

DIAĽNIČNÝ TUNEL FRANKENHAIN, NEMECKO

HIGHWAY TUNNEL FRANKENHAIN, GERMANY

Luboš Podolec¹

ABSTRAKT

Článok popisuje stavebné práce realizované spoločnosťou TuCon, a. s., ako člena združenia „ARGE A 49 Tunnel Frankenhain“ na výstavbe 899 m dlhého dvoj Rúrového diaľničného tunela. Každá tunelová rúra s prierezom cca 94,5 m² bude mať dva jazdné pruhy o šírke 3,5 m a dva núdzové chodníky pre chodcov o šírke 1 m. Tunelové rúry sú prepojené tromi priečnymi spojovacími chodbami, ktoré v prípade nehody, slúžia ako úniková trasa. Prvá a tretia spojovacia chodba bude priechodná iba pre chodcov a stredná spojovacia chodba bude prejazdná pre zásahové vozidlá. V strede oboch tunelov budú zriadené núdzové zálivy s odstavnými plochami. Tunel je navrhnutý ako dvoj Rúrový, s dvojplášťovou konštrukciou, ktorú tvorí primárne ostenie zo striekaného betónu a sekundárne ostenie z liateho betónu. Tunel je razený v sedimentárnych horninách – prevažne v pieskovcoch, metódou NRTM (Nová rakúska tunelovacia metóda), ktorá využíva nosné vlastnosti horninového masívu s cieľom optimalizovať proces razenia a zabezpečovania výrubu a minimalizovať s tým spojené ekonomické náklady. Definitívne ukončenie stavby by malo byť koncom roka 2016.

ABSTRACT

The article describes construction operations performed by the company TuCon, a. s. as a member of the "ARGE A 49 Tunnel Frankenhain" association on the construction of an 899 m long twin-tube highway tunnel. Each tunnel tube with a cross-section of approx. 94.5 m² will have two lanes with a width of 3.5 meters and two emergency walkways for pedestrians with a width of 1 m. The tunnel tubes are interconnected by three cross passages, which serve as an escape route in the event of an accident. The first and third passage will only be passable for pedestrians and the middle passage will be passable for intervention vehicles. Emergency bays with lay-bys will be established in the middle of both tunnels. The tunnel is designed as a twin-tube tunnel with a double-shell design consisting of the primary lining from shotcrete and the secondary lining from poured concrete. The tunnel is driven in sedimentary rocks – primarily in sandstones with a compression strength of 60 MPa using the NATM (New Austrian Tunneling Method), which exploits the load-bearing properties of the rock mass with the aim of optimizing the driving and excavation process, thus minimizing economic costs associated with it.

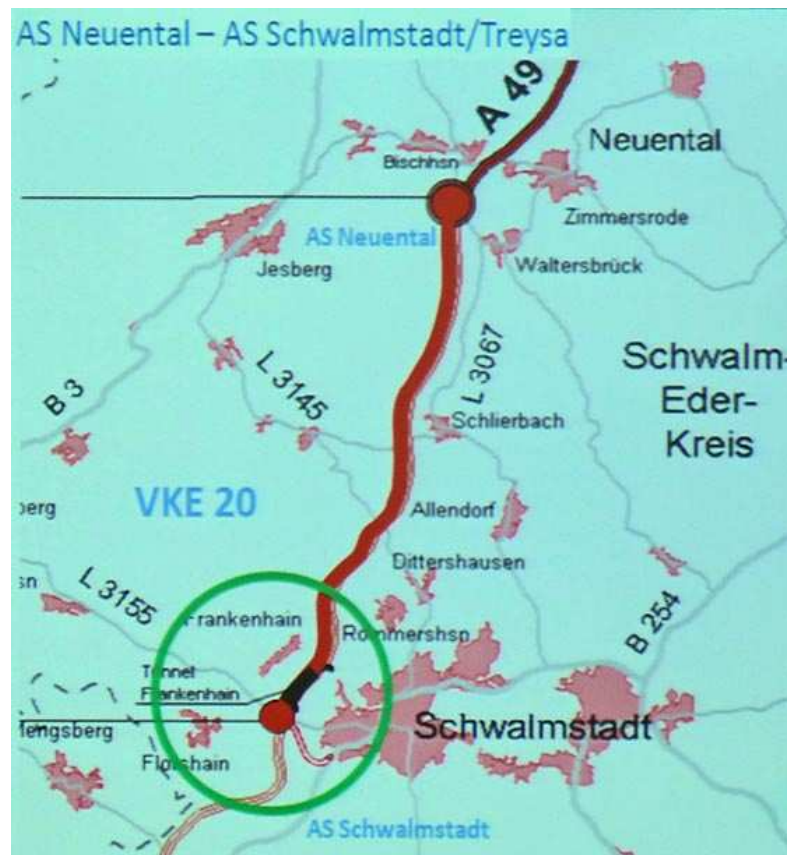
The construction should be fully completed at the end of 2016.

