Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

studijní obor Geotechnologie

Jakub Grosman

Inženýrskogeologické zhodnocení realizace liniových staveb pod dnem Vltavy v Praze

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Rout

květen 2019

Praha

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání stejného či jiného akademického titulu.

V Praze dne ……

Poděkování

Děkuji mému vedoucímu práce Mgr. Jiřímu Routovi za navrhnutí zajímavého a dle mého názoru i praktického tématu práce a pomoc při jeho zpracovávání.

Také děkuji Mgr. Tomášovi Ondovčinovi PhD. S vytvořením účelové mapy liniových staveb pod Vltavou v Praze.

Abstrakt

Pod dnem Vltavy v Praze je mnoho liniových staveb různých typů. Tento rozsáhlý úsek Vltavy prochází rozličnou geologií a na mnoha jednotlivých lokalitách jsou složité geologické podmínky. Protože liniové stavby pod dnem Vltavy vznikají již od roku 1898, byly1898, byly při jejich realizaci používány různé technologie i odlišnáopatřeníodlišná opatření pro snížení rizikovosti těchto staveb. V některých situacích přitom i tak došlo k mimořádným událostem.

Cílem mé práce je popsat inženýrskogeologickou situaci pod dnem Vltavy v Praze, charakterizovat typy liniových staveb vedených zde pod říčním korytem a 3 vybrané příklady staveb podrobněji zhodnotit z hlediska inženýrskogeologických poměrů, způsobu realitacerealizace i případných problémů.

Abstract

Under the bottom of Vltava river in Prague are many of line-constructions of various types. This extensive part od Vltava has different geology. In lots of locations are problematic geology conductions. In some of thiese building structures were used different remedies for redusing of ridk during tunnel excavation.

Sometimes incidents have occurred. Because the conductions under Vltava were originated since year 1898 to the present, there were used various technologies. Main purpouse od this thieses is to describe geological and engineering geological situation of Vltava valley in Prague and to characterize types od line-constractions, which cross the river beneath the riverbed. Secondy to choose trhee building structures and to evaluate them from geology engineering view.

Klíčová slova

Liniové stavby, inženýrská geologie, hydrogeologie, tunel, mechanizovaný razící štít.

Zkratky

IG – inženýrská geologie

HG – hydrogeologie

TBM – tunnel boring machine (plnoprofilový mechanizovaný razící tunelovací štít)

NRTM – nová rakouská tunelovací metoda

Keywords

Line-constructions, geology engineering, hydrogeology, tunnel, mechanised bording machine

Shortcuts

IG – geology engineering

HG – hydrogeology

TBM – tunnel boring machine

NATM – New Austrian tunnelling method

Použité normy

ČSN 75 2130 (752130): Křížení a souběhy vodních toků s dráhami, pozemními komunikacemi a vedeními. 2012.

ČSN P 73 7505 (737505) - Kolektory a ostatní sdružené trasy vedení inženýrských sítí;

Obsah

1 Úvod 5
2 Charakteristika přírodních poměrů v zájmové oblasti 7
2.1 Geomorfologická charakteristik 7
2.2 Geologická charakteristika 7
2.3. Tektonika 8
2. 2. Popis skalního podkladu 9
2.3. Pokryvné kvartérní útvary 16
2.3. Antropogenní změny reliéfu údolí Vltavy v Praze 17
2.5. Hydrogeologické poměry 18
3 Stávající liniové stavby pod říčním dnem Vltavy 19
3. 1. Kanalizační stoky a shybky 20
3. 2. Kolektory a kabelové tunely 23
3. 3. Metro 25
3. 4. Dopravní tunely 26
4 IG Zhodnocení vybraných staveb 28
4. 1. Metro C – podchod řečiště Vltavy v úseku Nádraží Holešovice-Kobylisy 28
4. 2. Podchod řečiště v rámci stavby tunelového komplexu Blanka 34
4. 3. Kolektor Hlávkův most 39
5 Závěr 44
6 Literatura 45
7 Přílohy 48
7.1. Příloha č. 1: Geologická mapa území vnitřní prahy, *Q. Záruba 1948.* 48
7.2. Příloha č. 2: Účelová mapa liniových staveb pod Vltavou v Praze 49
7.3. Příloha č.3: profil shybky stoky K 50
7.4. Příloha č.4: IG profil, metro C – podchod řečiště Vltavy v úseku Nádraží Holešovice-Kobylisy 51
7.5. Příloha č.5: IG profil, podchodu řečiště v rámci stavby tunelového komplexu Blanka 53
7.6. Příloha č.6: IG profil, kolektor Hlávkův most 55

1 Úvod

Z důvodu rozdělení Prahy Vltavou tekoucí jejím středem od jihu k severu, vzniká potřeba propojení dopravy, kanalizací, energetických a jiných infrastrukturních vedení na obou březích města.
Vývoj propojení města přes řeku začal nejprve brody a později mosty.
První most či mosty byly pravděpodobně dřevěné, avšak jejich existence není zcela přesně doložena a je stále předmětem výzkumů. Prvním kamenným mostem byl most Juditin vystavěn mezi lety 1158–1172 Přemyslovcem Vladislavem II. Juditin most byl jedním z prvních kamenných obloukových mostů v zaalpské oblasti Evropy. Za doby vlády Karla IV. byl na místě Juditina mostu, resp. v jeho těsné blízkosti, vystavěn Karlův most, jelikož předešlý most roku 1342 těžce poškodila velká voda, která ho podle zápisu tehdejšího pražského kronikáře Františka zničila tak, že z něj zbyla čtvrtina. (*Museum Karlova mostu. Praha.)*
CIHLA, Michal. Zpráva o stavbě Karlova mostu. Praha:2016.
Museum Karlova mostu. Praha.
Královské dílo. Praha

Další mosty byly konstruovány až od 19. století, prvním z nich byl řetězový most císaře Františka I., který stál na místě dnešního mostu Legií.
Liniové stavby pod říčním dnem se v Praze začaly realizovat až od konce 19. století. Za první stavbu vedenou pod celým profilem říčního dna Vltavy lze v Praze považovat kanalizační shybku stoky A (z roku 1898) a její následovnicí shybku stoky B nově budované kanalizace.
Podzemní dílo: Historie pražského stokování. Praha.
Podívejte se na první kanál pod Vltavou. Stavěl se ještě za císařpána. Praha, 2014. Dostupné z: metro.cz

Cílem mé práce je podat přehled existujících liniových staveb pod dnem Vltavy v úseku mezi Braníkem a Trojou v Praze, popsat jejich specifikaci, inženýrskogeologické poměry

a technologii realizace, s důrazem na hlavní rizika. Výsledkem této části práce je účelová mapka liniových staveb pod dnem Vltavy ve vymezeném úseku v Praze.
Ve druhé části práce je provedeno podrobnější inženýrskogeologické zhodnocení realizace 3 vybraných staveb různého charakteru a s různými technickými problémy či jinými nevšedními událostmi. Stavby, které jsou v práci zhodnoceny jsem vybíral na základě několika hledisek. Zejména bylo vhodné, aby tyto 3 stavby byly různého charakteru a účelu. Dalším kritériem byla zajímavost průběhu realizace těchto staveb a dostatek dostupných informací. Některé stavby měly veliké technické komplikace (např.: metro B Karlovo nám. - Anděl) a reakce na tyto problémy byly také různé. Některé stavby pak byly realizovány speciální technologií (Metro C Holešovice – Kobylisy).

2 Charakteristika přírodních poměrů v zájmové oblasti

2.1 Geomorfologická charakteristik

V zájmovém území od Braníka do Tróji má přibližně 22 km dlouhé ploché Vltavské údolí charakter údolní nivy tzn. terén v bezprostředním je okolí řečiště s průměrnou nadmořskou výškou 200 m n.m. V důsledku antropogenní činnosti v posledních 800 letech byl tento prostor významně ovlivněn mocnými navážkami. Morfologie údolí má charakter svahů výsledkem erozně-akumulační činnosti řeky s četnými dochovanými relikty vyšších terasových stupňů postupně se zařezávající kaskády Vltavských teras a odráží i skladbu geologického podloží.

„V důsledku dlouhodobé a mocné akumulace rozsáhlých teras kvartérních sedimentů – původní koryto bylo překryto a řeka si našla novou trasu propustnými písky a štěrky pokryvných usazenin – poukazuje na velice variabilní a složité složení. Díky selektivní erozní činnosti řeky, se na březích vytvářejí pevnější partie říčního koryta. „(Q. Záruba, 1948)

V důsledku těchto skutečností je Pražská Kotlina poměrně úzká sníženina s rozšířením v místě Holešovického meandru. Podle geomorfologického členění Česka je toto území zařazeno do celku Pražské Plošiny, podcelek Říční Plošina a okresek Pražská Kotlina zahrnující nejnižší části Vltavy v Praze (údolní nivy a nejnižší říční terasy).

ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy: 1948. Praha, KOVANDA, Jiří a V HAVLÍČEK. 1. Neživá příroda Prahy a jejího okolí. Praha, 20011948.
Doc. RNDR ŠTELCL Jindřich CSc a RNDr. Václav VÁVRA, Ph.D. Barrandien. Dostupné z: pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz

2.2 Geologická charakteristika

Vltava prochází z jz. do sv. směru ukloněného masivu Barrandienu, tvořeného zde horninami spodního paleozoika sedimentárními horninami ordoviku, siluru a spodního devonu, místy s průniky vulkanitů. Jelikož Barrandien tvoří brachysynklinálu, která prošla deformacemi během několika vulkanických obdobích, Vltava jím téměř příčně protékající má pod sebou velice pestrou a ve spoustě případů také z inženýrskogeologického a hydrogeologického hlediska velice problematickou situaci. Těleso leží v proterozotských mocných

pevných uloženinách, proto v severní čísti zájmového území je Vltavské údolí poměrně úzce a hluboce zaříznuté.

Po obecném úvodu bude následovat základní charakteristika jednotlivých souvrství z hlediska IG s důrazem na realizaci podzemních staveb či prohrábek.

CHLUPÁČ, Ivo. Geology of the Barrandien: A trip guide. ISBN 3- 7829--1126- 1.
HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XV, Praha.

2.3. Tektonika

Barrandien prošel několika obdobími vulkanické a seismické činnosti. To se zájmového území dotklo zejména parnými klimatickými podmínkami, pestrostí sedimentovaných hornin a tektonickým porušením.

Masiv byl porušován v několika zlomy vedoucí podélně z jz na sv.

Nejrozsáhlejším zlomem je Pražský zlom. Jde o hlubokou tektonickou poruchu dlouhou přibližně 60 km. Pražský zlom jde od Berouna až po městskou část Praha Kyje a Vltavu podtíná přibližně v místě Palackého mostu. V tomto zlomu docházelo k pohybu v sv.–jz. směru. Různé prameny uvádějí různé posuny ve zlomu. Největší posuny jsou uváděny 900–1700 m. Pražský zlom byl v roce 1988 vyhlášeno za přírodní památku.

Jižně od Pražského zlomu souběžně s ním prochází Tachlovický zlom, tento zlom je dlouhý minimálně 40 km a jde od Berouna k Městské části Běchovice. Tok řeky je s ním křížen v oblasti ostrova Císařská Louka. U zlomu zjištěný severovýchodní posun.

Třetím významným zlomem zasahující vltavské údolí je Kodský zlom, jsoucí jižně rovnoběžně s Tachlovickým zlomem. Tento zlom je rozsáhlý podobně jako Tachovský a Vltavu protíná v Chuchli.

Stratigrafie: ORDOVIK [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: barrandien.wz.cz
Natura Bohemica: Pražský zlom. Dostupné z: naturabohemica.cz
JANEČKA, Jiří a Rostislav MELICHAR. Tachlovický zlom, dobře zdokumentovaný násun v barrandienu. Breiter K. ed. In Sborník abstrakt a exkurzní průvodce. 2. sjezd České geologické společnosti Slavonice 19.22. října 2005. Praha: Česká geologická společnost, 2005. s. 55. ISBN 80-7075-653-5.
Thermal and tectonic history of the Barrandian Lower Paleozoic, Czech Republic: Is there a fission-track evidence for Carboniferous-Permian overburden and pre-Westphalian alpinotype thrusting. 2004 Dostupné z: geology.cz

2. 2. Popis skalního podkladu

PROTEOZOIKUM

Kralupsko-zbraslavská skupina: V nejstarší (tj. sz. a jv.) části Barrandienu na území Prahy jsou tvořeny ve svrchním proterozoiku. „Řadí se do tzv. spilitové série.“ (*HORNÝ, Geologická mapa ČSSR 1963)*

Tvoří severní část Vltavského údolí přibližně od 2. třetiny Císařského ostrova.

Tyto horniny významně nezasahují do zájmového území. Tvoří je zejména relativně masivní droby prokládané vložkami prachovců a filitických břidlic. Specifickými horninami sz. křídla proterozoického Barrandienu jsou šedé nebo černé spility označované jako buližníky (lydit).

„Tyto horniny (zejména droby) ve zdravém stavu tvoří únosnou, suchou a stabilní základovou půdu však s velmi obtížnou těžitelností.“ *(M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí)* Droba se v minulosti i dnes používá jako kvalitní drcené kamenivo pro české stavebnictví. „Dodnes funguje velký lom ve Zbraslavi–Záběhlicích, který vytváří až 300 tisíc tun drceného kameniva ročně.“ *(M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí)* Navětralé až zvětralé horniny však mohou být rozvolněny do větších hloubek. Západně od Libuše byly břidlice silně rozvolněné až do hloubky 33 m (Q. Záruba, J. Fencl, 1954). Tyto horniny jsou často tektonicky porušené a rozpukané, což může znesnadňovat zejména ražení podzemních děl.

Mocnost davelského souvrství se odhaduje až na 8000 m.

HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XV, Praha.
HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XXI. Praha, 1963.
ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy: Praha, 1948.
KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.

ORDOVIK

Šárecké souvrství:

Šárecké souvrství tvořící Vltavské koryto v místě Císařského ostrova, kde navazuje na ostrově na proterozoický podklad tvoří černošedé až černé jílovité břidlice laminární vrstevnatostí jsou zejména jílové s příměsemi písčitých minerálů. Tyto břidlice jsem i inženýrskogeologického pohledu zařadil do souboru hornin černých jílovitých a jílovotopísčitých břidlic.

černých jílovitých a jílovotopísčitých břidlic jsou velice podobného charakteru jako břidlice tvořící důležité facie i několika dalších ordovických a silurských souvrstvích tvořící reliéf Prahy (dobrotivské, libeňské, vinické, bohdalecké a liteňské souvrství) – proto v popisech těchto ostatních souvrstvích bude odkazováno na tento popis.
tence vrstevnaté a značně rozpukané (v JZ – SV směru). S rostoucí hloubkou se obecně snižuje zřetelnost vrstevnatosti je méně zřetelná. Tenká vrstevnatost společně s rozvolněností při ražbách podzemních děl „podminuje pevnější ostění může způsobovat značné nadvýlomy“ *(M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí)* zejména pak v blízkosti Pražského zlomu, kde je rozpukanost doprovázena tektonickými porušeními (vinické, dobrotivské souvrství).
Zvětraliny jílových břidlic všech zmíněných souvrstvích jsou objemově nestálé a rozbřídavé, proto je v nich potřeba hluboce zakládat, kde již nedochází k působení klimatických činitelů.
Břidlice obsahují jemně rozmělněný pyrit, jehož hojnost se v této facii jílových břidlic se mezi některými souvrstvími poměrně liší. Pirát vytváří velkou síranovou agresivitu podzemních vod.

Navazující facií je flyšoidní střídání drob, pískovců a prachových břidlic (které v šáreckém souvrství přecházejí do jílovitých břidlic). Tento horizont je typem, který tvoří šárecké, (dobrotivské), letenské, zahořanské, bohdalecké a kosovské souvrství. Plošně je nejvíce rozsáhlý v Letenském souvrství, následně šáreckém.
Společným znakem je střídáni měkčích písčitých a prachovitých břidlic s tvrdými drobami a pískovci až prachovci.

Tyto horniny jsou odolné vůči zvětrání, což je morfologicky zřetelné. Díky svému rytmickému flyšovému charakteru lze prostředí zhodnotit jako poměrně homogenní vhodnou základnovou půdu. Její stabilitu způsobují mocnější polohy křemenců (vyvinuté zejména v letenském souvrství).

„U hloubení výkopů hrozí vyjíždění bloků tvrdších hornin a křehce rozpukaných křemenců a v tunelech vnik nadvýlmů."

ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy: Praha, 1948.
KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.

.

