

HÍBENÝ TUNEL AVIATICKÁ NA LETISKU VÁCLAVA HAVLA

AVIATICKÁ CUT-AND-COVER TUNNEL AT VÁCLAV HAVEL AIRPORT

PETER BALÁŽ, MILOSLAV FRANKOVSKÝ, ROMAN ŠÁLY

ABSTRAKT

Hĺbený tunel Aviatická bude súčasťou novostavby železničnej stanice Praha – Letiště Václava Havla, tvoriac úsek železničnej trate na vjazde do podzemnej stanice. Tunel s rámovou železobetónovou nosnou konštrukciou bude budovaný v otvorenej stavebnej jame. Vzhľadom na stiesnené pomery staveniska v zastavanom území letiska bude jama zaistená kotvenými zvislými pažiacimi konštrukciami, záporovým pažením a pilotovými stenami. V zmysle zadania bola projektová dokumentácia stavby spracovaná aj v prostredí BIM s vytvorením grafického 3D modelu a jeho naplnením negrafickými informáciami v požadovanej podrobnosti.

ABSTRACT

The cut-and-cover Aviatická tunnel will be part of the new construction of the Prague – Václav Havel Airport, forming a section of railway track at the entrance to the underground station. The tunnel with a reinforced concrete structural frame will be built in an open construction pit. Due to the cramped conditions of the construction site in the built-up area of the airport, the pit sides will be supported by anchored vertical sheeting, soldier beam and lagging walls and pile walls. In the meaning of the assignment, the design documentation of the construction was also processed in the BIM environment with the creation of a graphic 3D model and its filling with non-graphic information in the required detail.

ÚVOD

Novostavba železničnej stanice je jednou zo súboru stavieb železničného spojenia hlavného mesta Prahy, letiska v Ruzyni a Kladna. Je tiež jedným z troch úsekov zabezpečujúcich napojenie letiska na stanicu metra Nádraží Veveřslavín. Cieľom realizácie železničného spojenia medzi centrom Prahy, Kladnom a letiskom Václava Havla je zabezpečenie rýchlej, pohodlnej a ekologicky prijateľnej osobnej dopravy.

Železničná trať bude v úseku pred vstupom do podzemnej hĺbenej stanice vedená v tuneli Aviatická dĺžky 0,52 km, ktorý je navrhnutý ako dvojkoľajný a budovaný v otvorenej stavebnej jame (obr. 1).

Objednávateľom stavby je Správa železnic, s.o. (státni organizácia), projektantom METROPROJEKT Praha a.s., spracovateľom projektovej dokumentácie pre tunel Aviatická je DOPRAVOPROJEKT, a.s. Bratislava.

HLAVNÉ PARAMETRE STAVBY

Hlavné parametre smerového a výškového vedenia trasy

- koľaj č. 1 je v tuneli v priamej a v oblúku $R = 340$ m (s prevýšením 125 mm);
- koľaj č. 2 je v tuneli v priamej a v oblúku $R = 344$ m (s prevýšením 125 mm);
- základná osová vzdialenosť koľají v osi tunela je 4000 mm v priamej, v mieste križovania koľají je osová vzdialenosť koľají 4750 mm;
- koľaje č. 1 a 2 stúpajú v sklone 0,25 % k výškovému oblúku v km 5,242.711, následne stúpajú v sklone 0,024 % až na koniec úseku.

Hlavné parametre tunela Aviatická

- počet tunelových rúr 1
- staničenie začiatku tunela km 4,932.098
- staničenie konca tunela km 5,451.290
- celková dĺžka tunela 519,192 m
- priečny rez 100,4–118,7 m²

INTRODUCTION

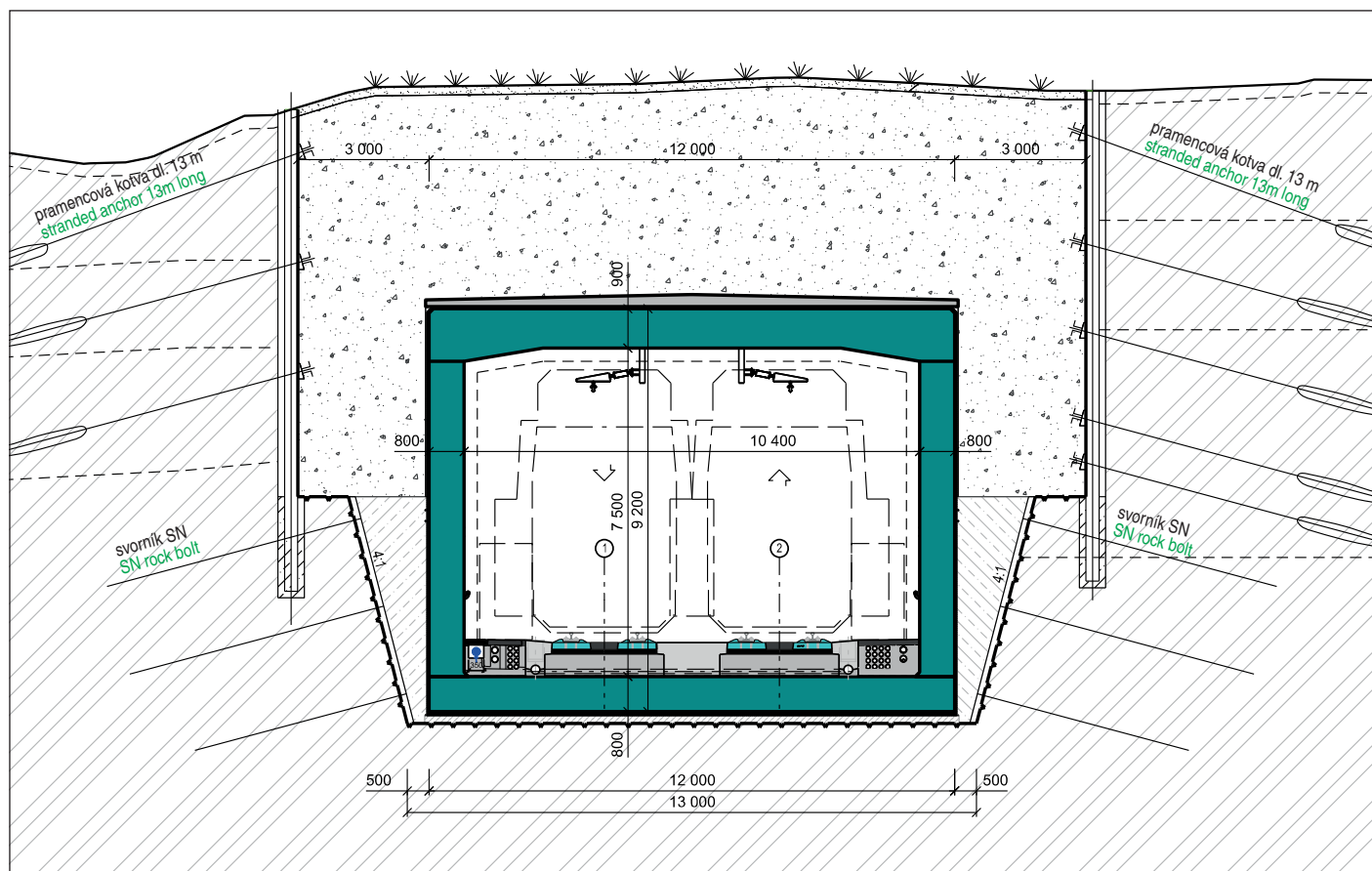
The new railway station construction is one of a set of constructions forming railway connections between the capital city of Prague, Ruzyně Airport and Kladno. It is also one of three sections linking the airport to the Veveřslavín metro station. The aim of the railway connection between the centre of Prague, Kladno and Václav Havel Airport is to ensure rapid, comfortable and environmentally acceptable passenger transport.

