

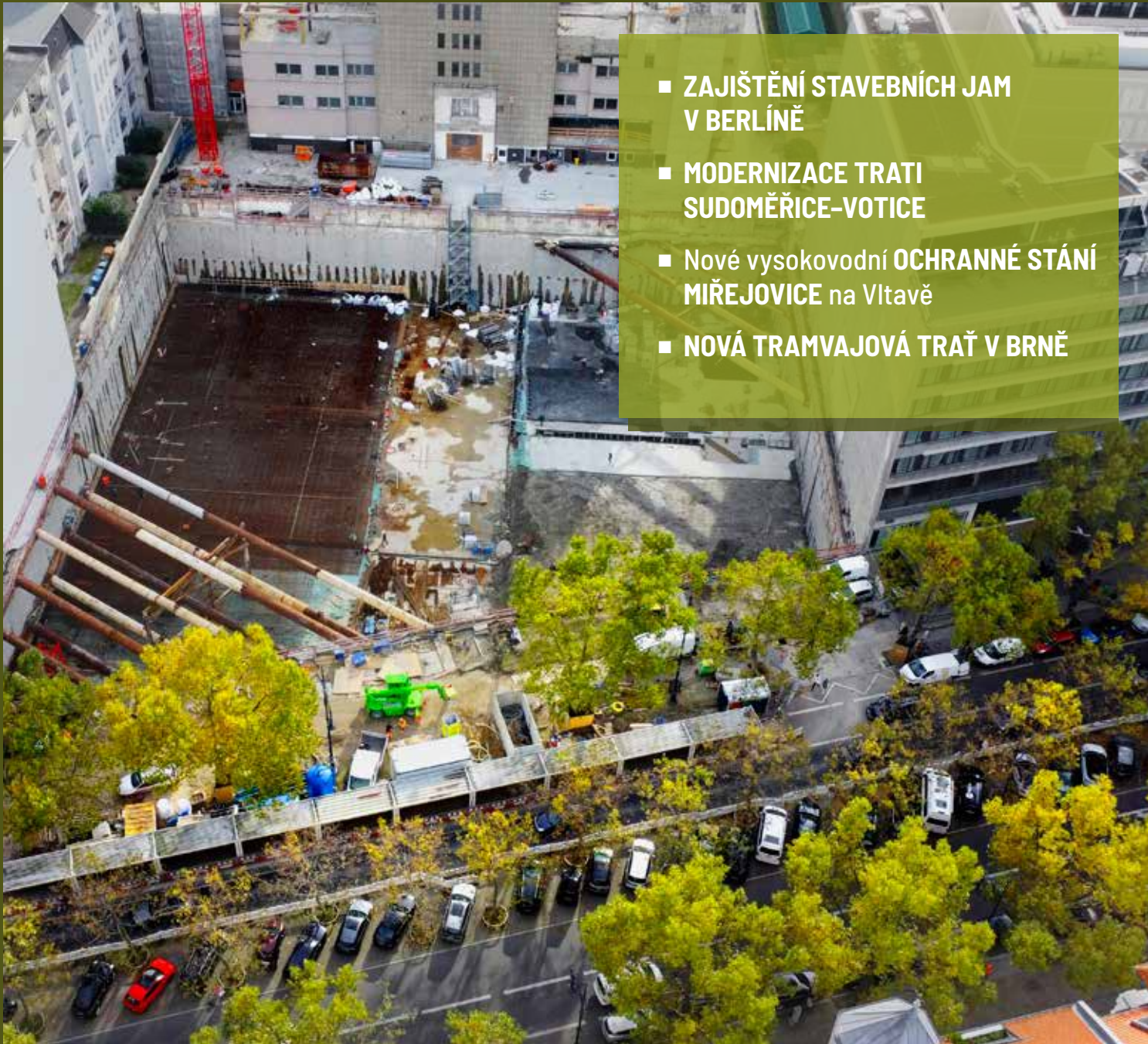


ZAKLÁDÁNÍ

časopis Zakládání staveb, a. s.

1/2022

ročník 34

- 
- ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍCH JAM V BERLÍNĚ
 - MODERNIZACE TRATI SUDOMĚŘICE-VOTICE
 - Nové vysokovodní OCHRANNÉ STÁNÍ MIŘEJOVICE na Vltavě
 - NOVÁ TRAMVAJOVÁ TRÁŤ V BRNĚ



Časopis ZAKLÁDÁNÍ

vydává:

Zakládání staveb, a. s.
K Jezu 1, P. S. 21
143 00 Praha 4 - Modřany
tel.: +420 244 004 111
fax: +420 241 773 713
propagace@zakladani.cz
zakladani.cz

Redakční rada:

vedoucí redakční rady:

Ing. Libor Štěrba

členové redakční rady:

RNDr. Ivan Beneš

Ing. Jan Masopust, CSc.

Ing. Jiří Mühl

Ing. Michael Remeš

Ing. Jan Šperger

Redakce:

Ing. Libor Štěrba

Jazyková korektura:

Mgr. Antonín Gottwald

Foto na titulní straně:

k článku na str. 6

foto: BeMo Tunnelling GmbH

Design & Layout:

Velorum, s. r. o., a Jan Kadoun

Tisk:

Grafico, s. r. o.

Ročník 34

1/2022

13. 5. 2022

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází třikrát za rok

Pro rok 2022 je cena vydání 90 Kč.

Roční předplatné 270 Kč vč. DPH,

balného a poštovního.

Objednávky předplatného:

SEND Předplatné spol. s r.o.

Ve Žlíbku 1800/77

193 00 Praha 9 Horní Počernice

tel.: +420 225 985 225

send@send.cz

send.cz

Podávání novinových zásilek

povolila PNS pod č.j. 6421/98

Obsah

Teorie a praxe

Zdokonalení interpretace výsledků CHA zkoušek pilot

Podle článku „Improving Crosshole Sonic Logging Interpretations“ autorů G. Canivana a A. Sellountou z časopisu Deet Foundation, Sept/Oct 2019 napsal RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.

2

Zahraniční stavby

Realizace tří stavebních jam v berlínské městské části Charlottenburg

Tomáš Philippe, BeMo Tunnelling GmbH

6

Dopravní stavby

Modernizace trati Sudoměřice–Votice

Ing. Miloš Krameš, SUDOP Praha, a. s., hlavní inženýr projektu

14

Práce speciálního zakládání na projektu Modernizace trati Sudoměřice–Votice

Redakčně sestaveno z technických podkladů a s přispěním Ing. Michaela Remeše a Martina Kapouna, Zakládání staveb, a. s.

18

Statické zatěžovací zkoušky pilot na mostních objektech Heřmaničky I a II a jejich vyhodnocení

S využitím technických podkladů sestavil Ing. Michael Remeš, Zakládání staveb, a. s.

26

Zajištění portálových úseků tunelu Deboreč

S využitím technických podkladů sestavil Ing. Michael Remeš, Zakládání staveb, a. s.

28

Vodohospodářské stavby

Nové vysokovodní ochranné stání Miřejovice na řece Vltavě

Ing. Pavel Metelka, FG Consult, s. r. o., s přispěním Ing. Michala Butkaie, Povodí Vltavy, státní podnik, Ing. Milana Černého, Transconsult, s. r. o., a Filipa Koudelky, Zakládání staveb, a. s.

32

Dopravní stavby

Nová větev tramvajové trati z Osově ulice ke kampusu Masarykovy univerzity v Brně-Bohunicích v hloubeném tunelu z konstrukčních podzemních stěn

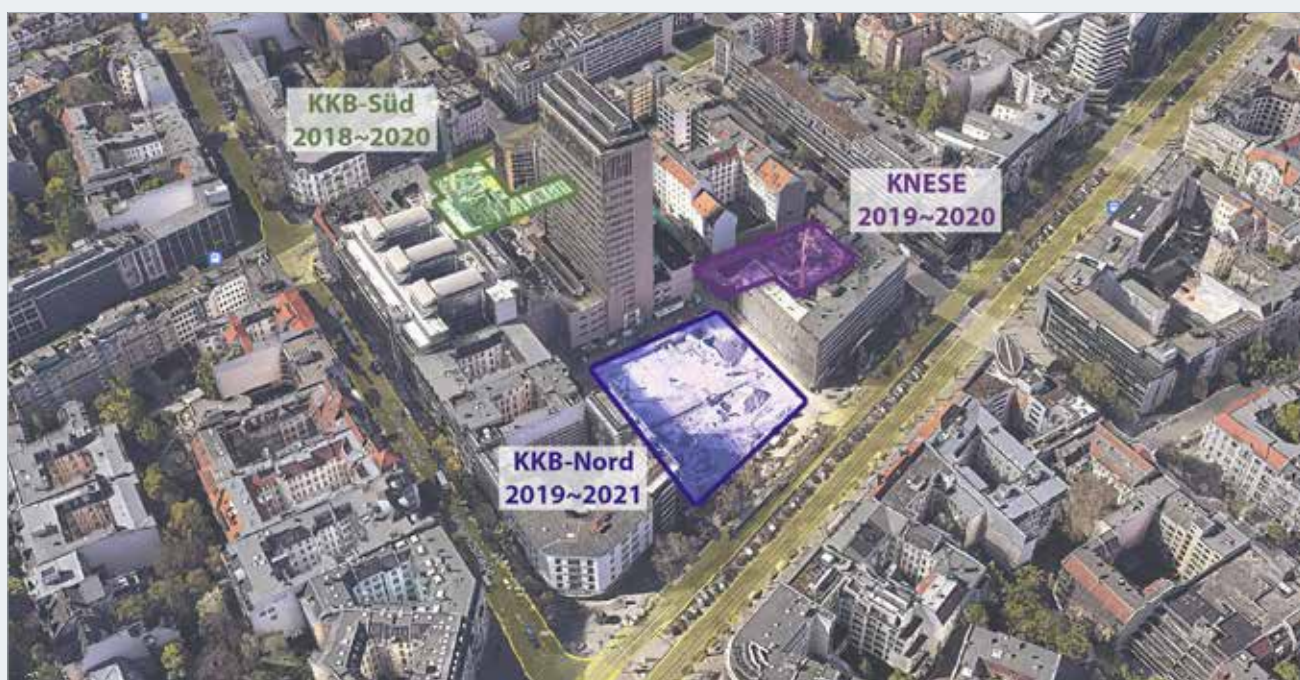
Ing. Václav Žák, Zakládání staveb, a. s.

36

Realizace tří stavebních jam v berlínské městské části Charlottenburg

V letech 2018–2021 se berlínská pobočka společnosti BeMo Tunnelling GmbH ze skupiny Metrostav, a. s., významnou měrou podílela na přestavbě multifunkčního komplexu budov s lukrativní polohou na hlavním bulváru západního Berlína, ulici Kurfürstendamm. V rámci stavebního projektu „Fürst“ zde byly realizovány dvě hluboké stavební jámy o celkové rozloze 8700 m². Třetí realizovaná stavební jáma rozlohy 1900 m² se zmíněným projektem přímo sousedí a je s ním propojena společnou podzemní garáží. Objem celkových realizovaných prací speciálního zakládání na zajištění stavebních jam dosahoval téměř 20 mil. €.

Významnou část prací speciálního zakládání na zajištění tří stavebních jam prováděla společnost Zakládání staveb, a. s., jako subdodavatel společnosti BeMo Tunnelling GmbH.