Dobrotivské souvrství: Má podobný charakter jako šárecké souvrství. Navazuje na ně na začátku (po proudu) Císařského ostrova a končí v okolí severního cípu Libenského ostrova. Druhý cíp dobrotivského souvrství tvoří ještě jednu část Vltavského údolí, který je druhou stranou synklinály Barrandienu. Toto území je cca mezi mostem Legií a místem ve středu mezi mostem Palackého a železničním na Výtoni. Mezi Jiráskovým mostem a Packého mostem je však mocnost Libenského souvrství. Změnou od šáreckého souvrství je vyšší tektonická činnost, díky které vznikaly na území Prahy sekvence flyšového charakteru.

Charakteristickou horninou zůstává facie <u>černých jílovitých a jílovito-prachovitých břidlic</u> popsaných v charakteristice šáreckého souvrství, které se flyšově střídají s se bělošedými až žlutavými <u>řevnickými křemenci</u>. Tyto břidlice mívají různou písčitou příměs. Vložek černých břidlic narůstá směrem k nadloží, to však není úplné pravidlo. Vrstvy břidlic stejně jak vrstvy křemenců nemají

kou periodicitu, ale jsou poměrně různé. „Křemence jsou tlustě deskovité až lavicovité (10–50 cm, ojediněle až 1–2 m)" *(M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí)*

<u>Řevnické křemence</u> jsou nejtvrdšími horninami ordovických souvrství, jsou sice křehké, ale odolné proti zvětrávání a erozi. Křemence velice pomalu zvětrávají v kamenitou suť. Pokud úlomky křemenců převažují nad jílovitou výplní a navzájem se dotýkají, tvoří dobře únosnou základovou půdu. Při případném inženýrskogeologickém průzkumu v tomto prostředí je třeba počítat se starými zavezenými lomy, kde se těžil křemenec zejména na dlažební kostky.

Základová půda vytvořená těmito křemenci bude v prakticky nestlačitelná, nepříznivé však je křehké rozpukání a obtížná těžitelnost. Místy se mohou vyskytovat jen malé pruhy křemenců, které již v minulosti dělaly problémy v rozdílném sedání staveb.
U provádění zemních prací zejména malých rozměrů kvůli flyšovému střídání křemenný ch a břidličnatých vrstev vznikají problémy nerovnoměrného sedání.

ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy: Praha, 1948.
KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.
HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XXI. Praha, 1963.

Libeňské souvrství: Horniny libeňského souvrství jsou podobné dobrtivskému souvrství. Geograficky na ně navazuje v severním cípu Libenského ostrova a tvoří poměrně úzký pruh s jižním koncem mezi sídlištěm Bulovka a Košinka na v. straně řeky. Druhým místem libeňského souvrství je úsek od místa poloviny vzdálenosti mezi Palackého mostem a železničním mostem na Výtoni a končí v místech Výtoňského viaduktu.
Jedná se o bazální bělošedé až žlutavé řevnické křemence prokládané druhou facií tohoto souvrství – jílovitými až písčitými často čeřinatými břidlicemi s hojnými slídnatými šupinkami.
Křemence zde tvoří tlustě deskovité až lavicovité vrstvy.
Podrobný popis a technologické podmínky řevnických křemenců a charakter celého souvrství je na základě velké podobnosti s dobrotivským souvrstvím popsán v jeho charakteristice.
Celé souvrství svou mocností kolísá mezi 80 m (Motol) a 50 m (Zbraslav).

ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy: Praha, 1948.
KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.
HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XXI. Praha, 1963.

Letenské souvrství: Letenské souvrství je tvořené rytmickým střídáním hrubších jemnějších uloženin. Tato litofacie letenského souvrství je tvořena písčitými a prachovitými břidlicemi s mocnými s křemennými pískovci a křemenci a drobami. IG vlastnosti těchto hornin jsou velice podobné s facií šáreckého souvrství – viz. flyšoidní střídání drob, pískovců

a prachových břidlic. Flyšový charakter tohoto horizontu je podle Z. Kukala (1958) zapříčiněno periodickým zaplavováním vodou, přinášejícího materiálu a zároveň nepřítomností turbulentního proudění vody během této sedimentace.

Zvláštností tohoto souvrství může být velký rozdíl mocností (60–600 m). Tato asymetrie je dána mnohonásobným rozdílem zahlubováním „pražské pánve“ na rozdíl od západní části Prahy.

Toto souvrství je převážně tvořené šedými až tmavě šedými křemenci se středním až hojným obsahem jílu (podle Z. Kukala, 1958). Zároveň v jižní části souvrství (Zbraslav) má spíše větší zrnitost (droby 0,25mm) a v severní části (Letná) spíše menší (zrna 0,06-0,07mm).

Letenské souvrství tvoří většinu plochy meandru Vltavy. V severní části navazuje na libeňské souvrství. Předěl protíná pravý břeh mezi Bulovkou a Košinkou. Jižní hranici pod má mezi Jiráskovým a Hlávkovým mostem. Druhý shled letenských vrstev je od železničního mostu na Výtoni proti proudu do půlky ostrova Císařské louky.

ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy: Praha, 1948.
KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.
HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XXI. Praha, 1963.

Vinické souvrství: Vinické souvrství tvoří pás černých břidlic v nakloněném úseku Vltavy od Mánesova mostu až do pomezí Karlín a Libně. V jižní části Vltavy nasedá na letenské vrstvy v půlce ostrova Císařská louka a končí na jeho jižním cípu. Souvrství dosahuje poměrně větších mocností (120-180 m, místy až 200 m).

Hlavní facií jsou hojně slídnaté černé jílové břidlice (technicky charakterizované v popisu šáreckého souvrství jako černé jílovité a jílovotopísčité břidlice), vyznačující se tenkou vrstevnatostí. Vinickým souvrstvím v centru Prahy prochází Pražský zlom, v jehož okolí jsou břidlice tektonicky hodně porušené, což je problematické při zemních pracech.

V sv. křídle Barrandienu na bázi vinického souvrství leží nučický rudní obzor tvořený oolitickými prekarbonáty. Místy je nučický rudní obzor rozšířen až do střední části souvrství. Tam pak tvoří čočky velmi kvalitních typů Fe rudy (např.: skleněnka). Okrajové části těchto čoček tvoří oolitické pelokarbonáty, chudé rudy a břidlice s hojným pyritem, který velice zvyšuje agresivitu podzemní vody.

KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.
HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XV, Praha.
Stratigrafie: ORDOVIK. Dostupné z: barrandien.wz.cz

Zahořanské souvrství: Hlavní facii tvoří monotónní deskovitě uložené šedé až šedozelené, či šedohnědé slídnaté prachovce. Přibližně v jejich středu bývají proloženy tenkými vrstvami tmavošedými prachovými břidlicemi. Místy jsou shluky vápenitých kontrekcí uložené na povrchách výchozů.

Celý horizont zahořanského souvrství flyšoidního střídání drob, pískovců a prachových břidlic je charakterizován v popisu šáreckého souvrství.

Zahořanské souvrství navazuje na vinické přibližně od Mánesova mostu a končí u Karlova mostu. Jižní shled souvrství je ukloněný pás pojímající Veslařský ostrov.

KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.
HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XV, Praha

Bohdalecké souvrství: Hlavní facií jsou stále tmavošedé až černošedé jílovité břidlice (technicky charakterizované v popisu šáreckého souvrství), avšak nyní jsou lupenitě odlučné a přecházejí až do jílovců. Mocnost jílovců je velká hlavně v sz. a jv. křídlech, v centrální části tvoří pouze malé možnosti.

Druhou horninovou formou je tzv. Polyteichová facie, představující detriticko-karbonátový vývoj bohdaleckého souvrství. Jde o flyšové střídání jílových břidlic s různou pelitickou příměsí s prachovci a jemnozrnnými pískovci mající mechanické vlastnosti flyšoidního střídání drob, pískovců a prachových břidlic popsaného v šáreckém souvrství.

Prachovce v tomto horizontu je však bohatý na karbonátový tmel a místy přecházejí až do vápenitých břidlic.

Bohdalecké souvrství je pod Vltavou mezi Karlovým mostem a mostem Legií. V jižním čísti Prahy pak zasahuje malou částí do řečiště v jižním cípu Veslařského ostrova.

KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.
HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XV, Praha.
HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XXI. Praha, 1963.

Kopaninské vrstvy: Kopaninské vrstvy tvoří pásek úsek podloží Vltavy jižně od Veslařského ostrova.

Díky synchronnímu vulkanismu převládají nesouvislé šedé vápnité břidlice s vápnitými konkrecemi, vrstvy tufů, aglomerátů a tufitických břidlic. Svrchní část kopaninských vrstev tvoří organodetritické vápence, které jsou prokládány facií břidlic celý masiv kopaninského souvrství podle inženýrskogeologických vlastností radím do souboru silurských a devonských vápenců. (*KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.)*

Silurské a devonské vápence tvoří kopaninské vrstvy společně s vápenci a vápenitým břidlicím pražského a zlíchovského souvrství tvoří deskovité až lavicovité vápencové uloženiny, které jsou většinou nepravidelně až kapsovitě zvětralé. Hloubka zvětrání může být 3–5 m. Ve vápencích se zřídka objevují zkrasovělé dutiny. Podzemí voda je poměrně tvrdá a vápenitá.

Tvoří většinou velmi únosnou základovou půdu.

KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.
Doc. RNDR ŠTELCL Jindřich CSc a RNDr. Václav VÁVRA, Ph.D. Barrandien. Dostupné z: pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz

DEVON

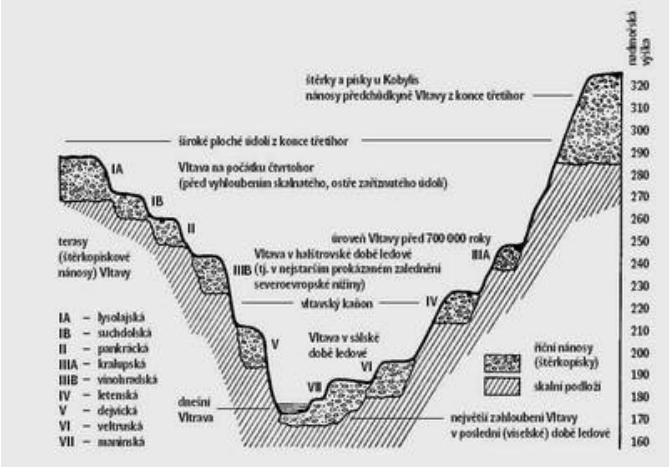
Spodní devon, podílející se na tvorbě údolí Vltavy v Praze jsou řazeny do Branických vápenců. Jde o sled několika typů prostředí, které jsou tvořeny většinou lavicovitě uložených vápenců či vápenných břidlic, které jsou začátkem devonu kalové, později čisté a často bioklastické.

Devonské sedimenty tvoří vltavské údolí přibližně mezi Barrandovským mostem a železničním mostem v Malé Chuchli.

KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.
Doc. RNDR ŠTELCL Jindřich CSc a RNDr. Václav VÁVRA, Ph.D. Barrandien. Dostupné z: pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz
HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XV, Praha.

2.3. Pokryvné kvartérní útvary

Vltavské údolí vzniklo erozně-akumulační činností v průběhu kvartéru a jejím výsledkem je systém teras kvartérních uloženin, které vznikaly postupným od vyšších úrovní k nižším.



Nejmladší uloženiny tak nachází ve stávající údolní nivě. Vývoj čtvrtohorní sedimentace (podle V. Ložka, 1979,obr.) máme rozdělenou do devíti teras *lysolajská, suchdolská, pankrácká, kralupská, vinohradská, letenská, dejvická, veltruská a maninská*, jjejich složení se generálně pozvolně mění.

Pleistocenní terasovitá sedimentace (Z minulosti českých řek)

Starší terasy jsou tvořeny spíše jemnozrnnými frakcemi (hlinité písky a štěrky, písčité štěrky). Střední partie tvoří spíše akumulace štěků a písků, zároveň jde o nejmocnější kvartérní akumulace. Nejmladší terasa maninská je tvořena převážně mocnými písky a štěrky. Po akumulaci nejmladší terasy maninské však erozně-akumulační vývoj údolí neskončil, řeka si našla v terasových sedimentech novou trasu a na březích se ukládaly nejmladší holocenní náplavy. Trasu maximálního zahloubení toku v geologickém masivu popsal Q. Záruba, 1948. (Mapa je přiložena jako příloha č.1) Nejmladší usazeniny na dně údolí tvořící stávající nivu, jsou tvořeny hlinitopísky a jílovými náplavami. Původní niva je však dnes překryta mocnými antropogenními navážkami vzniklými postupnými úpravami toku, jeho břehů a zejména v rámci opevňování nábřeží začátkem 20. století.

KOVANDA, Jiří a V HAVLÍČEK. 1. Neživá příroda Prahy a jejího okolí. Praha, 2001
ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy. Praha, 1948.

HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XV, Praha.

2.3. Antropogenní změny reliéfu údolí Vltavy v Praze

V pražské Kotlině se často setkáváme s velkou mocností antropogenních navážek tvořící svrchní část pokryvných útvarů, které jsou jak v okolí, tak i v korytě Vltavy. Antropogenní vrstva je značně proměnlivá jak mocnostmi, tak složením. Navážky představují jednak konstrukční vrstvy komunikací a inženýrských vedení a pak také byly místy navážkami nahrazeny původní nevyhovující pokryvné útvary – například bahnité fluviální sedimenty Vltavy.

V Románské době (11.-12. st.) se centrum města postupně přesouvalo z Pražského hradu do dnešního Starého Města, kde pochopitelně s tím vznikalo spoustu antropogenních úprav. V navážkách podkladu Starého Města lze dle archeologických studií rozlišit 2 typy akumulace navážek:

Spodní poloha akumulace představuje typický sídlištní antropogen. Jedná se o tmavé soudržní zeminy s hojnou organickou příměsí. Tuto vrstvu lze považovat za projev adaptace na přelidnění sídliště, kdy se odpad ještě nikam netransportoval, ale nechával se ve městě. Proto také mocnost této vrstvy lze brát jako jasný důkaz o hustotě, intenzitě a charakteru osídlení.

Svrchní poloha je tvořena hlavně světlými nesoudržnými zeminami. Toto jsou opravdu navážky a násepy, které vznikaly přímo pro dotváření a rovnání terénního reliéfu. Tento sled je tvořen materiálem z demolice domů apod.

Antropogenní změny terénního reliéfu údolí Vltavy a vnitřní Prahy se zatím archeologicky identifikovaly třemi faktory:

1) Vybudováním 3 pevných jezů na řece kvůli zvednutí hladiny pro mlýnské náhony a usměrnění toku, započala, pod jezem v místě uměle zvedlé a zklidněné hladiny, zvýšená sedimentace, která při povodních byla ještě umocněna. Tímto se začala i vzdouvat hladina Vltavy a souběžně i hladina podzemní vody, která je v přímém kontaktu s tokem.
2) Reakcí na dění popsané v předešlém bodě, vznikaly uprostřed města velké mocnosti navážek a náspů. Soudě podle stavební úrovně většiny raně gotických staveb již na přelomu 13. a 14. století niveleta upravovaného terénu dosahovala stejné úrovně

jako ve výškopisném plánu Prahy z roku 1889. Tak vznikla 1. Velkoplošná protipovodňová úprava, Která však paradoxně vzdouvání vody akorát umocnila. Zvýšení úrovně inundačního území sice zvětšilo jeho převýšení, ale zároveň zmenšilo profil průtoku, čemuž napomohlo I systematická zástavba nejnižších částí teras v okolí Vltavy, proto se jako další opatření rozšířilo náspy kolem řeky ještě zvedly. Na přelomu 19. a 20. století tak jako druhé velkoplošné protipovodňové úpravy vznikaly pražská nábřeží.

3) Třetím faktorem mocně zasahujícím do dnešní podoby vnitřní Prahy byly plošné úpravy terasově členěného terénu do pozvolného svahu v podstatě všude po městě. Tyto změny byla reakcí na urbanizaci a více vychovaly řadové zástavbě.

Poslední významnou změnou koryta Vltavy bylo jeho přeložení v místě meandru kolem Manin. K němu došlo v průběhu 20.let 20. století. Přesunutí toku v nejširší části až o 500 m předcházelo budování holešovického přístavu s nímž současně byla spojena potřeba výstavby nádraží Bubny s vlečkou a mnoha budov. Tyto komplexní úpravy řečiště a jeho bezprostředního okolí probíhaly v první třetině 20. století.

ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy: Praha, 1948.
BARTÁK, Jiří, M GRAMBIČKA a J RŮŽIČKA. Podzemní stavitelství v České republice. 2007.
KOVANDA, Jiří a V HAVLÍČEK. 1. Neživá příroda Prahy a jejího okol., Praha, 2001.
Holešovický přístav. Dostupné z: wikiwand.com
CIHLA, Michal. Zpráva o stavbě Karlova mostu. Praha.2016.

2.5. Hydrogeologické poměry

Podzemní vody, se kterými ve vltavském údolí Prahy setkáváme se dají rozdělit do 3 skupin, podle způsobu výzkumu:

1) *Obzor podzemní vody poříční* ve štěrcích a píscích tvořící přehloubené údolí a spodní terasy. Jde o obzor, který bývá v kontaktu s vodou v řece. Hladina podzemní vody, tedy hranice tohoto obzoru, je přibližně ve výšce hladiny vody v řece. Poříční obzor je napájen vodou stékající po skalním masivu z vyšších vodních obzorů. Tento fakt je znatelný z chemického složení vody. Hladina poříční vody kolísá s hladinou vody v řečišti a podle vlhkosti období.
2) *Terasovité spodní vody* nespadají do zájmového území, jelikož vznikají na spodu pleistocenních teras v různých výškách nad dnešní hladinou řeky. Nicméně tyto vody

mají ve srovnání s přechozím spodím horizontem mnohem menší vydatnost a drží se na bázi teras u kontaktu se skalním povrchem.

3) *Puklinová voda* vyplňuje pukliny a porušené zóny skalního podkladu. Propustnost těchto hornin je závislá na litologii, na stupni zvětrání a rozvolnění a na četnosti a charakteru tektonického porušení. Tyto puklinové prostředí se koncentrují hlavně v oblastech průchodů tektonických zlomů. Měkčí horniny jako facie černých jílovitých a jílovito-píščitích břidlic v takových místech bývají rozvolněné a v místech svrchní navětralé zóny bývají vlivem porušení až nepříjemně rozbřídavé na tuto rozvolněnou vrstvu je vázán oběh vody v tomto prostředí.

   Tvrdší horniny jako řevnické křemence (zejména letenské, kosovské a liteňské) bývají křehce rozpukány a zvodnělé. Je zde výrazná puklinová propustnost. Jsou však odolné vůdčí zvětrání.

   Třetím významným souborem hornin jsou silurské a devonské vápence (vrstvy kopaninské, zlíchovské a pražské), jejichž propustnost je podle Ing. Františka Svobody tvořena puklinatostí i foliací hornin. Kolektor je však chudší na podzemní vodu. Vrstvy jsou poměrně málo zvodnělé a mají malou kapacitu.

Z hlediska agresivity podzemních vod je značně zvýšená síranová agresivita v puklinově propustných prostředí ordovických břidlic (zejména vinických, bohdaleckých, liteňských a dobrotivých). Síranová agresivita je v nich vyvolána zejména rozkladem pyritu a rozpouštěním sekundárních produktů tohoto rozkladu. Agresivita uhličitá vzniká chemickými pochody rovněž při zvětrávání pyritu.“

ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy: Praha, 1948.
KOVANDA J., M. Kleček, J. Král, Z. Lochman. Neživá příroda Prahy a jejího okolí – Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001.

3 Stávající liniové stavby pod říčním dnem Vltavy

Stavby podcházející v Praze Vltavu se dají bazálně rozdělit do 4 základních skupin podle jejich účelu:

- kanalizační stoky, resp. shybky,

- kolektory a kabelové tunely,
- tunely metra,
- silniční tunel městského okruhu.

Charakteristika jednotlivých skupin je podána v následujících podkapitolách. Celková situace zájmového území s vyznačeným vedením liniových staveb pod dnem Vltavy je znázorněna v příloze č. 1.

3. 1. Kanalizační stoky a shybky

Během rozvoje města postupně vznikala nutnost řízeného odvodu a zpracování odpadu. Již v 15. století byla snaha o držení pořádku v ulicích Prahy, zejména po tom, co se v Praze rozmohl mor. „V roce 1438 v Praze zemřelo nad 30 000 lidí na mor jen proto, že nebyla žádná kanalizace.“ *(Podzemní dílo: Historie pražského stokování)*
„Po různých pokusech první stoky vznikly až v roce 1660. Vytvořily se klenuté stoky v hloubených rýhách. Stoky vedly od Prašné brány ulicí Revoluční do Vltavy druhou stranou z Můstku přes Národní třídu. Poslední v té době vybudovanou stoku udělali jezuité pro vyčištění Klementina.“ *(Pražské kanalizace a vodovody: Historický vývoj pražského stokování a čištění odpadních vod.)* Až v roce 1878 vyšel v platnost dekret pro vytvoření kanalizační sítě Prahy. Kanalizační systém byl po dlouhých debatách a jednáních realizován od roku 1894 dle projektu anglického inženýra Williama Heerlein Lindleyho. *(LINDLEY W H. Hydraulicians in Europe 1800-2000)*
Kanalizační systém byl naprojektován jako systém kmenových stok, které se postupně stavěly podle nutnosti zvětšování kanalizační sítě. Do těchto stok jsou přiváděny domovní přípojky a vedou do čistírny odpadních vod. Odtud jsou přečištěné vody odváděny do recipientu Vltavy.
Jako první byla v letech 1998–1901 vybudována kmenová stoka A, krátce po ní stoka B. Stoka A začínala Staroměstskou shybkou pod Vltavou, kde je vedena pod Čechovým mostem vystavěným až posléze a jeho konstrukce je tak přizpůsobena shybce v podzákladí, přes Letnou a přes Císařský ostrov byla vyvedena do Vltavy.

Shybka stoky A je pod řečištěm vedena dvojicí ocelových kruhových trub s průměrem 1000 mm (dále jen DN 100) a délce 175 m. Trubky s ocelovým profilem 2,25 cm byly osazeny cihelným obkladem. Shybka se do koryta řeky zabudovávala pomocí pracovních jímek v korytě.

Současně se stokou A byla vybudována kmenová stoka B, křížící řeku východně od ostrova Štvanice. Stoka B vedla, pod Stromovkou a v Holešovicích na severně za Bubenečským nábřežím podchází Vltavu Karlínskou shybkou, konstruovanou stejnými parametry stejně jako Staroměstská shybka. Je 125 cm dlouhá.

Následnou stavbou byla čistírna odpadních vod v Bubenči. „Stavba začala v roce 1900 firmou Quida Bělského. Lindleyho čistírna fungovala 60 let. Díky tomuto velkolepému dílu byla Praha jedním z nejlépe hygienicky vybavených měst v Evropě.“ *(JÁSEK, Jaroslav aj. ALMEROVÁ. HISTORIE KANALIZACE*). A B byly převedeny společném přivaděčem do od ČOV Bubeneč.

Tato čistírna odpadních vod je od roku 2010 pražskou technickou památkou.

Stavba kmenových stok pokračovala poměrně rychle. Abecedně následovala stoka C a D čistící sz část Prahy, ty Vltavu nepodchází.

Stoka E byla stavěna pro čištění Vysočan, Libně a Tróje mezi lety 1934 a 1945. Stavba trvala dlouho, protože mezitím proběhla válka. Stoka byla vedena sice přes Vltavu od ČOV, ale pravděpodobně dříve byla po přečištění, v místě Císařského ostrova vypouštěna do Vltavy.

Až později po výstavbě nové ČOV na Císařském ostrově společně se stokou F byla napojena přes shybku tvořenou čtyřmi 1000 mm tlustými ocelovými trubkami.

Poslední budovanou s kmenovou stokou byla stoka K, uvedené do provozu roku 1976 a 1988. Stoka K prochází Vltavou na Výtoni a mezi Hořejším a Rašínovým nábřežím, spojuje pravý a levý břeh. Stoka K je největší stokou odvádějící špínu z oblasti Barrandova, Hlubočep, Modřan, Jižního města Pankráce atd. „Shybka je ve dvou ramenech ocelová s profile m 220 mm chráněna mezi kanalizačními cihlami a ocelovou chráničkou obetonováním s výztuží, od poloviny profilu pouze obetonováním bez ocelové chráničky. Poslední pravé rameno bylo vytvořeno ze sklolaminátu DN 1400, na začátku a na konci shybky je pravé rameno vyzděno z kanalizačních cihel DN 1400. V místech, kde byla shybka vybudována ve výkopu, je chráněna pouze do poloviny profilu také ocelovými troubami

DN 200 mm. Od poloviny profilu je stoka ochráněna jen prostým betonem.“ (MOUČKA, Ing. Š. a Ing. J. ŘEHOŘ. *Rekonstrukce nátoku shybky „K“)*

Naplavování shybky kmenové stoky K, z firemní publikace Vodní stavby;

Dnes Prahou vede 6 kmenových stok (A, B, C, D, E, F a K), z nichž podchází Vltavu Shybky bývají dvě svázané ocelové trubky kruhového průřezu usazné do rýhy napříč dnem řečiště. Bývají dvojité, protože když jedna vypadne z provozu, druhá stále funguje. Shybky fungují na principu ponořených těles, aby se v nich udržel potřebný podtlak, bývají na obou březích toku zaopatřeny vtokovou a výtokovou komorou vysokou cca 150 cm. „Stokové shybky mívají nevhodně malý sklon (1%), proto je vstupní komora vybavena proplachovací stokou pro čištění shybky.“ *(Podzemní dílo: Zajímavosti pražské kanalizace)*

Naplavování shybky kmenové stoky K, z firemní publikace Vodní stavby;

Během soudobých rekonstrukcích stok a shybek se dle potřeby mění cihlové ostění za nové, dělají společně se zabudováním tzv. *čedičová radikála* jako dlažba spodní poloviny stoky lepená přes cihlová obklad. Je to přetavený čedičový materiál, který se používá do dna stokových šachet pro zpevnění dna kanalizace vůdčí abrazi částečkami špíny, která je nejničivějším faktorem. Čedičový obklad se používá díky skvělé odolnosti čediče proti

abrazivitě. Další hojně používanou důležitou rekonstrukční metodou je chemická injektáž a chemické krystalizační směsi.

Stokové shybky se zatím opravovaly pouze zevnitř, nebylo nutné větších zásahů.

BARTÁK, Jiří, M GRAMBIČKA a J RŮŽIČKA. Podzemní stavitelství v České republice. 2007.
KO-KA: OPRAVA SHYBKY KMENOVÉ STOKY „K“. Dostupné z: ko-ka.cz
Pražské kanalizace a vodovody: Historický vývoj pražského stokování a čištění odpadních vod. Dostupné z: pvk.cz
Podzemní dílo: Historie pražského stokování
Lukáš Hrábek. Podívejte se na první kanál pod Vltavou. Stavěl se ještě za císařpána. Praha, 2014. Dostupné z: metro.cz
Síť kanalizace Prahy. Praha, 20-30 léta.
LINDLEY W H. Hydraulicians in Europe 1800-2000: Volume 2. Dostupné z: books.google.cz
MOUČKA, Ing. Š. a Ing. J. ŘEHOŘ. Rekonstrukce nátoku shybky „K“: Technická zpráva. Praha, 2012.

3. 2. Kolektory a kabelové tunely

Kolektory a kabelové tunely (KT) jsou ražené či hloubené tunely a štoly sloužící pro vedení kabelových a trubních sítí. Tyto stavby tvoří v dnešní společnosti nezbytnou energetickou síť města. Kabelové tunely jsou vzhledem ke kolektorům zpravidla menšími stavbami s omezeným účelem.

Kabelové neboli energetické tunely (dále jen KT) byly ražené již od 60. let v souvislosti s výstavbou pražského metra.

Dle *normy ČSN P 73 7505 (737505): Kolektory a ostatní sdružené trasy vedení inženýrských sítí.,* jsou KT velikostí nízkoprofilové tunely až štoly (10–25 m^2) kruhového či podkovového tvaru vedoucí vysoké napětí (110 kV, 22 kV) a sdělovací sítě. Štoly mívají ostění z prefabrikovaných betonových panelů (kabelový tunel Žižkov), nebo litého betonu (KT Štvanice).

Kabelové tunely podchází Vltavu na 3 místech. Prvním podchodem byl v roce 1980 úsek z Pelc-Tyrolky do Holešovic v Tróji mezi mostem Barikádníků a Trojským mostem. Druhým, uvedeným do provozu roku 2001, byl kabelový tunel Štvanice podcházející stejnojmenný ostrov v jeho východním cípu. Nejnovější KT Vltava byl otevřen v srpnu 2008. Nachází se jižně od Palackého mostu a vede s ním téměř rovnoběžně. Všechna tato vedení byla projektována firmou KO-KA.

Systém kolektorů se začal budovat koncem 60. let 20. století a prvním kolektorem byl úsek pod Chotkovou ulicí realizovaný v roce 1969. V současnosti tvoří pražské kolektory podzemní síť o celkové délce 90,850 km.

Dle normy *ČSN P 73 7505 - Kolektory a ostatní sdružené trasy vedení inženýrských sítí* a souvisejících předpisů je v současné době do kolektorů ukládat:

- vodovodní potrubí všech tlakových pásem
- horkovodní potrubí v teplotním rozmezí 70 až 150 °C a přetlaku do 2,5 MPa
- parovodní potrubí do teploty 260 °C a přetlaku 2,0 MPa
- potrubí zemního plynu a svítiplynu do přetlaku 0,4 MPa
- kabely pro rozvod elektrické energie od 0,4 do 110 kV
- kabely místní i dálkové sdělovací sítě (metalické i optické)
- rozvody kabelové televize a internetu
- rozvody potrubní pošty
- potrubí splaškové a dešťové kanalizace
- odvodu balastních vod
- potrubí pneumatické dopravy domovního odpadu
- potrubí stlačeného vzduchu

„V Praze zatím nebylo využito potrubí pro transport pneumatického odpadu, tato možnost je zatím ve fázi studií.“ (*Kolektory Praha a. s.: KOLEKTORY hlavního města Prahy*. 2014.) Koncepce uložení kanalizace zatím také nebyla realizována, protože ve většině případů nesplňují spádové náležitosti pro gravitační kanalizaci. Výhledově proto lze do budoucna předpokládat zapojení vysokotlakých nebo podtlakových trubních kanalizací do kolektorového systému. (*Kolektory Praha a. s.: KOLEKTORY hlavního města Prahy*. 2014.)

Technologie výstavby kolektorů je úzce spjata s prostorovými možnostmi stavby, které jsou vždy jiné. Pražské kolektory jsou rozděleny do 3. kategorií podle velikosti, a tedy také množstvím uložených vedení.

Kolektory Vltavu podchází pouze jednou. Jedná se o kolektor Hlávkův most, který byl vyražen roku 2018. Všechny ostatní kabelové a trubní křížení s tokem jsou řešeny kabelovými tunely. Kolektoru Hlávkův Most bude věnována pasáž v 2. části práce.

KO-KA: OPRAVA SHYBKY KMENOVÉ STOKY „K. Dostupné z: ko-ka.cz
BARTÁK, Jiří, M GRAMBIČKA a J RŮŽIČKA. Podzemní stavitelství v České republice. 2007.
Hochtief: Praha, Kolektor Hlávkův most. Dostupné z: hochtief.cz
ČSN P 73 7505 (737505): Kolektory a ostatní sdružené trasy vedení inženýrských sítí.

Časopis Stavebnictví: Energetické tunely pod Vltavou. 2007(5).

3. 3. Metro

Pražské metro představuje 1. ražené tunelové podcházení Vltavy, do dnešní doby byly pod říčním korytem realizovány 4 úseky.

První z těchto úseků – metro A mezi stanicemi Staroměstská a Malostranská byl uveden do provozu 1978. Tato část trati metra složená ze dvou protichůdných tunelů podchází Vltavu jižně vedle Mánesova mostu v průměrné hloubce 22 m pod dnem Vltavy. Tunely byly vyraženy jako součást v rámci *I. provozního úseku trasy A* dvěma sovětskými mechanizovanými štíty TŠčB–3 (vybaven valivými dláty) se světlým průměrem 5,1 m. úsek byl ražen zejména v jílovitých břidlicích vinického souvrství, kterým zde prochází 6 poruchových pásem, a jeho únosnost na ražbu tunelu nebyla dostatečně únosná. *(Jiří Hudek, Tunel: Zjištění napjatosti horninového masivu metodou odlehčení štolou pro první podtunelování řeky Vltavy metrem v roce 1973. Praha, 2016(1).* Proto byla vyražena odlehčovací štola. Primární ostění tvořil lisovaný beton a následně jako sekundární ostění byly použity litinové tubingy.

