



ZAKLÁDÁNÍ

časopis Zakládání staveb, a. s.

1/2023

ročník 35



- Založení nové LÁVKY V NYMBURKU
- VODNÍ DÍLO HOSTIVAŘ – zkapacitnění bezpečnostního přelivu
- ZÁRODEK TUNELU SILNICE I/20 pod železniční tratí v Plzni
- SILNICE I/42, BRNO, VMO Žabovřeská I – etapa II



ZAKLÁDÁNÍ STAVEB[®]



VÝROBNÍ PROGRAM ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, A. S.

- Podzemní stěny konstrukční, pažicí, těsnicí a prefabrikované
- Vrtané piloty, CFA piloty, pilotové a záporové pažicí stěny
- Mikropiloty a mikrozápory
- Kotvy s dočasnou a trvalou ochranou
- Injektáže skalních a nesoudržných hornin, sanační injektáže, speciální injekční směsi
- Trysková injektáž M1, M2, M3
- Beranění štětových stěn, zápor, pilot apod.
- Zemní práce z povrchu, těžba pod vodou
- Zlepšování základových půd
- Realizace všech typů hlubinného založení objektů
- Pažení stavebních jam
- Sanace rekonstrukce a rektifikace občanských, průmyslových a historických objektů a inženýrských staveb
- Vodohospodářské stavby, rekonstrukce jezů, retenční přehrážky
- Shybky
- Sklárky ropných produktů a toxických látek, jejich lokalizace a zabezpečení
- Ochrana podzemních vod
- Geotechnický průzkum, studie, projekty, konzultace
- Zatěžovací zkoušky a zkoušky integrity pilot
- Projekční a poradenská činnost

ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

K Jezu 1, P. S. 21

143 00 Praha 4,

Tel.: +420 244 004 111,

mailbox@zakladani.cz

zakladani.cz



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

Překlady anotací:

Kristina Kadlečíková

Foto na titulní straně:

k článku na str. 30

Design & Layout:

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

Tisk:

Grafico, s. r. o.

Ročník 35

1/2023

29. 6. 2023

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází třikrát za rok

Pro rok 2023 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

Zahraniční stavby

Kotvení pod vodou při zkapacitnění italských přístavů

Článek autorů D. Serraua, C. Malagariho a R. Arvediho „Underwater Anchoring to Strengthen Italian Wharves“ z časopisu Deep Foundations, May/June 2021 přeložil a upravil RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.

2

Dopravní stavby

Zakládání nové lávky pro pěší v Nymburku

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., ČVUT Praha, Fakulta stavební, katedra geotechniky

6

Vodohospodářské stavby

Vodní dílo Hostivař v Praze – zkapacitnění bezpečnostního přelivu

Ing. Jaromír Jirků, Ing. Radek Veselý, Ing. Martin Pargač, Sweco a. s., s přispěním Vladimíra Malého, Zakládání staveb, a. s.

11

Dopravní stavby

Práce speciálního zakládání pro zárodek tunelu silnice I/20 pod železniční tratí Plzeň–České Budějovice

Ing. Michal Uhrin, SUDOP, a. s.,

s přispěním Ing. Tomáše Hlaváčka, Zakládání staveb, a. s.

18

Stavba silnice I/42, Brno, Velký městský okruh (VMO) Žabovřeská I – etapa II

Ing. Michal Zhoř, PK Ossendorf, s. r. o.

30

Práce speciálního zakládání na silnici I/42, Brno, VMO Žabovřeská I – etapa II

Ing. Miroslav Lipka, Hochtief, a. s.,

s přispěním Ing. Zdislava Zubatého, Zakládání staveb, a. s.

35

Občanské stavby

Pekárenský dvůr – jedinečný rezidenční projekt v centru Brna

41

Zajištění stavební jámy a založení objektu Pekárenský dvůr v Brně-Zábrdovicích – Cejl

Ing. Radek Novák, FG Consult, s. r. o.,

s přispěním Ing. Libora Petrů, Zakládání staveb, a. s.

42

Zakládání nové lávky pro pěší v Nymburku

Příspěvek se zabývá zakládáním a výstavbou nové lávky pro pěší a cyklisty přes Labe v Nymburku, a to na místě lávky původní z roku 1984. Ta byla v roce 2021 zbourána v souvislosti s havárií obdobné lávky v Praze-Troji, ačkoliv nevykazovala žádné poškození, a na jejím místě byla postavena lávka nová. Autorem lávky je kolektiv firmy Stráský, Hustý a partneři, s. r. o., pod vedením prof. Ing. J. Stráského, DrSc. Nová lávka získala v roce 2022 ocenění „Stavba roku“ a současně ocenění za architektonický počin. Společnost Zakládání staveb, a. s., na této stavbě prováděla mikropilotové založení celkem sedmi opěr a podpěr nového mostu a mimosystémové statické zatěžovací zkoušky.

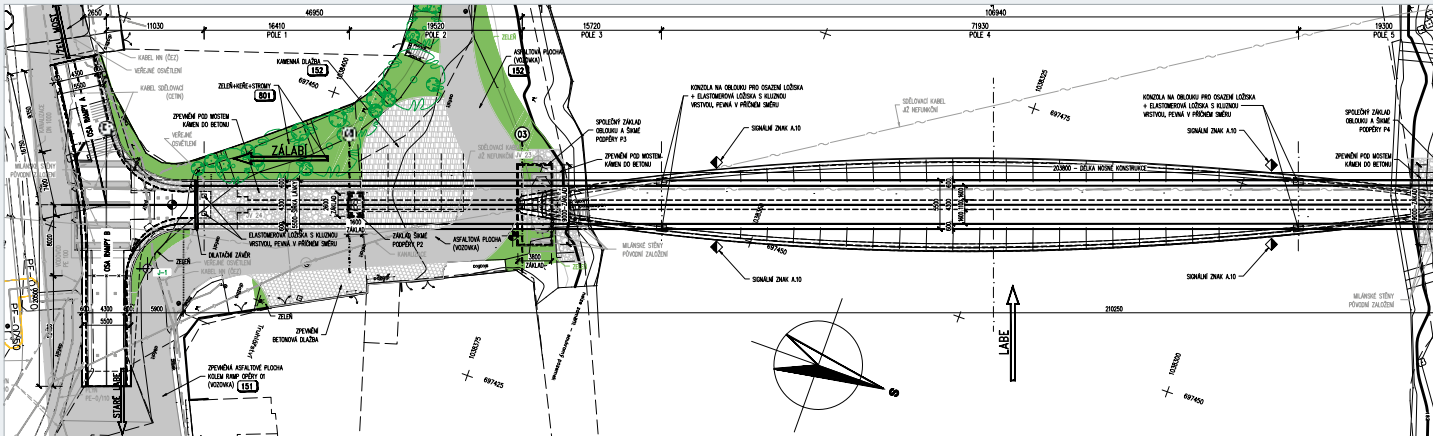


Pohled na hotovou lávku proti proudu Labe

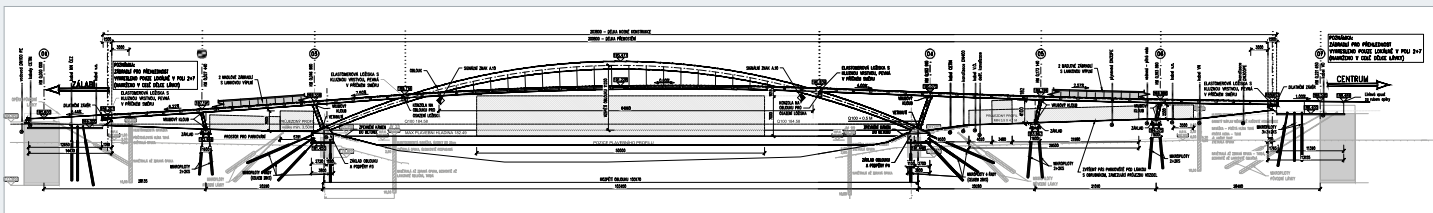
Stručný popis stavby

Původní lávka měla tři pole rozpětí 46,5 + 102,0 + 70,5 m a tvořena byla betonovými segmenty DS-L dl. 3,0 m, tl. 310 mm a šířky 3,80 m, kdy 2. pole nad řekou mělo podjezdnou výšku 6,50 m nad max. plavební hladinou na kótě 182,60 m n. m. Původní lávka byla zakládána hlubinně na lamelách podzemních stěn (PS) tl. 600 mm, doplněných mikropilotami (MP). Lávka nová je tvořena osmipólovou konstrukcí v kombinaci ocele a předpjatého betonu o rozpětí polí: 17,12 + 19,25 + 15,30 + 71,90 + 19,05 + 18,50 + 21,0 + 20,19 m, celkové délky

200,31 m a šířky 5,50 m. Konstrukci lávky ve 4. poli tvoří dva vně skloněné oblouky pětiúhelníkového průřezu proměnné výšky a šířky, na kterých je zavěšena mostovka z předpjatého betonu. V krajních částech lávky mimo oblouk je mostovka podepřena pomocí mezilehlých pilířů a uložena je na opěrácích. Vzepětí oblouků je voleno tak, aby v převážné části nad řekou byly oblouky situovány nad hlavami chodců, a tak nebránily volnému výhledu z lávky a současně nezakrývaly pohled na historický most v sousedství. Mostovka je předepnutá a v konstrukci jsou vytvořeny dva otvory pro její případné zesílení.



Část půdorysu nové lávky pro pěší v Nymburku



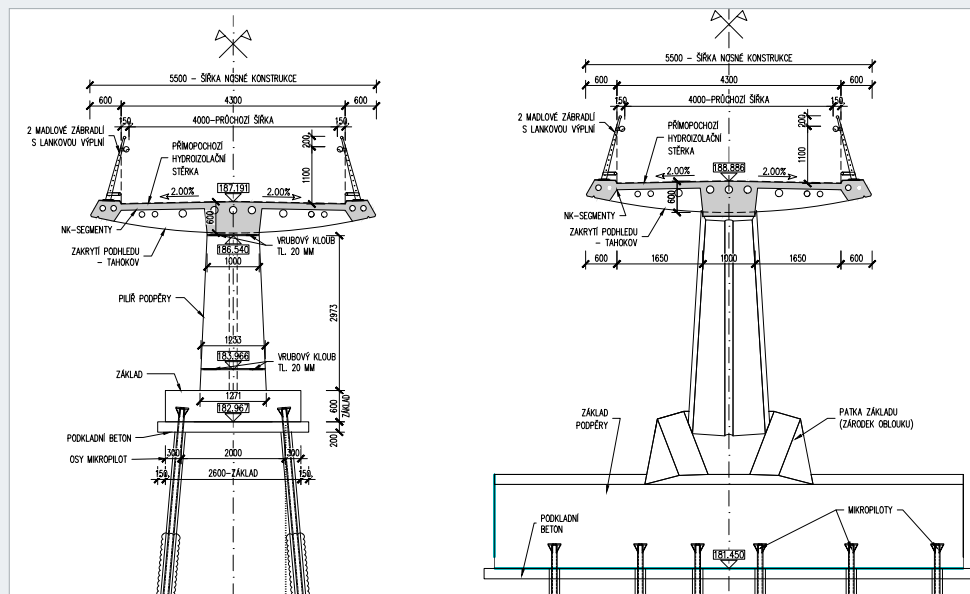
Podélný řez lávkou

Při zakládání nové lávky bylo maximálně využito původních lamel PS staré lávky, a to zejména v místě opěr. Pro zachycení šikmých sil byly dále navrženy trubní MP prof. 108/16 mm. Jejich únosnost byla ověřena pomocí statických zatěžovacích zkoušek mimosystémových MP na obou březích řeky na max. tlakovou sílu dosahující 600 kN.

Geotechnické poměry na staveništi

Staveniště se nacházelo v centru města Nymburk poblíž silničního mostu v místě původní lávky pro pěší. Terén zde je rovinný v rozmezí nadmořských výšek 182,0 až 182,5 m na levém břehu a 185,0 až 186,0 m na břehu pravém, dno Labe je na předpokládané úrovni cca 178,0 m n. m., maximální plavební hladina je na 182,49 m n. m. a hladina $Q_{100} = 184,58$ m n. m. Předkvartérní podloží na lokalitě je tvořeno křídovými, vápnatými a slabě písčity slínovci (lidově nazývanými opukami). Ty byly zastíženy v hl. cca 3,0 m pod terénem, tj. na úrovni asi 180,60 až 181,40 m n. m., na levém břehu a v hl. 2,8–4,5 m, tj. na úrovni cca 197,70 až 181,80 m n. m., na pravém břehu. Na povrchu jsou slínovce silně zvětralé a náleží do tř. R6, popř. i F2 pevné konzistence, níže jsou pak navětralé, patří do tř. R4.

Předkvartérní podloží je překryto fluvialními sedimenty labskýchými, tj. písčity štěrky s jemnozrnnou příměsí, jež směrem k terénu přecházejí do jílovitých a hlinitých písků tř. S5, středně ulehých a zvodnělých. V jejich nadloží byla zastížena vrstva navážek proměnné mocnosti dosahující až kolem 2,5 m. Jedná se o materiál nehomogenní, nevhodný pro zakládání. Hladina podzemní vody s propustností průlinovou se nachází v pleistocenních sedimentech a její úroveň může kolísat vzhledem ke stavu vody v řece Labe. Voda nevykazuje zvýšenou agresivitu na beton, náleží tedy do tř. XA1.



Příčné řezy v místě podepření lávky



Provádění statické zatěžovací zkoušky mikropiloty v nočních hodinách

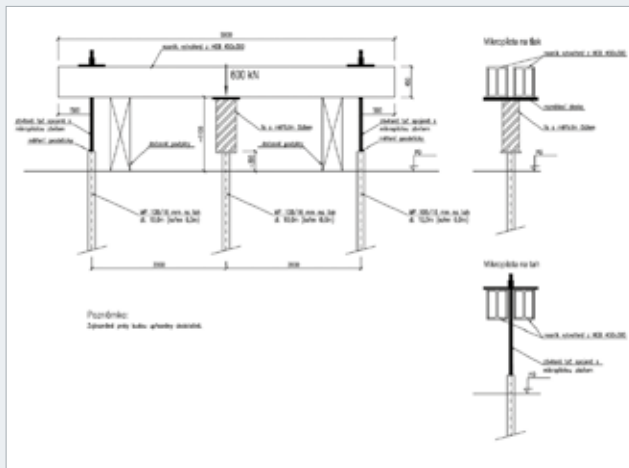


Schéma statické zatěžovací zkoušky mikropiloty

Statické zatěžovací zkoušky mikropilot

V RDS mostního objektu byly navrženy ověřovací statické zatěžovací zkoušky na mimosystémových MP, jak předepisuje platná evropská norma ČSN EN 14199, a to:

- zkušební ZMP1 délky 10,0 m s kořenem 6,0 m na levém břehu s trubní výztuží prof. 108/16 mm, se zkušební silou $P = 600 \text{ kN}$,
- zkušební ZMP2 délky 10,0 m s kořenem 6,0 m na pravém břehu s trubní výztuží prof. 108/16 mm, se zkušební silou $P = 600 \text{ kN}$.



Realizace systémových MP na pilíři P3



Hotový hlubinný základ pilíře P3

Zatížení [kN]	Sedání hlav MP [mm]	
	ZMP 1	ZMP 2
200	0,86	0,71
300	1,44	1,22
400	1,95	1,76
500	2,58	2,36
550	2,89	2,61
600	3,28	2,90
0	0,32	0,37

Tabulka 1: Výsledky statických zatěžovacích zkoušek mimosystémových MP

Podpěra	Půdorys patky	Údaje o MP	Zatížení MP
P2	3,2 x 4,2 m	4 ks dl. 8,0 m kořen 6,0 m, $\alpha = 5^\circ$ (oběma směry)	500–600 kN
P3	3,8 x 8,8 m	6 ks dl. 12,0 m, kořen 8,0 m, $\alpha = 23^\circ$ (tlakové) 7 ks dl. 10,0 m, kořen 8,0 m, $\alpha = 34^\circ$ (tlakové) 7 ks dl. 9,0 m, kořen 7,0 m, $\alpha = 47^\circ$ (tlakové) 2 ks dl. 11,0 m, kořen 9,0 m, $\alpha = 47^\circ$ (tlakové) 6 ks dl. 7,0 m, kořen 5,0 m, svislé (tahové)	640 560 720 720 (–560)
P4	4,2 x 9,0 m	5 ks dl. 12,0 m, kořen 8,0 m, $\alpha = 23^\circ$ (tlakové) 8 ks dl. 10,0 m, kořen 8,0 m, $\alpha = 34^\circ$ (tlakové) 7 ks dl. 8,0 m, kořen 6,0 m, $\alpha = 47^\circ$ (tlakové) 6 ks dl. 7,0 m, kořen 5,0 m, svislé (tahové)	620 550 700 (–450)
P5	1,6 x 2,6 m	4 ks dl. 8,5 m kořen 6,5 m, $\alpha = 5^\circ$ (oběma směry)	440
P6	1,6 x 2,6 m	4 ks dl. 7,5 m kořen 5,5 m, $\alpha = 5^\circ$ (oběma směry)	400

Tabulka 2: Přehled MP základů podpěr P2 až P6

Zkušební MP byly umístěny v blízkosti opěr pat oblouku lávky na původním terénu, jenž byl s ohledem na úroveň základů nového mostu o 2,0 m a 0,5 m výše. Na každém staveništi byly navrženy tři MP, z nichž vždy prostřední je MP zkušební (na tlak ZMP) a obě krajní vzdálené 2,0 m v jedné přímce jsou reakční (tahové KMP). Kořeny těchto MP byly vetknuty 6,0 m do křídových písčitéch slínovců tř. R4.

Obě zkušební MP prokázaly velmi dobrou únosnost, jak je dokumentováno v tabulce 1, a umožnily tak bezpečný a ekonomický návrh hlubinných základů mostu.

Zaklady nové lávky

Podpěry lávky byly založeny hlubinně, přičemž opěry 01 a 07 pak kombinovaně jednak na lamelách PS a jednak na trubních MP svislých i skloněných.

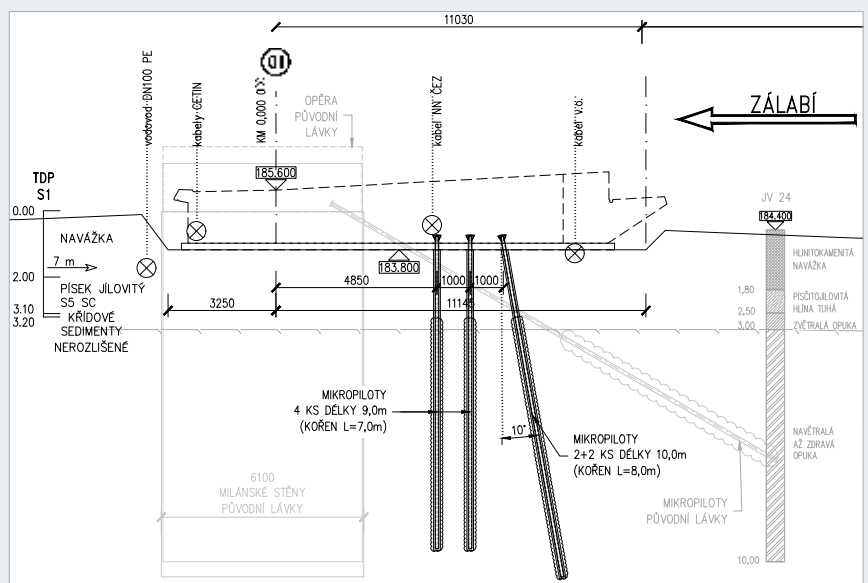
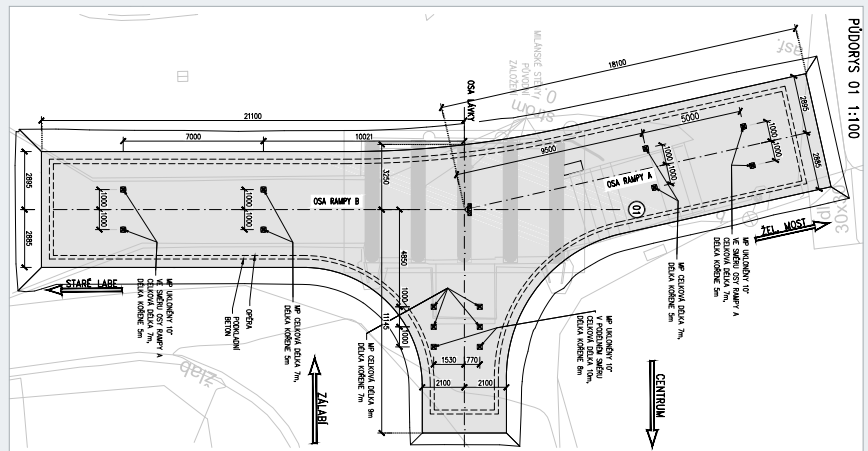
Při zakládání opěry 01 bylo využito stávajících pěti lamel PS tl. 0,60 m, délky 6,1 m a hloubky 10,0 m. Ty byly doplněny třemi skupinami MP, přičemž pro hlavní nosník mostovky to bylo 6 MP, z nichž čtyři byly svislé a dvě skloněné ($\alpha = 10^\circ$) v délkách 9,0 m s kořenem délky 7,0 m. Pro obě navazující sjízdné rampy pak byly provedeny čtveřice svislých MP délky 7,0 m s kořenem dl. 5,0 m. MP vesměs přenášejí svislou sílu o velikosti 550–700 kN.

