

HLOUBENÉ ŽELEZNIČNÍ TUNELY V RÁMCI ROZŠÍŘENÍ KAPACIT TERMINÁLU 2 NA LETIŠTI VÁCLAVA HAVLA

J. Čeněk & T. Parák

V-CON s.r.o., Prague, Czech Republic

ABSTRAKT: Pražské letiště Václava Havla čeká v nadcházejících letech rozsáhlá modernizace s cílem výrazně navýšit jeho kapacity. Jednou ze zásadních součástí této modernizace je i rozšíření terminálových budov, které počítá s výrazným zvětšením budoucích odbavovacích prostor. Nejvíce se to projeví na Terminálu 2, který se rozroste o nový odbavovací hub a o nový prst D. V rámci celé modernizace je také počítáno s novým železničním propojením letiště s Kladnem a centrem hlavního města, které má adekvátně nahradit původní ideu prodloužení metra vedoucího až na letiště. Část tohoto železničního komplexu vede i přímo pod rozšířeným Terminálem 2 a bezprostředně navazuje na rovněž nově vyprojektovanou hloubenou železniční stanici Letiště Václava Havla. Předkládaný příspěvek popisuje rozsahem malou, ale důležitou část tohoto projektu, kterou tvoří dvojice jednokolejných hloubených tunelů. S délkou 240 m se jedná o objemově malý rozsah, ale vzhledem ke své složitosti, omezením a interakcím s velkým počtem dalších souvisejících staveb, se zároveň jedná o velmi náročný inženýrský úkol.

1. MODERNIZACE PRAŽSKÉHO LETIŠTĚ

Pražské letiště Václava Havla (dále jen LVHP) čeká v nejbližších několika letech rozsáhlá modernizace, jejímž cílem je zásadní, v první fázi až dvojnásobné zvýšení kapacity nejvýznamnějšího letiště v zemi. V rámci ní se počítá s rozšířením obou stávajících terminálů a související dopravní a technické infrastruktury, včetně integrace železničního spojení do dispozice letiště (obr. 1).



Obrázek 1: Vizualizace modernizace LVHP (červeně – železniční projekty, modře – parkovací domy, oranžově – nová vzetová a přistávací dráha, zeleně – rozšíření Terminálu 1 a 2)

Terminál 2 se dále rozroste o nový odbavovací hub a nový prst D. V této první fázi modernizace LVHP proběhnou následující činnosti:

- budou zbourány některé parkovací domy a na jejich místě vzniknou nové;
- dojde ke kompletní přestavbě estakády přivádějící automobily k odletovým halám;
- celý předletištní prostor propojí krytý a na mostní ocelové konstrukci vedený chodník, tzv. skywalk;
- budou kompletně rozšířeny Terminály 1 a 2 (včetně nutného zázemí a infrastruktury) a funkce Terminálů se následně změní – Terminál 1 bude pro cestující v rámci Schengenu, Terminál 2 pro odbavení mimo Schengen;
- v neposlední řadě vznikne již zmiňované nové železniční spojení, sestávající ze série hloubených tunelů a hloubené železniční stanice (ŽST) (NOVÁK, M., HANSL, V., PLATIL, J., HLAVÁČEK, D., 2023), která se bude rovněž nacházet v letištním předprostoru.

