




ZAKLÁDÁNÍ

časopis Zakládání staveb, a. s.

3/2023

ročník 35

- 
- **TÉMA ČÍSLA: TUNEL POHŮRKA NA DÁLNICI D3 na obchvatu Českých Budějovic, VÝVOJ PROJEKTU a PRÁCE SPECIÁLNÍHO ZAKLÁDÁNÍ v letech 2019-2024**
 - Přednáška J. M. Bottiau: **BUDOUCNOST GEOTECHNICKÉHO INŽENÝRSTVÍ, 1. část**
 - Zajištění stavební jámy **ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY ROZTYLY PLAZA v Praze 4**



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:

RNDr. Ivan Beneš

Foto na titulní straně:

k článku na str. 18

Design & Layout:

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

Tisk:

Grafico, s. r. o.

Ročník 35

3/2023

25. 2. 2024

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází třikrát za rok

Pro rok 2024 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

Aktuality

Společenské setkání zaměstnanců a partnerů skupiny Zakládání v Betlémské kapli v Praze (red) **2**

Teorie a praxe

Konference EFFC/DFI v Berlíně a hlavní přednáška, tzv. John Mitchel Lecture, belgického reprezentanta Maurice Bottiau ze společnosti **3**

Franki Foundations Belgium

Ing. Jindřich Řičica, ADSZS,

Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.

Přednáška Maurice J. M. Bottiau: Inženýr, právník a dodavatel: **4**

filozofické tázání po budoucnosti geotechnického inženýrství, 1. část

Maurice J. M. Bottiau, Franki Foundations Belgium, ABEF

(Association Belge des Entrepreneurs de Fondations)

Zahraníční stavby

Stabilizace sesuvu na dálnici No. 99 v Britské Kolumbii **10**

Článek autorů Adriana Gyggaxe, Roda Kostaschuka a Sarah Gaibové „Structural

Aspects of the Stabilization of Ten Mile Slide“ z časopisu Deep Foundations,

July/Aug 2023, přeložil a upravil RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.

Kaleidoskop

Ze zajímavých staveb roku 2023 **15**

Dopravní stavby

Tunel Pohůrka na dálnici D3 na obchvatu Českých Budějovic, vývoj projekčního řešení **18**

Ing. Tomáš Urbánek, MPI Projekt, s. r. o.

Tunel Pohůrka – práce speciálního zakládání, 2019–2024 **28**

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

Občanské stavby

Administrativní budova Roztyly Plaza, zajištění stavební jámy a založení objektu **40**

František Šedivý, Zakládání Group, a. s.,

s přispěním Ing. Michaela Remeše, Zakládání staveb, a. s.

Společenské setkání zaměstnanců a partnerů skupiny Zakládání v Betlémské kapli v Praze

Na podzim loňského roku se v Betlémské kapli v Praze uskutečnilo společenské setkání zaměstnanců a partnerů v rámci holdingu kooperujících společností Zakládání staveb, a. s., Zakládání Group, a. s., Terracon, a. s., a Trilet, a. s.



Ivan Hlas Trio (zleva: Norbi Kovács, Ivan Hlas, Jaroslav Nejezchleba)

Příležitostí k setkání bylo 55. leté výročí založení závodu Speciálního zakládání staveb, který byl předchůdcem společnosti Zakládání staveb, a. s. Pozvané hosty na setkání přivítal generální ředitel Zakládání staveb, a. s., Ing. Jiří Mühl. V krátkém projevu připomněl historii a vývoj společnosti v holdingu, jejich současné postavení na stavebním trhu a vize do budoucnosti. Především ale poděkoval všem zaměstnancům a kolegům, kteří se na úspěšném postavení společnosti svojí dobrou prací podílejí a rovněž i rodinným příslušníkům za jejich podporu.

Poté již následovalo vystoupení hlavního hosta večera – Ivan Hlas Trio –, které se neslo v příjemné a vřelé atmosféře a skládilo také velmi příznivou odezvu publika. Společenské setkání pak pokračovalo do pozdních večerních hodin rautem v historických prostorách Lapidária v suterénu Betlémské kaple.

(red)



Ing. Jiří Mühl při přivítání hostů v Betlémské kapli



Ivan Hlas

Konference EFFC/DFI v Berlíně a hlavní přednáška, tzv. John Mitchel Lecture, belgického reprezentanta Maurice Bottiau ze společnosti Franki Foundations Belgium

V roce 2022 se konala v Berlíně tradiční konference dodavatelských organizací profese geotechnického inženýrství EFFC – European Federation of Foundation Contractors, zastupující národní federace zemí EU a také DFI – Deep Foundation Institute, zastupující obdobné organizace i jednotlivce převážně z USA a ostatních zemí světa. Nejvíce zájmu i ohlasu vzbudila na této konferenci hlavní přednáška, tzv. *John Mitchel Lecture*¹⁾, belgického reprezentanta Maurice Bottiau ze společnosti Franki Foundations Belgium, který je také trvalým vůdčím činitelem těchto konferencí. Obsah této přednášky budeme postupně uveřejňovat v tomto a v následujících vydáních našeho časopisu.

Témata jednání, odehrávajících se v několika různých sálech areálu Technické univerzity Berlín, byla rozdělena na tři bloky. V **hlavním bloku** byly prezentovány a diskutovány současné problémy tzv. mega-projektů. Jednalo se o tři hlavní přednášky, první se týkala výstavby podzemní železniční dopravy v centru Mnichova – „Second S-Bahn Core Route Munich“, druhá výstavby pařížského metra – „The Grand Paris Express project“ a třetí velkého projektu v rámci výstavby železniční sítě rychlovlaků v Londýně – „TBA“. Přednášky a následně debaty probíhaly spolu s investory a generálními projektanty.

V **dalším velmi rozsáhlém bloku** byly rozmanité příspěvky na téma problémů trvalé udržitelnosti v souvislosti s geotechnickým inženýrstvím. Ty byly probírány i v samostatných workshopech. Obvyklá část problematiky o navrhování a provádění geotechnických konstrukcí tentokrát přinesla relativně méně inovativních nebo technologických podnětů. Byla však doplněna i o speciální sekce, například o bezpečnosti práce nebo zejména o pokroku ve zřizování pracovních ploch strojů speciálního zakládání. V řešení posledně uvedeného problému se hledá společná cesta. Detailní a komplikovaný komplex pravidel používaný aktuálně ve Spojeném království, nabídnutý ke všeobecnému následování, se zdá být příliš obtížný.



Místo konání konference EFFC/DFI – Technická univerzita v Berlíně

V nejvíce sledované přednášce, tzv. John Mitchel Lecture, se belgický reprezentant Maurice Bottiau soustředil na výhled do budoucnosti naší profese z obecnějšího pohledu, který zarámoval do rozboru od počátků inženýrství a pokračoval poukazováním na specifika jeho vývoje v geotechnické oblasti až do dnešních dnů. Zabýval se i obchodní stránkou činnosti našeho oboru, která povětšinou zůstává stranou náplně takovýchto konferencí, ačkoli je pro jeho existenci nezbytná. Přednáška představuje výstižnou syntézu

¹⁾ The John Mitchell Lecture je označení pro výroční světovou přednášku pořádanou od roku 1991 komunitou geotechnického inženýrství na počest významného britského geotechnika Johna Mitchell, který zahynul při kontrole pilotového založení na stavbě v centrálním Londýně v roce 1990.



Fotografie z přednášky Mega Project Keynote: Second S-Bahn Core Route Munich, Marc Steinfeld, Deutsche Bahn AG

aktuální situace naší profese. A jelikož měla u přítomného publika značný pozitivní ohlas, vypracoval autor na dané téma později obsáhlejší článek, který se nám od něho podařilo získat a nabídnout ho v překladu redakci časopisu ZAKLÁDÁNÍ, resp. jeho čtenářům.

Kromě faktického obsahu shrnutí předloženého M. Bottiau může být pro nás inspirativní a poučná i jeho forma vyjasňování situace našeho oboru a také odborný jazyk, společně upevněný ve sjednocující celosvětové komunikaci (viz například užívání termínu geotechnické inženýrství).

Ing. Jindřich Řičica, ADSZS,

Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.

The EFFC/DFI conference in Berlin and the main lecture, the so-called John Mitchel Lecture, by the Belgian representative Maurice Bottiau from Franki Foundations Belgium

In 2022, the traditional conference of contractor organizations of the geotechnical engineering profession was held in Berlin. EFFC – European Federation of Foundation Contractors, representing national federations of EU countries and also DFI – Deep Foundation Institute, representing similar organizations and individuals mainly from the USA and other countries of the world. The main one lecture attracted the most interest and response at this conference, the so-called John Mitchel Lecture¹⁾, by the Belgian representative Maurice Bottiau from Franki Foundations Belgium, who is also the leading personality of these conferences. We will gradually publish the content of this lecture in this and the following ones editions of our magazine.

Přednáška Maurice J. M. Bottiau: Inženýr, právník a dodavatel: filozofické tázání po budoucnosti geotechnického inženýrství, 1. část

Tento článek, vycházející z přednášky přednesené na konferenci EFFC/DFI v Berlíně v roce 2022, zvažuje budoucí roli geotechnického inženýra v jeho každodenní práci pro naši moderní společnost. Rozvoj velkých dat, rostoucí role předpisů, nebezpečný vývoj smluvního prostředí a v neposlední řadě výzvy vyplývající z klimatologických změn: všechny tyto faktory vytvářejí nové prostředí, kterému se naše profese musí přizpůsobit. Po krátkém ohlédnutí za historii inženýrství a specificky geotechnického inženýrství projdeme tyto různé aspekty a pokusíme se zjistit, jak mohou ovlivnit naši každodenní práci, ale také zda a jak na ně můžeme reagovat. Uvedení těchto nových trendů do perspektivy historie nám snad pomůže prozkoumat, které základní souvislosti naší profese zůstávají platné a které klíčové koncepty by nás stále měly vést od šumu k signálu. Vzhledem k záměru DFI při vzniku tradice této přednášky a při vzpomínce na osobnost Johna Mitchella bude věnována zvláštní pozornost tématu komunikace.

Úvodem

Je asi zbytečné připomínat, že na počátku 21. století je technika přítomna všude. Inženýři jsou v centrálním postavení více než kdy jindy. Zároveň je však jejich role kritizována kvůli důsledkům jejich působení na životní prostředí a společnost obecně. Je zajímavé, že toto zpochybňování není tak nedávné, jak bychom si mohli myslet. Toto téma nastolili již před 20 lety S. C. Florman (1994) nebo našemu oboru bližší prof. Brandl (2004). „*Inženýr dnes, navzdory všem svým znalostem a úspěchům, může stále vyhlížet na moře, která jsou málo zmapovaná, a na pobřeží stále temná. Každý nový úspěch odhaluje další problémy a nové možnosti.*“ (Florman,

1994). Podle Williamse (2002) vstupuje inženýrství dokonce do procesu „*rozsáhlého rozpadu*“, který vyvolal jeho vlastní úspěch.

Neustále přibývá lidí, kteří se nazývají nebo si říkají inženýři, a rozšiřují se činnosti inženýrského typu. Když v této přednášce mluvím o inženýrech, mám na mysli lidi, kteří spolupůsobí s inženýrskými činnostmi, nikoli konkrétně absolventy nebo stavební inženýry. Řeknu to jasně, v mé prezentaci není žádné rozvíjení korporativismu. Ta historická perspektiva, kterou rozvinu krátce dále, ještě více prokáže, že koncept inženýra pevně vychází z řemeslné práce a vyvinul se v normovanou profesi teprve nedávno.

Poznámka editora:

V originále tohoto článku se opakovaně používají pojmy „mechanika zemin; zemina“, které jsou dány přesnou citací prací z historických počátků geotechnického inženýrství a pak také lokální zvyklostí v Belgii, kde územně převažují zeminy. Dnes již celosvětově převažuje terminologie užívající v češtině pojmy „mechanika zemin a hornin; základová půda“ a pro překlad byl text takto přizpůsoben. Stylisticky se v daném kontextu překladu využívá občas jen náhradní synonymní výraz „půda“.

Inženýr hledá řešení. Snaží se vytvořit obraz reality, který je poměrně věrný a dostatečně zjednodušený tak, aby vedl k použitelnému výsledku v požadovaných mezích přesnosti (Travadel, 2021). Pro geotechniky to jistě platí ještě více, ale k tomu se vrátím později. Inženýři, ať už vycházejí z renomované univerzity nebo do své role dospěli díky zkušenostem, jsou identifikovatelní podle silné „profesní identity“ (Becker & Carper, 1956). Dnes je tato identita pod tlakem. Hranice mezi obory se stírají a inženýři a neinženýři jsou nyní zapojeni do multidisciplinárních projektů, které nahrazují obory jakožto organizační principy technicko-vědeckých činností. K dispozici je stále více dat, více analýz, jaké důsledky může mít takové nebo onaké jednání, stále více nepředvídaných událostí: administrativních, etických, smluvních, které musí inženýr vzít v úvahu. Je to úplně nové? Vstupujeme do nové éry, kdy je třeba se obávat rozsáhlého rozpadu naší profese? To se pokusím analyzovat z pohledu historie.

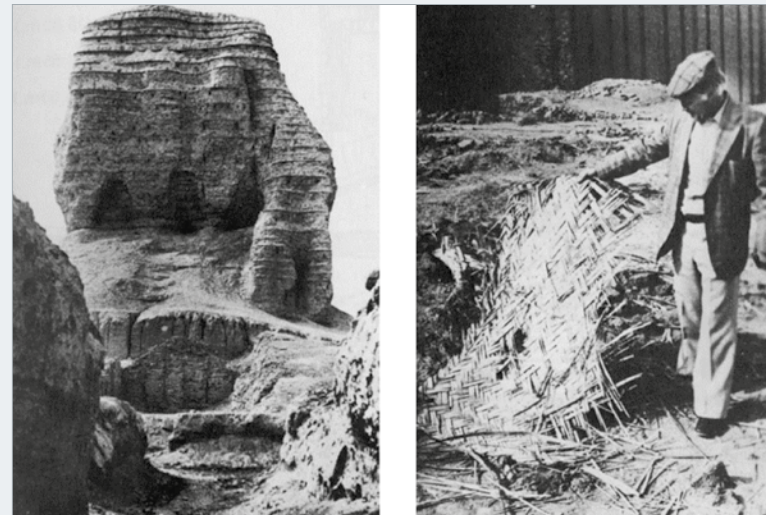
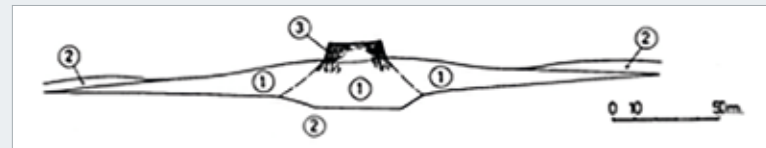
Inženýr: malý historický pohled se zvláštním zaměřením na inženýrství zakládání

S Antoniem Diasem de Figueiredo věřím, že ti, „kteří se chtějí označit za inženýry, kteří jsou zodpovědní za školení inženýrů budoucnosti nebo se podílejí na vytváření nových znalostí v oborech souvisejících s inženýrstvím, hodně získají, budou-li věnovat pozornost vzácnému dědictví“ staletí, ba tisíciletí inženýrství (De Figueiredo, 2013). Proto začnu tuto přednášku krátkým ohlednutím do historie inženýrství a obzvláště geotechnického inženýrství.

Rané inženýrství; od pravěku až po starověký Egypt

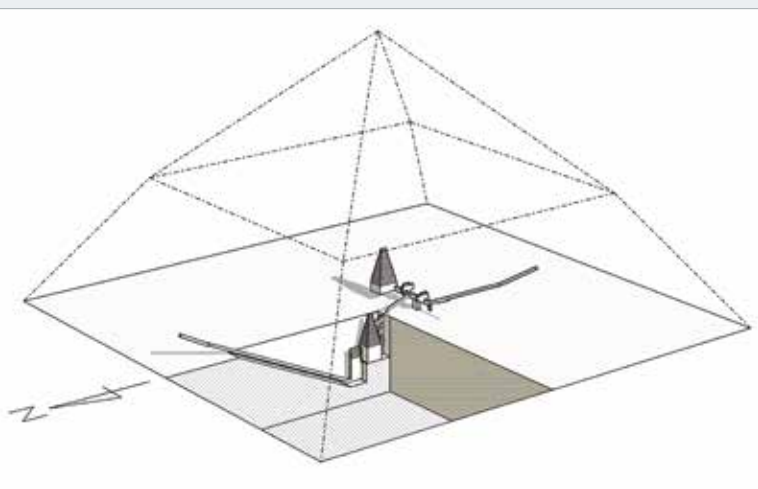
Inženýr pochází z latinského slova *ingenium*: schopnost vynalézat. A skutečně, velká část vývoje inženýrství je výsledkem individuálních a kolektivních snů o věcech, které nikdy neexistovaly. Představitost je ve skutečnosti základní složkou inženýrské praxe. Inženýrství, jak si to můžeme ověřit v naší každodenní praxi, téměř vždy předchází vědeckému poznání. První projev inženýrské praxe by tedy mohl souviset s tím, co Dewey nazývá „inteligentní akce“ nebo myšlenka „trénovat (představou) v různých směrech souběžných akcí“ na rozdíl od klasické metody pokusů a omylů (Dewey, 1930). Ne všichni autoři tuto vizi sdílejí (Travadel, 2021), ale líbí se mi myšlenka, že první přítomnost inženýrské praxe lze datovat do doby před dvěma a půl milionu lety (Roberts, 2002), kdy naši prehistoričtí předkové zjistili, že mohou brousit hrany odlámaných kamenů, které používali jako nástroje, a uvědomili si, že zkoumání těchto vylepšených nástrojů by mohlo vést k objevu nových postupů (Figueiredo, 2013).

Přeskočme nyní pár tisíc let a podívejme se do kolébky naší civilizace: do Mezopotámie a starověkého Egypta. Mezopotámské hliněné tabulky s klínovým písmem dokládají rané stopy inženýrství: použití matematických nástrojů, použití náčrtů a grafických znázornění, ale dokonce i raná pravidla projektového řízení. Babylonští „inženýři“ se již v 3000 př. n. l. zabývali sofistikovanými praktickými problémy v matematice, algebraickými rovnicemi, pravoúhlými trojúhelníky, plochami půdy, objemy zdiva, kubickým obsahem kanálů, které mají být vyhloubeny. V Mezopotámii se Chammurapiho zákoník výslovně zabýval pravidly, odpovědnostmi a přijatelnými standardy zpracování mistrů stavitelů (Figueiredo, 2013). Kerisel (1991) také uvádí mnoho



Obr. 1: Zikkurat Aqar Quf u Bagdádu – v Kerisel (1991) a Ziegler (2007)

příklady, jako je umění stavět zikkuraty v Mezopotámii. Tyto vysoké masivní stavby byly vyrobeny ze sluncem vypálených cihel pokládáných v po sobě jdoucích vrstvách. Byly vybudovány na měkkých aluviálních usazeninách. Jak uvedl řecký geograf Strabo (asi 60 př. n. l.), půda je hluboká a měkká. Poddá se tak snadno, že se příkopy a kanály ucpou nebo zanesou... Proto, jak stavba pokračovala, povolily brzy podložní naplaveniny pod tíhou a základna se rozprostřela do stran. Aby se rychlost sedání zpomalila, byly práce několikrát přerušeny a obnoveny, takže se rychlost sedání postupně snižovala. Nakonec bylo možné postavit *temenos*, posvátnou ohradu podpírající malý chrám nahoře (obr. 1). Kolem roku 2100 př. n. l. začali Sumerové každých šest až osm řad zdíva vysušeného sluncem prokládat silnými vrstvami tkaného rákosí; tak se zrodil nejrannější prototyp vyztužené zeminy. Tímto způsobem se zabránilo horizontálnímu tahům způsobeným tendencí základů k rozšiřování. Jedním z nejhezčích příkladů je dobře zachovalý zikkurat Aqar Quf poblíž Bagdádu. Výsledkem bylo, že zikkuraty mohly být postaveny s téměř příkrými stranami a masivními chrámy na vrcholu (Burland, 2008; Ziegler, 2017).



