy ministerstva zemědělství se jednalo o velmi složitou etapu ražeb s vyloučením trhacích prací. Ražbě předcházelo zajištění klenby proplachovacího kanálu podpůrnou konstrukcí, která musela být instalována potápěči za plného provozu kanálu.

Profil byl členěn horizontálně i vertikálně na 4 dílčí výrubu. Byly navrženy tři technologické třídy NRTM 3, 4 a 5a. Tyto třídy vycházely z předpokladu, že 1. dílčí výrub měl charakter průzkumné štoly a tedy byl stejný ve všech technologických třídách. Poskytl detailní informace o geologické a hydrogeologické situaci. Podle zastižené technologické situace byl navržen způsob ražby dalších dílčích výrubů. Ražba nakonec probíhala v technologické třídě NRTM 4 pouze se strojním rozpojováním (Obr. 7).

Ve skutečnosti se komora nacházela v letenském souvrství. Další změnou byl způsob ražby komory. Příčinou bylo velké množství inženýrských sítí v místě šachty J102, které zapříčinily zpoždění jejího hloubení a šachta J103, kde se žádné inženýrské sítě nenacházely, byla zhotovena dříve. Proto se rozhodlo o ražbě komory z upraveného propoje ze šachty J103,

tedy z boční stěny komory a nikoliv z čelní stěny, tedy z trasy. Z toho důvodu byl propoj o 2,1 m zvýšen, o 0,4 m rozšířen, což umožnilo průjezd techniky nutné pro ražbu. Profil se tím zvětšil na 27,5 m². Samotný postup ražby technické komory TK103 byl prováděn po lávkách s horizontálním i vertikálním členěním v návaznosti na ražbu propoje a hloubení šachty J103. V první fázi byla vyražena štola ze šachty J103 kolmo na osu komory až ke vzdálenější boční stěně komory. Poté v druhé fázi bylo zakotveno přístropí přes masivní podélný příhradový rám v ose štoly a demontována polovina ostění. V třetí fázi probíhala ražba kaloty komory rozdělená vertikálně na levou a pravou kapličku. Takto vytvořený prostor se pak jen snižoval dobírkou dna po dvou výškových úrovních až na definitivní dno, vždy nejdříve hloubení v šachtě, poté ražba v propoji a štole vedoucí do komory na nakonec v samotné komoře.

Ražba propoje do komory byla zahájena před Vánoci v roce 2016 a komora byla kompletně doražena s uzavřením ostění ve dně v polovině měsíce března.



Obr. 7 Technologická třída NRTM 4

ZDROJ: (autor Ingutis s.r.o.)

Fig. 7 Building structure NATM 4

5 Kolektorové trasy – výstavba

Raženými trasami kolektoru dojde k propojení nejen všech podzemních objektů kolektoru, ale také obou Vltavských břehů v trase vedoucí západně od Hlávkova mostu. Ražená kolektorová trasa příčného oválného profilu s protiklenbou o velikosti 23,2 m² činí 384,23 m z celkových 430,25 m délky kolektoru. Zbytek jsou technické komory a šachty. Šířka výrubu je 4,5 m a výška 5,94 m. Součástí kolektorové trasy je také hloubená odbočná větev na Ostrově Štvanice o délce 99,6 m, kterou budou v budoucnosti vyvedeny veškeré

inženýrské sítě na ostrov.

Ražba je rozdělena na tři objekty. Je to objekt SO204, kterým budou pod Vltavou spojeny šachta J104 na Holešovickém předmostí a technická komora TK103 na Ostrově Štvanice o délce 138,7 m. Dále pak objekt SO202 pod Ostrovem Štvanice propojující zmíněnou komoru s šachtou J102 o délce 78,58 m. Nakonec je to úsek objektu SO201 o délce 166,95 m jímž se spojí pod Vltavou šachta J102 se šachtou J101 na Těšnovském předmostí.