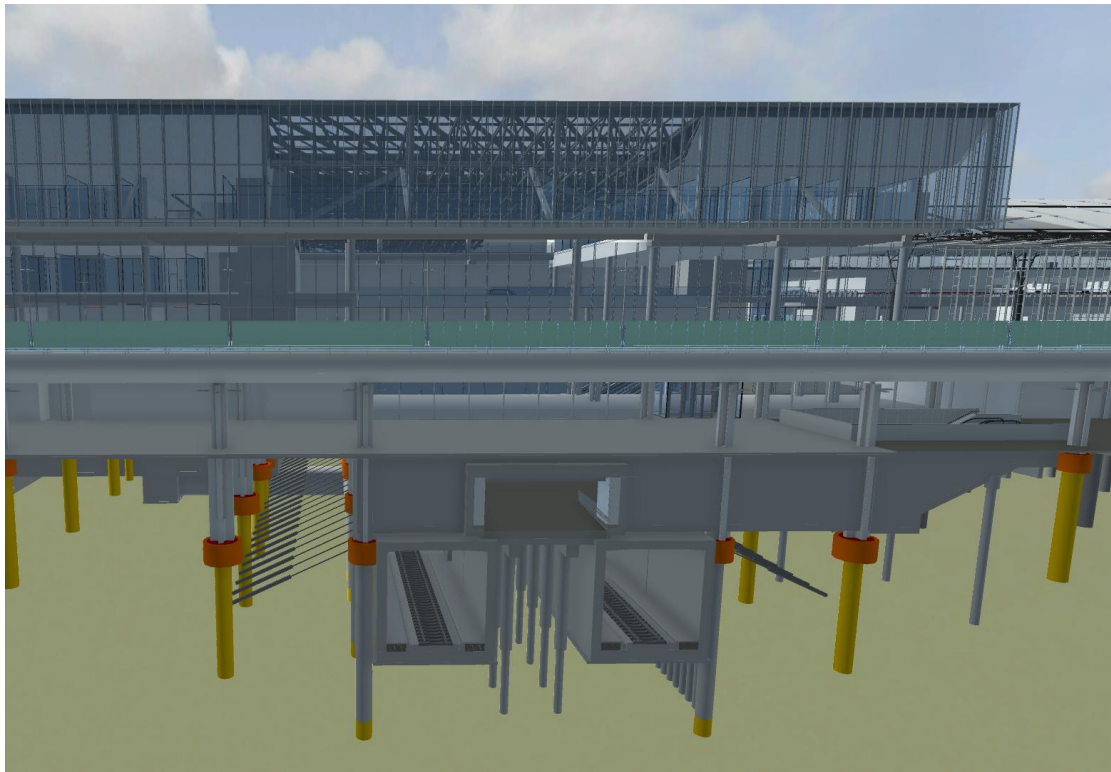
Po roce 2030 by měla být také zahájena výstavba paralelní vzletové a přistávací dráhy, která umožní zásadně navýšit kapacitu odbavovaných letů. Jejich množství v posledních několika letech neustále narůstá a dosahuje historicky nejvyšších počtů. I z tohoto důvodu je modernizace a rozšíření LVHP nezbytné a má i přes vysoké investiční náklady nezanedbatelný ekonomický potenciál pro celostátní ekonomiku. Součástí této rozsáhlé soustavy projektů je i relativně malý projekt dvojice jednokolejných tunelů, vedoucích pod budoucím rozšířením Terminálu 2, který autoři podrobněji představí v následujícím textu.

2. SPECIFIKA PROJEKTU

V přechodí kapitole bylo nastíněno, že projekt modernizace LVHP je značně rozsáhlý a komplikovaný. V různých časových i prostorových návaznostech je zde rozličnými sdruženími a v různých stupních projektové dokumentace (PD) připravováno velké množství stavebních objektů, které si vynucují různorodé a nutné interakce. Jen na projektu rozšíření Terminálu 2 pracuje na PD, nyní ve stupni dokumentace pro povolení záměru (DPZ), resp. dokumentace pro společné povolení podle liniového zákona (DUSL), sdružení čtyř velkých ateliérů Valbek, RA15, D3A, CMC s více jak 25 subdodavateli (včetně spol. V-CON, pod kterou spadá i projekt hloubených tunelů). Rovněž na straně investora nejde pouze o jeden subjekt, ale o dvojici tvořenou společnostmi Prague Airport a Správa železnic, které mají rozdílné termínové i normativní požadavky. Ať už se týkají časové a prostorové koordinace, zatěžovacích stavů, požární bezpečnosti, koncepce větrání, způsobů zakládání jednotlivých objektů a zajištění stavebních jam, ale i izolací proti vodě a vibracím nebo opatřením proti účinkům bludných proudů apod.