Obr. 2: Lomená pyramida severního Dašúru – v Monnier F., Puchkov A. (2016)

Ve starověkém Egyptě měl hlavní stavitel, který byl zároveň architektem, inženýrem a stavitelem, obvykle velmi vysoké postavení a byl zodpovědný za řízení celého procesu těžby kamenného materiálu, jeho dopravu na staveniště, dozor nad celou stavbou a organizování obrovské pracovní síly (Chiu, 2011). V tomto období se také rozvíjelo inženýrství zakládání, založené především na empirické praxi. Jak uvádí Burland (2008), Parry popisuje, jak se staří Egypťané poučili ze selhání základů pyramidy v jižním Dašúru. Tato pyramida byla postavena za vlády faraona Snofrua (2575–2551 př. n. l.), zakladatele 4. dynastie, spolu s pyramidou severní Dašúr. Pyramida byla postavena s použitím centrálního jádra podepřeného řadou šikmých opěrných zdí, což se stalo tradicí. Kerisel popisuje, jak byla pyramida zamýšlena ke stavbě pod strmým úhlem (60° k horizontále), což vyvolalo mohutný efekt prolomení základové zeminy. Navíc byla postavena na nevhodné jílovité půdě, deformovatelné při velkém zatížení. Jedna z pohřebních komor je podzemní a v poměrně dobrém stavu. Podle Kerisela však její stavba v této měkké zemině mohla zapříčinit, že stavitele přinutilo sedání přizpůsobit jejich návrh a zřídit důkladné pažení z cedrového dřeva a vybudovat rozepření v podlaze, aby se stěny nehroutily.

Jak lze pochopit, stavba těchto klenotů historie byla často zajištěna na základě pozorování a metody pokus – omyl. Už tenkrát se lidé uměli poučit z chyb a neúspěchů!

Rád zde uvádím následující příklad z doby o nějakých sto let později, který jsem objevil při svých historických výzkumech. Egypťský faraon Ptolemaios II. se počátkem 3. století př. n. l. pustil do velkého projektu rekultivace půdy a vytvořil další ornou půdu zpětným posunutím umělého jezera Moeris, nádrže a regulátoru povodní a vybuvoval nové hráze a zavlažovací kanály. Tyto práce byly provedeny pod dohledem inženýra (ἀρχιτέκτων) Kleona a jeho pobočníka Theodorose. Inženýr byl odpovědný za plánování, uzavírání smluv a dozor nad pracemi, zatímco zařízení dodávala vláda. Inženýři se při provádění prací mohli spolehnout na územní administrativu Nome (Bart Van Beek, 2012; A. Bouché-Leclercq, 1908). Je zábavné a poučné číst, že konflikty vznikly kvůli dočasnému nedostatku peněz na výplatu dělníků, ale také kvůli nesprávným prioritám a administrativní zátěži! Zde je příklad dopisu, který Kleon obdržel od diecéty Apollonia, pravděpodobně správce sousední země:

Poslal jsem vám zprávu 22. dne, ve které jsem vás požádal o poskytnutí pracovní skupiny, která by vyčistila rohy malého kanálu; ale zdá se, že jste nás cestou k jezírku minuli. Neměli byste být takhle přehlíživi; ale když vidím, že země není zavlažována, oznamuji vám důvod, proč nemáme vodu, a tak vydejte znovu rozkazy a upravte jezírko tak, aby byla tato příčina odstraněna. Přijďte nás navštívit zítra poté, co řeknete svým inženýrům, že musíme dostat vodu.

Nebo v jiné zprávě stavitel informuje Kleona, že nemohl pokračovat v nezbytných pracích na stavbě hráze, protože nedostal peníze kvůli absenci spolupodepsaných dokumentů požadovaných bankou! Vypadá to, jako by to bylo na jednom z našich dnešních stavenišť!

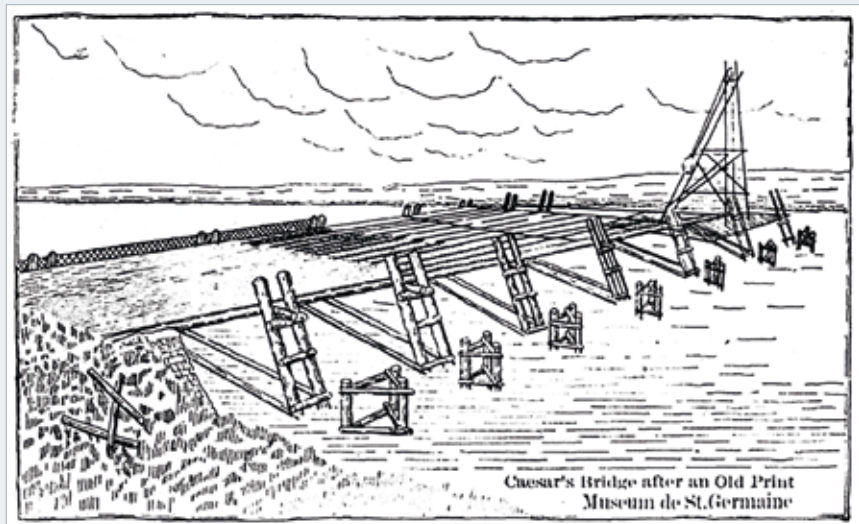
Řecko a Řím – první napětí mezi vědou a inženýrstvím

„Ačkoli řecké a římské civilizace byly silně ovlivněny mezopotámskou a egyptskou kulturou, jejich postoje ke znalostem a praxi se vyvíjely radikálně odlišnými směry, což způsobilo první zásadní rozkol mezi kulturou vědy a inženýrstvím“ (Figueiredo, 2013). Staří Řekové, posedlí existencí globálních „přírodních zákonů“, investovali hodně do rozvoje teoretických znalostí. Lze je považovat za první vynálezce vědeckého přístupu. Thalés, Eukleidés, Aristotelés, všechna tato jména jsou známá svým přínosem k pochopení matematických a fyzikálních základů. Tyto teorie našly uplatnění v architektuře, ale překvapivě jich nebylo mnoho v inženýrství. Během řeckého období zůstalo inženýrství hodně založeno na „dovedném přizpůsobení praktik dřívějších civilizací“ (Figueiredo, 2013). Římané zase z velké části ignorovali vědy a rozvinuli skvěle aplikované technické znalosti založené na osvojování a zdokonalování cizích postupů, obdivuhodně podporované svými manažerskými a organizačními schopnostmi. Kromě jiného, jak každý ví, umožnil jejich objev betonu postavit několik mohutných monumentů, z nichž nejznámější je jednoznačně římský Pantheon, který je dodnes největší nevytuzenou betonovou kupolí na světě. Také do značné míry využívali piloty pro mosty a další konstrukce. Příkladem je *Pons Sublicuis*, což znamená „pilotový most“, který byl postaven na řece Tibeře v Římě více než v 6. století př. n. l. (Van Houten, 1932).

Sociální status inženýra, *architekton* nebo *architectus*, nedosahoval ve starověkém Římě, a dokonce ani ve starověkém Řecku, na stejnou úroveň jako v Mezopotámii nebo Egyptě. Na základě těchto příkladů je zajímavé zamyslet se nad určitými typickými vlastnostmi těchto prvních inženýrů/stavitelů. Začali svou „kariéru“ jako řemeslníci a stali se z nich zkušenými staviteli. Jejich technologie se vyvíjely na základě experimentálních výsledků s využitím grafických prezentací jejich požadovaných objektů, které lze považovat za první kroky koncepce. Poté se jejich praktické znalosti vyvinuly směrem k intelektuálnějším a vědecktějším poznáním, včetně prvních kroků k matematickému modelování. Nakonec se museli seznámit se společenskými vědami, jako jsou (projektový) management a účetnictví. Připomeňme si to, až se budeme zabývat současnými protichůdnými (?) požadavky naší profese.

Středověk

Jak každý ví, po pádu Římské říše nastalo na Západě období temna. „Je však chybou předpokládat, jak to někteří dělají, že se západní civilizace vrátila do primitivních podmínek, které předcházely dokonce i Sumerům nebo Egyptu, jelikož Evropu zachvátili nomádi, když římské bariéry slábly“ (Kirby et al, 1990). Ale je



Obr. 3: Římský stroj na zarážení pilot – ve Van Houten, 1932

pravda, že vývoj inženýrství nastal ve středověku hlavně díky inteligentním postupům a praktickým aplikacím, a ne čistě vědě. Abstrakce vědeckých pojmů a vývoje se přesunula na východ: do islámských zemí nebo Indie. „Byl to islám, který zdědil a udržoval řeckou vědu a technologii ve středověku“ (Kirby et al, 1990). Mezi 8. a 12. stoletím se inženýrství realizovalo na poli experimentování a extrapolace současných postupů, většinou založených na římském modelu. Takto stavěli evropští inženýři větší a vyšší kostely a rozšiřovali používání kleneb, aniž by se snažili zjistit, jak funguje statika. Když bylo potřeba, pomohlo modelování, výkresy, šablony ve skutečné velikosti. Jako příklad chci uvést zápisník Villarda de Honnecourta, architekta 13. století, uchovávaný v Bibliothèque Nationale de Paris. Dochovalo se 33 jeho skic s vysvětlivkami. Jeden z náčrtů ukazuje zařízení na odřezávání pilot pod vodou (Kirby a kol., 1990).

V tomto období si také rozvoj větších a bohatších měst vyžadoval nové technologie. Například v Itálii byly Benátky vystavěny na bažinách. „Město z tesaného kamene postavené na strašlivé půdě“ (Kerisel, 1991). Město Benátky bylo postaveno na ostrovech v laguně, počínaje oficiálně rokem 421 našeho letopočtu prvním kostelem San Giacomo na ostrůvku Rialto (Roloff, 2016). Na vzniku města se především podílel fakt, že lidé prchali před barbary z hroutící se Západořímské říše. Původ skutečné laguny lze vysledovat zhruba do doby před 6000 lety, do období zvýšení mořské hladiny v průběhu holocénu (Roloff, 2016). Za účelem rozšíření využitelné půdy benátské laguny musely být bažiny vytěženy. Benátčané tedy postavili řadu kanálů, které vodu odvedly a obnažily více plochy, na které mohli stavět. Boky těchto kanálů byly zpevněny dřevěnými prkny a kůly, aby se zabránilo jejich opětovnému zaplnění za přílivu a odlivu. S rozšiřováním města byly tisíce dřevěných pilot zaraženy do tvrdé překonsolidované jílové vrstvy známé jako Caranto.

Piloty byly často rozmístěny těsně vedle sebe, a jsou tak raným příkladem pilotového roštu. Mezi piloty naházeli Benátčané balvany a kameny.



Obr. 4: Zařízení pro odřezávání pilot pod vodou (Villard de Honnecourt, Bibliothèque Nationale de Paris)

Stejně technologie byly použity, *mutatis mutandis*, v Amsterdamu a Sant Petersburgu. Vedle těchto postupných technických kroků se ve druhé polovině 12. století ustavovaly další univerzity a s nimi započalo i hledání teoretičtějších znalostí. Bylo znovu objeveno řecké dědictví, obohacené islámským vědeckým a technologickým pokrokem. Věda a filozofie

Facies A (Anthropocene Formations/Sediments) - includes: structural and stratigraphic configurations of compacted and undifferentiated Anthropocene sediments with occasional, cavern-like voids, hydrologic, Quaternary sand inclusions/systems, rectilinear, meta-agillitic/indurated mudstone strata (fired brick) of Holocene clays inter-fingered with assorted clastics in complex calc-silicate matrix (mortar), Jurassic Is-trian limestone inter-fingered strata, Oligocene trachyte and variable-colored Mesozoic carbonate upper strata and recent wooden vertical/horizontal organic dikes (pillings/made-rie-zatere). Deposition by human agency using contemporary technology.

Anthropocene Substructure Formations/Sediments / Facies A
Holocene/Pleistocene Sediments / Facies L/P/W/F

Facies L (Lagoonal Sediments) - Gray and dark gray silt and silty clay, containing mollusk shells and vegetal remains. Inter-tidal and subtidal mud flats with intercalated tidal channel sand deposits. Lagoonal environments related to the Middle Holocene marine ingressions and the following marine high-stand.

Facies P (Palustrine Sediments) - Dark greenish gray clay and silt with small vegetal inclusions. This environment appears to have preceded the Middle Holocene marine ingressions. General to Venice but not in this area.

Facies W (Altered Alluvium/Caranto) - Fine-textured alluvial deposits with abundant iron mottles and calcitic nodules. Latest Pleistocene and the Early to Middle Holocene (ca. 14,500–6000 14C yr B.P., or ca. 17,500–7000 cal. yr B.P.). A calcic paleosol, buried by Middle to Late Holocene marine transgressive deposits, represents a subsurface layer long known in the Venice area as "caranto." The caranto exhibits relatively high compressive and shear strength, making it an important substrate for architectural foundations of Venice.

Facies F (Fluvial Plain) - Massive gray silt inter-layered with coarsening upward sequences of silty clay, silt, sandy silt, and fine micaceous sand with structureless or laminated medium to coarse sand. These sediments were deposited during the LGM (last glacial maximum) and are interpreted as floodplain deposits interlayered with levee and crevasse splay deposits.

podpořily experimentální znalosti, a zacelily tak propast mezi vědou a inženýrstvím. To nakonec vedlo ke vzniku moderní vědy v 17. století.

Renesance, kde se umění setkává s inženýrstvím

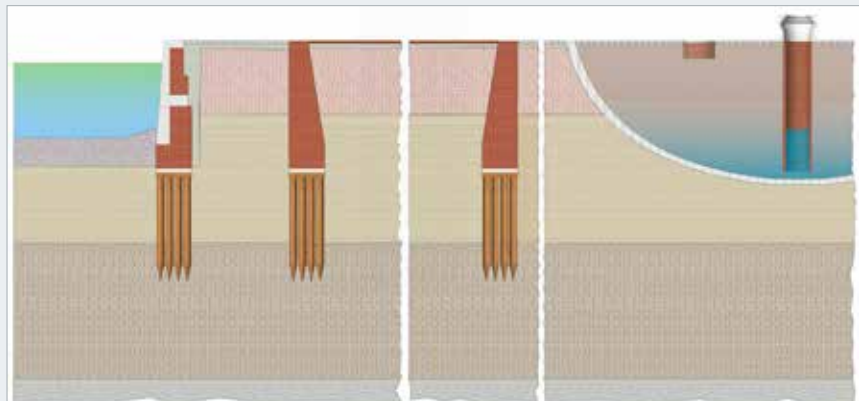
Impozantní růst bohatých měst, zámožné aristokracie a rozvoj obchodu a cestování daly vzniknout generaci umělců-inženýrů, kteří koncipovali inovativní stavby spolu s velkolepými ornamenty. Jak uvádí mnoho autorů, významní renesanční umělci-inženýři názorně dokládají jedinečný příspěvek k vývoji inženýrství: Filippo Brunelleschi, Francesco di Giorgio a mistr nad mistry Leonardo da Vinci (Figueiredo, 2013). Tito umělci, spisovatelé, malíři, řemeslníci zásadním způsobem přispěli ke shrnutí konceptů praxe inženýrství: jinými slovy k projektování. Začali používat grafickou reprezentaci, náčrtky a řezy, otáčeli a rozkládali pohledy, systematicky si všimli svých osobních zjištění a nápadů „způsoby, které umožňovaly mnohem výkonnější formy uvažování, mnohem důkladnější popisy a mnohem lepší komunikaci myšlenek přes bariéry nevyčtených (tacitních) znalostí“ (Figueiredo, 2013). Leonardo da Vinci (1452–1519) se poučil od svých předchůdců, ale díky „své tvůrčí vynalézavosti, mistrovství v kreslení a malbě a mimořádně pokročilým znalostem geometrie a perspektivy“ (Cervero-Melia, 2020) mohl kombinovat náčrtky, grafy, plány, text a kresby „působivé grafické kvality“ a zahájit, lépe než jeho současníci, zásadní průlom v praxi inženýrství: modelování nebo projektování.



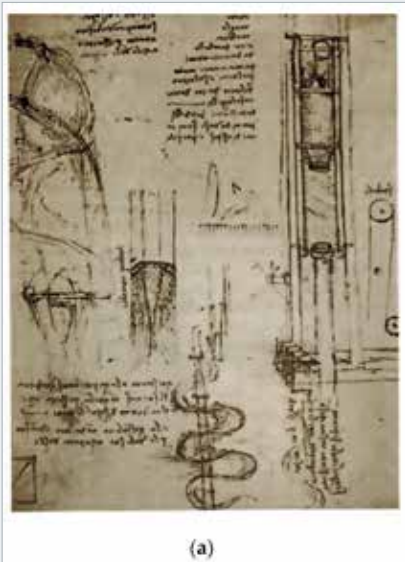
Obr. 6: Uspořádání dřevěných pilot v Benátkách – Roloff (2016)

Cervero-Melia (2020) cituje následující prohlášení ředitele Institutu a muzea pro dějiny vědy ve Florencii Paola Galluziho:

Cílem, který Leonardo sleduje, je poskytnout přesné a naprosto jasné znázornění struktury a fungování extrémně složitých mechanismů využívající řadu grafických prostředků (půdorysné a boční pohledy, průhledné řezy, pohledy na komponenty, simulace kinematických řetězců, použití „šerosvitu“ k podtržení povrchů v kontaktu, schematizace siločar atd.), které nikdo předtím organicky nepojal a především vědomě neaplikoval na komunikační projekt související s horizontem techniky.



Obr. 5: Benátský komplex základových konstrukcí spočívá na třetihorních až permských uloženinách na krystalickém podkladu – Roloff (2016)



(a)



(b)

Obr. 7: Stroj na beranění Leonarda Da Vinci v Certero-Melia, 2020

Leonardo mohl své modely také podpořit teoretickou analýzou a důkladným pozorováním přírody. Da Vinci byl horlivým zastáncem zkušeností a experimentů. Jak bylo nedávno objeveno, v jednom ze svých poznámkových bloků uvedl:

Nejprve však provedu několik experimentů, než pokročím dále, protože mým záměrem je nejprve citovat zkušenost a poté na základě uvažování ukázat, proč zkušenost musí fungovat takovým způsobem. A to je skutečné pravidlo, podle kterého musí postupovat ti, kdo hloubají o účincích přírody. (Ms. E, folio 55r) (Capra, 2007, jak uvádí Figueiredo, 2013).

Terzaghi o pět století později by řekl přesně totéž!