Celý kolektor včetně tras je vyspádován směrem k šachtě J103, kde se nachází žumpovní jímka. Mocnost skalního nadloží nad kalotou je od 10,2 m na Těšnově po 15,3 m v Holešovicích. V J102 dochází k mírnému směrovému lomení směru trasy.

Dle zadávací dokumentace nebylo rozlišeno v technologických třídách NRTM, zda se razí pod vodním tokem či mimo vodní tok. Ve všech třídách je výrub zajištěn příhradovými rámy se stříkaným betonem doplněným o KARI sít při obou površích a doplňující zajištění tvořily 4m dlouhé radiální svorníky injektované tlakovou injektáží. Jednotlivé třídy se lišily délkou kroku a počtem použitých svorníků.



*Obr. 8 a 9 Ražba mechanickým rozpojováním pomocí razícího kombajnu Alpine AM50 (vlevo); hlavní kolektorová trasa po proražení a profilaci primárního ostění (vpravo)
ZDROJ: (Obr. 8 fotoarchiv sdružení, Obr. 9 autor Vladimír Dinda)*

Fig. 8 and 9 Underground excavation using Alpine AM50 cutter boom machine (left); utility gallery after breakthrough (right)

Zvýšená pozornost byla věnována místu, kde kolektor podchází pilíř Hlávkova Mostu. V tomto místě je jako opatření navrženo zdvojení příhradových ráků na jeden záběr.

K rozdělení technologických tříd pod vodním tokem a mimo vodní tok došlo v realizační dokumentaci, do které byly na základě závazného příkazu Obvodního Báňského úřadu zapracovány opatření zajišťující vyšší bezpečnost ražeb pod vodním tokem a 10 m od vodního toku, jež doporučil odborný znalec ve svém posudku. V každé třídě se čelba měla zajistit stabilizačním nástřikem. Nové třídy byly v zajištění doplněny opatřeními jako jsou provizorní protiklenba v kalotě, ochranný deštník z jehel IBO a v případě zvodnělé horniny v převážné ploše čelby doplněno zajištění čelby o sklolaminátové svorníky délky. V TT3 pod vodním tokem byla snížena vzdálenost os ráků na 1m. Mimo vodní tok zůstaly zachovány třídy víceméně dle zadávací dokumentace.

Postup prací na ražbách kolektorových tras byl následující. Ražby byly zahájeny začátkem února 2017 na trase ze šachty J101 k J102 a ze šachty J102 oběma směry. Na začátku března byl spuštěn razící kombajn Alpine AM50, ražby pokračovaly směrem

k J103 (Obr. 8). Vzhledem k přechodu geologického souvrství lépe rozpojitelného Vinického a hůře rozpojitelného Letenského v tomto úseku došlo k výměně strojního rozpojování za rozpojování pomocí trhacích prací. Proraženo zde bylo na konci dubna 2017 a poté byla znovu zahájena ražba k šachtě J101 v Záhořanském souvrství s mechanickým rozpojováním a zároveň byly zahájeny i ražby s trhacími pracemi od komory TK103 směrem k šachtě J104 v Letenském souvrství. Na konci srpna 2017 bylo proraženo v úseku mezi šachtami J101 a J102 a o měsíc později i mezi komorou TK103 a šachtou J104 (Obr. 9). Práce na ražbách probíhaly 24 hodin denně 7 dní v týdnu. Průměrná rychlost ražby byla přibližně 1,5 m za den v kalotě a 3 m za den ve dně.

6 Sekundární ostění

Sekundární ostění ražených částí kolektoru včetně hloubených šachet bylo v dokumentaci pro výběr zhotovitele navrženo z vodonepropustného betonu bez mezilehlé izolace. Důležitým návrhovým kritériem bylo přenesení tlaku vodního sloupce o výšce přes 30m (úroveň povodně z roku 2002), čemuž museli odpovídat veškeré prvky sekundárního ostění. Sekundární ostění bylo navrženo z monolitického betonu odolného proti průsakům třídy C30/37 –XC2 – XA2 s přísadou pro dosažení vodonepropustnosti (hloubka průsaku max. 25 mm a maximální šířka trhlin 0,2 mm).