Pohled od severovýchodu na komplex Ku'damm-Karree (dnes Fürst) s vyznačením realizovaných stavebních jam včetně doby realizace

U všech tří projektů se na berlínské poměry jednalo poměrně netypicky jen o dodávku prací speciálního zakládání včetně odvodňovacích prací. Demoliční, výkopové a další související práce si zajišťoval investor samostatně. Projekty tedy nebyly typickými generálními dodávkami zajištění stavební jámy (včetně výkopových prací), kdy je investorovi pro další výstavbu předávána dokončená stavební jáma s podkladním betonem. Společnost Zakládání staveb, a. s., zajišťovala na tomto rozsáhlém projektu technologii velkoprofilového vrtání pro předvrty a záporové pažení, maloprofilové vrtání pro mikropiloty a zemní kotvy (9500 m) a podzemní stěny šířky 60 a 80 cm (9000 m²). Složitost stavebních jam byla dána jednak blízkostí okolní, až 21 pater vysoké zástavby, kdy základová spára nových objektů byla oproti této stávající umístěna výrazně hlouběji, jednak složitými geologickými poměry s vysokou hladinou

podzemní vody. Zatímco v prvních metrech geologického profilu se nacházely antropogenní navážky (často suť z válečného období), od úrovně cca 3,0 m pod terémem byla naražena pro Berlín typická proudící hladina podzemní vody. Tato zvržen je tvořena kvarténními písčitymi horninami velké mocnosti. Ty jsou pak místy prolunuty pásy a čočkami jemnozrnných glaciálních sedimentů o mocnostech jednotek, výjimečně až desítek metrů. Na této vrstvě se často nachází horizont šterků, kamenů a výjimečně i bludných balvanů. Komplex zvaný „Ku'damm-Karree“ postavený v letech 1969–1974 na celkové ploše 20 000 m² sestával kromě 102 m vysoké budovy i z dalších objektů pro soukromé i komerční využití, hotelů, podzemních garáží, divadelní scény, muzea či protiatomového krytu, ve kterém by v případě potřeby našlo útočiště více než 3500 osob.

Ku'damm-Karree, Baugrube Süd

Začátek prací společnosti BeMo Tunneling GmbH se datuje od března 2018, kdy došlo ke stržení zástavby jižně od centrální výškové budovy a začala realizace první stavební jámy, takzvané KKB-Süd. Na ploše o velikosti cca 3200 m² vznikla 9 m hluboká stavební jáma pažená podzemními stěnami šířky 60 cm. Severní strana stavební jámy je tvořena stěnou ze sloupů tryskové injektáže, která podchytává základy přilehlé budovy s podzemními garážemi a má současně těsnicí funkci. Horizontální zajištění stavební jámy sestává z kombinovaného systému zemních kotev a rozpěrného ocelového rámu. Nejkomplikovanější částí zajištění stavební jámy se ukázalo být horizontální těsnění dna. Jelikož byly v průběhu realizace stavební jámy zjištěny značné rozdíly mezi inženýrskogeologickým průzkumem a skutečně zastiženými

základovými poměry, bylo upuštěno od realizace plánovaného těsnění dna tryskovou injektáží. To by se totiž nenacházelo, jak se původně předpokládalo, ve vrstvách středně ulehých písků, a tedy v zemině vhodné pro tryskání velkopřůměrových sloupů tryskové injektáže. Místo toho by injektážní práce probíhaly ve vrstvách pevných jemnozrnných sedimentů ledovcového původu, jejichž zpeňování technologií tryskové injektáže je naopak extrémně nákladné a vzhledem k již tak vysoké nepropustnosti i neopodstatněné. Z toho důvodu došlo ke změně způsobu těsnění dna a byla využita přirozená nízká propustnost jemnozrnných sedimentů. Jelikož však tato geologická vrstva nebyla dostatečně mocná a hrozilo by její porušení vzlakem při konečném výkopu, muselo se přistoupit k jejímu dodatečnému kotvení. Největší výzvou přitom bylo přenesení značných kotevních sil z kotvicích prvků do sice pevné, leč stále pouze jemnozrnné zeminy, aniž by došlo k nadměrnému přetvoření základové půdy a tím ke vzniku diskontinuit a netěsností.

Při zohlednění vysoké pevnosti zeminy ($c_u = 110\text{--}170$ kPa) bylo navrženo řešení kombinující mikropiloty a tryskovou injektáž, kdy byla výztuž průměru 40 mm a délky 8,5 m s kotevní hlavou umísťována do prvků tryskové injektáže průměru 80 cm a výšky 100 cm v půdorysném rozestupu 3,0 x 3,0 m. Na základě statického výpočtu i provedených zatěžovacích zkoušek byl každý z těchto prvků dimenzován na tahovou sílu o velikosti 287 kN a tato kombinovaná velká kotevní hlava zaručovala snížení lokálního zatížení při vnášení kotvicí síly do zemního tělesa. Realizace těchto prvků pak probíhala v jednom pracovním kroku, kdy byl celý hřeb včetně dřívku předvrtán, resp. v hlavě předtryskán tryskovou injektáží. Výztužný prvek byl pak vtlačován do čerstvého materiálu tryskové injektáže.



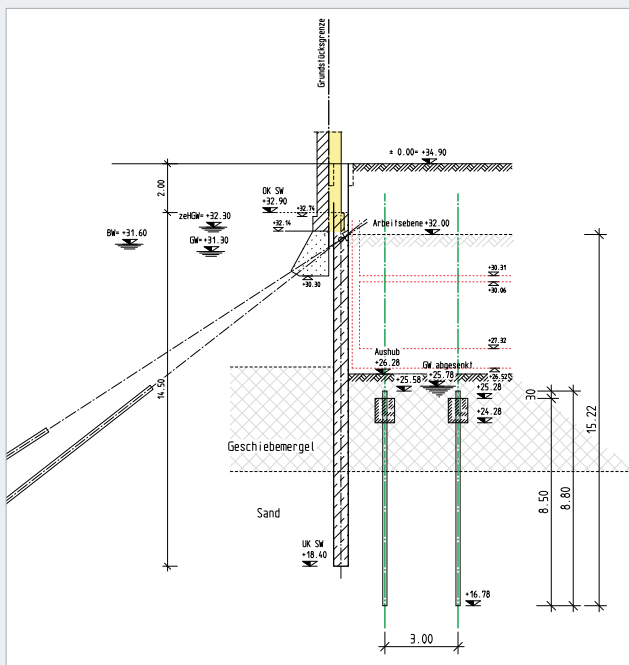
Vysoký počet strojů na malé ploše jakožto významný faktor ovlivňující celou dobu realizace stavební jámy KKB-Süd

Celkově bylo ke kotvení dna provedeno 293 takovýchto hřebů. Provedené čerpací zkoušky i další postup výkopových prací potvrdily bezproblémovou těsnost i stabilitu tohoto systému kotvení. V dalším kroku měl být proveden postupný výkop stavební jámy asi 70 cm nad plánovanou základovou spáru stavební jámy. Ochranná vrstva tl. 70 cm měla být poté dle odsouhlaseného pracovního postupu odstraněna postupně vždy jen v ploše asi 100 m² a bezprostředně nahrazena drenážní vrstvou šterku a podkladního betonu, které by společně chránily ledovcové sedimenty před povětrnostními vlivy.

Problémy se zajištěním vodorovné těsnicí konstrukce dna stavební jámy

A právě na tomto místě se ukázalo úskalí investorem zvolené cesty nezadat realizaci stavební jámy jednomu generálnímu dodavateli, nýbrž koordinovat jednotlivé dodavatele samostatně. V této kritické fázi výkopových prací, kdy měla finální těžba zeminy jít ruku v ruce se zabudováním drenáží a podkladního betonu, se nepodařilo zkoordinovat dodávku těchto prací. V částech stavební jámy tak byla obnažena pláň v patě stavební jámy vystavena povětrnostním vlivům dlouhé týdny – i když dle technologického postupu tento kritický stav neměl přetrvávat déle než 1–2 dny ve výše zmíněných plochách cca 100 m². Vlivem tohoto zásadního nedodržení technologického postupu došlo na ploše několika set metrů čtverečních k opakovanému vysušení a rozmočení jemnozrnné zeminy, která asi po 2 měsících začala ztrácet svou těsnicí schopnost a přestala odolávat přetlaku zemní vody o síle 7 m vodního sloupce. Na obnažené pláni se tak začaly množit malé vyvěrající prameny spodních

vod, jejichž obhospodařování se stávalo stále náročnějším. Po několika týdnech bylo proto rozhodnuto o nutnosti snížení tlaku podzemní vody na takto zerodovanou těsnicí vrstvu. Na základě požadavku pro zachování bezpečné výstavby musela být po dohodě s dohlížejícím orgánem úřadu pro ochranu podzemních vod stavební jáma částečně zavezena a bylo započato vrtání nových velkoprofilových studní až do úrovně druhé písčité zvodně pod pásem jemnozrné zeminy. Tyto studny sice umožnily bezpečné pokračování dalších prací na projektu, ale to jen za velkou daň v podobě mohutného čerpání podzemní vody v objemu až 400 m³/h (!) pro snížení hydrostatického tlaku, a to po dobu mnoha měsíců. Toto lokální čerpání podzemní vody se projevilo poklesem HPV v okruhu stovek metrů v dosahu depresního kužele. Nedodržení technologické kázně a nevhodná koordinace postupu prací ze strany investora způsobily projektu téměř roční zpoždění a značné vícenáklady za částečné zavezení již vytěžené stavební jámy a za čerpání celkových neuvěřitelných 900 000 m³ podzemní vody.



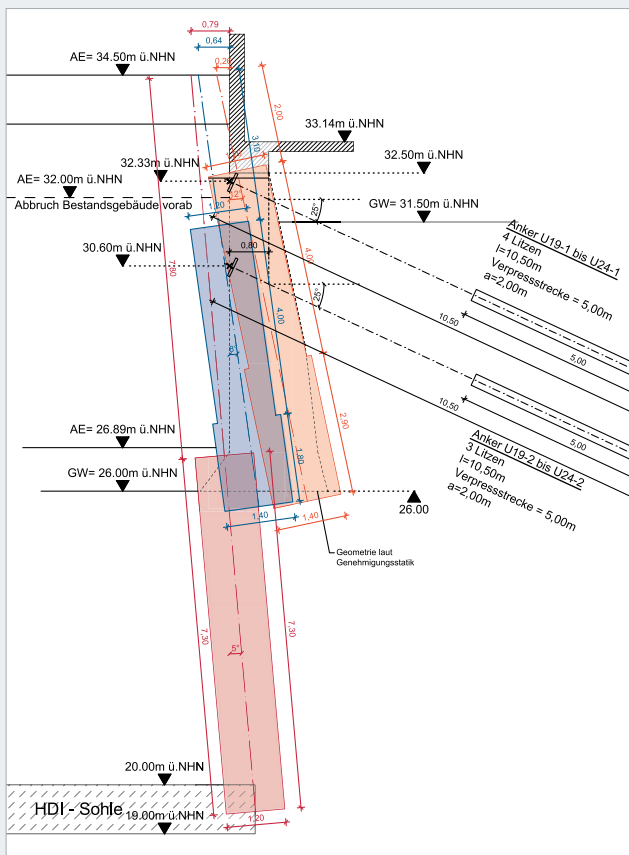
Řez stavební jámou se znázorněním kotvení jemnozrné zeminové vrstvy (šrafovane) na KKB–Süd

Baugrube Knesebeckstraße 62/63

Druhou z realizovaných stavebních jam v těsném sousedství centrální výškové budovy byla jáma pro projekt administrativní budovy „KNESE“, který byl zaštiťován hamburskou developerkou společností Becken Development GmbH. Na ploše o velikosti 1900 m² tak vznikla po demolici dvou dosluhujících budov těsněná stavební jáma o hloubce 8 m. Pažicí konstrukce je na třech stranách tvořena převrtávanou pilotovou stěnou z pilot průměru 75 a 90 cm, kotvenou v jedné úrovni. Jižní, poslední strana stavební jámy podchytává zeď



Celkový pohled na dokončenou stavební jámu KNESE. Jižní strana (vlevo) je zajištěna technologií tryskové injektáže, zbývající stěny pak stěnami z převrtávaných pilot.