Opěra 07 je založena obdobně při využití lamel PS doplněných 8 ks MP délky 8,0 m s kořenem dl. 5,0 m, z nichž 4 jsou svislé a 2 skloněné ($\alpha = 10^\circ$).

Představu o mikropilotovém založení dalších podpěr P2 až P6 lávky na obou březích řeky dávají pak údaje uvedené v tabulce 2.

Výstavba lávky

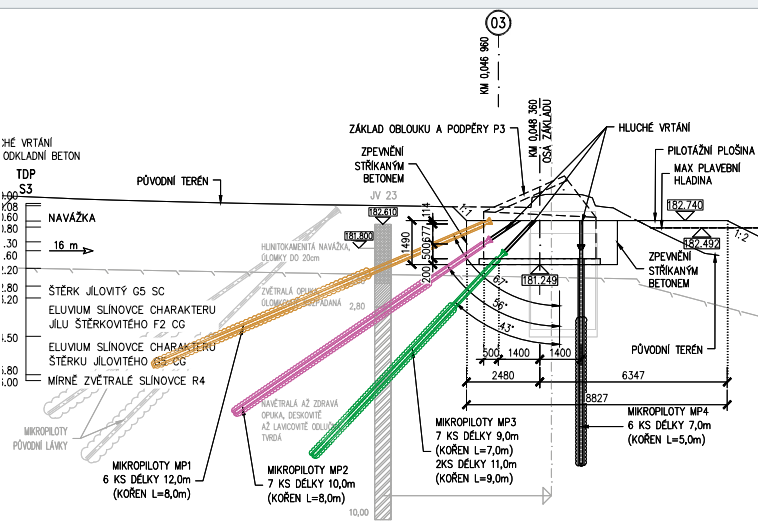
Hlavní oblouková část lávky včetně mostovky (dl. cca 66 m) byla postavena na souši na místě zvaném „Výrobna“, cca 200 m po proudu Labe. Tam bylo vybudováno zdvihací zařízení založené na vrтанých pilotách prof. 880 mm. Konstrukce lávky pak byla sunuta po dvou žlb. pasech směrem do řeky, kde byly vybudovány dvě pracovní plošiny s patkami založenými rovněž na vrтанých pilotách.



Půdorysné schéma a řez opěrou 01



Otáčení transportní lodi v profilu lávky



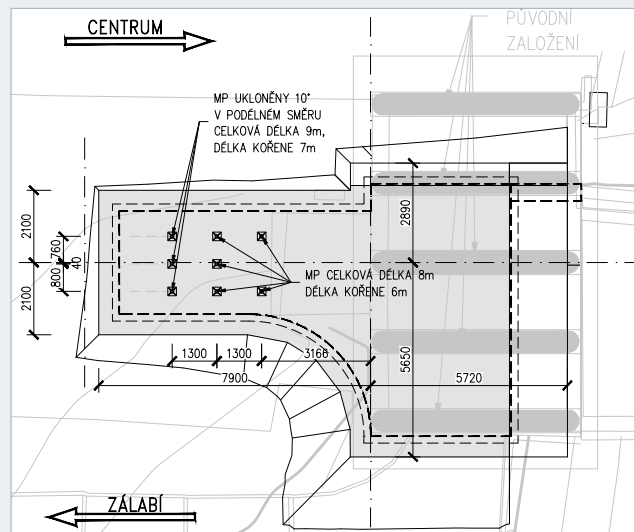
Řez zakládáním břehového pilíře P3

Na základových patkách bylo zdvihací zařízení sestávající ze dvou rámců, kdy most byl vyzvednut a uložen na předem přistavenou loď. Za tím účelem byla provedena příslušná prohrábka dna řeky. Následně byla loď s mostem transportována na místo svého definitivního umístění.

Po lodním transportu na mostní profil s připravenými základy opěr a pilířů byly na obou březích zřízeny pracovní plošiny ohraničené břehovými jímkami ze štětových stěn.



Napojení středního dílu lávky na připravené zárodky



Půdorysné schéma opěry 07

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., ČVUT Praha, Fakulta stavební, katedra geotechniky

Investor: Město Nymburk

Autor a projektant: Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.

Generální dodavatel: Hochtief CZ, a. s.



Dokončená lávka

Founding a New Footbridge in Nymburk

The paper deals with the foundation and construction of a new footbridge for pedestrians and cyclists over the river Labe in Nymburk, on the site of the original footbridge from 1984. The original footbridge was demolished in 2021 in connection with a break-down of a similar footbridge in Prague – Troja, although no damage was observed. In 2022, the new footbridge won the „Building of the Year“ award and the award for architectural achievement.

The company Zakládání staveb, a. s., carried out micropile foundation of a total of seven abutments and supports of the new bridge and off-system static load tests.

Vodní dílo Hostivař v Praze – zkapacitnění bezpečnostního přelivu

Letos v květnu dokončila společnost Zakládání staveb, a. s., práce spojené s výstavbou nového bezpečnostního přelivu vodního díla Hostivař. Práce byly zahájeny v září roku 2021 a zahrnovaly zajištění stavební jámy pro výstavbu železobetonového koryta bezpečnostního přelivu a obnovení a doplnění původní injekční clony hráze horninovou injektáží. Zajištění liniové stavební jámy bylo provedeno kombinací různých typů pažicích prvků navržených s ohledem na průběh okolního terénu a geologické poměry při pravém břehu vodní nádrže. Hlavním dodavatelem stavby je firma SMP Vodohospodářské stavby a. s.



Stavební jáma s nově budovanými konstrukcemi skluzu a vývaru, hloubení vrtů pro kotvení pažení vývaru

Historie vodního díla a důvody výstavby bezpečnostního přelivu

Vodní dílo Hostivař bylo dokončeno v roce 1963 a nádrž napuštěna v roce 1964. Rozhodnutí o jeho vybudování urychlila povodeň v létě roku 1958, kdy voda z Botiče zaplavila Hostivař a další částí města. Primárním účelem vodního díla je rekreace občanů hl. m. Prahy, zmírnění průchodu velkých vod a sportovní rybaření. Jedná se o zemní sypanou hráz z písčitých hlín s návodním těsněním ze sprašových hlín nasaženým na betonovou ostruhu, těsnicí vrstvou podloží hráze.

Křemencový skalní podklad byl dotěsněn injekční clonou do hloubky 30 až 40 m. Odtok z přehradní nádrže zajišťuje na levém břehu spodní výpusť spolu s hrazeným bezpečnostním přelivem. Výška hráze je 13 m. Hostivařská nádrž tvoří největší vodní plochu v Praze. Při maximální hladině dosahuje rozlohy 42 ha a objemu 1,845 mil. m³.

Účelem investiční akce „Stavba č. 43915 VD Hostivař – zkapacitnění bezpečnostního přelivu“ je zajištění bezpečnosti vodního díla při průchodu povodní tak, aby vyhovovala vyhlášce 590/2022 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla a normě ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních.



Beranění štětovnic návodní části stavební jámy bezpečnostního přelivu

Podle těchto závazných předpisů musí VD Hostivař převést povodeň s dobou opakování kulminačního průtoku 10 000 let, což odpovídá průtoku $Q_{10\,000} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$, kdy stávající kapacita výpustných a přelivných zařízení při mezní bezpečné hladině je $78 \text{ m}^3/\text{s}$.

Projektová příprava na zvýšení bezpečnosti vodního díla při povodních byla zahájena studií v roce 2014, kdy byly prověřovány různé varianty technického řešení bezpečného převedení kontrolní povodňové vlny $Q_{10\,000}$.



Stavební jáma v místě překopu hráze pažená sloupky dvouřadé tryskové injektáže a rozepřená ve třech úrovních

Návrh technických řešení byl výrazně ovlivněn i povodní v roce 2013, při které bylo vodní dílo Hostivař vystaveno extrémnímu a svými parametry limitnímu zatížení, kdy hladina v nádrži vystoupala na úroveň 29 cm pod mezní bezpečnou hladinu. Poměrně rozsáhlé povodňové škody níže po toku, kterým však vodní dílo nemohlo zabránit, následně komplikovaly projednávání výsledného technického návrhu s dotčenou veřejností, kdy nebylo snadné vysvětlit, že zvýšením kapacity přelivných zařízení zvyšujeme bezpečnost vodního díla, a tedy i lidí a majetku níže po toku. Požadavek na zvýšení retenční kapacity vodního díla Hostivař a zároveň potřeba zajištění více než dvojnásobné kapacity pro převedení povodňových průtoků vedly k návrhu **bočního nehrázeného přelivu** se dvěma výškovými úrovněmi přelivné hrany na kótě 248,20 m n. m. (délka 25 m) a 248,70 m n. m. (délka 38 m). Takto navržený přeliv umožní zachycení většího objemu povodně

v nádrži a transformaci přítoku na nižší hodnotu odtoku z nádrže. Největší retenční účinek je dosažen při průtocích s dobou opakování 10 až 20 let. Kapacita nového přelivu je $97 \text{ m}^3/\text{s}$ (zbylý průtok $78 \text{ m}^3/\text{s}$ je převáděn stávajícím přelivem).

Nedílnou součástí **bezpečnostního přelivu** je navazující **kaskádový skluz**, který je zaústěn do **vývaru**. Ve vývaru se účinně tlumí kinetická energie proudící vody a uklidněný proud pokračuje **odpadním korytem** až do stávající konstrukce vývaru, odkud se již dostává do koryta Botiče. Nově navrhované konstrukce jsou řešeny jako železobetonový polorám.

Geologické poměry

Základovou půdu v místě nových konstrukcí tvoří horniny ordovického stáří – převažují řevnické (skalecké) křemence proložené prachovitými břidlicemi, podřadně se na staveništi vyskytují i libeňské jílovité, slabě prachovité břidlice. Horniny předkvaterního podloží jsou silně tektonicky postižené, mají značnou hustotu diskontinuit. Hloubka zvětrání a rozvolnění je značně proměnlivá. Skalní podloží je překryto kvartérními svahovými sedimenty suťovitého charakteru, proměnlivé mocnosti. Suť tvoří zvětraliny skalního podloží, ostrohanné úlomky křemence s hlinitou výplní. Vlastní těleso hráze je budováno antropogenním materiálem.

Bezpečnostní přeliv

Pravá strana stavební jámy v místě samotného bezpečnostního přelivu je zajištěna kotveným svahovaným výkopem, opatřeným stříkaným betonem. Kotvení je provedeno ve dvou úrovních, kombinací zemních hřebíků R32 dl. 5 m a čtyřpramencových kotev dl. 11 m zakotvených přes převážky ze štetovnic VL 604.

Levá návodní část stavební jámy bezpečnostního přelivu je tvořena zemním valem s clonou ze štetovnic VL604, poskytující ochranu proti nadměrným přítokům do stavební jámy z nádrže v úrovni cca 1,0 m nad zimní provozní hladinou. Zajímavostí (a zároveň problémem) této části stavby bylo technické provedení štetovnicové ochrany, které bylo v průběhu stavby vícekrát přepracováno. Původně navržená jednoduchá štetová stěna strážná do předvrtané rýhy byla nejprve modifikována na dvojitou nasazenou jímku. Následně zvítězila varianta s využitím zemního valu s návodní těsnicí jednoduchou štetovou clonou o celkové délce 65 m se zabezanými štetovnicemi délky od 6,0 do 9,0 m. Pro spojení štetové stěny a hráze byla využita technologie tryskové injektáže, tvořící zapažení a zároveň těsnění proti průsakům z vodní nádrže. Sloupy tryskové injektáže jsou 8 m dlouhé a průměru 1000 mm.

Horní část skluzu v tělese hráze

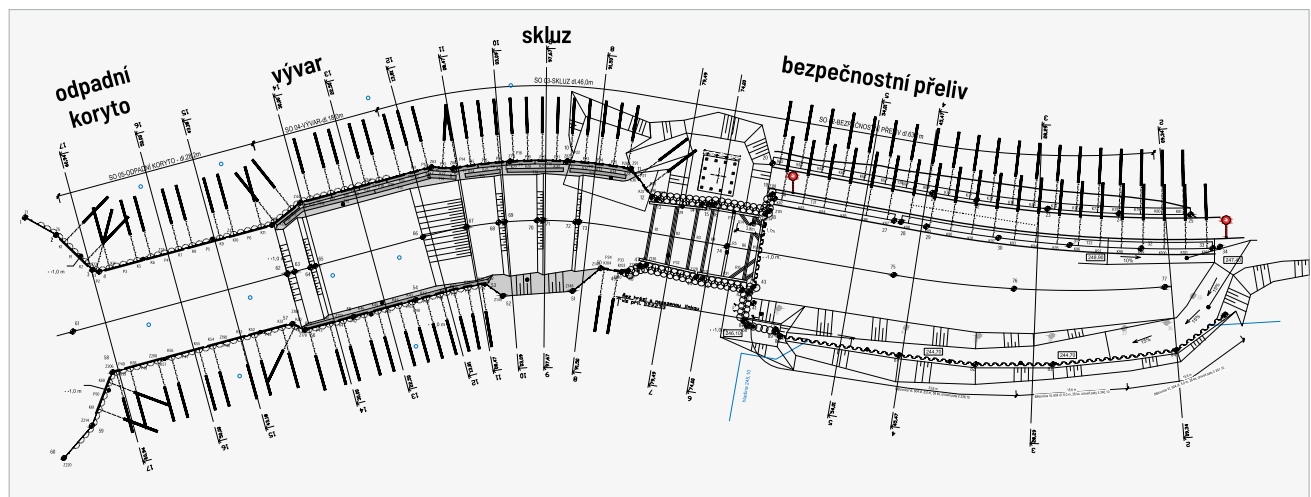
Konstrukce skluzu je v této části přelivu specifická tím, že prochází tělesem hráze. Z tohoto důvodu bylo nutné přizpůsobit návrh tak, aby v případě povodňové události, která by nastala během výstavby, nedošlo k ohrožení stability hráze, a tedy bezpečnosti vodního díla. V místě překopu hráze má stavební



Pažení a rozepření stavební jámy v místě překopu hráze (vpravo) a navazující kotvené mikrozáporové pažení



Hloubení vrtů pro kotvy v místě skluzu



Půdorys stavební jámy s vyznačeným způsobem jejího pažení

Založení stacionárního jeřábu

Místo překopu hráze bylo exponované i kvůli nutnosti instalace stacionárního jeřábu, s dosahem výložníku 70 m, těsně za rubem pažení na pravém břehu. Základová deska jeřábu o rozměrech 5,0 x 5,0 x 1,4 m byla založena na skupině deseti injektovaných mikropilot \varnothing 108/12, délky 13,5 m s kořenem délky 6,0 m a jáma pod jeřábem byla rozepřena svařenci ze štetovnic VL604 ve třech výškových úrovních. Během kritických fází výstavby bylo toto místo sledováno geodetickým monitoringem v denním režimu s pečlivým vyhodnocováním poklesu nivelačních bodů na terénu a 3D pohybu geodetických terčíků osazených na ocelových profilech a převázkách stavební jámy pod jeřábem.

Skluz – dolní část

Stavební jáma dolní části skluzu pod hrází byla zajištěna kombinací kotveného mikrozáporového pažení s výdřevou a stříkaného betonu tl. 15 cm s výztuhou KARI síti 100x100 mm, kotveného hřebíky R32 dl. 5 m. Mikrozápory HEB 140 dl. 7-10 m byly osazované do vrtů \varnothing 250 mm v osové vzdálenosti 1,0 m. V nejhlubších místech byly stěny jámy skluzu zajištěny až ve třech výškových úrovních při použití dočasných čtyřpramencových lanových kotev dl. 11-15 m, železobetonových prahů a převázek svařených ze dvou profilů U300.

Vývar

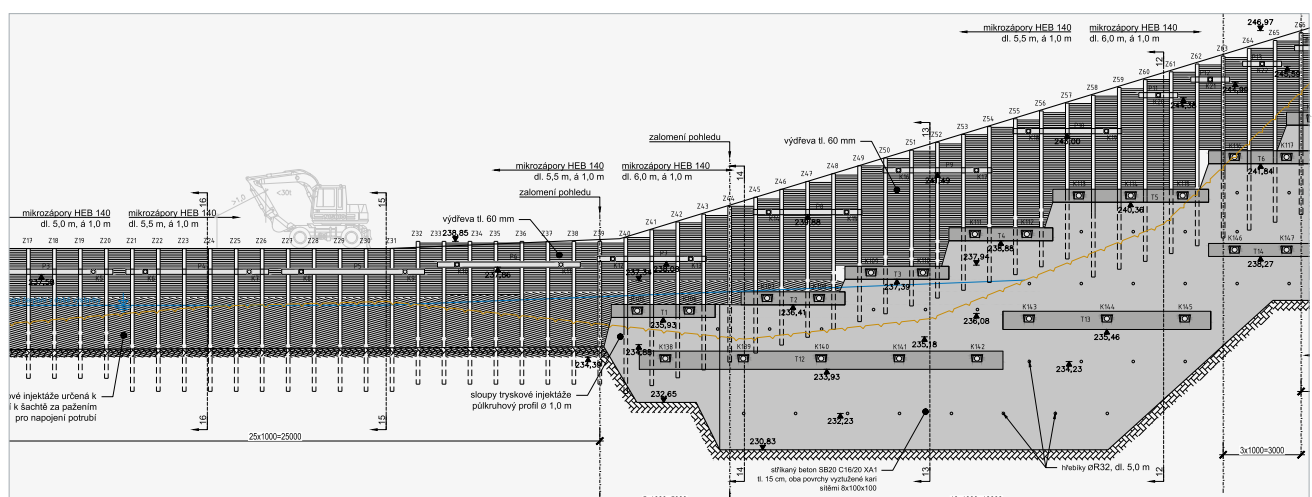
Zajištění svahů stavební jámy vývaru navazuje na skluz a je řešeno obdobným způsobem jako u dolní části skluzu. Pod úrovní hladiny podzemní vody bylo navíc mikrozáporové



Probíhající práce na konstrukci vývaru

pažení doplněno o těsnění pomocí půlsloupů tryskové injektáže. Hloubka stavební jámy zde dosahovala ode dna po zhlaví mikrozápor až 14 m. Průběh terénu za rubem pažení byl na pravé straně tvořen stále poměrně strmým svahem a přidal k hloubce jámy dalších přibližně 5 m.

Vývar je nejnižší položená konstrukce celé stavby s velkými přítoky do stavební jámy. Vyskytovaly se zde ve velké míře zdravé křemence, k jejichž odtěžení musely být využity trhací práce, jelikož rychlost rozpojování horniny standardním bouracím kladivem klesla k 20 m³/den. S využitím trhacích prací stoupla až na 100 m³/den.



Zajištění pravé stěny stavební jámy přelivu v místě dolní části skluzu, vývaru a odpadního koryta



Pokročilá fáze výstavby monolitických konstrukcí bezpečnostního přelivu do zajištěné stavební jámy

Odpadní koryto

Konstrukce odpadního koryta navazuje na vývar. Dno stavební jámy se obdobně jako u vývaru nachází pod úrovní

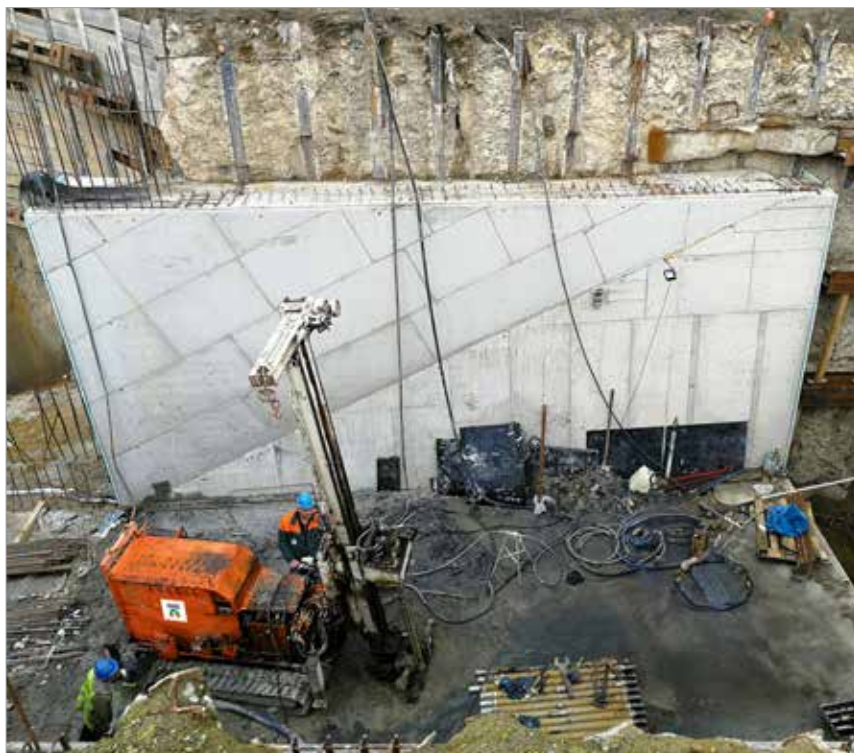
hladiny podzemní vody, a tak byla spodní část mikrozáporového pažení těsněna půlsloupy tryskové injektáže, které vedly k zamezení přítoků jinak nečerpateľného množství vody. Přesto systémem puklin ve skalním podloží voda do stavební jámy v omezeném množství proudila a byla průběžně čerpána. Pro případ nadměrných přítoků byly za rubem pravé i levé části jámy ještě navrženy čerpací vrty ke snížení HPV, čímž by bylo dosaženo výrazného omezení přítoků do stavební jámy, nicméně k tomuto čerpání za rubem pažení nebylo potřeba přistoupit.