Druhý podchod metra pod dnem byl realizován roku 1984 v rámci *III. provozního úseku trasy C* mezi stanicemi nádraží Holešovice – Florenc. V některých místech tohoto úseku u karlínského břehu je horninové nadloží pouze 4 m od dna řeky tvořené pouze kvartérními uloženinami a náplavami, zatímco na druhé holešovické straně je nadloží 12 m. Podloží tvoří prachové, jílovité a pískovité břidlice a je tvořeno souvrstvím letenským, vinickým zahořanským. Podloží je rozpukané. Proto pro realizaci stavby od karlínského nábřeží proto byla použita šetrná fréza Alpine Miner AM 50, kterou byl ražen celý průměr 5,1 maž pod ostrov Štvanice. Zbytek podchodu byl ražen mechanizovaným razícím štítem ŠČN–1. V levém tunelu byla touto metodou ražena pouze průzkumná štola a po zhodnocení geologických podmínek jako příznivých, byl druhý tunel ražen pomocí erektoru. (*Ing. Arch. Evžen Kyllar, Tunel 2/96: Architektura tunelových staveb pražského metra. Praha, 2001(2).)*

V roce 1985 byl otevřen další úsek metra podcházející vltavské koryto mezi stanicemi Karlovo náměstí–Anděl na Výtoni. Toto podcházení v průměrné hloubce 24 m pod korytem toku bylo raženo v rámci *I. Provozního úseku trasy B*. úsek pod Vltavou byl ražen prstencovou metodou za pomocí elektoru v průměrné délce obou tunelů 1085 m. Jak uvádí Jan

Bonev v internetovém portálu metroweb.cz, z inženýrskogeologického průzkumu byly zjištěny velice komplikované geologické podmínky, tím byly myšleny zvodnělé rozpukané břidlice, proto se přistoupilo k rozsáhlé injektáži, i přesto se v pravém tunelu nevyuhli přítokům 14–20 l/s (v levém byla situace přibližně o třetinu lepší). V celém úseku je železobetonové ostění.

Poslední dosud realizovanou trasou metra pod Vltavou byl v roce 2004 úsek mezi stanicemi nádraží Holešovice a Kobylisy v rámci *1. Etapy IV. provozního úseku trasy C.* Teno úsek byl výjimkou z hlediska technologie. Šlo o naplavení prefabrikovaného železobetonového tubusu do předem vyhloubené rýhy (tzv. technologie Immersed Tube Tunnel) dodnes v České republice ojedinělá technologie. Tato konstrukce byla použita kvůli nutnosti vést podchod metra těsně pod dnem toku. Realizaci tohoto podcházení se budu více věnovat v kapitole *4. 1. Metro C – podchod řečiště Vltavy v úseku Nádraží Holešovice-Kobylisy.*

BARTÁK, Jiří, M GRAMBIČKA a J RŮŽIČKA. Podzemní stavitelství v České republice. 2007.
iDnes: Když se stavaři poprvé odvážili pod Vltavu, 70 metrů tunelu trvalo měsíc. Dostupné z: idnes.cz
Wikipedia: Prague Metro. Dostupné z: en.wikipedia.org
Kolektory Praha a. s.: COLLECTORS of main city Prague. 2014.
Dopravní web: Metro. Dostupné z: dopravni.net
COWI NORTH AMERICA-ENGINEERING: Immersed Tube Tunnels Reach New Depths Around the World. Dostupné z: cowiengineering.com
Ing. Arch. Evžen Kyllar, Tunel 2/96: Architektura tunelových staveb pražského metra. Praha, 2001(2).

3. 4. Dopravní tunely

Dalším typem staveb jsou dopravní tunely. Ve vymezeném území se jedná o úsek Tunelového Komplexu Blanka, který byl otevřen 19. září 2015. Tunel délky 2,24 km je součástí severozápadní části pražského městského okruhu, vede mezi mimoúrovňovou křižovatkou Malovanka a Pelc-Tyrolka. Komplex je rozdělen na navazující tunelové úseky–Brusnický tunel, Dejvický tunel a Bubenečský tunel. Stavba podchází Vltavu začátkem Bubenečského tunelu od Trojského mostu obloukem pod Císařský ostrov, za nímž pokračuje Stromovkou. Úsek pod řečištěm je dlouhý 436 m. Jako součást podrobného inženýrskogeologického průzkumu, pod korytem Vltavy v trase stavby vyražena průzkumná štola. Na základě tohoto průzkumu byly zjištěny detailní geotechnické, hydrogeologické i inženýrskogeologické podmínky, na které mohlo být reagováno speciálními úpravami projektu.

Všechny ražené tunelové úseky dvojpruhových a trojpruhových tunelů byly ražené pomoc nové rakouské tunelovací metody (NRTM) a tunely byly dvouplášťově vystrojeny. Výrubní profil dvoupruhového tunelu byl pod Vltavou 120 m^2 s minimální nadloží pod dnem Vltavy je 14,5 m. Podrobnější charakteristika stavby je uvedena v kapitole *4. 2. Podchod řečiště v rámci stavby tunelového komplexu Blanka*

Časopis Stavebnictví: Tunelový komplex Blanka, největší podzemní stavba v ČR.2007(5).
Časopis Stavebnictví: Realizace tunelového komplexu Blanka. Praha, 2008(9).
HUSARIK, Ing. Jiří, Ing. Jana KLASOVÁ a Ing. Jan VANDROVEC. Stavba ev. č. 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka, Špelc – část TROJA. 2012. Dostupné z: silnice-zeleznice.cz

4 IG Zhodnocení vybraných staveb

V této části práce uvedu inženýrskogeologické zhodnocení 3 vybraných staveb z předešlé kapitoly:

1. Kolektor Hlávkův Most bude jedna ze staveb, o kterých pojednám, protože jde o jediný kolektor překonávající Vltavu a byly s ním spjaty jisté potíže.

2. Jako druhou stavbu jsem si vybral 2. Podcházení řeky metrem C: Holešovice–Kobylisy, jelikož se jedná o netradiční tunelovací metodu a dle všeho také velmi složitou a křehkou.

3. Poslední stavbou bude část tunelového komplexu Blanka, který byl zatím největší stavbou, která pod Vltavou byla realizována.

4. 1. Metro C – podchod řečiště Vltavy v úseku Nádraží Holešovice-Kobylisy

Na základě potřeby vést podchod metra těsně pod dnem toku, byla zvolena do té doby v České republice ojedinělá technologie naplavení prefabrikovaného železobetonového tubusu do předem vyhloubené rýhy (tzv. technologie immersed tube tunnel).

Potřeba vést metro velice mělko vznikla, protože stanice nádraží Holešovice (otevřena roku 1985) byla vyhloubena mělko hluboko hlavně kvůli nutnosti nadchodu kanalizační stoky a zároveň bylo nutné překonat velký výškový rozdíl do plánované stanice Kobylisy. Maximální skon tunelů metra je 39,5 promile. Nejdříve byl vypracovaný projekt tzv. „klasickou metodou“ – postupné zajímkování koryta nasazenými dvojitými jímkami ze štětových stěn.

Tímto překonáním řeky začala stavba IV. úseku metra C.

2 tubusy metra, které byly směrem od Holešovic v lehkém oblouku doprava, byly navrženy jako uzavřená železobetonová komora vnějších rozměrů 6,50 x 6,42 m se stěnami a deskami tloušťky 0,70, resp. 0,72 m. Celková délka vysouvaného tubusu v pravé koleji je 168,0 m.

Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra v úseku IV. C1 pod Vltavou. 2001(4). Dostupné z: zakladani.cz
Ing. Zbyněk Knap, Tunel: Hydraulické aspekty křížení trasy IV. C pražského metra s Vltavou. Praha, 1996(2).

IG průzkum

Inženýrskogeologický průzkum zde proběhl v jiném rozsahu než u běžných staveb. Hlavní bylo zdokumentování dna koryta v místě kde se bude hloubit pracovní rýha. Tento průzkum byl nejdříve zkoušen zmapovat zanořenou olovnicí, to se však neosvědčilo, tak dno zmapovali ručně potápěči.

Zjistil se stav skalního podloží a kvalita těženého kvartérního pokryvu, kterou se uvažovalo následně zasypat naplavení tunely.

Vzhledem k průzkumem avizované mocnosti eluviálně rozložených břidlic 1,0 m byla projektovou dokumentací předepsána minimální hloubka základové spáry 1,5 m pod povrchem skalního podkladu.

Průzkum byl z velké čísti archivním, jelikož se daly použít vrtné dokumentace z rozsáhlých projektů průzkum celého pobřeží Holešovic a ze stavby bývalého Trojského mostu.

Ing. Zbyněk Knap, Tunel: Hydraulické aspekty křížení trasy IV. C pražského metra s Vltavou. Praha, 1996(2).
Ing. Mühl J., Ing. Kyncl J., Malý V., Ing. Vinter M., Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra pod Vltavou v úseku IV. C1 (II.). 2002(4).
Dostupné z: zakladani.cz Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra v úseku IV. C1 pod Vltavou. 2001(4). Dostupné z: zakladani.cz

Zhodnocení IG poměrů v trase

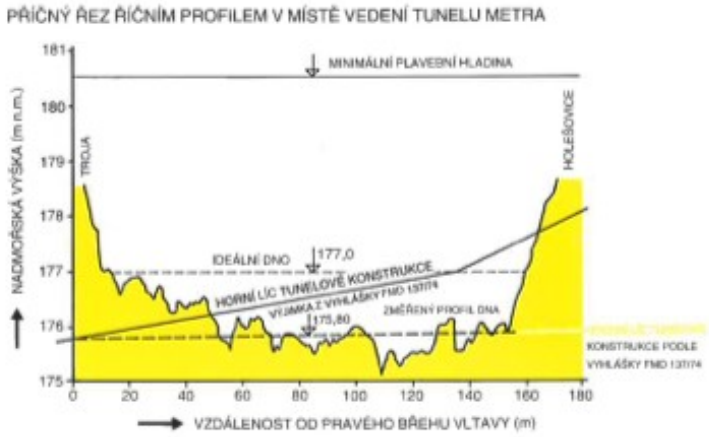
I ve větších hloubkách byly ověřeny horniny tektonicky porušené, prostoupené mnohočetnými všesměrnými plochami nespojitosti.

Terasa Vltavy je tvořena písky, písky se štěrkem až hrubým písčitým štěrkem. V bazální poloze jsou horniny ulehlé se značným obsahem kamenité frakce s balvany křemenců, buližníků a granitů. V břehových partiích jsou v nadloží při povrchu původní údolní nivy uloženy nejmladší povodňové sedimenty, reprezentované jemně písčitými hlínami, hlinitými písky až slídnatými jemnozrnnými písky. Povrch území v břehové části je utvářen poměrně navážkami do 2 m. Souvislá bohatá kvarterní zvodeň je vázána na terasové silně propustné sedimenty a přímo souvisí se stavem vody ve Vltavě. Normální stav vltavské vody se pohybuje kolem kóty 180,15 m n. m., zvednutí hladiny při dvouletém a pětiletém povodňovém stavu vody lze očekávat o 1–2 m.

V těsném sousedství řeky není podzemní voda výrazně agresivní vůči betonovým konstrukcím. Zářez metra byl hlouben průměrně 7,5 m a maximálně 10 m.

U agresivity vody lze, na základě znalosti podloží, minimálně předpokládat malou síranovou agresivitu.

Inženýrskogeologický podélný profil stavby je uveden v příloze 4.



geografický profil řečiště – Ing. Zbyněk Knap, Tunel: Hydraulické aspekty křížení trasy IV. C pražského metra s Vltavou. Praha, 1996(2).

Ing. Mühl J., Ing. Kyncl J., Malý V., Ing. Vinter M., Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra pod Vltavou v úseku IV. C1 (II.). 2002(4). Dostupné z: zakladani.cz
Ing. Zbyněk Knap, Tunel: Hydraulické aspekty křížení trasy IV. C pražského metra s Vltavou. Praha, 1996(2).

Technologie ražby

Immersed tube tunnel (ITT) v překladu naplavené tunelové tubusy používané zejména pro mělké a krátké příčné podcházení řek a kanálů. Jde o levnou metodu a šetrnou k životnímu prostředí, která však musí být precizně realizována.

Prvním tunelem zkonstruovaným technologií ITT byl v roce 1910 v Mitchigenu přes řeku Detroit. Technologii ITT pro tento účel vymyslel americký inženýr W. J. Wilgus v roce 1903. Od té doby bylo po světě vybudováno přes 150 naplavovaných tunelů a dnes x s dělají výzkumy pro rozšířené možnosti této technologie co se týče velikosti tunelu, hloubky tunelu pod vodou a vzdálenosti.

Základní princip spočívá v sestavení tunelového tubusu v suché stavební jámě–stavebním doku, a následného naplavení díky hydrostatickému tlaku vody do připravené, kde se případně jednotlivé segmenty tubusu spojí v jeden tunel. Na správné zanoření tubusu je pouze jeden pokus, ve chvíli, kdy by se začal špatně zanořovat, nebylo by možné ho znovu nadzvednout a plavit po vodě. V korytě řeky se vyhloubí příčná rýha, do které Je však důležité, aby naplavovaný tubus byl příčně i podélně vyvážený.

Naplavovaný tunel mezi Trójí a Holešovicemi byl realizován několika společnostmi – předně to byl Metrostav, který měl na starosti zejména naplavování tubusu. Subterra stavěla a vystrojovala tubusy tunelů a Speciální zakládání staveb zajištovalo veškeré zemní práce při hloubení a pažení suchého doku, tak rýhy napříč korytem. Tento projekt ve svém časopisu Zakládání Staveb společnost popsala, jako jejich nejnáročnější dosavadní projekt. Nejdříve se vytvořil suchý dok, který byl konstruován milánskými stěnami (600 mm) a během hloubení kotven až ve 3 úrovních předpínanými pramencovými kotvami. Asi 300 m dlouhý dok byl vyhlouben na trojském břehu v místě zamýšlení stanice Trója, která nakonec z finančních a technických (velký sklon tratě) důvodů byla vynechána. Dok byl od řeky oddělen štětovými stěnami zapuštěnými do ordovického podloží. Byl projektován tak, aby pracoviště ochraňovala při dvouletém povodňovém průtoku v řece. Maximální hloubka dosahuje 13,5 m pod hladinu.

Následně byl v doku postaven tubus prvního tunelu, betonovaný v posuvném bednění ve čtrnácti dílech délek 12,0 m. posléze na stranách uzavřel ocelovými víky a vystrojil vyvažovacími nádržemi.

„Během těchto prací také probíhala těžba rýhy napříč korytem. Těžba zde probíhala bagry z pontonů. Zářez byl vyhloubený o šířce v patě 12,0 m se svahováním 1:2 v břidlicích a 1:2,5 ve štěrkopíscích. Maximální hloubka výkopu pod normální hladinou v řece (180,15 m n. m., průměrná hloubka řeky 4,0 m) je 12,4 m, mocnost těžby ve štěrkopíscích dosahovala až 7,5 m pod dno řeky, zahloubení v prostoru nivelety zasahovalo pod povrch skalního podloží. Zemní práce v řečišti reprezentovaly v této první etapě vytěžení 25 200 m^3 štěrkopísků a 12 300 m^3 břidlic.“ *(Podchod trasy metra v úseku IV. C1 pod Vltavou. 2001(4))*

Následně pro možné detailní řízení naplavovaného tubusu v tomto případě tubus byl opatřen vodorovným a svislým závěsným systémem ocelových lan. Svislý závěsný systém byl pouze v přední části a sloužil pro přesné usazení do rýhy. Závěs byl fixován cca 56 m od čela tubusu na pontonech, zadní čelo bylo opatřeno podporami, na nichž byl tubus v této zadní části přizvednut a tažen v suchém doku po vysouvací dráze vymezené směrovými úhelníky osazenými na podélných základových pasech.

Tubus byl po naplavení usazen na základové patky v celé jeho délce, které v definitivním stádiu tvořily plošný základ na zvětralé až navětralé břidlice. Bloky základových patek

byly betonovány gravitačně z hladiny řeky s mírnou podporou čerpadlem do tvarovaných pytlů zhotovených z geotextilie, které byly na dně řeky umístěny potápěči.

Tubus byl kotven a utěsněn tyčovými mikropilotami osazenými v každé pracovní spáře tunelu. Pro provedení mikropilot jsou v pracovních spárách tubusu osazeny průchodky z ocelových trub. Přes ně jsou prováděny vrty o průměru 145 mm. Do cementové zálivky se osazují plnoprofilové mikropiloty průměru 130 mm (maximální plastická rezerva únosnosti profilu).