Řez dvakrát kotveným podchycením sousedního objektu z tryskové injektáže na stavbě KNESE

sousedního objektu a je pažena sloupy tryskové injektáže \varnothing 120–140 cm uspořádanými do vějíře, kotvenými ve dvou úrovních pramencovými kotvami. Podchycení pak ve spodní části plynule přechází v celoplošné těsnění dna technologií tryskové injektáže sloupy \varnothing 360 cm.

Pramencové kotvy BBV-multibond®

Jednou ze zvláštností realizace zajištění této stavební jámy bylo nasazení 7pramencových zemních kotev typu BBV-multibond®, které ke zvýšení vnější únosnosti kořene využívají odstupňované délky pramenců. Toto řešení přináší rovnoměrnější vnášení normálního napětí v délce kořene a lepší využití jeho délky. Bylo tak dosaženo únosnosti kotev 1200 kN i přes nehomogenní geologické poměry, kdy se kořeny kotev nacházely částečně v plastických až tuhých jemnozrnných sedimentech a částečně ve středně ulehých písčích, a to v různých poměrech. Princip funkčnosti kotevního systému BBV-multibond® za pomoci různých délek jednotlivých kotevních pramenců je naznačen na přilehlém obrázku. Narozdíl od jiných obdobných kotevních systémů umožňují tyto kotvy předepínání za pomoci běžně dostupného vybavení.



Realizace plošné tryskové injektáže na stavbě KNESE vrtnou soupravou Casagrande C7XP



Celkový pohled na těsněnou stavební jámu KNESE v závěrečné fázi výkopových prací

Trysková injektáž

I na této stavbě představovala nehomogenní geologie značnou výzvu, neboť bylo potřeba odladit parametry tryskání pro vytvoření sloupů konstantního průměru v soudržných i nesoudržných zeminách. Realizace tryskové injektáže probíhala bezprostředně po první etapě výkopových prací v úrovni $-2,0$ m od terénu, při kterých byla odstraněna většina mělkých základových konstrukcí původní zástavby. Hladina podzemní vody se pak nacházela přibližně 70 cm pod výkopem na tuto úroveň. Podchycení okolní zástavby sloupy tryskové injektáže bylo v průběhu výkopových prací obnaženo až do hloubky 5,6 m pod původní základovou spáru, a to bez známek sednutí podchytávaných konstrukcí. Výsledná kvalita zpevněné zeminy a rovnoměrné protryskání po celé výšce stěny potvrzují vhodnou volbu parametrů pro složité základové podmínky.



Detail pažení převrtávanými pilotovými stěnami na stavbě KNESE



Detail poruchy ve stěně z tryskové injektáže o velikosti zhruba fotbalového míče s vnikem podzemní vody a zeminy do stavební jámy a její následná sanace chemickou injektáží



Podchycení sousedního objektu dvakrát kotvenou stěnou ze sloupů tryskové injektáže na stavbě KNESE

Jediným problematickým místem se ukázalo napojení v JZ rohu objektu u ulice Knesebeckstrasse, kde přecházejí sloupy tryskové injektáže na převrtávanou pilotovou stěnu. Zde nedošlo k dostatečnému protryskání přechodové zóny mezi rostlým terénem a válečnými navážkami a v průběhu výkopových prací pod hladinou podzemní vody byla celistvost pažící konstrukce

porušena, přičemž došlo k vyvalení suti včetně asi 2 m³ zeminy z podloží přilehlého chodníku. Díky okamžitému zajištění a proinjektování místa havárie dvousložkovou směsí na bázi polyuretanu se podařilo předejít dalším škodám. Tento incident nám připomněl zrádnost základové půdy ve městě, které bylo znovuvybudováno na válečných troskách.

Ku'damm-Karree, Baugrube Nord



Stavební jáma KKB-Nord během provádění podzemních stěn

Největším a nejsložitějším z trojice realizovaných projektů byla severní stavební jáma zvaná „KKB-Nord“. Z důvodu velkého objemu prací probíhala realizace ve sdružení dvou lokálních dodavatelů prací speciálního zakládání, společnosti BeMo Tunnelling GmbH a Implenia Spezialtiefbau GmbH.

Jednalo se o 13 m hlubokou těsněnou stavební jámu na ploše více než 5500 m² včetně odvodňovacích prací se snížením lokální hladiny podzemní vody o cca 10 m. Pažení jámy tvoří 19 m hluboké monolitické podzemní stěny tloušťky 80 cm, tvořené trojzáběrovými lamelami, podél stávající zástavby pak jednozáběrovými lamelami. Jelikož byl stavební pozemek jen několik týdnů před zahájením výkopových prací ještě zcela zastavěný, bylo třeba celou trasu podzemních stěn o délce 310 m předvrtat do hloubky 4 až 9 m velkopříflovými vrty průměru 1,2 m. Tím byly odstraněny pozůstatky železobetonových základových konstrukcí, které by jinak znemožňovaly plynulou těžbu podzemních stěn. Po realizaci podzemních stěn byla jáma vytěžena těsně nad úroveň hladiny podzemní vody (asi 3 m pod původní terén) včetně demolice základových konstrukcí původní zástavby, zasahujících částečně i pod úroveň hladiny podzemní vody. Z této úrovně potom pokračovalo provádění horizontálního těsnění stavební jámy pomocí sloupů tryskové injektáže, včetně jeho vertikálního mikropilotového kotvení a kotvení podzemních stěn. Podzemní stěny byly kotveny, respektive částečně rozpírány, ve dvou kotevních úrovních, a to až 9pramencovými kotvami se zkušební silou až 1,6 MN (opět systému BBV-multibond®, viz stavba „KNESE“) a předepínanými rozpěrami průměru až 1016x25 mm při délce až 47 m a charakteristické normálové síle více než 6 MN. Rozpěrný systém byl instalován kvůli nemožnosti kotvit pažení v části jámy, která zde přiléhá k tubusu trasy metra.

Těsnicí konstrukci dna přiléhající k patě pažicích konstrukcí pak tvoří deska z velkopříflových sloupů tryskové injektáže, které byly proti vztlaku kotveny tahovými tyčovými mikropilotami systému GEWI o délce 18,8 m o průměru výztuže 50 mm či 63,5 mm. Hloubka vrtu včetně hluchého vrtání dosahovala 30 m při průměru vrtného náčiní 178 mm. V místě budoucího objektu divadla byly pak mikropiloty opatřeny dvojitou protikorozní ochranou a zataženy až do základové desky, která byla takto trvale přikotvena proti vztlaku.



Letecký snímek dokončené stavební jámy KKB-Nord o půdorysné ploše 5500 m² s těsně přiléhající okolní zástavbou

Problémy se zajištěním vodorovné těsnění konstrukce dna stavební jámy

Kritickým místem realizace se ukázalo být mikropilotové kotvení vodorovného těsnění dna stavební jámy, kde u několika z celkově 612 ks vyrobených mikropilot došlo v průběhu vytažení vrtného součtí k povytažení výztuže. Ta tak nebyla zabudována na zamýšlenou hloubku, čímž se zkrátila kotevní délka pod těsnicí deskou z tryskové injektáže.

Tato výrobní chyba byla bohužel odhalena až po zčerpání podzemní vody ve stavební jámě a v průběhu výkopových prací na



Detail provádění plošné tryskové injektáže na KKB-Nord



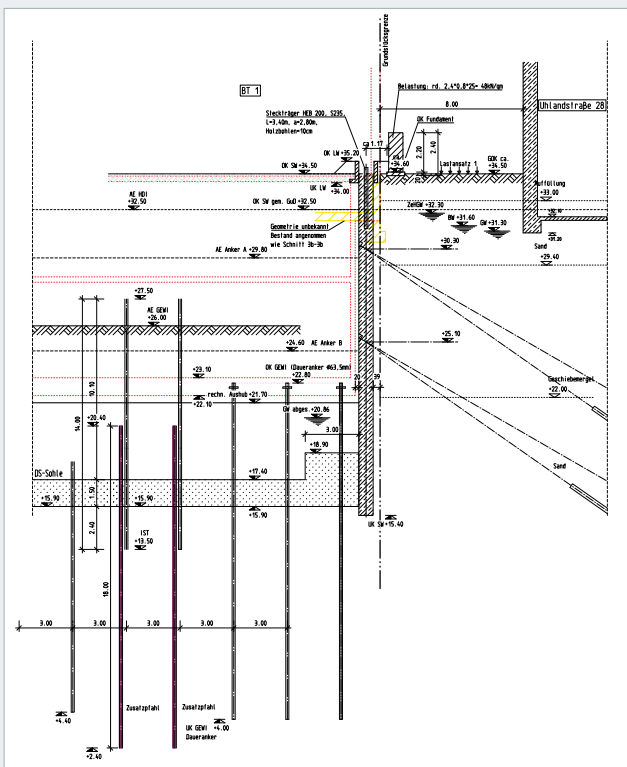
Dvouúrovňový rozpěrný rám o celkové hmotnosti 280 tun oceli S355JR v místě přiléhajícím k tunelu metra. Nejbližší z rozpěr mají délku 47 m. Pro minimalizaci deformací pažící konstrukce byly všechny převázky hydraulicky předepínány.

druhou kotevní úroveň, tedy relativně pozdě a v pokročilém stadiu realizace jámy. Kontrolní statický výpočet poté prokázal, že v místě s nedostatečným kotvením nesmí být proveden výkop posledních cca 3 m výškových zeminy, jinak hrozí překročení únosnosti horizontálního těsnění a protržení dna stavební jámy. I tento případ chybné realizace ukazuje typickou obtíž a výzvu při pracích speciálního zakládání, kdy většina úkonů probíhá prakticky naslepo a bez možnosti přímé kontroly úspěchu jednotlivých produkčních kroků. O to důležitější je zavedení nepřímých kontrolních mechanismů, které mohou minimalizovat možné chyby a které v tomto případě byly bohužel jednoznačně podceny.

Možnosti řešení

Pro sanaci oblasti s nedostatečným kotvením o velikosti asi 100 m² (z celkových 5500 m²) se nabízelo několik řešení. Jedním bylo dodatečné přitížení oblasti nově postavenou železobetonovou konstrukcí na povytažených mikropilotách, nahrazující tíhu posledních 3 m zemního tělesa. Pod touto konstrukcí by byl proveden výkop posledních asi 300 m³ zeminy a zkonstruována základová deska. To se s ohledem na další postup prací jevílo jako značně nepraktické a nevhodné řešení. Druhou možností bylo dodatečné kotvení oblasti pomocí asi 30 přídavných mikropilot. Zde byla ovšem největší výzvou samotná realizace, jelikož stavební jáma již byla vytěžena na -9 m pod okolní terén, místy dokonce na konečných -13 m, a tedy asi 5-9 m pod hladinu podzemní vody. Vodní hladina uvnitř těsněné jámy byla pak vyčerpána o -10 m oproti okolnímu prostředí. Při prostém provrtání těsnicího dna by tedy došlo k nekontrolovanému zaplavování jámy podzemní vodou o přetlaku asi 1 bar! Pro srovnání uvedme zmiňovaný příklad ze stavby KNESE, kde již při přetlaku podzemní vody v řádu několika desetin baru došlo k nekontrolovatelnému vplavení asi 2 m³ zeminy z podzákladí mimo stavební jámu.