Všechny výše popsané prvky pažení stavebních jam byly koncipovány jako dočasné. Jejich dočasnou funkci převzme následně vestavěná žlb. konstrukce. V rámci stavby bylo použito celkem 170 čtyřpramencových kotev délek od 10,0 do 17,0 m. Celková délka vrtů pro kotvy dosáhla 2105 m a délka injektovaných kořenů 1149 m. Všechny kotvy byly napnuty na sílu 150 kN. Celková délka ocelových převážek (ať už svařenců

2x U300 pro kotvení nebo svařenců štetovnic VL 604 pro rozepřenou část jámy) dosáhla 217,0 m. Pro potřeby mikrozáporového pažení a vyztužení tryskové injektáže bylo použito celkem 220 ks profilů HEB 140 v souhrnné délce 1510 m.



Osazené průchodky přes žlb. desku skluzu – příprava pro horninovou injektáž



Provádění horninové injektáže v místě překopu hráze z žlb. desky skluzu

Obnova a doplnění původní injekční clony v pravém závězu hráze pomocí horninové injektáže

Během provozu vodního díla docházelo při zvýšené hladině v nádrži k průsakům podloží v pravém závězu. V rámci této akce bylo proto navrženo obnovení a doplnění původní injekční clony v pravém závězu hráze pomocí horninové injektáže s vrty hloubek 7 m, 30 m a 35 m. Injektáž byla provedena v linii původní betonové ostruhy (ze které byla prováděna původní injekční clona) z desky skluzu v místě překopu hráze a v přímé linii za rubem zdi skluzu směrem do pravého břehu. Práce na injekční cloně byly zahájeny až po dokončení hlavních monolitických konstrukcí v místě hráze. Před zahájením injektáže byly provedeny sestupné vodní tlakové zkoušky ve dvou vrtech na etážích po 5 metrech při konstantním tlaku vody 0,2–0,3 MPa. Injektováno bylo stabilizovanou jílocementovou a stabilní cementovou injekční směsí připravovanou v rychloběžné aktivační míchačce. Vlastní injektáž byla provedena jako vzestupná po jednotlivých etážích délky 5,0 m v případě hlavních injekčních vrtů a 3,5 m u vrtů přípojovacích (fortifikačních). Maximální injekční tlak byl stanoven na hodnotu 2,4 MPa v etáži na počvě vrtu a 0,3 MPa pro etáž ústí vrtu. Po dokončení injektáží byly provedeny dva kontrolní převrty v místech provedení původních vodních tlakových zkoušek a tyto zkoušky zde byly sestupným způsobem opakovány.

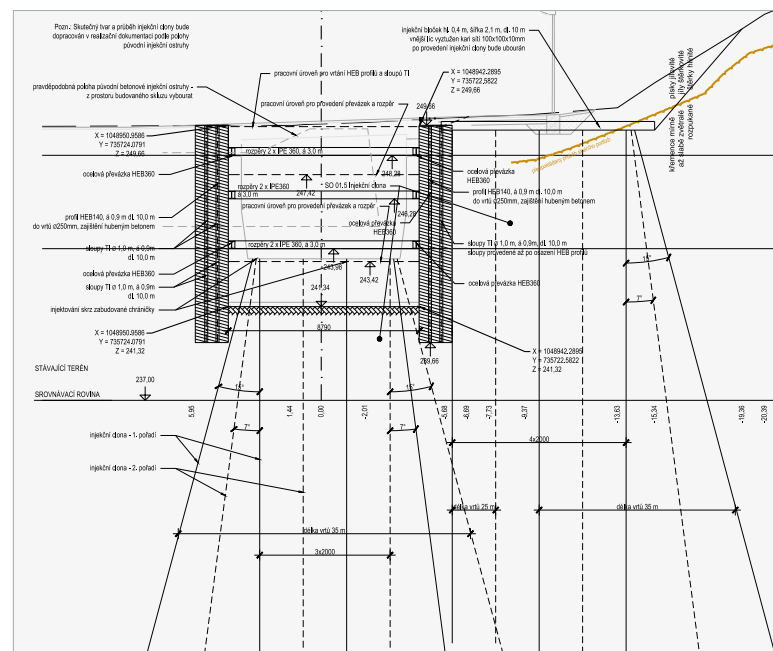
Díky dobré a vstřícné spolupráci všech účastníků výstavby probíhala výše popsaná stavba bezpečnostního přelivu bez větších komplikací.

Název stavby: Stavba č. 43915, VD Hostivař zkapacitnění bezpečnostního přelivu
 Objednatel: Hlavní město Praha
 Technický dozor stavebníka: Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s.
 Projektant: Sweco a. s.
 Zhotovitel: SMP Vodohospodářské stavby, a. s.
 Předpokládané dokončení stavby: 6/2023

Ing. Jaromír Jirků, Ing. Radek Veselý, Ing. Martin Pargač,
 Sweco a. s.,
 s přispěním **Vladimíra Malého, Zakládání staveb, a. s.**
 Foto: archiv Zakládání staveb, a. s., autor a Libor Štěrba



Výstavba monolitických konstrukcí bezpečnostního přelivu



Návrh provedení horninové injektáže v pravém závězu (vrty délky až 35 nejsou zobrazeny celé)

Hostivař Waterwork in Prague – Capacity Increase of the Safety Spillway

In May this year Zakládání staveb, a. s., finished the work related to the construction of the safety spill of the Hostivař Waterwork. The work began in September 2021 and consisted of securing the foundation pit for the construction of a reinforced concrete trough of the safety spillway and renovation and completion of the original injection screen of the dam with rock grouting. Securing the linear construction pit was carried out by combining various types of bracing elements designed with regard to the course of the surrounding terrain and geological conditions on the right bank of the water reservoir. SMP Vodohospodářské stavby a. s., was the main contractor.



Provádění podzemních stěn v zapážené stavební jámě, první fáze výstavby

Práce speciálního zakládání pro zárodek tunelu silnice I/20 pod železniční tratí Plzeň–České Budějovice

Článek pojednává o souvislostech projektové přípravy, navrženém technickém řešení a realizaci konstrukcí zárodku tunelu budoucí silnice I/20 vedoucí pod kříženou železniční tratí z Českých Budějovic v Plzni. Protože se jedná o hloubený tunel s čelním odtěžováním, byly pro stavbu jeho zárodku navrženy a použity technologie speciálního zakládání staveb: kotvená převrtávaná pilotová stěna pro pažení rozsáhlé stavební jámy a konstrukční podzemní stěny tvořící svislé stěny tunelu. Jako reakce na zastižené nepředvídatelné chování základové půdy při hloubení podzemních stěn se zde uplatnily i sanační horninové injektáže. V oboru speciálního zakládání má tato stavba jedno prvenství, a sice použití podzemních stěn dosud největší tloušťky v ČR: 1500 mm.

Širší souvislosti

Správa Plzeň Ředitelství silnic a dálnic ČR (ŘSD) připravuje novostavbu silnice I/20 v Plzni. Jedná se o pozemní komunikaci protínající východní část města v severojižním směru, která se má stát důležitou součástí silničního systému Plzně, protože bude převádět tranzitní dopravu skrz centrum města. Trasa této silnice je vedena převážně zastavěným územím. V podstatné části bude stavba silnice vedena v těsné blízkosti

železniční trati Plzeň–České Budějovice. Tuto trať má silnice překřížit v rámci jižní etapy Jasmínová–Jateční. Současně Správa železnic (SŽ) realizuje v této oblasti soubor staveb „Uzel Plzeň“, jehož podstatou je rekonstrukce stávající drážní infrastruktury. V místě, kde má silnice I/20 křížit stávající železniční trať, probíhá stavba „Uzel Plzeň, 5. stavba – Lobzy–Koterov“ rekonstruující tuto trať. Ke křížení, které vychází pod nevýhodným ostrým úhlem, dochází v oblasti ulic Velenická a Sušická.

Výše zmíněné stavby silnice a dráhy jsou v různé úrovni stavební přípravy, respektive realizace. Zatímco železniční stavba je v současnosti již ve fázi provádění a blízko k dokončení, u silnice probíhá inženýring v rámci projektového stupně DÚR. Vzájemný vliv těchto dvou investičních záměrů byl však zjištěn mnohem dříve – při zpracování DÚR stavby dráhy. V té době byla ze strany ŘSD vypracována technická studie místa křížení pro záměr budoucí silnice I/20. V přípravě obou staveb bylo nutné zvážit jejich vzájemný časový odstup s ohledem na financování z fondů EU a přizpůsobit tomu technické řešení. Kdyby byla stavba silnice zahájena příliš brzy po dokončení stavby dráhy a zároveň kdyby v rámci ní došlo k podstatným stavebním zásahům do nově zrekonstruované železniční infrastruktury, znamenalo by to porušení podmínek financování. Rychlost přípravy stavby silnice bylo však velmi obtížné předjímat a v době zpracování DÚR stavby dráhy bylo její technické řešení známé pouze na úrovni studie.

Koncept zárodku tunelu

Po zvážení různých přístupů bylo přistoupeno k následujícímu technickému řešení této situace: V rámci stavby dráhy bylo navrženo v místě vzájemného křížení tras realizovat tzv. zárodek budoucího silničního tunelu pro silnici I/20. Při jeho výstavbě bylo v rámci možností využito výluk provozu na trati, napěťových výluk a dostupných záborů pozemků, které by si stavba dráhy stejně vyžádala i bez ohledu na křížení se silnicí. Zárodek tunelu byl navržen v takovém minimálním rozsahu, aby zbytečně nenavýšoval objem stavby dráhy, ale zároveň v takovém rozsahu, aby bylo možné jej v budoucnu v rámci realizace stavby silnice I/20 prohloubit, dostavět a vybavit do podoby plnohodnotného silničního tunelu, a to bez podstatného dopadu stavebních prací do trati ležící v nadloží nebo provozu na ní. Do té doby bude zárodek tunelu překryt vrstvami železničního svršku, spodku a terénními úpravami a bude přenášet zatížení působící v provizorním stavu. Budoucí hloubení tunelu bude provedeno metodou čelního odtěžování pod ochranou podzemních stěn a stropní desky zárodku tunelu.

Tento technický přístup bylo nutné adekvátně zajistit také smluvně a financováním. Za pomoci Státního fondu pro rozvoj infrastruktury (SFDI) bylo dohodnuto, že ŘSD přistoupí ke



Realizace pažení stavební jámy formou převrtávané pilotové stěny podél provozované koleje

stavbě dráhy jako přidružený investor a výstavbu zárodku svého budoucího tunelu bude řídit, dozorovat, proplácet a na závěr stavby objekt převezme do své správy.

V současné době se realizace stavby dráhy a objektu zárodku tunelu blíží k závěru a mezi jejím prováděním a přípravou stavby budoucí silnice I/20 probíhala a probíhá interakce. Projektční příprava stavby silnice na jednu stranu těží ze zkušeností získaných při stavbě zárodku tunelu, např. v podobě znalostí o odezvě základové půdy na stavbu, a na straně druhé stavba zárodku mohla reagovat na změny nebo vyšší rozpracovanost projektu definitivní silnice, např. s ohledem na terénní úpravy nebo bourání dočasných konstrukcí.



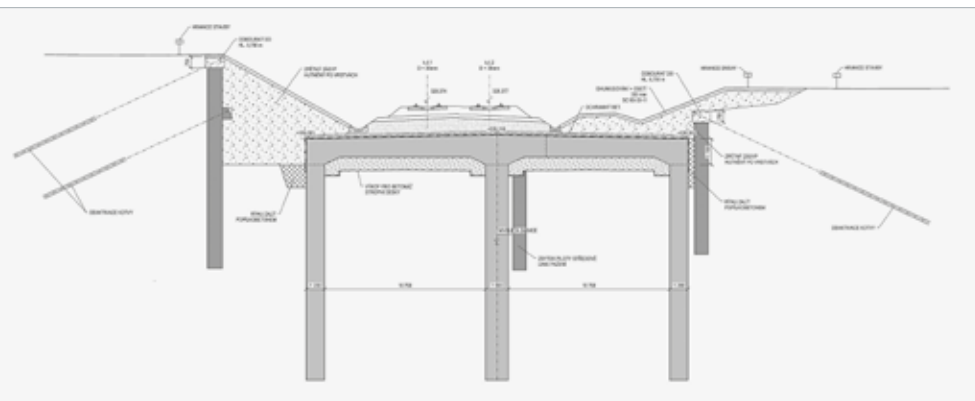
Hloubení prostřední stěny budoucího tunelu tl. 1500 mm drapákem a hydrofrézou

Prostor výstavby

Staveniště zárodku tunelu se nachází v Plzni v místě stávajícího železničního zářezu na lokalitě ohraničené ulicemi Sušická, Velenická a Strmá, ve vzdálenosti cca 300 m od řeky Úslavy. Při přípravě staveniště muselo být odstraněno několik stávajících jednopodlažních objektů garáží, které byly v kolizi s budoucí trasou silnice.

Geologické poměry

Stavba zárodku tunelu probíhala v prostředí plzeňského algonkia – mladšího proterozoika předspilitové a spilitové série, které překrývají kvartérní sedimenty říční terasy. Základní vrstvy základové půdy na staveništi jsou (odshora): navážky, kvartérní pokryv – hrubozrnná (šterková) terasa, neprůběžně jemnozrnné mezivrstvy a prachovce a břidlice proterozoického skalního podloží.



Typický řez zárodkem tunelu po dokončení stavby dráhy

Skalní podloží leží nejbliže povrchu terénu v severní části staveniště. Hloubka skalního podloží je v této oblasti cca 5–6 m od stávajícího terénu (v oblasti nad korunou zářezu železniční trati). To odpovídá hloubce cca 1,0–1,5 m od stávající úrovně temene kolejnice (TK) v zářezu železniční trati. Dále na jih skalní podloží upadá do větší hloubky a mění se jeho charakter. V oblasti nad zářezem železniční trati bylo skalní podloží zastíženo v hloubce 7–8 m pod stávajícím terémem, což odpovídá hloubce cca 5,5–6,5 m pod úrovní TK stávající trati.

Skalní podloží nebylo zastíženo ve dvou atypických sondách předběžného geotechnického průzkumu realizovaných do hloubky 12 a 14 m. Pro ověření této situace byly v rámci podrobného geotechnického průzkumu záměrně odvrtány ověřovací sondy v blízkosti těchto atypických. V těchto sondách však bylo skalní podloží již zastíženo v obvyklé hloubce.

Tato situace nasvědčovala existenci úzkých strží nebo koryt ve skalním podloží, která však během výstavby zárodku tunelu nebyla napřímo potvrzena. Nepřímým potvrzením však může být poměrně vysoká propustnost skalního podloží pro podzemní vodu, která se projevuje při čerpání přítoků podzemní vody ze stavební jámy zárodku tunelu.

Inženýrsko-geologický průzkum pro tunel byl proveden v rámci IGP pro celou stavbu Uzel Plzeň, 5. stavba. Geologické poměry v místě tunelového objektu dokumentoval pouze omezený počet průzkumných sond. Proto byl během výstavby zajištěn stavební jámy a hloubení podzemních stěn tunelu prováděn podrobný geotechnický dohled geology investorského dozoru a zhotovitele stavby, jehož účelem bylo upřesnit detailní geologickou stavbu území zejména v místech, kde vrty IGP nedosahovaly potřebné hloubky. Geotechnický dozor zároveň upřesnil zatřídění hornin podle tříd těžitelnosti pro piloty a PS.

Šterková terasa je hrubozrnná a propustná, zrnitostní třídy G3/G–F dle ČSN P 73 1005, typicky ulehlá. Obsahuje kameny

a balvany o velikosti přesahující profil vrtu průzkumných sond. Mocnost této vrstvy je proměnná v závislosti na poloze povrchu skalního podloží a bázi kvartérních pokryvů. Neprůběžně jemnozrnné mezivrstvy jsou zrnitostní třídy F4/CS, příp. F6/CL, dle ČSN P 73 1005 konzistence pevné.

Zatřídění hornin podle vrtatelnosti pro piloty a podzemní stěny se řídí VC 800–2 Přílohou č. 2/1 *Klasifikace hornin podle vrtatelnosti pro vrty pro piloty a pro rýhy podzemních stěn*, kterou do svých podkladů pro silniční stavby převzalo ŘSD do dokumentu: OTSKP–Popisovnik, čl. 4.6

Příloha č. 5 – Třídění hornin podle vrtatelnosti pro vrty pro piloty, rýhy podzemní stěny.

V rámci realizace stavby byly v podloží staveniště zastíženy tektonicky porušené vrstvy prachovců, břidlic s prolohami křemene, které svými parametry odpovídaly třídě vrtatelnosti III. a IV.

Hydrogeologické poměry

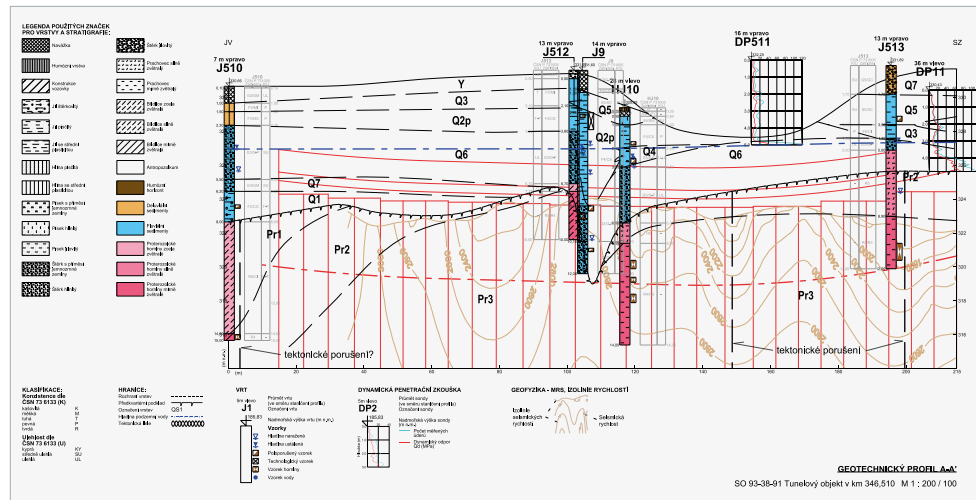
Hladina podzemní vody (HPV) se nachází v hloubce 3,0–4,5 m pod stávajícím terémem (v oblasti nad korunou zářezu železniční trati), což odpovídá úrovni cca 1–2 m pod úrovní TK stávající koleje. Ve vztahu k zárodku tunelu je tato úroveň HPV rozsahu cca $\pm 1,0$ m vůči hřebeni stropní desky tunelu. Z hlediska agresivity podzemní vody na železobetonové (ŽB) konstrukce bylo na základě provedených laboratorních rozborů uvažováno se stupněm vlivu prostředí XA1 dle ČSN EN 206. Laboratorní rozbor provedené v rámci geotechnických průzkumů byly po zahájení stavby doplněny rozborů z dalších odběrů na staveništi a jeho okolí, včetně odběrů z okolních studen.

Koncepce navrženého technického řešení

Silnice I/20 nemůže v dané trase a na dané lokalitě překonat stávající (ani rekonstruovanou) železniční trať přemostěním. Proto musí být vzájemné křížení řešeno podjezdem silnice pod tratí, respektive s ohledem na délku křížení silničním tunelem. Budoucí tunel byl s ohledem na míru zahloubení pod terén, geologické poměry a vzájemný průběh nivelety silnice a úrovně temene kolejnice rekonstruované trati navržen jako hloubený,



Souběžná práce drapáku a hydrofréz



Geologický podélný profil

obdélníkové dvoukomorové konstrukce. Celková délka zárodku tunelu měřená podél staničení silnice je 200 m, délka levé tunelové trouby je 130 m a pravé tunelové trouby 180 m. Navržená délka zárodku, resp. jeho jednotlivých trub, vycházela z minimální délky potřebné pro budoucí realizaci podjezdu silnice pod provozovanou železniční trať a pro proveditelnost navazujících konstrukcí při dané šikmosti křížení. Vzájemné uspořádání „trať – zárodek tunelu – silnice“ je ilustrováno na snímku z 3D DGN modelu.