Po usazení pravého tubusu byl vyráběn levý tubus v suchém doku a současně byla těžena rýha pro levý tubus. Tubus byl vyráběn stejnou technologií i směsí. Těžené prostředí v zářezu vlivem kotvení pravého tubusu bylo různě zpevněné.

Po zasypání obou tubusů vytěženými fluviálními náplavami s mocností nad stropem tunelů 0,5–2 m. následně byly tubusy konečně stabilizovány výplňovou injektáži.

DOC. Ing. Jan L. Vítek, CSc., Tunel: podchod tunelů metra pod Vltavou – realizace výsuvu. Praha, 2002(1).
KUŇÁK, Ing. Josef a Ing. Jiří RŮŽIČKA. Stavební konstrukce: Metro IV. C-informace o trase, 3. Dostupné z: betontks.cz
COWI NORTH AMERICA-ENGINEERING: Immersed Tube Tunnels Reach New Depths Around the World. 2016. Dostupné z: cowiengineering.com
Ing. Zbyněk Knap, Tunel: Hydraulické aspekty křížení trasy IV. C pražského metra s Vltavou. Praha, 1996(2).
IMMERSED TUNNELS. Dostupné z: wsp.com
DOC. Ing. Jan L. Vítek, CSc., Tunel: podchod tunelů metra pod Vltavou – realizace výsuvu. Praha, 2002(1).
Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra v úseku IV. C1 pod Vltavou. 2001(4). Dostupné z: zakladani.cz
Ing. Mühl J., Ing. Kyncl J., Malý V., Ing. Vinter M., Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra pod Vltavou v úseku IV. C1 (II.). 2002(4). Dostupné z: zakladani.cz

Speciální opatření

Při mapování dna se nejdříve zkoušelo nejdřív zmapovat terén olovnicí, nakonec ho ručně změřili potápěči.

Betonové základové patky se pod vodou betonovaly ve vacích z geotextextlie s použitím betonu třídy C20/25 s příměsí plastifikátorů. Pro speciálně navrženou směs pro betonáž pod vodou s cílem dosažení pevnosti 1,0 MPa po deseti hodinách (10,0 MPa po čtyřiadvaceti hodinách) od uložení, byla použita polypropylenová vlákna, urychlovače a plastifikátory. Zároveň proběhly zkoušky betonování ve vaku nejdříve „na sucho“ a pak nanečisto v řečišti.

Během stabilizování nasazeného tubusu na tyto základové patky v zářezu ve Vltavě, bylo nutno čelit vztlaku vody, způsobovanému jejich přetlakovým plněním. Pro přetlak plnění nutný pro aktivaci patek vyl požit tlak betonové směsi a po délce zatahovaného tunelu navrženy tři kotevní brány–ocelové příčníky na stropní desce tunelu, kotvené vždy na obou stranách prostřednictvím páru tyčových kotev CPS32 do skalního podloží. Kotvy byly instalovány v předstihu před vlastním zatahováním.

Po zkušenosti s pokládáním pravého tubusu se u levého nepoužily základové patky betonovaných v ve vacích z geotextílie, ale použilo se 6 geotextilních matrací (plněné stejnou směsí), jako základové prahy. Vaky se ukázali nepraktické zejména svou velikostí, ze zkušenosti 60 cm vysoké vaky se při plnění začaly bortit už při 40 cm, proto se pak začaly skládat vždy 2 na sebe což bylo příliš komplikované. Dalšími nežádoucími vlivy bylo možné protržení vaku nebo problém odhadu tlaku ve vaku.

Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra v úseku IV. C1 pod Vltavou. 2001(4). Dostupné z: zakladani.cz

Ing. Mühl J., Ing. Kyncl J., Malý V., Ing. Vinter M., Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra pod Vltavou v úseku IV. C1 (II.). 2002(4). Dostupné z: zakladani.cz

Celkové zhodnocení ražby

Tato technologicky náročná stavba byla velice dobře technicky přiopravena, díky tomu se během prací nestalo mnoho problémů.

Ze zkušeností z pokládání pravého tubusu změnili technologii betonování patek při pokládání levého, kde se místo vaků použili geotextílivé matrace.

Podrobně naprojektována usazování tubusů byla dost detailní, i těžená rýha měla naprojektovány odchylky pro šířku zářezu 10 cm na obě strany. Všechny tyto úkony proběhly bez problému.

Na základě zkušenosti z dotvarování svahů zářezu pro uložení tubusu, byla tento způsob těžby také poupraven.

Geometrie tubusů byla také složitá. Nejen, že tubusy byly lehce do levého oblouku ve směru od Holešovic. V tomto směru se také svažují 39,5 promile a sbíhají se. U břehu Tróje, jsou tubusy od sebe 1,5 m, což vyžadovalo velice citlivou práci.

V jednu chvíli celý postup prací změnily během několika dní srpnové povodně, které se všech stavebních objektů na podchodu řeky Vltavy a v jejím těsném sousedství. Obě břehové jímky byly zatopeny a zařízení staveniště bylo nutno v možném rozsahu evakuovat.

Na holešovickém břehu byla ve stavební jámě navazující na stanici „Nádraží Holešovice“ nainstalována hradidla a těsnění jako ochrana proti stoleté vodě; ta však byla bohužel překonána, a i zde došlo k zatopení.

Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra v úseku IV. C1 pod Vltavou. 2001(4). Dostupné z: zakladani.cz
Ing. Mühl J., Ing. Kyncl J., Malý V., Ing. Vinter M., Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra pod Vltavou v úseku IV. C1 (II.). 2002(4). Dostupné z: zakladani.cz

4. 2. Podchod řečiště v rámci stavby tunelového komplexu Blanka

Tunelový komplex Blanka je bez pochyby dosud nejrozsáhlejší silniční podzemní stavbou v ČR. Je součástí severozápadní části městského okruhu mezi mimoúrovňovými křižovatkami Malovanka a Pelc-Tyrolka v délce 2,24 km. Komplex byl rozdělen do na sebe navazujících úseků: Brusnický tunel, Dejvický tunel a Bubenečský tunel. Bubenečský tunel vede od severního portálu strahovského tunelu do místa křižovatky Prašný most, kde se začíná úsek Dejvice. Úsek Dejvice pokračuje ulicí Milady Horákové a končí křižovatkou U Vorlíků na Letné. Zde začíná poslední úsek Brusnický tunel vedoucí z Letné přes Stromovku, Jihovýchodním cípem Císařského ostrova a pod Vltavou. Brusnický tunel končí portálem u Trojského mostu.

Situační mapka: Časopis Stavebnictví: Tunelový komplex Blanka, největší podzemní stavba v ČR.2007(5).

Podcházení Stromovky a Vltavy byl složitý úkol a také se neobešel bez značných komplikací. Tunel Blanka zde vede poměrně mělce pod terénem. Ve srovnání s předešlými 3 raženými úseky dopravních tunelů (metro A, C a B) šlo o největší dosažený profil výrubu pod Vltavou (120 m^2). Minimální nadloží pod dnem Vltavy je 14,5 m.

PUDIS a.s: Městský okruh Myslbekova-Pec Tyrolka: Podrobný geotechnický průzkum-závěrečná zpráva. 2006.

Tunel: Tunelový komplex Blanka – souhrn stavebních prací. 2015(2). ISSN 1211–0728
Časopis Stavebnictví: Tunelový komplex Blanka, největší podzemní stavba v ČR.2007(5).
HUSARIK, Ing. Jiří, Ing. Jana KLASOVÁ a Ing. Jan VANDROVEC. Stavba ev. č. 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka, Špelc – část TROJA. 2012. Dostupné z: silnice-zeleznice.cz

IG průzkum

Inženýrskogeologické poměry byly v přípravě zájmové části projektu zjišťovány v několika etapách. V rámci orientačního inženýrskogeologického průzkumu nebyly přímo v řečišti Vltavy hloubeny žádné vrty, pouze na císařském ostrově a na druhém břehu až za pracovní suchou jímkou. Během této etapy a zkušeností z realizace tunelu Mrázovka, byla zřejmá potřeba podrobný inženýrskogeologický průzkum zpracovat velice detailně, proto byla pod korytem Vltavy v trase stavby navržena a vyražena průzkumná štola. Na základě tohoto průzkumu byly zjištěny detailní geotechnické hydrogeologické i inženýrskogeologické podmínky, na které bylo reagováno speciálními úpravami projektu. V rámci II etapy IG průzkumu, kdy byla vyražena průzkumná štola procházejícím podle projektu přístropní částí jižního tunelu.

Během ražby štoly byl kontinuálně popisován těžený materiál a detailně byly popsány 2 čelby. 1. Přibližně v půlce podcházení řečiště a 2. ve Vltavu u jejího břehu s Císařským ostrovem pro přesné určení geotechnických podmínek a velikostí možných přítoků do díla pomocí vždy jednoho předvrtu. Mimo 2 čeleb popsaných společností PUDIS a.s., byly průběžně během ražby zájmové části štoly uděláno dalších 5 předvrtů pro jištění přítoků v průběhu celého díla. Štola byla ražena technologií NRTM a díky podrobnému průzkumu horninového masivu, byly definovány technologické třídy NRTM pro ražbu tunelů. Pro zabezpečení ražby štoly byla přibližně dvou třetinách podcházení řečiště prováděny sanační injektáže.

Pro zatřídění byla posuzována pevnost horniny v kontextu s její strukturou a texturou, vliv povrch nespojitosti v hornině a vlastnosti puklin, vliv výplně puklin, vliv podzemní vody, způsob přetváření horniny, rozměr nadvýlmů a mocnost horninové klenby nad vzniknuvším dílem.

V průběhu projektování tunelu, u záhybu Vltavy jižně od Císařského ostrova, bylo při zemích pracech zjištěno původní koryto řeky zahloubené ve skalním podkladu. Dle interpretace Q. Záruby z roku 1948 bylo koryto posunuto cca 300 m severně, zmenšil se „úhel

ohybu". Podle interpretace Ing. J. Novotného bylo zjištěno, že původní koryto je od dnešního koryta Vltavy ještě o něco je dál, než jej nakreslil Q. Záruba. Z jeho interpretace je už tak znatelný cca 300 m. Quido Záruba sám ve své práci uvádí důkazy o průběhu původního koryta a udává místa, kde důkazy neměl.

PUDIS a.s: Městský okruh Myslbekova-Pec Tyrolka: Podrobný geotechnický průzkum-závěrečná zpráva. 2006.
Tunel: Tunelový komplex Blanka – souhrn stavebních prací. 2015(2). ISSN 1211–0728.

Zhodnocení IG poměrů v trase

Celý zájmový úsek tunelu byl ražen ve tmavých jílovito-prachových břidlicích a řevnických křemencích dobrotivského souvrství.

První dokumentovaný výrub u Císařského ostrova byl popsán jako zdravé tmavošedé písčité břidlice, které jsou deskovitě až lavicovitě uložené. Hustota diskontinuit je zde střední až malá a třída byla určena R3. Z předvrtu byl zjištěn přítok cca 0,3 l/s.

Z druhé čelby byla zřejmá facie řevnických křemenců. Křemenný pískovec až šedý jemnozrnný křemenec s rezavými povlaky Fe oxidů na puklinách. Tento horninový sled je zdravý až slavě navětralý třídy R2–R3. Místy se objevují vložky černé písčité břidlice s malou až střední rozpukaností. Z jádrového předvrtu byl zjištěn přítok 0,2 l/s.

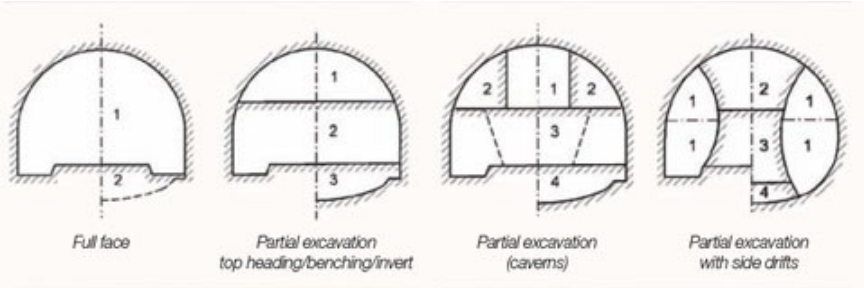
Fluviální sedimenty Vltavy jsou zde tvořeny nižší akumulací údolní terasy tvořící zejména písky s příměsí jemnozrnné zeminy, valouny a štěrkopísky. Mocnost terasy se pohybuje mezi 2–5 m.

Inženýrskogeologický podélný profil stavby je přiložen v příloze 5.

PUDIS a.s: Městský okruh Myslbekova-Pec Tyrolka: Podrobný geotechnický průzkum-závěrečná zpráva. 2006.
Časopis Stavebnictví: Realizace tunelového komplexu Blanka [online]. Praha, 2008(9).
KOVANDA, Jiří a V HAVLÍČEK. 1. Neživá příroda Prahy a jejího okolí: Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001

Technologie ražby

Ražba proběhla novou rakouskou tunelovací metodou NRTM, která byla vynalezena mezi roky 1957 a 1965. Její základní idea je využitím systému kleneb ve výrubu tunelu stabilizovat vznikající primární napětí, a tak tuto problematickou sílu přenést na okolní horninový masiv.



Systém postupování výrubu, (New Austrian Tunneling Method)

Výhoda této metody je, že není třeba tak masivní primární ostění, které by bez tohoto systému klenutých vzpěr, bylo nutné mít velice pevné kvůli velkému prvotnímu geologickému napětí, které na výrub působí. Jako primární ostění je tak dostačující vrstva stříkaného betonu v kombinaci s vyztužením z vláken nebo svařovaných drátů, ocelovými oblouky (obvykle nosníky).

Metodika postupování tunelovacích prací je postupný výkop a podepírání. Postup jednotlivých segmentů je různý – závislý na geotechnických parametrech horninového masivu a dalších fyzikálních sil a momentů na něj působících.

Railsystem: New Austrian Tunneling Method (NATM).2015. Dostupné z: railsystem.net
Understanding the New Austrian Tunnel Method (NATM) [online]. 2008 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: tunnelingonline.com

Speciální opatření

Speciálním opatřením byla v první řadě průzkumná štola, díky které byly detailně zdokumentované inženýrskogeologické a geotechnické podmínky.

V trase bylo uděláno 23 cm dlouhých 7 předvrtů, ze kterých byly zjištěny přítoky 2–3 l/s.

Na Císařském ostrově byla vybudována úniková kruhová šachta o světlém průměru 3,24 m. Druhým únikovým východem byl velkoprofilový vrt (1,02 m) konstruovaný za plavebním kanálem před Stromovkou. Horní klenba tunelu pod skoro celým podcházení koryta řeky byla zpevněna tryskovou injektáží.

Tunel: Tunelový komplex Blanka – souhrn stavebních prací. 2015(2). ISSN 1211–0728.

PUDIS a.s: Městský okruh Myslbekova-Pec Tyrolka: Podrobný geotechnický průzkum-závěrečná zpráva. 2006.

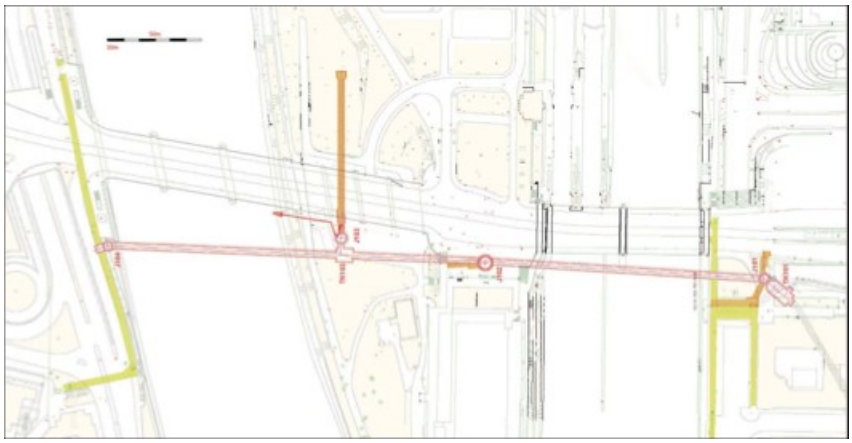
Celkové zhodnocení ražby

Realizace pod Vlavou proběhla bez větších komplikací, a to dýky detailnímu inženýrsko-geologickému a geotechnickému průzkumu a všech opatření, které průzkum přinesl. Největší problém se stal během ražby průzkumné štoly. V srpnu 2002 Prahu zastihla povodně, která odpovídala 500leté vodě. Celé staveniště nylo zatopeno. Naštěstí se však nikomu nic nestalo, Jelikož na něm zrovna nikdo nebyl. Bylo však nutné práce pozastavit a po velké vodě staveniště vyčistit a uvést zpět do chodu.