In the section before entering the underground cut-and-cover station, the railway line will run through the 0.52km long Aviatická tunnel, which is designed as a double-track structure built in an open construction pit (see Fig. 1).

The project client is the Administration of Railways, s.o. (state-owned organisation), METROPROJEKT Praha a.s. is the designer, DOPRAVOPROJEKT, a.s. Bratislava is the processor of the design documentation for the Aviatická tunnel.



Obr. 1 Situácia železničnej stanice Praha, letisko Václava Havla s tunelom Aviatická
Fig. 1 Plan of the Václav Havel airport Prague railway station with the Aviatická tunnel



Obr. 2 Priečný rez tunela Aviatická v otvorenej stavebnej jame

Fig. 2 Cross section through the Aviatická tunnel in an open construction pit

Vnútorne rozmery tunela sú navrhnuté v súlade s ČSN 73 7508 Železniční tunely tak, aby vyhovovali kombinovanému prierezu tunela (obr. 2).

Základná osová vzdialenosť koľají je 4000 mm a v smerovom oblúku sa zvyšuje na 4750 mm. Vzdialenosť osi koľaje od vonkajších stien je 3200 mm v priamom smere a 3350 mm na vnútornej strane smerového oblúka, čím sa zabezpečí úniková cesta na oboch stranách tunela s minimálnou šírkou 1200 mm a minimálnou výškou 2200 mm.

Základná svetlá šírka tunela je 10 400 mm, postupne sa zväčšuje na 11 300 mm v smerovom oblúku a 11 150 mm v priamom úseku na konci úseku v mieste koľajových spojov. Svetlá výška tunela od temena koľaje je 6,5 m. Svetlá výška tunela medzi spodnou doskou a stropom je 7,5 m.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMIENKY STAVENISKA

Horninové prostredie, v ktorom bude tunel vybudovaný, pozostáva z kvartérneho pokryvu a predkvartérneho podložia (obr. 3).

Recentné navážky a kvartérne sedimenty majú mocnosť celkom 3 až 4 m. Kvartérny pokryv je tvorený sprašou a sprašovými hlinami. Ide o zeminy prevažne ílovitého charakteru. Miestami je pokryv tvorený deluviálnymi sedimentmi, zeminami štrkovito-hlinitého charakteru.

Predkvartérne podložie je budované sedimentmi vrchnej kriedy v bielohorskom súvrství (turon) – piesčitými slieňovcami (opukami) so spongilitovými vložkami. Horniny podložia nie sú zvetrané rovnomerne, stupeň zvetrania je lokálne premenlivý a prechody sú väčšinou postupné. Úplne zvetrané horniny sa v záujmovom území vyskytujú zriedkavo. Na väčšine dĺžky úseku sú horniny

MAIN CONSTRUCTION PARAMETERS

Main parameters of the alignment in plan and elevation

- track No. 1 in the tunnel is on a straight line and on a curve $R = 340\text{m}$ (with superelevation of 125mm);
- track No. 2 in the tunnel is on a straight line and on a curve $R = 344\text{m}$ (with superelevation of 125mm);
- the basic axial distance of the tracks on the tunnel axis is 4000mm on a straight line, at the location of the track crossing the axial distance of the tracks is 4750mm;
- Tracks 1 and 2 incline at the gradient of 0.25% to the vertical curve at km 5.242.711, then incline at 0.024% to the end of the section.

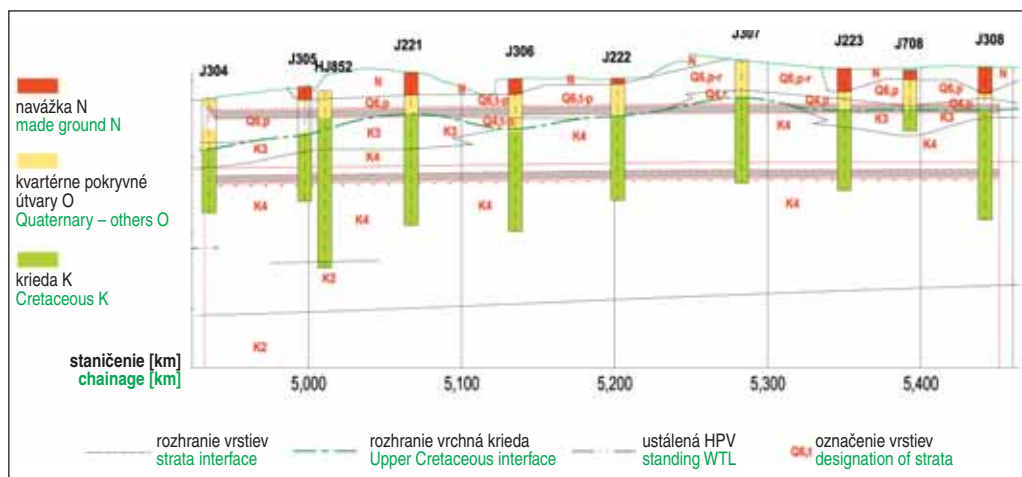
Main parameters of the Aviatická tunnel

- number of tunnel tubes 1
- tunnel beginning chainage km 4.932.098
- tunnel end chainage km 5.451.290
- total tunnel length 519.192m
- cross section 100.4–118.7m²

The internal dimensions of the tunnel are designed to suit the combined cross-section of the tunnel in accordance with ČSN 73 7508 Railway tunnels (see Fig. 2).