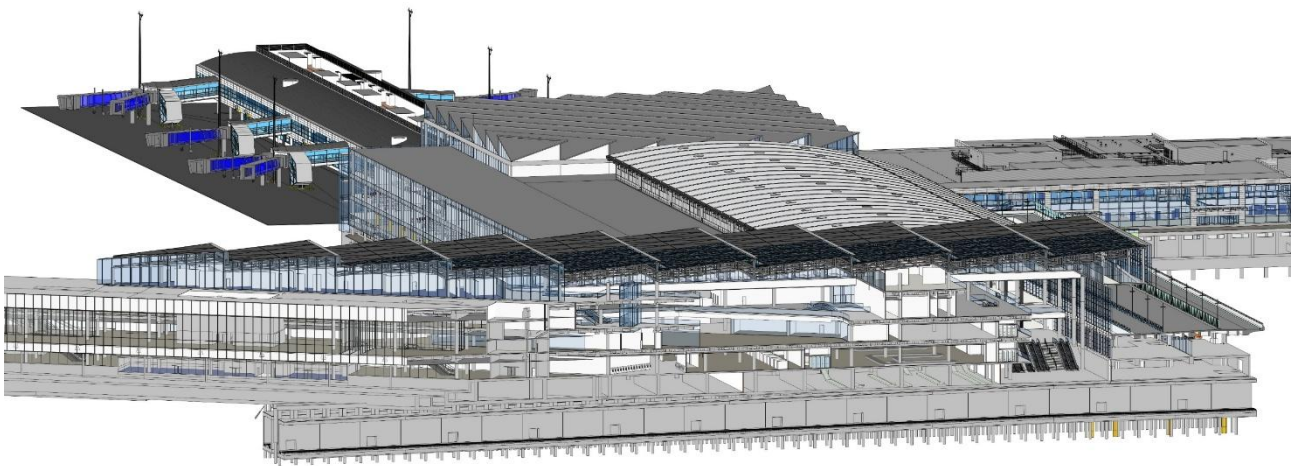
V případě dvojice hloubených tunelů pod Terminálem 2 se v rámci projektové přípravy jedná o nejtěsnější koordinaci zejména s na jedné straně navazujícím projektem železniční stanice a na druhé straně s pokračujícím předstihovým (rovněž hloubeným) trojlodním tunelem pod letištní dráhou. Nad a pod tunely se pak nachází hned pět dalších souvisejících objektů:

- silniční estakáda, jejíž základy zasahují do prostoru pro výstavbu hloubených tunelů;
- výstupní vestibul pro cestující směrem k Terminálu 2 ležící těsně nad stropem tunelů;
- objekt vlastního rozšíření budovy Terminálu 2, který svým hlubinným založením rovněž interaguje s prostorem stavební jámy pro železniční tunely (obr. 2);
- tzv. skywalk, tj. mostní ocelová konstrukce přivádějící cestující do terminálu z parkovacích domů
- pod tunely musí být ještě převeden podzemní kolektor, který zásobuje současný Terminál 2 energiemi a je nyní v kolizi s jejich trasou.



Obrázek 2: 3D model s vyobrazením v místě dvojice tunelů, vestibulu, estakády a budovy rozšíření terminálu 2

Projekční práce takového rozsahu a charakteru vyžadují použití sofistikovaných postupů s rozsáhlou a časově náročnou koordinací napříč projekty a profesemi. Významným pomocníkem je v tomto ohledu oběma investory požadovaný BIM přístup, který se ukázal jako účinný nástroj pro koordinaci takto náročného balíku vzájemně souvisejících projektů (obr. 3).



Obrázek 3: Ukázka z komplexního BIM modelu v místě průchodu železničních tunelů vedených pod dostavbou rozšíření Terminálu 2

Mimo již výše zmíněné musí celý projekt respektovat další specifika a omezení dané unikátním charakterem projektovaného díla, např.:

- rizikové a bezpečnostní analýzy ovlivňující statický návrh konstrukcí;
- netradiční zatěžovací stavy a používané dopravní prostředky (letadla, specifická letištní technika);
- zohlednění maximálního zachování provozu letiště během výstavby;
- minimalizace ovlivnění řízení letového provozu (výhledy z řídicí věže, rušení radiokomunikačních a radionavigačních systémů).

3. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Horninové prostředí, v kterém budou tunely hloubeny, sestává z kvartérního pokryvu a předkvartérního podloží. Recentní navážky a kvartérní sedimenty dosahují mocnosti do 4 m. Kvartérní pokryv je tvořen převážně sprašemi a sprašovými hlínami. Jedná se o zeminy jílovitého charakteru. Předkvartérní podloží je tvořeno sedimenty svrchní křídy v bělohorském souvrství – písčitymi slínovci (opukami) se spongilitovými vložkami (mocnost těchto poloh je nejčastěji do 1 m). Křídové horniny jsou subhorizontálně vrstevnaté a spočívají diskordantně na podložních paleozoických a proterozoických horninách, které však nebyly zastíženy a vyskytují se až ve větších hloubkách. Horniny předkvartérního podloží nejsou zvětřalé rovnoměrně, stupeň zvětřání je lokálně proměnlivý a přechody jsou postupné. Průměrná mocnost celého bělohorského souvrství písčitých slínovců je většinou přes 15 m, v zájmovém území byla průzkumem ověřena v rozsahu cca 20 m. Opuky zvětřávají na hnědožluté jílovitopísčité hlíny s úlomky navětřalé mateční horniny. Převážně hlinité zvětřaliny přecházejí do podloží do tence deskovité rozpadlých opuk a hlouběji až do pevných, lavicovitě odlučných poloh. Zcela zvětřalé (rozložené) horniny mají pevnou konzistenci, jsou rozbídné a namrzavé. (KUBÁT 2022).