Dokumentace průzkumné štoly pod úseku tunelu pod Vltavou byla použita pro IG průzkum stavby kolektoru Hlávkův most.

4. 3. Kolektor Hlávkův most

Na základě rozhodnutí o rekonstrukci Hlávkova mostu spojující Florenc (Tišnov) a Holešovice, který je již dlouhou dobu ve špatném stavu, bylo nutné vybudovat trvalé přemístění inženýrských sítí z tělesa tohoto mostu. To se vyřešilo vybudováním kolektoru Hlávkův most spojující stávající trasu kolektorů na levém i pravém břehu řeky. Stavba (č.8615) lemována Hlávkův most na jeho západní straně, tedy byla vybudována na žádost investora projektu Magistrátu hl. m. Prahy, odbor městského investora.



Situační mapka (časopis Tunel, 4/2017, str. 6)

Jednalo se o poměrně složitou inženýrskou stavbu procházející pod dnem Vltavy relativně pestrými geologickými podmínkami. Zároveň na těšnovské straně byl podcházen těšnovský silniční tunel. Kolektor Hlávkův Most je zatím prvním kolektorem podcházejícím Vltavu.

Kolektor II kategorie (viz. kapitola 3.2.) byl ražen novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Výrub byl zajištěn příhradovými rámy a stříkaným betonem (C25/30–XC2) s KARI sítěmi (výztuž B500B).

Technologie ražby NRTM je podrobně popsána ve zhodnocení tunelu Blanka, a bylo vyraženo 414 m vybavené přibližně v druhé třetině Štvanice ve směru ražby– Těšnov–Holešovice technickou komorou o ploše výrubu 73,3 m^2 ve spádu 1 % ve směru projektu. Příčný profil štoly kolektorové trasy je oválný s protiklenbou. Šířka výrubu je 4,5 m a výška 5,94 m. Mocnost skalního nadloží nad kalotou je od 10,2 m na Těšnov, po 15,3 m v Holešovicích. Kolektor má pod Štvanicí technickou komoru. V této komoře se napojuje boční větev kolektoru, která vede příčně pod Hlávkovým mostem a je dlouhá 100 m.

Kolektor hned na jeho začátku (na Florenci) podchází Těšnovský tunelu na druhé straně holešovické těsně podchází a je vyústěn na povrch hned vedle podchodu hlavní silnice západně od Hlávkova mostu.

V průběhu kolektoru jsou 4 přístupové šachty. Krom dvou již zmíněných na obou koncích díla, jsou 2 vybudované na Štvanici. 1. Šachta ve směru ražby je umístěna cca v první třetině ostrova druhá zhruba ve třetí třetině ústící do již zmiňované technické komory, která byla vyražena za pomoci trhacích prací. Rozměry komory jsou délka 10,9 m, výška 9,76 m a šířka 9,01 m^2.

Tunel: Projekt kolektor Hlávkův most. Praha, 2015(2).
Tunel: Kolektor Hlávkův most – zkušenosti po zahájení ražeb. Praha, 2017(4).
Hochtief: Praha, Kolektor Hlávkův most. Dostupné z: hochtief.cz

IG průzkum

Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum z důvodu nepříznivých podmínek (zvýšená hladina vody ve Vltavě), zároveň však blížícím se termínům projektu, byl rozdělen do dvou etap:

1. etapa, představovala podrobný inženýrskogeologický (IG) a hydrogeologický průzkum sloužící k ověření vlivu stavby na režim podzemních vod, přítoků podzemních vod a stanovení průvalového přítoku do díla pro návrh žumpových chodeb a požadavků na kapacitu čerpací stanice. HG průzkum zahrnoval příslušné laboratorní zkoušky a zhotovení 2 průzkumných vrtů ve Vltavě (J-2, J-5) –pro HG zkoušky a zjištění zón zejména zvětrání podloží. Zároveň proběhl geofyzikální průzkum pomocí metody georadar, kde se do průzkumných prací začlenil detailní průzkum reliéfu dna řeky.

2. etapa doplňujícího inženýrskogeologického a hydrogeologického průzkumu byl vyhotovený společností PUDIS a.s.

V rámci této etapy byly vystrojené 2 pozorovací hydrogeologické vrty (PHJ-1, PHJ-4).

Na již připravených vrtech J-1 a J-3 proběhly terénní piezometrické zkoušky a realizoval se další IG vrt ve Vltavě (J-6 u levého holešovického břehu).

V této fázi bylo upřesněno rozhraní vinického a letenského souvrství, byly zjištěné zvýšené mocnosti letenského souvrství a nově zastiženy (20-30 cm) lavice pevných křemenců (flyš). Dále byl posuzován vliv stavby na podzemní vody a její přítoky. Stanovení průvalového přítoku do díla–pro návrh žumpových chodeb a kapacitní požadavky pro čerpací stanici.

PUDIS a.s: Kolektor Hlávkův most, stavba č. 8615: doplňující inženýrskogeologický průzkum – závěrečná zpráva. 2006.
Hochtief: Praha, Kolektor Hlávkův most. Dostupné z: hochtief.cz

Inženýrskogeologické poměry v trase

Stavba prochází horninami letenského, vinického a zahořanského souvrství. Lokalita je tak tvořena jak měkkými břidlicemi vinického souvrství, tak velmi pevnými křemenci souvrství letenského. Geologie je tedy velmi proměnlivá i na těchto 479 m.

V trase od Těšnova do Holešovic kolektor nejdříve prochází slídnatými karbonátovými prachovci zahořanského souvrství s vložkami písčitých prachovců a písčitých vápenců zařazené do souboru flyšoidního střídání drob, pískovců a prachových břidlic (viz. Šárecké souvrství). Pevnost hornin byla v trase kolektoru určena jako třída R2.

Vlastnosti masivu jsou závislé na jeho zvětrání. U zahořanského souvrství je přibližně svrchních 1,3 m silně zvětralých a následných 5 m navětralých.

Vinické souvrství ostře navazuje začátkem Vltavského koryta. Je tvořené černými jílovitými břidlicemi, které jsem v této práci zahrnul do soboru tmavých jílovito-prachových břidlic (viz. kapitola Šárecké souvrství). Tyto horniny jsou dobře rozpojitelné, ale lehce podléhají tektonickému porušení, což je bohužel tento případ kvůli nedalekému procházení Pražského zlomu. V trase kolektoru byly horniny zařazeny do třídy R3 (místy R4 či R2).

Hned za ostrovem Štvanice ve směru navazuje letenské souvrství, které je zde tvořeno typickými prachovitými a písčitými břidlicemi, které jsou tlustě deskovité až lavicovité. IG vlastnosti těchto hornin jsou popsány jako flyšoidní střídání drob, pískovců a prachových břidlic (viz. Šárecké souvrství). Druhou facií jsou zde deskovité až lavicovité řevnické křemence (viz. Dobrotivského souvrství). Křemence jsou málo až středně křehce rozpukané a na kontaktu s břidlicemi deformovány a drceny na střípky s jílovitou výplní. Letenské souvrství tvoří nejpevnější horniny v trase kolektoru a jsou vyhodnoceny jako strojně obtížně rozpojitelné, v této části trasy byly použity trhací práce. Letenské vrstvy zde nejsou tak zvětralé jako zbytek masivu. Letenské vrstvy byl v trase kolektoru posouzeny jako třída R2.

Kvartérní poryv je zde tvořen nejnižší Vltavskou akumulací– mainskou terasou. Mocnost značně kolísá, průměrně mezi 4–7 m. V rámci 2. Etapy IG průzkumu byly tyto akumulace rozděleny do 2 poloh svrchních hrubozrnných písků s mocností 1–2 m a bazálních špatně zrněných štěrků. Silné zvětrání v těchto břidlicích je přibližně 1,2 m a navazující navětralá zóna je 4 m vysoká.

V antropogenu na ostrově a nábřežích převládají špatně zrněný hrubý štěrk se štěrkopískovou příměsí. Průměrná mocnost je kolem 10 m (max.12 m).

Maninská terasa představuje vysoce propustný kolektor, jehož oscilace je závislá na Štvanickém jezu a vody v propustech a kanálech. Předpokládaná vydatnost je 5–15 l/s z jednoho HG vrtu.

Pro vytvoření určitého předpokladu přítoků do raženého díla kolektoru Hlávkova Mostu byla použila průzkumná štola ražená začátkem roku 2006 v rámci průzkumu s použitím hydrogeologického monitoringu pro úsek tunelového komplexu Blanka podcházející Vltavu v Tróji. Inženýrskogeologické a hydrogeologické podmínky podcházení Vltavy tunelem Blanka byly podobné, jako v místě projektovaného kolektoru Hlávkova Mostu.

Z analogie naměřených hodnot byl celkový přítok do díla při délce kolektoru 479 m stanoven průměrný specifický přítok ~ 0, 03 l/s. Zvýšené přítoky byly předpokládány v letenských vrstvách a v tektonických poruchách, kde lokálně mohou dosahovat až 20 l/s**.** Maximální havarijní přítok do díla byl odhadnut až na 50–80 l/s.

Inženýrskogeologický podélný profil stavby je přiložen v příloze 6.

ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy. Praha, 1948.
PUDIS a.s: Kolektor Hlávkův most, stavba č. 8615: doplňující inženýrskogeologický průzkum – závěrečná zpráva. 2006.
KOVANDA, Jiří a V HAVLÍČEK. 1. Neživá příroda Prahy a jejího okolí: Inženýrskogeologické poměry. Praha, 2001

Speciální opatření

Původní navržená niveleta kolektoru byla snížena tak, že bylo dosaženo minimálně 1,5násobku skalního nadloží nad stropem a tím umožněno předpokládané vytvoření přirozené horninové klenby.

Na základě předpokládaných velkých přítoků byly přidány do projektu horizontální předvry a sanace injektáží nebo mikropilotovým deštníkem**.**

Výstavba šachet kolektoru si také vyžádala zabezpečení. Na Štvanici již podle archivních záznamů z raženého úseku pod Vltavou I. Úseku metra C byly známé vemni vydatné přítoky výrazné zvodně ve fluviálních sedimentech. Proto bylo doporučeno zabezpečit převrtávanými pilotovými stěnami.

Na základě proběhlých zkouškách na 4 vzorcích, byla zjištěna slabá agresivita vody v ordovických horninách XA1, z archivních záznamů je známo, že toto podloží mí střední ag-

resivitu XA2. Pro skalní podloží s XA2 bylo navrhnuto použít síranuvzdorný cement V pokryvných útvarech se zjištěnou agresivitou XA1 bylo doporučeno dodržet síranuvzdorný cement.

Kolektor podchází jeden pilíř Hlávkova mostu (1., v plavebním kanálu). Proto tam bylo navržené zdvojení příhradových rámů.

Kolektor je vybaven drenáží DN150 mm v ose tunelu

Celá stavba je ve spádu ve směru projektu a kvůli očekávaným možným velkým přítokům, na konci je vybavena žumpovní jímkou.

PUDIS a.s: Kolektor Hlávkův most, stavba č. 8615: doplňující inženýrskogeologický průzkum – závěrečná zpráva. 2006.
Tunel: Projekt kolektor Hlávkův most. Praha, 2015(2)

Celkové zhodnocení ražby

Ražba kolektoru proběhla podle projektované dokumentace technologií NRTM. Nejdříve byly raženy koncové vstupní šachty a šachta na Štvanici s technickou komorou, do které ústí.

Ražba proběhla v rámci 3 technických tříd razitelnosti NRTM. Tyto třídy byly vytvořeny na základně geotechnických zkoušek IG průzkumu zpracovaného společností PUDIS a.s. Technické třídy TT3, TT4 a TT5, se lišily zejména četností použitých svorníků a četností vystrojení příhradových rámů. V TT5 byly použity trhací práce (např. při ražbě technické komory). V některých místech také byla použita tlakovou injektáž.

Při betonáži ostění šachet byla efektivně zrychlena kontinuální betonáží 3 šachet. Spočívala v tažení zavěšené plošiny s bedněním od spodu štoly. Ze štol byly ražené 3 úseky, které se postupně propojily.

Při vystrojování stavby byla nově využita technologie zhotovení železobetonového ostění celé trasy a technických komor pomocí posuvné ocelové formy, což konečně představovalo velkou úsporu času.

Predikované přítoky okolo 0,3 l/s se bohužel nepotvrdily. Přítoky při stavbě byly 5–15 l/s. Naštěstí projekt byl zaopatřen drenáží (DN 15000) a žumpovní jímkou.

PUDIS a.s: Kolektor Hlávkův most, stavba č. 8615: doplňující inženýrskogeologický průzkum – závěrečná zpráva. 2006.
Hochtief: Praha, Kolektor Hlávkův most. Dostupné z: hochtief.cz
Tunel: Kolektor Hlávkův most – zkušenosti po zahájení ražeb. Praha, 2017(4).

5 Závěr

Pod dnem koryta Vltavy v Praze v úseku od Braníku do Tróji, vede v součtu 20 liniových staveb 4 typů. Prvními stavbami byl systém kanalizačních stok, které se začínaly stavět, v té podobě, v jaké jsou dnes, koncem 19. st. Dalšími třemi typy těchto staveb jsou kolektory a kabelové tunely, tunely metra a silniční tunel městského okruhu. Stavby, jako některé stokové shybky (stoka K) nebo druhé podcházení metra C, byly stavěné technologií naplavení stavby do připravené rýhy. Jiné byly kloubené v řízným dně ve vytvořené pracovní jímce a většina jich byla ražená, někdy i za pomoci trhacích prací (kolektor Hlávkův most).

Zejména během ražeb byly v rámci inženýrskogeologických a geotechnických průzkumů speciálně upravované projekty nejčastěji šlo o přehodnocení únosnosti horninové klenby– tyto komplikace byly většinou řešeny tryskovou injektáží (tunel Blanka, kolektor Hlávkův m.), někdy se však používaly i větší úpravy projektu, jako znásobení mocnosti horninové klenby (kolektor Hlávkův most) nebo odlehčovací štola (podcházení Vltavy metra A).

Dalšími častými problémy byly velké přítoky podzemní vody do díla při stavbě. Kvůli tomu se většina větších staveb neobešla bez předvrtů do čelby během ražby. Předvrty v mnoha staveb byly doprovázeny drenážemi a žumpovními jímkami (např. kolektor Hlávkův most.

Tyto všechny nežádoucí vlivy, kterým se běhal prací vždy bylo nutné podřídit, vychází z nepříznivých geologických podmínek, které tvoří vltavské údolí.

Vltava je v Praze zaříznuta napříč tělesem Barrandienu, který je poloskalními až skalními usazeninami ordoviku, svrchního siluru a spodního devonu. Toto prostředí je tvořeno zejména tmavými jílovito-prachovitými břidlicemi, flyšoidního střídání drob, pískovců, vulkanitů a jílovců, křemenců a vápenců s vápennými břidlicemi.

Další problematikou je malá až střední agresivita podzemních puklinových vod v ordovických horninách. V některé ze zmíněných horninových facií navíc obsahují rozmělněný pyrit, který pomáhá vytvářet středně agresivní vody. Problémy s agresivitou vod způsobenou pyritem, se objevují například v tunelu metra A, které prochází vinickými vrstvami.

Podcházení Vltavy v Praze vždy byl nelehký často značně komplikovaný úkol. Já jsem si až během psaní této práce sám uvědomil, jak moc. Během 50 let tunelování v zájmovém území bylo použito a vymyšleno spoustu speciálních úprav a přizpůsobení se projektům.

6 Literatura

ZÁRUBA, Quido. Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy: 1948.

Praha, KOVANDA, Jiří a V HAVLÍČEK. 1. Neživá příroda Prahy a jejího okolí. Praha, 20011948.

CHLUPÁČ, Ivo. *Geology of the Barrandien: A trip guide*. ISBN 3-7829--1126- 1.

Doc. RNDR ŠTELCL Jindřich CSc a RNDr. Václav VÁVRA, Ph.D. Barrandien. Dostupné z: pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz

HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 M–33 - XXI. Praha, 1963.

HORNÝ, Radvan, V HAVLÍČEK, Ivo CHLUPÁČ, et al. Geologická mapa ČSSR 1 :1: 200 000: M–33 - XV, Praha.

Stratigrafie: ORDOVIK, Dostupné z: barrandien.wz.cz

Natura Bohemica: Pražský zlom. Dostupné z: naturabohemica.cz

JANEČKA, Jiří a Rostislav MELICHAR. Tachlovický zlom, dobře zdokumentovaný násun v barrandienu. Breiter K. ed. In Sborník abstrakt a exkurzní průvodce. 2. sjezd České geologické společnosti Slavonice 19.22. října 2005. Praha: Česká geologická společnost, 2005. s. 55. ISBN 80-7075-653-5.