Silnice I/20 naváže v budoucnosti na tunel z obou stran hlubokým zářezem podepřeným zárubními zdmi. Protože jsou jednotlivé tunelové trouby s ohledem na šikmost křížení různě dlouhé, nacházejí se na obou koncích tunelu úseky, kde je jeden dopravní směr v tunelu a druhý už v otevřeném zářezu. Tyto zářezy budou zajištěné rozpěrami umístěnými nad průřezným průřezem pozemní komunikace mezi tunelovou troubou (v úrovni stropní desky) na jedné straně a zárubní zdi (přes převázkový trám) na straně druhé.

V rámci zpracování DÚR silnice I/20 byl budoucí tunel na severozápadním konci prodloužen na celkovou délku téměř 300 m, aby posloužil také jako prostředek podjezdu pod ulici Sušická, která v tom místě přemostuje železniční trať.

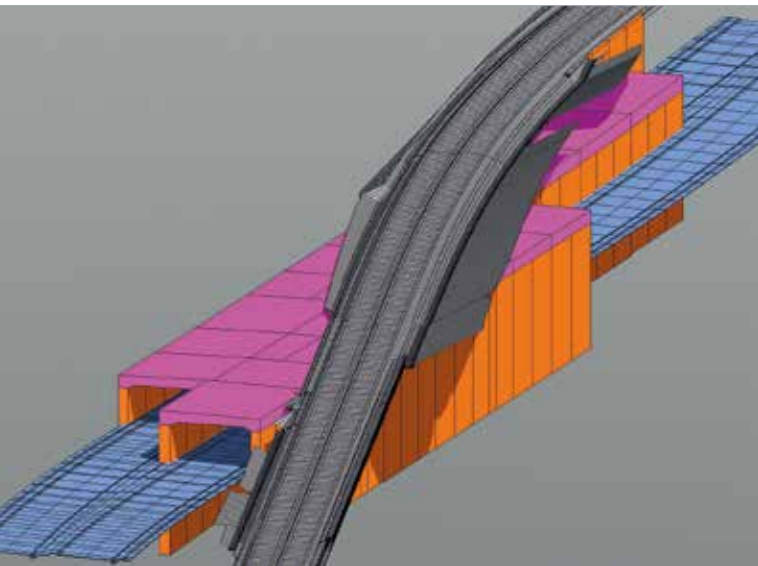
Dělení na zárodek tunelu a dokončení tunelu

V příčném řezu jsou součástí zárodku tunelu, a tudíž součástí výstavby realizované se stavbou dráhy, následující prvky: svislé nosné podzemní (milánské) stěny, stropní deska, hydroizolace stropní desky, zpevněné podloží železniční trati v přechodových oblastech, dočasné pažící konstrukce potřebné pro realizaci výše uvedených konstrukcí z jednotné pracovní úrovně na dně těsně



Těžba severní stěny tl. 1200 mm hydrofrézou

stavební jámy a související úpravy terénu. Součástí navazující stavby silnice I/20, tj. součástí rozšíření a vybavení zárodku tunelu do podoby plnohodnotného silničního tunelu, budou tyto prvky: Dočasné pažící konstrukce potřebné pro realizaci navazujících zdí, zářezů a jam, tzv. čelní odtěžování horniny uvnitř tunelu pod ochranou stropní desky a podzemních stěn, základová deska, veškeré stavební a technologické vybavení tunelu, portály (čela) tunelových trub včetně potřebných parapetních zídek, zábradlí, oplocení a těsnění míst stavebního navázání konstrukcí realizovaných v různých fázích výstavby. Dělení příčného řezu na zárodek tunelu a ostatní konstrukce a práce je schematicky zobrazeno na obrázku na str. 22 dole vpravo, kde jsou součásti zárodku tunelu vyznačeny modrou barvou a součásti dokončení tunelu barvou červenou.

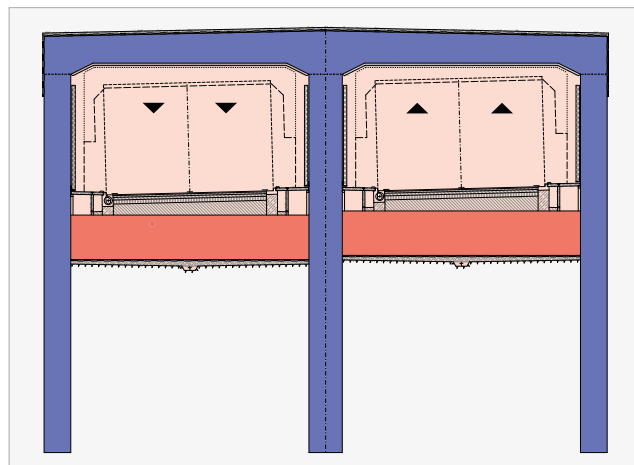


Ilustrace vzájemné polohy trati, vozovky budoucí silnice a zárodku tunelu (snímek ze 3D DGN modelu)

Technické řešení a hlavní technologie výstavby

Budoucí tunel bude hloubený čelním odtěžováním pod ochranou trvalých nosných konstrukcí stropní desky a podzemních stěn (tedy konstrukcí zárodku tunelu). Podzemní stěny i stropní deska jsou navrženy z monolitického železobetonu jako vodonepropustné betonové konstrukce a byly provedeny z pracovní úrovně na dně stavební jámy. Stropní deska je navíc z vnějšku chráněna vodotěsnou izolací celoplošně spojenou s podkladem, zataženou a zakončenou pod pracovní spárou s podzemními stěnami. Podzemní stěny byly hloubeny klasicky pod ochranou bentonitové pažiči suspenze za pomoci vodících zídek.

Jak již bylo zmíněno, konstrukce zárodku tunelu byly realizovány z pracovních plošin na dně dočasné stavební jámy. Úroveň pracovní plošiny pro provedení podzemních stěn byla volena blízkou úrovni okolní HPV, aby při hloubení lamel podzemních stěn v podloží nevznikal hydraulický gradient vedoucí k pohybu podzemní vody, který by mohl ovlivnit výslednou kvalitu železobetonových podzemních stěn, ale zároveň dostatečně hluboko, aby se zbytečně nekumulovala odchylka (tolerance) od svislosti při provádění, kterou je nutné vzít v úvahu při návrhu světlostí rozměrů příčného řezu tunelem. Pracovní úroveň pro realizaci stropní desky byla navržena na úrovni pracovní spáry mezi svislými stěnami a stropní deskou, s lokálními hlubšími rýhami pro provedení detailů. Rozsah dočasných výkopů byl volen tak, aby na velmi stísněném staveništi vytvořily dostatek prostoru pro rozvinutí zařízení staveniště včetně potřebných technologií výstavby a pro bezpečný pohyb stavební mechanizace. Stropní deska byla betonována přímo na podloží. Jako podklad pro betonáž sloužilo podkladní souvrství složené z hutněného zásypu s dočasným drenážním potrubím, podkladního betonu se



Ilustrace dělení na zárodek tunelu a dokončení tunelu v příčném řezu

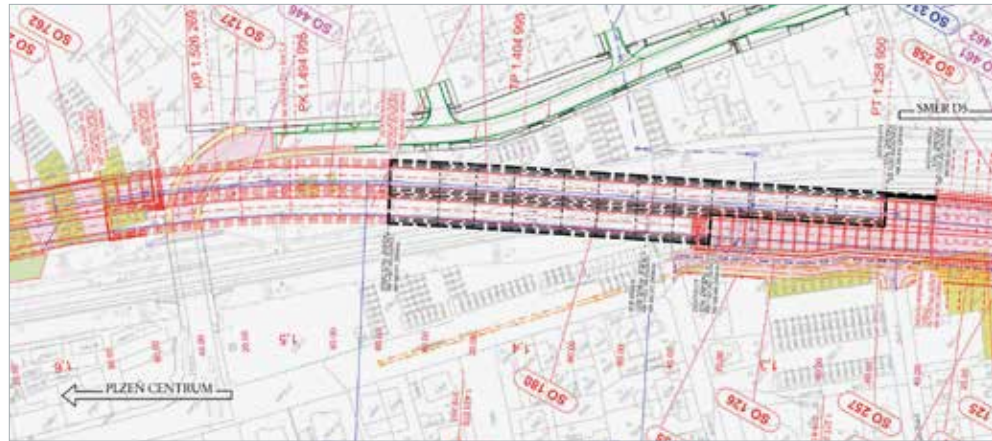
strojně leštěným povrchem a separační vrstvy (geotextilie a plastová fólie). Toto souvrství zajišťuje drenáž (suché pracovní prostředí), dostatečnou únosnost, požadovanou rovinnost a geometrickou přesnost obecně (při absenci skruže) a účinnou separaci stropní desky od podkladních vrstev, která bude důležitá při budoucím provádění čelního odtěžení.

Pažení stavební jámy

Stavební jáma byla zajištěna dočasnou pažicí konstrukcí. Pažicí stěna byla navržena jako (dočasně a přiměřeně) vodonepropustná, vetknutá do skalního podloží a uzavřená po celém svém obvodu tak, aby při realizaci konstrukcí z pracovní úrovně situované pod úrovní okolní HPV bylo dosaženo přijatelně malých přítoků podzemní vody, zvladatelných provozním čerpáním. Tím bylo zároveň zabráněno významnému poklesu okolní HPV, který by se mohl negativně projevit v podobě sedání objektů v rozsahu depresního kužele.

Pažení má formu převrtávané pilotové stěny navržené s ohledem na hloubku výkopu, úroveň skalního podloží, polohu HPV a vnější zatížení. Použity byly vrtané piloty průměru 900 mm a 1000 mm. Některé z pilot, které bylo v pozdější fázi v rámci této stavby (nebo bude v rámci navazující stavby) nutné překonat hloubením podzemních stěn, byly namísto ocelové betonářské výztuže vyztuženy armokoši ze sklolaminátových prutů. Namísto kruhových profilů třmínků se pro tuto výztuž osvědčilo použití profilu páskového.

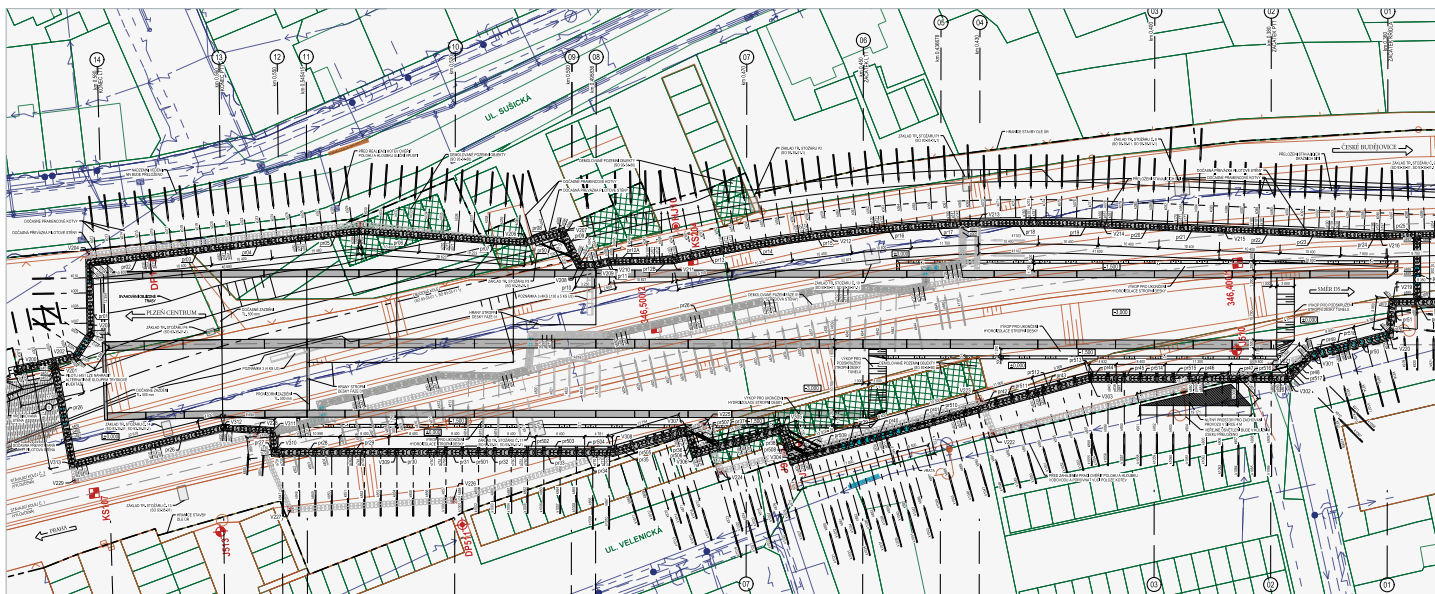
Pilotová stěna byla buď vetknutá do podloží (bez kotvení), kotvená dočasnými předpjatými pramencovými zemními kotvami, anebo rozepřená v rozích ocelovými rozpěrami, vždy přes



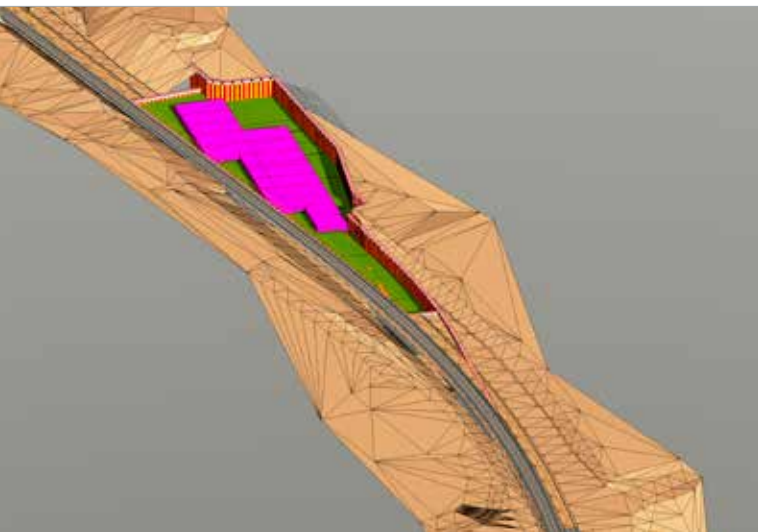
Výřez z koordináční situace plánované silnice I/20, (černě zárodek a červeně dokončení a prodloužení tunelu)



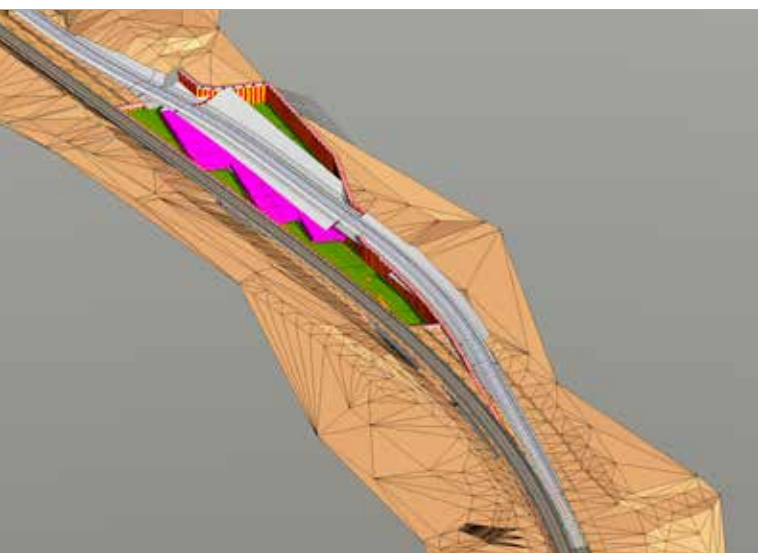
Detail frézovací hlavy



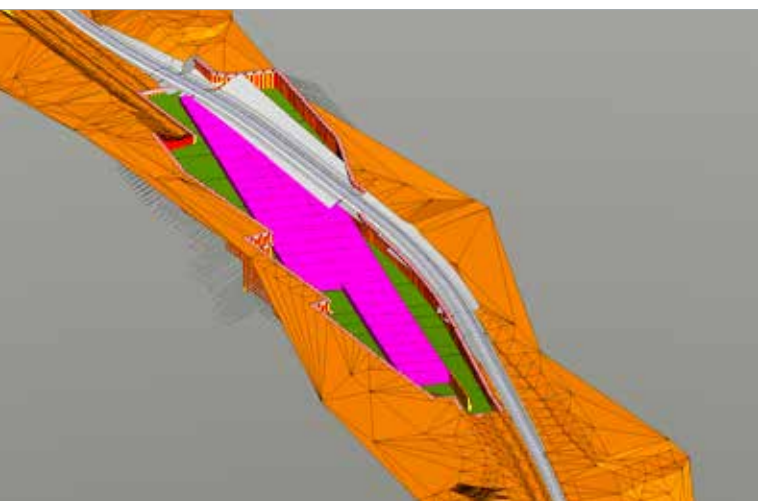
Pažení stavební jámy převrtávanou pilotovou stěnou a zárodek tunelu se svislými konstrukcemi z podzemních stěn



3D model první fáze výstavby před položením objízdné trasy



3D model první fáze výstavby po položení objízdné trasy



3D model druhé fáze výstavby

železobetonové převázky, a to v jedné nebo ve dvou úrovních. První kotevní nebo rozpěrná úroveň je navržena vždy v hlavě pilotové stěny. Toto umístění sice není staticky nejúčinnější, ale umožňuje nejrychlejší postup provádění. Druhá kotevní nebo rozpěrná úroveň, použitá v místech, kde jedna úroveň staticky nepostačí, byla navržena nad předpokládanou úrovní okolní HPV, aby nebyla nutná realizace kotev pod HPV. V místech půdorysného křížení kotev (vnitřní roh stavební jámy) a v místech, kde byla se správci upřesňována poloha potenciálně kolizních inženýrských sítí, bylo nutné detailně řešit sklon kotev.

Dočasné pažení bylo navrženo na relevantní stálá a nahodilá zatížení včetně zatížení železniční dopravou (na stávající nebo objízdné trase) nebo silniční dopravou (na okolních komunikacích) a jeho deformace a síly v kotvách byly průběžně sledovány geotechnickým monitoringem (GTM) pomocí geodetických bodů, inklinometrů a dynamometrů. GTM potvrdil robustní povahu tohoto typu pažicí konstrukce, která přes působící zatížení vykazovala jen velmi malé deformace a účinně chránila a podepírala okolí, včetně přilehlých městských silnic a objízdné trasy železniční trati umístěné přímo za korunou pažení.

Na líci převrtávané pilotové stěny nebyly pod úrovní okolní HPV po celou dobu výstavby (cca 2 roky) patrné žádné významné průsaky. Nicméně přestože byly piloty vetknuty typicky 5–6 m pod dno stavební jámy a vždy zaručeně zavrtány do skalního podloží (toto bylo předmětem geologického sledování), bylo po celou dobu stavby nutné udržovat provozní čerpání podzemní vody. Čerpané přítoky tak musely přicházet převážně skrze dno stavební jámy, což může souviset s již zmíněnou hypotézou existence strží nebo poruch ve skalním podloží.

Postup a fáze výstavby

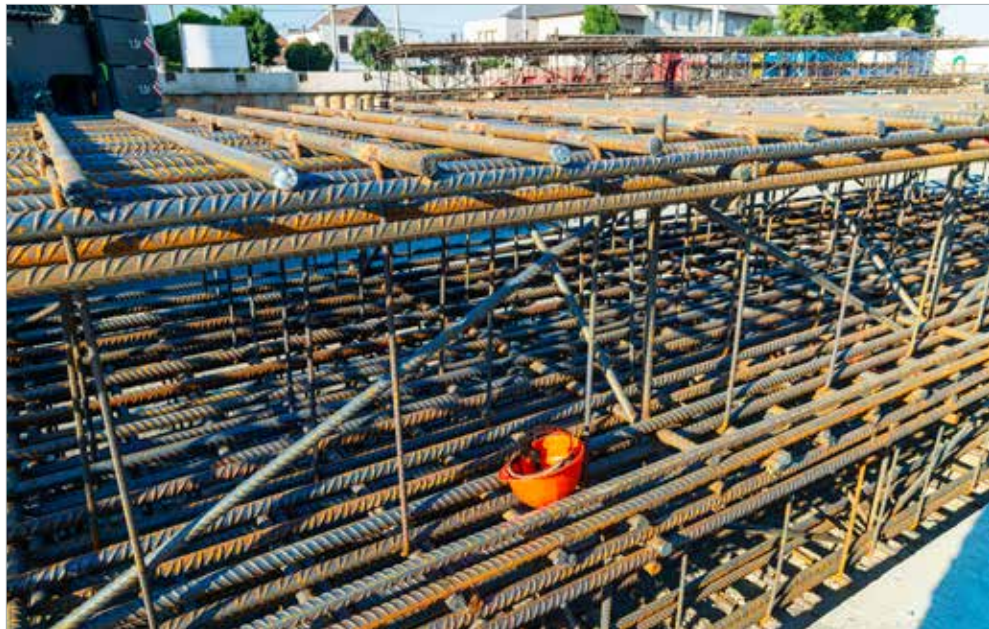
Konstrukce zárodku tunelu byla realizována ve dvou fázích výstavby za pomoci dočasné objízdné trasy na železniční trati. Cílem bylo zachování alespoň jednokolejného provozu na dráze během výstavby.