The basic distance between the tracks is 4000mm, increasing to 4750mm in the directional curve. The distance between the track axis and the outer walls shall be 3200mm on a straight line and 3350mm on the inner side of the directional curve, providing an escape route on both sides of the tunnel with a minimum width of 1200mm and a minimum height of 2200mm.

The basic clear width of the tunnel shall be 10,400mm, gradually increasing to 11,300mm on the directional curve and 11,150mm in



Obr. 3 Inžinierskogeologický pozdĺžny profil tunela
Fig. 3 Engineering-geological longitudinal profile of the tunnel

v horných vrstvách veľmi až mierne zvetrané, sčasti sypké, rozpadnuté na úlomky s hlinitou výplňou, hlbšie sú horniny navetrané a zdravé, kusovito rozpadavé, väčšinou doskovité, miestami až laticovito vrstevnaté.

Čo sa týka hydrogeologických podmienok, podzemná voda nebola zistená v žiadnom z prieskumných vrtov realizovaných v rámci inžinierskogeologického prieskumu do hĺbky 20–25 m. Podľa archívnych vrtov možno hladinu podzemnej vody očakávať v hĺbke cca 19–22 m pod terénom, čo je cca 10–13 m pod návrhovou úrovňou trate; pravdepodobne ide o mierne napätú puklinovú podzemnú vodu, ktorá sa vyskytuje v podloží cenomanských pieskovcoch. Druhá, len občasná a lokálne premenlivá zvodň môže byť dočasne vytvorená infiltráciou dažďovej vody do nadložných kvartérnych sedimentov.

Geotechnické podmienky staveniska a zložitosť stavby je možné charakterizovať nasledovne:

- geotechnické podmienky možno hodnotiť ako jednoduché;
- stavba je náročná, hĺbka výkopu presahuje 3 m;
- stavba patrí do 2. geotechnickej kategórie.

Čo sa týka zaradenia do tried ťažiteľnosti podľa ČSN 73 6133, pokrývne útvary patria do triedy ťažiteľnosti I., mierne zvetrané až navetrané piesčité slieňovce do triedy II., navetrané až zdravé horniny s vložkami spongilitov do triedy III. Zdravé kriedové horniny (piesčité slieňovce s polohami spongilitov) sú horniny, ktoré sú ťažko rozpojiteľné. Pri výskyte mohutnejších lavíc budú na ich rozpojenie potrebné špeciálne mechanizmy, napríklad impaktory.

TECHNICKÉ RIEŠENIE

Nosná konštrukcia tunela

Nosnú konštrukciu tunela tvorí železobetónový monolitický jednopoložový rám s doskovou stropnou konštrukciou s nábehmi v rohoch rámu. Trieda betónu nosnej konštrukcie je C30/37 XF2, XC3 (CZ) – Cl 0,4 – D_{max} 22, s maximálnym priesakom vody 20 mm podľa ČSN EN 12 390-8. Výstuž je navrhnutá triedy B500B.

Spodná základová doska má hrúbku 800 mm. Steny majú tiež konštantnú hrúbku 800 mm. Stropná doska má nábehy, kde sa hrúbka mení z 1200 mm pri stene na 900 mm smerom dovnútra. Štandardná dĺžka tunelových nosných blokov bude 12 m s pracovnými škárami medzi blokmi (obr. 4). Tunelová konštrukcia bude od nadväzujúcich konštrukcií (oporné múry, stanica, úniková konštrukcia) oddelená dilatáčnymi škárami. Prvým blokom tunelovej konštrukcie je portál tunela. Portál je navrhnutý v tvare zodpovedajúcom príslušným oporným múrom (obr. 5).

the straight section at the end of the section, at track crossovers. The clearance height of the tunnel from the top of rail shall be 6.5m. The clearance height of the tunnel between the bottom slab and the roof is 7.5m.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF CONSTRUCTION SITE

The rock environment in which the tunnel will be built consists of a Quaternary cover and pre-Quaternary bedrock (see Fig. 3).

Recent made-ground and Quaternary sediments are 3 to 4m thick in total. The Quaternary cover is made up of loess and secondary loess. These are soils of predominantly clayey character. In places, the cover is formed by diluvial sediments, soils of gravel-loam character.

The pre-Quaternary bedrock is built by sediments of the Upper Cretaceous in the Belarusian series of strata (Turonian) – sandy marls (Cretaceous marl) with spongolite interbeds. The bedrock rock is not weathered evenly, the degree of weathering is locally variable, and transitions are mostly gradual. Completely weathered rock is rare in the area of interest. On the majority of the length of the section, the rock in the upper layers is highly to slightly weathered, partly granular, disintegrated into fragments with loamy filling of faults. Deeper the rock is slightly weathered and fresh, with fragmentary disintegration, mostly tabularly bedded, locally even heavily bedded.

As far as hydrogeological conditions are concerned, groundwater has not been detected in any of the probe holes drilled within the framework of engineering-geological survey to a depth of 20–25m. According to archival holes, the groundwater table can be expected at a depth of about 19–22m below the terrain, which is about 10–13m below the design level of the track; It is probably a moderately stressed fissure groundwater that occurs in underlying Cenomanian sandstone. The second, only occasional and locally variable aquifer, can be formed temporarily by infiltration of rain water into overlying Quaternary sediments.