BARTÁK, Jiří, M GRAMBIČKA a J RŮŽIČKA. Podzemní stavitelství v České republice. 2007. Holešovický přístav. Dostupné z: wikiwand.com

KO-KA: OPRAVA SHYBKY KMENOVÉ STOKY „K“. Dostupné z: ko-ka.cz

MOUČKA, Ing. Š. a Ing. J. ŘEHOŘ. Rekonstrukce nátoku Staroměstské shybky: Technická zpráva. Praha, 2013.

MOUČKA, Ing. Š. a Ing. J. ŘEHOŘ. Rekonstrukce nátoku shybky „K“: Technická zpráva. Praha, 2012.

Podzemní dílo: Historie pražského stokování. Praha.

Podívejte se na první kanál pod Vltavou. Stavěl se ještě za císařpána. Praha, 2014. Dostupné z: metro.cz

CIHLA, Michal. Zpráva o stavbě Karlova mostu. Praha:2016.

Museum Karlova mostu. Praha. muzeumkarlovamostu.cz

Královské dílo. Praha

Pražské kanalizace a vodovody: Historický vývoj pražského stokování a čištění odpadních vod. Dostupné z: pvk.cz

Lukáš Hrábek. Podívejte se na první kanál pod Vltavou. Stavěl se ještě za císařpána. Praha, 2014. Dostupné z: metro.cz

Hochtief: Praha, Kolektor Hlávkův most. Dostupné z: hochtief.cz

ČSN P 73 7505 (737505): Kolektory a ostatní sdružené trasy vedení inženýrských sítí.

Thermal and tectonic history of the Barrandian Lower Paleozoic, Czech Republic: Is there a fission-track evidence for Carboniferous-Permian overburden and pre-Westphalian alpinotype thrusting. 2004 Dostupné z: geology.cz

Časopis Stavebnictví: Energetické tunely pod Vltavou. 2007(5).

Kolektory Praha a. s.: COLLECTORS of main city Prague. 2014.

iDnes: Když se stavaři poprvé odvážili pod Vltavu, 70 metrů tunelu trvalo měsíc. Dostupné z: idnes.cz

Wikipedia: Prague Metro. Dostupné z: en.wikipedia.org

Dopravní web: Metro. Dostupné z: dopravni.net

Ing. Arch. Evžen Kyllar, Tunel 2/96: Architektura tunelových staveb pražského metra. Praha, 2001(2).

Jiří Hudek, Tunel: Zjištění napjatosti horninového masivu metodou odlehčení štolou pro první podtunelování řeky Vltavy metrem v roce 1973. Praha, 2016(1).

COWI NORTH AMERICA-ENGINEERING: Immersed Tube Tunnels Reach New Depths Around the World. 2016. Dostupné z: cowiengineering.com

Ing. Zbyněk Knap, Tunel: Hydraulické aspekty křížení trasy IV. C pražského metra s Vltavou. Praha, 1996(2).

IMMERSED TUNNELS. Dostupné z: wsp.com

DOC. Ing. Jan L. Vítek, CSc., Tunel: podchod tunelů metra pod Vltavou – realizace výsuvu. Praha, 2002(1).

KUŇÁK, Ing. Josef a Ing. Jiří RŮŽIČKA. Stavební konstrukce: Metro IV. C-informace o trase, 3. Dostupné z: betontks.cz

Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra v úseku IV. C1 pod Vltavou. 2001(4). Dostupné z: zakladani.cz

Ing. Mühl J., Ing. Kyncl J., Malý V., Ing. Vinter M., Časopis Zakládání staveb a.s.: Podchod trasy metra pod Vltavou v úseku IV. C1 (II.). 2002(4).

PUDIS a.s: Městský okruh Myslbekova-Pec Tyrolka: Podrobný geotechnický průzkum-závěrečná zpráva. 2006.

Časopis Stavebnictví: Tunelový komplex Blanka, největší podzemní stavba v ČR.2007(5).

Časopis Stavebnictví: Realizace tunelového komplexu Blanka. Praha, 2008(9).

Tunel: Tunelový komplex Blanka – souhrn stavebních prací. 2015, 2015(2). ISSN 1211 – 0728.

Railsystem: New Austrian Tunneling Method (NATM).2015. Dostupné z: railsystem.net

HUSARIK, Ing. Jiří, Ing. Jana KLASOVÁ a Ing. Jan VANDROVEC. *Stavba ev. č. 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka, Špelc – část TROJA*. 2012. Dostupné z: silnice-zeleznice.cz

PUDIS a.s: Kolektor Hlávkův most, stavba č. 8615: doplňující inženýrskogeologický průzkum – závěrečná zpráva. 2006.

Tunel: Kolektor Hlávkův most – zkušenosti po zahájení ražeb. Praha, 2017(4).

Tunel: Projekt kolektor Hlávkův most. Praha, 2015(2)

LINDLEY W H. Hydraulicians in Europe 1800-2000: Volume 2. Dostupné z: books.google.cz

Understanding the New Austrian Tunnel Method (NATM). 2008. Dostupné z: tunnelingonline.com

Základní mapa 1:25 000, Map vodních toků In: Geoportál ČUZK. Dostupné z: geoportal.cuzk.cz

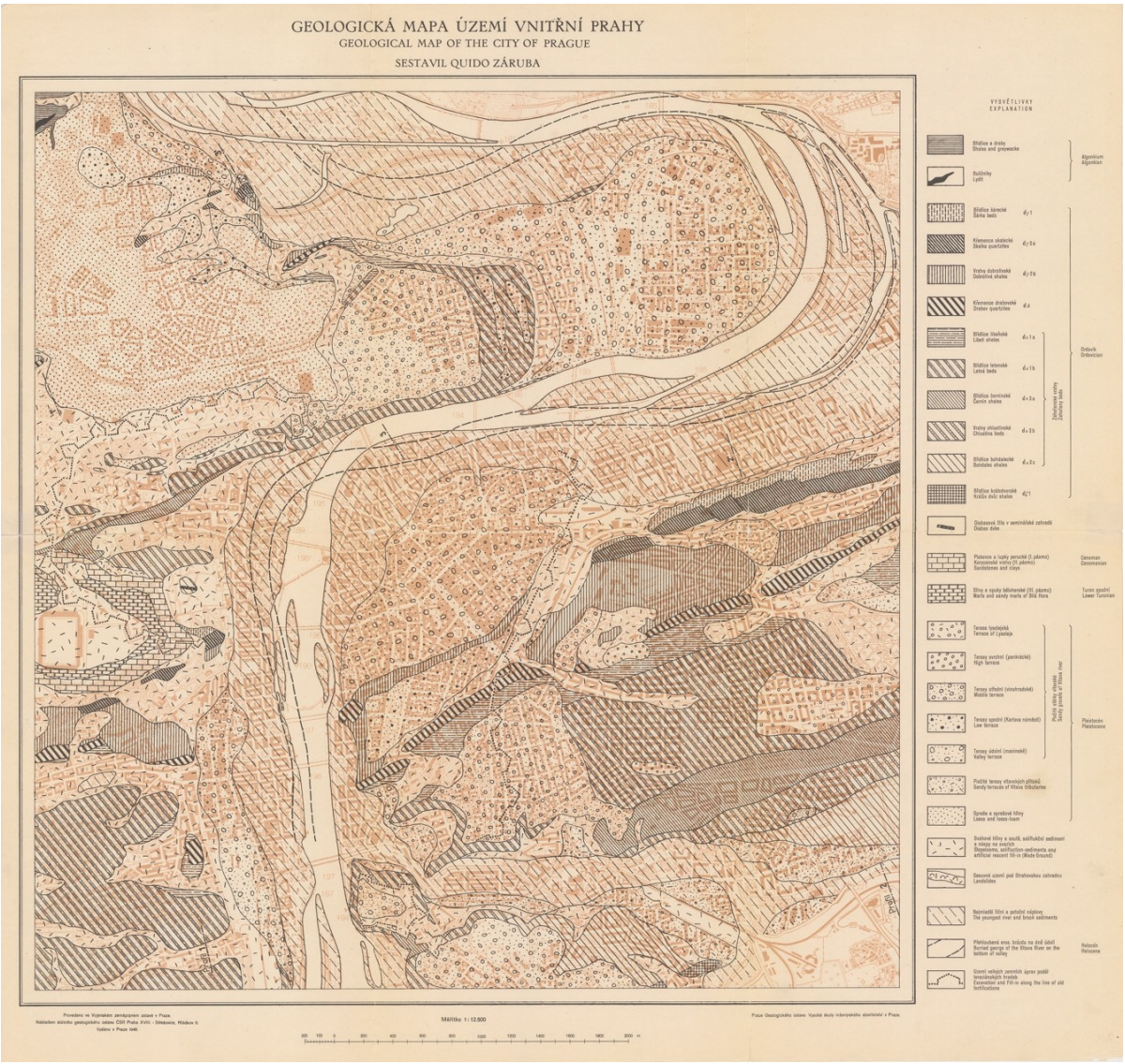
Geologická mapa 1:500 000. In: ČGS. Dostupné z: mapy.geology.cz

7 Přílohy

Součástí této kapitoly je 6 příloh, na které je příhodně odkazováno v textu práce:6

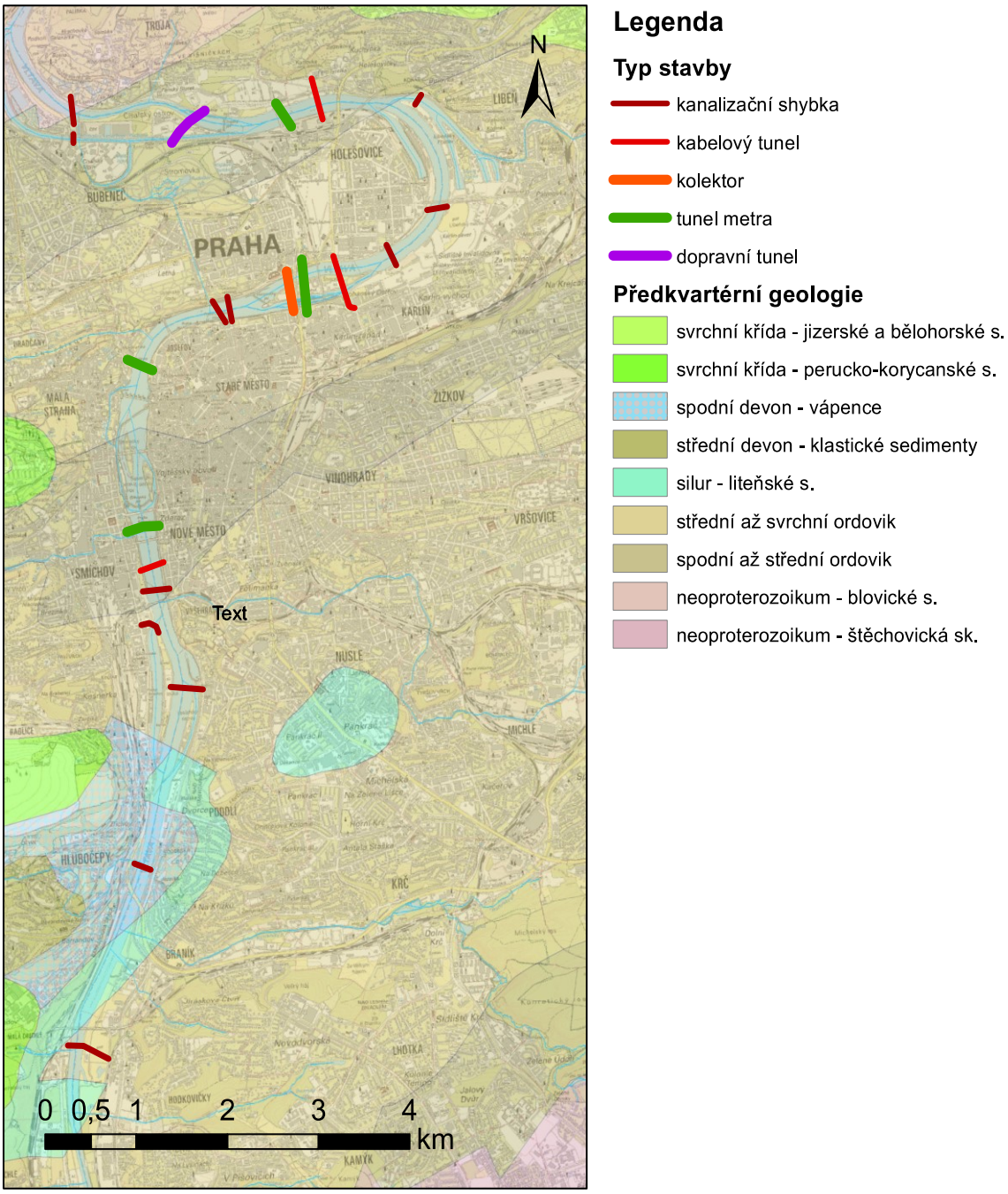
- Příloha č.1: Geologická mapa území vnitřní prahy, Q. Záruba 1948
- Příloha č. 2: Účelová mapa liniových staveb pod Vltavou v Praze
- Příloha č.3: profil shybky stoky K
- Příloha č.4: IG profil, metro C – podchod řečiště Vltavy v úseku Nádraží Holešovice-Kobylisy s legendou
- Příloha č.5: IG profil, podchodu řečiště v rámci stavby tunelového komplexu Blanka s legendou
- Příloha č.6: IG profil, kolektor Hlávkův most s legendou

7.1. Příloha č. 1: Geologická mapa území vnitřní prahy, *Q. Záruba 1948.*



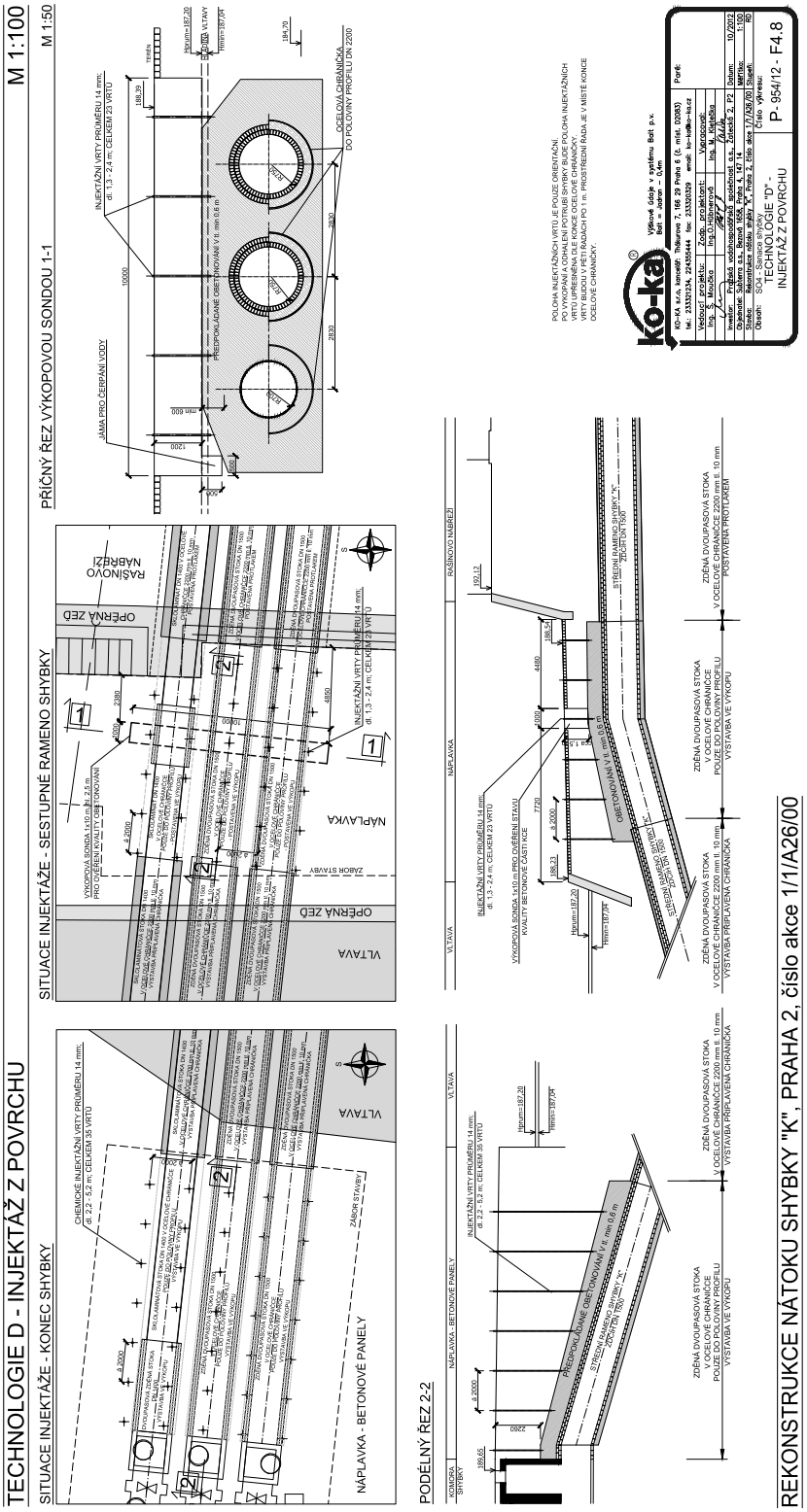
7.2. Příloha č. 2: Účelová mapa liniových staveb pod Vltavou v Praze