První fáze výstavby probíhala nejprve za neomezeného (dvoukolejného) provozu na stávající trati. V tomto období byly prováděny přípravné práce, zřizováno zařízení staveniště a budovány pažicí konstrukce dostatečně vzdálené od kolejíště. Poté byla vyloučena stávající kolej č. 2, rychlost provozu na koleji č. 1 byla omezena, byly přeloženy kolizní drážní sítě a na trakčním vedení bylo s ohledem na bezpečnost před účinky vysokého napětí zřízeno v rozsahu staveniště neutrální pole. Součástí této fáze byla realizace konstrukcí na sever (vpravo) od stávající koleje č. 1. Nejprve byla vytvořena uzavřená (těsná) stavební jáma zajištěná pažením. Pažicí konstrukce na severní straně stavební jámy lemovala uliční čáru nebo pozemky podél ulice Sušická, na jižní straně vedla zhruba mezi původní (v tu chvíli již odstraněnou) koleji č. 2 a původní (v tu chvíli stále provozovanou) koleji č. 1. A na západní a východní straně měla podobu krátkých stěn propojujících tyto dvě hlavní větve. Pažicí stěna „mezi kolejemi“ byla umístěna, jak nejbližší to bylo prakticky možné ke koleji č. 1. Představovala rozhraní mezi stavební jámou fáze 1 a jejím budoucím rozšířením ve fázi 2.

Z pracovní úrovně ve stavební jámě pak byly postupně provedeny vodící zídky, podzemní stěny a úseky stropní desky v rozsahu první fáze a základy definitivních trakčních stožárů, umístěné v půdorysu stavební jámy tunelu. Následně byl realizován zpětný zásyp dokončené části tunelu a položena dočasná objízdna trasa železnice vč. trakce a ostatního příslušenství přes dokončený úsek zastropěného tunelu, napojená na koncích do nového stavu koleje č. 2. Také u trakčního vedení objízdny trasy bylo z hlediska bezpečnosti před účinky vysokého napětí zřízeno po dobu výstavby zárodek tunelu neutrální pole. Po převedení železniční dopravy na objízdnu trasu mohla být vyloučena stávající kolej č. 1 a zahájena **druhá fáze výstavby** tunelu zahrnující realizaci zbývajících konstrukcí na jih (vlevo) od původní trati. Nejprve byla postupně dokončena uzavřená (těsná) stavební jáma zajištěná zbývajících úseky pažení, ve které proběhlo hloubení na pracovní úroveň zpevněného dna jámy. Dále bylo provedeno odstranění už nepotřebných a kolizních úseků středové linie pažení (úsek mezi původními kolejemi). Z pracovní úrovně dna jámy byly provedeny vodící zídky, podzemní stěny a úseky stropní desky v rozsahu druhé fáze výstavby zárodku tunelu. V současné době probíhá realizace základů definitivních trakčních stožárů situovaných v této oblasti, zásyp (vč. přechodových oblastí) a položení definitivní železniční trati s veškerým příslušenstvím. V tomto provizorním stavu bude zárodek tunelu čekat na zahájení navazující výstavby silnice.

Podzemní stěny

S ohledem na působící zatížení a požadavky na těsnost byly navrženy podzemní stěny o tloušťkách 1200 mm a 1500 mm. V úvahu bylo nutné vzít nejen zemní (horninový) tlak, tlak podzemní vody, tíhu zásypu a účinky železniční dopravy nad tunelem, ale také významné účinky vztaku podzemní vody na budoucí základovou desku tunelu a robustnost detailu napojení základové desky na podzemní stěny. Hloubení a betonáž probíhaly po jednotlivých lamelách, přičemž každou lamelu tvoří dva záběry a hrázka mezi nimi. Betonovaná hloubka typické lamely byla cca 17 m. Hloubení dále zahrnovalo „hluchou těžbu“ mezi úrovní pracovní plošiny a čistou hlavou podzemní stěny na úrovni pracovní spáry se stropní deskou



Detail osazovaných armokošů podzemních stěn

v hloubce 3 až 4 metrů. Skutečná hloubka těžby tedy dosahovala až 21 m. Jelikož se tak hlava podzemních stěn nacházela pod pracovní plošinou, bylo nutné jednotlivé lamely přebetonovat o cca 0,5 m, aby nedocházelo k potenciálnímu poškození čisté hlavy stěn materiálem zapadlým do čerstvého betonu. Dalším důvodem přebetonování bylo nebezpečí promíchání vrstvy betonu na styku s pažicí suspenzí, která je v průběhu betonáže odčerpávána a která by způsobila znehodnocení betonu v daném místě. Přebetonávka byla po odkopání podzemních stěn odbourána na požadovanou úroveň čisté hlavy podzemní stěny. Délka jednotlivých lamel byla v rozmezí 6 až 7,5 m, v maximum až téměř 8 m, což na střední stěně o mocnosti 1500 mm znamenalo betonáže přesahující i 250 m³ betonu.



Současná betonáž lamely podzemní stěny dvěma autodomíchávači



Bentonitové hospodářství, první fáze výstavby

Podélná výztuž byla navržena z profilů průměru 40 mm ve dvou vrstvách na obou lících stěny. Pro zachování dostatečné velikosti mezer mezi pruty výztuže se podařilo zajistit podélné pruty v nestandardní délce, a nebylo tak nutné použít stykování pomocí mechanických spojek nebo přesahem. Armokoše podzemních stěn byly u zvolených lamel vybraných technickým dozorem vybaveny ocelovými trubkami pro zkoušky integrity CHA. K hloubení lamel byly použity dva hlavní nosné stroje, pásový jeřáb Liebherr HS 8100 nesoucí lanový drapák Stein K810 a druhá souprava Bauer MC64 nesoucí hydrofrézu BC32. Lanový drapák byl použit pouze pro provedení startovacích záběrů nutných pro technologické zanoření hydrofrézy do rýhy.



Hloubení středové linie podzemních stěn tl. 1500 mm drapákem a hydrofrézou

Většina objemu těžby byla tedy provedena pomocí hydrofrézy. Princip těžby pomocí hydrofrézy spočívá v narušení horninového prostředí pomocí ozubených kol, která je drtí na menší kusy, a ty jsou následně čerpané pomocí hydraulického čerpadla frézy společně s pažicí suspenzí. Výkopek je poté na síťových čistíčkách oddělen od pažicí suspenze a ta se vrací zpět do rýhy. V průběhu obou etap výstavby bylo nutné brát zvýšený ohled na bezpečnost, jelikož stavba probíhala v ochranném pásmu železniční trati v těsné blízkosti vlakové dopravy. Maximální obezřetnosti bylo třeba zejména při manipulaci s těžkými břemeny, aby nedošlo k jakémukoliv ohrožení projíždějících vlaků.

Náročné geologické podmínky

I přes kvalitní geologický průzkum se těžba nevyhnula komplikacím souvisejícím s geologickými podmínkami. Zejména v průběhu první etapy, ale i v průběhu druhé, byla jinak lépe těžitelná břidlice velmi často proložena žilami křemene, který způsoboval problémy, jelikož těžba křemene je o mnoho náročnější jak na čas, tak na vybavení. Bylo nutné častěji měnit vybavení pro těžbu a komponenty celé technologie, které degradovaly mnohem rychleji, než je běžné, což také způsobovalo další časové zdržení kromě pomalejší těžby v důsledku tvrdé horniny.

V celkem třech místech bylo s ohledem na etapizaci výstavby nutné hloubit podzemní stěny přes dočasné pilotové stěny pažicí stavební jámu. Tato přetěžení pažicích stěn byla všechna provedena v průběhu druhé etapy. Z důvodu snazší těžby v těchto kolizních místech byla výztuž pilot navržena ze sklolaminátových prutů (GFRP).

Nicméně bylo nutné předem beton pilot seshora rozrušit do takové hloubky, ve které má hlava hydrofrézy již dostatečný ponor a odpor pro hloubení skrze materiál vysoké pevnosti. Rozrušování probíhalo nejprve pomocí menších odstřelů trhavinou, ale neukázalo se natolik efektivní, aby bylo dále používáno. Proto se dále zvolil způsob obnažení a odbourání hydraulickým kladivem. Sklolaminátová výztuž nečinila hydrofréze problém, nicméně sklolaminátová vlákna měla tendenci ucpávat čerpadla a obecně vedení bentonitové suspenze. Vlastní těžba přes pažicí piloty pak probíhala bez problémů, pouze byla časově náročná.

Jako poměrně obtížné se naopak ukázalo odbourávání „přebetonovaných“ hlav podzemních stěn na čistou úroveň pracovní spáry se stropní deskou. Protože stěny jsou navrženy jako trvalé konstrukce s vysokými nároky na přenos zatížení, odolnost vůči působení prostředí a těsnost, bylo nutné pro ně specifikovat odpovídající betonovou směs. Beton takto vysoké kvality při daných šířkách lamely

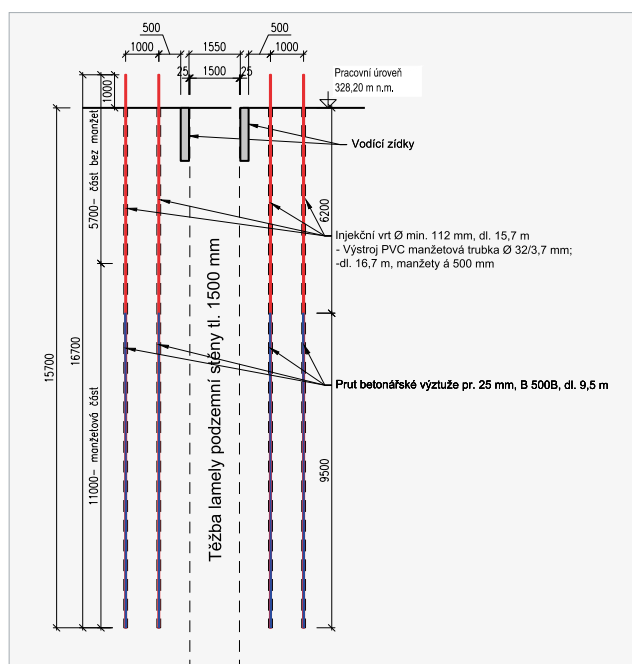
bylo i přes separaci výztuže od betonu velmi obtížné vybourat.

Nepředpokládaná odezva základové půdy na hloubení podzemních stěn

Při hloubení prvních lamel podzemních stěn byla zjištěna anomální nestabilita otevřených lamel pažených bento-nitovou suspenzí v rámci části profilu skalního podloží. Patrně vlivem detailního provrání, jeho nepříznivých sklonů a reziduálního vodorovného napětí uzavřeného v povrchové vrstvě skalního podloží docházelo během těžby k vyjíždění tektonicky porušených bloků horniny do lamely. Úroveň a objem kavernování byly ověřeny z konzumčních křivek sanační směsi použité při sanaci a opětovném hloubení postižených lamel.

Tato velmi neobvyklá odezva základové půdy na hloubení podzemních stěn je potenciálně velmi nebezpečná, protože může způsobit:

- Uvěznění frézovací hlavy (nebo drapáku) při hloubení. (V průběhu první etapy došlo při těžbě jedné z lamel k nadměrnému vypadnutí materiálu pod vodicími zídками, což způsobilo zavalení hydrofrézy v rýze. Frézu bylo poté nutné vyprostit po oboustranném obvtání velkoprofilovými paženými vrty s postupným těžením vypadané horniny, což byl náročný proces s nutností koordinace mnoha činností,



Sanační horninová injektáž prováděná před těžbou lamel podzemních stěn



Provádění pažící stěny druhé fáze výstavby

- který měl vliv na časový harmonogram těžby. Na základě této a dalších skutečností se proto ihned po této události přistoupilo k hledání řešení, která by problém vypadávání materiálu do rýhy nadále eliminovala. Zejména se jednalo o návrh horninové injektáže, popsané dále v textu.)
- Přerušení lamely při betonáži.
- Nestabilitu pracovní plošiny pod pracující soupravou.
- Nestabilitu paty pažící konstrukce, pokud se nachází blízko podzemní stěny.

Kromě sanace postižených lamel bylo okamžitě přistoupeno k řešení vzniklé situace následujícími způsoby:

- Lamely podzemních stěn byly zkráceny na jeden záběr a na nestandardní rozměry lamel, které se dařilo vytěžit pouze v kombinaci s velkoprofilovými předvrty. Tento přístup se ukázal jako technicky funkční, avšak prakticky nedostačující s ohledem na rychlost a cenu provádění a množství takto vytvořených spár. Proto byl použit pouze v rámci okamžité prvotní reakce.
- Provedením sanační injektáže v zóně náchylné k nestabilitě před zahájením hloubení podzemních stěn. Tento přístup se také ukázal jako funkční. Horninová injektáž byla provedena systémem dvou linií vrtů po každé straně budoucí stěny se vzájemnou roztečí vrtů 2 m a vystřídáním vrtů v těchto liniích s posunem 1 m tak, aby injektáží byl ošetřen každý metr podzemních stěn. Sanační vrty byly provedeny do hloubky 13,5 m, osazeny betonářskou výztuží a poté injektovány cementovou injektážní směsí systémem řízené injektáže přes manžety.

Po zavedení výše popsaných opatření již hloubení podzemních stěn proběhlo standardním způsobem bez dalších neočekávaných událostí.



Pohled na staveniště z mostu ulice Sušická přes železniční trať

Zkoušky integrity PIT

Hloubka pilot v převrtávané pilotové stěně i hloubka lamel podzemních stěn byly ověřovány zkouškami integrity PIT. Protože jsou tyto zkoušky určeny pro osamělé prvky, jejichž hloubka podstatně přesahuje rozměr příčného řezu, nebylo na začátku jasné, zda se pro tento účel osvědčí. Zkoušky však ukázaly, že převážná většina výsledků byla uspokojivá a ostatní jednoznačně zmatečné, takže nakonec nevznikly žádné spory o jejich interpretaci. Integrita vybraných lamel podzemních stěn byla navíc ověřena metodou CHA provedenou přes ocelové trubky osazené v armokoši.

Závěr

Přestože se jednalo o stavbu silničního tunelu, podstatnou část díla tvořily práce speciálního zakládání a zemní práce. Klíčová byla spolupráce a včasná koordinace mezi hlavním dodavatelem, subdodavateli speciálních prací a projektantem, zejména co se týče

provedení díla konkrétní mechanizací a s danými přístupovými možnostmi na velmi stísněném staveništi. Vyzdvihnout můžeme vstřícný, pragmatický a technicky znalý přístup investora zejména v napjatých situacích, jako např. při zastžení nepředvídatelného chování základové půdy. Pro zdárnou realizaci bylo nutné se správným načasováním nasadit různé technologie (pilotáž, kotvení, podzemní stěny a injektáže), kdy každá plnila svůj specifický účel v rámci celkové koncepce technického řešení stavby.

Ing. Michal Uhrin, SUDOP, a. s.,
s přispěním **Ing. Tomáše Hlaváčka,**
Zakládání staveb, a. s.
Foto: archiv Zakládání staveb, a. s.,
Libor Štěrba a Ing. Jan Šperger,
Zakládání staveb, a. s.

Stavba dráhy (v realizaci)

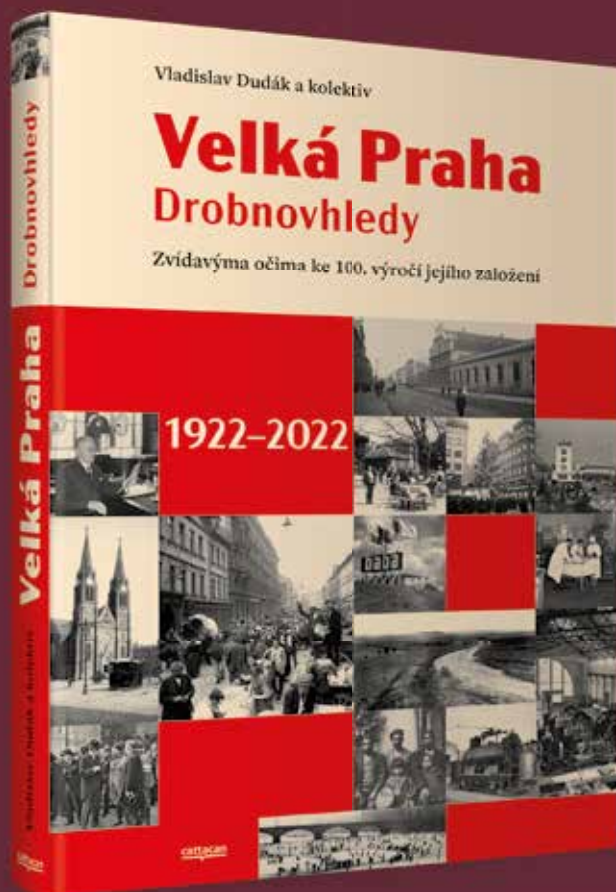
Název stavby: Uzel Plzeň, 5. stavba – Lobzy – Koterov
Investor stavby: Správa železnic, státní organizace
Název objektu: SO 93-38-61 Tunelový objekt v km 346,510 pro křížení se silnicí I/20, 1. část (tento stavební objekt představuje předmětný zárodek tunelu)
Investor objektu: Ředitelství silnic a dálnic ČR (jako přidružený investor stavby)
Projektant objektu: SUDOP Praha, a. s.
Zhotovitel: Sdružení Metrostav, a. s., a Chládek & Tintěra, a. s.
Zhotovitel konstrukcí speciálního zakládání: Zakládání staveb, a. s.
Geotechnický monitoring: GEOTest, a. s.
Geotechnický dozor investora: SG Geotechnika, a. s.

Stavba silnice (v projektové přípravě)

Název stavby: I/20 Plzeň, Jasmínová – Jateční
Investor stavby: Ředitelství silnic a dálnic ČR
Název objektu: SO 601 Tunel na silnici I/20 v km 1,400
Projektant objektu: SUDOP Praha, a. s.

Deep foundation works for cut and cover tunnel structural box under railway track Plzeň – České Budějovice

The paper deals with project planning considerations, proposed design and construction of a structural box for a cut and cover tunnel for trunk road I/20 in Pilsen where it intersects a railway track from České Budějovice. Due to the cut and cover approach the construction required extensive use of deep foundations techniques: anchored secant pile wall for support of large construction pit and structural diaphragm walls forming permanent vertical walls of the tunnel. Ground improvement by grouting was utilized here as well as a response to unforeseen ground response to excavation of diaphragm walls. The project involved the first use of 1500 mm thick diaphragm walls in the Czech Republic.



Šest autorů, známých i méně známých, všichni milovníci Prahy, napsali pozoruhodnou knihu o Velké Praze. Pojali ji netradičně jako sérii 38 takzvaných *drobnohledů*, tedy jakýchsi „nakouknutí“ za kulisy velkoměsta. Vznikla pestrá, ale promyšlená informační koláž zprostředkující vhléd do života Velké Prahy.

Čtenář se dozví leccos podstatného, mnohdy překvapivého, vážné údaje se střídají s různými zajímavostmi, perličkami a informacemi nezřídka velmi překvapivými.

Autoři sledují nejen světa, ale i stíny meziválečné metropole, a tak před námi nakonec v souhrnu jednotlivých drobnohledů plasticky vystoupí město nám natolik blízké, že stále čerpáme z jeho dědictví, ale zároveň tak vzdálené, že již se stalo zdrojem moderních legend.

Kniha je doprovázena množstvím převážně historických fotografií, dobových inzerátů i map.

cattacan

ZAKLÁDÁNÍ

Odborný časopis o všem podstatném a aktuálním v oboru speciálního zakládání staveb

HLUBOKÉ STAVEBNÍ JÁMY - LINIOVÉ STAVBY V MĚSTSKÉM PROSTŘEDÍ - STAVBY NA VODNÍCH TOCÍCH - PRESTIŽNÍ ZAHRANIČNÍ STAVBY - HISTORIE OBORU



Vydává:
ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, A. S.,
K Jezu 1, Praha 4, 143 01
tel.: 244 004 111
www.zakladani.cz

Vychází 3x ročně

Rezervujte si výhodné předplatné na zakladani.cz

Stavba silnice I/42, Brno, Velký městský okruh (VMO) Žabovřeská I – etapa II

Stavba silnice I/42 na Velkém městském okruhu (VMO) Brno Žabovřeská I – etapa II řeší poslední úsek na tzv. severozápadním segmentu VMO s dosud omezenou dopravní kapacitou. Stavba zahrnuje mj. rozšíření stávající dvoupruhové komunikace na směrově rozdělenou čtyřpruhovou komunikaci v délce 920 m, přeložení tramvajové tratě do nového tramvajového tunelu dl. 500 m pod Wilsonovým lesem, realizaci přeložek a obnovu inženýrských sítí a rovněž zachování a zlepšení obslužnosti a využití území pro obyvatele města.