The geotechnical conditions of the construction site and the complexity of the construction can be characterised as follows:

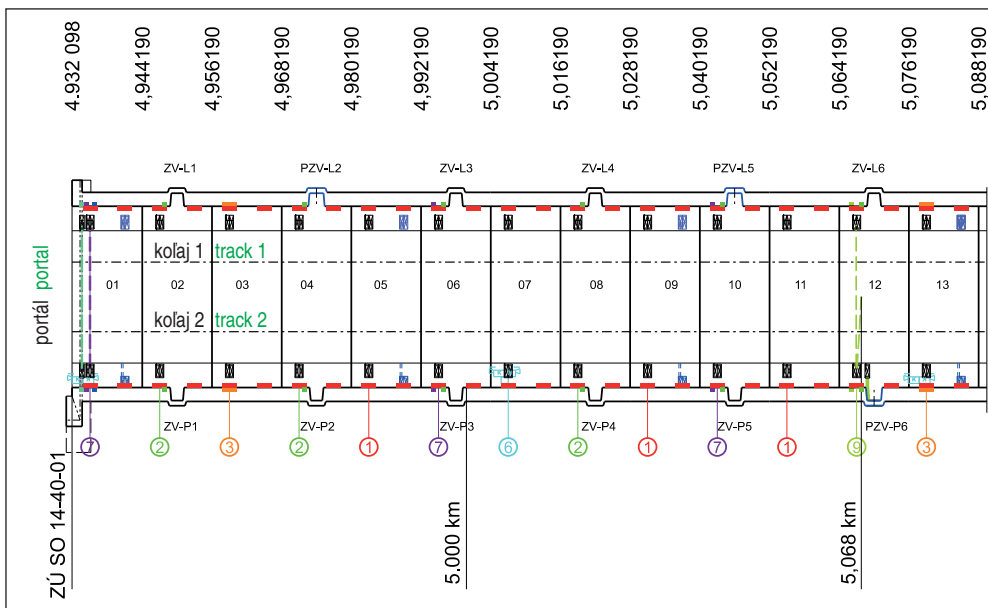
- geotechnical conditions can be assessed as simple ones;
- the construction is difficult, the depth of the trench exceeds 3m;
- the construction belongs to the 2nd geotechnical category.

As for the excavation classification according to ČSN 73 6133, cover formations belong to excavation class I, the moderately weathered to slightly weathered sandy marlstone to class II, the slightly weathered to fresh rock with spongolite interbeds to class III. Fresh Cretaceous rock (sandy marlstone with spongolite interbeds) is rock that is difficult to disintegrate. With the appearance of more massive beds, special mechanisms, for example impactors, will be needed to disintegrate them.

TECHNICAL SOLUTION

Structural frame of the tunnel

The structural frame of the tunnel is formed by a cast in-situ reinforced concrete one-bay frame with a roof slab structure with haunches on the frame sides. The grade of the bearing structure



Obr. 4 Časť blokovej schémy tunela
Fig. 4 Part of the tunnel block diagram



Obr. 5 Vizualizácia vjazdového portálu tunela
Fig. 5 Visualisation of the tunnel entrance portal

Ochrana tunela pred vodou

Konštrukcia tunela je po celom obvode vybavená rubovou izoláciou na báze PVC fólie s hrúbkou 3,0 mm. Ochrannú vrstvu izolácie bude tvoriť ochranná geotextília 500 g/m² a rohož z recyklovanej gúmy hrúbky 50 mm. Vonkajšie tesniace pásy z PVC budú aplikované po celom obvode konštrukcie v pracovných škárach medzi blokmi.

Pozdĺžne a priečne tesniace pásy budú tvoriť sektory izolácie, ktoré budú vybavené injektážnymi prvkami (flexibilné rúrky a príruby, injektážne boxy na povrchu konštrukcie), čo umožní dodatočnú injektáž sektora v prípade poruchy izolácie. Injektážne prvky budú inštalované v stenách a stropnej doske.

Keďže hydroizolácia tunela je navrhnutá z PVC fólie, zatiaľčo hydroizolácia objektov železničnej stanice je navrhnutá na báze modifikovaných asfaltov, bolo potrebné vyriešiť detail ich styku. Prechod sa rieši pomocou špeciálnych prechodových pásov z PVC

concrete is C30/37 XF2, XC3 (CZ) – CI 0,4 – D_{max} 22, with maximum water seepage of 20mm according to ČSN EN 12 390-8. B500B grade steel is designed for reinforcement.

The bottom slab is 800mm thick. The walls are also constantly 800mm thick. The roof slab has haunches, where the thickness varies from 1200mm at the wall to 900mm inward. The standard length of structure tunnel blocks will be 12m with construction joints between the blocks (see Fig. 4). The tunnel structure will be separated from linking structures (retaining walls, the station, escape structure) by expansion joints. The tunnel portal is the first block of the tunnel structure. The geometry of the portal is designed to correspond to the adjacent retaining walls (see Fig. 5).

Tunnel water protection

The tunnel structure is equipped with external waterproofing based on PVC film with a thickness of 3.0mm around the entire circumference. The waterproofing layer will consist of a protective geotextile 500g/m² and a mat made of recycled rubber with a thickness of 50mm. External PVC sealing gaskets will be applied around the entire circumference of the structure in the construction joints between the blocks.

Longitudinal and transverse sealing gaskets will form waterproofing sectors, which will be equipped with grouting elements (flexible tubes and flanges, grouting boxes on the surface of the structure), which will allow additional grouting in the sector in case of waterproofing failure. Grouting elements will be

installed in the walls and the roof slab.

Since a PVC film is designed for the waterproofing of the tunnel, while the waterproofing of the railway station objects is designed on the basis of modified asphalt, it was necessary to solve the detail of their contact. The transition is solved by means of special transition strips made of PVC and asphalt, which are placed approximately 1 to 2m from the expansion joint between the objects. Protection of the expansion joint is carried out using a sealing profile compatible with sheet waterproofing.

CONSTRUCTION METHOD

Before the start of construction, preparatory operations are carried out, the construction site surfaces and access roads are built, and the infrastructural services conflicting with construction are surveyed, protected or relocated.

The tunnel will be built in an open construction pit. The construction pit will be excavated under the protection of anchored

a asfaltu, ktoré sa umiestnia približne 1 až 2 m od dilatlačnej škáry medzi objektmi. Ochrana dilatlačnej škáry sa vykoná pomocou tesniaceho profilu kompatibilného s plošnou izoláciou.

SPŮSOB VÝSTAVBY

Pred začatím výstavby sa vykonajú prípravné práce, výstavba plôch staveniska a prístupových ciest a zabezpečí sa zameranie inžinierskych sietí, ktoré sú v konflikte s výstavbou, ich ochrana alebo preloženie.

Tunel sa bude budovať v otvorenej stavebnej jame. Stavebná jama sa bude hĺbiť pod ochranou kotvených pažiacich konštrukcií a pilótových stien odsadených od budúcej konštrukcie tunela v kombinácii so svahmi zabezpečenými striekaným betónom a klincami. Postup výstavby tunela je navrhnutý v etapách tak, aby sa zachovala doprava na cestách, ktoré križuje.