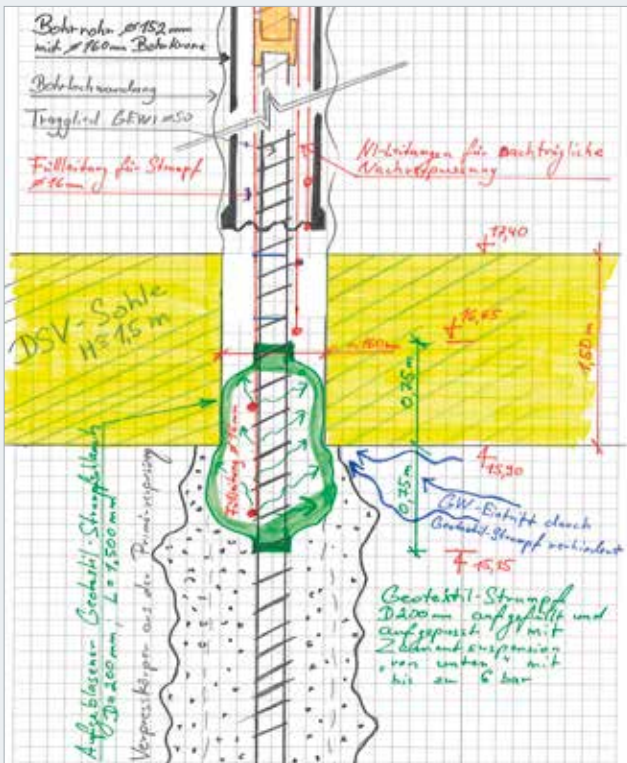
Možným řešením problému bylo i cílené zatopení celé plochy jámy na hladinu okolní podzemní vody a provedení vrtů z pontonů či z navezeného zeminového tělesa. Vzhledem k rozloze jámy srovnatelné s fotbalovým hřištěm by to však bylo



Řez patou stavební jámy zobrazující polohu o asi 9 m povytažené výztuže mikropilot. Z důvodu nedostatečné kotevní délky těchto prvků byla nutná realizace dodatečných mikropilot zvýrazněných v řezu fialovou barvou.

mimořádně nevhodné. Navíc v části stavby již probíhaly práce na armování základové desky. Další možností bylo lokální vyrovnání hydraulických tlaků pomocí těsněné jímky uvnitř stavební jámy např. ze štětovic. Realizační firma se nakonec po domluvě se zúčastněnými projektanty speciálního zakládání, investorem i příslušným kontrolním úřadem dohlížejícím na stavební zásahy v oblasti podzemních vod rozhodla pro provedení nejriskantnější, ale nejrychlejší možnosti – a to vytvoření nových mikropilot bez vyrovnání hydraulických tlaků. Za tímto účelem byl vypracován několikastupňový havarijní plán a provedeno několik in-situ pokusů k odladění pracovního postupu při vrtání proti přetlaku vody a k zamezení vyplavování cementové suspenze. Okamžitě utěsnění vrtu po osazení mikropiloty a zamezení rozplavování cementové suspenze bylo dosaženo osazením mikropiloty vakem ze speciálního geosyntetika. Vak byl následně naplněn hustou cementovou směsí a tím došlo k uzavření převrtu v těsnicí desce. Vak byl plněn při minimálním tlaku až do dosažení požadovaného průměru > 250 mm. Poté probíhala další injektáž při pomalém chodu čerpadla, kdy byla skrz tkaninu vytlačována přebytečná záměsová voda a dochází k zahušťování cementové směsi. Při dosažení tlaku 3 bar vzniká plastická konzistence směsi uvnitř vaku a injektáž je ukončena.

Celý systém sanace se ukázal být spolehlivý a funkční. V naprosté většině případů se podařilo zastavit přítok vody vyvrtaným otvorem již při prvních injekčních etážích



Detail osazení injektážní plomby chráněné geosyntetikem v oblasti těsnícího dna z plošné tryskové injektáže v hloubce asi 18 m od původního terénu

cementovou směsí. Ve dvou případech muselo být místo dodatečně ošetřeno chemickou injektáží, čímž bylo opět dosaženo dokonalé těsnosti konstrukce. Sanační práce tak mohly být úspěšně dokončeny během tří pracovních týdnů.



Zkušební injektáž geosyntetického vaku nainstalovaného na výztuži GEWI-mikropiloty

Shrnutí a rozvaha o rizicích speciálního zakládání

Skupina Metrostav, a. s., v zastoupení BeMo Tunneling GmbH a Zakládání staveb, a. s., se v posledních letech značnou měrou podílela na přestavbě lukrativní berlínské čtvrti a zanechala zde významnou stopu. Vzhledem k logistické a technologické komplikovanosti všech tří projektů a široké škále nasazených technologií se jedná o nezanedbatelný úspěch na lokálním trhu, potvrzující zkušenost a odbornost na poli speciálního zakládání. Přestože realizace projektů probíhala pod taktovkou zkušených týmů, nevyhnuły se ani těmto projektům menší či větší problémy kvůli geologickým rizikům či v podobě technologických vad. Zmíněné komplikace mají poukázat zejména na možné potíže při zakládání objektů hluboko pod hladinou podzemní vody, která s sebou nese vysokou míru rizika. Obor speciálního zakládání je často činností, při které výsledek není přímo viditelný. O to je důležitější zachování absolutní pracovní kázně i při mnohdy náročných pracovních podmínkách. Při komplikacích, které jsou někdy nevyhnutelné, je naopak potřeba být schopný vymyslet nová neotřelá řešení za pochodu, a to je možné jen na základě letitých zkušeností. Možnost výskytu komplikací při realizaci je všudypřítomná a měla by být brána na zřetel již při návrhu projektu založení v takto složitých geologických poměrech. Normativně daná vysoká bezpečnost geotechnických návrhů a pažicích konstrukcí je z tohoto hlediska zjevně opodstatněná. Samozřejmě je pak potřeba detailního inženýrskogeologického průzkumu, díky kterému může být mnoho rizik minimalizováno již ve fázi projektu před zahájením stavebních prací.

Tomáš Philippe, BeMo Tunneling GmbH

Foto a obrázky: autor, archiv BeMo Tunneling GmbH a Libor Štěrba



Realization of three construction pits in the Charlottenburg district of Berlin

In the years 2018–2021, the Berlin branch of BeMo Tunneling GmbH from the Metrostav Group, a. s., played a significant role in the reconstruction of a multifunctional complex of buildings with a lucrative location on West Berlin's main boulevard, Kurfürstendamm. As part of the „Fürst“ construction project, two deep construction pits with a total area of 8700 m² were built here. The third realized construction pit with an area of 1900 m² is directly adjacent to the mentioned project and is connected to it by a common underground garage. The volume of total completed special foundation work to secure construction pits amounted to almost € 20 million. A significant part of the special foundation work to secure the three construction pits was carried out by Zakládání staveb, a. s., as a subcontractor of BeMo Tunneling GmbH.



Pilotové zakládání mostu Radíč

Modernizace trati Sudoměřice–Votice

Bezmála dvacetikilometrový úsek čtvrtého tranzitního koridoru v úseku Sudoměřice–Votice je v současnosti jednou z nejvýznamnějších investic na železnici v ČR. Je poslední modernizovanou částí trati mezi Prahou a Tábořem, jejímž smyslem je zvýšení rychlosti přepravy, komfortu a bezpečnosti cestujících, kteří cestují po trati Praha–České Budějovice.

Vzhledem ke značné členitosti terénu představovaly významnou část prací na tomto projektu práce speciálního zakládání, které probíhaly v různé intenzitě po většinu výstavby celého nového úseku trati, a to od roku 2018 do roku 2021, a jejichž průběh přibližujeme v následujícím tématu.

Po úvodním textu popisujícím obecné hlavní rysy nové trasy od hlavního inženýra projektu představujeme v sérii článků práce speciálního zakládání realizované na nejvýznamnějších stavebních objektech modernizované trasy. I když se v některých případech – vzhledem k délce trvání výstavby celého úseku – jednalo o práce prováděné již před delší dobou, věříme, že tak čtenáři přinášíme ucelený pohled na nasazení technologií speciálního zakládání. K tématu modernizace trati Sudoměřice–Votice se vrátíme ještě v příštím vydání ZAKLÁDÁNÍ popisem zajímavých částí budovaného koridoru, a sice výstavbě obou ražených tunelů Mezno a Deboreč, která s pracemi speciálního zakládání úzce souvisí.

Na základě mezinárodních dohod byla vládou České republiky schválena příprava a postupná realizace výstavby čtyř národních železničních koridorů, označených čísly I až IV. Tyto koridory navazují na transevropskou železniční dopravní síť. Účelem je vybudovat evropská železniční propojení, která budou splňovat unifikované evropské parametry a standardy.

IV. železniční koridor, jehož součástí je i stavba Sudoměřice–Votice, vede v trase Děčín státní hranice – Praha – České Budějovice – Horní Dvořiště státní hranice. Modernizovaný úsek Sudoměřice–Votice je umístěn na části spojující důležitá regionální centra Prahu a České Budějovice.

Po dlouholetém hledání přijatelného vedení a způsobu stavebního řešení trasy této stavby bylo s ohledem vydané územní rozhodnutí přikročeno ke zpracování projektu stavby. Projektová dokumentace sloužila k vedení stavebních řízení, veřejné obchodní soutěži na realizaci a vlastní realizaci stavby.

Hlavní rysy modernizovaného úseku

Nový úsek trati bude oproti starému dvojkolejný s úpravou geometrické polohy hlavních kolejí s důrazem na zvýšení návrhové rychlosti na 160 km/h. Aktuálně se rozhodující technické řešení upravuje v rámci realizace stavby na možnost budoucího zvýšení rychlosti jízdy až na hodnotu 200 km/h. Hlavním koncepčním kritériem stavby je konkurenceschopnost železniční dopravy se silniční dopravou vedenou po dálnici D3.

Celou stavbu můžeme rozdělit na tři hlavní úseky:

- Úsek 71 – mezi Sudoměřicemi a Červeným Újezdem;
- Úsek 72 – železniční stanice Červený Újezd, kde vznikne tato nová železniční stanice;
- Úsek 73 – Červený Újezd–Votice.

Stavba začíná za stávající dočasnou odbočkou v **Sudoměřicích u Tábořa**. Konkrétně se jedná o km 95,307 478 stávajícího staničení trati České Budějovice–Praha. Stavba naváže na již realizovanou sousední stavbu „Modernizace trati Tábor – Sudoměřice u Tábořa“. V rámci této návazné stavby byla zrušena původní stanice a nahrazena dočasnou odbočkou, která zanikne až po zprovoznění úseku Sudoměřice–Votice.