Da Vinci také výrazně přispěl ke konstrukci různých nástrojů a nářadí, z nichž některé jsou z našeho oboru. Ve svých Zápiscích uvádí: „Mechanika je rájem pro matematické vědy, protože s ní matematika přináší ovoce.“ Velký znalec fyziky, mechaniky, metalurgie a principů fungování strojních prvků využívá tyto znalosti k vývoji několika obráběcích strojů (Certero-Melia, 2020). Například v Codex Atlanticus, f. 785 (kolem roku 1500 – obrázek 7), můžeme najít nákresy stroje na zarážení pilot do země, které zamýšlel použít ve svém projektu na odklonění řeky Arno ve Florencii. Je předchůdcem beranidla, které zvedá

závaží vedeným způsobem pomocí kladek a klik, takže to naráží na pilotu co největší silou a tímto principem se tak velmi blíží moderním zařízením. Převod klikové řemenice umožnil opakování operace.

Vznik inženýrství jako profese

Inženýrství jako „skutečná profese“ má v první řadě co dělat s armádou. Francouzská monarchie jako první začlenila do své armády stálý sbor inženýrů zaměřených na válčení, ale také na hlavní občanské stavby: mosty, silnice a kanály. *Ecole des Ponts et Chaussées* byla založena v roce 1747 a představuje významný krok směrem k organizovanějšímu vzdělávání v oborech založených na vědě a matematice (Figueiredo, 2013). Následně byla v roce 1794 založena *Ecole Polytechnique*, která poskytovala ještě formálnější teoretické a matematické vzdělání.

Naopak ve Spojeném království, hnaném vpřed průmyslovou revolucí, zůstávala výuka stavebního inženýrství po dlouhou dobu primárně založena na učňovském vzdělávání a empirickém přístupu, a proto bylo inženýrství méně elitářské. „Upřednostňovalo praktický a empirický přístup k řešení problémů a mělo tendenci pohlížet na matematické a teoretické přístupy s podezřením“ (Reynolds, 1991). John Smeaton hrál důležitou roli při podpoře založení Společnosti stavebních inženýrů v roce 1771. Třetí hnutí vyrostlo v Německu na počátku 19. století pod záštitou Wilhelma von Humboldta, pruského ministra školství. Model upřednostňoval vizi univerzity založené na jednotě výuky a výzkumu. Tento model, i když neměl v Německu bezprostřední vliv, rychle přijaly mladé Spojené státy americké, kde probíhala důležitá debata o výchově mladých inženýrů. O něco později se tento model vrátil do Evropy (Figueiredo, 2013). Od té doby se inženýrství stalo profesí s absolventy, registrovanými nebo autorizovanými inženýry a vzdělávání bylo, v různé míře a nikoli bez sporů, založené na vědách a teorii. Tato diskuse je otevřená dodnes dodnes. (Pokračování příště)

Maurice J. M. Bottiau, Franki Foundations Belgium, ABEF (Association Belge des Entrepreneurs de Fondations)

Lecture of Maurice J.M. Bottiau: Engineer, Lawyer and Contractor: Philosophical Inquiry into the Future of Geotechnical Engineering, Part 1

Based on a talk presented at the 2022 EFFC/DFI conference in Berlin, this paper considers the future role of geotechnical engineer in his daily work for our modern society. The development of big data, the growing role of regulations, the dangerous development of contractual environment and last but not least the challenges arising from climate change: all these factors create a new environment to which our profession must adapt. After a brief look at the history of engineering, and specifically geotechnical engineering, we will go through these various aspects and we will try to find out how they can affect our daily work, but also whether and how we can respond to them. Introducing these new trends to the perspective of history will hopefully help us to examine which fundamental contexts of our profession remain valid and which key concepts they would still supposed to lead from noise to signal. Considering the intention of the DFI in creating the tradition of this lecture and remembering the personality of John Mitchell special attention will be paid to the topic of communication.

Ze zajímavých staveb roku 2023

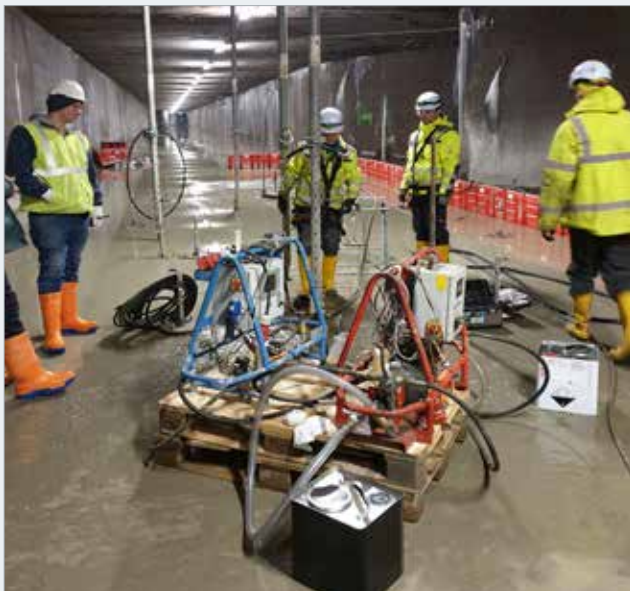
Ne všem zajímavým a atraktivním stavbám, na kterých se podílí společnost Zakládání staveb, a. s., můžeme na stránkách našeho časopisu věnovat obvyklý větší prostor s podrobnějším popisem. Zůstává mnoho staveb, kterým se toto privilegium nedostane. Aby nezůstaly zcela opomenuty, představujeme je dále alespoň následující stručnou formou kratších textů doprovázených několika fotografiemi.

Vodní dílo Gabčíkovo, modernizace plavebních komor a sanace statických poruch vypouštěcích kanálů u levé plavební komory

Od roku 2019 probíhá na vodním díle Gabčíkovo na Slovensku kompletní rekonstrukce pravé a levé plavební komory, které jsou součástí Dunajského plavebního kanálu. Účelem rekonstrukce je zlepšení provozuschopnosti a bezpečnosti vodního díla. VD Gabčíkovo je zajímavé především svými technickými parametry, kdy šířka plavebních komor je 34 m, výška 30 m a délka úctyhodných 327 m. Společnost Zakládání staveb, a. s., se na rekonstrukci obou plavebních komor podílela komplexní sanací jejich základů. Během tří let (2019–2022) zde byla prováděna kontaktní injektáž rozvolněných zón v těsném podloží vypouštěcího kanálového



Vodní dílo Gabčíkovo s plavebními komorami a elektrárnou



Sanace základů plavební komory



Sanace poruch vypouštěcího systému levé plavební komory



Sanační práce na vypouštěcím systému levé plavební komory

systému obou plavebních komor. Zahájení prací předcházela realizace několika zkušebních injekčních polí pro ověření účinnosti navrhovaných injekčních prací a ověření možnosti jejich realizace „in-situ“. Současně byla navržena a ověřena účinnost použité cementové injekční směsi. Práce byly úspěšně dokončeny v roce 2022. V rámci celkové modernizace VD Gabčíkovo byly v loňském roce 2023 prováděny i práce na sanaci poruch vypouštěcího systému u levé plavební komory. Jednalo se o zhotovení celkem 83 ks trvalých tyčových kotev dl. cca 8 m pro předepnutí stěn vypouštěcích kanálů. Práce probíhaly ze dna plavební komory. Realizaci vlastního kotvení předcházelo provedení 3 ks zkušebních kotev pro ověření účinnosti navrženého technického řešení, materiálů a hmot.

Investor: Vodohospodárska výstavba, š. p.

Projekt: Aquatis, a. s.

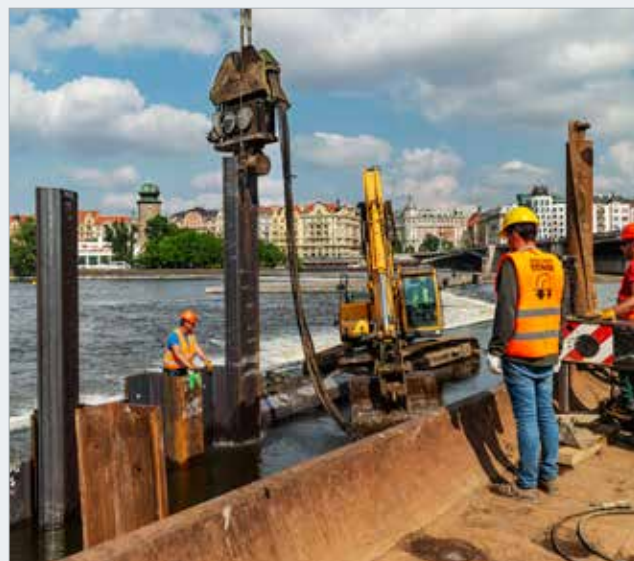
Zhotovitel: Metrostav, a. s.

Rekonstrukce Šitkovského jezu v Praze na Vltavě

V rámci provedených průzkumů stavebně technického stavu konstrukcí Šitkovského jezu bylo zjištěno, že koruna jezu včetně jeho opevněného návodního svahu je silně poškozena prakticky v celé svojí délce a pro další provoz a správnou funkci je tento stav jezu nevyhovující. Proto byla navržena kompletní rekonstrukce Šitkovského jezu, při které jsou doplňovány některé konstrukce, zvyšující stabilitu a bezpečnost vlastního jezového tělesa.

Jedná se zejména o:

- výstavbu předsunuté návodní štětové stěny linii hrany jezového předpolí;
- stabilizaci návodní plochy jezu v prostoru mezi touto štětovou stěnou a linií přelivné hrany koruny jezu vybudováním nového železobetonového předpolí jezu šířky 3,20 m;
- provedení kompletní opravy a opevnění přelivné hrany jezu;
- sanace kaveren a poškozených ploch přelivné plochy a opevnění odtrhové hrany jezu;



Beranění návodní štětové stěny v I. etapě



Výstavba nového žlb. prahu mezi štětovou stěnou a korunou jezu, I. etapa



II. etapa rekonstrukce jezu u vorové propusti

- těsnění podloží v místě propusti pomocí sloupů tryskové injektáže;
- opevnění nadjezí i podjezí těžkým kamenným záhozem.

Průběžná štětová stěna zamezí případnému podemletí jezové konstrukce a následné ztrátě stability jezového tělesa. Návodní štětová stěna rovněž omezí průsaky pod jezovým tělesem a tím eliminuje nepříznivé účinky vztlaků snižujících stabilitu jezové konstrukce. Stěna je navržena jako beraněná z ocelových štětovnic délky 6,20–7,00 m. Délka štětovnic se upravovala dle aktuálně zastiženého skalního podloží.

Rekonstrukce jezu probíhá v šesti etapách po úsecích délek cca 40–48 m. I. etapa byla provedena na levé části jezového pole, přiléhající k Dětskému ostrovu. Hlavní činností společnosti Zakládání staveb, a. s., na této stavbě je zhotovení ochranné štětové stěny, beraněné z vody s využitím palubových plavidel.

Investor: Povodí Vltavy, s. p.
Projekt: Aquatis, a. s.
Zhotovitel: Metrostav DIZ, s. r. o.

Dostavba dálnice D4 Háje–Mírotice

V současné době je v intenzivní výstavbě chybějící část dálnice D4 v úseku Háje–Mírotice mezi městy Příbram a Písek v celkové délce cca 32 km. Stavba je prováděna v režimu tzv. PPP projektu (Public Private Partnership), tedy partnerství státu a soukromého sektoru. Stát začne dálnici splácet až po zprovoznění v roce 2025 a v roce 2049 ji plně převezmeme do své správy. Projekt PPP D4 realizuje sdružení Via Salis složené z francouzských firem VINCI Highways a Meridiam.

Významným dodavatelem této stavby je společnost Zakládání staveb, a. s., která se podílela na založení více než 40 mostních objektů po celé délce budovaného úseku. Nejčastěji používanou technologií bylo zakládání na velkopřůměrových pilotách.

Pro oba dva hlavní dodavatele stavby bylo provedeno 7490 m pilot prům. 900 mm a 2410 m pilot prům. 1200 mm. Kromě těchto prací byly na stavbě provedeny celkem tři zatěžovací zkoušky pilot i mikropilot.



Pro nový dálniční most u Milína na dálnici D4 (přes silnici III/1181-8) byla použita netypicky kombinace pilotového a mikropilotového zakládání.

Investor: ViaSalis, s. r. o.
Zhotovitel: Eurovia CS, a. s., a SMP CZ, a. s.



Tunel Pohůrka na dálnici D3 na obchvatu Českých Budějovic, vývoj projekčního řešení

Tunel Pohůrka je nový hloubený tunel na obchvatu Českých Budějovic, který bude součástí dálnice D3 v úseku Úsilné–Hodějovice v km 131,240–138,450. Tento úsek je první částí obchvatu Českých Budějovic délky 7,2 km, druhou část obchvatu tvoří navazující úsek z Hodějovic do Třebonína s délkou 12,5 km. Tunel Pohůrka se nachází jihovýchodně od centra města České Budějovice v blízkosti městské části Suché Vrbné a obcí Dobrá Voda a Stará Pohůrka. Celková navržená délka tunelu je 999,5 m. Tunel je tvořen železobetonovou konstrukcí s navrhovanou životností minimálně 100 let a je proveden jako hloubený pod poměrně plochým nezastavěným územím těsně pod korytem Dobrovodského potoka. Portály tunelu podcházejí ulici Dobrovodskou (Pražský portál) a Ledenickou (Kaplický portál). Rozsáhlou a významnou stavbu tunelu představujeme dále ve dvou článcích. V prvním článku od hlavního projektanta tunelu přibližujeme především vývoj celého složitého projektu od počátečních fází až po finální optimalizované řešení. V druhém článku již pak přinášíme podrobný popis prací speciálního zakládání, jejichž dodavatelem je společnost Zakládání staveb, a. s. Stavební práce byly na staveništi zahájeny již v roce 2019 a s přestávkami probíhají až do dnešních dní (02/2024).



Pohled na staveniště v místě Pražského portálu s přecházející Dobrovodskou ulicí

Tunel má dva jízdní pásy, které jsou vedeny v samostatných tunelových trubkách. Ve dvou místech, při přechodu Dobrovodského potoka a v km 136,00, je konstrukce tunelu přesypána, neboť tunel vystupuje nad úroveň povrchu terénu. Důvody pro výškové vedení trasy komunikace jsou zejména geomorfologické poměry lokality a technologické možnosti realizace stavby. Dle ČSN 73 7507 je tunel začleněn do bezpečnostní kategorie TA, dle šířky komunikací do kategorie T 11,75 m. Pravá i levá tunelová trouba (PTT, LTT) jsou dvoupruhové s pruhy šířky 3,50 m, 3,75 m a s průběžným nouzovým pruhem šířky 3,5 m. Vodící proužky jsou 0,25 + 0,25 m, střední chodníky jsou širší 1,30 m, vnější 1,15 m.

Zadavatelem a investorem projektu je Ředitelství silnic a dálnic ČR. Hlavním dodavatelem stavebních prací je Společnost pro D3 0310/I Úsilné – Hodějovice tvořená sdružením firem Hochtief CZ, a. s., Colas CZ, a. s., a M-Silnice, a. s. Projektovou dokumentaci pro realizaci stavby zpracovala projekční kancelář MPI Projekt, s. r. o., koordinaci realizační dokumentace zajišťuje projekční kancelář Tubes, spol. s r. o.

Tunelové trouby jsou vybaveny těmito bezpečnostními prvky:

- požární vodovod s hydranty,
- výklenky pro SOS kabiny ve vnějších stěnách tunelu,
- únikové cesty (prostupy ve střední stěně tunelu) s protipožárními uzávěry a dvě samostatná úniková schodiště z tunelu na povrch, které umožní evakuaci osob v případě mimořádné události v tunelu samostatně z každé tunelové trouby zvlášť.

U Pražského portálu je v trvalé stavební jámě umístěn tzv. provozně technický objekt (PTO). Před oběma portály jsou plochy pro nástup záchranných složek IZS pro případ zásahu při mimořádné události v tunelu a pro techniku obsluhy a údržby tunelu.

Inženýrskogeologické a hydrogeologické poměry

Zájmové území je v širším smyslu součástí česko-moravské soustavy a celku jihočeských pánví. Dotčená lokalita náleží celku českobudějovické pánve. Nadmořská výška se zde pohybuje v rozmezí 392–427 m n. m. Celková mocnost kvartérního pokryvu je v převážné části úseku s tunelem 0,3 – 2,3 m, v okolí Dobrovodského potoka až 8,5 m.

Ve staničení cca 135,180 až 135,380 je pokryv tvořen fluvialními náplavy Dobrovodského potoka mocnosti až 8,5 m. Bazální vrstva je tvořena hrubozrnnými písčity a šterkovitými zeminami středně ulehlými, mocnosti cca 1,8 – 5,2 m, ojediněle až 7,0 m. Povrch území je pak překryt nesouvislou, cca 1,2 – 2,8 m mocnou vrstvou jemnozrnných zemin měkké, tuhé a pevné konzistence. Pro tyto sedimenty je charakteristické proměnlivé složení, jednotlivé vrstvy nemají stálou mocnost a vzájemně se prolínají. Výplň údolní nivy je asymetrická oproti současné poloze regulovaného koryta potoka.

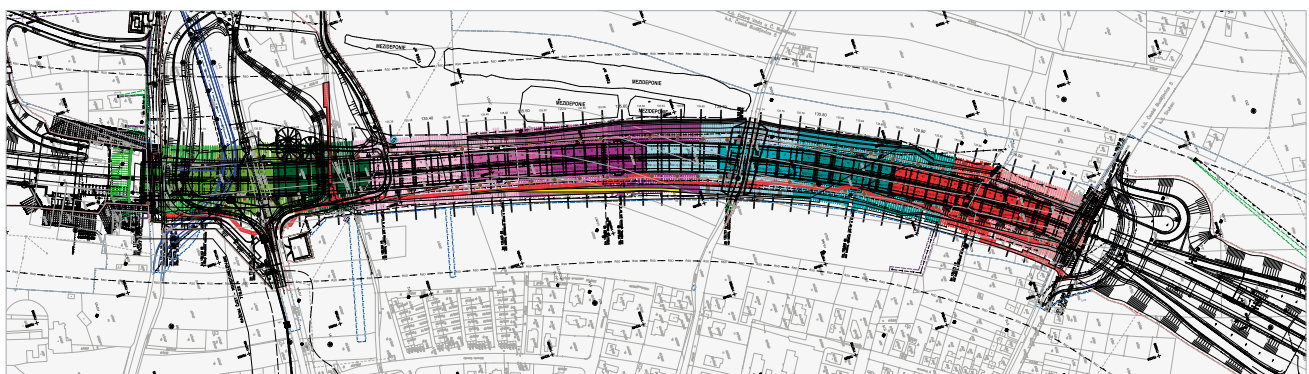
Zbývající část úseku tunelu je tvořena deluviálními sedimenty mocnosti cca 0,6 – 2,3 m, a to především jílovitými zeminami tuhé až pevné konzistence, méně pak písčity zeminami středně ulehlými.

Podloží je tvořené křídovými sedimenty. Jsou zastoupeny především jílovce, prachovce a pískovce až drobnozrnné slepence. Zastoupení jednotlivých litologických typů je značně proměnlivé a v pískovcích se často vyskytují jílovité polohy a naopak. V prachovcích je častá proměnlivá příměs jemnozrnného písku. Nelze tedy často přesně stanovit rozhraní, a menší polohy jedné horniny v druhé se vyskytují běžně. Zvětrání je také velice nepravidelné. Zcela zvětralé polohy dosahují velkých hloubek a ve zcela zvětralých horninách se nachází silně zvětralé polohy a naopak. Zcela zvětralé jílovce a prachovce mají charakter hlíny a jílu se střední až vysokou plasticitou a hlíny a jílu písčitého pevné až tvrdé konzistence. Pískovce mají většinou charakter čistého písku, písku hlinitého a jílovitého, ulehleho až slabě stmelěného. Silně zvětralé horniny mají charakter velmi slabě zpevněných hornin.

