

VÝSTAVBA TRASY I.D METRA V PRAZE V ÚSEKU ID1a PANKRÁC – OLBRACHTOVA – DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ A TECHNICKÉ ZAJÍMVOSTI MEZISTANIČNÍHO ÚSEKU

Radek Kozubík

HOCHTIEF CZ, Prague, Czech Republic

Martin Špeta

HOCHTIEF CZ, Prague, Czech Republic

Štěpán Obrhel

HOCHTIEF CZ, Prague, Czech Republic

Jan Hammerbauer

HOCHTIEF CZ, Prague, Czech Republic

Abstrakt: Výstavba čtvrté linky na pražském metru byla zahájena v nejsložitější a nejdéle trvající etapě v úseku Pankrác – Olbrachtova dne 1.4.2022 a jeho výstavby je ve své polovině.

Tento příspěvek je zaměřen na seznámení se zhotovením hydroizolace a definitivního ostění tunelů mezistaničního úseku a staničních tunelů Olbrachtova ve směru stanice Pankrác. Detailněji bude představena technologie kontinuální betonáže šachty vzduchotechniky. Betonáž čelních stěn průniku čtyř tunelů od úrovně dna tunelu byla provedena najednou bez horizontálních a vertikálních spár a byla technickou výzvou pro zhotovitele. Dále bude představena neobvyklá variabilita ocelové bednicí formy ve dvoukolejném tunelu, která byla vyrobena a přestavěna do pěti různých příčných profilů dvoukolejného tunelu. Pro velké betonáže (nad 350 m³) byl zřízen zhotovitelem protihlukový dokovací prostor na auto domíchávače, jehož pozitivní vliv byl pro postup výstavby tohoto úseku zásadní.

Provádění činností prováděných hornickým způsobem v intravilánu města pouze s vertikálním přístupem klade velký důraz na vhodnou technologii, logistiku a plánování provádění prací tak, aby nedocházelo k negativnímu ovlivnění povrchové zástavby a dodržení povolených limitů hluku v nočních hodinách.

1. OBECNÉ INFORMACE O PROJEKTU

Výstavba nové linky metra D v Praze je jednou z největších a nejsložitějších podzemních dopravních staveb situovaných v hlavním městě Praze. Celkem se jedná o výstavbu v délce 10,6 km s 10 stanicemi v úseku mezi Náměstím Míru a Písnicí. Na celé trase bude automatický provoz vlakových souprav bez strojvůdce. Na tomto složitém projektu se potkávají různé technologie výstavby (ražba NRTM, TBM, hloubení šachet a stanic).

Takto rozsáhlý dopravní projekt je rozdělen na 4 fáze výstavby. První fáze, která je již více než tři roky ve výstavbě se označuje jako I.D1a a zahrnuje výstavbu stanice Olbrachtova, Pankrác D a mezistaniční traťové tunely včetně propojení nové linky D do stávající stanice Pankrác C. V druhé fázi bude pokračovat výstavba traťových tunelů ze stanice Olbrachtova do Písnice a výstavba tří stanic (Nádraží Krč, Nemocnice Krč, Nové Dvory). Ve třetí fázi se jedná o stanice Libuš, Písnice a Depo Písnice. V poslední čtvrté fázi jde o pokračování linky do centra ze stanice Pankrác D přes náměstí Bratří Synků až na náměstí Míru.

1.1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O PROJEKTU:

Název: Provozní sekce trasy metra I.D – úsek Pankrác – Olbrachtova – stavební část

Smluvní termín: 04/2022–09/2029

Objednatel: Dopravní podnik hl. m. Prahy a.s.

Obstaravatel: Inženýring dopravních staveb a.s.

Zhotovitel: Sdružení Metro I.D

Subterra a.s. – vedoucí člen

Hochtief CZ a.s.

Strabag a.s.

Hochtief Infrastructure

Ed.Züblin

Dokumentace pro výběrové řízení: Metroprojekt Praha a.s.