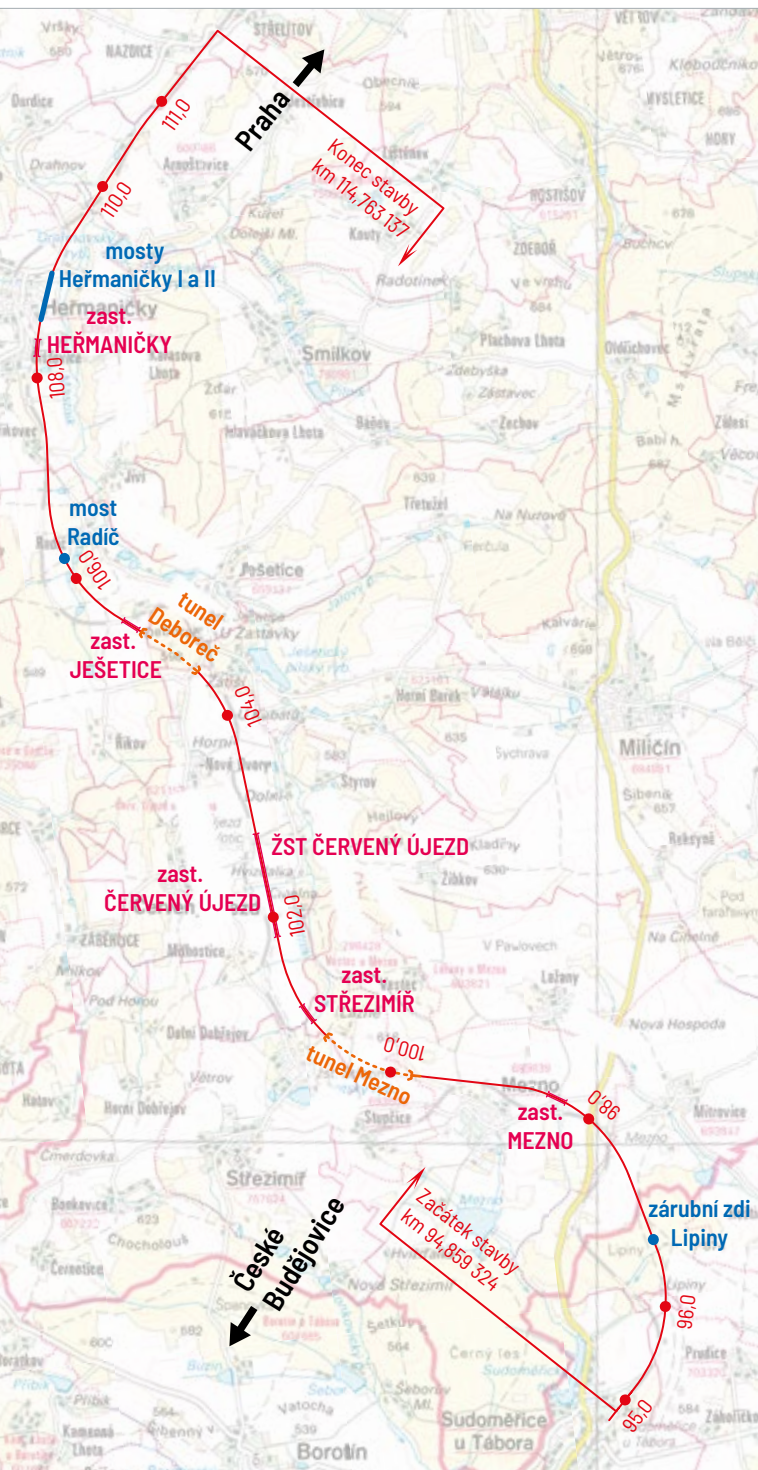
Za železniční stanicí Sudoměřice u Tábořa je trať navržena v mírném vyosení a dále je vedena v přeložce v oblasti „Lipiny“. Nová poloha koleje je navržena na rychlost 160 km/h, resp. 200 km/h, a v převážné délce vedena v hlubokém zářezu v souběhu s realizovanou stavbou dálnice D3. V místě původní zastávky Mezno se nová trať dostává na původní těleso a prochází pod stávajícím mostním objektem na silnici I/3, respektive budoucí silnici II. třídy č. 603.

V další části je nová trať vedena na přeložce kolem obce Mezno, kde je navržena v odsunuté poloze i **nová zastávka Mezno**.

Na hranici katastrálních území Mezno a Střezimíř je trať navržena v **tunelu Mezno**. Za výjezdovým portálem je navržena **nová zastávka Střezimíř** a po cca 800 m následuje **nová železniční stanice Červený Újezd**. Před stávající železniční stanicí Ješetice nová trať kříží trať stávající.

Před následujícím novým **tunelem Deboreč** kříží nová trasa připravovanou stavbu dálnice D3. Za výjezdovým portálem tunelu Deboreč je navržena **nová zastávka Ješetice**. Dále je trať vedena v přeložce kolem obce Radič, kde je v km 106,108 navržen nový čtyřpolový mostní objekt. U obce Jiříkovec se nová trať napojuje v délce cca 500 m na trať stávající.

U obce Heřmaničky je navržena poslední přeložka a další **nová zastávka Heřmaničky**. Trať je zde vedena na dvou více-polových mostních objektech (estakádách o 5 a 7 polích), které jsou rozděleny úseky náspevých těles. V místě stávajícího mostního objektu v ev. km 112,379 (místo funkčního



Situační záznam modernizované železniční trati IV. tranzitního koridoru v úseku Sudoměřice–Votice s vyznačením významných stavebních a dopravních objektů

regionálního biokoridoru) je nová trať navržena na nových náspových tělesech. V závěru stavby, kde je trať vedena v souběhu s tratí původní u Nazdic, je zářez rozšířen o druhou traťovou kolej. Konec stavby je situován do km 114,500 stávajícího staničení před železniční stanicí Votice v prostoru mimoúrovňového

křížení stávající železniční trati se silnicí II. třídy č. 121. V tomto místě stavba navazuje na již realizovanou stavbu „Modernizace trati Votice – Benešov u Prahy“.

Nová trať opouští původní železniční stanice Střeziměř, Ješetice a Heřmaničky. Novou navrhovanou železniční stanicí je ŽST Červený Újezd. Na nové trati jsou navržena i nástupiště nových zastávek Mezno, Střeziměř, Červený Újezd zastávka, Ješetice a Heřmaničky.

Zvýšení bezpečnosti provozu je dáno zřízením nového staničního a traťového zabezpečovacího zařízení s navázáním na sousední stanice. Bezpečnost cestujících je zvýšena vybudováním nových nástupišť s bezbariérovým přístupem, řešeným pomocí nových podchodů nebo stávajících mostních objektů a chodníků na nástupiště.

V rámci stavby budou upraveny či lokálně přeloženy dotčené stávající komunikace všech kategorií. Nejvýznamnější přeložkou je přeložka silnice II. třídy č. 121 a silnice III. třídy č. 121 39 v lokalitě obce Heřmaničky. V lokalitě před obcí Mezno je navržena další přeložka silnice III. třídy č. 121 44 a v lokalitě obce Jiříkovec je z důvodu odstranění stávajícího úrovněového přejezdu navržena přeložka místní komunikace. Další úpravy nebo přeložky jsou na komunikacích nižších kategorií.

Z důvodu zajištění přístupu vozidel Integrovaného záchranného systému (IZS, tj. záchranné služby a hasičské služby) k tunelům byly v rámci stavby navrženy přístupové komunikace k jednotlivým portálům obou tunelů. Součástí stavby je i výstavba nové elektrické spínací stanice u Heřmaniček a výstavba provozní budovy v ŽST Červený Újezd.

Samozřejmě bude vybudováno i nové trakční vedení, přičemž na opuštěné trati bude vedení demontováno. Nově položena bude většina kabelových rozvodů, přeloženy budou všechny dotčené drážní i mimodrážní sítě.

V rámci stavby jsou navržena opatření snižující vliv železniční dopravy na okolní životní prostředí. Především se jedná o omezení hlukové zátěže. Dle zpracované akustické studie byly v definovaných lokalitách navrženy protihlukové stěny a v místech, kde není možné tyto stěny realizovat, jsou navržena individuální protihluková opatření. Protihlukové stěny jsou navrženy v oblasti u zastávky a obce Mezno, u obce Radič, u obce Jiříkovec, u obce Heřmaničky a v lokalitě Strašákův Mlýn.

Stavba generuje poměrně velké množství výkopového materiálu, který nebude možno využít pro budování nových těles, a proto v závěru stavby bude tento přebytečný materiál uložen trvale do vybraných opuštěných zářezových úseků stávající trati.

Modernizace všech součástí této železniční tratě přispěje ke zatraktivnění železnice – ekologického dopravního prostředku 21. století, která bude konkurenceschopná automobilové dopravě.

Nezbývá než držet všem zúčastněným palce, aby dokončení stavby proběhlo úspěšně a za nedlouhou dobu mohl železniční provoz probíhat po nové, kvalitní a rychlé trati.



Mosty Heřmaničky I a II, pohled k severu

Objednatel: Správa železnic, státní organizace
 Projektová dokumentace: SUDOP Praha, a. s., jako vedoucí účastník „Sdružení pro projekt Modernizace trati Sudoměřice-Votice“ s účastníkem Metroprojekt Praha, a. s.
 Generální dodavatel: OHL ŽS, a. s.

Stavba byla zahájena v druhé polovině roku 2018 a zprovoznění se předpokládá v první polovině roku 2023. Stavba je realizována podle smluvních podmínek FIDIC – Červená kniha – a je financována prostřednictvím Státního fondu dopravní infrastruktury s příspěvkem EU z Fondu soudržnosti v rámci operačního fondu Doprava.

Technické údaje:

Návrhová rychlost jízdy: 160 km/h
 Přechnost kolejových vozidel: traťová třída D4 UIC
 Zrušené stanice: 3
 Nové stanice: 1
 Nové staničení: 94,859–114,763
 Délka stavby: 19,9 km

Železniční stanice a zastávky: 6 ks
 Železniční svršek: 35 065 m
 Počet nově vložených výhybek: 13 ks
 Nástupiště: 1295 m
 Traťové zabezpečovací zařízení: 19 km
 Výstavba TV: 25 800 m
 Žel. mosty, propustky, podchody: 48 ks
 Tunely:
 Tunel Mezno dl.: 840 m
 Tunel Deboreč dl.: 660 m
 Protihlukové zdi: 2205 m

Územní rozhodnutí: duben 2012
 Dokumentace pro stavební povolení: 2012–2014
 Rozhodující stavební povolení: srpen 2017
 Realizace: 2018–2023

Ing. Miloš Krameš, SUDOP Praha, a. s., hlavní inženýr projektu
 Foto u celého tématu: Libor Štěřba
 a archiv Zakládání staveb, a. s. (s výjimkou autorů uvedených u popisek)

Modernization of the Sudoměřice – Votice railway line

The almost twenty-kilometer section of the fourth transit corridor in the Sudoměřice – Votice section is currently one of the most important investments in railways in the Czech Republic. It is the last modernized part of the line between Prague and Tábor, the purpose of which is to increase the speed of transport, comfort and safety of passengers traveling on the Prague–České Budějovice line. Due to the considerable fragmentation of the terrain, a significant part of the work on this project was special foundation work, which took place in varying intensity throughout most of the construction of the entire new section of the line, from 2018 to 2021, and the course of which is described in the following topic. After an introductory text describing the general main features of the new route from the chief project engineer, we present in a series of articles a description of the special foundation works carried out on the most important constructions of the modernized route. Although in some cases – due to the duration of the construction of the entire section – it will be work carried out a long time ago, we believe that this comprehensive view of the deployment of special foundation technologies will be professionally interesting and beneficial. We will return to the topic of the line modernisation in the next issue of FOUNDATION by describing interesting parts of the corridor under construction, namely the construction of the two excavated tunnels Mezno and Deboreč, which are closely related to the work of the special foundation.

Práce speciálního zakládání na projektu Modernizace trati Sudoměřice–Votice

Práce speciálního zakládání byly společností Zakládání staveb, a. s., zahájeny v létě 2018 realizací pilotových základů na jednotlivých mostních objektech. Tehdy byly na stavbě v jednom časovém období nasazeny až tři vrtné soupravy. Na přelomu let 2018 a 2019 pak probíhaly práce na zárubních zdech z vrtaných pilot, zajišťujících hluboký zářez železniční trati probíhající v těsné blízkosti k dálnici D3. Současně probíhalo zajištění obou portálů tunelu Deboreč kotvenými záporovými stěnami a zajištění ražby tohoto i dalšího tunelu Mezno mikropilotovými deštníky. Aktivita na rozsáhlém projektu nové trati ukončila společnost Zakládání staveb, a. s., v první polovině roku 2021 realizací trvalého kotvení výše uvedených pilotových zárubních zdí v blízkosti dálnice D3.