Stavebná jama je z ľavej strany ohraničená záporovým pažením so zvislými oceľovými prvkami profilu I300 kotvenými injektovanými horninovými kotvami v troch až štyroch radoch. V úseku súbežnom s existujúcim kolektorom sa záporové paženie realizuje v dvoch stupňoch so zvislými prvkami profilu I280 a H140. Na pravej strane je stavebná jama ohraničená záporovým pažením so zvislými oceľovými prvkami profilu I300 kotvenými injektovanými horninovými kotvami v troch až štyroch radoch až po úsek súbežný s parkovacím domom „C“. V úseku parkovacieho domu bude jama pažená veľkopriemerovými pilótami $\varnothing 1200$ mm kotvenými injektovanými horninovými kotvami v dvoch úrovniach. V mieste premostenia kolektora sa vybudujú štyri základy na skupinách mikropilót.

Trieda pevnosti betónu nosnej konštrukcie tunela sa navrhuje C30/37. Základová doska hrúbky 800 mm bude vybudovaná na podkladovom betóne. Predpokladá sa, že základová škára sa bude nachádzať v prostredí hornín pevnostnej triedy R2, R3, R4 podľa inžinierskogeologického prieskumu. V prípade, že sa v základovej škáre vyskytne nevhodná zemina, alebo na základe obhliadky a odporúčania prizvaného geológa bude táto zemina nahradená štrkovým vankúšom s minimálnou hrúbkou 300 mm. Na podkladový betón sa položí povrchová hydroizolácia chránená geotextíliou. Klin so zvislou stenou tvoriaci stratené debnenie pri betonáži stien bude vybetónovaný do výšky svahu a zabezpečený striekaným betónom a klincami. Pred betonážou stien sa na betónový klin pomocou terčov pripevní hydroizolačná vrstva. Betónovanie stropnej dosky bude poslednou etapou výstavby konštrukcie. Konštrukcia dosky a stien bude chránená pred podzemnou vodou pomocou hydroizolácie dosky, ktorá bude napojená na hydroizoláciu spodnej časti stien.

sheeting structures and pile walls, offset from the future tunnel structure, in combination with slopes stabilised by sprayed concrete and nails. The tunnel construction process is designed at stages to maintain traffic on the roads it crosses.

The construction pit is bounded from the left side by strutted sheeting with I300-profile vertical steel elements anchored by grouted rock anchors at three to four levels. In the section parallel to the existing collector, the strutted sheeting is installed at two stages, using I280 and H140 vertical elements. From the left side, the construction pit is bounded by strutted sheeting with vertical steel elements from I300 profiles anchored by grouted rock anchors at three to four levels. On the right side, the construction pit is bounded by strutted sheeting with vertical I300-profile steel elements anchored by grouted rock anchors at three to four levels up to the section parallel to the parking building "C". In the section of the parking building, the pit will be sheeted by large-diameter piles $\varnothing 1200$ mm, anchored by grouted rock anchors at two levels. At the point of the bridging of the collector, four foundation blocks will be built on groups of micropiles.

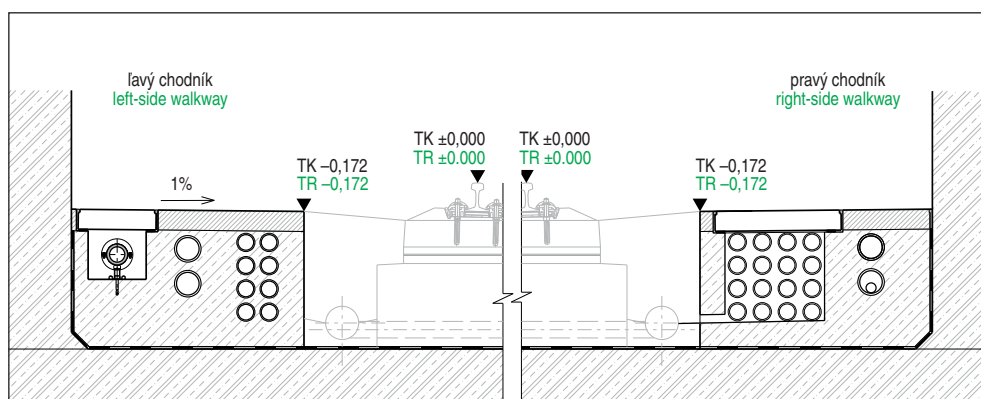
C30/37 concrete strength grade is designed for the structural frame of the tunnel. The 800mm thick bottom slab will be built on blinding concrete. It is assumed according to engineering-geological survey that the foundation base will be located in the environment formed by rock with strength classes R2, R3, R4. In the event that unsuitable soil occurs in the foundation base or when the invited geologist recommends it on the basis of an inspection, this soil will be replaced with a gravel cushion with a minimum thickness of 300mm. Surface waterproofing membrane protected by geotextile is laid on the blinding concrete. The wedge with the vertical wall forming the sacrificial formwork during the concreting of the walls will be filled with concrete up to the level of the top of the slope, which will be stabilised by sprayed concrete and nails. Before concreting the walls, a waterproofing layer will be attached to the concrete wedge surface with roundels. Concreting the roof slab will be the final stage of the construction of the structure. The structure of the slab and walls will be protected from groundwater with a waterproofing system, which will be connected to the waterproofing of the lower part of the walls.

After the waterproofing and protective layers are completed, it will be possible to continue to backfill the tunnel structure up to the lower level of the vegetation stratum, using the ground from the excavation of the construction pit for backfilling. The backfill ground must be compacted, while the difference between the levels of the backfill on the right and left sides of the structure must not exceed 1.0m.

Measurements of deformations on the sheeting structures will be carried out during the work on the construction pit and the tunnel structure as part of the geotechnical monitoring until backfilling is finished.

TUNNEL EQUIPMENT

The Aviatická tunnel is designed with operational and safety equipment in accordance with the customer's requirements and valid regulations. The trackwork in the tunnel consists of a slab track (sleepers embedded in a concrete slab). The tunnel is equipped with an electric catenary system.



Obr. 6 Detaily chodníkov s chráničkovými trasami a káblovou šachtou
Fig. 6 Details of walkways with protective pipe routes and a cable shaft

Po dokončení hydroizolácie a ochranných vrstiev bude možné pokračovať v zasypávaní tunelovej konštrukcie až po spodnú úroveň vegetačnej vrstvy, pričom sa na spätný zásyp použije zemina z výkopu stavebnej jamy. Zásypová zemina musí byť zhutnená, pričom výškový rozdiel medzi zásypom na pravej a ľavej strane konštrukcie nesmie presiahnuť 1,0 m.