V prvním z článků k tomuto tématu popíšeme technické řešení této rozsáhlé liniové stavby, v druhém článku se budeme věnovat pracím speciálního zakládání, prováděným zde v letech 2021–2023 společností Zakládání staveb, a. s.



Pilotové zakládání ve střední části aktuálně budovaného VMO Žabovřeská I – etapa II v místě portálu nového tramvajového tunelu

Území stavby

V úseku Žabovřeská I – etapa II prochází VMO jedním z nejsložitějších území na celé trase. Od mimoúrovňové křižovatky Hlinky na jihu je komunikace vedena úzkým „hrdlem“ v údolí řeky Svratky, sevřená mezi vlastní říční tok a strmé svahy Wilsonova lesa. Souběžně tímto územím prochází tramvajová trať a trasy podzemních kmenových stok kanalizačního systému města Brna.

V lokalitě tedy dochází jednak ke vzájemnému střetu souběžných technických vedení, jednak ke střetu této infrastruktury s přírodními prvky, které mají zásadní klidový a rekreační charakter v kontextu města Brna (řeka Svratka, Wilsonův les, Žabovřeské louky). Zástavba v zájmovém území je reprezentována ulicí Veslařskou při pravém břehu Svratky, vilovou zástavbou Masarykovy čtvrti nad Wilsonovým lesem a ulicí Bráfovou, která začíná poměrně rozsáhlou kolonií garáží a postupně přechází ve smíšenou obytnou zástavbu.

Technické řešení stavby

Sanace svahů Wilsonova lesa

V rámci přípravy území před zahájením hlavních stavebních bylo nutné provést rozsáhlé sanace svahů Wilsonova lesa. Důvodem byla ochrana pracovníků během výstavby, jakož i následné bezpečné využití území veřejností.

Součástí sanačních prací bylo očištění svahů od náletových dřevin a uvolněných úlomků hornin a zeminy. Následně byly svahy v potřebném rozsahu zajištěny tyčovými sklolaminátovými kotvami v délkách 1,5–9 m a pramencovými kotvami v délkách až 18 m v kombinaci s ocelovými sítěmi. Tato opatření jsou v trvalém provedení. V průběhu výstavby jsou svahy průběžně monitorovány a další opatření mohou být dle potřeby doplňována. V závěru stavby budou doplněna další trvalá opatření pro bezpečný provoz území, především dynamické bariéry na zachycení padajícího kamení a ploty.

Hlavní trasa VMO a silniční galerie

Stávající směrově nerozdělená dvoupruhová komunikace I/42 bude přestavěna na dva oddělené jízdní pásy se dvěma průběžnými jízdními pruhy v každém směru. V tomto uspořádání jsou již vybudovány okolní úseky VMO.

V nejužším místě stavby je silnice z důvodu zachování obslužnosti a bezbariérového propojení území překryta silniční galerií. S konstrukcemi silničních galerií se můžeme běžně potkávat v alpských zemích, kde jsou s jejich pomocí chráněny silnice před padajícím kamením a sněhem.

Galerie je od jihu rozdělena na **jednostranný úsek** nad pravým jízdním pásem komunikace v délce 247 m a navazuje **oboustranný úsek** galerie v délce 80 m (ekomost), který umožní přesypání komunikace a převedení pěších tras. Jednostrannou galerii (20 dilatačních celků) tvoří železobetonová rámová konstrukce s plnou zadní stěnou (vpravo po směru staničení), rámovou příčlí a přední stěnou s prosvětlovacími otvory (sloupořadí mezi větvemi komunikace). Stojky sloupořadí jsou spojeny s rámovou příčlí prostřednictvím vrubového kloubu. Založení jednostranné galerie je částečně plošné a **částečně hlubinné na velkopřůměrových vrtaných pilotách**.

Oboustranná galerie (5 dilatačních celků) je tvořena dvěma vnějšími plnými stěnami, vnitřní stěnou se sloupořadím obdobně jako u jednostranné galerie a rámovou příčlí vetknutou do krajních stěn. Stojky sloupořadí jsou spojeny s rámovou příčlí prostřednictvím vrubového kloubu. Založení této části konstrukce je **hlubinné na velkopřůměrových vrtaných pilotách**.



Vizualizace budoucí podoby střední části budovaného úseku VMO Žabovřeská I – etapa II

V rozsahu galerie je na pravém jízdním páse vybudován na komunikaci nouzový záliv pro vozidla, do kterého ústí také úniková štola z tramvajového tunelu. Součástí galerie je dále jedna rozvodna a celá řada technologických zařízení pro řízení a zajištění bezpečnosti při provozu.

Vzhledem k tomu, že komunikace prochází zastavěným územím, je hlavní trasa v ostatních úsecích lemována soustavou **protihlukových stěn**, které jsou buď budovány samostatně, anebo prostřednictvím protihlukového obkladu jako součást opěrných a zárubních zdí. Obrusná vrstva vozovky bude tvořena nízkohlučnou asfaltovou směsí SMA NH.



Situace stavby v kontextu města Brna



Pohled na staveniště od jihu (od Pisárek)

Tramvajová trať a tramvajový tunel

Územím stavby prochází tramvajová trať, která je umístěna na samostatném tramvajovém tělese vpravo od silnice I/42. V důsledku rozšíření komunikace bylo nutné její trasování upravit. V jižním úseku stavby vede trať mezi protihlukovými stěnami a opěrnými zdmi na úpatí Wilsonova lesa. V nejužším místě stavby je z důvodu rozšíření VMO trať svedena do nového tramvajového tunelu, který ji převádí pod Wilsonovým lesem až do



Vizualizace budoucí podoby stejného místa jako na obrázku výše

severního úseku stavby. Na posledním úseku trať sleduje opět VMO a plynule míří k až k zastávce Bráfova.

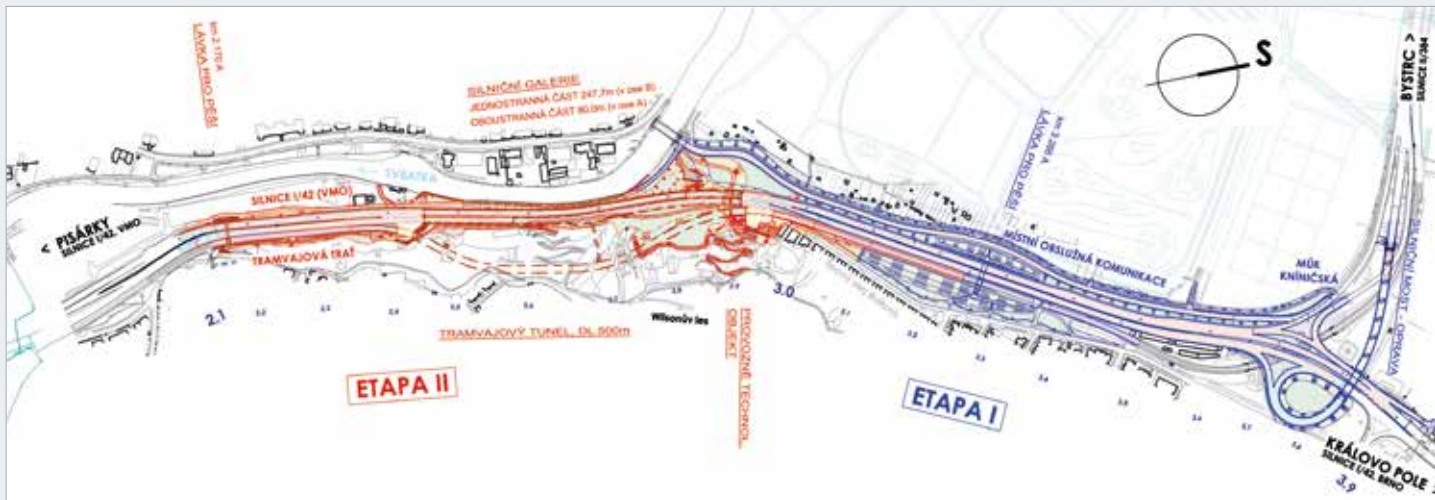
Konstrukční řešení tramvajové trati představuje kombinaci otevřeného šterkového svršku s betonovými pražci v koncových úsecích a pevnou jízdní dráhu (systém W-tram) v rozsahu tunelu a jeho předportálů. Kolejnice jsou použity žlábkové v délce 18 m. U portálů jsou zřízeny rozsáhlé nástupní plochy sloužící jako únikové zóny nebo plochy pro servisní vozidla. Tramvajový tunel je navržen v délce 500 m, z toho 333 m tvoří tunel ražený a 167 m hloubený.

Hloubená část se nachází v severním úseku, kde se tunel směrově přimyká k severnímu portálu galerie nad VMO, obě konstrukce jsou zde přesypány, a vzniká tak možnost mimoúrovňového přechodu pro pěší.

Ražený úsek je navržen jako podzemní dílo prováděné novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Na primární ostění tvořené stříkaným betonem s výztužnými sítěmi a svorníky navazuje betonová konstrukce trvalého sekundárního ostění, tvořené betonovou klenbou osazenou na základové pásy.

V příčném řezu je dispozice tunelu uzpůsobena dvoukolejně tramvajové trati, podél ostění jsou vedeny nouzové chodníky. Tunel zahrnuje také prostor pro vedení inženýrských sítí, technologií pro zajištění provozu (kabelovody, chráničky v ostění apod.) a výklenky s šachtami pro čištění drenáže.

Přibližně v polovině délky tunelu je umístěn vstup do únikové štoly dl. 56 m a šířky 2,5 m, propojující tramvajový tunel se silniční galerií.



Celková situace stavby etapy II a její návaznost na předchozí dokončenou severní etapu I

Součástí tunelového vybavení je kompletní technologie sloužící k zabezpečení provozu a řízení tunelu. V tunelu jsou vybudovány dvě rozvodny pro umístění některých technologií. Hlavní řídicí centrum je umístěno vpravo u severního portálu tunelu jako samostatný provozně-technologický objekt.

Provozně-technologický objekt, technologie zabezpečení a řízení provozu

Velmi důležitou součástí stavby je provozně-technologický objekt, který je umístěn u severního portálu tramvajového tunelu. V něm budou umístěny nejen hlavní technologie pro řízení a zabezpečení tramvajového provozu, ale také hlavní a záložní zdroje napájení, náhradní dispečerské pracoviště a nově vybudovaná měnična pro napájení trolejí tramvajové trati. Osazené technologie v tunelu zajišťují bezpečný provoz na tramvajové trati (řízení kolejovými obvody a návěstidly), kamerový dohled s detekcí, nastavitelné osvětlení, požární zabezpečení i šíření signálu pro LZS a mobilní operátory. V silniční galerii budou technologie realizovány obdobně v rozsahu dle aktuálních požadavků.

V rámci stavby dojde také k doplnění odpovídajících technologií pro dohled a řízení na vzdálených velinech Brněnských komunikací a Dopravního podniku města Brna. Hlavním dohledovým a řídicím místem bude velin BKOM, který tyto funkce zajišťuje i pro ostatní úseky VMO.

Inženýrské sítě

V rámci stavby dochází k přeložkám/ochraně všech stávajících inženýrských sítí a vybudování kompletní nové technické infrastruktury (vodovody, kanalizace, silové kabely, optické kabely, veřejné osvětlení...) pro zajištění plné obslužnosti území.

Limitem celého technického řešení byla nutná ochrana stávajících kmenových stok (BVK, a. s.), jejichž vedení je zachováno v původních trasách a bylo nutné je staticky zabezpečit. Stoka B10 DN1750/2065 a B11 DN2400/2000 je v rozsahu pod nově budovaným zemním přesypem v délkách cca 90 m

ochráněna proti přitěžujícímu zemnímu tlaku žlb. deskou založenou na soustavě pilot.

Mezi jižní a severní soutokovou komorou bude v dílčích úsecích obdobnou úpravou ochráněn strop kanalizačního sběrače na stoce B1 DN3800/2450. Ve středním úseku stoky v délce cca 230 m je na tomto sběrači umístěna žlb. konzola vynášející chodník nad řeku Svatku, stoka zde tvoří současně nábrežní zeď. Z důvodu odstranění původní a vybudování nové konzoly pro chodník níže nad řekou včetně nové ochranné žlb. desky nad stokou bude zřízena rozsáhlá pažená těsněná stavební jámka v řece, která umožní dočasné snížení hladiny řeky nezbytné pro její výstavbu. Pažení je navrženo pomocí štetových stěn ze štetovnic VL604, a to jak kotvených zemními kotvami (ve vozovce), tak rozpíraných o stávající konstrukci nábrežní zdi (v řece). V průběhu výstavby bude strop stávajícího kanalizačního sběrače podepřen podpěrnou skruží tak, aby veškeré zatížení od výstavby (po odkopání zásypu) přenesla tato skruž. Ta bude odstraněna až poté, co nosnou funkci převezme nově vybetonovaná žlb. deska (nový strop sběrače). Vzhledem k tomu, že do trasování stok nebylo zasahováno, je nedílnou součástí kompletního zajištění funkce stávající soustavy stok rekonstrukce jejich šachet a vstupů, různě rozmístěných v rozsahu celé stavby.

V předmětném území bylo dále nutné přeložit v úpatí Wilsonovy lesa páteřní vodovod DN600, který propojuje okolní vodojemy. Potrubí je v části úseku založeno na betonových blocích kotvených do podloží.

Veřejné osvětlení je zajištěno LED svítidly s důrazem na bezpečné rovnoměrné osvětlení komunikací a chodníků s možností dálkového řízení změny intenzity.

Pěší trasy, lávka, schodiště a obslužnost území

Z důvodu úpravy dispozice hlavní komunikace a zajištění plnohodnotné bezkolizní obslužnosti území bylo v rámci stavby nutné vybudovat také související trasy pro pěší. Po obou stranách stavby jsou vedeny samostatné chodníky vzájemně spojené mimo VMO.



Zárubní zeď, silniční galerie a nově kotvený odřez svahu Wilsonova lesa, pohled k severu



Vizualizace budoucí podoby trasy nově budovaného úseku VMO Žabovřeská I – etapy II s vyústěním tramvajového tunelu a silnice v oboustranné galerii pod ekomostem, pohled k jihu

V jižní části je propojení zajištěno lávkou pro pěší nad VMO a tramvajovou tratí. Jedná se o štíhlou podélně předpjatou betonovou konstrukci o třech polích s přístupem po schodištích.

V severním úseku vzniká v místě přesypu silniční galerie a hloubeného tunelu rozsáhlý prostor, který slouží nejen k převedení pěší a cyklistické dopravy v území mezi Jundrovem a Žabovřeskami, ale také jako možná odpočinková zóna.

Architektonické řešení stavby, začlenění stavby do území

Celková koncepce stavby řešeného úseku VMO byla navržena nejen s ohledem na začlenění stavby do území dle jeho stávající a výhledové funkce, ale také s ohledem na architektonickou stylizaci okolních, již dříve realizovaných úseků VMO.

Nedílnou součástí stavby je parková úprava na všech nezpevněných plochách a podél chodníků.

Zejména v rozsahu paty Wilsonova lesa a rozsáhlého zemního přesypu dojde k výsadbě stromů a keřů.

Zajímavým architektonickým prvkem je neogotická kaple sv. Antonína Paduánského, umístěná u jižního portálu tunelu. Tato stavba zde byla podle návrhu Aloise Franze postavena v roce 1884 v rámci výstavby bývalé kolonie Kamenný mlýn. Po vybudování původní hlavní silnice byla dlouho opomíjena a chátrala bez většího zájmu. V rámci projektové přípravy stavby byla kaple zahrnuta do oprav a v roce 2015 byla prohlášena kulturní památkou. Součástí stavby je její kompletní rekonstrukce, a to zejména obnova krovu, střešní krytiny, sanace cihelného zdiva, oprava omítek, podlah a dveří a úpravy okolí kaple. Zajímavostí je, že do ní byla umístěna socha sv. Barbory, která je vždy v průběhu výstavby důlního díla umístěna na stavbě jako ochránkyně všech pracovníků. Po dokončení ražeb na svém místě však zůstane pro dohled nad bezpečností tramvajové dopravy.

Ing. Michal Zhoř, PK Ossendorf, s. r. o.

Construction of the Road I/42, Brno, Large Urban Ring Road Žabovřeská I – Stage II

Construction of the road I/42 as a part of the Large Urban Ring Road Brno Žabovřeská I – Stage II deals with the last section of the so-called north-west part of the Ring still featuring a limited traffic capacity. The structure includes extension of the existing two-lane road to a directionally divided four-lane road having the length of 920 m, relocation of the tram line to a new 500 m long tram tunnel under the Wilson Forest, relocations and renewal of utilities as well as preserving and improving serviceability and land use for city residents.

In the first article on this topic the technical solution of this extensive linear structure is described, the second article focuses on special foundation work delivered by Zakládání staveb, a. s. in the years 2021–2023.

Práce speciálního zakládání na silnici I/42, Brno, VMO Žabovřeská I – etapa II

Rozšíření stávající dvoupruhové komunikace I/42 v úseku ulice Žabovřeská na čtyřpruhovou v úzkém údolí řeky Svratky si vyžadovalo výstavbu mohutných monolitických opěrných a zárubních zdí včetně silniční galerie. Každá z těchto konstrukcí měla svoje specifické požadavky na způsob založení, vyžadující nasazení různých technologií speciálního zakládání od maloprofilového vrtání (kotvy a hřebíky) po vrtání velkopřůměrových pilot včetně použití jádrovacího nářadí. Ve velké míře se zde uplatnilo i záporové pažení pro dočasné zajištění výkopů nebo zajišťování svahů pomocí stříkaných betonů. Nejnáročnějším úkolem bylo pilotové založení největšího stavebního objektu silniční galerie, prováděné ve složitých geologických podmínkách. V článku popisujeme způsob založení hlavních stavebních objektů prováděných společností Zakládání staveb, a. s., pro jednoho z generálních dodavatelů – společnost Hochtief CZ, a. s.

Geologické a hydrogeologické poměry

Silniční galerie je situována v údolní nivě řeky Svratky při úpatí kopce Wilsonův les, který je tvořen skalními horninami brněnského masívu. Z tohoto umístění na rozhraní dvou základních geologických jednotek (brněnského masívu a Západních Karpat) vyplývají velmi složité základové poměry zájmového území.

Základové poměry tvoří přípovrchová vrstva fluvialních sedimentů řeky Svratky (náplavové hlíny, jíly, písky a štěrky), pod kterými vystupují podložní skalní horniny brněnského masívu (převážně křemenné diority – proterozoikum). Lokálně se při povrchu terénu vyskytuje i vrstva heterogenních navážek různého složení a mocnosti. Skalní horniny jsou místy tektonicky porušeny, jejich zvětrání zde zasahuje do podstatně větší hloubky. Hloubka skalního podloží upadá od kopce Wilsonův les směrem k řece, v tomto směru se zvyšuje i mocnost fluvialních sedimentů. Podzemní voda v údolní nivě řeky Svratky je vázána především na propustnější polohy fluvialních sedimentů a je místy napjatá. Při úpatí kopce Wilsonův les byly např. při realizaci založení silniční galerie místy zaznamenány vývěry podzemní vody puklinovým systémem ve skalních horninách.

