

## ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

## MOZAIKA ZE SVĚTA

■ **Hlavní prorážka bazového tunelu Ceneri**

Více než 1000 lidí se zúčastnilo 21. ledna 2016 slavnostní hlavní prorážky bazového tunelu Ceneri v jeho západní troubě přibližně 700 m od severního portálu. Přesnost ražeb dokumentují odchylky: 2 cm vodorovně a 1 cm svisle.

Stejně jako Gotthardský bazový tunel je i tunel Ceneri tvořen dvěma jednokolejnými tunely. Jejich délka je 15,4 km a jsou raženy ve vzdálenosti 40 m s propojkami po 325 m. Celý tunel byl ražen konvenčně s ohledem na složitou geologii. Maximální nadloží tunelu je 900 m. Hlavní ražby probíhaly na sever i na jih z kaveren vyražených na konci mezilehlého přístupového tunelu u Sigirina délky 2,3 km. Ten byl vyražen pomocí tunelovacího stroje. Dílčí ražby se uskutečnily i z portálů na severu i jihu.

Definitivní ostění tunelů má být dokončeno v závěru roku 2016, montáž kolejí začne v létě 2017 a zahájení provozu je plánováno na prosinec 2020.

■ **První prorážka tunelu raženého v Norsku TBM po 20 letech**

TBM firmy Robbins o průměru 7,2 m dokončilo 10. prosince 2015 ražbu 7,4 km dlouhého vodního přivaděče pro vodní elektrárnu Rossaga.

Ražba probíhala od ledna 2014 v extrémně tvrdé hornině o pevnosti až 300 MPa s vysokým obsahem křemene, ale i v měkčím zkrasovatělém vápenci s vydatnými přítoky podzemní vody. Tvrdá a abrazivní hornina způsobovala značné vibrace stroje a vyžadovala použití velmi kvalitních řezných nástrojů speciálně vyvinutých firmou Robbins, které přesto musely být často měněny. Znamenalo to zdržení, i když výměna jednoho disku trvala méně než deset minut.

■ **Začátek prací na sekci Gloggnitz na bazovém tunelu Semmering**

Stavba bazového tunelu Semmering (BTS) délky 27 km je rozdělena na tři sekce. První ve směru od Vídně je tunelová sekce Gloggnitz, za ní následuje střední sekce Frörschnitzgraben, která je nejdelší a je ve výstavbě od roku 2014, a třetí a poslední sekci je sekce Grautschenhof, jejíž stavba by měla být zahájena letos, tj. v roce 2016.

Tunel Gloggnitz délky 7 km se razí od listopadu 2015. Před tím musely být postaveny v Gloggnitz dva železniční mosty, které umožnily příjezd k portálům ražených tunelů. Současně probíhalo budování přístupových tunelů, ze kterých se hloubily u Göstritz šachty k místu oboustranných rozrážek hlavních tunelů.

■ **Zahájení ražby železničního tunelu Rastatt u Karlsruhe**

Pro zvýšení kapacity především dálkové a nákladní dopravy železnice podél Rýna bude sloužit nový 10 km dlouhý dvojkolejný úsek u Karlsruhe, jehož součástí bude 4270 m dlouhý tunel Rastatt. Jeho velkým přínosem pro životní prostředí bude navíc významné snížení hluku.

První ze dvou kombinovaných štítů fy Herrenknecht o průměru 10,94 m byl převzat ve Schwanau v prosinci 2015, doprava a montáž na staveništi již proběhly tak, aby ražba mohla být zahájena koncem května 2016. Druhý štít by měl startovat s odstupem čtyř měsíců. Podmínky pro ražbu budou velmi nepříznivé. Trasa probíhá pod hladinou podzemní vody v rozvolněné hornině při nízkém nadloží (min. 4 m), tunel podchází zástavbu a provozovanou hlavní trať rýnské železnice. Zde se bude razit s využitím zmrazování horniny (více viz v článku Ing. Heinze Ehrbara v tomto čísle Tunelu).

Stavba je součástí budovaného koridoru TEN mezi Rotterdamem a Janovem, v jehož rámci se postaví čtyřkolejný úsek z Karlsruhe do Bazileje. Pro stavbu tunelů na úseku Milán – Janov vyrábí fy Herrenknecht další dva štíty.

■ **Rakouská dálnice A9**

Na rakouské dálnici A9 vedoucí do Grazu jsou úseky, kde je v některých tunelech stále ještě obousměrný provoz. Jedná se o tunely Spering (2,9 km), Falkenstein (0,75 km), Klauser (2,2 km), Traunfried (0,45 km) a tunel Gleinalm (8 km).

První čtyři jmenované tunely tvoří jakýsi řetěz propojený mosty a viadukty v úseku délky 7,6 km. Jeho výstavba výrazně pokročila a prorážka posledního tunelu Klauser proběhla 3. března 2016. U zmíněných tunelů Klauser a Spering se jednalo o rozšíření původních únikových tunelů.