Počas výstavby stavebnej jamy a tunelovej konštrukcie až do jej zasypania sa budú v rámci geotechnického monitoringu vykonávať merania deformácií na konštrukciách paženia.

VYBAVENIE TUNELA

Tunel Aviatická je navrhnutý s prevádzkovým a bezpečnostným vybavením v zmysle požiadaviek objednávateľa a platných predpisov. Železničný zvršok v tuneli je tvorený pevnou jazdnou dráhou (podvaly zaliate v betónovej doske). Tunel je vybavený elektrickým trakčným vedením.

Chodníky v tuneli a únikové cesty

Na oboch stranách tunela sú únikové cesty tvorené chodníkmi. Pod pravým chodníkom sú do betónu uložené káblové chráničky v počte 16 ks 110/94 mm a 2 ks 160/135 mm (obr. 6). Pod ľavým chodníkom sú do betónu uložené káblové chráničky v počte 8 ks 110/94 mm a 2 ks 160/135 mm. V žliabku pod ľavým chodníkom je uložené požiarne potrubie. Žliabok je prekrytý prefabrikovanými doskami. Kryty káblových kanálov a žlabov budú prefabrikované, vyrobené z betónu C35/45. Na stenách tunela nad oboma chodníkmi sa nainštalujú madlá, aby sa splnila požiadavka TSI SRT (technická špecifikácia pre interoperabilitu bezpečnosti v železničných tuneloch).

V km 5,131.357 bude na pravej strane tunela nad tunelom vybudovaný únikový objekt pre osoby unikajúce na povrch. Je navrhnutý ako hĺbená železobetónová šachta so schodiskom. Objekt bude od tunela oddelený požiarными dverami, pričom jeho vnútorný priestor bude vybavený tlakovým vetraním.

Záchranné výklenky

V pravidelnej vzdialenosti 24 m sú v stenách tunela vytvorené záchranné výklenky s rozmermi podľa čl. 6.3.8.2 ČSN 73 7508, šírka 2,0 m, hĺbka 0,75 m a výška 2,2 m. Výklenky sa umiestňujú oproti sebe po oboch stranách tunela, pričom sú vždy v strede tunelového bloku. Niektoré zo záchranných výklenkov slúžia aj ako umiestnenie požiarneho hydrantu. Tieto sú označené ako požiarne výklenky. Tvar požiarneho výklenku je totožný so záchranným, pričom šírka sa zväčšila na 2,4 m, aby sa zachoval priestor záchranného výklenku.

Na stenách tunela sa vyznačia smery a vzdialenosti úniku pomocou nástreku, pričom medzi výklenkami budú na stenách namaľované orientačné pásy.

Káblové chráničky a niky v základovej doske a stenách tunela

Káblové chráničky sú navrhnuté v základovej doske medzi káblovými kanálmi a od káblových kanálov do stredu pevnej jazdnej dráhy k zabezpečovacím zariadeniam.

V stenách nosnej konštrukcie sú navrhnuté chráničky, v ktorých budú vedené káblové trasy od káblových kanálov k prevádzkovým svietidlám, zásuvkovým skriniam a ďalším zariadeniam v tuneli. Okrem zvislých chráničiek sú v každom bloku aj vodorovné chráničky vedené k svietidlám. Vzhľadom na možnosť poškodenia chráničiek pri betonáži sa navrhuje rezerva v ich počte. Pre zvislé aj vodorovné káblové trasy sa musí zabezpečiť vždy jedna náhradná chránička.

Walkways in the tunnel and escape routes

On both sides of the tunnel there are escape routes formed by walkways. Under the right walkway, cable protection pipes in the quantity of 16 pcs 110/94mm pipes and 2 pcs 160/135mm pipes are laid in concrete (Fig. 6). Under the left walkway, cable protection pipes in the quantity of 8 pcs 110/94mm pipes and 2 pcs 160/135mm pipes are laid in concrete. A hydrant water pipeline is laid in a trough under the left walkway. The trough is covered with prefabricated slabs. The covers of cable troughs and conduits will be prefabricated, made of concrete C35/45. Handrails shall be installed on the walls of the tunnel above both walkways in order to meet the requirement of the SRT TSI (Technical Specification for Safety Interoperability in Railway Tunnels).

At chainage km 5.131 357, an escape object for persons escaping to the surface will be constructed on the right side of the tunnel above the tunnel. It is designed as a sunk reinforced concrete shaft with a staircase. The object will be separated from the tunnel by a fire-check door, while its internal space will be equipped with positive ventilation.

Rescue niches

At regular intervals of 24m, rescue niches are created in the tunnel walls with dimensions according to cl. 6.3.8.2 of ČSN 73 7508: the width of 2.0m, depth of 0.75m and height of 2.2m. The niches are placed directly opposite each other on both sides of the tunnel, always in the middle of the tunnel block. Some of the rescue niches also serve as the location of a fire hydrant. These are marked as fire protection niches. The shape of the fire protection niche is identical to the shape of the rescue niche, with the width increased to 2.4m to preserve the space of the rescue niche.

On the walls of the tunnel, the directions and distances of the escape will be marked by spraying, with orientation strips painted on the walls between the niches.

Cable protection pipes and niches in the tunnel bottom slab and walls

Cable protection pipes are designed to be in the bottom slab between cable conduits and further from the cable conduits to the centre of the slab track to the interlocking system facilities.

In the walls of the structural frame protection pipes are designed in which cable routes will run from cable conduits to operating lamps, socket boxes and other devices in the tunnel. In addition to vertical protection pipes, there are also horizontal protection pipes in each block leading to the lighting fixtures. Due to the possibility of damage to the protection pipes during concreting, a reserve in their number is proposed. For both vertical and horizontal cable routes, one piece of replacement protection pipe must be provided at a time.

In the walls of the structural frame, niches are designed to accommodate socket boxes, camera surveillance switchboards, lighting control, FAD (fire alarm and detection system) buttons, etc. In block 37, niches are designed on both sides of the track to accommodate catenary line disconnectors.

Hydrant water supply for tunnel

In the tunnel, a dry hydrant water supply pipeline DN 100 is designed in the trough under the walkway. The collection points are designed as above ground hydrants with C52 bibcocks, located in fire protection niches at a maximum spacing of 72m. A safety valve shall be fitted on each outlet.

In the event of a fire, the hydrant water pipeline is automatically filled based on a signal from the FAD. The hydrant water supply shall be provided from a reservoir with an automatic water booster

V stenách nosnej konštrukcie sú navrhnuté niky na umiestnenie zásuvkových skriniek, na rozvádzače kamerového dohľadu, na ovládanie osvetlenia, na tlačidlá EPS (elektrickej požiarnej signalizácie) atď. V bloku 37 sú na oboch stranách trate navrhnuté výklenky na umiestnenie odpojovačov trakčného vedenia.