Během dokončování ražeb byl na základě skutečně zastížené situace v podzemí spočívající v lokálních až plošných průsacích a místy masivních tečích do podzemního díla realizační projekt doplněn o sanační opatření vedoucích k odstranění zatékání. Jedná se o organizované svody vedoucí do drenáže umístěné pod dnem primárního ostění, injektáže primárního ostění mikrocementem a chemickou injektáží a plošné izolace (Obr. 10 a Obr. 11) některých částí kolektoru s plošnými průsaky. Tímto byl kolektor dle typu sanačních opatření rozdělen na dvě základní řešení.



Obr. 10 a 11 Průnik šachty J104 a kolektorové trasy s nainstalovaným kompletním hydroizolačním systémem (vlevo)

ZDROJ: (autor Vladimír Dinda).

Fig. 10 and 11 Crossing the shaft J104 and the utility gallery J104 with whole insulation system (left); Utility gallery insulation installation (right).

6.1 Kombinace organizovaných svodů a plošné izolace

Jedno řešení je za použití kombinace organizovaných svodů a plošné izolace s pojistným injektážním systémem v ploše a v dilatačních a pracovních spárách. Toto řešení je

zároveň méně náročné na vodonepropustnost železobetonového ostění, které zůstává ve stejné pevnostní třídě jako v DVZ. Aplikováno je v místech s největšími průsaky, což jsou šachty J102 až J104, kolektorová trasa mezi šachtou J102 a technickou komorou TK103 včetně této komory.

Pro tento typ opatření jsou použity drenážní žlábků Omega. Slouží pro kontrolované svádění prosakující vody skrz primární ostění do centrálního drenážního systému umístěného ve dně primárního ostění. Žlábků mají podkovovitý průřez, jsou vyrobeny z HDPE materiálu a k primárnímu ostění se standardně přichycují nastřelením. Případné netěsnosti jsou řešeny těsnícími tmely. Povrchová úprava žlábků umožňuje bezproblémové nanášení stříkaného betonu či aplikaci hydroizolačních systémů.

Mezilehlá fóliová izolace je umístěná mezi primárním ostěním ze stříkaného betonu a definitivním ostěním z monolitického betonu. Před samotnou aplikací hydroizolačního souvrství muselo být nejdříve dosaženo požadovaných parametrů týkající se drsnosti a rovinatosti podkladního povrchu. Byly také zastaveny nejvýraznější teče pomocí drenážních žlábků Omega. Na takto připravený povrch se umístila jedna vrstva geotextílie gr. 800 g/m², v místech větších průsaků se umístily vrstvy dvě. Geotextílie je k primárnímu ostění kotvena pomocí terčíků. Následovala instalace samotné fóliové izolace Mapeplan TU WL 30. Ta je na terčíky přichycena horkým vzduchem, vzájemné spojení izolačních pásů je provedeno za pomoci svářecího automatu dvojitými švy s přeložením. Dna kolektorových tras jsou navíc vždy ochráněna dvojitou vrstvou geotextílie o hmotnosti 1000 g/m².

Všechny příčné a podélné pracovní spáry jsou opatřeny vnějšími těsnícími pásy šířky 500 mm, např. Sika Waterbar AA 500/35 Tricomer BV. Rovněž i veškeré dilatační spáry jsou opatřeny vnějšími těsnícími pásy šířky 500 mm, např. Sika Waterbar DA 500/35 Tricomer BV. Zásadní podmínkou pro výběr těsnících pásů je přenesení tlaku vodního sloupce min. 30 m a také, aby pásy byly kompatibilní s fóliovou izolací (aby oba materiály bylo možné k sobě přivařit). Pásy jsou vždy doplněny dvojicí injektážních hadiček 18/10 mm pro dodatečnou cementovou injektáž a dvojicí hadiček 12/6 mm pro dodatečnou chemickou injektáž v případě průsaků. K těmto perforovaným hadičkám jsou přes spojky přivedeny prodlužovací neperforované hadičky, které jsou vyústěny do sběrných krabic (boxů). Z těchto sběrných krabic by v případě průsaků, byla prováděna dodatečná injektáž.