Realizační dokumentace: Metroprojekt Praha a.s.

Monitoring: Krtek D monitoring

Délka stavební části úseku realizované společností Hochtief CZ: 1941,29 m

Počet stanic: 2 ražené stanice

1.2. ROZDĚLENÍ OBJEKTŮ NA MEZISTANIČNÍM ÚSEKU:

Tabulka 1 - rozdělení objektů na mezistaničním úseku

Název stavebního objektu	Plocha výrubu (m ²)	Délka (m)
SO 12-20 - Ražený dvoukolejný tunel a rozplet do odstavu	85 až 220 m ²	394,41
SO 12-21 - Levý ražený jednokolejný tunel	37 m ²	265,60
SO 12-22 - Pravý ražený jednokolejný tunel (vč. vidlice)	37 až 122 m ²	270,90
SO 12-23 - Odstavný ražený jednokolejný tunel	41,5 m ²	157,46
SO 12-25 - Vzduchotechnická propojka mezi jednokolejnými tunely	33 m ²	15,00
SO 12-28 - Strojovna VZT	22 až 67 m ²	97,50
SO 13-20 Stanice Olbrachtova – Pravý staniční tunel	47 až 89 m ²	118,00
SO 13-20 Stanice Olbrachtova – Levý staniční tunel	47 až 61 m ²	113,30
SO 13-20 Stanice Olbrachtova – Propojka TGT sever	39 až 87 m ²	25,70
SO 71-20 - Ražený jednokolejný tunel spojky C-D	37 m ²	468,17
SO 11-29 - Staniční tunel OL	98 m ²	15,25
	CELKEM	1941,29

2. HYDROIZOLAČNÍ SOUVRSTVÍ A DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ

Po dokončení ražeb byla provedena reprofilace všech částí tunelů tak, aby byl podklad řádně připraven pro pokládku hydroizolačního souvrství. To je tvořeno v případě klenby ochrannou geotextílií a PVC fólií tl. 3 mm. Geotextílie o hmotnosti 800 g/m² je k primárnímu ostění připevněna pomocí terčků. Poté se provádí instalace samotné PVC fólie. Spojení fólie a terčku je provedeno pomocí horkovzdušné pistole a spojení jednotlivých izolačních pásů je provedeno svářecím automatem dvojitými sváry s přeložením. V případě dna je nejprve provedena instalace podélné drenáže, betonáž mezerovitěho betonu a spádových betonů. Poté je tato vrstva ochráněna geotextílií o celkové hmotnosti 2 000 g/m² a případně ještě vrstvou mazaniny. Na hydroizolaci se následně navařují vnější těsnící spárové pásy s pojistným injektážním systémem svedeným do sběrných boxů. Pásy jsou doplněny dvěma dvojicemi injektážních hadiček 19/11 a 11/6 mm. První z nich je určena pro systémovou aktivační injektáž na bázi mikrocementu a druhá pro pojistnou injektáž na chemické bázi.

Na hydroizolační souvrství navazuje definitivní ostění. To je tvořeno z betonu C30/37-XC1-CI 0,20-Dmax 16 s maximálním průsakem 50 mm, betonářské výztuže, KARI sítě a příhradových obloukových ráků. Ve dně jsou zpravidla navrženy betonážní sekce délky 24 m a dilatační úseky jsou délky 48 m. V klenbě jsou betonážní sekce délky 8 m, vyjma dvoukolejného tunelu, kde délka typické jedné sekce je 10 m. Minimální krytí výztuže je stanoveno 50 mm na vnitřní straně a 40 mm na vnější straně definitivního ostění a je zajištěno pomocí distančních prvků. Příslušné pruty výztuže jsou provařeny dle požadavku ochrany proti účinkům bludných proudů. U stavebních objektů, kde se opakují sekce stejného profilu, se zpravidla využívá plně automatická ocelová forma. V ostatních případech se používá systémové bednění. Po zabetonování dané sekce a jejím odbednění se vždy provede ochranný nátěr, který zabrání vysychání a vzniku smršťovacích trhlin. Odbedňovací pevnost je stanovena na 11 MPa. Veškerý materiál ke zhotovení definitivního ostění je do podzemí na místo určení dopravován těžní šachtou VO-OL.