Zprovoznění nového úseku se předpokládá v roce 2017, kdy na něj bude převedena doprava z dnes provozované trasy, aby hlavně staré tunely mohly být rekonstruovány. Plný dálniční provoz se předpokládá v roce 2018. Provoz obou trub tunelu Gleinalm se plánuje na rok 2019.

■ **Rekonstrukce tunelů Belchen na švýcarské dálnici A2**

Největší razicí stroj, který kdy byl ve Švýcarsku nasazen, zahájil ražbu 3,2 km dlouhého tunelu Belchen 9. února 2016. Štít má průměr řezné hlavy 13,97 m. Důvodem stavby nového tunelu je nevyhovující stav obou trub současného tunelu Belchen, které jsou v provozu více než 50 let a jejichž ostění je staticky narušeno bobtnajícím sádrovcem, který se v pohoří Jura hojně vyskytuje. Jak jsme informovali již v čísle 3/2015, z důvodu vysoké intenzity automobilového provozu na dálnici A2 vedoucí z Basileje na jih, bylo přijato řešení, aby souběžně se stávajícími tunely byl razicím strojem vyražen tunel třetí. Po jeho uvedení do provozu v roce 2022 proběhne v obou starých tunelech rekonstrukce a po jejím dokončení bude ve dvou tunelech obnoven jednosměrný provoz. Třetí tunel bude rezervní.

■ **Bude se stavět ve Švýcarsku nový 30 km dlouhý železniční tunel?**

Současná trať vedoucí z Curychu do Aarau nevyhovuje rostoucím objemům osobní i nákladní přepravy. Proto se od roku 2011 zkoumají variantní možnosti výstavby nové trati. Ukazuje se, že přímá trať s 30 km dlouhým tunelem by byla provozně i ekonomicky výhodnější, než delší varianta přes Gruemet s dvěma tunely Honeret a Chestenburg.

■ **Nabídka pro naplavovaný tunel přes úžinu Fehmarn**

Výbor dánského parlamentu pro tunel Fehmarn oznámil 4. března 2016 výběr nabídek pro dodávku stavební části naplavovaného tunelu mezi Německem (Puttgarden) a Dánskem (Rødbyhavn). V květnu 2016 měly být uzavřeny kontrakty s vybranými dodavatelskými sdruženími, ve kterých bude ale podmíněno zahájení prací vydáním platného stavebního povolení německými úřady. Uzavřené kontrakty budou platit do konce roku 2019, k tomuto datu mohou být znovu projednány.

Pro dodávku ramp, portálů a vlastního naplavovaného tunelu včetně výroby naplavovaných segmentů je vybráno sdružení Femern Link Contractors (FLC), z nám známějších firem jsou jeho členy Vinci, Wayss und Freytag, Max Bögl a Soletanche. Výkopové práce včetně uložení přebytečné zeminy a příslušné rekultivace by mělo provést sdružení Fehmarn Belt Construction (FBC). Dodávky vybavení tunelů a dalších prací souvisejících se zprovozněním tunelů budou řešeny později.

Celkem 89 ks naplavovaných segmentů pro 17,6 km dlouhý tunel se bude vyrábět v závodu vybudovaném na dánské straně. Výkop ve dně úžiny bude 60 m široký, 16 m hluboký a 18 km dlouhý. Celkový objem výkopu je 19 milionů m<sup>3</sup>, přebytečný materiál bude uložen na dánské straně na ploše 3 km<sup>2</sup>. Tunel bude sloužit pro automobilový i železniční provoz.

#### ■ Hloubené tunely zlepšují životní prostředí v Hamburku

Dálnice A7 prochází od sedmdesátých let minulého století severozápadní částí Hamburku. I v úseku, kde má šest pruhů, je její kapacita překročena o 25 %, což je příčinou mnoha nehod a zdržení. Současně je dálnice obrovským zdrojem hluku.

Proto se severně od Labského tunelu vybudují hloubené tunely Altona, Stellingen a Schnelsen. Současně se v prvních dvou úsecích rozšíří dálnice na 8 pruhů a v úseku Schnelsen na 6 pruhů. Hloubený tunel Schnelsen délky 500 m a šířky 34 m se staví od roku 2015.

Dodávku dvoutrubového tunelu Stellingen délky 893 m a šířky 51 m s pěti pruhy v každé trubě (4 jízdní a 1 odstavný pruh) získalo v lednu 2016 sdružení pod vedením firmy Hochtief. Stavba nejjižnějšího tunelu Altona bude zahájena po ukončení stavebního řízení koncem roku 2016 nebo začátkem roku 2017.

Na zklidněném území po převedení dopravy do podzemí se plánuje bytová výstavba s cca 3000 byty.