Výčet stavebních objektů na modernizované trati Sudoměřice–Votice s účastí Zakládání staveb, a. s., s popisem provedených prací a použitých technologií

SO 71-20-01 Železniční most v ev. km 95,518

- Kotvené záporové pažení v rámci nově budovaného železničního mostu v blízkosti stanice Sudoměřice u Tábora včetně mikropilotového založení křídel nového mostu

SO 71-22-02 Silniční most v km 96,662 (nadjezd polní cesty a biokoridoru)

- Pilotové založení silničního mostu na vrtaných pilotách nad hlubokým zářezem trati

SO 71-24-02 Zárubní zeď (Lipiny) vpravo v km 96,602–97,053

- Přes 400 m dlouhá trvalá pažicí konstrukce z vrtaných pilot kotvená trvalými kotvami přes železobetonové převázky. Trať je v tomto úseku vedena paralelně s dálnicí D3 v hlubokém zářezu.

SO 71-24-01 Zárubní zeď (Lipiny) vlevo v km 96,620–96,705

- Trvalá pažicí konstrukce z vrtaných pilot celkové délky 60 m kotvená trvalými kotvami přes železobetonové převázky

SO 71-21-02 Propustek v km 97,759

- Záporové pažení stavební jámy pro výstavbu propustku u rušené zastávky Mezno

SO 71-20-04 Železniční most v km 100,956

- Pilotové založení železničního mostu

SO 71-25-01, SO 71-25-03 Tunel Mezno, hloubená část – vjezdový a výjezdový portál

- Mikropilotové deštníky pro zajištění ražeb

SO 73-20-01 Železniční most v km 103,460

- Pilotové založení železničního mostu

SO 73-25-01 Tunel Deboreč, hloubená část – vjezdový portál

- Zajištění portálů tunelu kotveným záporovým pažením ve třech kotevních úrovních včetně mikropilotových deštníků

SO 73-25-03 Tunel Deboreč, hloubená část – výjezdový portál

- Zajištění portálů tunelu kotveným záporovým pažením ve třech kotevních úrovních včetně mikropilotových deštníků

SO 73-20-05 Železniční most v km 106,108

- Pilotové založení železničního mostu – estakády Radíč – s pažením středního pilíře ve štětové jímce

SO 73-20-06 Železniční most v km 106,488

- Pilotové založení železničního mostu

SO 73-20-10 Železniční most v km 107,790

- Pilotové založení železničního mostu

SO 73-20-11 Železniční most v km 108,065

- Pilotové založení železničního mostu

SO 73-20-13 Železniční most v km 108,558

- Pilotové založení železniční estakády I. v obci Heřmaničky a kotvené záporové pažení stavebních jam pro založení pilířů

SO 73-20-14 Železniční most v km 108,939

- Pilotové založení železniční estakády II. v obci Heřmaničky a kotvené záporové pažení stavebních jam pro založení pilířů

SO 73-20-17 Železniční most v km 113,239

- Kotvené záporové pažení pro rozšíření nového dvoukolejného mostu

Založení mostních objektů a pažení zárubních zdí prováděných technologií vrtaných pilot

V této části popíšeme nejvýznamnější objekty prováděné za pomoci technologie vrtaných pilot, tedy založení mostních

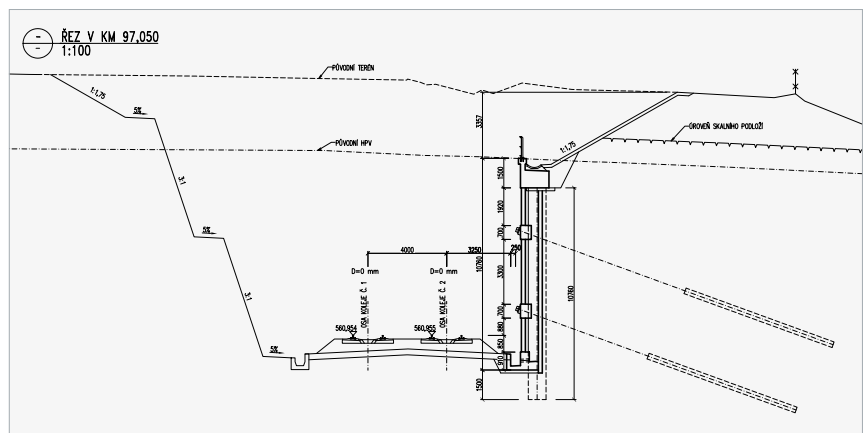
objektů a pažení zárubních zdí. Objekty jsou popsány vzestupně dle staničení trasy (od jihu k severu). Bude se jednat o celkem pět stavebních objektů a sice: SO 71-24-02, SO 71-24-01, SO 73-20-05, SO 73-20-13 a SO 73-20-14.

Zárubní zeď (Lipiny) vpravo v km 96,602–97,053, SO 71-24-02

Zeď byla vybudována podél nové přeložky železniční trati severně od samoty Lipiny nedaleko od obce Sudoměřice u Tábora. Souběžně s tratí vede po její pravé straně úsek dálnice D3. Přeložka trati je v tomto místě vedena v zářezu hloubky až 15 metrů. Zeď je tvořena kotvenou pilotovou stěnou z celkem 217 velkopřůměrových pilot $\varnothing 900$ mm. Vzájemná osová vzdálenost pilot je 2,0 m. Navržená délka zdi je 48 + 378 m (na 25 m je zeď přerušena opěrou mostu SO 71-22-02). Poslední dvě piloty pokračují kolmo od koleje a vytváří tak na konci zdi kolmé křídlo. Maximální výška zdi je 9,0 m od TK (temene kolejnice) po horní hranu římsy. Délky pilot byly v projektu navrženy podle geologického průzkumu. Jejich skutečné délky pak byly vzhledem ke komplikované geologii přizpůsobeny zastižené úrovni skalního podloží a pohybovaly se z rozmezí 5,7–15,5 m. Piloty byly vrtány ze šablony z betonu C12/15 - X0 vyztuženého sítí $\varnothing 6/100 \times 100$ mm. Šablona pro vrtání pilot sloužila tedy i jako podkladní beton pro betonáž římsového prahu.



Zárubní zeď Lipiny vpravo, hloubení vrtů pro osazení trvalých kotvě, pohled k jihu



Zárubní zeď Lipiny vpravo, příčný řez traťovým zářezem s kotvenou pilotovou stěnou



Zárubní zeď Lipiny vpravo ve dvou obdobích výstavby, pohledy k jihu



Železniční trať v oblasti Lipiny je vedena v hlubokém zářezu paralelně s dálnicí D3, pohled k severu

Piloty byly vrtány převážně v horninách třídy R6/MS, CS, SM, SC, a jsou vetknuty na min. délku 1,0 m do hornin třídy R3/R2. Prostor mezi pilotami je pažen klenbičkami ze stříkaného betonu, vyztuženého sítěmi a kotveného do pilot. Opěra mostu je vetknuta do řady velkopřůměrových pilot s přízdívkou, líc konstrukce opěry je proveden stejně jako líc navazující zdi. Líc římsového prahu, převážek a základu pohledové přízdívky je v konstantní vzdálenosti 3,75 m od osy koleje. Tato vzdálenost umožní přístup k zemním kotvám i jejich případné doplnění bez nutnosti výluky v přilehlé koleji.

Zárubní zeď (Lipiny) vlevo v km 96,620–96,705, SO 71-24-01

Zárubní zeď se nachází na druhé straně trati ve stejném úseku jako výše popsaná zárubní zeď vpravo. Zeď je opět tvořena kotvenou pilotovou stěnou, nyní z celkem 32 velkopřůměrových pilot \varnothing 900 mm se vzájemnou osovou vzdáleností 2,0 m. Navržená délka zdi je 30 + 30 m (na 25 m přerušena opěrou mostu SO 71-22-02). Délka jednotlivých pilot se liší podle výšky zdi. Maximální výška zdi je 7,25 m od TK po horní hranu římsy. Maximální délka pilot je 10,5 m.

Piloty byly vrtány stejně jako u zárubní zdi vpravo v horninách třídy R6/MS, CS, SM, SC z šablony z betonu C 12/15 – X0 vyztuženého sítě \varnothing 6/100x100 mm.

Konstrukční prvky použité na obou opěrných stěnách

Všechny piloty byly při realizaci podrobeny zkoušce integrity akustickou metodou (PIT), 10 % pilot bylo zkoušeno ultrazvukem (CHA). Hlavy pilot jsou zataženy na výšku 50 mm do žlb. římsy šířky 1,45 m a výšky 0,9 m z betonu C 30/37 – XF3, XC4. Piloty jsou kotvené do římsy přesahující výztuží. Pilotové stěny jsou kotvené přes žlb. převážky trvalými 7pramencovými zemními kotvami umístěnými mezi piloty. Kotvy délky 15 m (včetně kořene délky 8 m) byly předpínány silou 700 kN a jsou z důvodu ochrany konstrukce před účinky bludných proudů konstruovány jako elektricky izolované od zeminy i od konstrukce zdi. Některé kotvy byly osazeny dynamometry s elektronickým výstupem pro trvalé měření napětí v kotvě. Hlavy kotev umožňují dodatečné doplnění v průběhu životnosti konstrukce. Žlb. převážka výšky 0,70 m a šířky 0,55 m, částečně zapuštěná do pilot, je v úrovni cca 4 m pod římsou.

Poznámka: V projektové dokumentaci obou výše uvedených objektů bylo původně navrženo kotvení přes již provedené žlb. piloty, do jejichž armokošů měly být vloženy PE průchodky. Z technologického hlediska by však úprava s kotevní průchodkou vloženou do armokoše piloty byla velmi technicky problematická. Piloty musí být v souladu s příslušnými předpisy vrtány pod ochranou dvouplášťové ocelové výpažnice a betonovány licími rourami osazenými vnitřkem armokoše k počvě vrtu. Docházelo by tak ke kolizi licích rour a osazených průchodek a vznikaly by i odchylky v poloze průchodek. (Při odpažování pilot, kdy vytahování pažnic probíhá s pomocí střídavého rotačního pohybu pažnice, může docházet k natočení celého armokoše, a tedy i průchodky.) Při vrtání kotev přes piloty bez použití průchodek by bylo zase nutné zvětšit počet svislých prutů výztuže v armokoši o cca 4 pruty, které by byly následně převrtány. Se souhlasem investora bylo proto rozhodnuto změnit polohu kotev mezi piloty. Při změně půdorysné polohy kotev mohly být pak všechny prvky trvalé opěrné stěny (piloty, kotvy, žlb. převážka) pod lepší kontrolou a mohly být provedeny v požadované kvalitě. Změna polohy neměla vliv na kotevní systém (počet kotev a jejich parametry zůstaly zachovány) ani na piloty (poloha, počet, výztuž zůstaly zachovány). Prostor mezi pilotami je zajištěn vrstvou stříkaného betonu tl. 200 mm se sítí \varnothing 8 mm, oko 100/100 mm, kotveného do pilot. Před provedením stříkaného betonu byla zřízena svislá drenáž krytá drenážní geotextilií. Pohledový líc zdi byl následně vytvořen přízdívkou z tvarovek ze štípaného betonu, vyzděnou na žlb. základ, který byl přikotven k pilotové stěně.

Nové vysokovodní ochranné stání Miřejovice na řece Vltavě

V listopadu 2021 byla uvedena do provozu stavba Ochranného stání v Miřejovicích (Vltava ř. km 17,80–17,87). Stání umožňuje v případě nenadálých vysokých vodních stavů vyvážení plavidel, kterým tyto stavy znemožní dopnutí do ochranných přístavů (Praha–Holešovice nebo Mělník). Stání tvoří čtyři vysokovodní dalby. Každá dalba je pak tvořena čtyřmi ocelovými troubami spojenými několika podestami.