1 Popis stavby

Tunel Frankenhain sa nachádza v severnej časti Hesenska, približne 45 km juhovýchodne od krajinského mesta Kassel, v blízkosti mestečka Schwalmstad a je súčasťou

¹ Ing. Luboš Podolec, TuCon, a.s., K cintorínu 63, 010 04 Žilina – Bánová, tel.: + 421 908 979 749, e-mail: lubos.podolec@tucon.sk

nemeckej diaľnice A - 49 Ohmtaldreiecken, ktorá je momentálne vo výstavbe a bude sa napájať na existujúcu diaľnicu A5 v križovatke Hattenbacher Dreieck.



Obr. 1 Diaľnica A49 - úsek medzi mestami Neuental a Schwalmstadt - tunel Frankenhain
Fig. 1 Highway A49 – section between Neuental and Schwalmstadt – Frankenhain tunnel

Tunel Frankenhain bude 899 metrov dlhý. Každá tunelová rúra s prierezom cca 94,5 m² bude mať dva jazdné pruhy o šírke 3,5 metra a dva núdzové chodníky pre chodcov o šírke 1 m. Tunelové rúry sú prepojené tromi priečnymi spojovacími chodbami, ktoré slúžia v prípade nehody ako úniková trasa. Prvá a tretia spojovacia chodba bude priechodná iba pre chodcov a stredná spojovacia chodba bude prejazdná pre zásahové vozidlá. V strede oboch tunelových rúr budú zriadené núdzové zálivy s odstavnými plochami o dĺžke 50 m. Tunel je riešený ako dvojrúrový s dvojplášťovou konštrukciou, ktorú tvorí primárne ostenie zo striekaného betónu a sekundárne ostenie z liateho betónu.

Tabuľka 1 Parametre tunela
Table 1 Parametres of the tunnel

	Východná tunelová rúra	Západná tunelová rúra
Začiatok razenej časti tunela (km)	42+274,000	42+274,000
Koniec razenej časti tunela (km)	41+417,000	41+417,000
Celková dĺžka tunela	899,0 m	899,0 m
Dĺžka tunela razeného banským spôsobom	857,0 m	857,0 m
Stúpanie tunela smer sever – juh	+ 2,4 %	+ 2,5 %
Priečny sklon tunela	2,5 - 3,0 %	2,5 - 3,0 %
Zmena priečného sklonu (km)	41+576,103	41+676,103
Severná spojovacia chodba	41+620,000	41+620,000
Južná spojovacia chodba	42+070,000	42+070,000
Prejazdná spojovacia chodba	41+845,000	41+845,000

2 Geologické zloženie horninového masívu

Tunnel Frankenhain sa nachádza v ochrannom pásme prameňa „Rückerhäuser“ s hladinou podzemnej vody v hĺbke 19 až 33 m pod tunelom. Profil tunela prechádza strednými pieskovcovými vrstvami súvrstvia „Volpriehausen“, ktoré pozostávajú z opakujúcich sa prevažne vodorovných vrstiev pieskovcov, jemných až prachových pieskovcov, hĺn a ílovcov.



Obr. 2 Odt'azba červeného pieskovca z tunelovej rúry
Fig. 2 Mucking of the red sandstone from the tunnel tube

Tieto vrstvy zvetrávaním dosiahli veľmi nízku pevnosť v tlaku $50 - 5 \text{ MN/m}^2$ a boli aj výrazne porušené vplyvom tektonických procesov, čo sa prejavilo najmä v severnej oblasti tunela. Ílovcové a jemno pieskovcové vrstvy dosahovali hrúbku 2 až 6 cm. Takmer čisté pieskovcové vrstvy dosahovali hrúbku 2 až 20 cm. Ílovito-hlinité vrstvy dosahovali hrúbku až do 2 m. Tieto horniny sú silno nasiakavé a majú schopnosť viesť vodu, čo malo negatívny vplyv nielen na celkový priebeh razenia, ale aj na odt'azbu rúbániny na povrchu. Najvýstižnejšie to popisuje pomenovanie, ktoré pracovníci dali miestu výstavby - „Schlammstadt“ namiesto mestečka Schwalmstadt, ktoré sa nachádzalo v blízkosti stavby. (Pozn. Schlamm – bahno, Schwalm – miestna riečka).

Z dôvodu vysokého obsahu kremeňa boli tieto horniny zaradené do triedy ako vysoko abrazívne – v pieskovcoch bol podiel kremeňa od 73 % do 88 %, v hlinitých ílovcoch od 30 % do 76 %.