Pro velké betonáže (nad 350 m³) byl zřízen zhotovitelem protihlukový dokovací prostor na auto domíchávače. Protihluková účinnost přístřešku byla posouzena na základě několika měření. Měřilo se uvnitř přístřešku, kde byl umístěn zdroj hluku a poté vně u pláště konstrukce. Na základě rozdílu naměřených hodnot akreditovanou laboratoří lze prokazatelně potvrdit účinnost přístřešku.



Obrázek 1- Protihlukový přístřešek

Skladba přístřešku je tvořena pěnovou izolací Purteco P507 (200 mm), kari sítěmi, geotextilií (500 g/m²), nepromokavou krycí plachtou, voděodolnou překližkou Peri (10 mm) a konstrukcí z příhradových ráků. Na základě měření rozdílu hodnot byla stanovena účinnost pláště 27 dB. Vrata vykazovala účinnost 21 dB. Tato konstrukce umožnila zajistit plynulou dopravu betonu v podzemí i v kritických nočních hodinách (22:00 – 6:00).

3. KONTINUÁLNÍ BETONÁŽ VĚTRACÍ ŠACHTY NA TRASE METRA D

V rámci výstavby nové trasy pražského metra D byla realizována betonáž větrací šachty s využitím technologie kontinuální betonáže, která umožnila plynulý postup prací při zachování vysoké kvality provedení. Zvolený technologický postup představuje efektivní řešení zejména pro hluboké svislé konstrukce s vysokými nároky na přesnost, bezpečnost a organizaci výstavby.

Betonovaná větrací šachta má světlý průměr 5,6 m a její hloubka od již zabetonovaného krčku se strojovnou vzduchotechniky činí 23,44 m. Samotná betonáž byla zahájena dne 4. srpna 2025 v 8:00 hodin s plánovaným dokončením dne 8. srpna 2025 v 15:00 hodin.

Realizace armatury i následná betonáž probíhaly s využitím čtyř podpěrných věží systému PERI UP, které byly umístěny na povrchu a stabilizovány rozepřením do betonové plochy. Na roznášecí závory těchto věží byly napojeny předmontované příhradové nosníky systému VARIOKIT, které vytvořily nosnou konstrukci pro bednění a technologické zařízení.

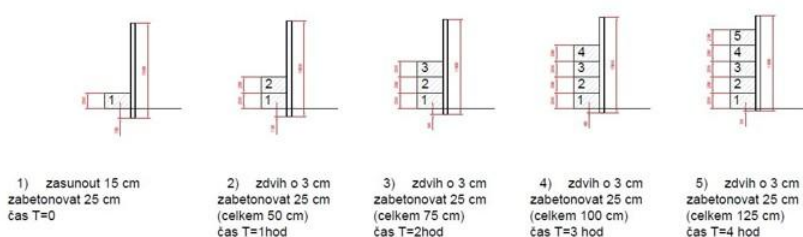


Obrázek 2 - Realizace větrací šachty

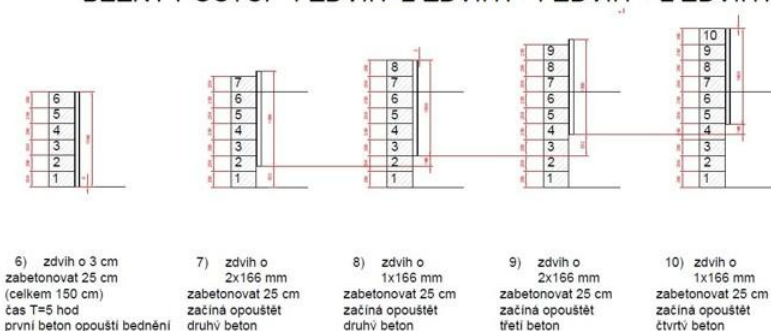
Posun bednění byl zajištěn hydraulickým systémem o výkonu 7,5 kW s centrálním propojením všech hydraulických válců, což umožnilo synchronizovaný a plynulý zdvih celé konstrukce. Na nosnou povrchovou konstrukci byly osazeny čtyři hydraulické válce ENERPAC RRH-606 s maximální únosností 400 kN. Maximální zdvih jednoho válce činil 166 mm a pohyb byl přenášen pomocí táhel DWIDAG DW 15.