Hydrologicky náleží území do povodí Dobrovodského potoka. Dle archivních sond a hydrogeologického průzkumu je nutné předpokládat téměř souvislé zvodnění úseku (s proměnlivou úrovní hladiny podzemní vody).

V prostoru Dobrovodského potoka (km cca 135,180 – 135,380) je podzemní voda vázána na kvartérní fluvialní šterkopisky, leží mělko pod povrchem v hloubce 1,0 – 2,8 m pod terénem a je v přímé hydraulické spojitosti s hladinou vody v potoce. Relativně mělko se voda vyskytuje také v okolí km cca 135,960 v místě drobné zatrubněné vodoteče.

V ostatních částech úseku je podzemní voda vázána na propustnější písčité horniny předkvartérního podkladu. Ve svahu směrem k Dobrovodské ulici byla hladina podzemní vody zastižena



Celková situace tunelu Pohůrka s rozdělením na dilatační a pracovní celky



Zatěžovací zkouška ocelovým mostem typu „hříbek“ s únosností 15 MN pro stanovení plášťového tření podzemních stěn

v hloubce cca 1,1 – 2,3 m. Na dvoře bývalé cihelny za Dobrovodskou ulicí, kam je situován severní portál tunelu, je ve vodoměrné šachtě voda v hloubce 1,1 m. Podzemní voda je zde dotována průsaky srážkové vody ze zavezeného hlinišť. Ve zbývajících částech trasy tunelu se podzemní voda vyskytuje v hloubce cca 6,3 – 11,1 m pod terénem. Vzhledem k horizontální i vertikální variabilitě svrchnokřídových sedimentů není hladina souvislá a v oblasti se vyskytují zavěšené zvodně s vyšší hladinou podzemní vody. Vzhledem ke složitosti hydrogeologické problematiky v oblasti stavby tunelu, navazujících zářezů, odvodňovací štol, okolních studní a povrchové zástavby byl vypracován hydrogeologický matematický model proudění podzemní vody. Slouží k upřesnění rozsahu změn režimu podzemní vody v okolí stavby a pro oblast celé budějovické páve, ale byl určen zejména pro optimalizaci návrhu stavebních konstrukcí a způsobu výstavby. Dále tento model umožňuje zhodnotit rozsah a hranice možného negativního ovlivnění okolí stavby a je podkladem pro rozsah pasportizace povrchové zástavby. Slouží také jako upřesnění způsobu a rozsahu monitoringu konstrukcí a území během stavby a po stavbě.

Vývoj variant konstrukce tunelu

Konstrukce tunelu dle zadávací dokumentace

Nosná konstrukce tunelu byla navržena jako železobetonový rám o dvou polích, vytvářející dvě komory. Jednalo se o vodonepropustnou uzavřenou konstrukci doplněnou o deštníkovou hydroizolaci na stropní desce s trvale sníženou hladinou podzemní vody pod pracovní spáru mezi stropní deskou a svislými stěnami.

Ty byly navrženy jako tři konstrukční podzemní stěny tloušťky 800 mm. Krajní podzemní stěny byly navrženy kratší, vetknuté pod základovou spáru. Střední podzemní stěna byla vzhledem k předpokládanému zatížení navržena delší. Délky podzemních stěn byly navrženy statickou analýzou, kdy kromě odolnosti vůči zemnímu a hydrostatickému tlaku muselo být rovněž omezeno sedání

po provedení stropní konstrukce a zásypů. Nová konstrukce tunelu rovněž musela odolat účinkům zvýšené hladiny vody v nové retenční nádrži při rozvodnění Dobrovodského potoka.

Podzemní stěny měly být realizovány z „mělkých“ předvypokopů přes vodící zídky. Horní úroveň vodící zídky byla navržena totožná s úrovní pracovní spáry stěny/strop. Důvodem bylo husté vyztužení podzemní stěny a nemožnost odbourání znehodnoceného betonu. Návrh lamelizace podzemních stěn odpovídal užití drapaků s šíří záběru 2,8 m. Podzemní stěny byly navrženy jako vodonepropustné, s vloženými spárovými pásy mezi jednotlivými lamelami včetně pojistného systému injektáží.

Pro omezení průsaků a přítoků pozemní vody při těžbě jádra pod zastropením měly být po délce tunelu realizovány jílocementové příčné clony, které se měly provádět společně s podzemními stěnami po cca 100 m délky tunelu. Odpouštění podzemní vody z těchto prostorů mělo být prováděno horizontálními předvrty. Při provádění výkopů bylo navrženo postupné snižování hladiny systémem čerpacích studní, které kromě čerpání měly plnit i funkci pozorování změn režimu podzemních vod v okolí tunelu po dobu výstavby.

Na podzemní stěny měla být následně z úrovně „mělkých“ výkopů vybetonována definitivní stropní deska. Ta byla rozdělena na betonážní sekce v délce 8–12 m. Deštníková hydroizolace stropní desky měla být na bocích tunelu ukončena dle zvláštního detailu. Pod touto úrovní měla být osazena pojistná drenáž s revizními šachtami po cca 100 m po obou stranách tunelu. Tato pojistná drenáž měla gravitačně odvádět vody podél tunelu.

Po provedení těchto prací měly být provedeny definitivní zásypy včetně definitivních přeložek na povrchu. Navržený postup umožňoval provádění přeložek inženýrských sítí, komunikací a rovněž dočasné převedení Dobrovodského potoka v omezeném rozsahu, kratší době a operativně s ohledem na prostorové a časové vazby postupu prací. Tím mělo dojít ke zkrácení doby negativních účinků stavby na okolní povrchovou zástavbu, život obyvatel a životního prostředí.

V dalším kroku výstavby měly být provedeny výkopy pod stropem tunelu a mezi podzemními stěnami na úroveň základové spáry pro základové desky dna tunelů (systém cut and cover). Výhoda hloubení pod zastropením spočívala v omezení přítoku podzemní vody pouze dnem a čelbou. Při ražbě tunelu bylo plánováno do dna instalovat dočasné ocelové rozpěry podzemních stěn, které měly být osazeny do mělké rýhy a zabetonovány, což by zajišťovalo, že nedojde k příčným posunům podzemních stěn vlivem tlaku zeminy a podzemní vody. Hydraulické prolomení dna bylo eliminováno dostatečnou délkou zejména bočních podzemních stěn.

Po dokončení výkopů nebo jejich částí bylo plánováno provedení základových desek železobetonového dna obou tunelových tubusů, které měly být vodonepropustně propojeny s konstrukcí podzemních stěn. Základním prvkem byl ocelový svařenec, jehož část byla součástí podzemní stěny a zbývajících část měla být navařena po odfrézování drážek v podzemní stěně pro napojení základové desky. Navržený detail byl opatřen injektážními hadičkami pro zajištění vodonepropustnosti. Před realizací vnitřních konstrukcí měl být tento styčný detail injektován.

Změna původního návrhu

Zatěžovací zkouška lamel podzemních stěn

Vzhledem k poměrně složitým geologickým podmínkám bylo již součástí zadání provedení doplňujícího geologického průzkumu s řádově vyšší vypovídací schopností, než poskytovaly výsledky z průzkumů jádrovými vrty.

V rámci tohoto průzkumu provedl zhotovitel v srpnu 2019 zkoušku na třech jednozáběrových lamelách podzemních stěn (PS) pomocí ocelového mostu. Zkouška byla situována do blízkosti Dobrovodského potoka. Lamely ZL 01, 02 a 03 byly navrženy o rozměrech 0,8 x 2,8 m, hloubky 17,0, 27,0 a 40,0 m ve vzájemné vzdálenosti 10,0 m. Lamely byly hloubeny drapákem Stein K 810 pod ochranou pažicí bentonitové suspenze a vyplněny betonem C 30/37 – XA3 – XC2 – S4/S5 po vložení příslušných armokošů. Hlavy lamel byly po potřebném odbourání a očištění opatřeny železobetonovými roznášecími deskami pro následné uložení spodního svařence ocelového zatěžovacího mostu. Díky jednotlivých lamel PS byly instrumentovány jednak pomocí tenzometrů, jednak optickými kabely. Zkušební most typu „hříbek“ byl na každé z lamel přikotven 12 ks zemních předpjatých pramencových kotev. Tyto kotvy byly rozmístěny po obvodu kruhu o průměru 6180 mm. Statické zatěžovací zkoušky na všech zkušebních lamelách byly navrženy pro maximální zatížení o velikosti $P = 12,0$ MN. Kritériem pro ustalování zatížení byl jednak přírůstek deformace po dvou za sebou jdoucích měřeních sedání $\Delta s \leq 0,10$ mm, jednak minimální doba setrvání na příslušném zatěžovacím stupni 60 min. Deformace byla snímána čtyřmi nezávislými elektronickými snímači deformací a síla byla kontrolována dynamometry. Výsledkem studijních zatěžovacích zkoušek zkušebních lamel PS bylo stanovení charakteristických hodnot plášťového tření a napětí na patě pro přípustné sedání o velikosti $s \leq 10,0$ mm a $s \leq 15,0$ mm. Na základě těchto zkoušek doporučil zpracovatel posudku doc. Ing. Jan Masopust, CSc., počítat s předloženými charakteristickými hodnotami základových půd pro sedání lamel $s = 10$ mm.

Dalším podkladem pro změnu řešení byl nový vrt J999, pomocí něhož byla zjištěna napjatá hladina podzemních křídových zvodní. Toto zjištění bylo nutné následně upřesňovat dalšími průzkumnými vrty.

Dalším podstatným vstupem bylo pak i stanovisko Povodí Vltavy, s. p., ze dne 17. 4. 2019, které znemožňovalo provedení čerpání podzemní vody v průběhu výstavby do úrovně uvažované ve statickém výpočtu projektové dokumentace pro provádění stavby (PDPS).

Alternativní varianty

Na základě těchto podkladů byl autorský dozor dopisem objednatele požádán o zpracování a vyhodnocení výše zmíněných dopadů do technického řešení tunelu. Tato varianta je nazývána **Varianta Upravená PDPS**.

Zároveň dne 29. 11. 2019 předal dopisem zhotovitel stavby alternativní technické řešení konstrukce tunelu, které také reaguje na výše zmíněné poklady. Tato varianta je nazývána **Varianta Krabice**.

Varianta Upravená PDPS

Postup výstavby a použité prvky pro nosné konstrukce jsou **totožné jako ve stupni pro výběr zhotovitele (cut and cover)**. Na základě výsledků z doplňujícího průzkumu byly prodlouženy všechny tři podzemní stěny tunelu. V nejproblematičtějším místě došlo k prodloužení střední podzemní stěny o 18 m. V této variantě bylo také zásadně omezeno čerpání podzemní vody vně tunelu; zvýšené zatížení měly přenášet dočasné rozpěry uložené pod dnem tunelu, osazované během výkopů pod strohem tunelu.

Varianta Krabice

V této variantě dochází k zásadní změně koncepce konstrukce tunelu včetně postupu výstavby. Na rozdíl od původního řešení i varianty Upravená PDPS měla proběhnout výstavba tunelové konstrukce v **hloubené stavební jámě**. Její zapažení měly tvořit dvě vodotěsné podzemní stěny tl. 800 mm, vetknuté dostatečně hluboko pod úroveň základové spáry. Důležité přitom je, že hloubka těchto pažicích



Vznikající železobetonová konstrukce tunelu v zapažené stavební jámě, staveniště střed



Proudová metoda výstavby železobetonové konstrukce tunelu ve stavební jámě pažené kotvenými štětovými stěnami, staveniště střed

podzemních stěn neměla být větší než ve variantě PDPS. Pro stanovení hloubky vetknutí bylo nutno vzít do úvahy i vliv proudění podzemní vody pod patou stěny (stabilita dna proti hydraulickému zdvihu, vyplavování jemných částic – sufoze). Pro dočasné zajištění pažící konstrukce z podzemních stěn byly navrženy dvě řady ocelových rozpěr (rozepření v koruně PS a rozepření v mezilehlé poloze) tak, aby bylo možné vybetonovat konstrukci hloubeného tunelu pod rozpěrou v koruně podzemní stěny. Bylo tedy nutné, aby byly podzemní stěny hloubeny z vyšší úrovně, než bylo navrženo ve stupni PDPS. Po postupném odtěžení stavební jámy mezi podzemními stěnami (s jejich postupným zajišťováním ocelovými rozpěrami) na úroveň základové spáry měly být provedeny podkladní vrstvy a hydroizolační souvrství, na které měla být posléze vybetonována základová deska, která byla součástí uzavřené železobetonové konstrukce a zároveň plnila funkci spodní rozpěry podzemních stěn. Po odstranění mezilehlých trubních rozpěr následovalo vyrovnání povrchu podzemních stěn a instalace hydroizolačního souvrství. Potom měla být provedena betonáž tří svislých stěn, na které se nakonec měla vybetonovat stropní konstrukce, která současně vytvářela rozpěru mezi korunami podzemních stěn. Na stropní desku mělo být osazeno hydroizolační souvrství s ochranným systémem. Tímto postupem by vznikl uzavřený monolitický rám o dvou polích, který měl být kompletně uzavřen hydroizolačním souvrstvím. Následně mělo dojít k odstranění trubních rozpěr v koruně podzemních stěn, vybourání oken do podzemních stěn pro umožnění proudění podzemní vody a zásyp do potřebné úrovně.

V dubnu roku 2020 požádal objednatel autorský dozor o úpravu obou předložených řešení a zpřístupnil mu data z měření dlouhodobého monitoringu výšky hladiny podzemní vody v hydrogeologických vrtech HVN a HVS a stávajících studních (měření provádí firma Samson od 03/2017).

Z konferenčního projednání a porovnání variant z 03/2020 vyplynula nutnost zpracovat **celkem čtyři konstrukční varianty provedení tunelu:**

Varianta A: Konstrukce tunelu „PDPS“ – zastižená úroveň HPV bez snížení

Hloubka konstrukčních podzemních stěn byla navržena na základě výsledků ze Závěrečné zprávy o výsledcích studijních statických zatěžovacích zkoušek lamel podzemních stěn ZL 01, ZL 02 a ZL 03, zpracované doc. J. Masopustem, který na základě těchto zkoušek a na základě skutečně zastižené HPV z dlouhodobého hydrogeologického monitoringu a s ohledem na stabilitu konstrukce v jednotlivých fázích výstavby stanovil charakteristické hodnoty plášťových tření a únosnosti na patě v souladu s platnými normami. V této vari-

antě se neuvažovalo se snižováním hladiny podzemní vody vně stavební jámy. Pod dnem tunelu byla navržena rozpěrná konstrukce v reakci na skutečně zastiženou HPV z dlouhodobého hydrogeologického monitoringu.

Varianta B: Konstrukce tunelu „PDPS“ – snížená HPV

Hloubka konstrukčních podzemních stěn byla v této variantě B navržena stejným způsobem jako v předchozí variantě A s tím rozdílem, že nyní se počítalo se snižováním hladiny podzemní vody vně podzemních stěn po celé délce tunelu. Navržené dodatečné snižování hladiny podzemní vody umožnilo zcela vypustit dočasné ocelové rozpěry pod dnem tunelu.

Varianta C: Konstrukce tunelu „Krabice“ – zastižená úroveň HPV bez snížení

Pažení stavební jámy výkopu

Konstrukce tunelu byla navržena do stavební jámy zapažené vodotěsnou konstrukcí – štětovnicovou stěnou. Ta byla uvažována jako kotvená pramencovými kotvami ve dvou nebo třech úrovních. Vzhledem k zastiženým geologickým podmínkám nebylo v této variantě možné štětovnice beranit na celou hloubku, proto měly být osazovány do vytěžené rýhy tl. 600 mm a zality jílocementostruskovou směsí. V této variantě se neuvažovalo se snižováním hladiny podzemní vody vně stavební jámy.

Konstrukce tunelu

Nosnou konstrukci tvoří v této variantě železobetonový rám o dvou polích, vytvářející dvě komory. Jedná se o plošně založenou železobetonovou konstrukci tunelu s tlakově uzavřeným systémem hydroizolačního souvrství.

Varianta D: Konstrukce tunelu „Krabice“ – snížená HPV

Pažení stavební jámy výkopu

Konstrukce tunelu byla navržena do zapažené stavební jámy. V tomto řešení se uvažovalo se snižováním hladiny podzemní vody vně stavební jámy po celé délce tunelu. Stavební jáma je z části zapažena vodotěsnou pažicí konstrukcí – štětovnicovou stěnou – a z části záporovým pažením (v místech snížení HPV pod dno stavební jámy). Štětovnicová i záporová stěna jsou navrženy jako kotvené pramencovými kotvami ve dvou úrovních.

Konstrukce tunelu

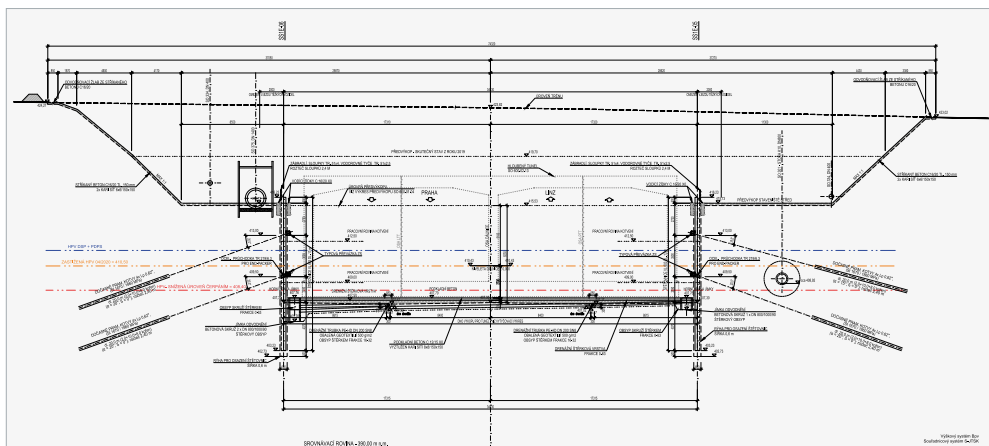
Nosnou konstrukci tvoří stejně jako v předchozí variantě C železobetonový rám o dvou polích, vytvářející dvě komory. Jedná se o plošně založenou železobetonovou konstrukci tunelu s tlakově uzavřeným systémem hydroizolačního souvrství.

Ve variantách se sníženou HPV navrhl autorský dozor možné snížení aktuálně zastížené hladiny podzemní vody při výstavbě po celé délce tunelu. K ověření lokálních hydrogeologických poměrů byly v rámci první fáze vybudovány čtyři skupiny čerpacích studní po 3 ks. Studny byly realizovány při patě svahu stávající úrovně skrývky v trase tunelu. Na základě výsledků z čerpacích zkoušek bylo provedeno hydrogeologické posouzení vlivu navrhovaného snížení hladiny podzemní vody během výstavby tunelu a zahájeno správné řízení pro povolení k nakládání s podzemními vodami – čerpání podzemní vody za účelem snížení její hladiny v prostoru „SO 600 – tunel Pohůrka“.