6.2 Mikro cementové a chemické injektáže v kombinaci s těsnícími pásy a vodonepropustným betonem

Druhé řešení je kombinací použití mikro cementových a chemických injektáží primárního ostění, vnějších spárových pásů do dilatačních a pracovních spár šířky 500 mm s pojistným injektážním systémem a ostěním z vodonepropustného železobetonu betonu shodného s projektem DVZ (Obr. 12). Aplikováno je v technické komoře TK101, šachtě J101 a kolektorové trase mezi šachtami J101 a J102 a mezi technickou komorou TK103 a šachtou J104.

Mikro cementové injektáže se provádí pomocí jemné nesmršťující malty přes dvojici perforovaných injektážních hadiček 18/10 mm umístěných mezi žebry těsnících pásů. Pracovní tlak je předpokládán v úrovni 0,2 MPa. U tohoto typu hadiček se nepředpokládá vícenásobná injektáž.

Chemické injektáže se provádí přes dvojici perforovaných injektážních hadiček 12/6 mm umístěných mezi žebry těsnících pásů. Hadičky musí umožňovat opakovanou injektáž. Jako injektážní médium bude použito jednosložkových a dvousložkových polyuretanových pryskyřic nebo metakrylátových gelů.

Všechny příčné a podélné pracovní spáry a dilatační spáry jsou opět opatřeny vnějšími těsnícími pásy šířky 500 mm – viz kapitola 6.1.

Definitivní konstrukce jsou v úsecích s fóliovou izolací navrženy z betonu C30/37 –

XC2 – XA2 včetně přísady pro dosažení vodonepropustnosti XYPEX Concentrate Admix C-1000 (NF) v dávce 1,5 %. Vzhledem ke skutečnosti, že používání krystalizační přísady nemělo oporu v normách a výsledky měření nepropustnosti byly diskutabilní, byla výše uvedená směs nahrazena betonem C30/37 – XC2 – XA2 Permacrete vyvinutým společností TBG Metrostav dle rakouských a německých norem pro tzv. „bílé vany“. Jeho hlavní předností je nízký vývin hydratačního tepla pod 37 °C a tím značné omezení šířky trhlin a průměrnými hodnotami průsaku dle doposud provedených zkoušek kolem 12 mm. Nevýhodou použití tohoto typu betonu je delší čas náběhu pevnosti v prostém tlaku o cca 30 % oproti klasickému konstrukčnímu betonu. Tato nevýhoda je kompenzována použitím ocelové plně hydraulické elektricky posuvné formy délky 8 m, což umožňuje její rychlejší přesun, ustavení a také postup betonáže. Tloušťka definitivní obezdívky je v rozmezí 350 – 530 mm.



Obr. 12 a 13 Hotové betonové definitivní ostění hlavní trasy (vlevo); Výztuž definitivního ostění klenby (vpravo)

ZDROJ: (fotoarchiv sdružení)

Fig. 12 and 13 Finished concrete secondary arch lining (left); Secondary arch lining reinforcement (right)

6.3 Výztuž sekundárního ostění

Výztuž sekundárního ostění kolektoru je z oceli B500B 10 505 (R) s minimálním krytím výztuže 50 mm. Podle typu konstrukce se skládá z různých prvků. Maximální průměr nosných prutů je v izolovaných částech tras R22 a neizolovaných částech tras a v technických komorách R25. Výztuž kolektorových tras je zároveň navržena jako samonosná, čehož je dosaženo použitím příhradových rámu a maximálně prefabrikovaná z důvodu snadnější a rychlejší montáže, tvořená atypickými skruženými KARI sítěmi a armokoši.