Zdvih bednění probíhal v pravidelných časových intervalech – každou celou lichou hodinu došlo k jednomu plnému zdvihu hydraulického válce, zatímco každou celou sudou hodinu byly provedeny dva zdvihy. Tento rytmus zajistil rovnoměrný postup betonáže a optimální podmínky pro tuhnutí betonu.

POSTUP V ZÁRODKU



BĚŽNÝ POSTUP 1 ZDVIH+2 ZDVIHY+1 ZDVIH + 2 ZDVIHY

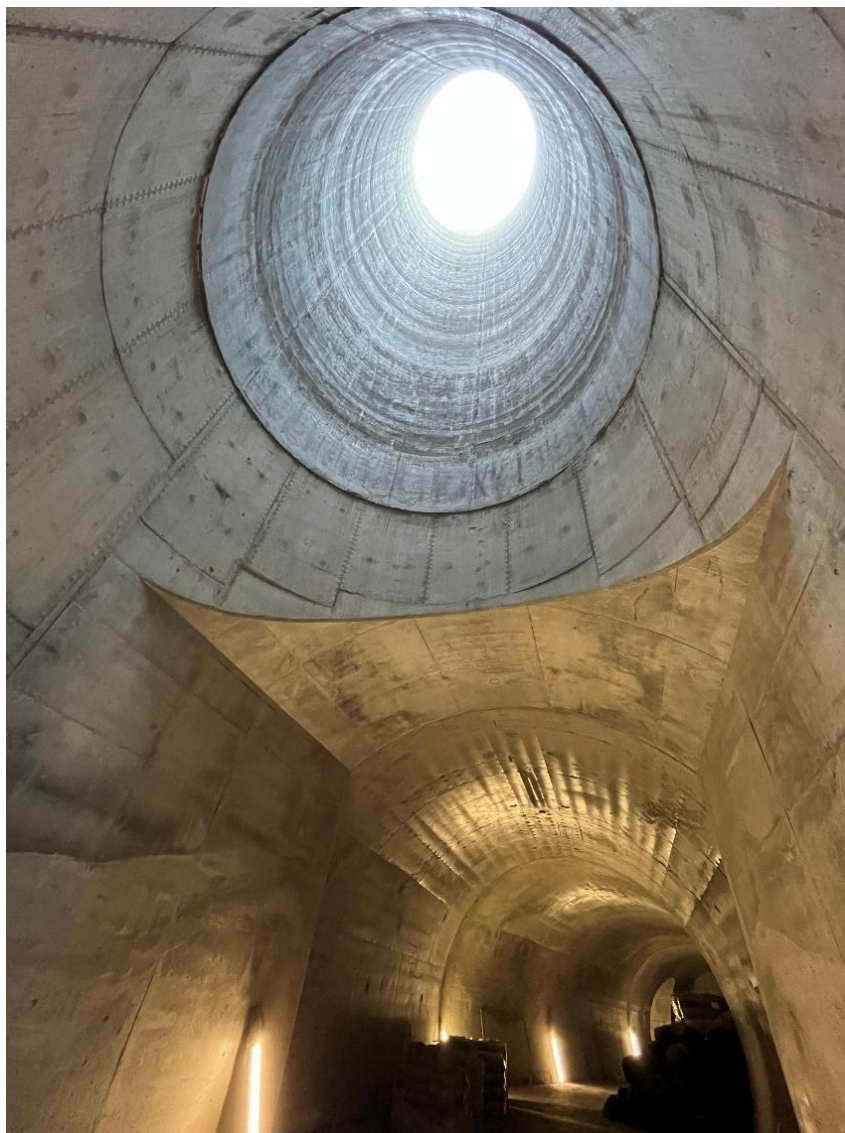


Obrázek 3 - Postup zdvihů bednění

Pro betonáž byl použit litý beton třídy C30/37 C370D3R.16, přičemž úvodní dvě dodávky byly akcelerovány urychlovačem tuhnutí RX40 s cílem zajistit stabilitu čerstvého betonu v počáteční fázi betonáže. Betonová směs byla ukládána do bednění pomocí betonářského koše o kapacitě 0,75 m³.

Ukládka betonu byla dokončena dne 8. srpna 2025 v 7:00 hodin, přičemž samotná betonáž byla ukončena vytažením bednění o pět hodin později. Celková doba betonáže činila 100 hodin, což odpovídá průměrnému dennímu postupu 5,63 m.