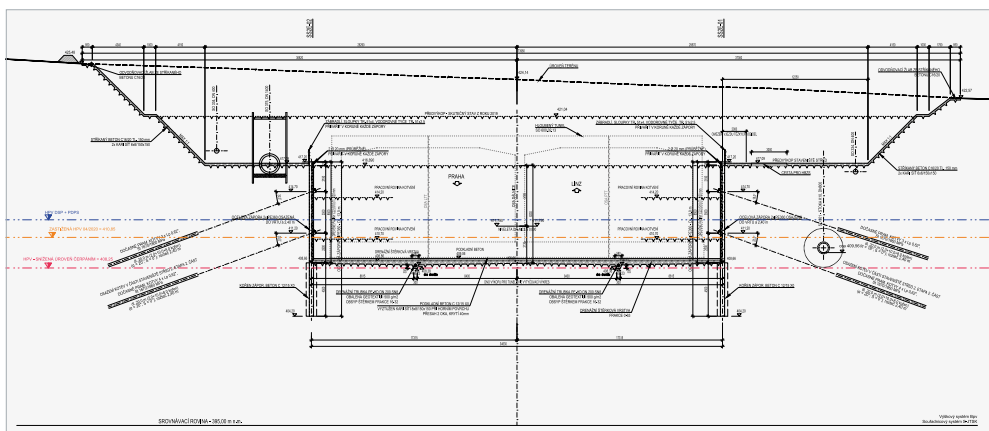
Z porovnání výše uvedených čtyř variant vyšla nejvýhodnější varianta D – Konstrukce tunelu „Krabice“ – snížená HPV, která prokazovala nejnižší náklady na výstavbu a nejrychlejší dobu dokončení. Podmínkou možnosti realizace této varianty bylo získání povolení k nakládání s podzemními vodami – čerpání podzemní vody za účelem snížení její hladiny v prostoru „SO 600 – tunel Pohůrka“, které se podařilo získat.



Armování základové desky a stěn tunelu ve stavební jámě pažené kotveným záporovým pažením, staveniště střed



Příčný řez stavební jámy paženou pomocí kotvených štětových stěn, staničení 135,660



Příčný řez stavební jámou paženou pomocí kotveného záporového pažení, staničení 135,760



Armování základové desky tunelu

Výsledná varianta (D)

V tomto řešení je tedy výstavba tunelu navržena odlišným způsobem od zadávací dokumentace. Principem je provedení stavební jámy dočasně zajištěné dvěma technologiemi dle zastížení hladiny podzemní vody (HPV) nad nebo pod úrovní výkopu pro tunel. V případě zastížení HPV nad touto úrovní byla stavební jáma tunelu zajištěna kotvenými štětovými stěnami (úsek Pražský portál – 135,680 km). V případě úrovně HPV pod touto úrovní byla stavební jáma zajištěna kotveným záporovým pažením s výdřevou (135,680 km – Kaplický portál). V takto zajištěném jámě bylo postupně budováno plošné založení konstrukce tunelu. Finální monolitická konstrukce tunelu bude celá opatřena tlakovým systémem hydroizolace bez nutnosti provedení trvalého drenážního systému.

Zajištění stavební jámy štětovými stěnami

V zastížené geologii nebylo možné štětovnice beranit, musely proto být osazovány do rýhy těsnicí podzemní stěny tl. 600 mm dostatečné hloubky vyplněné samotvrdnoucí jílocementostruskovou směsí. Délky štětových stěn byly dány statickou analýzou, kdy musí odolat zemnímu a hydrostatickému tlaku. Koruna štětovnic kopírovala niveletu tunelu.

Toto řešení štětových stěn zaručuje vodonepropustnost konstrukce včetně spáry v napojení na podzemní stěny portálových stěn. Délky štětových stěn jsou odstupňované a liší se v podélném směru podle toho, v jaké části tunelu se nachází. Vychází se ze statických výpočtů, přičemž se z důvodů zajištění statické spolehlivosti počítá se zastížením nepříznivých geologických a hydrogeologických poměrů.

Pro omezení průsaků a přítoků podzemní vody do hloubené zapažené jámy byly současně s těsnicími podzemními stěnami v linii tunelu navrženy i příčné jílostruskové stěny s pevností min 0,5 MPa, a to vždy na konci jednotlivých etap linie tunelu. Při provádění výkopů bylo navrženo postupné snižování hladiny v prostoru stavební jámy systémem čerpacích studní, které kromě čerpání plnily funkci pozorování změn režimu

podzemních vod i v okolí tunelu po dobu výstavby.

Kotvení štětových stěn bylo navrženo dočasnými pramencovými kotvami různých délek a sklonů přes ocelové převázky. Mezi stěnou budoucího hloubeného tunelu a pažením byl navržena pracovního prostoru šířky cca 1500 mm. Pokud se vstup kotvy pažící stěnou nacházel pod hladinou podzemní vody, byl zhotoven jako vodotěsný.

Zajištění stavební jámy záporovým pažením

Zápory byly navrženy z dvojice profilů IPE 360 à 2,4 m (ocel S235). Kotveny byly přímo přes ocelový profil, nebylo tedy

nutné na stěnu osazovat ocelové převázky. Vlastní pažení bylo navrženo pomocí polohraněného řeziva.

Podrobnější technický popis provádění pažení stavební jámy výkopu tunelu oběma technologiemi speciálního zakládání přinášíme v následujícím článku tohoto tématu.

Konstrukce tunelu

Nosnou konstrukci tunelu tvoří plošně založený železobetonový rám o dvou polích, vytvářející dvě komory s tlakově uzavřeným systémem hydroizolačního souvrství.

Standardní příčný řez tunelu je obdélníkový s vnitřní světlostí šířkou 14,65 m v LTT a 14,15 v PTT. Výška konstrukce v LTT i PTT je 7,930 m. Nad průjezdným prostorem výšky 4,8 m je pojistný prostor výšky 0,30 m a prostor pro osvětlení a portály proměnného dopravního značení. V místech umístění velkoplošných dopravních značek a ventilátorů je strop tunelů zvýšen na potřebnou úroveň při zachování pojistného prostoru nad průjezdným profilem.

Stropní deska je ze statických důvodů vyprojektována s náběhy k bočním a střední stěně. Pracovní spáry stěny a stropu jsou při realizaci náležitě ošetřeny. Tloušťka stropní konstrukce je v převážné délce tunelu 1,0 m.

V místech křížení tunelu s přeložkou kanalizace DN1400 (km 135,122), definitivní přeložkou Dobrovodského potoka SO 379 a 380 (km 135,132), stokou SO 334 (km 135,580) a s vodovodem v Ledenické ulici (km 136,096) je profil tunelu snížen. Výstavba tunelu probíhá v souladu s etapizací výkopů a přeložek na povrchu (Dobrovodská a Ledenická ulice, Dobrovodský potok, retenční nádrž, kanalizace atp.).

Postup výstavby tunelu

Po zhotovení drenážních a podkladních vrstev je provedena hydroizolace základové desky s tvrdou ochranou. Na hydroizolaci je vybetonovaná základová deska. Následně jsou zhotoveny tři monolitické podélné stěny tunelu, na které je vybetonovaná

stopní deska. Hydroizolace je na stěny provedena jako kotvená z vnějšího povrchu. Stropní deska bude taktéž opatřena hydroizolačním systémem s tvrdou ochranou. Tímto způsobem vznikne ze všech stran zaizolovaná konstrukce tunelu s plošným založením. Hydroizolace je prováděna z PVC tl. 3 mm. Prostor mezi pažením stavební jámy a konstrukcí tunelu je po dokončení nosné konstrukce vyplněn popílkovým stabilizátem pevnosti cca 1 MPa. Tento stabilizát je ukládán po jednotlivých etážích tak, aby mohly být deaktivovány dočasné pramencové kotvy pažení stavební jámy tunelu. Po zalití a vytvrnutí stabilizátu jsou jednotlivé štětovnice vytaženy. Následuje provedení definitivních zásypů a přeložek na povrchu. Nosná konstrukce je rozdělena na 76 dilatačních dílů různých délek. Všechny pracovní a dilatační spáry jsou navrženy jako vodotěsné.

Pražský portál (severní)

Objekt Pražského portálu (staničení 135,095 km) zajišťuje napojení dálničního tělesa na objekt hloubeného tunelu v místě Dobrovodské ulice. Vlastní portál vytváří rozšířené zpevněné plochy před vjezdem do tunelu v rozsahu od km cca 135,00 do km 135,096. V nejširším místě bude plocha široká až cca 77,0 m. Ve směru jízdy vpravo od Prahy bude situován provozně technický objekt (PTO). V PTO budou umístěny místnosti el. vybavení a ovládání provozu v tunelu, sklady materiálu, ústředna mobil. telefonů, lokální pracoviště s vybavením a čerpací stanice. Objekt bude dočasně sloužit pro trvalý pobyt osob, posléze pouze pro pobyt občasný. Jedná se o zděný objekt rozměrů cca 26x14 m a výšky 5 m. Před PTO bude umístěna podzemní nádrž požární vody a nádrž odlučovače ropných látek (ORL).

V pravém rohu portálu (ve směru staničení dálnice na jih) bude umístěna šachta odvodňovací stoky do Dobrovodského potoka. Volné zpevněné plochy před a za PTO budou používány jako nástupní plochy pro IZS v případě mimořádné události v tunelu a pro techniku provozu a údržby. Ve směru jízdy do Prahy, ven z tunelu, bude vpravo rozšířená plocha, která dále přechází do odbočovacího pruhu nouzového výjezdu. Na ploše bude umístěna podzemní nádrž kontaminovaných vod. Kromě jmenovaných konstrukcí budou na ploše před portálem umístěny vždy dva nadzemní hydranty požárního vodovodu a SOS hlásky. Pod povrchem budou uložena kanalizační, drenážní a vodovodní potrubí s revizními šachtami, kabelovody s kabelovými šachtami pro silnoproudé, slaboproudé a sdělovací kabely.

Zajištění stavební jámy portálu

Podzemní stěny

Portálové stěny Pražského portálu byly navrženy jako trvalé konstrukce v půdorysném tvaru otevřeného U. Tvoří je kotvené konstrukční podzemní stěny tl. 800 mm a 1000 mm (PS80, PS100) v délkách 11,2 – 23,0 m. Podrobný popis zhotovení portálových stěn viz následující článek tohoto tématu.

Vzhledem k tomu, že při hloubení zapažené stavební jámy portálu tunelu po dokončení podzemních stěn v heterogenním prostředí mohlo dojít k zastížení větších lokálních zvodní se zvyšujícími přítoky vody, byla v předstihu realizována tato opatření:

- průběžný hydrologický monitoring z navržené sítě čerpacích a pozorovacích studní;
- odvodňovací šachty a odvodňovací štoly do Dobrovodského potoka;
- jílostruskové příčné těsnicí clony realizované společně s podzemními stěnami;
- drenážní podzemní stěny vyplněné propustným materiálem, situované vně jámy pro pražský portál;
- podélné těsnicí podzemní stěny, které mají za účel přerušit proudění podzemní vody do prostoru portálu a odclonit možné průsaky;
- subhorizontální odvodňovací vrtvy, ústící do líce obložení podzemních stěn a do odvodňovacích rigolů; voda z vrtů bude svedena do odvodnění portálu a do odvodňovací štoly;
- plošná drenáž portálu do odvodňovací štoly z kameniva pro minimalizaci vztlínání podzemní vody na zpevněné plochy a pro eliminaci rizika hydraulického prolomení dna.



Pažení stavební jámy Pražského portálu kotvenými podzemními stěnami

Smyslem těchto opatření je systémové trvalé odvedení podzemních vod z prostoru portálu, trvalé snížení hladiny podzemní vody za rubem podzemních stěn na úroveň cca 4–5 m nad niveletu dálnice a dále minimalizace průniků vody do konstrukčních vrstev zpevněných ploch na portále a trvalé odvádění průsakových vod odvodňovací štolou.

Kaplický – jižní portál

Objekt Kaplického portálu (staničení 136,096 km) zajišťuje napojení dálničního tělesa na objekt hloubeného tunelu v místě Ledenické ulice. Vlastní portál vytváří rozšířené zpevněné plochy před vjezdem do tunelu ve staničení 136,096 – 136,165. V nejširším místě bude plocha na horní hraně zářezu široká až cca 135,0 m. Výkopy jsou zde provedeny nejen pro vlastní portál, ale také pro předportálovou otevřenou část se sjezdovou rampou a přípojovacím nouzovým pruhem z Ledenické ulice. Plocha je rozšířena pro nástup IZS a odstav techniky provozu a údržby. Na straně rozšíření je umístěna podzemní nádrž požární vody.

Po stranách portálu budou umístěny dva nadzemní hydranty požárního vodovodu a SOS hlásky. Pod povrchem budou uložena kanalizační a vodovodní potrubí s revizními šachtami, kabelovody s kabelovými šachtami pro el. kabely. Boční stěny stavební jámy portálu jsou zajištěny po stranách svahovaným výkopem, stejně jako navazující část dálnice ve volném terénu.

Zajištění stavební jámy portálu

Podzemní stěny

Stěny Kaplického portálu jsou tvořeny kotvenými konstrukčními podzemními stěnami tl. 800 mm o délkách 11,2 – 18,2 m. Na Kaplickém portále, podobně jako na Pražském portále, byla PS doplněna o část směřující ke konstrukci tunelu a navazující na pažici záporovou stěnu stavební jámy tunelu. Podrobný popis zhotovení portálových stěn Kaplického portálu viz opět následující článek tohoto tématu.

Konstrukce vnitřního vybavení tunelu

Vnitřní konstrukce jsou především podkladní a výplňové betony, nouzové chodníky s kabelovody a šachtami pro trasy el. kabelů, šterbinové žlaby a obrubníky, protipožární dveře úniků, chráničky pro příčné převedení kabelů do stěn a stropů v tunelu, nosníky pro nesení dopravního značení a jiné konstrukčně stavební a bezpečnostní prvky.



Pažení stavební jámy Kaplického portálu podzemními stěnami s dokončovanou hrubou vestavbou tunelu

Vnitřní líc podzemních stěn bude opatřen kotvenou monolitickou betonovou přibetonávkou s pojistnou plošnou drenážní vrstvou z nopových fólií a podélnou drenáží pod nouzovými chodníky.

Odvodnění tunelu je zajištěno tunelovou kanalizací s revizními šachtami v chodníku tunelu. Potrubí odvodnění je uloženo v desce dna tunelu. Do kanalizace je zaústěno odvodnění pojistných drenáží a šterbinových žlabů.

Zásypy

Zásypy železobetonové rámové konstrukce tunelu se budou provádět po etapách v souvislosti s realizací podzemních stěn a stropních konstrukcí. V souběhu se zásypy tunelu budou prováděny přeložky kanalizačních stok jako součást definitivních úprav povrchu. Hutněné zásypy budou prováděny vytěženým materiálem, který bude na deponii tříděn podle vhodnosti užití do zásypů. U méně vhodných až nevhodných typů zemin bude jejich zpětné uložení podmíněno provedením stabilizace hydraulickými pojivy. Zemní těleso zásypů, do úrovně stávajícího terénu, bude dosahovat výšky do 6 m, a to v závislosti na konfiguraci původního a nového upraveného terénu. V křížení konstrukcí tunelu a Dobrovodského potoka je navrženo výškové uspořádání, kdy přesýpaný tubus dálničního tělesa vytváří hráz na Dobrovodském potoce. Zásypy v prostoru budoucí hráze retenční nádrže se budou realizovat v rámci objektu nádrže, kdy budou předepisovány náročnější požadavky na kvalitu zásypového materiálu a hutnění. Tato hráz vytváří prostor pro poldr a realizaci vodní nádrže. Součástí tohoto objektu stavby jsou konstrukce pro definitivní převedení Dobrovodského potoka přes hráz nad tunelem zpevněným korytem a shybka na potoce pod konstrukcí tunelu.

Definitivní úpravy povrchu terénu nad tunelem, okolo portálů a opěrných zdí jsou vytvořeny kromě zasypáním objektů do původního, resp. upraveného, tvaru terénu také zatravněním.

Současný stav postupu prací (únor 2024)

Pražský portál

Stavební jáma Pražského portálu je dokončena, jsou provedeny všechny práce na pažici konstrukci a portál je v podstatě dotěžen na základovou spáru. V současné době probíhá výstavba provozně technologického objektu, buduje se nádrž na kontaminovanou vodu z tunelu, nádrž na požární vodu, včetně požárního vodovodu, zároveň probíhá výstavba kabelovodů, kanalizací, drenážního systému či definitivního obkladu viditelné části podzemních stěn.

Konstrukce tunelu

Konstrukce tunelu je k dnešnímu dni prakticky dokončena, ukončení betonáže se předpokládá na začátku dubna. Zároveň probíhají práce na izolaci konstrukce tunelu a také dochází k jeho postupnému zasypávání. Uvnitř tunelu probíhá výstavba chodníků, kabelovodů, požárního vodovodu, kabelových lávek atd.

Kaplický portál

Je kompletně provedena čelní stěna portálu včetně portálové části tunelu. Z prostoru portálu byla na stropní desku tunelu přeložena Ledenická ulice. Na portálu zbývá vybudovat kabelovody, odvodnění a obklad viditelné části podzemních stěn.

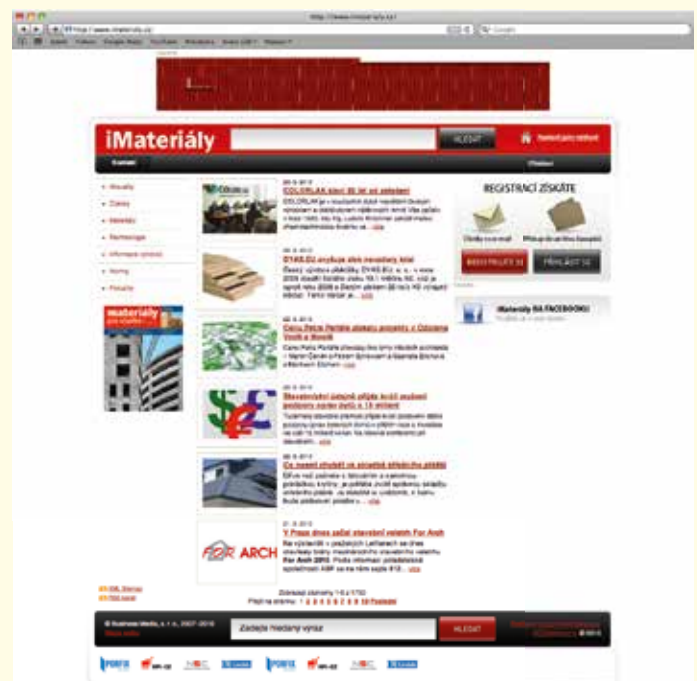
Ing. Tomáš Urbánek, MPI Projekt, s. r. o.

Pohůrka tunnel on the D3 highway on the České Budějovice bypass, development of the design solution

The Pohůrka tunnel is a new excavated tunnel on the České Budějovice bypass, which will be part of the D3 highway in the Úsilné–Hodějovice section at km 131.240–138.450. This section is the first part of the České Budějovice bypass with a length of 7.2 km, the second part of the bypass consists of a connecting section from Hodějovice to Třebonín with a length of 12.5 km. The Pohůrka tunnel is located southeast of the city center of České Budějovice, near the city district of Suché Vrbné and the villages of Dobrá Voda and Stará Pohůrka. The total proposed length of the tunnel is 999.5 m. The tunnel consists of a reinforced concrete structure with a proposed service life of at least 100 years and is designed as an excavation under a relatively flat undeveloped area just below the bed of the Dobrovodského stream. The portals of the tunnel approach Dobrovodská Street (Prague Portal) and Ledenická Street (Kaplický Portal). We present the extensive and significant construction of the tunnel further in two articles. In the first article from the main designer of the tunnel, we mainly describe the development of the entire complex project from the initial stages to the final optimized solution. In the second article, we provide a detailed description of the special foundation works, the supplier of which is the company Zakládání staveb, a. s. Construction work began on the construction site in 2019 and continues with breaks until today (02/2024).

iMateriály

Internetový portál pro odbornou stavební veřejnost. Přináší aktuální informace z oboru stavebnictví, novinky v oblasti stavebních materiálů a výrobků a odborné články renomovaných autorů.