Opotrebovanie vrtných nástrojov bolo priamo úmerné obsahu kremeňa v horninách. V pieskovcoch sa pohybovala životnosť vrtnej korunky cca 500 – 1000 m, v hlinitých ílovcoch 1000 – 2500 m.

3 Razenie tunelových rúr a primárne zaistenie

Po zaistení južného portálu striekaným betónom a horninovými ihlami a vyhotovení 5,0 m dlhého bloku hĺbenej časti z vystuženého striekaného betónu („Luftbogenstrecke“) sa pristúpilo k razeniu smerom z juhu na sever.



Obr. 3 Primárne ostenie tunelovej rúry
Fig. 3 Primary lining

Ako dočasné zaistenie výlomu tunela bolo zvolené 20 až 30 cm hrubé ostenie zo striekaného betónu s nosnými oceľovými priehradovými nosníkmi a systémovými skalnými kotvami IBO R32. Razenie oboch tunelových rúr prebiehalo hlavne vo výrubovej triede 5A2 s opornou pätkou pri päte kalotovej nohy a s ochranným dáždnikom z IBO ihiel typu R32 N. Razenie v oblasti začiatku a konca tunela prebiehalo vo výrubových triedach 7A-1 a 7A-2. Odťahba bola realizovaná čelnými kolesovými nakladačmi CAT 966K a KOMATSU 380 a dumprami GHH MK-A30.1 s kapacitou 15 m³ zeminy. Po rozpojení horniny a jej odťažení nasledovala fáza zabezpečenia stability výrubu konštrukciou zo striekaného betónu, zváraných sietí a priehradových nosníkov. Na vrtanie ihiel a kotiev sa používal dvojlafetový vrtný voz Atlas – Copco EL2C. Za jednu zmenu sa priemerne zabudovalo 110 m³ striekaného betónu, 880 m² výstuže, 120 ihiel, 100 kotiev a vyviezlo sa 650 m³ rúbaniny. Celkovo bolo na tuneli Frankenhain premiestnených cca 600 000 m³ zeminy.

Na zachytenie prítokov spodnej vody bolo v celej dĺžke tunela zabudované dočasné drenážne potrubie DN 200 s ôsmimi kontrolnými šachtami (4 pre každú tunelovú rúru), ktoré sa v záverečnej fáze výstavby tunela vyplnilo cementovou suspenziou.

Dňa 19.11.2013 došlo v západnej tunelovej rúre ku vysypaniu nesúdržných hornín zo stropu kaloty v objeme cca 50 m³ pričom nedošlo k žiadnemu zraneniu členov posádky a ani k poškodeniu nasadených strojov.

Po vyrazení kaloty a lavice sa pristúpilo v celej dĺžke tunela ku striekaniu tzv. profilbetónu - striekaný betón s frakciou 0 – 8 mm (Abdichtungsträger) o hrúbke cca 3 cm.



Obr. 4 Rampa v delenej lavici
Fig. 4 Drive - up ramp in the vertically split bench

Bezproblémová dodávka striekaných betónov bola zabezpečená priamo na stavbe mobilnou betónárkou firmy Godel Beton Stuttgart.

4 Sekundárne zaistenie tunelových rúr

Vnútorný plášť hrúbky 40 cm je z vystuženého vodostavebného betónu triedy SB2, expozičná trieda XD2, XF2, XA1 a pevnostná trieda C 35/45. Jeden stavebný blok je dlhý 10 m. V blízkosti únikových ciest sa nachádzajú bloky s prispôbenou dĺžkou 7 m. Nosná oceľová priehradová výstuž je usporiadaná vo vzdialenosti cca 1,1 m od seba. Ako deliaca vrstva je použitá geotextília Britex 700 (Pet – Vlies) o plošnej hmotnosti 500 g/m². Doprava betónu sa realizuje autodomiešavačmi o objeme 6 - 8 m³ a betónovým čerpadlom Putzmeister, ktoré bolo umiestnené pri debniacom voze. Betón bol následne dopravený do debniaceho voza, ktorý slúži na vytvorenie podpornej klenby v tvare definitívneho sekundárneho ostenia tunela. Po vytvrdnutí betónu na hodnotu oddeňovacej pevnosti (5 N/mm²) sa blok oddebnil, debniaci voz sa presunul na nový blok a cyklus sa opakoval. V prvých a v posledných cca 20-tich blokoch bol na zabezpečenie vodonepriepustnosti špáry medzi jednotlivými blokmi zabudovaný tesniaci gumený pás typ FMS 400 podľa normy DIN 7865. Ošetrovanie betónu sa uskutočňovalo pomocou troch ošetrovacích vozov s automatickou reguláciou teploty a vlhkosti. Rýchlosť betonáže bola ohraničená na 2 m výšky za 1 hod. (cca 25 m³/hod.), pričom nesmel byť prekročený rozdiel hladín povrchu betónu na stranách – 0,75 m. Krytie oceľovej armatúry v betóne bolo predpísané 6 cm. Teoretické množstvo betónu na 1 bloku bolo cca 175 m³ (115 m³ klenba tunela a 60 m³ protiklenba). Plánovaný výkon – 10 m blok/ deň sa podarilo bez väčších problémov dodržať. Osádku debniaceho voza tvorilo 6 pracovníkov (4 denná zmena, 2 nočná zmena).