Realizace větrací šachty technologií kontinuální betonáže potvrdila vhodnost tohoto postupu pro hluboké svislé konstrukce v podmínkách městské infrastruktury. Kvalita výsledného díla, plynulá logistika dopravy betonu z betonárky, vysoké pracovní tempo a bezproblémový průběh celé akce svědčí o precizním a profesionálním přístupu všech zúčastněných složek projektu v přípravě i realizaci.



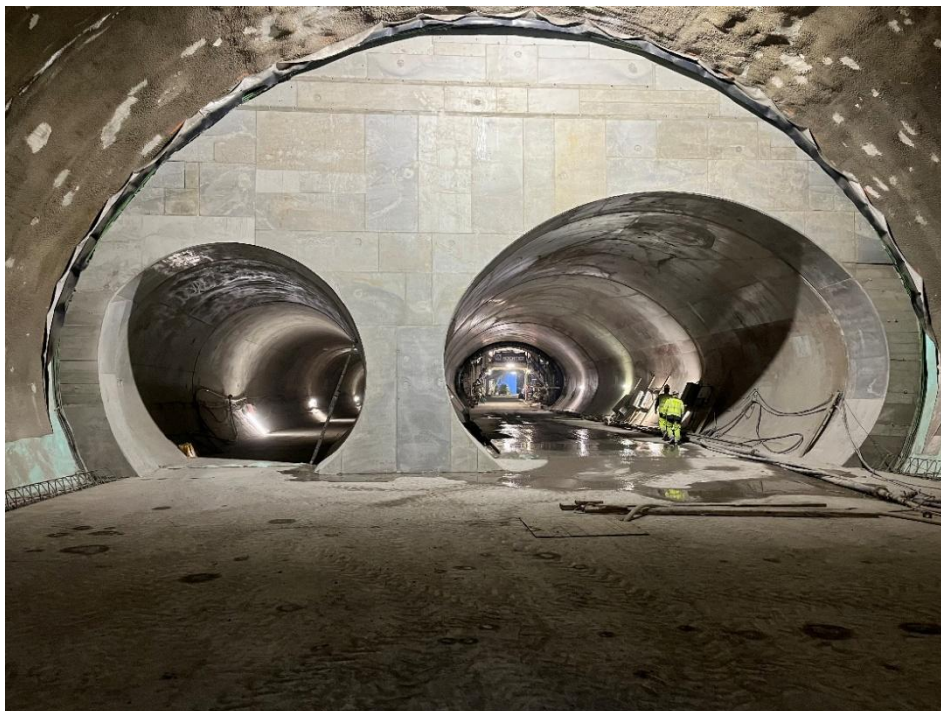
Obrázek 4 – Větrací šachta po kontinuální betonáži

4. BETONÁŽ ČELNÍCH STĚN

V rámci výstavby metra byly realizovány betonáže čelních stěn definitivního ostění v místech složitých prostorových průniků tunelových rozpletů. Jednalo se o dvě samostatné čelní stěny, které konstrukčně i technologicky patřily mezi nejnáročnější betonáže celé stavby, a to zejména z důvodu jejich rozměrů, výšky a komplikované geometrie v místech rozpletů.