Tunel Pohůrka – práce speciálního zakládání, 2019–2024

Vzhledem k charakteru stavby – hloubeného tunelu – hrály práce speciálního zakládání na tomto projektu zcela zásadní roli. Společnost Zakládání staveb, a. s., taky byla významným partnerem generálního dodavatele – sdružení, tvořeného společnostmi Hochtief, a. s., Colas CZ, a. s., a M-Silnice, a. s. Jednalo se především o zajištění dočasného pažení stavební jámy hloubeného tunelu v celé jeho délce téměř jednoho kilometru a zajištění trvalých konstrukcí pažení obou tunelových portálů – Pražského a Kaplického. Součástí činností speciálního zakládání byla rovněž i realizace těsnicí a drenážní stěny před Pražským portálem, pilotové založení dálničního mostu, nadjezdů a výstavba objektů pro přeložky inženýrských sítí, odvodnění tunelu pomocí šachet ze štětových stěn a další.



Realizace podzemních stěn na Kaplickém portálu

První etapa prací

První etapa prací speciálního zakládání probíhala od léta 2019 do zimy 2019 a byly během ní provedeny přípravné práce pro vlastní zahájení hlavních činností na výstavbě tunelu. V létě roku 2019 byly realizovány zkušební lamely podzemních stěn pro potřebu doplňujícího geologického průzkumu (viz podrobněji v předchozím článku tématu) a s odstupem dvou měsíců byly zahájeny práce na těsnící podzemní stěně SO 101.1. a následně drenážní stěně 101.2. V souběhu s prováděním těsnící stěny probíhaly práce na přidružených objektech tunelu. Jednalo se o objekt SO 310 Odvodnění tunelu, kde se prováděly startovací, mezilehlé, koncové šachty ze štětových stěn s rozpěrnými rámy a těsněním tryskovou injektáží pro zajištění technologie ražené části objektu pomocí protlačování (mikrotuneláže), objekt SO 340 Přeložka a ochrana vodovodu, kde se prováděly jímky ze štětových stěn pro zajištění výkopů přeložky, a objekt SO 370 Úprava Dobrovodského potoka, kde se realizovala trysková injektáž a mikropiloty pro zajištění prohloubení a stabilizaci podzákladí přilehlého mostku.



Těžba rýhy těsnící podzemní stěny navazující na Pražský portál

Druhá etapa prací

Po zpracování a schválení nového realizačního projektu pro vlastní konstrukci hloubeného tunelu SO 600.02 a na něj navazujících objektů Pražského portálu SO 600.05.01 a Kaplického

Přehled objektů

Objekt:	Technologie:
SO 101.1 Těsnící stěna	těsnící podzemní stěna
SO 101.2 Drenážní stěna	štrkový drén a odvodňovací vrty
SO 203 Dálniční most Čertík v km 132,100	štětové stěny a velkoprofilové piloty
SO 209.1 Nadjezd č. 1 na MKÚ Pohůrka	velkoprofilové piloty
SO 209.2 Nadjezd č. 2 na MKÚ Pohůrka	velkoprofilové piloty, záporové stěny
SO 310 Odvodnění tunelu	štětové stěny, rozpěrné rámy trysková injektáž
SO 340 Přeložka a ochrana vodovodu	štětové stěny
SO 370 Úprava Dobrovodského potoka	trysková injektáž a mikropiloty
SO 600.02 Konstrukce hloubeného tunelu, zajištění stavební jámy pro hloubený tunel	těsnící podzemní stěna, štětová stěna, záporová stěna, dočasné kotvy, trysková injektáž.
SO 600.05.01 Opěrné zdi – Pražský portál	podzemní stěny, trvalé kotvy, trysková injektáž, těsnící podzemní stěna
SO 600.05.02 Opěrné zdi – Kaplický portál	podzemní stěny, trvalé kotvy, štětové stěny
SO 600.03 – PTO – Pražský portál	pilotová stěna
SO 600.05.01.02.02 – Jáma pro ČS1, ČS2	převrtávané pilotové stěny
SO 600.06 Odvodnění tunelu, jámy pro NKV	převrtávané pilotové stěny



Dokončená koruna těsnící podzemní stěny

portálu SO 600.05.02 byla na základě pokynu od našich objednatelů (firmy Hochtief CZ, a. s., Colas CZ, a. s., a M-Silnice, a. s.) zahájena druhá etapa prací speciálního zakládání, která probíhá od září 2021 až doposud. Během tohoto období byla zajištěna stavební jáma pro konstrukci hloubeného tunelu a provedeny konstrukce opěrných zdí portálů tunelu – Pražského a Kaplického – s navazujícími stavebními činnostmi, jako jsou kotvení štětových a podzemních stěn, frézování plochy podzemních stěn atd.

Přípravné práce

Před zahájením prací na pažicích konstrukcích hloubeného tunelu musely být objednatelem provedeny hrubé terénní



Hloubení rýhy pro štěrkový drén navazujícího na Pražský portál

přípravné práce, které zahrnovaly zhotovení dočasného předvýkopu v trase budoucího tunelu na projektem požadovanou pracovní úroveň tunelu střed. Svahované stěny předvýkopu byly zajištěny stříkaným betonem C16/20 s vyztužením 2x kari sítí. Dále v rámci přípravných prací provedl objednatel přeložku Dobrovodského potoka pro uvolnění staveniště a terénní úpravy, během kterých byly připraveny dostatečně únosné pracovní plošiny na objektu tunelu a portálů pro pojezd velkoprofilových vrtných souprav Bauer BG 25, Bauer BG 36, pásových jeřábů Liebherr LH 855, Liebherr LH 843 a autodomčivačů pro zajištění dodávek betonu. Dále byly v zájmovém území staveniště zjištěny a vytyčeny všechny zde vedené inženýrské sítě.

Před zahájením prací na provádění podzemních stěn byly postaveny výroby pro zařízení technologie podzemních stěn. Pro tunel střed bylo postaveno míchací centrum výroby samotnuhnutí těsnicí směsi, které se skládalo ze 4 ks sil 56 t na jemně mletou strusku, rozplavovače o objemu 7 m³ pro výrobu bentonitové suspenze, zemní nádrže na zrání a míchacího centra TWM 30. A pro každý objekt portálu byla postavena jedna výroba bentonitové suspenze pro technologii podzemních stěn, která se skládala ze 4 ks sil 56 t na uskladnění pažicí bentonitové suspenze, čističky bentonitového výplachu BE 170 a rozplavovače o objemu 7 m³.

Zkušební lamely

Jak již bylo uvedeno v předchozím článku, pro potřebu doplňujícího geotechnického průzkumu a ověření projekčních návrhových parametrů původního technického řešení provedení tunelu pro případnou změnu technického řešení zajištění stavební jámy tunelu byly na staveništi zhotoveny tři kusy zkušebních jednozáběrových elementů (lamel) podzemních stěn o rozměru 0,8 x 2,8 m s hloubkou 17,0 m, 27,0 m a 40,0 m. Zkušební lamely byly provedeny ve dnech 20.-27. 5. 2019. Situovány byly na upravené pracovní plošině s úrovní na 410,10 m n. m. v blízkosti Dobrovodského potoka tak, aby zabíraly minimální půdorys, ale současně aby bylo možné bezkolizně realizovat dočasné kotvy pro stabilizaci zkušebního ocelového mostu. Zkušební lamely byly hloubeny pomocí pásového jeřábu Liebherr LH 855 s lanovým drapákem Stein K 810 pod ochranou pažicí bentonitové suspenze a vybetonovány betonem C 30/37 XA3 - XC2 - S4/S5 po vložení příslušných armokošů. Hlavy zkušebních lamel byly po potřebném odbourání a očištění opatřeny železobetonovými roznášecími deskami pro následné uložení spodního svařence ocelového zatěžovacího mostu. O výsledcích a závěrech plynoucích z těchto zatěžovacích zkoušek viz předchozí článek k tomuto tématu.

Těsnicí stěna

Na podzim roku 2019 byly zahájeny práce na zhotovení těsnicí podzemní stěny (TPS) SO 101.1. TPS je situována v západní části Pražského portálu (směrem k městu České Budějovice) ve staničení km 134,655–134,991 km v délce 339 m, celkový objem výkopu činil 5146 m³, tj. 6432 m². Hlavním účelem TPS bylo vytvoření souvislé bariéry zabraňující průsaku vody ze strany dnes zatopeného bývalého hliniště do dálničního zářezu, který se nachází o cca 5,0 až 7,0 m níže od úrovně hladiny vody v hliništi. TPS současně chrání životního prostředí, neboť zabraňuje kontaminaci širšího okolí z prostoru bývalé skládky.

Pro těžbu rýhy TPS byly provedeny železobetonové vodící zídky lichoběžníkového tvaru o výšce 1,0 m v celkové délce 339 m. Světlá vzdálenost mezi zídkami byla 900 mm z důvodu předpokládané potřeby těžby větších překážek z prostoru bývalé skládky. TPS o tloušťce 800 mm s maximální dosahovanou hloubkou 20,50 m byla provedena ze samotvrdnoucí těsnicí jílostruskové suspenze. K těžbě byl použit pásový jeřáb Liebherr LH 855 s lanovým drapákem Stein K810 o šířce 2,8 m. Těžba probíhala kontinuálně systémem primárních a sekundárních záběrů pod ochranou samotvrdnoucí těsnicí suspenze, která plnila funkci pažicí suspenze během těžby rýhy a zároveň po zatvrdnutí vytvořila výplň rýhy. Samotvrdnoucí suspenze se ponechávala bez dalších úprav v rýze a byla průběžně doplňována na požadovanou úroveň dle projektu. Veškerý vytěžený materiál byl odvážen na mezideponii v rámci staveniště, ze které byl poté postupně odvážen dodavatelem zemních prací. Geologický profil v trase TPS tvořily zvětralé jemnozrné horniny předkvartérního podkladu (prachovce a jílovce), v menší míře pak zvětralé pískovce. V okolí staničení 134,370–134,800 km (prostor zavezených hlinišť) se vyskytovaly zbytky slévárenských odlitků, železobetonových a ocelových konstrukcí, které byly nejen obtížně těžitelné, ale docházelo zde i ke značným únikům samotvrdnoucí suspenze. Popsané obtíže vyvolávaly situace, které byly pro technologii TPS na samé hranici realizovatelnosti.

Drenážní stěna

Drenážní stěna byla navržena do prostoru před podzemními stěnami Pražského portálu na jeho západní i východní straně. Účelem drenážní stěny bylo zajistit trvale stabilní sníženou úroveň hladiny podzemní vody jak v pracovní fázi, tak v definitivní fázi výstavby díla a snížit tak zatížení na podzemní stěny. Drenážní stěna je rozdělena na dvě základní části, část východní (levá strana) – směrem k obci Dobrá voda a část západní (pravá strana) – směrem k městu České Budějovice. Podzemní voda z drenážních stěn byla ve stavební fázi čerpána z čerpacích studní situovaných do vlastní konstrukce podzemní drenážní stěny. Čistá voda byla pak odváděna do potoka ústícího do zatopeného hliniště.

Ve finálním provedení bude drenážní stěna odvodněna trvalými subhorizontálními vrty, které budou podzemní vodu svádět do dešťové kanalizace dálnice a odtud do Dobrovodského potoka odvodňovací štolou (SO310).

Před zahájením těžby rýhy stěny byly provedeny železobetonové vodící zídky lichoběžníkového tvaru výšky 1,0 m. Pro drenážní stěny tloušťky 600 mm byla světlá vzdálenost mezi zídkami 700 mm, pro drenážní stěny tloušťky 800 mm pak 900 mm. Z důvodu předpokládaného výskytu větších překážek v prostoru skládky a v reakci na potíže těžby drapákem byla světlá vzdálenost vodících zídek zvětšena na 1200 mm pro možnost provedení šterkového drénu za pomoci velkoprofilové vrtné soupravy.

Rýha pro šterkovou podzemní stěnu byla hloubena pomocí pásového jeřábu Liebherr LH 855 s lanovým drapákem Stein K810 o šířce 2,8 m. Stabilita stěn rýhy byla zajištěna pažicí polymerovou kapalinou. Po dotěžení lamely byla rýha vyplněna drenážním materiálem – šterkem frakce 8–63 mm – pomocí široké násypky osazené na vodících zídkách. Pažicí kapalina vytlačena šterkem byla odčerpávána do zásobních sil tak, aby mohla být při následné těžbě rýhy po úpravě opětovně použita.

Hloubení rýhy probíhalo po jednotlivých lamelách do délky 7,6 m, které se skládaly ze dvou záběrů a hrázky. Napojení jednotlivých lamel bylo prováděno pomocí ocelové pažnice, která zabraňovala vysypání šterku ze sousední již zasypané lamely do právě těžené lamely. Pažnice byla zajištěna proti posunutí v úrovni vodících zídek, v patě rýhy byla ukotvena pomocí trnů vetknutých do dna rýhy. Po zasypaní napojované lamely drenážním materiálem byla pažnice na styku s již zasypanou rýhou vytažena a připravena pro další osazení. Veškerý těžební materiál byl odvážen na mezideponii v rámci staveniště.

V průběhu prací na drenážní stěně došlo k několika úpravám projektu způsobeným skutečně zastíženou geologickou skladbou podloží. Jednalo se zejména o úsek **bývalé skládky**, kde původně navrženou technologii drapákové těžby a pažení rýhy polymerovou suspenzí nebylo možné aplikovat z důvodu extrémních úniků suspenze do prostoru skládky a tím



Šachta objektu SO 310 – Odvodnění tunelu, pažená štetovými stěnami a dotěšňovaná technologií tryskové injektáže



Situace umístění těsnící podzemní stěny a šterkového drénu navazujících na Pražský portál

způsobené nestability rýhy šterkového drénu. Proto zde bylo navrženo provedení drenážní stěny pomocí převrtávaných velkoprofilových vrtů. Bohužel ani toto řešení nebylo uskutečnitelné pro výskyt nevratelných překážek, vyskytujících se v celém úseku bývalé skládky. Tím došlo k redukci trasy drenážní stěny pouze na prostor mimo skládku.

První fáze prací na drenážní stěně technologií PS probíhala od listopadu 2019 do ledna 2020, další fáze prováděná technologií velkoprofilových vrtů v úseku bývalé skládky probíhala od března do května 2020 a poslední fáze byla dokončena až po zhotovení podzemních stěn Pražského portálu v červenci 2023.

Mostní objekty

Další součástí dodávky prací speciálního zakládání bylo založení mostních objektů na velkoprofilových pilotách. Jednalo se o objekt SO 203 Dálniční most Čertík v 132,100 km a nadjezdy v místě mimoúrovňové křižovatky Pohůrka SO 209.1 Nadjezd č. 1 a SO 209.2 Nadjezd č. 2 na MKÚ Pohůrka.

Na mostním objektu Čertík byly hlubinně založeny dvě opěry na celkem 36 kusech pilot o průměru 1180 mm s délkou 10,0 m a zapažena stavební jáma štetovnicemi VL 604 pro provedení základu. Na objektech SO 209.1 Nadjezd č. 1 a SO 209.2 Nadjezd

č. 2 na MKÚ Pohůrka bylo provedeno hlubinné založení mostních opěr a pilíře na pilotách o průměru 1180 mm. Celkem se jednalo o 73 kusů pilot průměru 1180 mm s délkou 13,0 m. Stavební jámy pro základy nadjezdů byly svahované. U nadjezdu č. 2 byla navíc provedena záporová stěna z profilů IPE 450 k zapažení stavební jámy vedle pilotové stěny objektu SO 242. Stabilita záporové stěny byla zajištěna ocelovými táhly spřaženými do 2 kusů kotevnicích pilot. K realizaci pilot byly použity velkoprofilové vrtné soupravy Bauer BG 25 a Bauer BG 36. Výše popsané pilotovací práce probíhaly na staveništi převážně v roce 2020.

Zajištění stavební jámy tunelu

Konstrukce hloubeného tunelu SO 600.02. byla realizačně členěna do několika etap z důvodu přeložek inženýrských sítí, vybudování částí tunelu pod ulicí Dobrovodskou a Lednickou a přeložkou Dobrovodského potoka. Ústí tunelu začíná ve staničení



Těžba rýhy těsnící podzemní stěny vyplněné jílocementostruskovou směsí pro následné osazení štetovnic



Osazování štětovnic VL 603 do rýhy těsnicí podzemní stěny vyplněné jílocementostruskovou směsí

135,095 km Pražský portál a končí ve staničení 136,096 km Kaplický portál. Jak bylo již podrobně popsáno v předchozím článku, tendrové řešení předpokládalo provedení svislých stěn tunelu z konstrukčních podzemních stěn, provedení železobetonového stropu a pod ochranou těchto konstrukcí provedení vlastního výkopu profilu tunelu a dobetonování základové desky. Proti původní tendrové dokumentaci však došlo k zásadní změně konstrukce tunelu. Podle realizační dokumentace byl tunel proveden v otevřené zapažené stavební jámě, ve které byla vybudována železobetonová konstrukce tunelu s hydroizolacemi a následně byla stavební jáma pro tunel postupně zasypána.



Pohled na kotvenou štětovou stěnu



Pohled na štětovou stěnu v 1. KÚ s dosud neodtěženými zbytky jílocementostruskové směsi z TPS

Těsnicí podzemní stěna s osazenými štětovnicemi

K zajištění výkopu stavební jámy pro hloubený tunel, kde úroveň hladiny podzemní vody dosahovala nad dno výkopu stavební jámy, byla použita technologie pažicí a těsnicí stěny ze štětovnic VL 603 délky 13,0 m. Tyto štětovnice byly osazovány do rýhy těsnicí podzemní stěny o tloušťce 600 mm vyplněné jílocementostruskovou směsí s pevností do 1 MPa.

Pro realizaci rýhy podzemní stěny pro osazení štětovnicových stěn bylo nezbytné zřízení železobetonových vodicích zidek o výšce 1,0 m a šířce 2x 0,25 m. Ty byly prováděny ze dna předvýkopu SO 600.02. Pro dosažení minimálního hydraulického spádu mezi horní hranou zídky a hladinou podzemní vody byla hladina snížena pomocí čerpacích studní vně stavební jámy. Těžba podzemní stěny byla prováděna kontinuálně pomocí pásového jeřábu Liebherr LH 855 s lanovým drapákem Stein K510 z úrovně dna předvýkopu.

Štětové stěny byly v návaznosti na postup výkopových prací stavební jámy zakotveny ve dvou úrovních pomocí dočasných pramencových kotev 3x a 4x LpØ15,7 mm (0,62") 1670/1860 MPa o délce 18,0 m až 20,0 m. K realizaci kotev byly použity vrtné



Hloubení kotev 2. úrovně na úseku tunelu zajišťovaném záporovým pažením



Stavební jáma pažená kotveným záporovým pažením, výkop na 1. KÚ

soupravy Hutte HBR610 a Klemm KR807. K přenosu sil z kotev do štětovic byly dle požadavku projektu osazovány typové převázky UNI z profilů 2x U280–U320.