V okrajových částech Prahy, které na mapě chybí, nevedou žádné liniové stavby.
Základní mapa 1:25 000, Map vodních toků In: Geoportál ČUZK
Geologická mapa 1:500 000. In: ČGS

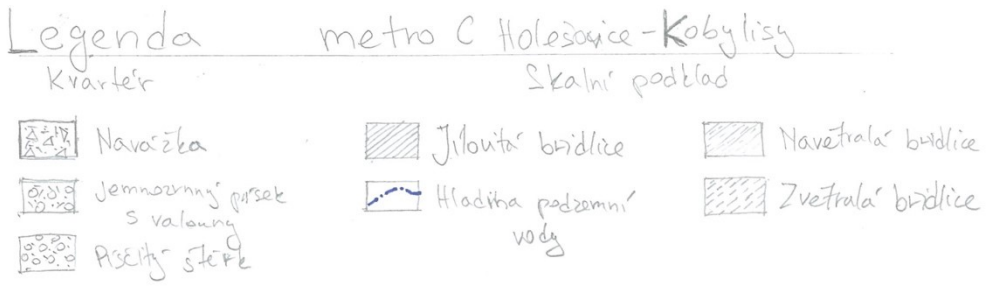


7.3. Příloha č.3: profil shybky stoky K

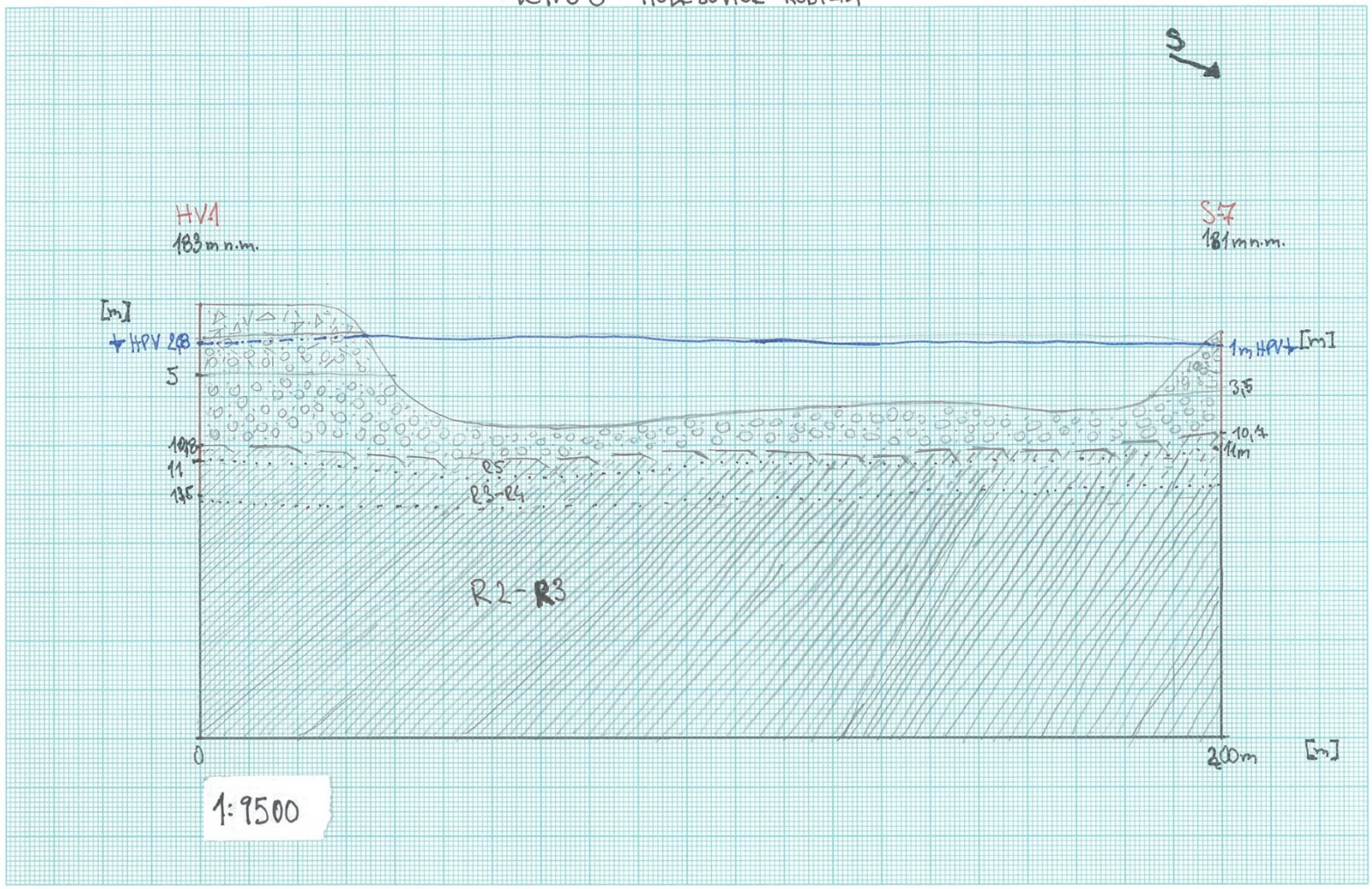
(MOUČKA, Ing. Š. a Ing. J. ŘEHOŘ. Rekonstrukce nátoku shybky „K“)



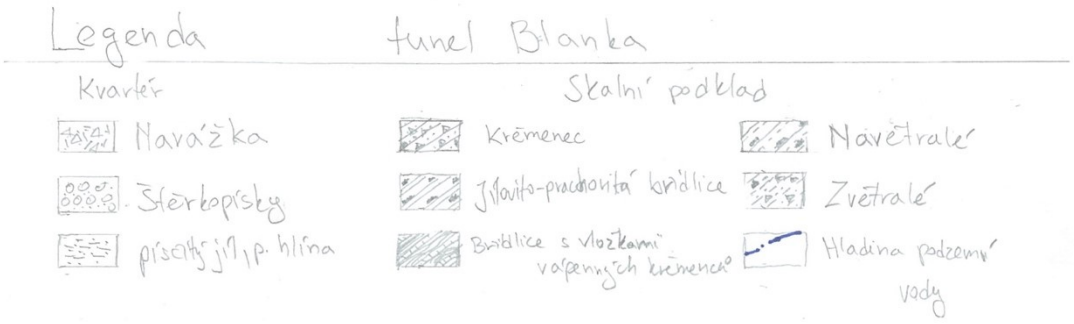
7.4. Příloha č.4: IG profil, metro C – podchod řečiště Vltavy v úseku Nádraží Holešovice-Kobylisy



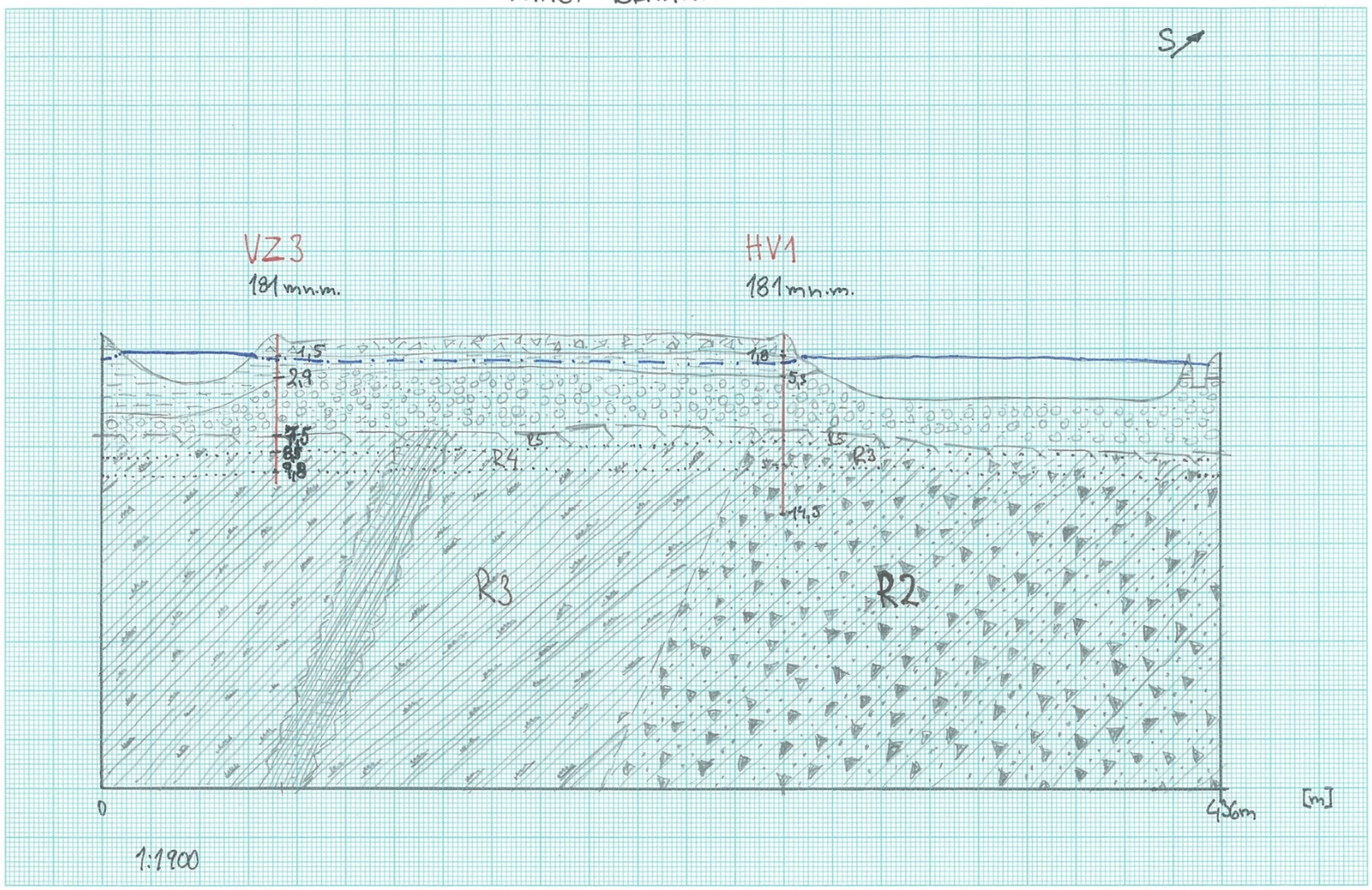
Metro C HOLEŠOVICE- KOBYLISY



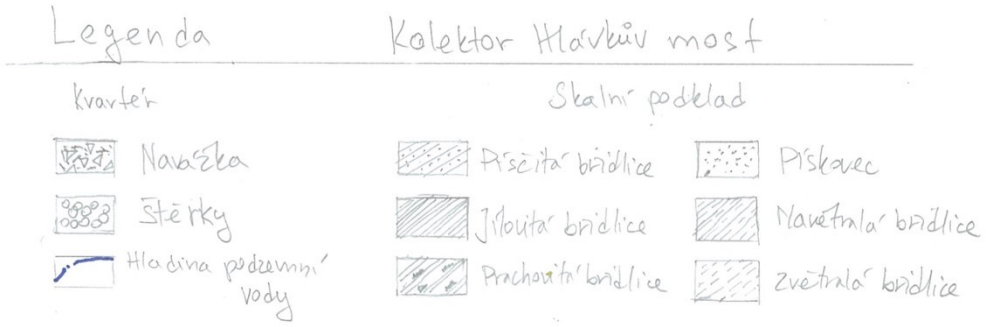
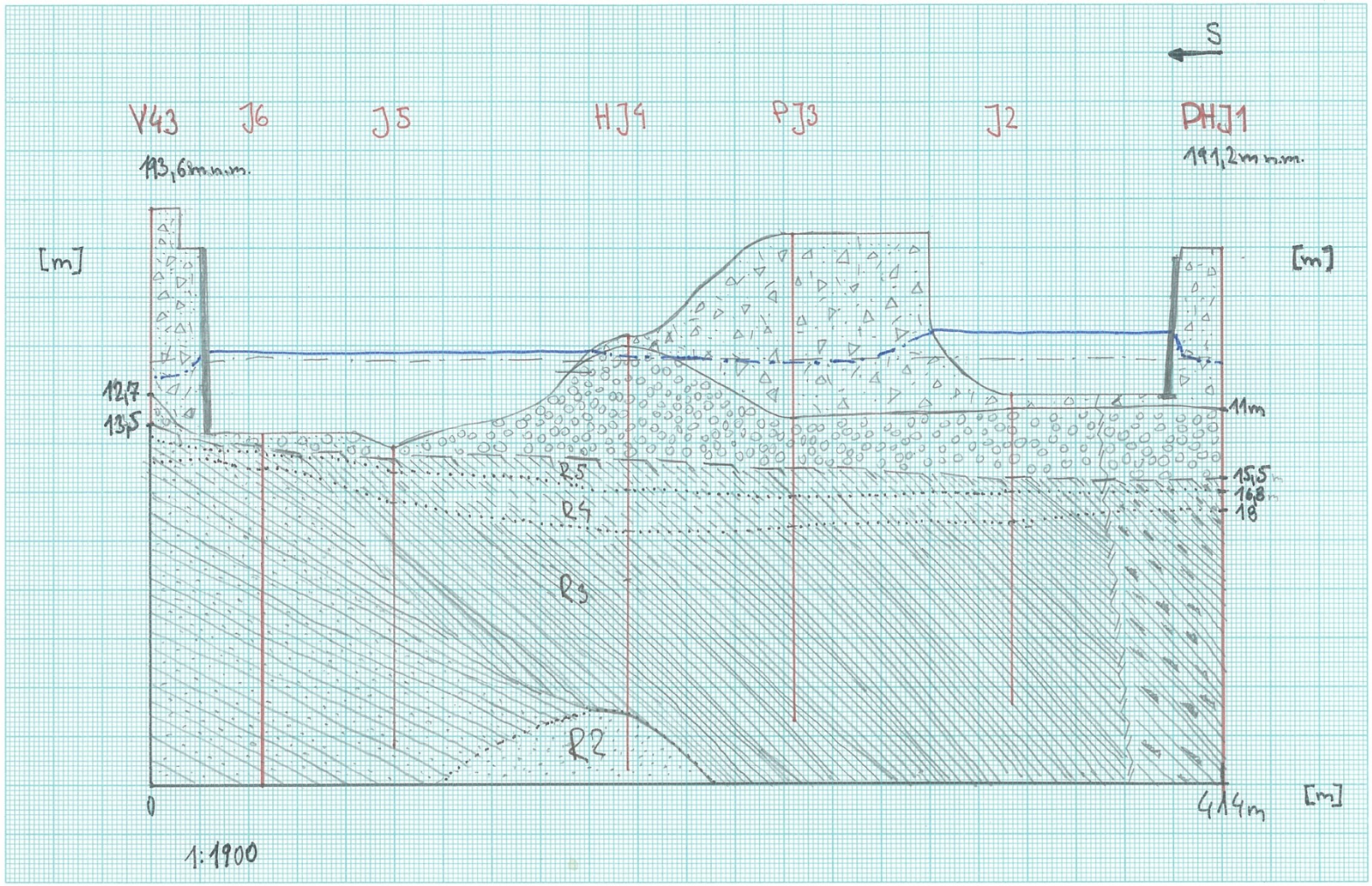
7.5. Příloha č.5: IG profil, podchodu řečiště v rámci stavby tunelového komplexu Blanka



tunel BLANKA



7.6. Příloha č.6: IG profil, kolektor Hlávkův most



Kolektor HLÁVKŮV MOST