První čelní stěna se nachází v místě dělení dvoukolejného tunelu na pokračující dvoukolejný tunel a odbočující jednokolejný odstavný tunel. Čelní stěna zde tvořila jasně definovaný konstrukční předěl mezi hlavní tunelovou troubou a odbočnou větví, přičemž bylo nutné zajistit plynulé napojení definitivního ostění všech zúčastněných profilů.

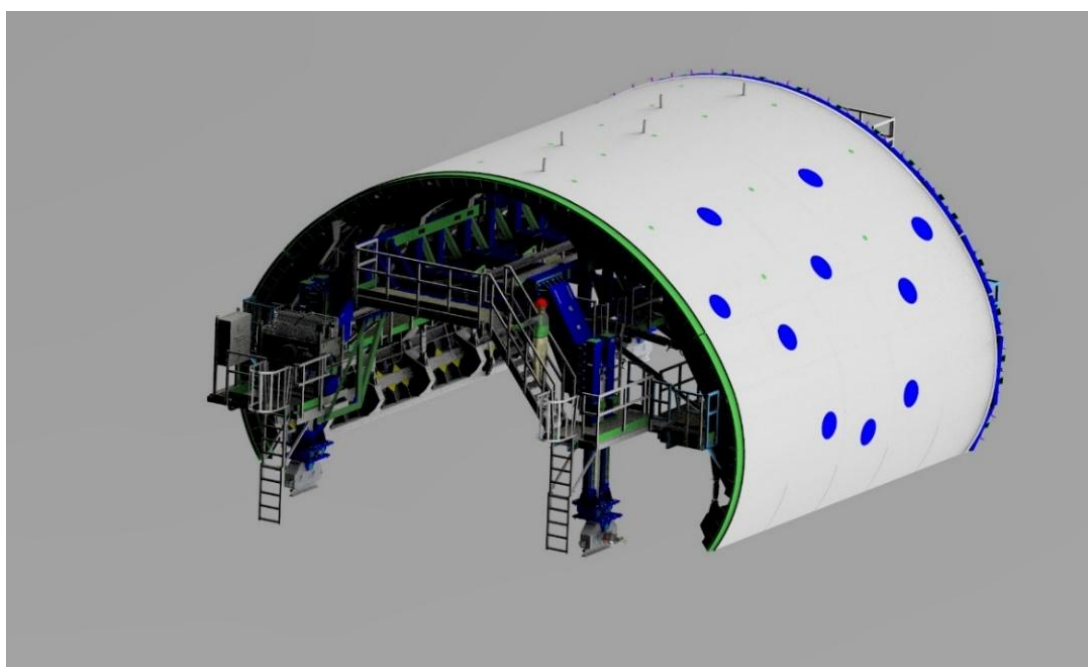
precizní přípravě a zvládnuté technologii betonáže bylo dosaženo vysoké kvality definitivního ostění i v konstrukčně mimořádně složitých rozpletech tunelového systému.



Obrázek 9 - Čelní stěna rozpletu do odstavného tunelu

5. FORMA DO DVOUKOLEJNÉHO TUNELU

Dvoukolejný tunel mezi stanicí Pankrác D a rozpletu do jednokolejných tunelů má délku 471 metrů. Na této téměř půlkilometrové délce tunelu je navrženo 9 různých příčných profilů tunelu. Pro betonáž 5 z těchto profilů byl použit modifikovatelný bednicí vůz. Tento byl nasazen v profilech od 89,1 m² až po největší profil 122,7 m². Vystrojení a vybavení formy bylo požadováno v obvyklé koncepci, ale s velkým důrazem na jednoduchou přemontovatelnost bednicí formy do dalšího profilu v co nejkratším čase a s omezeným přístupem pro montáž. Veškeré montážní práce se prováděly v podzemí s nemožností přístupu jeřábem tzv. shora a s použitím zvedacího zařízení o maximální únosnosti 5 tun. Těto výzvy se zhostila opavská společnost Ostroj a.s., která zvládla složité zadání zrealizovat.