Zárubní a opěrné zdi

Práce speciálního zakládání byly zahájeny v polovině března 2021 na první ze soustav tří zárubních zdí kopírující novou polohu tramvajové trati



Pilotové založení objektu C762 Protihlukové stěny



Provádění výkopu pro založení objektu C252 Zárubní zed' - tramvaj, pod ochranou záporového pažení

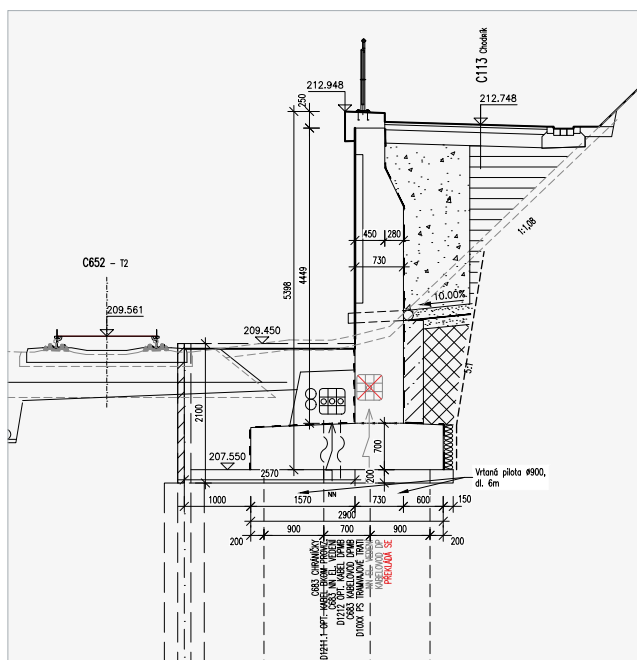


Sklolaminátové kotvení tyče pro kotvení základových bloků objektu C252 Zárubní zed' - tramvaj

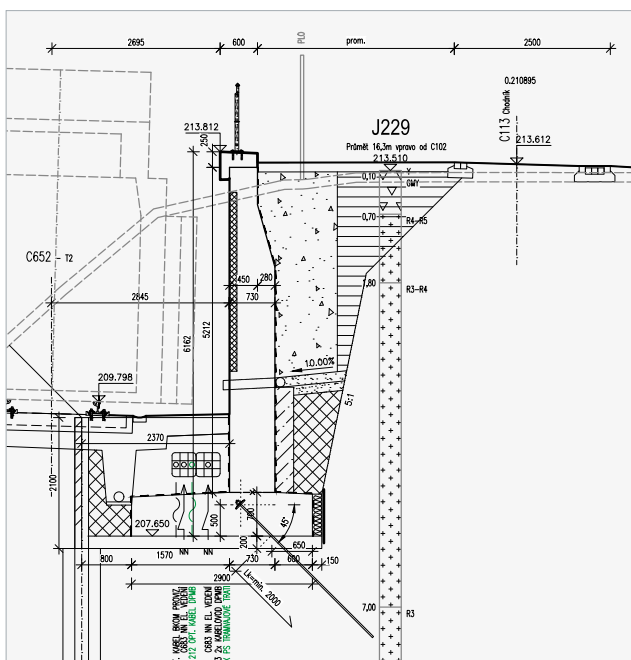
ze směru Pisárky-Bystrc, a to objektu **C251 - Zárubní zed' - tramvaj, km 2,140 vpravo**. První činností bylo provedení záporového pažení se záporami HEB 240 (82 ks), osazenými do vrtů Ø 640 mm s následně vkládanou výdřevou. Následovalo hloubení 17 ks pilot Ø 880 mm, které byly navrženy pro založení tří dilatačních celků výše zmíněné zárubní zdi.

Již od začátku prováděných prací jsme se museli vypořádávat se značnou složitostí stavby v podobě stísněného pracovního prostoru, komplikované logistiky dodávek betonu nebo pozůstatků historických inženýrských sítí a sítí, které byly stále v provozu. Práce jsme prováděli s vrtnou soupravou BG 33 H. Ta se nám osvědčila při vrtání do zvětralého granodioritu při plném využití jádrovacího nářadí do tvrdé horniny.

Po objektu zárubní zdi C251 práce plynule pokračovaly navazujícím objektem **C252 Zárubní zed' - tramvaj, km 2,310 vpravo**. Zde bylo provedeno záporové pažení podobných parametrů jako na předcházejícím objektu (114 ks zápor) a navíc zde byl zajištěn nestabilní přilehlý svah kombinací stříkaného betonu C 25/30, KARI sítě 6/100x6/100 a ocelových hřebíků dl. 4,5 m. Jednalo se o svah pod historickou památkou, novogotickou kaplí sv. Antonína Paduánského, která byla v rámci VMO Žabovřeská celkově rekonstruována. Piloty pro záporové pažení byly vrtány od jihu na sever a přecházely z měkkých poloh zvětralých dioritů na jihu až po polohy těžko vrtatelné, nacházející se kolem vjezdového portálu tramvajového tunelu. Část prováděných vrtů byla situována do míst skladovací budovy mlýna



Objekt C251 Zárubní zed' - tramvaj, vzorový příčný řez



Objekt C252 Zárubní zed' - tramvaj, vzorový příčný řez



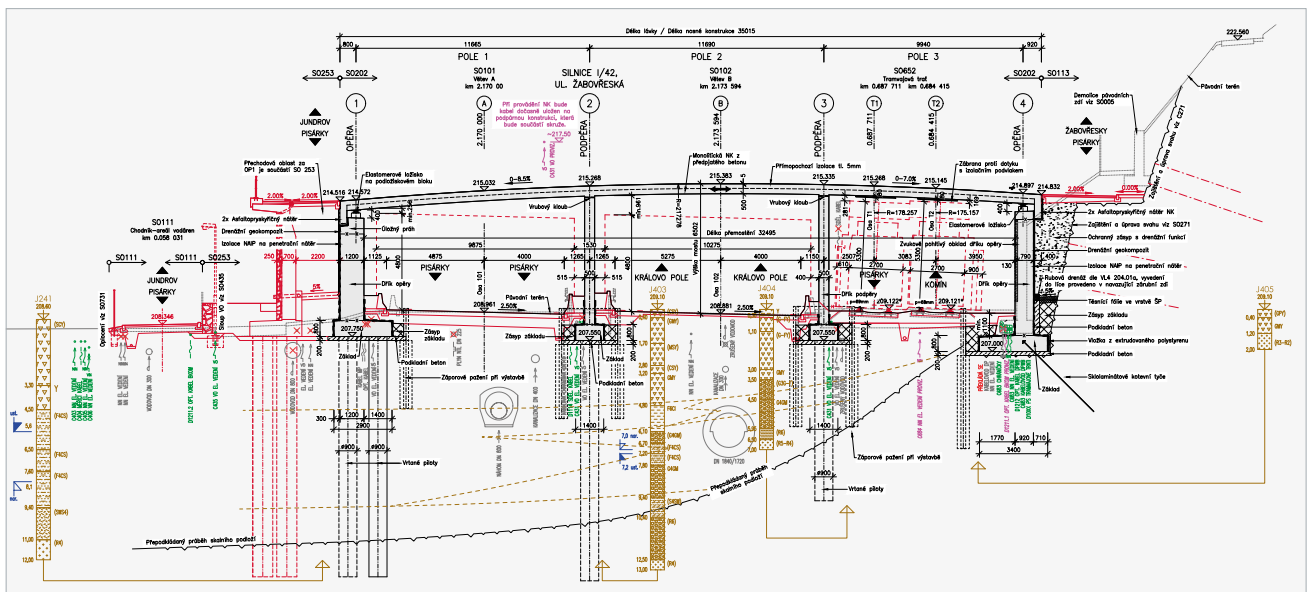
Zajištění svahu pod objektem C705 – Kaple, pomocí stříkaného betonu, KARI sítí a ocelových hřebíků



Pozůstatek historické skladovací budovy mlýna ze 16. stol. v místě dnes budovaného rozšíření silnice I/42

z 16. století, jehož pozůstatky byly objeveny a po prozkoumání archeology odstraněny před zahájením našich prací. Po dokončení vrtných prací objektu zárubní zdi C252 došlo na založení objektu **C202 mostní lávka přes VMO**. Lávka je uložena na opěrách OP1, OP4 a podpěrách P2 a P3. Opěra OP4 byla založena plošně v kombinaci se sklolaminátovými tyčemi (viz dále). Ostatní konstrukce byly založeny na 9 ks vrtných pilot \varnothing 880 mm, délky od 8,0 m do 12,0 m. Vybrané piloty byly doplněny o ocelové bezešvé trubky pro zkoušky integrity CHA. U podpěr P2, P3 a opěry OP1 mělo založení dvě fáze. Jednak hloubení vrtů pro záporny HEB 240 (34 ks) pro budoucí pažení výkopu a jednak vlastní hlubinné založení. Založení každé ze zmíněných konstrukcí OP1, P2 a P3 mělo svou kritickou fázi. Nejprve byly prováděny piloty pro podpěru P3, a to prakticky v centimetrové vzdálenosti od funkčního hlavního vedení veřejného osvětlení ulice Žabovřeská a rovněž cca 1,0 m od funkční kanalizace

DN350. Při zakládání podpěry P2, která je lokalizována ve středovém pásu silně provozem zatížené silnice I/42 Žabovřeská byla využita víkendová výluka provozu a díky profesionální práci osádky vrtné soupravy byly práce dokončeny včas. U podpěry OP1 bylo již při vrtání zápor zjištěno, že v místě založení se nachází silně proarmovaná železobetonová vana sedimentačních bazénů. Tyto bazény sloužily v minulosti nedaleko umístěné provozovně Brněnských vodáren a kanalizací a v osmdesátých letech byly zavezeny stavební suti a hlínou. Jelikož měly konstrukce bazénů šikmé plochy, nebylo je možno při dodržení požadovaných svislostí provrtat ani jádrovým náčiním. Práce byly tedy přerušeny do doby, než bylo místo založení odkopáno a železobetonová konstrukce pomocí impaktorů rozbита a posléze bagrem vytěžena. Konstrukce opěry OP1 byla součástí navazující konstrukce **C253 Opěrná zeď, km 2,150 vlevo**. Zde se problém se založením opakoval a piloty mohly být prováděny až



Objekt C202 Lávka přes VMO, podélný řez lávkou a pilotovým zakládáním



Objekt C202, osazené záporny pro pažení silnice I/42 – ul. Žabovřeská a bourání železobetonové konstrukce historických sedimentačních bazénů

po odstranění železobetonové konstrukce bazénů. Celkem se jednalo o 47 ks pilot dl. 12 m, hloubených v sedimentačním podloží vedle koryta řeky Svatky se zvýšenou hladinou podzemní vody až do navětralých granodioritů.

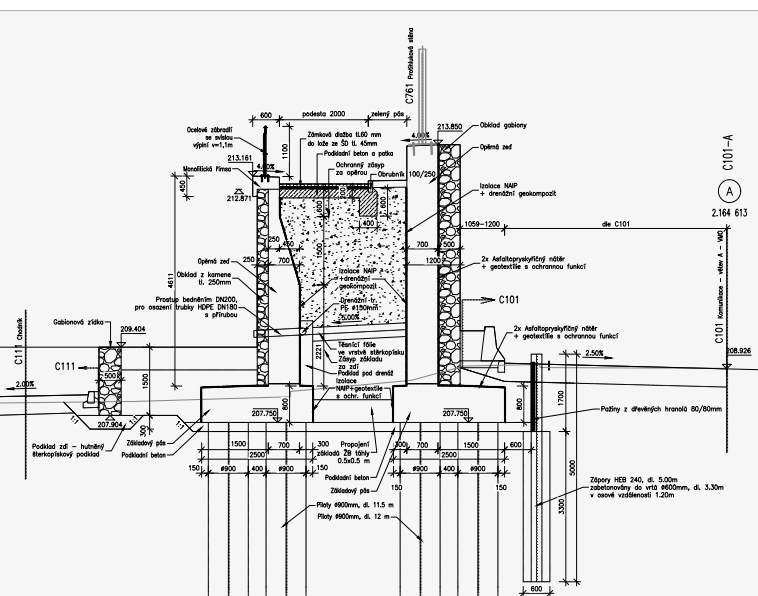
Kromě tří dilatačních celků zárubní zdi C251, které byly založeny na vrtaných pilotách, byly základy objektů C251, C252 a C202 (opěra OP4) doplněny v rámci prací speciálního zakládání o šikmé sklolaminátové tyče Rockbolt K6025 délky až 5,0 m v rozteči á 2,0 m, které byly integrovány do armokoše jednotlivých základových pásů a následně s armokošem zabetonovány.

Na protilehlé straně komunikace I/42 ulice Žabovřeské, pár metrů od řeky Svatky, pak práce pokračovaly na objektu **C255 Opěrná zeď** km 2,305 vlevo. Jejím specifíkem byl komplikovaný

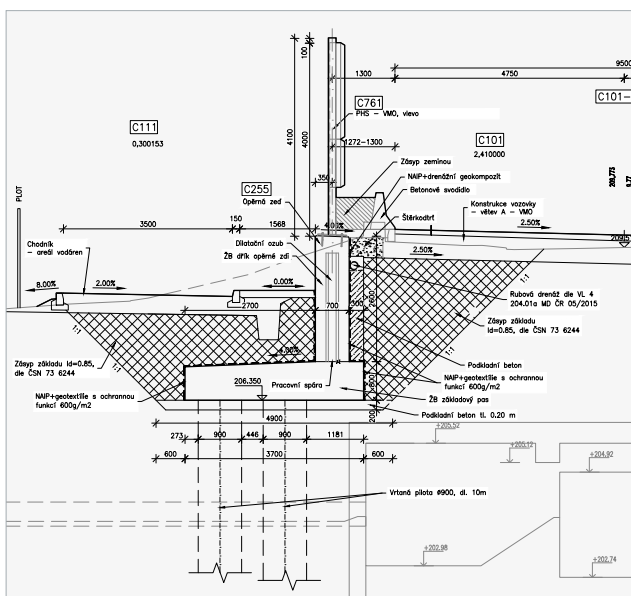


Pilotové založené podpěry P3 objektu C202 – Lávka přes VM0 pod ochranou záporového pažení

úzký prostor podél komunikace I/42, měkké podloží a hustá síť stávajících a historických inženýrských sítí. Z důvodu stísněného pracovního prostoru nebylo možno provést betonové šablony pro přesné hloubení pilot. Pojezdem vrtné soupravy by byla šablona neustále ničena. Aby mohla vzniknout alespoň trochu funkční pracovní plošina pro vrtné práce, byla na místo dovezena celkem 40 nákladními vozy rubanina z raženého tramvajového tunelu. I tak musela být pracovní plošina neustále doplňována a upravována. Práce společnosti Zakládání staveb, a. s., na tomto objektu zahrnovaly provedení 93 ks pilot Ø 620 mm, dl. 10,0 m pro založení standardních dilatačních celků opěrné zdi. A v místě dilatačního celku, který překlenoval páteřní kanalizační stoku DN 2x1300, bylo provedeno 12 ks pilot Ø 880 mm, dl. 10,0 m. Zde mělo být původně zhotoveno pilot 13, ale z důvodu vrtání v blízkosti velké kanalizační komory



Objekt C253 Opěrná zeď, vzorový příčný řez



Objekt C255 Opěrná zeď, vzorový příčný řez



Objekt C253 Opěrná zeď, pilotové založení dilatačních celků A1 až A4 včetně ochrany záporovým pažením silnice I/42 – ul. Žabovřeská



Objekt C255 Opěrná zeď, pilotové založení dilatačních celků D01 až D04

a nemožnosti zjištění přesných obrysů této konstrukce byla po dohodě se statikem konstrukce objektu C255 jedna pilota vynechána, aby zařízení vodáren a kanalizací nebylo poškozeno. Velkou profesionalitu předvedl vrtmistr u založení dilatačního celku, přes který procházel funkční vodovod DN 300, který napájí pitnou vodou brněnskou čtvrť Žabovřesky. Po upřesnění vzdáleností pilot a přesném určení průchodu vodovodu pomocí kopané sondy byly v těsné blízkosti vodovodu provedeny čtyři piloty, vždy dva páry z jedné strany potrubí. Další kuriozitou tohoto objektu bylo hloubení vrtů v místě, kde stál mlýn ze 16. století. V průběhu prací bylo nutno vrtným nářadím procházet přes dřevěné segmenty starého mlýnského kola nebo původního dřevěného pilotového založení.

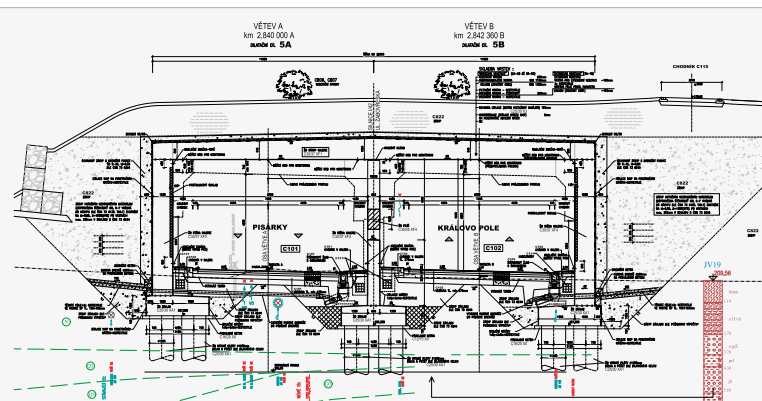
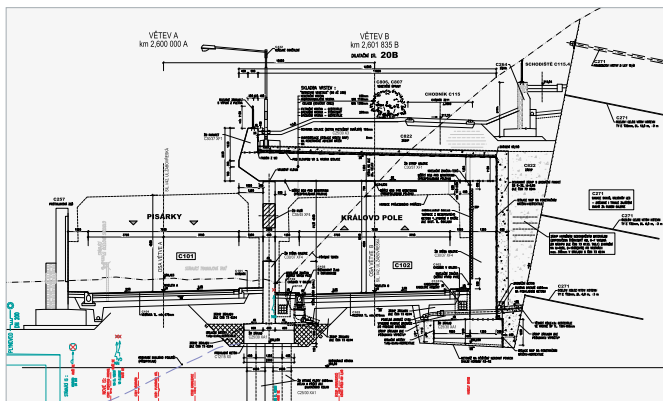
Po dokončení pilot na objektech opěrných zdí se práce přesunuly na největší objekt VMO Brno – **objekt C621 Galerie**.

Objekt C621 Galerie

Oproti výše zmíněným konstrukcím zárubních a opěrných zdí na VMO Žabovřeská I – etapa II je objekt zde navržené silniční galerie vystaven mnohem komplikovanějším stavům statického zatížení. Jednak při samotné výstavbě (přejezdy těžké stavební

techniky při zasypávání) a jednak po dokončení konstrukce (zatížení od provozu, zásypu za rubem a od pohybu skalního svahu). Celkové založení objektu galerie bylo navrženo jako kombinované (zčásti plošné – u některých dilatačních celků opěr vpravo, zčásti hlubinné – na velkopřůměrových pilotách – u středových pilířů průměru 0,9 m, u krajních opěr průměru 1,2 m).

Hned po odvrtání první piloty bohužel došlo k rozdílu délky piloty mezi projektem a realitou na stavbě. Proto zde bylo po dohodě (mezi TDI, geotechnikem a geologem stavby, projektantem RDS a dodavatelem pilotového založení) pilotové založení prováděno pomocí observační metody. Systém observační metody spočívá v tom, že je nejprve odvrtána první a posléze poslední pilota v každém dilatačním celku. Geologický profil obou pilot zapsaný přímo in-situ geologem stavby je ihned zaslán projektantovi galerie pro vykreslení teoretické hrany skalního podloží. Z takto vykreslené hranice skalního podloží jsou pak stanoveny předpokládané délky pro ostatní piloty v daném dilatačním celku. Na takto stanoveném profilu statik založení galerie přepočítá nové délky pilotového založení a určí, zda lze v pracích pokračovat. Pro stavbu se jednalo samozřejmě o komplikace, neboť na každou pilotu byl již předem vyroben armokoš dle platné RDS. A ten musel být délkově upraven přímo na stavbě. Došlo



Objekt C621 Galerie, vzorové příčné řezy galerií, jednostrannou i dvoustrannou



Pilotové založení objektu C621 Galerie

i k takovým extrémům, že z původně navržených 12,5 m pilot byly prováděny piloty délky např. jen 4,0 m. Na objektu galerie bylo celkem provedeno 141 ks pilot Ø 900 mm a 254 pilot Ø 1200 mm.

Kromě zmíněné složitosti geologického podloží se potvrdil i výskyt navážek a zasypaných mělkých sklepů (pravděpodobně zbytky z místní osady Kamenný mlýn, která byla zlikvidována na začátku 70. let 20. století).

Jak už bylo v úvodu této kapitoly zmíněno, bylo provádění prací logisticky a výrobně velmi náročné. Současně zde probíhaly práce na dokončení tramvajového tunelu a zároveň bylo zahájeno odtěžování horniny na prvních úsecích galerie.

Přejezdy mezi jednotlivými úseky galerie č. 1 až č. 5 byly realizovány po velmi frekventované komunikaci. Proto bylo přemísťování mechanizace speciálního zakládání prováděno převážně v noci při sníženém provozu na ulici I/42 Žabovřeská.

Protihlukové stěny

Poslední vrtné práce byly prováděny na objektu **protihlukových stěn C762** ze směru Pisárky–Bystrc. Práce mohly být zahájeny až

po odtěžení kolejíště původní tramvajové trati, kde bylo ve stísněných podmínkách provedeno 69 základových pilot Ø 640 mm.

Popsané práce byly společností Zakládání staveb, a. s., prováděny v letech 2021–2023 a představují převážnou většinu prací speciálního zakládání na této stavbě. V roce 2024 by měly být zhotoveny ještě piloty pro objekt C257 – Protihluková zeď a gabiony – VMO, km 2,470 vlevo v celkovém objemu cca 100 ks pilot Ø 900 mm, dl. 8–9 m.

Závěr

Obecně se jedná o náročnou stavbu z hlediska provádění prací v bezprostřední blízkosti silnice I/42 Brno, VMO Žabovřeská I – etapa II, která je součástí brněnského VMO, přerušování prací dané etapovitostí výstavby, logistiky a samozřejmě především vzhledem k obtížným extrémně složitým základovým poměrům, popsaným výše v textu. Nicméně i přes tyto potíže spějí práce ke zdárnému konci tak, aby mohla být tato významná brněnská stavba ve stanoveném termínu dokončena.