Po dokončení železobetonových konstrukce hloubeného tunelu a jeho izolací byl prostor mezi pažením a konstrukcí tunelu postupně vyplněn popílkovým stabilizátem. Po dosažení úrovně 0,5 m pod spodní úroveň převázek byly hlavy kotev postupně deaktivovány, převázky demontovány. Následně byla snaha štětovice po částech pomocí beraníci techniky vytáhnout.

Záporové pažení

V části konstrukce hloubeného tunelu, kde úroveň hladiny podzemní vody nedosahovala na dno výkopu, byla stavební jáma výkopu pro konstrukci tunelu zajištěna pomocí záporového pažení, které bylo tvořeno dvojicí ocelových profilů IPE 360 o délce 12,0 m až 13,0 m. Dvojice zápor byly vkládány do vrtů



Armování základové desky tunelu v úseku zajištěném kotveným záporovým pažením



Detail kotvených zápor a výztuže budoucí stěny tunelu

s roztečí 2,4 m. Prostor mezi záporami byl pažen dřevěnými pažinami z jehličnatého polohraněného řeziva jakostní třídy C24 tloušťky 120 mm.

Prostor za pažinami vzniklý přehloubením stěny výkopu, resp. výpadkem zeminy a úlomků hornin ze stěny, bylo nutno při osazování pažin pečlivě celoplošně vyplnit vhodnou zemínou (svíslá drenážní vrstva) a pažiny proti stěně výkopu vyklínovat. Pažené vrty o průměru 880 mm byly prováděny velkoprofilo-

vými vrtnými soupravami Bauer BG 25, Bauer BG 36 z úrovně předvýkopu a paženy pažnicí. Kořen zápor byl zhotoven z prostého betonu C 12/15. Vrt s osazenou záporou byl vyplněn zásypem z vytěžené zeminy. Osazená zápora byla umístěna do vrtu tak, aby vyčnívala nad úroveň předvýkopu o 0,2 m. V koruně pažení pak byla k pásnicím zápor přivařena dvojice průběžných prutů betonářské výztuže $\varnothing 20$ mm (B500B) pro fixování jejich polohy a statickému spolupůsobení. Záporová stěna byla kotvena přímo přes ocelový profil každé zápor ve dvou úrovních pomocí dočasných pramencových kotev 4x Lp \varnothing 15,7 mm (0,62") 1670/1860 MPa.

Po realizaci hloubeného tunelu i v této části byl prostor mezi pažením a konstrukcí tunelu postupně vyplněn popílkovým stabilizátem.



Realizace podzemních stěn na Pražském portále – výroba suspenze, montáž armokošů, těžba

Dále byly na tomto úseku výstavby provedeny **příčné těsnicí jílostruskové přepážky** z podzemních stěn o tloušťce 600 mm. Jednalo se o další z opatření pro zamezení přítoků podzemní vody do stavební jámy během výstavby. Tyto stěny se nacházely na severní straně stavební jámy a mezi jednotlivými částmi stavebních jam. Hloubka těchto těsnicích stěn dosahovala 13,0 m od dna předvýkopu.

Pro dotěsnění napojení štětovnicových stěn na podzemní stěny portálu, resp. na těsnicí přepážky, a pro dotěsnění kritických míst v napojení jednotlivých konstrukcí na štětovnicové stěny, jako byla napojení na jílostruskovou přepážku, byly v těchto místech provedeny sloupy tryskové injektáže o průměru 800 mm s délkou 13,0 m, které měly dotěsnit spoje proti průsakům podzemní vody.

Vlastní práce na zajištění stavebních jam hloubeného tunelu byly zahájeny v druhé polovině roku 2021 a kompletně byly dokončeny včetně kotvení na podzim roku 2023.



Beranění štětovnic příčné stěny pro oddělení 1. etapy výstavby Pražského portálu



Osazování armokoše lamely podzemní stěny na Pražském portále

Zajištění stavební jámy Pražského portálu

K zajištění pažení Pražského portálu byly navrženy konstrukční podzemní stěny o tloušťce 800 mm a 1000 mm v délkách od 11,2 m do 23,0 m. Staticky byla pažící stěna zajištěna v jedné až čtyřech úrovních pomocí trvalých a dočasných pramencových kotev.

Pro těžbu podzemní stěny byly v její plánované trase zřízeny železobetonové vodící zidky o výšce 1,0 m a šířce 2x 0,25 m. Těžba podzemní stěny byla prováděna po jednotlivých lamelách o půdorysné délce od 2,8 m do 7,0 m pomocí pásových jeřábů Liebherr LH 855 nebo LH 8100 s lanovým drapákem Stein K810 a pomocného jeřábu Liebherr LH 843. Svislé spáry v zámčích lamel byly opatřeny těsnicím profilem pro vnitřní dilatační spáry a navíc byly doplněny injekční manžetovou trubkou na návodní straně. Betonáž lamel podzemních stěn byla zahájena ihned po přečištění pažící bentonitové suspenze



Těžba lamely podzemní stěny a beranění štětovnic příčné dělicí stěny v 1. etapě výstavby na Pražském portále



Definitivní výkop v úseku napojení Pražského portálu na tunel



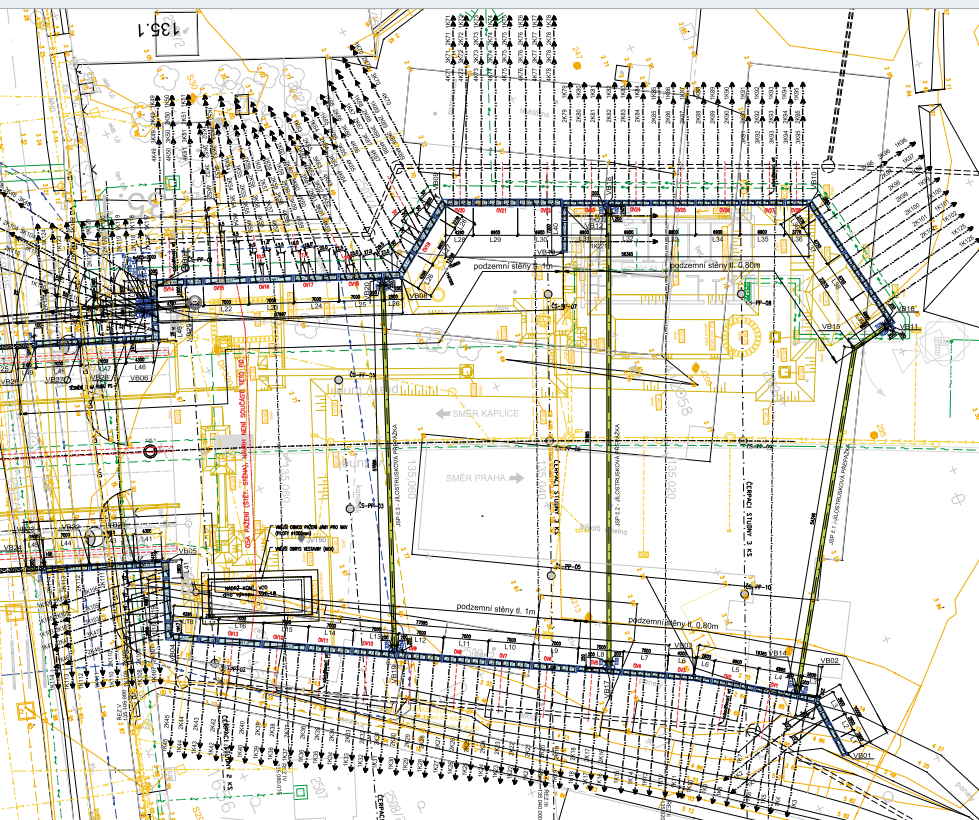
Pohled na úsek výstavby v napojení Pražského portálu na tunel

a po osazení výztužných armokošů z oceli B500B. Jednotlivé lamely byly tvořeny betonem C 30/37 - XA2 - XF4 - XD3 (CZ, F.1.2) - Cl 0,2 - D_{max} 16 - S4/S5. Betonáž probíhala kontinuálně bez přerušení pomocí dvou kolon betonářských (licích) rour, sahajících až nad dno rýhy. U lamel, kde byla koruna podzemní stěny pod úroveň zídek, byla úroveň čistého betonu přebetonována o cca 0,3 m. Po zatuhnutí betonu byla hluchá část rýhy nad podzemní stěnou zasypána. Znehodnocená vrstva betonu v koruně podzemní stěny byla po zatuhnutí a odkopání na úroveň hlavového trámu odbourána, tak aby se v pracovní

spáře mezi podzemní stěnou a hlavovým trám nacházel kvalitní, neznečištěný beton. Poté byl v koruně podzemních stěn objednatel proveden ztužující hlavový železobetonový trám. Veškerý těžební materiál byl odvážen na mezideponii v rámci staveniště.

S postupujícími výkopovými pracemi byly podzemní stěny kotveny v jedné až čtyřech úrovních pomocí trvalých a dočasných pramencových kotev 4x až 6x LpØ15,7 mm (0,62") 1570/1770 MPa) o délkách od 17 m do 19 m. K hloubení vrtů pro kotvy byly použity vrtné soupravy Hutte HBR610 a Klemm KR807. Podle požadavku projektu byly

trvalé zemní kotvy provedeny v plně izolovaném provedení včetně hlavy kotvy. V průběhu provádění zásypů podél tunelu se počítá s deaktivací dočasných kotev z úrovně zásypu 0,5 m pod kotvou. Součástí objektu Pražského portálu bylo i zhotovení tří příčných těsnicích jílostruskových stěn o tloušťce 600 mm s hloubkou výkopu od 9,0 m do 14,0 m. Dále zde byly provedeny sloupy tryskové injektáže pro zajištění prostupu kanalizace k dosažení vodotěsného napojení mikrotuningu odvodňovací štoly S0 310 na rub podzemní stěny. Trysková injektáž vytvořila vodonepropustný prostor na rubu stěny pro snazší vstup stěnou. Celkem bylo provedeno 25 ks sloupů o průměru 800 mm o délce 3,0 m. Z důvodu protažení potrubí odvodňovací štoly byl probourán otvor v podzemní stěně portálu o průměru 1,35 m. Další sloupy tryskové injektáže byly prováděny z důvodu zatěsnění proti průsakům v místě napojení těsnicích přepážek na podzemní stěny a v místě napojení podzemních stěn 2. etapy na 1. etapu. Kvůli výskytu inženýrských sítí a jejich přeložek bylo provádění Pražského



Podorys objektu Pražského portálu, zajištěného trvale kotvenými konstrukcemi podzemními stěnami



Ofrézovaná část podzemní stěny na Pražském portálu

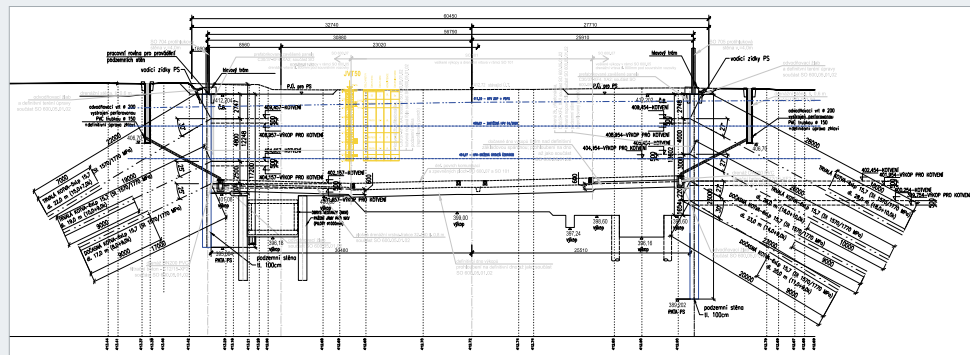


Obtížné podmínky při betonáži lamely podzemní stěny Pražského portálu

portálu rozděleno do tří etap. V první etapě, která probíhala na podzim roku 2021, se realizovaly lamely podzemních stěn v prostoru ulice Dobrovodská navazující přímo na stavební jámu tunelu. Dále byla provedena příčná přepážka ze štětovnicových stěn, která zajišťovala stavební jámu pro provedení prvních tří dilatací tunelu. Druhá etapa se uskutečnila na jaře roku 2022 a byly během ní provedeny podzemní stěny, které nekolidovaly s dočasnou polohou inženýrských sítí. Ve třetí etapě byla na jaře roku 2023 dokončena zbývající část podzemních stěn po zhotovení definitivní přeložky inženýrských sítí nad konstrukci tunelu v ulici Dobrovodská. Poté byly provedeny příčné těsnící podzemní stěny, dotěsněné sloupy tryskové injektáže.

Zajištění stavební jámy Kaplického portálu

K zajištění výkopu pro jižní portál byly navrženy konstrukční podzemní stěny tloušťky 800 mm v délkách od 11,2 m do 18,2 m. Staticky jsou pažicí stěny zajištěny ve dvou úrovních pomocí trvalých a dočasných pramencových kotev. Výroba podzemních stěn probíhala podobným způsobem jako u Pražského portálu. Pro těžbu podzemní stěny byly v její plánované trase zřízeny železobetonové vodící zídky o výšce 1,0 m a šířce 2x 0,25 m. Těžba podzemní stěny byla prováděna po jednotlivých lamelách o půdorysné délce od 2,8 m do 7,0 m



Příčný řez stavební jámou Pražského portálu

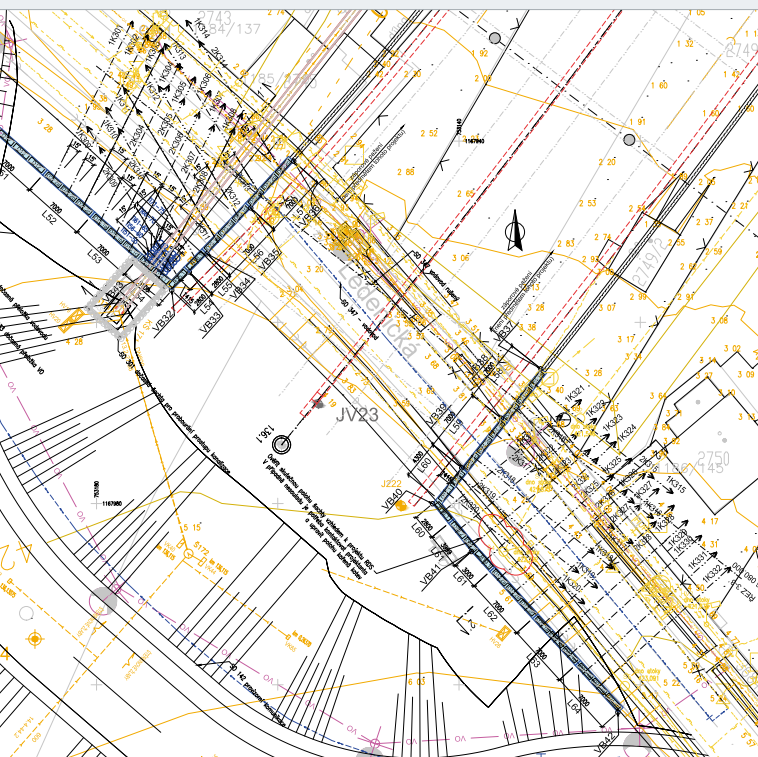


Výstavba železobetonové konstrukce tunelu za částečně dokončeným Pražským portálem



Pohled na Pražský portál směrem k severu s navazujícím úsekem budoucí dálnice D3

pomocí pásového jeřábu Liebherr LH 8100 s lanovým drapákem Stein K810 a pomocného jeřábu Liebherr LH 843. Svislé spáry v zámčích lamel byly opatřeny těsnícím profilem pro vnitřní dilatační spáry a navíc byly doplněny injekční manžetovou trubkou na návodní straně. Betonáž lamel podzemních stěn byla zahájena ihned po přečištění pažicí bentonitové suspenze a po osazení výztužných armokošů z oceli B500B. Jednotlivé lamely se



Půdorys Kaplického portálu

betonovaly navrženým betonem C 30/37 – XA2 – XF4 – XD3 (CZ, F.1.2) – CI 0,2 – D_{max} 16 – S4/S5 kontinuálně bez přerušení pomocí dvou kolon betonářských (licích) rour sahajících až nad dno rýhy. Armokoš v lamel L54 přesahoval částečně do hlavového trámu a částečně v místě, kde se nenacházel hlavový trám, bylo nutné výztuž armokoše uřezat. Část lamely podzemní stěny L60 byla podél tunelu odřezána a odbourána do hloubky 1,5 m pod terén. Jednalo se o dočasnou konstrukci pažení podél tunelu, která by byla v kolizi s chodníkem, opěrnou stěnou a inženýrskými sítěmi.

U lamel, kde byla koruna podzemní stěny pod úrovní zídek, byla úroveň čistého betonu přebetonována o cca 0,3 m. Po zatuhnutí betonu byly hluchá část rýhy nad podzemní stěnou zasypana. Znehodnocená vrstva betonu v koruně podzemní stěny byla po zatuhnutí a odkopání na úroveň hlavového trámu odbourána, tak aby se v pracovní spáře mezi podzemní stěnou a hlavovým trámem nacházel kvalitní neznečištěný beton. Poté byl v koruně podzemních stěn objednatel proveden ztužující hlavový železobetonový trám. Veškerý těžební materiál byl odvážen na mezideponii v rámci staveniště.

V návaznosti na provádění výkopu stavební jámy Kaplického portálu byly postupně stěny jámy kotveny ve dvou výškových úrovních. Použity byly trvalé a dočasné pramencové kotvy 4x až 5x LpØ15,7 mm (0,62") 1570/1770 MPa) o délkách 19 m a 22 m. K hloubení vrtů pro kotvy byly nasazeny vrtné soupravy Hutte HBR610 a Klemm KR807. Podle požadavku projektu byly trvalé zemní kotvy provedeny v plně izolovaném provedení včetně hlavy kotvy. V průběhu provádění zásypů podél tunelu se počítá s deaktivací dočasných kotev z úrovně zásypu 0,5 m pod kotvou. Pro dosažení vodotěsného napojení mikrotunelingu odvodňovací štoly S0 301 na rubu podzemní stěny byla stejně jako na Pražském portálu provedena trysková injektáž. Celkem zde bylo realizováno 25 ks sloupů T1 o průměru 800 mm o délce 3,0 m. Z důvodu protažení potrubí odvodňovací štoly byl probourán otvor v podzemní stěně portálu o průměru 1,35 m. Práce na realizaci podzemních stěn probíhaly v jedné etapě během ledna až února 2022 po odklonění silničního provozu z ulice Ledenická.

Závěr

Práce speciálního zakládání na projektu D3 0310/I Úsilné – Hodějovice představovaly rozsáhlou zakázku, vyžadující pečlivou přípravu a poté i velké nasazení všech účastníků výstavby. Realizace probíhala podle domluvených postupů a termínů s generálním dodavatelem. Realizace prací na této stavbě se uskutečňovala z části podle dokumentace, která byla určena tendrovou dokumentací, a z části novým řešením, na jehož návrhu a realizaci se Zakládání staveb, a. s., podílelo. Jednalo se zejména o změnu konstrukce podzemní stěny na Pražském portále (tzv. T-lamely byly nahrazeny kotvenou podzemní stěnou),

rozšíření podzemní stěny jako pažící konstrukce do trasy tunelu a navázání na pažící štětovou stěnu stavební jámy tunelu. Na vlastním objektu tunelu se pak jednalo o změnu konstrukčních podzemních stěn na zajištění stavební jámy pro tunel dočasnými kotvenými štětovnicovými a záporovými stěnami.