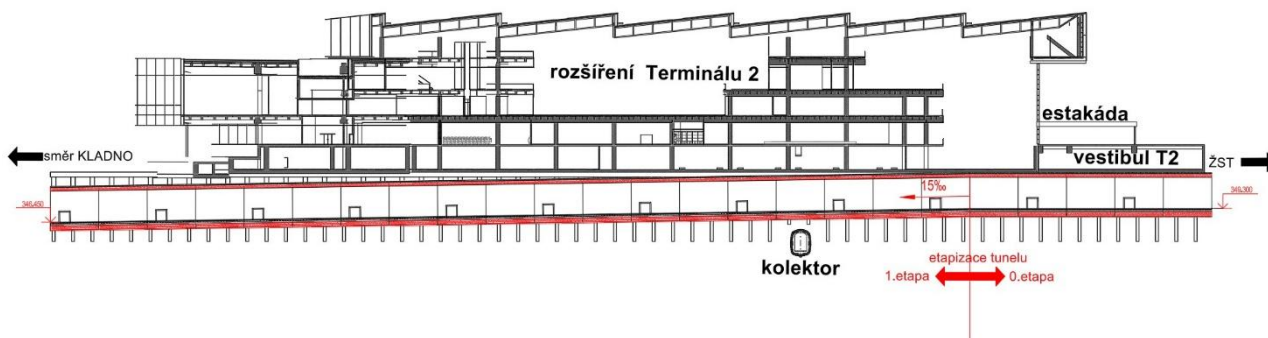
Tabulka 1: Přehled geotechnických typů zájmové lokality, upraveno autory dle (MERTOVIČ, L.2023)

Stáří	Genetický typ	Litologický typ	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Mocnost (m)
Kvartér	navážka	navážky charakteru zemín	Y, F6 CIY, S4 SMY, F2 CGY atd.	0,9–5,0
	deluviální sedimenty	šterkovito-jílovité zeminy	F2 CG, F1 MG	0,2–2,2
	eolické sedimenty	jílovité zeminy	F6 CI, F7 MH	0,3–3,1
Křída	sedimenty korycanského souvrství	zcela zvětřalé slínovce	R6	1,0–12,3
	sedimenty bělohorského souvrství	zcela až silně zvětřalé slínovce	R5	1,5–2,1
		mírně zvětřalé až zdravé slínovce/opuky	R4, R3, R3/R2	1,5–19,0

V celém zájmovém území nebyla zastížena hladina podzemní vody. Zvodnění bělohorských opuk nebylo zjištěno a zvodnění korycanských pískovců se vyskytuje pouze ve větších hloubkách, pod úrovní plánovaného dna stavební jámy.

4. PARAMETRY HLOUBENÝCH TUNELŮ

Projekt dvojice hloubených železničních tunelů je vzhledem ke koordinaci výstavby a návazností na další související projekty rozdělen do dvou etap. V tzv. etapě 0 se projektuje prvních 50 metrů tunelů nacházejících se v prostoru pod estakádou a vestibulem ŽST, které těsně přiléhají na objekt vlastní hloubené ŽST. Tato fáze byla projektována dokonce ve stupni projektové dokumentace pro provádění stavby (PDPS). Tvoří ji prvních pět bloků betonáže po 10 metrech, které jsou vedeny v nulovém sklonu a v konstantní vzájemné osové vzdálenosti 15 m. Dalších 190 metrů tunelů, tj. etapa 1 (DUSL) rovněž dodržuje tuto konstantní vzájemnou vzdálenost, ale je již směrem od železniční stanice vedena úpadně ve sklonu 15 ‰, (obr. 4).