V kolektorových šachtách je výztuž tvořena převážně KARI sítěmi KY49 o 100 x 100 mm s průměrem drátu 8 mm a vázanými rovnými pruty stejného průměru (Obr. 13). Výztuž v izolovaných šachtách bude přichycována na speciální systémovými kotevní prvky prostupující hydroizolací. Tyto prvky budou zároveň sloužit jako spřažení primární a sekundární konstrukce.

Výstavba sekundárního ostění kolektorové trasy byla zahájena ke konci října 2017 a je nyní (konec ledna 2018) přibližně v polovině a zároveň jsou zahájeny i práce na definitivním ostění technické komory TK101 a šachty J104.

7 Souhrn specifík ovlivňujících výstavbu

Pro stavitele je toto dílo výzvou z několika důvodů. Jednak je to jeho složitost (5 zařízení staveniště, 3 ražené trasové úseky, 2 ražené technické komory, 4 šachty, 4 hloubené objekty), logistika v centru metropole, kdy každý metr čtvereční zařízení

staveniště je vyvážen zlatem. V neposlední řadě jsou to také složité geotechnické podmínky pod vodním tokem, bezprostřední blízkost povrchových a podzemních objektů např. podpěry historicky cenného Hlávkova mostu, nábřežních zdí, podcházení Těšnovského tunelu nebo ražbou v těsné blízkosti budovy ministerstva zemědělství a proplachovacích kanálů. Faktu, že celá stavba probíhá v přímém ovlivnění řeky Vltavy, klade maximální důraz na bezpečnost a kvalitu provedení včetně minimálního ovlivnění okolí stavby probíhající ražbou, tzv. nulový stav poškození. Do prováděných prací toto zasáhlo změnou zajištění ražených tras a opatřením nutným k odstranění zatékání do podzemního díla před výstavbou definitivních konstrukcí. Důsledkem pak byly změny, které zvyšovali jednak bezpečnost způsobu provádění a také kvalitu provedeného díla. Jednou ze zásadních výzev byla koordinace razičských prací na více podzemních pracovištích najednou dle aktuálních geologických podmínek.

V současné době je v největším rozsahu rozpracováno definitivní ostění a práce probíhají až na jedenácti pracovištích v podzemí najednou, a to klade vysoké nároky na zásobování pracovišť materiálem. Sekundární ostění je navrženo na tlak 30 m vodního sloupce, což je stav vody při povodni v roce 2002. Původně tomu mělo odolávat monolitické vodonepropustné železobetonové ostění bez mezilehlé izolace. Přítoky podzemní vody do díla však znamenaly úpravy projektu směrem k využití kombinace sanačních opatření vedoucích k odstranění zatékání a tím umožnění betonáží. To vedlo k využití kombinace zkušeností, postupů a technologií známých ze staveb bílých van a zároveň velkých silničních nebo železničních tunelů či metra. To je na díle typu kolektoru v Praze netypické. Zároveň to znamená posun a naznačuje směr, kterým se výstavba kolektorů v Praze bude ubírat, vzhledem ke zvyšujícím se nárokům na délku záruky (nyní 10 let) a kvalitu provedení danou zpřísnujícími se normami.

Zoznam použitej literatúry

- [1] CHMELAR, R., J. MAŠKOVÁ a Z. LUKÁŠ. *Podrobný inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum stavba č. 8615, Kolektor Hlávkův most*. PUDIS a.s., Praha, 2006.
- [2] RÁČEK V., ZLÁMAL, J. *Projekt kolektoru Hlávkův most. Tunel*. Praha, 2015.
- [3] *Projekt: Stavba č. 8615 "Kolektor Hlávkův most"*, Ingutis, spol. s r.o., realizační dokumentace stavby, 2016/2017.
- [4] DOHNÁLEK V., KOZUBÍK R., ŠPETA M., *Kolektor Hlávkův most – zkušenosti po zahájení ražeb*, Praha, časopis Tunel 26. ročník, č.4/2017, MK ČR E 7122, ISSN 1211 – 0728