Zásobovanie tunela požiarou vodou

V tuneli je v žľabe pod chodníkom navrhnutý nezavodnený požiarly vodovod DN 100. Odberné miesta sú navrhnuté ako nadzemné hydranty s vypúšťacími ventilmi C52, umiestnené v požiarlych výklenkoch v maximálnej vzdialenosti 72 m od seba. Na každom výtoku bude osadený rýchlozatvárací ventil.

V prípade požiaru sa požiarly vodovod automaticky plní na základe signálu z EPS. Zásobovanie požiarou vodou bude zabezpečené z požiarnej nádrže s automatickou tlakovou stanicou pri portáli tunela v blízkosti vstupného priestoru. Pre potreby tunela Aviatická je zabezpečené množstvo požiarnej vody $Q = 1200 \text{ l/min}$ po dobu 60 minút s výstupným tlakom požiarnej vody 0,45 MPa podľa čl. 6.3.11.3.2 ČSN 73 7508.

Technologické vybavenie tunela

Tunel je vybavený osvetlením zahrňujúcim prevádzkové osvetlenie na stenách tunela a núdzové osvetlenie inštalované v madlách nad chodníkmi. Tunel je okrem toho vybavený kamerami bezpečnostného kamerového systému.

TVORBA MODELU TUNELA V PROSTREDÍ BIM

V zmysle zmluvného zadania mali byť časti stavby vrátane tunela a únikového objektu spracované v prostredí BIM. Spracovanie modelu v BIM prostredí bolo zrealizované v troch fázach: vytvorenie 3D modelu stavebných objektov, naplnenie modelu negrafickými informáciami a exportovanie výmenného formátu IFC (Industry Foundation Classes – otvorená medzinárodná norma pre výmenu dát pre BIM).

Základným cieľom prác v režime BIM bolo vypracovanie informačného modelu celej stavby podľa súťažných podkladov, najmä jednotlivých príloh Protokolu BIM, podľa základných požiadaviek na štruktúru a členenie Informačného modelu BIM. Cieľom projektu BIM bolo tiež preskúmať informačné toky počas projektových prác a prípravy Informačného modelu, t. j. nastaviť optimálny spôsob komunikácie v rámci projektového tímu a zároveň komunikácie medzi členmi projektového tímu a zástupcami odborných útvarov objednávateľa.

Vytvorenie 3D modelu tunela a únikového objektu

Modelovanie objektu hĺbeného tunela bolo vytvorené na platforme Bentley OpenRoads pomocou líniového modelovania s dokončením nástrojmi nekoridorového modelovania (obr. 7). Líniové modelovanie využíva vytvorenie šablóny priečneho rezu. Tá je vedená po vodiacej línii a vytvára tým 3D koridor. Vodiacej líniiu v prípade hĺbeného tunela i stavebnej jamy bola geometria osi koľaje č. 1. Šablóna priečneho rezu je tvorená bodmi, ktoré sú navzájom prepojené nastavenými väzbami. Jednotlivé body, a tým aj celý tvar priečneho rezu, je preto možné po trase plynule meniť a prispôbovať podmienkam projektovaného tvaru. Pomocou vodiacich čiar v situácii

pump station at the tunnel portal near the entrance area. For the needs of the Aviatická tunnel, the hydrant water supply rate $Q = 1200 \text{ L/min}$ is provided for 60 minutes with the water discharge pressure of 0.45MPa according to cl. 6.3.11.3.2 ČSN 73 7508.

Operational equipment of the tunnel

The tunnel shall be equipped with lighting including operational lighting on the tunnel walls and emergency lighting installed in the handrails above the walkways. In addition, the tunnel shall be equipped with cameras of the security camera system.

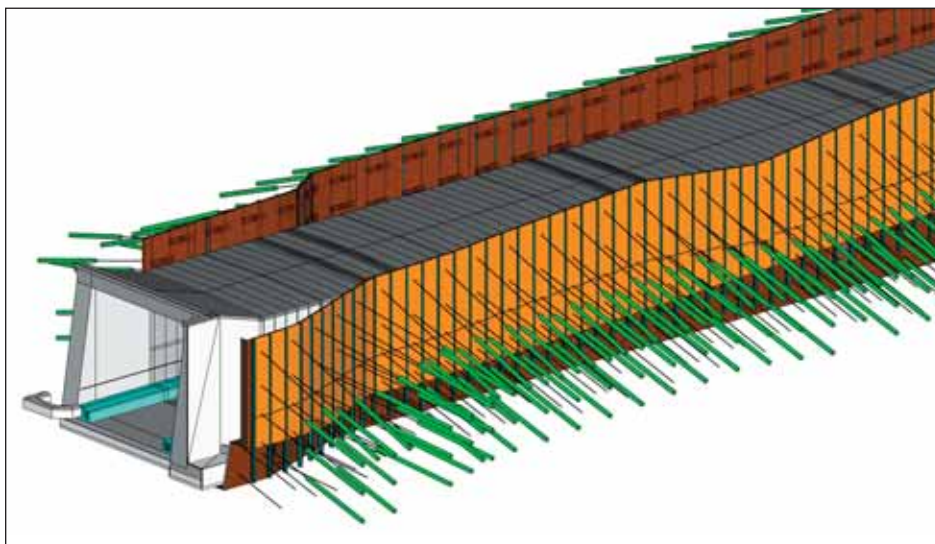
DEVELOPMENT OF TUNNEL MODEL IN THE BIM ENVIRONMENT

According to the contract, parts of the construction, including the tunnel and escape facility, were to be processed in the BIM environment. The processing of the model in the BIM environment was carried out in three phases: development of a 3D model of construction objects, filling the model with non-graphic information and exporting the exchange format of the IFC (Industry Foundation Classes – an open international standard for data exchange for BIM).

The basic objective of the work in the BIM mode was to elaborate an information model of the entire construction according to the tender documents, especially individual annexes of the BIM Protocol, according to the basic requirements for the construction and articulation of the BIM Information Model. The aim of the BIM project was also to examine information flows during the work on the design and preparation of the Information Model, i.e. to set the optimal way of using communication within the designing team and at the same time the communication between design team members and representatives of the client's professional departments.