#### ■ Rozhodnuto o stavbě druhé trouby silničního tunelu Gotthard

Švýcarské referendum konané 28. února 2016 rozhodlo o stavbě druhé trouby silničního tunelu Gotthard. Rozhodnutí to bylo těsné – kladně se vyslovilo jen 57 % voličů. Důvody pro stavbu nové dvoupruhové trouby spočívají především v nutnosti rekonstrukce staré již 36 let provozované trouby, kterou ročně projede 5 mil. osobních a 1 mil. nákladních vozidel.

Nová trouba bude ražena z obou stran tunelovacími stroji. Doba její výstavby se předpokládá 7 let, pak do ní bude převeden obousměrný provoz a stará trouba projde rekonstrukcí. Někdy kolem roku 2030 by měl být zahájen provoz v obou troubách, ovšem s omezením, které bylo odsouhlaseno v referendu. Aby nedošlo k zvýšení dopravní kapacity a tím zátěže pro alpské životní prostředí, bude provoz v obou troubách veden jen v jednom pruhu, druhý bude odstavný. Pesimisté se obávají, že toto „ušlechtilé“ omezení může být v budoucnosti zrušeno.

#### ■ Nutná oprava v nedávno rekonstruované trubě tunelu Bosruck

Druhá trouba tunelu Bosruck na rakouské dálnici A9 byla zprovozněna v roce 2013, pak po 30letém provozu proběhla rekonstrukce staré trouby. Normální provoz v obou troubách byl zahájen v říjnu 2015. Brzy potom byl v listopadu 2015 zjištěn nepřijatelný průhyb mezistropu. Jeho oprava začala 1. února 2016.

Včetně míst, kde je mezistrop prohnutý, je zde 11 úseků, které vyžadují opravu nebo preventivní zpevnění. Nejprve bude mezistrop dodatečně upevněn více než 700 kotevními tyčemi délky 66 cm vyrobenými ze speciální oceli. Přitom bude prohnutá deska vyzdvížena a následně fixována ve správné poloze. Aby se vyloučila případná další rizika, bude přikotvení mezistropu provedeno nad všemi nikami a bezpečnostními základy.

Odhaduje se, že dodavatel musí vynaložit na tuto reklamační opravu přibližně 200 tis. eur.

#### ■ Propojení Helsinek a Tallinu tunelem

Političtí představitelé Finska a Estonska podepsali memorandum o porozumění, v němž je zahrnut především dlouho disku-

tovaný železniční tunel mezi Helsinkami a Tallinem. Ten by dokázal zkrátit dvě hodiny trvající plavbu mezi oběma městy na půlhodinovou jízdu vlakem. Plánované napojení Tallinu na evropskou vysokorychlostní železniční síť by pak mohlo být prodlouženo až do Helsinek.

Obsáhlý geotechnický průzkum musí být teprve proveden, ale již nyní je jasné, že největší obtíže budou v oblasti u estonského břehu. Zde na krystaliniku leží 75 m až 80 m mocné souvrství zvodnělých málo pevných pískovců a siltových hornin, které je navíc zdrojem vody pro tallinský region.

#### ■ Thames Tideway

V Londýně probíhá kanalizační stavba, která má přispět k radikálnímu zlepšení kvality vody v řece Temži a současně připravit londýnský kanalizační systém na demografický nárůst obyvatelstva v následujících sto letech. Nová kmenová stoka dlouhá 25 km bude největším projektem, jaký kdy byl ve vodním hospodářství ve Velké Británii realizován. S jeho dokončením skončí vypouštění znečištěných odpadních vod do řeky Temže.

Stoka o vnitřním průměru 7,2 m bude ražena bentonitovými štíty v hloubce od 30 do 70 m pod povrchem. Procházet bude nejprve jílem, štěrkopískem a ke konci i křídovými sedimenty až skoro 70 m pod hladinou podzemní vody.

Systematická kanalizace Londýna byla vybudována v době vlády královny Viktorie. Odváděla ovšem společně splaškové i dešťové vody do Temže, ze které se stala mrtvá páchnoucí řeka. Během 150 let byla provedena řada zlepšení, ale hlavní problém, že kanalizace dnes slouží osmi milionům obyvatel místo původních čtyř a že město se rozrostlo, se nevyřešil. Stačí, když naprší dva milimetry vody a odpadní vody tečou do Temže.

Kostrou stavby jsou dvě ražené kmenové stoky – Temžský tunel (Thames Tideway Tunnel – TTT) a tunel Lee. Trase TTT sleduje od západního okraje Londýna Temži, resp. z větší části vede pod jejím středem a za centrem Londýna odbočuje na východ k současné čerpací stanici Abbey Mills. Zde se napojí na 6,9 km dlouhý tunel Lee. TTT, jehož ražba by měla být zahájena v roce 2017, podchytí přepady z 34 největších dešťových oddělovačů. Společně s tunelem Lee vytvoří velký retenční prostor, který umožní čistit i odpadní vody ředěné dešti.