Obrázek 4: Podélný řez tunelovou troubou v místě pod budoucím rozšířením terminálu

Nosnou konstrukci jednokolejných tunelů tvoří dvojice samostatných železobetonových monolitických rámců s deskovou stropní konstrukcí s náběhy v rozích. Třída betonu je C30/37 XF2, XC3 (CZ), výztuž je navržena třídy B500B. Spodní základová deska má tloušťku 800 mm. Stěny mají konstantní tloušťku 700 mm. Stropní desky mají náběhy, kde přechází tloušťka z 700 mm u stěn na 600 mm směrem k ose tunelu. Standardní délka jednotlivých bloků tunelů je 10 m s pracovními spárami mezi bloky. Tunelová konstrukce bude od sousedních konstrukcí (železniční stanice, navazující trojlodní tunel) oddělena dilatačními spárami. V rámci každého druhého bloku je navržen bezpečnostní výklenek dle ČSN 73 7508 tak, aby jejich osová vzdálenost nepřesáhla 20 m (obr.5).



Obrázek 5: Příčný řez a geometrie dvojice hloubených tunelů v místě výklenků

Vzhledem ke geometrickým omezením vycházejícím z pevného osového systému založení silniční estakády jsou tyto výklenky situovány pro oba tunely směrem do mezilehlého prostoru mezi nimi. Ochranu tunelu před vodou a bludnými proudy pak zajišťuje po celém obvodu obou tunelových tubusů rubová hydroizolace a ochranná geotextilie s rohoží z recyklované gumy. Pro ochranu konstrukcí před strukturálním hlukem a vibracemi bude v úseku pod vestibulem a estakádou tunel izolován pomocí vibroizolačních elastomerových ložisek/desk tl. 30 a 60 mm. Ty budou umístěny pod pevnou jízdní dráhu, pod základové desky obou železničních tunelů a dále na vnějším líci stěn tunelů v místech, kde dochází ke kontaktu se základovými konstrukcemi pilířů estakády. Pro omezení vibrací je navíc prostor mezi stropem tunelů a základovou deskou vestibulu ponechán bez výplně.

5. ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY PRO HLOUBENÉ TUNELY

Prostor pro dvojici tunelů se bude hloubit v otevřené stavební jámě hloubky 9,5–13 m z úrovně prvního suterénu budoucího rozšíření Terminálu 2. Tato stavební jáma bude zajištěna pomocí kotvených (1–3 úrovně, dle klesající hloubky a nivelety tunelů) volně stojících pilotových stěn odsazených od budoucí konstrukce tunelů. Pilotovou stěnu budou tvořit piloty \varnothing 760 mm v osové vzdálenosti po cca 1,5 m a v místech pod pilíři estakády a pod založením konstrukce skywalku piloty \varnothing 900 mm. Vzhledem k nutnosti přemostění konstrukce základové desky vestibulu a objektu rozšířeného Terminálu 2 nad tunelovými tubusy (při rozpětí až 25 m) je mezi tunely navrženo lokální podepření prostřednictvím dvojic pilířů ve vzdálenostech po cca 4 m, které kopírují rastr nadzemního skeletového uspořádání nosné konstrukce a jsou podélně spojeny v místě styku s deskou vestibulu průběžným prahem.

6. ZÁVĚR

Výše popsáný projekt dvojice jednokolejných železničních tunelů, které povedou pod budoucím rozšířeným Terminálem 2 v rámci rozsáhlé modernizace LVHP, je sice co do objemu prací drobným, ale z hlediska koordinací a množství nestandardních interakcí s dalšími souvisejícími konstrukcemi velmi zajímavým a náročným inženýrským úkolem. Jeho úspěšnou realizací je podmíněno a bezprostředně

ovlivněno hned několik navazujících objektů, které mají jako celek zásadně zlepšit komfort cestujících z a na LVHP.

7. PODĚKOVÁNÍ

Autoři by rádi poděkovali Letišti Václava Havla Praha a Správě železnic za laskavé svolení k publikování tohoto příspěvku.

LITERATURA

KUBÁT, Aleš. *Novostavba ŽST. Praha letiště Václava Havla, Závěrečná zpráva o geotechnickém a hydrogeologickém a pedologickém průzkumu*, GeoTec GS, a.s., Praha, duben 2022

MERTOVÁ, Lenka. *Závěrečná zpráva inženýrsko-geotechnického průzkumu: LVHP – Parking B – AZGeo, s.r.o., Ostrava, leden 2023*

NOVÁK, M., HANSL, V., PLATIL, J., HLAVÁČEK, D. Hloubená stanice rychlodráhy Letiště Václava Havla. *Tunel*, 2023, roč. 32, č. 2 s. 28–37

Ing. Jan Čeněk

V-CON, s.r.o.

jan.cenek@v-con.cz

Ing. Tomáš Parák Ph.D.

V-CON, s.r.o.

tomas.parak@v-con.cz