Z důvodu změny projektového řešení na hlavním objektu stavby – tunelu Pohůrka –, a tím i posunem zahájení prací, bylo nutné přizpůsobit a doplnit výrobní kapacity Zakládání staveb, a. s., na provedení jednotlivých konstrukcí ve zkrácených časech a jednotlivých etapách daných celkovým řešením výstavby. Jednotlivé úseky výstavby byly předávány pro navazující činnosti včas a v odpovídající kvalitě tak, aby mohly být dokončeny ze strany našeho objednatele v požadovaných termínech. Na jaře 2023 byla po vybudování železobetonové konstrukce tubusu tunelu zahájena snaha o demontáž dočasného pažení deaktivací kotev a postupné vytahování štětovnic, kdy stavba následně pokračuje zásypy samotné konstrukce tunelu. V září 2023 bylo provedeno založení objektu PTO na velkoprofilových pilotách. V současné době (2/2024) probíhá výstavba pažení stavebních jam pro objekty čerpacích nádrží v místě Pražského portálu konstrukcemi převrtávaných pilotových stěn. Termín dokončení prací speciálního zakládání je plánován na červenec 2024.

Objemy hlavních prací speciálního zakládání

Konstrukce hloubeného tunelu SO 600.02 a objekty SO 310, SO 340, SO 370

- těsnicí podzemní stěna TPS 60: 10 768 m²,
- štětová stěna VL 603: 19 092 m²,
- dočasné kotvy: 4xLp – 26 376 m, 3xLp – 6642 m,
- trysková injektáž různé průměry: 435 m³.

Pražský portál SO 600.05.01 a Kaplický portál SO 600.05.02

- konstrukční podzemní stěny 80 cm: 2310 m²,
- konstrukční podzemní stěny 100 cm: 3784 m²,
- kotvy trvalé: 4xLp – 2994 m, 5xLp – 1881 m, 6xLp – 3843 m,

- trysková injektáž Ø 0,8 m: 155 m³,
- těsnicí podzemní stěna TPS 60: 2014 m².

Těsnicí stěna SO 101.1 před Pražským portálem

- TPS: 6730 m²

Drenážní stěna SO 101.2 před Pražským portálem

- vlastní stěna: 2137 m²,
- vrty pro šterkový drén Ø 1180 mm: 1125 m.

Zadavatel a investor: Ředitelství silnic a dálnic ČR
Generální dodavatel: Společnost pro D3 0310/I Úsilné – Hodějovice tvořená sdružením firem Hochtief CZ, a. s., Colas CZ, a. s., a M-Silnice, a. s.

Projektová dokumentace: Tubes, spol. s r. o., MPI Projekt, s. r. o., FG Consult, s. r. o.

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

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



Dokončený Kaplický portál s probíhající výstavbou železobetonové konstrukce tunelu

Pohůrka Tunnel – special foundation work, 2019–2024

Due to the nature of the construction – an excavated tunnel – the special foundation work played a crucial role in this project. The company Zakládání staveb, a. s., was also an important partner of the general contractor – an association formed by the companies Hochtief, a. s., Colas CZ, a. s., and M-Silnice, a. s. It was mainly about ensuring the temporary shoring of the construction pit of the excavated tunnel along its entire length of almost one kilometer and the provision of permanent support structures for both tunnel portals – Pražský and Kaplický. The special foundation activities also included the implementation of a cut-off and drainage wall in front of the Prague portal, the pile foundation of the highway bridge, overpasses and the construction of facilities for the relocation of utility networks, drainage of the tunnel using shafts from sheet-pile walls, and others.

Administrativní budova Roztyly Plaza, zajištění stavební jámy a založení objektu

Stavba architektonicky originálního objektu Roztyly Plaza nyní vyrůstá v lokalitě pražských Roztyl přímo u stejnojmenné stanice metra linky C v blízkosti autobusového terminálu. Budova nabídne 21 700 m² moderních kanceláří v sedmi nadzemních podlažích, dále 1600 m² obchodních ploch v přízemí a kolem 400 parkovacích míst v podzemních garážích.

Kompletní zajištění hluboké stavební jámy pro objekt o třech, resp. čtyřech, podlažích a rovněž pilotové založení této novostavby prováděla skupina firem Zakládání. V současnosti je budova před kompletním dokončením.



Výstavba prvních podzemních podlaží v zapažené stavební jámě

Před zahájením projekčních prací byl proveden kompletní inženýrskogeologický průzkum. Celé zájmové území je tvořeno zpevněnými sedimentárními horninami barrandienského paleozoika – ordoviku. V severní části území se vyskytuje souvrství tmavošedých prachovitých břidlic až prachovců s vápnitým tmelem. V jižní části území se nachází tzv. vinické souvrství, které je tvořeno černými až černošedými, jemně

slídnatými jílovitými břidlicemi. Celé území spadá do povodí Kunratického potoka, který protéká asi 1,5 km západně od této lokality. Území je geologicky složité, hladina podzemní vody se nachází v hloubce cca 7,50–8,90 m pod terénem, což bylo zjištěno pomocí vrtů a zaneseno do geologických řezů. Pohyb podzemní vody je přibližně ve směru od východu k západu.

Pažení stavební jámy

V rámci přípravných prací byla ověřena poloha všech inženýrských sítí v blízkosti staveniště a provedeny nutné přeložky sítí. Dále byly provedeny zemní práce a terénní úpravy na úroveň pracovní roviny pro vrtání pažicích pilot. Předvýmky byly tedy realizovány do hloubky 0,50 – 2,00 m od původního terénu. Hlavním důvodem tohoto řešení bylo odstranění možných nevrtatelných překážek – prostor staveniště kdysi sloužil pro zařízení staveniště při výstavbě metra. Další důvodem byla možnost eliminovat hluché vrtání a provádět kratší piloty bez nutnosti přebetování.

Zajištění stavební jámy po celém obvodu bylo navrženo formou pilotové stěny z volně stojících pilot. Celkem zde bylo provedeno 152 ks pilot prům. 880 mm, dl. 14,5 až 17,5 m umístěných ve vzájemné rozteči 2 m, vetknutých do nepropustného skalního podloží.

Z důvodu zastižených geologických poměrů bylo nutné vrty pro piloty pažit pomocí dvouplášťových pažnic. Piloty byly vyztuženy svařovanými armokoši a betonovány pomocí licích rour. V jihovýchodní části stavební jámy byla na úseku cca 14 m snížena úroveň koruny hlav pilot a do pilot byly osazeny ocelové

profily IPE 300 dl. 2 m, následně doplněné výdřevou. Toto řešení zde bylo zvoleno s ohledem na výškové umístění sjezdové rampy budoucího vjezdu do podzemních garáží.

Pod úroveň hladiny podzemní vody byla pilotová stěna po celém obvodu dotěsněna půsloupky tryskové injektáže, rovněž vetknutými do nepropustného podloží. Horní hrany půsloupů byly ukončeny 0,80 – 2,50 m nad aktuálně zjištěnou hladinou podzemní vody. Půsloupky tvořily kruhovou výseč s úhlem 200° a byly orientovány tak, aby nezasahovaly do profilu budoucí stavební jámy. Půsloupky tryskové injektáže byly prováděny ze stejné pracovní úrovně jako piloty.

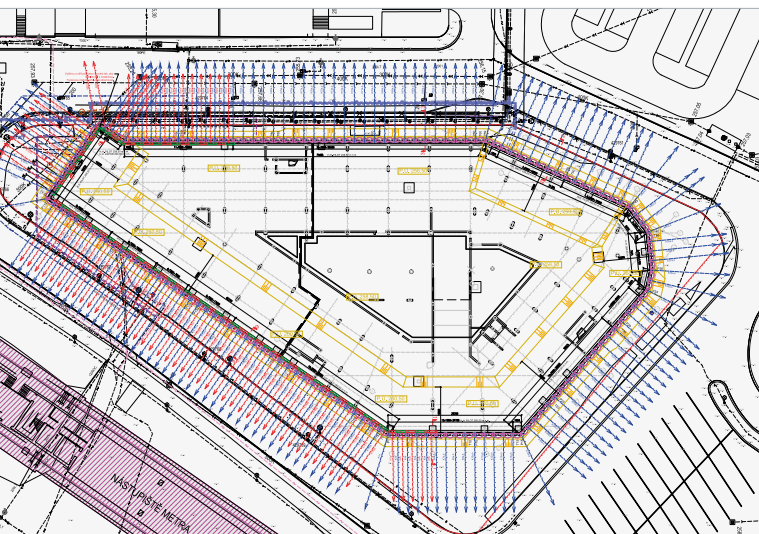
Geologické poměry a úroveň hladiny podzemní vody byly během prací speciálního zakládání průběžně vyhodnocovány – ke každé desáté pilotě byl vždy přízván odpovědný geolog, který zaznamenával data a poznatky předával projektantovi založení. Ten následně upravoval návrh parametrů dotěšňujících půsloupů tryskové injektáže – délku, korunu i patu. Po skončení prací na zajištění stavební jámy byla zahájena těžba stavební jámy a příprava pro kotvení obvodu stavební jámy v 1. kotevní úrovni.



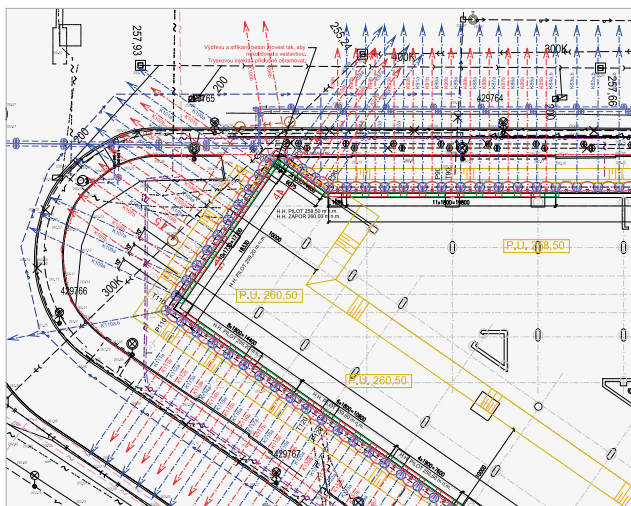
Provádění dotěsnění prostoru mezi pilotami půsloupky tryskové injektáže upravenou vrtnou soupravou Liebherr LB 16



Realizace základových pilot a instalace drénu na pilotové stěně



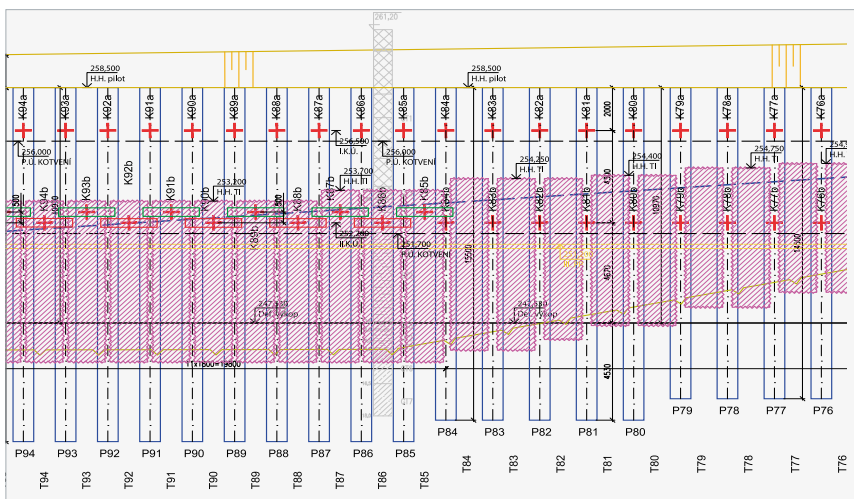
Půdorys pažení stavební jámy



Detail půdorysu pažení stavební jámy kotvenou pilotovou stěnou s dotěsněním půlsloupy tryskové injektáže



Pilotová stěna s dotěsněním mezilehlého prostoru sloupy tryskové injektáže, příprava Kari sítě před aplikací stříkaného betonu



Pohled na pažení stavební jámy kotvenou pilotovou stěnou s dotěsněním sloupy tryskové injektáže

Kotvení

Pažení stavební jámy bylo kotveno celkem ve dvou úrovních pomocí dočasných pramencových kotví. Kotvy v 1. kotevní úrovni byly realizovány bez převázek, kotveny byly přímo jednotlivé piloty. Jádrový vrt byl vždy prováděn tak, aby byl převrtán pokud možno minimální počet prutů armokoše pilot. Kotvy ve 2. kotevní úrovni bylo nutné provádět s podvodní úpravou. V této kotevní úrovni již nebylo možné ze statických důvodů výztuž pilot převrtávat, vrty pro kotvy byly proto situovány mezi pilotami a kotvy se následně napínaly přes ocelové UNI převázky. Nevýhodou tohoto řešení bylo, že převázky zasahovaly do prostoru budoucí vestavby a bylo je proto nutné s postupem výstavby a převzetí vodorovných sil spodní stavbou objektu postupně demontovat. Tato skutečnost samozřejmě trochu komplikovala a prodlužovala postup výstavby.

Souběžně s postupem výkopových prací byl povrch pilotové stěny upraven stříkaným betonem tl. 150 mm s výztužnou (2x) Kari sítí tl. 8 mm a oky 100/100. Tato síť byla kotvena svorníky tl. 12 mm vlepenými do pilot v osové vzdálenosti 0,50 m. V prostoru za stříkaným betonem byly osazeny perforované flexibilní drenážní trubky prům. 80 mm, obalené geotextilií a zakryté novou fólií. V prvním

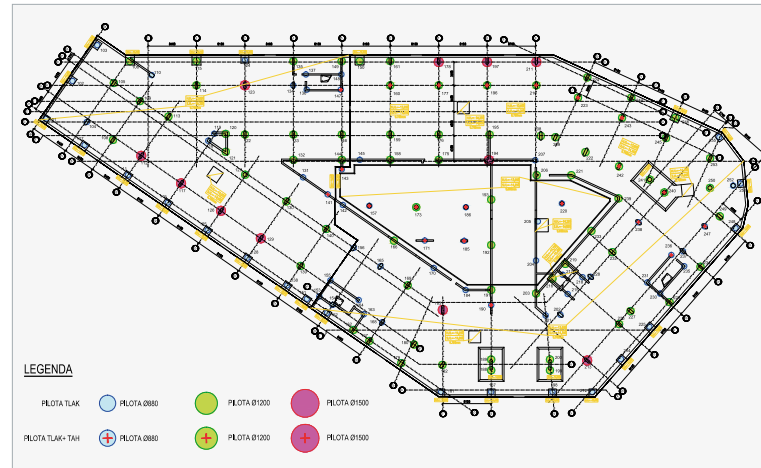


Současné provádění základových pilot a kotev

výškovém úseku (od koruny pilot až po horní hranu tryskové injektáže) byla osazena vždy jedna drenážní trubka do středu mezi piloty. Ve spodním nižším úseku (od horní hrany tryskové injektáže až po výkop na základovou spáru) byly pak osazovány trubky dvě, vždy přisazené na straně u piloty (vzhledem k přítomnosti vytryskaných sloupů T1 mezi pilotami). Obě drenážní trubky byly opět obalené geotextilií a zakryté nopovou fólií. Tyto odvodňovací trubky byly protaženy a vyvedeny pod základovou desku budoucího objektu.

Založení objektu

Před zahájením prací na vlastním založení objektu bylo nutné provést nejdříve založení věžových jeřábů potřebných pro výstavbu vlastního objektu. Jednalo se o tři jeřáby umístěné



Půdorys pilotového založení

mimo stavební jámy, každý založený na čtyřech pilotách pr. 1200 mm, délky 15,5 m. Z důvodu zvýšení tuhosti této základové konstrukce byly dvojice pilot kolmé na stavební jámu doplněny (propojeny) ještě vždy jednou nearmovanou vloženou pilotou. Pro tyto práce prováděné mimo stavební jámu se musely zřizovat zábory a zpevňovat komunikace, což představovalo vzhledem k blízkosti autobusového nádraží s řadou zastávek poměrně náročný logistický úkol.

Po dokončení založení jeřábů byla v prostoru stavební jámy vytipována místa pro osazení dočasných studní pro vyčerpání statické vody z prostor stavební jámy. Jednalo se o čtyři studny prům. 600 mm. Z dříve zjištěných poznatků se usuzovalo, že spolu hladiny vody ve studních nebudou korespondovat, a čerpání vody bude tedy muset probíhat současně ze všech studní.



Intenzivní práce ve stavební jámě

Založení objektu bylo navrženo na 152 ks pilot průměrů 880 mm, 1200 mm a 1500 mm, v délkách od 6,30 m do 13 m. Piloty jsou staticky navrženy na tlak i tah. Koordinace prací pilotového založení a veškerých dalších činností probíhajících v rozsáhlé ploše základové spáry byla velmi náročná. Stavební jáma byla značně hluboká s prudkým sjezdem pro dopravu betonové směsi. Mimo jiné zde bylo nutné dobře připravit plochy pro pojezd vrtné soupravy a rovněž vybrat místo deponie pro skládání armokošů.

Hloubení pilot probíhalo z několika pracovních úrovní. Z důvodu urychlení prací se ještě celá stavební jáma rozdělila na třetiny a tyto plochy se postupně předávaly objednateli pro navazující další práce – provádění drenáží a podkladních betonů.



Závěrečná etapa prací na zajištění stavební jámy a založení objektu



Budova Roztyly Plaza před dokončením hlavních stavebních prací (2/2024)

Provozní požadavky na vrtání z vyšších pracovních úrovní přinášelo zvýšení nákladů na tzv. hluché vrty a nutné přebetonování úrovní projektovaných hlav pilot.

V současné době jsou všechny práce speciálního zakládání ukončeny. Stavba nebyla jednoduchá již danými geologickými poměry, jedním vjezdem na staveniště, nutností koordinace několika různých dodavatelů, vysokými nároky na přesnost provedení konstrukcí a plnění termínů harmonogramu – uzlových i konečného. Díky vstřícnosti, ochotě a profesionalitě všech zástupců společností se dílo podařilo dokončit včas a v kvalitě požadované projektem a objednatelům.

František Šedivý, Zakládání Group, a. s.,
s přispěním **Ing. Michaela Remeše,**
Zakládání staveb, a. s.

Foto: archiv Zakládání staveb, a. s.,
Libor Šterba a Ing. Martin Čejka, Zakládání staveb, a. s.

Investor: Passerinvest Group, a. s.
Generální dodavatel: Gemo, a. s.
Architekt: Aulík Fišer architekti, s. r. o.
Projekt speciálního zakládání:
FG Consult, s. r. o.
Práce speciálního zakládání: skupina
Zakládání (firmy Zakládání Group, a. s.,
a Zakládání staveb, a. s.)
Realizace prací speciálního zakládání:
10/2021 až 05/2022

Securing of the construction pit of the Roztyly Plaza administrative building in Prague 4

The construction of the architecturally original building Roztyly Plaza is now rising in the locality of Prague's Roztyly, right next to the subway station of the same name on line C and near the bus terminal.

The building will offer 21,700 m² of modern offices on seven above-ground floors, as well as 1,600 m² of commercial space on the ground floor and around 400 parking spaces in underground garages.

Complete securing of a deep construction pit of three or four floors, as well as the pile foundation of this new building was carried out by the group of companies Zakládání. Currently, the building is nearing completion.

**ZAKLÁDÁNÍ[®]
STAVEB**



Přes 50 let historie firmy

Silné technologické
a strojní zázemí

Působení v regionu
celé střední Evropy

Široké spektrum
technologií speciálního
zakládání



@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**