Tunel Lee v první fázi vyřadí čerpání odpadní vody do stejnojmenné řeky (Lee je levostranný přítok Temže) a po napojení tunelu TTT odvede všechny odpadní vody na rozšířenou centrální čistírnu odpadních vod Becton ležící u Temže jižně od Londýna.

Pro ražbu tunelu Lee byla u ČOV Becton vyhloubena v roce 2000 80 m hluboká šachta o průměru 38 m, ze které v únoru 2012 startoval bentonitový štít fy Herrenknecht. Prorážka u ČS Abbey Mills proběhla v lednu 2014. Do primárního ostění tunelu, které je tvořeno vláknobetonovými segmenty tl. 35 cm, se ještě vybetonuje monolitické ostění tl. 30 cm také vyztužené vlákny. Dvouplášťové ostění bude mít i původní startovací šachta, která se změní na čerpací stanici zajišťující čerpání odpadních vod z hloubky 80 m na ČOV Becton.

Dokončení celého budovaného kanalizačního systému se předpokládá v roce 2023.

#### ■ Zaměření časopisu Geomechanics and Tunneling:

č. 1/2016: Geotechnické sledování ražeb tunelů

č. 2/2016: Gotthardský bazový tunel

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, mila\_novotny@volny.cz

## PROJEKT STOLETÍ PROJECT OF THE CENTURY

The over 57km long double-tube Gotthard Base Tunnel was commissioned on the 1<sup>st</sup> June 2016. The construction work was planned for 20 years, but the builders managed to complete it a year sooner. The project was fully financed by Switzerland from its own sources, the special NEAT financing system. Representatives of the Swiss provincial government, the Swiss Parliament and representatives of governments of all neighbouring states were the prominent attendees of the tunnel opening ceremony. Trains with school excursions and persons drawn through the Internet were running along both tunnel tubes in both directions. The very successful event was ended by a fantastic performance of the „Patrouille Suisse“ acrobatic group. A day before, the nine men who tragically died during the course of this tunnel construction were honoured the memory. The following day, the 2<sup>nd</sup> July 2016, a celebration event was held, which was attended by 2500 persons. All attendees enjoyed nearly 20-minute rides along the newly completed tunnel at the operating velocity of up to 200km/h. During the course of the trial test running without the public, even the maximum velocity of 275km/h was successfully tested using a train especially brought for this purpose. The public was allowed to ride through the new tunnel and view numerous exhibitions at both portals on the 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> July. This offer was taken advantage of by over 100,000 interested persons from Switzerland and border areas. Many testing rides will still be performed before the tunnel is brought into service. The planned date is the 11<sup>th</sup> December 2016.

Dvoutubový Gotthard-Basistunnel nebo též Gotthardský bázový tunel o délce více než 57 km uvedlo do provozu 1. června 2016 s velkou slávou více než 1000 hostů a desítky osob, které se na stavbě přímo podílely. Stavba byla plánována na 20 let a podařilo se ji otevřít o rok dříve. Celé Švýcarsko je na provedené dílo velmi hrdé, projekt je označován jako úchvatný počín Schweizer Bauindustrie. Stavbu plně hradilo Švýcarsko z vlastních prostředků přes speciální financování NEAT, a to bez jakéhokoliv zadlužení pro nástupnické generace.

Prominentními účastníky při otevření tunelu byli představitelé švýcarské zemské vlády, švýcarského parlamentu a vládní představitelé všech sousedních států: Angela Merkelová, Francois Hollande, Matteo Renzi, Christian Kern a Adrian Hasler. Ve



Obr. 2 Nástup akrobatické skupiny  
Fig. 2 Start of an acrobatic group



Obr. 1 Hlava TBM jako pomník  
Fig. 1 TBM cutterhead as a monument

svých proslovech velmi ocenili výkony všech národností, které se na budování tunelu podílely, ačkoliv Švýcarsko není státem Evropské unie. Spolkový prezident Švýcarska pan Johann Schneider-Ammann nazval toto dílo znakem sounáležitosti Švýcarska a Evropy, jehož hodnoty a ideje budou pokračovat. Paní Merkelová ve svém vystoupení prohlásila: „Je zde pouze srdce, aorta však chybí. To jest napojení do Německa, které se rodí příliš pomalu a těžkopádně.“ Francois Hollande se vyjádřil velmi stručně: „Před výkonem Švýcarska nelze než smeknout.“



Obr. 3 Nástup do vlaku  
Fig. 3 Boarding the train



Obr. 4 Průjezd prvního vlaku  
Fig. 4 Passage of the first train

Na obou portálech předvedlo současně více než 600 protagonistů divadelní představení „Sacre del Gottardo“. Současně projížděly tunelem oběma tunelovými troubami vlaky se školními výpravami a osobami, které byly vylosovány z přihlášek přes internet. Přihlásit se však mohli pouze zájemci s trvalým pobytem ve Švýcarsku, i z jejich daní byl tento projekt financován. Vlak s prominenty jel ze stanice Erstfeld na jih do stanice Pollegio. Zde se všichni setkali u společného oběda. Velmi vydařená akce byla zakončena fantastickým vystoupením akrobatické skupiny „Patrouille Suisse“.