Obrázek 10 - 3D model ocelové hydraulické formy dvoukolejného tunelu

Základní konstrukce formy je sestavena ze svařenců a tvoří nosný rám vlastního bednění. Hlavní částí formy jsou mostní konstrukce, portál, nohy, podstavec a pohon pojezdu. Forma je poháněna hydromotory pomocí hydraulického agregátu. Přejezd bednění mezi jednotlivými sekcemi je zajištěn po kolejnicích S49. Forma je složena ze 3 segmentů, které jsou mezi sebou vzájemně sešroubovány. Délka jednoho segmentu je 2 m. Jednotlivé segmenty jsou vybaveny plnicími (kontrolními) okny nebo napouštěcími ventily DN 125. Na ocelové obálce formy jsou umístěny vibrační pneumomotory, které zajišťují požadované zhutnění betonové směsi. Při základní délce formy 10 m je celková hmotnost zařízení 110 tun.

Použitím této ocelové formy vznikly další logistické výzvy na přesné plánování jednotlivých postupů, směrů betonáží, přesunů formy a v neposlední řadě přestavování na jednotlivé profily. Díky profesionální spolupráci montérů od firmy Ostroj a.s. a realizačního týmu se povedlo jednotlivé přestavby provést bez negativního vlivu na harmonogram výstavby. Průměrná doba přestavby činila 7 dní v závislosti na velikosti profilu. Samotné betonáže pak již probíhaly hladce bez větších problémů.



Obrázek 11 - Betonáž pomocí ocelové hydraulické formy dvoukolejného tunelu

6. ZÁVĚR

Po dokončení ražeb na mezistaničním úseku spojce C-D v říjnu 2024 se veškeré činnosti zaměřily na zhotovení hydroizolace a definitivní ostění. Tyto činnosti v průběhu měsíce dubna na mezistaničním úseku jsou dokončeny i v hloubené části nacházející se v těžní šachtě, kde zůstal ve stropě pouze zásobovací otvor pro dopravu technologie. Již se provádějí betonáže kolejových betonů a zahájily se přípravné práce na zhotovení kolejového svršku. Činnosti na stavbě pokračují v plánovaném tempu a podzemní prostory již nepůsobí tak monumentálně a zaprášeně, jako při ražbách. Ve vzduchu je již cítit blížící se provoz a nám nezbyvá než popřát Pražanům a budoucím cestujícím, ať se jej dočkají co nejdříve.

LITERATURA

Projekt: „Výstavba trasy I.D metra v Praze – úsek ID1a Pankrác - Olbrachtova, Stavebně technologická část“ METROPROJEKT
Praha a.s., Dokumentace pro provedení stavby, 2022-2026

Titul, jméno, příjmení autora: Ing. Radek Kozubík

Pracoviště: Plzeňská 16/3217, Praha 5

E-mail adresa: radek.kozubik@hochtief.cz

Titul, jméno, příjmení autora: Ing. Martin Špeta

Pracoviště: Plzeňská 16/3217, Praha 5

E-mail adresa: martin.speta@hochtief.cz

Titul, jméno, příjmení autora: Ing. Štěpán Obrhel

Pracoviště: Plzeňská 16/3217, Praha 5

E-mail adresa: stepan.obrhel@hochtief.cz

Titul, jméno, příjmení autora: Bc. Jan Hammerbauer

Pracoviště: Plzeňská 16/3217, Praha 5

E-mail adresa: jan.hammerbauer@hochtief.cz