Celá betonáž musela spĺňať prísne nemecké predpisy VOB/B a ZTV-ING.

5 Práce na stavebnej infraštruktúre tunela vrátane prevádzkovej budovy

Po zabetónovaní sekundárneho ostenia nasledovalo zabudovanie odvodnenia tunela, dažďovej kanalizácie, priečok a konštrukcií v spojovacích chodbách vrátane brán a dverí, požiarneho vodovodu, káblových trás v chodníkoch, káblových šachiet s poklopmi, štrbinových žľabov a obrubníkov, chodníkov a vozovky, havarijnej a dažďovej retenčnej nádrže. V oblasti južného portálu bola postavená prevádzková budova pre technickú podporu tunela pôdorysných rozmerov 23 x 12 m a výšky 4,8 m, ktorá z väčšej časti pozostáva zo železobetónu.

Celá prevádzková budova vrátane všetkých napojení potrubí je vyhotovená ako vodotesná, s vlastnou tlakovou stanicou na zabezpečenie potrebného tlaku vody v požiarom potrubí.

Na zamedzenie zmiešania prúdiaceho vzduchu oboch tunelových rúr v oblasti portálov boli vybudované železobetónové deliace steny o rozmeroch 7,0 x 23,7 x 0,6 m (v x d x š).

6 Termíny pre ukončenie prác stavebnej a technologickej časti

Plánované dokončenie stavebnej časti tunela Frankenhain v lete 2015 sa podarilo dodržať aj napriek oneskorenému začiatku stavebných prác.



Obr. 5 Prerazenie západnej tunelovej rúry
Fig. 5 Break-through of the west tunnel tube

Po ňom nasleduje montáž technického vybavenia a demontáž zariadenia staveniska. Partner združenia Fa. Bunte takisto úspešne pokračuje s prípravnými zemnými prácami pre výstavbu diaľnice v km 42+295 až km 42+610. V marci 2015 boli tieto práce hotové zhruba na 75 %. Definitívne ukončenie projektu A 49 je plánované na koniec roka 2016.

7 Investičné náklady na výstavbu

Celková investícia do diaľnice A 49 presahuje 205 miliónov Eur, pričom náklady na výstavbu tunela by mali dosiahnuť výšku cca 50 miliónov Eur.

8 Záver

TuCon a. s. - žilinská stavebná spoločnosť sa dlhodobo podieľa na výstavbe železničných a diaľničných tunelov v Nemecku, v období od roku 2009 to boli práce na železničných tuneloch Bibra, Feuerfelsen, Rennberg a diaľničnom tuneli Frankenhain, v súčasnosti sú to práce na cestných tuneloch Küchen pri meste Kassel a Rosenstein v Stuttgarte.

Po ukončení prác na ďalších projektoch v zahraničí v minulom a tomto roku - na podzemných hydroelektrárnach vo Švajčiarsku, Bhutáne, Islande a Grónsku - realizuje spoločnosť Tucon a. s. v súčasnosti raziace a betonárske práce na podzemnej prečerpávacej vodnej elektrárni Nant de Drance vo Švajčiarsku, v Nórsku na cestných tuneloch Solbakk a Nordnes, na Islande na cestnom tuneli Vadlaheidi, vo Švajčiarsku na železničnom tuneli de Champel a na Slovensku na diaľničnom tuneli Považský Chlmec.

9 Zoznam použitej literatúry

- [1] *Der A49-Tunnel macht die Pforten zu* [online]. 2015 [cit. 2015-03-11]. Dostupné na internete
< <http://www.hna.de/lokales/schwalmstadt/schwalmstadt-ort68394/arbeiten-a49-tunnel-frankenhain-fast-fertig-4724092.html>>
- [2] *Schwalmberg-Tunnel statt Autobahn-Tunnel* [online]. 2014 [cit. 2015-03-13]. Dostupné na internete
< http://www.adfc-schwalmstadt.de/index.php?option=com_content&view=article&id=221:schwalmberg-tunnel-statt-autobahn-tunnel&catid=81:pressemitteilungen>