Den předtím byla u pamětní desky uctěna památka devíti mužů, kteří tragicky zahynuli při výstavbě tohoto tunelu. Pro srovnání – při výstavbě starého Gotthardského vrcholového tunelu bylo obětí téměř 200.

Následující den 2. června 2016 se na stavbě konala slavnost, na které bylo přítomno 2500 osob. Všichni účastníci si užili téměř 20minutové jízdy nově vybudovaným tunelem plánovanou pro-



Obr. 5 Vlak v tunelu  
Fig. 5 The train in the tunnel

vozní rychlostí až 200 km/h. Při zkušebních testovacích jízdách bez veřejnosti byla speciálně dovezeným vlakem úspěšně vyzkoušena i maximální rychlost 275 km/h.

Veřejnosti bylo 4. a 5. června umožněno projet se novým tunelem a prohlédnout si na obou portálech mnoho výstav. Tuto nabídku využilo ze Švýcarska a příhraničních oblastí více než 100 000 zájemců.

Do zprovoznění tunelu, které je plánováno na 11. prosinec 2016, se uskuteční ještě mnoho testovacích jízd. Cílem je zajistit, aby od prvního dne provoz v tunelu bezvadně a bezpečně fungoval.

Výstavba Gotthardského bázového tunelu, nejdelšího tunelu na světě, se nezapadně zapsala do historie světového stavebnictví a zejména tunelářství. Společnost Amberg Engineering může být pyšná na to, že na tomto díle měla a má významný podíl.

ALEX SALA, Ing. VLASTIMIL HORÁK,  
horak@amberg.cz,  
AMBERG ENGINEERING BRNO, a. s.

## PROJEKT STUTTGART 21 A TUNEL BAD CANNSTATT STUTTGART 21 PROJECT AND BAD CANNSTATT TUNNEL

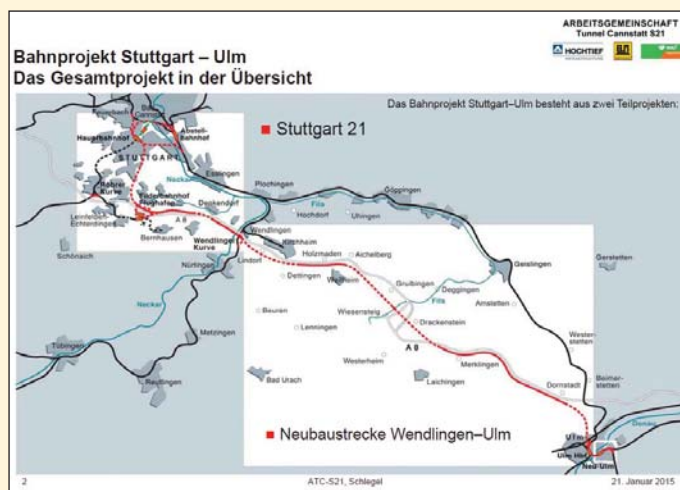
The ITA-AITES Czech Tunnelling Association organises an excursion to tunnels constructed within the framework of the Stuttgart 21 project for its members, to take place in October 2016. The Stuttgart 21 Project represents the overall reconstruction of the Stuttgart railway junction and the railway network spread within the area of the city and the surroundings. It is possible to incorporate into the project even the new concept associated with the reconstruction of the junction and vacating existing land owned by railways for development activities. The following text contains basic information about this important railway project and puts it into the technical and social context.

### Úvod

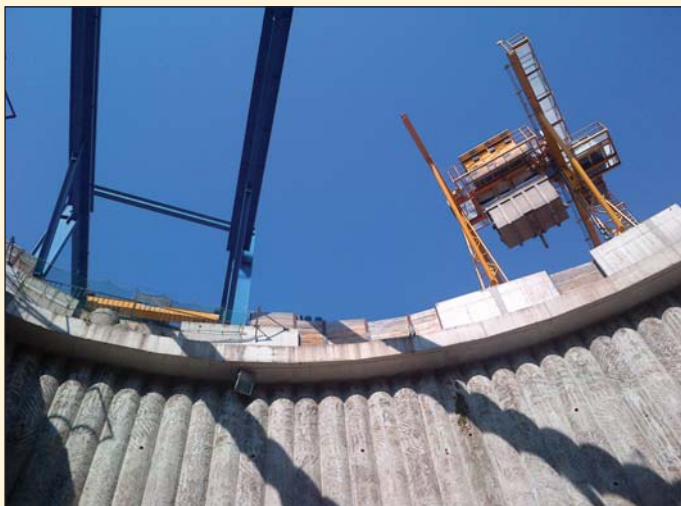
Česká tunelářská asociace ITA-AITES pořádá v říjnu letošního roku pro své členy dlouho očekávanou exkurzi na tunely prováděné v rámci projektu Stuttgart 21. Pod pojmem Stuttgart 21 si lze představit celkovou přestavbu železničního uzlu Stuttgart a související železniční síť, která se rozkládá na území města i v jeho blízkém okolí. Do projektu lze zahrnout novou urbanistickou koncepci související s přestavbou uzlu a uvolněním stávajících ploch patřících drahám pro developerské aktivity. Následující text obsahuje základní informace o tomto významném železničním díle a zasazuje ho do technického i společenského kontextu.