Development of 3D model of the tunnel and the escape object

The modelling of the cut-and-cover tunnel object was created on the Bentley OpenRoads platform using line modelling with the completion using non-corridor modelling tools (see Fig. 7). Line modelling takes advantage of the creation of a cross section template. The template is run along a guide line and thus creates a 3D corridor. The guide line in the case of both the cut-and-cover tunnel and the construction pit was represented by the geometry of track axis No 1. The cross-section template is formed by points that are connected to each other by the set ties. Individual points,



Obr. 7 Časť 3D modelu tunela s portálom a prvkami zaistenia stavebnej jamy

Fig. 7 Part of 3D model of the tunnel with the portal and elements of the construction pit excavation support

v spojení s korektno nastavenými väzbami bodov tak bolo možné líniovým modelovaním vytvoriť celkový 3D tvar hĺbeného tunela so zohľadnením premenlivej šírky tunela, zmeny výšky chodníka pri klopení koľaje a vymodelovaním záchranných výklenkov. Líniové modelovanie bolo použité taktiež pre požiarne vodovod, chráničky a madlo. Výkop stavebnej jamy a striekaný betón boli opäť vytvorené líniovým modelovaním. Následne bolo doplnené zaistenie jamy, kotvené záporové paženie, kotvené pilotové steny a klincovaný svah, a to klasickým nekoridorovým 3D kreslením. Rovnako model únikového objektu bol vytvorený klasickým 3D modelovaním.

Naplnenie modelu negrafickými informáciami podľa požiadaviek BEP

Požiadavky na BIM model boli explicitne popísané v dokumente BEP (BIM Execution Plan – Plán realizácie BIM), ktorý pripravil nositeľ zákazky a odsúhlasil si ho s objednávateľom. Každému prvku 3D modelu boli priradené negrafické informácie podľa Dátového štandardu. Dátový štandard je zmluvný dokument, ktorý stanovuje požiadavky objednávateľa na Digitálny model stavby a v ňom obsiahnuté a štrukturované dáta, v závislosti na fáze spracovania diela.

Objekty tunela a stavebnej jamy boli podľa BEP zadelené pod Dátový štandard Železničných stavieb, únikový objekt pod Dátový štandard Pozemných stavieb. Parametre vlastností boli vyplňané v podrobnostiach definovaných podľa Dátových štandardov, ktorý určoval pre každý stupeň projektovej dokumentácie (DSP – dokumentácia pre realizáciu stavby, PDPS – projektová dokumentácia pre realizáciu stavby) iné požiadavky. Zadávanie negrafických informácií do 3D modelu bolo vykonané na platforme Bentley OpenRoads.

Export výmenného formátu IFC

Pre vytvorenie súboru IFC bola použitá cloudová služba iTwin od spoločnosti Bentley. Do nej boli nahraté 3D modely vytvorené v OpenRoads vo formáte DGN s pripojenými negrafickými informáciami. Z vytvorených iModelov na cloude iTwin boli vyexportované súbory IFC. Tie boli na záver expedované nahraním na platformu ProjectWise.

ZÁVER

Začiatkom roku 2024 je pre stavbu železničnej stanice Praha – Letiště Václava Havla vydané právoplatné územné rozhodnutie a očakáva sa aj vydanie stavebného povolenia. Pre stavbu je už spracovaná aj projektová dokumentácia na realizáciu stavby. V nadväznosti na tento stav by mohol objednávateľ stavby v krátkom čase začať s obstarávaním stavebných prác.

Ing. PETER BALÁŽ, balaz@dopravoprojekt.sk,

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,

frankovsky@dopravoprojekt.sk,

Ing. ROMAN ŠÁLY, saly@dopravoprojekt.sk,

DOPRAVOPROJEKT, a.s.

Recenzoval Reviewed by: Ing. Ján Kušnir

and thus the entire shape of the cross-section, can therefore be continuously modified along the route and adapted to the conditions of the designed shape. Using the guide lines in situation in conjunction with correctly set links between the points, it was possible to create an overall 3D shape of the cut-and-cover tunnel by line modelling, taking into account the variable width of the tunnel, the change in the pavement height when the track is superelevated and by the modelling of rescue niches. Line modelling was also used for hydrant water supply, protective pipes and handrails. The excavation of the construction pit and the sprayed concrete were again created by line modelling. Subsequently, the pit securing, the anchored strutted sheeting, the anchored pile walls and the nailed slope were supplemented using classic non-corridor 3D drawing. Likewise, the escape object model was created by classical 3D modeling.

Filling the model with non-graphic information according to BEP requirements

The requirements for the BIM model were explicitly described in the BEP (BIM Execution Plan) document, which was prepared by the public concern bearer and agreed with the client. Each element of the 3D model has been assigned non-graphic information according to the Data Standard. The Data Standard is a contractual document that sets out the client's requirements for the Digital Model of the construction and the data contained and structured in it, depending on the stage of the work processing.

According to BEP, the objects of the tunnel and the construction pit were put under the Data Standard of Railway structures, the escape object under the Data Standard of Building structures. The parameters of the properties were filled in, in the details defined according to the Data Standards, which determined different requirements for each stage of design documentation (Final Design, Detailed design). Entering non-graphic information into the 3D model was performed on the Bentley OpenRoads platform.

Export of IFC inter-exchange format

Bentley's iTwin cloud service was used to create the IFC file. 3D models created in the OpenRoads in DGN format with attached non-graphic information were uploaded to it. The IFC files were exported from the created iModels on the iTwin cloud. They were finally exported to the ProjectWise platform.

CONCLUSION

At the beginning of 2024, a valid land allocation permit has been issued for the construction of the Prague – Václav Havel Airport railway station, and the issuance of a building permit is also expected. The detailed design documentation has already been prepared. In relation to this situation, the client for the project could start to procure the construction work contractors in a short time.

Ing. PETER BALÁŽ, balaz@dopravoprojekt.sk,

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,

frankovsky@dopravoprojekt.sk,

Ing. ROMAN ŠÁLY, saly@dopravoprojekt.sk,

DOPRAVOPROJEKT, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] BÁRTA, M. Novostavba ŽST Praha-Letiště Václava Havla (v režimu BIM), Projektová dokumentace pro provedení stavby. Praha: Metroprojekt Praha a.s., 2023.
- [2] KUBÁT, A. Novostavba ŽST Praha-Letiště Václava Havla (v režimu BIM), Závěrečná zpráva o geotechnickém, hydrogeologickém a pedologickém průzkumu. Praha: GeoTec-GS a.s., 2022, 26 s.