Ing. Miroslav Lipka, Hochtief, a. s.,

s přispěním **Ing. Zdislava Zubatého**, Zakládání staveb, a. s.

Foto u celého tématu: autor, archiv Zakládání staveb, a. s.,

Libor Štěrba a Ing. Stanislav Magaň

Základní údaje stavby

Název: I/42 Brno VMO Žabovřeská I – etapa II

Investor: Ředitelství silnic a dálnic ČR; Statutární město Brno

Zhotovitel stavby: společnost „I/42 Brno VMO, Žabovřeská I – II. etapa“, (EUROVIA CS, a. s., Hochtief CZ, a. s., Subterra, a. s.)

Projektant DSP a PDPS: sdružení „I/42 Brno VMO Žabovřeská“,

Vedoucí společník: PK Ossendorf, s. r. o.;

Realizace: 2020–2024

Předpokládané náklady: 2,035 mld. Kč bez DPH

Vybrané technické parametry stavby

Celkový počet stavebních objektů a provozních souborů: 157

Celková délka úseku VMO: 920 m

Tramvajová trať: 1113 m (z toho 500 m v tunelu)

Tramvajový tunel: 500 m (333 m ražený, 167 m přesypaný)

Silniční galerie: 327 m (247 m jednostranná, 80 m ekodukt)

Special Foundation Work on the Road I/42, Brno, Large Urban Ring Road Žabovřeská I – Stage II

Extension of the existing two-lane road I/42 in the section of Žabovřeská Street to a four-lane road in the narrow valley of the Svratka River required construction of massive monolithic retaining walls, including a road gallery.

Each of these structures had its specific requirements regarding its foundation, requiring deployment of various special foundation technologies, ranging from small profile boring (anchors, nails) to large-diameter bored piles including use of core drilling tools.

Rider bracing for temporarily securing excavations or securing slopes by means of jetcrete were applied here to a large extent.

Pile foundation of the largest structure of the road gallery, carried out in complicated geological conditions, represented the most demanding task. Foundation methods for main objects delivered by Zakládání staveb, a. s., to one of the main general contractors – Hochtief CZ, a. s., are described in the article.

Pekárenský dvůr – jedinečný rezidenční projekt v centru Brna

V brněnských Zábřovicích, v prostoru vnitrobloku původního areálu pekárny Penam mezi ulicemi Cejl a Bratislavská, vzniká v současnosti jedinečný projekt – rezidence Pekárenský dvůr. Tvořit ho bude celkem pět samostatných domů s 239 bytovými jednotkami různých dispozic a s celkem 222 parkovacími místy v podzemních garážích. Investorem je firma Domoplan – Pekárenský dvůr, s. r. o., pro níž práce speciálního zakládání prováděla společnost Zakládání staveb, a. s.

Po stránce architektonické nabídne Pekárenský dvůr moderní architekturu s vysokým standardem materiálů. Zároveň se jedná o koncept bydlení s prostory pro společné trávení volného času. Jako první rezidenční projekt v Brně bude tento soubor navržen a postaven v souladu s požadavky na certifikaci udržitelnosti budov BREEAM. Všechny fasády budou mít cihlový obklad, samozřejmě pak budou zelené střechy, kvalitní dřevěné podlahy nebo velká hliníková okna s členěním průmyslového charakteru. „Naším cílem je vytvořit novou moderní rezidenční čtvrť, která vrátí této lokalitě původní obytnou funkci a která bude strukturou zastavění korespondovat se stávajícím typem zástavby. Architektura všech objektů je střídá a nenásilná – čisté fasády s pravidelným rytmem okenních otvorů. Současně se ale snaží pracovat s jednoduchými prvky hmotového narušení stereotypu fasád v podobě zapuštěných lodžii a vyložených balkónů,“ popisuje tvůrce původního projektu Radim Lička ze společnosti Dimense.



Vizualizace budoucí podoby komplexu Pekárenského dvora tvořeného pěti samostatnými objekty

Kromě klasických bytů projekt zahrnuje i speciální koncept bydlení známý spíše ze zahraničí – townhousy –, což jsou byty rodinného, vyššího městského řadového domu s více obytnými místnostmi, obvykle ve třech podlažích. V posledním patře rezidence je navržen exkluzivní střešní penthouse s celkovou výměrou přes 260 metrů čtverečních. V současnosti se jedná o vůbec největší penthouse v Brně s výhledem na místní pamětihodnosti. V jedné z hlavních budov budou umístěny tři komerční jednotky, jejichž obsazení investor vybere tak, aby co nejlépe odpovídaly potřebám a přáním budoucích obyvatel Pekárenského dvora – od klidné kavárny přes domácí pekařství (navazující na tradici tohoto místa) po restauraci nebo kadeřnictví. Celková hodnota projektu činí jednu a půl miliardy korun. Dokončení je plánované na druhou polovinu roku 2023.



Pohled do vnitrobloku Pekárenského dvora, vizualizace

Zajištění stavební jámy a založení objektu Pekárenský dvůr v Brně-Zábrdovicích – Cejl

Na požadovanou hloubku výkopu cca 6,5 m byla stavební jáma rezidence Pekárenský dvůr pažena dočasnou podzemní stěnou tl. 50 cm s kotvením v jedné úrovni pramencovými kotvami. Jednotlivé rezidenční objekty byly založeny na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Práce speciálního zakládání prováděné společností Zakládání staveb, a. s., zde probíhaly v době od dubna 2021 do listopadu 2022.



Umístění pozemku, historie

Místo stavby se nachází ve východní části centra města Brna, v zastavěné části obce. Pozemek se nachází mezi hlavní zábrdovickou dopravní tepnou – ulicí Cejl – a souběžnou ulicí Bratislavskou.

Stavební rozvoj v této části Brna je datován na začátek 19. století, kdy zde vznikla zástavba nízkými domky, které byly později nahrazeny vícepatrovými domy s převážně průmyslovým využitím. Na Cejlu č. p. 85 se ve dvorním křídle od roku 1907 nacházela tzv. Pantůčkova pekárna, která byla po roce 1917 postupně přestavěna na objekt Dělnických pekáren (Dělpe), cukráren



Staveniště v době zahájení prací speciálního zakládání

a perníkůren. Souběžně s postupnou výstavbou budov určených pro provoz pekárny byla v tomto období na místě starých domků projektována stavba obchodního a nájemního domu.

Popis objektu

Před vlastní realizací současného stavebního záměru se na pozemku celkové plochy 5685 m² nacházely budovy bývalé městské pekárny Penam. Investor tyto objekty odstranil a uvolnil plochu pro následnou výstavbu. Okolí vnitrobloku tvoří bytové činžovní domy.

Dle projektové dokumentace je do vnitrobloku umístěno pět samostatných domů o 7 až 9 nadzemních podlažích. Domy jsou rozmístěny převážně podél hranic vnitrobloku a vytvářejí mezi sebou dostatečné odstupové vzdálenosti a současně originální prostory, které jsou vyhrazeny pro různorodé prvky městské zeleně, městského mobiliáře nebo prvky pro volnočasové aktivity. Předpokladem pro vytvoření takového prostoru je v první řadě „uzavření“ uliční fronty domů v ulici Bratislavská.

Ze stavebního hlediska se jedná o kombinaci stěnového a skeletového systému v souladu s požadavky na mechanickou odolnost a stabilitu. Areál bude dopravně napojen na jednosměrnou stávající komunikaci Bratislavskou.

Geologické poměry

V rámci IG průzkumu byly provedeny dvě vrtané sondy do hloubky 15 m a 6 mělkých vrtaných sond environmentálního průzkumu případného znečištění svrchních vrstev do hloubky 3 m.

Povrch terénu zájmového území tvoří **navážky** mocnosti 1,0–1,8 m. Litologicky se jedná o málo ulehle hlinito-šterkovité zeminy s příměsí stavební suti.

Fluviální zeminy lze rozdělit do dvou vrstev. Svrchní část rostlého podloží tvoří tzv. povodňové hlíny – přeplavené sprašové hlíny pevné konzistence, případně organické středně plastické hlíny. Ověřená mocnost tohoto souvrství je od 2,1 do 3,5 m. Fluviální zeminy spodního stupně údolní nivy tvoří nesoudržné zeminy, převážně šterky. Mocnost zemin tohoto geotechnického podtypu dosahuje 1,6 m.

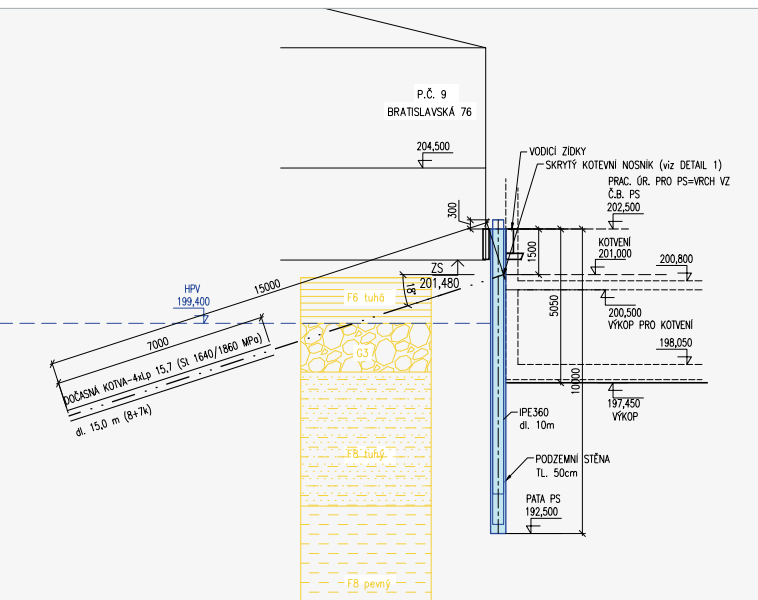
Předkvartérní podklad je tvořen bádenskými vápnitými jíly (tzv. tégly). Jedná se

o velmi vysoce plastické jíly ve svrchní části tuhé konzistence, směrem k bázi jsou zeminy konzistence pevné.

Podzemní voda byla zastižena oběma průzkumnými vrty, a to v hloubce 5,05 a 5,70 m pod úrovní terénu, a je vázána na souvrství nižšího šterkového stupně údolní nivy řeky Svitavy (vzdálené od lokality cca 300 m východním směrem).



Archeologický průzkum před zahájením hlavních prací speciálního zakládání

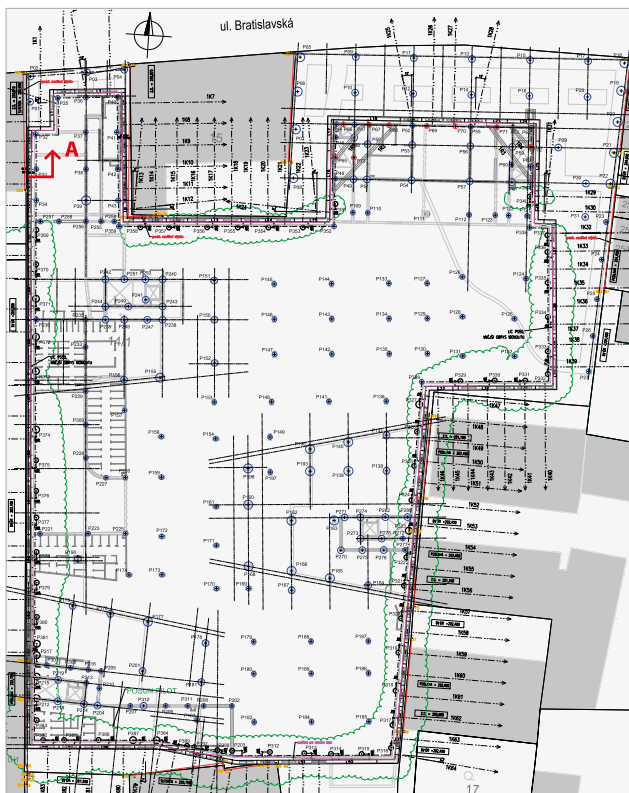


Zajištění stavební jámy podzemní stěnou tl. 50 cm podél objektu Bratislavská 76, řez A-A

Zajištění sousedních objektů

Vzhledem ke snaze o maximální využití plochy vnitrobloku pro potřeby nového projektu prochází obvodová podzemní stěna často v těsné blízkosti sousední zástavby. Před zahájením prací zajištění stavební jámy a založení objektů byla u těchto objektů provedena podrobná pasportizace.

Terén před obvodovými zdmi sousedních objektů byl postupně opatrně odtěžován na kótu paty budoucích vodičích zídek podzemní stěny. Přitom se dbalo na to, aby nebyla podtěžena základová spára objektů. Ihned po vytěžení zeminy



Půdorys zajištění stavební jámy a založení objektů komplexu Pekárenského dvora

pro vodičí zídky byla základová spára upravena podkladním betonem, aby nedocházelo k podmáčení stávajících základů. Povrch zdiva suterénu byl ručně začištěn a následně opatřen stříkaným betonem C 20/25 tl. 30–80 mm vyztuženým 1krát sítí 100/6–100/6.



Provádění podzemní stěny u objektu v ulici Bratislavská

Zajištění stavební jámy

Před zahájením realizace pažení stavební jámy byly odstraněny všechny stávající objekty na pozemku a vytvořeny pracovní plochy pro technologii podzemních stěn. Podél ulice Bratislavská byla pracovní plocha navržena v úrovni silnice (cca 204,0 m n. m.), ve zbylé části pak v úrovních 201,75–205,5 m n. m. – dle výšek okolního terénu a hloubky založení budov na sousedních pozemcích.

K zajištění výkopu a zamezení přítoků podzemní vody do stavební jámy byla navržena **kotvená pažicí a těsnicí podzemní stěna tl. 500 mm (PS50)** vyztužená ocelovými profily. (Jednalo se o modifikovaný návrh k původně navrhované konstrukční podzemní stěně tl. 80 cm.)

Výkop byl proveden na hloubku 5–6,5 m. Stěny byly kotveny v jedné úrovni pomocí **dočasných pramencových kotev 4x LpØ15,7 mm (0,62'')**, oceli 1670/1860 MPa.

Část pilotového založení novostavby v SV rohu pozemku byla navržena mimo půdorys stavební jámy vymezený podzemní stěnou. Tyto piloty byly provedeny ještě před realizací podzemní stěny. Kotvení stěny bylo pak v tomto místě jámy nahrazeno **rozpěrami** z dvojice profilů štětovnic VL604, jelikož při realizaci kotev by došlo pravděpodobně k jejich kolizi s pilotami vně jámy. V předstihu byly rovněž provedeny i piloty uvnitř jámy v místě budoucích rozpěr.

Během realizace této fáze pilotového založení probíhal archeologických průzkum a byla postupně uvolňována hlavní plocha s původní trafostanicí. Tyto bourací práce bylo nutné koordinovat s přípravou pracovních plošin pro provádění podzemních stěn.

Pro podzemní stěny byl použit beton C 16/20 – X0 – D_{max} 16 – S4. Hloubky jednotlivých lamel podzemních stěn byly v rozmezí 9–11,5 m. Výztuž podzemních stěn byla tvořena jednotlivými profily IPE 360 nebo dvojicí profilů IPE 360 svařenou do panelu pomocí betonářské výztuže nebo dvojicí profilů IPE 300 spojenou přepáskováním. Profily byly osazeny vibrátorem do čerstvého betonu lamely ihned po betonáži. Lamely tvaru „L“ ve vnitřních rozích jámy byly vyztuženy dvěma armokoši, osazovanými najednou. Během osazování byla doplňována propojovací výztuž, aby nevznikly praskliny v betonu v místě rohu podzemní stěny. Součástí armokošů byly průchodky pro kotvy \varnothing 168/4,5 mm s deskou 350/350/10 nebo s deskami pro navaření rozpěr.

Po uzavření pažicí konstrukce podzemní stěny byla zahájena těžba jámy.

Následovalo kotvení podzemní stěny dočasnými kotvami a instalace rozpěrné konstrukce. Po dokončení těchto činností byl proveden výkop na nejnižší pracovní úroveň s ochrannou vrstvou a dokončeno pilotové založení v ploše stavební jámy. Souběžně s těžbou stavební jámy byla čerpána podzemní voda, uzavřená ve vodonosných vrstvách štěrkopísků.

V závislosti na typu výztuže PS 50 byly navrženy tři typy kotvení:

- Vrtly přes panely osazené v PS50 byly prováděny do průchodky \varnothing 168/4,5 s deskou 350x350x10 mm osazenou v armokoši nebo ve skryté převážce mezi profily IPE360.
- Vrtly přes PS50 byly prováděny do prostého betonu mezi profily IPE360. Zakotvení bylo provedeno přes převážku UNI. Po betonáži stropu pod převážkou byly kotvy deaktivovány a převážky odstraněny. Tato varianta byla použita v úsecích, kde podmínky dovolily umístit kotvy tak, aby je bylo možné deaktivovat po realizaci stropu 2. podzemního podlaží.
- Vrtly přes PS50 byly prováděny do prostého betonu mezi dvojicí IPE300. Hlava kotvy byla zapuštěna do vyfrézovaného otvoru \varnothing 350 mm.



Hloubení vrtů pro čerpací studny

Pilotové založení

Založení nosných (systémových) prvků objektu (sloupy, stěny) bylo provedeno na vrtaných pilotách o průměru 640, 880 a 1180 mm, dl. 6–20 m.

Projekt pilotového založení vznikl po částech, souběžně s návrhem žlb. konstrukce objektu.

Pracovní plocha pro piloty byla rozdělena na následující výškové úrovně:

- Pro piloty objektu **A a B** (P1–P64) vně stavební jámy a piloty uvnitř jámy umístěné pod rozpěrami byla pracovní plocha na úrovni stávajícího terénu poblíž ul. Bratislavské



Částečně odtěžená kotvená podzemní stěna podél ulice Bratislavské

(204,00 m n. m.). Jak již bylo vysvětleno výše, bylo nutné tyto piloty provést ještě před výkopem stavební jámy po provedení podzemních stěn.

- Pro zbylé piloty objektu B (P65–P73), které jsou umístěny rovněž pod rozpěrami, pracovní plocha na úrovni cca 202,00 m n. m.
- Pro většinu zbývajících pilot P109–P389 byla pracovní plocha na úrovni 60 cm nad úrovní dna definitivního výkopu (dno výkopu 197,45 m n. m.), tj. pracovní plocha na úrovni 198,05 m n. m. (30 cm ochranná vrstva + 30 cm zpevněná plocha – recyklát).

Ve vrstvách neogenních jííl se nacházejí polohy zvodnělých písků, proto bylo nutné počítat s pažením celého vrtnu.

Pro piloty byl navržen beton C 25/30 – XC2 – XA1 – D_{max} 22 – Cl 0,4 – S4 a výztuž svařovanými armokoši z oceli B 500B. Piloty



Frézování povrchu podzemních stěn



Zapažená stavební jáma s dokončeným pilotovým založením

pod obvodovými stěnami mají kotevní výztuž na propojení se základovou deskou, „vnitřní“ piloty byly navrženy dle požadavku hlavního projektanta bez kotevní výztuže do základové desky.

Použité strojní vybavení

Sestava strojů a zařízení pro technologii podzemních stěn:

- míchací a regenerační centrum bentonitové suspenze, plazový bagrjeřáb HS 845, lanový drapák K 510, plazový jeřáb CKE 550; vibroberanidlo ICE 416 pro osazení výztužných panelů a zápor do podzemní stěny;
- sestava strojů pro provádění velkoprofilových pilot: vrtná souprava BG 25, kolový nakladač V 70.

Ing. Radek Novák, FG Consult, s. r. o.,

s příspěvím **Ing. Libora Petruš**, Zakládání staveb, a. s.

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

Pekárenský dvůr/Bakery Courtyard in Brno-Zábrdovice – a Unique Residential Project in the Centre of Brno

In Brno's Zábrdovice, in the courtyard of the original Penam bakery complex between Cejl and Bratislavská streets, a unique project is currently under construction – the Pekárenský dvůr Residence. It will consist of five separate buildings with 239 residential units of various layouts and a total of 222 parking places in underground garages. The company Domoplan – Pekárenský dvůr, s. r. o., is the investor for which Zakládání staveb, a. s. carried out the special foundation work.


Securing the Construction Pit and Foundation of the Pekárenský dvůr/Bakery Courtyard in Brno-Zábrdovice – Cejl


The foundation pit of the Pekárenský dvůr/ Bakery Courtyard Residence was braced with a temporary diaphragm wall 50 cm thick to the required excavation depth of about 6.5 m, with anchoring by means of strand anchors at one level. Individual residential buildings were founded on large-diameter bored piles. The special foundation work by Zakládání staveb, a. s. was carried out from April 2021 till November 2022.




- # 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



**Poskytujeme kompletní škálu technologií
speciálního zakládání**

**Zakládání staveb, a. s.
K Jezu 1, P. S. 21, 143 01 Praha 4
Tel.: 244 004 111, info@zakladani.cz
zakladani.cz**