### Popis projektu Stuttgart 21

Město Stuttgart, hlavní město Bádenska-Württemberska, leží na jihozápadě Německa na řece Neckar, přítoku Rýna. Ve městě žije přibližně 600 tisíc obyvatel, celková metropolitní oblast má však přibližně 5,5 milionu obyvatel a jedná se tak o čtvrtou nejlidnatější



Obr. 1 Schéma projektu Stuttgart 21  
Fig. 1 Scheme of Stuttgart 21 project



Obr. 2 Hlavní těžní šachta s dvojicí portálových jeřábů  
Fig. 2 The main excavation shaft with two gantry cranes

oblast v Německu. Projekt zahrnuje celkem 57 km nových železničních tratí, z nichž 30 km je vedeno v tunelech a 25 km splňuje parametry vysokorychlostní železniční trati. Součástí přestavby je také celková rekonstrukce hlavního nádraží situovaného v centru města, které se tak změní z povrchového hlavového nádraží na podzemní průjezdné nádraží.

Za jednu z existujících hlavních tratí vedoucí přes město, která je využívána i pro vysokorychlostní vlaky ICE, lze považovat železniční dráhu rozkládající se podél řeky Neckar vedoucí od severozápadu ze směru Mannheim k jihovýchodu ve směru Ulm. Na tuto trať je napojena řada přípojných železničních tratí v dalších směrech. Ve městě je také rozšířena síť příměstských železnic tzv. S-bahn, která je taktéž zapojena do projektu Stuttgart 21. Samozřejmostí města je i podzemní dráha U-bahn, která se v mnoha místech s železnicemi nového projektu mimoúrovňově kříží. V rámci přestavby železničního uzlu vznikne ve městě nový železniční okruh, na který bude napojena velká část existujících železničních tratí a na kterém bude také ležet hlavní podzemní průjezdné nádraží Stuttgart. Tento okruh je z velké části situován do podzemí. Na jihozápadní části okruhu bude ležet nová železniční stanice Stuttgart hlavní nádraží, která se nachází v místě dnešního hlavního nádraží, ale železnice do ní bude zaústěna s pootočením o 90°, bude umístěna do podzemí a z dnešních 17 traťových kolejí konečných zde bude nově 8 kolejí průjezdných. Znamená to celkovou přestavbu provozních částí nádraží, kdy zůstane zachován pouze historický ráz povrchové budovy. Na tuto část okruhu bude napojena již zmiňovaná vysokorychlostní železniční trať, která je přivedena novým tunelovým spojením a z okruhu pokračuje dalším novým tunelem Filder směrem na železniční zastávku Filder a dále po nové vysokorychlostní trati ve směru na Ulm. Tato trať je součástí transevropské železniční sítě TEN-T v ose Paříž – Vídeň a výrazně přispěje ke snížení průjezdní dopravy městem Stuttgart. Díky přestavbě se ve městě uvolní řada pozemků jak v místě stávajícího povrchového hlavního nádraží, tak i stávajících železničních tratí, které dále nebudou mít další využití. Schéma celého projektu je patrné na obr. 1.

Projekt byl oficiálně představen již v roce 1994, jeho realizace však začala až 2. února 2010 s tím, že občany města tento projekt nikdy nebyl příliš vítán. Od doby představení projektu až do současnosti, kdy probíhají největší stavební práce, vznikla proti tomuto projektu celá řada protestních akcí. Svě vlivy zde prosazují i různé zájmové organizace. I v době největší stavební rozestavenosti je však přes gigantický rozměr projektu dopad na povrchový život ve městě minimální. Práce probíhají zejména v podzemí, případně jsou soustředěny do minimalizovaných ploch zařízení staveniště na povrchu. K odvozu a dopravě materiálu na jednotlivá staveniště je v maximální míře využívána želez-

nice, aby nebyl život ve městě zatížen nákladní automobilovou dopravou. Projekt komplikuje skutečnost, že velká část stavebních prací probíhá pod existující zástavbou ve složitých geologických podmínkách.