Základ daleb je tvořen čtveřicí vrtaných železobetonových pilot v hlavách spojených železobetonovou deskou. Vrtání pilot a zhotovení železobetonových desek pilotového základu probíhalo pod ochranou rozepřených štětových jímek. Práce speciálního zakládání prováděla kompletně společnost Zakládání staveb, a. s., jako generální dodávku přímo pro investora Povodí Vltavy, státní podnik.



Osazování třetí dalby do štětové jímky

Předmět stavby

Nově zřízené ochranné stání je určeno pro dvě návrhová plavidla rozměru 137,0 x 10,6 m, která v době zastavení plavby, tj. přesáhne-li průtok $450 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ odpovídající max. plavební hladině 165,70 m n. m., nedoplují do určených přístavů. Návrh stání umožňuje rovněž vyvážení plavidel délky 20,0 m, pokud stání nebude obsazeno návrhovými plavidly.

Rejda byla dosud využívána pro vyvazování menších plavidel na dvou stávajících betonových dalbách („ostrovni dalby“) níže po proudu, které však byly zatápěny již při průtoku Q5 („pětiletá voda“).

Stavba je situována při levém břehu dolní rejdy plavební komory Miřejovice pod výtokem z malé vodní elektrárny (MVE), která je dominantním prvkem v dotčeném území. Prostor rejdy je oddělen šikmým břehem od silnice č. III/24021, za níž se nachází

zastavěné území obce Nelahozeves. Lokalita se vyznačuje příznivou konfigurací břehu, relativně nízkými rychlostmi proudění při vysokých vodních stavech a dostatečnou plavební hloubkou z hlediska současných předpisů (cca 2,50 m). Provoz MVE zde může zapříčinit výkyvy hladiny v dolní rejdě s nepříznivým dopadem na vyvážaná plavidla. Proto jsou dalby vybavené plovákovým úvazným zařízením, pohybujícím se v závislosti na aktuální hladině vody. Pokud průtok přesáhne hodnotu $750 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (tj. od hladiny 166,70 m n. m.), je nařizeno provoz elektrárny zastavit.

Základní údaje o nově budovaných objektech

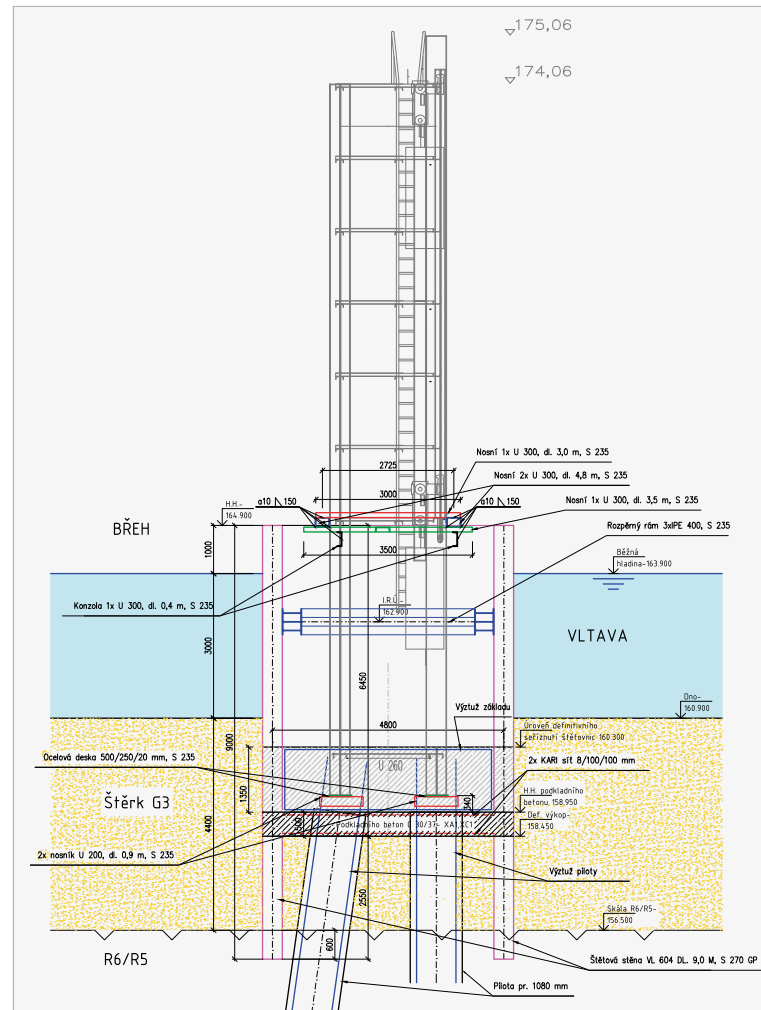
- čtyři vysokovodní dalby v roztečích 30,0 m + 30,0 m + 20,0 m (propojení jedné dalby s břehem lávkou);
- výška daleb nade dnem řeky je 14,1 m (nad nominální hladinou 11,16 m).

Geologické poměry

Pod hladinou vodního sloupce -3 m průzkum ověřil souvislou polohu sedimentů údolní terasy o mocnosti od 3,70 do 4,40 m, tvořené špatně vytříděným štěrkem s proměnlivým množstvím kamenité složky s výplní hrubozrnného nestejnzrnného písku. Štěrky je podle odporu vrtání hodnoceny jako středně ulehly, s relativní hutností $I_D = 0,50-0,65$.

Subhorizontální strop předkvartérního podloží probíhá v hloubce od 6,6 do 7,5 m pod hladinou vodního toku. Jílovce a pískovce jsou při rozhraní s kvartérními sedimenty mocnosti 5-6 m až zcela zvětralé, převážně pevné až tvrdé konzistence s laboratorně potvrzeným $I_C = 1,33-1,66$.

V prostoru staveniště existuje dvojí zvodnění. Terasové štěrky pode dnem Vltavy jsou souvisle zvodnělé horizontem poříční vody. Mělká křídová zvodně má napjatou hladinu s pozitivní výtlačnou výškou 9,30 m. Podzemní voda z křídové zvodně není agresivní, poříční voda vykazuje slabou agresivitu stupně XA1. Základové poměry staveniště jsou klasifikovány jako složité. Nejúnosnější základovou horninu na lokalitě představuje mírně



Svislý řez osazení dalby v rozpírané štětové jímcce

zvětralý pískovec s nižším stupněm zpevnění (pevnost v jednoosém tlaku $\sigma_c = 5,57 \text{ MPa}$), tř. R4, který umožňuje opření hlubinného základu.

Koncepce řešení

Jednotlivá dalba je tvořena vždy čtyřmi ocelovými trubkami $\varnothing 426/12,0 \text{ mm}$ v rozteči 2,0 x 2,0 m, propojenými v sedmi úrovních podestou. Ty jsou navrženy v roztečích 1,50 m, nejnižší je v úrovni 1,47 m nad nominální hladinou. Ocelová konstrukce daleb je vetknuta do železobetonové desky pilotového základu. Rozhodující zatížení dalby představuje náraz plavidla. Pro omezení účinků tohoto zatížení je konstrukce dalby navržena s potřebnou poddajností a použitím oceli s vyšší hodnotou meze pružnosti ($f_y = 460,0 \text{ MPa}$).

Založení ochranného stání je navrženo pro výhledovou plavební hloubku pro



Pracovní fáze stražení rozpíraného rámu na pomocné konstrukce před beraněním vlastní štětové jímcce

Nová větev tramvajové trati z Osové ulice ke kampusu Masarykovy univerzity v Brně-Bohunicích v hloubeném tunelu z konstrukčních podzemních stěn

Novostavba tramvajové trati v Brně-Bohunicích začíná na provozované trati vedoucí do Starého Lískovce v místě stávající tramvajové zastávky Osová. Nová tramvajová trať je vedena v hloubeném tunelu přes Mikulášskovo náměstí, přes Labskou a Jihlavskou ulici a je ukončena před Fakultní nemocnicí Brno-Bohunice a Univerzitním kampusem Bohunice Masarykovy univerzity. Účelem novostavby trati je zajistit a pokrýt postupně vzrůstající kapacitní nároky na hromadnou dopravu v této frekventované brněnské čtvrti.

Hloubený tunel je po celé délce 450 m zajištěn dvojicí konstrukčních podzemních stěn, které prováděla společnost Zakládání staveb, a. s. Stěny byly následně rozepřeny stropní deskou a po těžbě tunelu pak základovou deskou.



Trasa nové větve tramvajového tratě vedená v tunelu, pohled od zastávky Osová směrem ke kampusu MU

Zadavatelem a stavebníkem projektu je město Brno a Dopravní podnik města Brna, a. s. Stavba byla zadána veřejnou zakázkou a je realizována systémem FIDIC YELLOW BOOK, kdy je dodavatel vybrán na základě zadávací dokumentace, kterou byla dokumentace pro územní rozhodnutí. Vybraný dodavatel si pak zajišťuje vydání stavebního povolení včetně zpracování potřebné dokumentace pro realizaci stavby. Hlavním dodavatelem stavebních prací a zároveň objednatel společnosti Zakládání staveb, a. s., byla společnost Tramvajová trať Kampus – Firesta + Metrostav, kde byla vedoucím sdružení firma Firesta-Fišer, rekonstrukce, stavby, a. s., a společníkem firma Metrostav, a. s. Projektovou dokumentaci pro realizaci stavby zpracovaly projekční kanceláře Metroprojekt Praha, a. s., a Huryta, s. r. o.

Geologické poměry

Stavba probíhala v geologicky známém a prozkoumaném území. Niveleta trati v oblastech na začátku trasy před jižním i v závěru trasy před severním tunelovým portálem a zastávkou Univerzita a Nemocnice Bohunice probíhala převážně ve sprašových a jílovitých zemích. Vlastní trasa tunelu byla pak vedena v prostředí soudržných zemin, kdy se při povrchu nacházelo souvrství sprašových hlín o mocnosti 4,0 až 8,0 m. Jednalo se o zeminy se střední plasticitou třídy F6, tuhé a pevné konzistence.

Předkvartérní podklad byl tvořen neogenními jíly třídy F8 s vysokou až velmi vysokou plasticitou a pevnou konzistencí. Podzemní voda se vyskytovala v hloubkách od 5,0 do 12,0 m. Její výskyt byl vázán na zeminy neogenních jíků či propustnějších neogenních jíků písčitých a jílovitých. Hladina podzemní vody byla vázaná na lokální zvodnělé polohy uzavřené v neogenním podloží.

Přípravné práce

Před zahájením prací na realizaci podzemních stěn musely být provedeny terénní přípravné práce. Ty byly hlavním dodavatelem zahájeny koncem roku 2019 a probíhaly postupně podle plánovaného postupu stavebních prací na jednotlivých úsecích výstavby do konce roku 2020.

V rámci přípravných prací byly hlavním dodavatelem uskutečněny hrubé terénní úpravy, během kterých byl proveden dočasný svahovaný předvýkop s hloubkou do 4,0 až 6,0 m se sklonem stěn 1 : 1. Svahy se sklonem větším než 1 : 1 ve stíněných prostorech a zhoršených geotechnických poměrech byly zajištěny stříkaným betonem se zemními hřebíky. Svahovaný předvýkop byl proveden na výškovou úroveň pracovní plochy pro realizaci vodících zídek a podzemních stěn. Povrch pracovní plošiny byl zpevněn tak, aby umožňoval pojezd pásových jeřábů Liebherr LH 845, Liebherr LH 843



Těžba podzemní stěny tl. 800 mm v začátku staničení tunelu v blízkosti napojení na stávající tramvajovou trať v zastávce Osová

Nová větev tramvajové trati v Brně-Bohunicích

Tento projekt patří mezi nejvýznamnější projekty v oblasti rozvoje tramvajové dopravy v Brně. Hlavním předmětem projektu je vybudování zcela nového úseku tramvajové trati z ulice Osová k Univerzitnímu kampusu Bohunice. Tato oblast je již dnes významným cílem cest obyvatel a návštěvníků města Brna díky univerzitnímu kampusu Masarykovy univerzity, Fakultní nemocnici Brno, obchodnímu centru Campus square a Moravskému zemskému archivu. Veřejná doprava do této oblasti je v současné době zajišťována pouze autobusy a trolejbusy, které narážejí na své kapacitní limity a v souvislosti s plánovaným rozvojem této lokality by v budoucnu nedokázaly uspokojit předpokládaný nárůst poptávky.