### Tunel Bad Cannstatt

Společnost HOCHTIEF realizuje jeden z největších tunelů projektu Stuttgart 21 – tunel Bad Cannstatt. Stavbu provádí horizontální sdružení firem BeMo tunnelling GmbH, Wayss und Freytag Ingenieurbau AG a Hochtief Solutions AG. Vedoucí člen sdružení je Hochtief Solutions AG. Kontrakt byl udělen v březnu 2012. V únoru 2013 byla oficiálně zahájena výstavba a ukončení projektu je předpokládáno v roce 2018. Hodnota kontraktu pro celé sdružení dosahuje přibližně 290 mil. eur.

Tunel Bad Cannstatt je v tzv. sekci 1.5 projektu Stuttgart 21, která se dále člení na několik stavenišť:

- LOT 2 – propojení novým tunelem Feuerbach na hlavní železniční stanici Stuttgart;
- LOT 3 – propojení novým tunelem Bad Cannstatt na hlavní železniční stanici a křížení S-Bahn v oblasti Bad Cannstatt (kontrakt zmiňovaného sdružení);
- LOT 4 – vlakové spojení S-Bahn na hlavní železniční stanici ve směru Stuttgart – Nord a Feuerbach;
- LOT 5 – nový železniční most přes řeku Neckar.

Tunel Bad Cannstatt je označován jako LOT 3. Jedná se o 3,8 km dlouhý železniční tunel, který leží v severozápadní části nového okruhu a bude propojovat přestavěnou železniční podzemní stanici Stuttgart hlavní nádraží s existující železniční tratí vedoucí ze směru Bad Cannstatt. Tunel vyústí v místě nového železničního mostu přes řeku Neckar (LOT 5).

Na most přes řeku Neckar v oblasti Bad Cannstatt bezprostředně navazuje portálová oblast dvou dvoukolejných tunelů zaústěných pod parkem Rosenstein. Pravý tunel šířky přibližně 11 m slouží pro příměstskou železniční dopravu „S-bahn“, levý dvoukolejný tunel o šířce cca 14 m je již částí nově budovaného okruhu vedoucího směrem na podzemní stanici Stuttgart hlavní nádraží. Předportálová část tunelu je v délce přibližně 60 m budovaná v otevřené stavební jámě. Oba tunele jsou z počátku ražené jako dvoukolejné. V oblasti pod parkem Rosenstein a v oblasti pod Ehmannstrasse dochází k vzájemnému překřížení obou železničních tratí. Toto místo je ze stavebního hlediska velice komplikované, protože tratě se kříží s minimálním rozestupem. Proto je křížení navrženo opět v hloubené stavební kotvené jámě. Na hloubený úsek již pro každou trať (hlavní trať a S-bahn) navazují dva samostatné jednokolejné tunele. Do oblasti Ehmannstrasse také vyústí uniková šachta, na kterou jsou v podzemí napojeny úniky z obou železničních tratí.

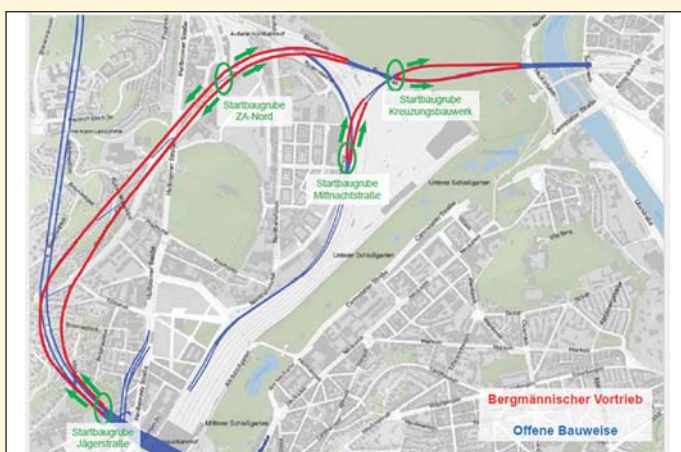


Obr. 3 Přístupový tunel z hlavní těžní šachty  
Fig. 3 Access tunnel from the main excavation shaft



Obr. 4 Ražba kaloty s viditelným směrem proložených anhydridových vrstev  
Fig. 4 Top heading excavation with interlayered anhydride stratum