Nová tramvajová trať bude s výjimkou úrovnových přechodů pro cestující vybudována jako plně oddělená od pozemních komunikací a bude vzhledem k umístění trasy v rezidenční oblasti vybudována v tunelu délky 619 m. Součástí projektu je i podjezd ulice Jihlavská o délce 79 m.

Na nové tramvajové trati vznikne nová zastávka Nová Jihlavská, která je umístěna v těžišti budoucího rozvojového území mezi ulicemi Labská a Jihlavská. Zastávka je umístěna v hloubce 8 m, což vyžaduje instalaci eskalátorů a výtahu. Nová konečná zastávka Nemocnice Bohunice je koncipována jako úvraťová s kapacitou pro čtyři tramvajové soupravy v zastávkách a dále pro čtyři soupravy na odstavných kolejích.

S použitím textu na www.dpmb.cz (Dopravní podnik města Brna, a. s.)



Těžba příčné podzemní stěny tl. 600 mm

a autodomíchávačů pro zajištění dodávek betonu. Před zahájením prací byly objednatelům v zájmovém území staveniště zjištěny a vytyčeny všechny zde vedené inženýrské sítě. Na přelomu května a června roku 2020 se na staveništi zahájily práce na výstavbě vodících zídek, montáži výroby pažicí suspenze potřebné k provádění technologie podzemních stěn a přípravě plošiny pro výrobu armokošů.



Betonáž lamely podzemní stěny

Hloubený tunel v podzemních stěnách

V polovině června roku 2020 byly zahájeny stavební práce na objektu SO 602 hloubeného dvoukolejného tramvajového tunelu, který byl v celém úseku o délce cca 450 m proveden v konstrukčních podzemních stěnách tl. 600 mm a tl. 800 mm s hloubkou 10,2 m tak, aby dosahovala pata podzemních stěn cca 4,7 m pod dno výkopu pro základovou desku tunelu. Podzemní stěny byly navrženy jako trvalé, rozepřené v koruně monolitickým stropem s náběhem. Těžba vlastního objemu tunelu probíhala pod ochranou podzemních stěn a stropu a následně byla ve dně zhotovena rozpěrná základová deska (systém „cut and cover“). Pro omezení deformací v oblasti jižního portálu byla konstrukce podzemních stěn v tomto úseku výstavby doplněna o tři ztužující příčné stěny (žebra), které plnily funkci rozpěr podzemních stěn ve fázi těžby tunelu pod stropní konstrukcí. Horní hrana příčných stěn byla umístěna těsně pod

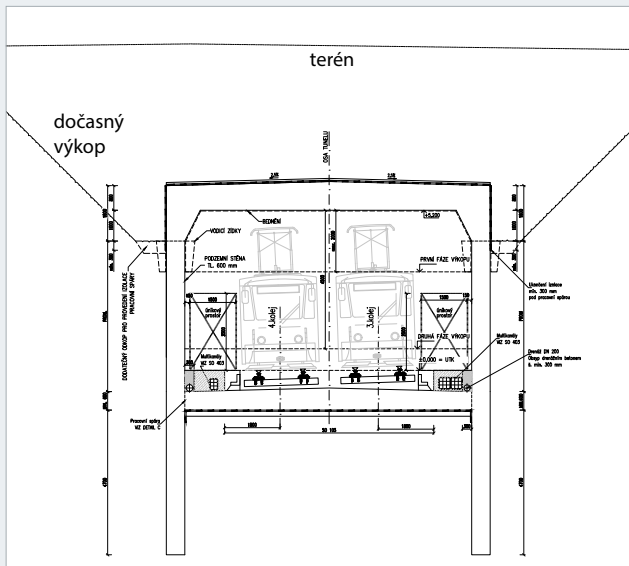
budoucí dno tunelu. Příčné stěny byly zhotoveny z podzemních stěn tl. 600 mm z prostého betonu na celou šířku budoucího tunelu.

Postup stavebních prací na objektu SO 602 probíhal od kampusu MU směrem k zastávce Osová (tedy od konce staničení tunelu k jeho začátku), čemuž odpovídal i navržený postup přípravných prací, těžby podzemních stěn a postup těžby tunelu.

Před zahájením prací na těžbě podzemních stěn byl proveden svahovaný předvýkop, ze kterého byly provedeny podzemní stěny.

Pro těžbu rýhy podzemních stěn byly v předstihu zřízeny železobetonové vodící zídky o výšce 1,0 m a celkové délce cca 910 m. Práce na vodících zídkách postupovaly v několika etapách podle průběhu přípravných prací na předvýkopech a zajištění jejich svahů. Začátkem června roku 2020 byla zahájena výstavba výroby pažicí suspenze – zařízení pro výrobu, čištění a výměnu bentonitové pažicí směsi potřebné k provádění podzemních stěn.

Realizace podzemních stěn probíhala v několika etapách dle navrženého a schváleného postupu stavebních prací. V první fázi probíhala těžba podzemních stěn tl. 600 mm v rozsahu lamel L66-L56/P66-P56 (6-7/2020). V druhé fázi



Vzorový příčný řez hloubeného tunelu zajištěného konstrukčními podzemními stěnami



Půdorys hloubeného tunelu v úseku lamel L1-L10, P1-P8

byly prováděny podzemní stěny rovněž tl. 600 mm v rozsahu lamel L37-L11/P36-P9 (7-9/2020). Dále byly realizovány podzemní stěny tl. 800 mm v rozsahu lamel L10-L1/P8-P1 a příčné lamely tl. 600 mm L101 - L103 (9-10/2020).

Těžba podzemních stěn pak, po zdržení daném prováděním

přeložky inženýrských sítí (plynovodu, vodovodu), pokračovala v úseku lamel L44-L54/P44-P54. Další časový posun způsobily komplikace se stabilitou svahů předvýkopů z důvodu deštivého počasí během podzimu. Silné deště v prostředí spráší a jílu přinesly opakované lokální deformace svahů a tím vynucené úpravy svahování pro zajištění dostatečného pracovního prostoru a bezpečnosti na patě svahů pro navazující práce. Z důvodu posunu provádění speciálního zakládání do zimního období a potřebě zabránit zamrznutí technologických zařízení bylo nutno výrobní a potrubní rozvody instalované v rámci staveniště pečlivě zateplit. Poslední etapa provádění podzemních stěn v úseku lamel L38-L55/P37-P55 proběhla od poloviny prosince 2020 do poloviny února 2021.

Na těžbu jednotlivých lamel podzemních stěn byl použit pásový jeřáb Liebherr 845 s lanovými drapáky Stein K510 a K810 o šířce 2,8 m a pomocný pásový jeřáb Liebherr 843, který sloužil k manipulaci, osazování armokošů a činnostem při betonáži. Těžba probíhala převážně v dvouzáběrových lamelách šířky 6,2-7,0 m. Těžba jednotlivých lamel dosahovala hloubky

10,20 m. Veškerý vytěžený materiál byl odvážen na mezideponii v rámci staveniště, ze které byl poté postupně odvážen dodavatelem zemních prací.

Po dotěžení lamel byla bentonitová pažicí směs přečištěna a vyměněna za suspenzi určenou k betonáži. Poté následovalo



Pohled na odtěženou a začištěnou korunu podzemní stěny, vpravo probíhá armování stropní konstrukce

osazení armokoše a vlastní betonáž lamel. Jednotlivé lamely byly betonovány v jednom kuse bez přerušení s pomocí dvou kolon betonářských rour sahajících až nad dno vrtu s použitím betonu C 30/37 – XA2. Výztuž podzemních stěn byla tvořena svařovanými armokoši z oceli B500 B. Montáž a svařování armokošů probíhaly přímo na staveništi. Z hlediska omezeného pracovního prostoru v šířce budoucího tunelu bylo důležité dobře koordinovat jednotlivé činnosti při těžbě podzemních stěn, osazování armokošů a betonáži. Centrického osazení armokošů v rýze a zajištění krytí bylo dosaženo pomocí distančních koleček a distančních tyčí. Svislé spáry v zámčích lamel byly utěsněny profilem z měkkého PVC a doplněny injekční manžetovou trubicí na návodní straně.

Úprava koruny podzemních stěn byla prováděna v návaznosti na průběh výstavby rozpěrné stropní konstrukce. Povrch podzemních stěn byl po odtěžení očištěn tlakovou vodou. Případně se vyskytující odchyšky povrchu líce stěn nad povolené limity byly následně odstraněny pomocí frézy Erkat 650 na nosiči Takeuchi TB 2150 (8/2021).



Pohled na dokončenou stropní konstrukci tunelu

Práce speciálního zakládání na projektu hloubeného tunelu v podzemních stěnách v Brně-Bohunicích představovaly rozsáhlou zakázku vyžadující pečlivou přípravu celé akce a poté i maximální nasazení všech účastníků výstavby. Realizace probíhala dle domluvených postupů a termínů s naším objednatelem. Spolupráce všech zúčastněných stran výstavby byla na vysoké profesionální úrovni. Dílo bylo předáno pro navazující činnosti včas a v odpovídající kvalitě, tak aby mohla být celá stavba dokončena v požadovaném termínu – tramvaje by měly vyjet na novém úseku tramvajové trati v září roku 2022.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání

Vodící zídky: 910 m

Konstrukční podzemní stěny tl. 600 mm: 7980 m²

Příčné podzemní stěny tl. 600 mm: 307 m²

Konstrukční podzemní stěny tl. 800 mm: 1160 m²

Předpokládané náklady na realizaci stavby: 1745 mil. Kč, z toho činí dotace z Evropských strukturálních fondů cca 85 %.

Ing. Václav Žák, Zakládání staveb, a. s.

Foto: Libor Štěrba a archiv Zakládání staveb, a. s.



Pohled do tunelu – začištěné podzemní konstrukční stěny s dokončeným stropem a základovou deskou

New branch of the tram line from Osová street to the campus of Masaryk University in Brno-Bohunice in a excavated tunnel of structural diaphragm walls

The new construction of the tram line in Brno-Bohunice begins on the operated line leading to Starý Lískovec at the site of the existing Osová tram stop. The new tram line runs in a deep tunnel through Mikuláškovo náměstí, Labská and Jihlavská streets and ends in front of the Brno-Bohunice University Hospital and the Bohunice University Campus of Masaryk University. The purpose of the new line construction is to ensure and cover the gradually increasing capacity requirements for public transport in this busy Brno district.

The excavated tunnel is secured along the entire length of 450 m by a pair of structural diaphragm walls, which were carried out by the company Zakládání staveb, a. s. The walls were subsequently spread with a ceiling slab and, after excavating the tunnel, with a foundation slab.

- # Přes 50 let historie firmy
- # Zakládání stěžejních staveb v ČR
- # Silné technologické a strojní zázemí
- # Působení v regionu celé střední Evropy
- # Široké spektrum technologií speciálního zakládání
- # Pružnost a variabilita při optimalizaci technických řešení



@zakladanistavebas



#zakladani_staveb



#zakladanistaveb

Zakládání staveb, a. s.
K Jezu 1, P. S. 21
143 00 Praha 4 - Modřany
zakladani.cz

**ZAKLÁDÁNÍ[®]
STAVEB**