Jednokolejné tunely na hlavní trati jsou dlouhé každý přibližně 2440 m o vnitřním poloměru 4,05 m. Primární i sekundární ostění je různé tloušťky, místy až 70 cm. Tunely jsou raženy NRTM ve velmi složitém geologickém prostředí převážujících bobtnavých anhydridů různého stupně zvětrání, které při styku s vodou působí na konstrukce vysokým bobtnacím tlakem. Z tohoto důvodu se často tunely razí zvětšené v oblasti spodní klenby. Vzniklý prostor mezi primárním a sekundárním ostěním se vyplňuje stlačitelným materiálem, čímž se kompenzuje výsledný tlak na sekundární ostění. Samotná ražba je dělena na dvě části. Kalota se razí s délkou záběru 1 m. S odstupem čelby 4 m se ihned poté dobírá spodní klenba a primární ostění se uzavírá. Jedině tento postup minimalizuje deformace výrubu pod přijatelné meze. Součástí tunelu je celkem šest příčných propojení a další úniková šachta, která v době realizace slouží jako hlavní těžní šachta, kterou dochází k veškeré dopravě materiálu do podzemí a odvážení rubaniny ven z podzemí. Těžní šachta elipsoidního tvaru je navržena z převrtávaných železobetonových pilot rozepřených ve třech výškových úrovních železobetonovými převážkami. Dno šachty tvoří masivní železobetonová deska. Šachta je umístěna doprostřed mezi jednokolejné tunely. Zajímavostí je, že nad touto šachtou dochází k předávání vytěženého materiálu z podzemí zadavateli (Deutsche Bahn), který řeší odvoz materiálu na finální skládku ve vlastní režii. K tomu využívá železnici a nad šachtu pouze přistavuje předem určený počet prázdných vagónů. Zadavatel na této stavbě kromě nakládání s odpady řeší i veškerá zařízení staveniště, inženýrskou činnost a zhotovitel se tak věnuje pouze samotné ražbě tunelů. Hlavní těžní



Obr. 6 Schema stavby tunelu Bad Cannstatt (červeně) s vyznačením všech přístupů pro ražbu  
Fig. 6 Scheme of Bad Cannstatt project (red coloured) with all access for tunnel excavation



Obr. 5 Ražba kaloty v těsném následování s uzavřením celého profilu  
Fig. 5 Top heading excavation followed by tight closed invert

šachtou se dvojicí portálových jeřábů dopravuje i veškerý beton ukládaný do podzemí a další materiál.

Přestože ražba tunelů probíhá v tomto místě pod ochranou mikropilotových deštníků, bylo třeba s ohledem na minimalizaci sedání zastavěného povrchu provést řadu kompenzačních injektáží. Z důvodu nízkého nadloží v mocnosti pouze 2 až 16 m však neexistovalo jiné efektivní řešení zamezující poškození objektů na povrchu. Kompenzační injektáže byly použity zejména při započetí ražby v oblasti Ehmannstrasse a dále pak v oblasti Heilbronstrasse.

V koncové části před stanicí Stuttgart hlavní nádraží se jednokolejné tunelové trouby napojují prostřednictvím raženého rozpletu v délce cca 250 m na jednokolejné tunelové trouby tunelu Feuerbach a vyústí do železniční stanice. Výstavba jednokolejných tunelů probíhá celkem ze tří míst. Ve směru od nového mostu přes řeku Neckar, ve směru od železniční stanice a ze středové těžní elipsoidní šachty v oblasti Zwischenangriff Nord. Tunelové trouby jsou raženy celkem ze dvou čelb v oblasti železniční stanice, ze dvou čelb od nového mostu pod parkem Rosenstein a ze čtyř čelb v oblasti těžní šachty. Z dalších dvou čelb jsou raženy jednokolejné železniční tunely „S-Bahn“ ve směru od Mittnachtstrasse do oblasti Ehmannstrasse.

## Závěr

Projekt Stuttgart 21 je obecně velmi komplikovaným projektem a výstavba tunelu Bad Cannstatt to jen potvrzuje. Po technické stránce jde zejména o problematiku sekvenční ražby s velmi nízkým nadložím pod hustou zástavbou v prostředí bobtnavých anhydridů a křížení tratí ve velmi malém rozestupu. Celá stavba je pod drobnohledem zájmových skupin, které čekají na chybu zhotovitelů. Po organizační stránce se jedná o stavbu velkého rozsahu v omezeném časovém intervalu prováděnou současně z několika čelb. Přesto se ukazuje, že stavba je velmi dobře připravena a organizována. Je vyražena podstatná část podzemních konstrukcí a provádí se optimalizace technického řešení výstavby sekundárních ostění. Kooperace sdružení zhotovitelů a investora je na velmi vysoké úrovni. Společnost Liebherr zde ve spolupráci se společností Hochtief úspěšně odzkoušela zcela novou koncepci tunelového bagru Liebherr 950, který se zde poprvé objevil v plném nasazení. Pokud se podaří stávající trend všech tří zhotovitelů udržet až do konce stavby, zapíše se stavba tunelu Bad Cannstatt do jedné z nejkomplicovanějších částí projektu Stuttgart 21 a možná i do jedné z nejsložitějších konvenčně ražených tunelových částí na světě.

V článku jsou použity informace a podklady z vnitřních zdrojů společnosti Hochtief.

Ing. PAVEL RŮŽIČKA, HOCHTIEF CZ a. s.