

INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM PRO PŘÍPRAVU PROJEKTU VLTAVSKÉ FILHARMONIE V PRAZE

ENGINEERING GEOLOGICAL INVESTIGATION FOR THE PREPARATION OF THE VLTAVA
PHILHARMONIC PROJECT IN PRAGUE

Jiří Tlamsa¹, Tereza Šmejkalová¹, Anna Vojtěchovská¹

¹SG Geotechnika a.s., Geologická 988/4, 152 00 Praha 5 - Hlubočepy, e-mail: jmeno.prijmeni@geotechnika.cz

Abstrakt: Příspěvek prezentuje podrobný inženýrskogeologický průzkum pro přípravu projektu Vltavské filharmonie v Praze 7 – Holešovicích. Zájmové zemí je vymezeno stanicí metra Vltavská, nádražím Praha-Bubny, Negrelliho viaduktem, nábřežím Vltavy a magistrálou u Hlávkova mostu. Projekt zahrnuje vlastní objekt filharmonie i související dopravní stavby, zejména tunely a podzemní garáže. Základová spára stavební jámy je navržena ve více úrovních s ohledem na složité poměry lokality, kde se nacházejí traťové tunely metra C. Cílem průzkumu bylo detailní zhodnocení inženýrskogeologických, geotechnických a hydrogeologických poměrů a předběžné posouzení kontaminace horninového prostředí. Program prací zahrnoval archivní rešerši, realizaci 19 jádrových vrtů o hloubce 7–31 m, ve kterých byly provedeny presiometrické zkoušky a karotážní měření, a laboratorní analýzy vzorků zemín, hornin a podzemní vody. Na základě výsledků byl sestaven podrobný inženýrskogeologický a geotechnický model lokality. Výsledky průzkumu budou spolu s doplňujícím hydrogeologickým průzkumem sloužit jako podklad pro další stupně projektové přípravy a realizaci stavby.

Abstract: This paper presents a detailed engineering geological investigation conducted for the preparation of the Vltava Philharmonic project in Prague 7 – Holešovice. The site is bounded by the Vltavská metro station, the Praha-Bubny railway station, the Negrelli Viaduct, the Vltava riverbank, and the arterial road near Hlávkův Bridge. The project encompasses the Philharmonic building itself as well as associated transport infrastructure, specifically tunnels and underground parking facilities. The foundation level of the excavation pit is designed at multiple elevations to account for the site's complex conditions, which include the presence of Metro Line C tunnels. The investigation aimed to provide a detailed assessment of engineering geological, geotechnical, and hydrogeological conditions, along with a preliminary evaluation of ground contamination. The work program included a review of archival data, the drilling of 19 boreholes (7–31 m deep) - incorporating pressuremeter testing and geophysical borehole logging - and laboratory analysis of soil, rock, and groundwater samples. Based on the results, a detailed engineering geological and geotechnical model of the site was developed. The results of the conducted investigation, together with a supplementary hydrogeological investigation, will serve as a basis for subsequent stages of project preparation and the execution of construction.

Klíčová slova: Vltavská filharmonie, inženýrskogeologický průzkum, letenské souvrství, vinické souvrství, základové poměry

Key words: Vltava Philharmonic, engineering geological investigation, Letná Formation, Vinice Formation, foundation conditions

1. Úvod – základní informace o projektu

Zájmový prostor uvažovaného záměru je vymezen stanicí metra Vltavská, nově zmodernizovaným vlakovým nádražím Praha-Bubny, Negrelliho viaduktem, nábřežím Vltavy, mimoúrovňovou křižovatkou Severojižní magistrály na severním konci Hlávkova mostu a Bubenskou ulicí. Projekt Vltavské filharmonie sestává ze souboru staveb – vlastního objektu filharmonie (obr. 1) a navazujících staveb řešících dopravní situaci v lokalitě – dopravních tunelů (nová podoba stávajících komunikací Bubenského nábřeží) a podzemních garáží. Základová spára, respektive dno výkopu stavební jámy, je projektována ve více úrovních v důsledku složitých poměrů lokality – v řešeném území se nacházejí traťové tunely metra C a podzemní kolektory, stavba bude propojena s říčním nábřežím a bude zároveň převádět současnou povrchovou automobilovou dopravu do podzemí. Založení objektu filharmonie je předběžně uvažováno plošně na základové desce.



*Obr. 1 Vizualizace projektu Vltavské filharmonie v Praze.
Fig. 1 Visualization of the Vltava Philharmonic project in Prague.*

2. Provedené průzkumné práce

Cílem provedených průzkumných prací bylo podrobné zhodnocení inženýrskogeologických, geotechnických, hydrogeologických a základových poměrů plánované stavby a předběžné posouzení kontaminace horninového prostředí. Průzkumné práce sestávaly z administrativních přípravných prací a archivní rešerše, terénních průzkumných a laboratorních prací, komplexního vyhodnocení provedených prací.

2.1 Prozkoumanost území

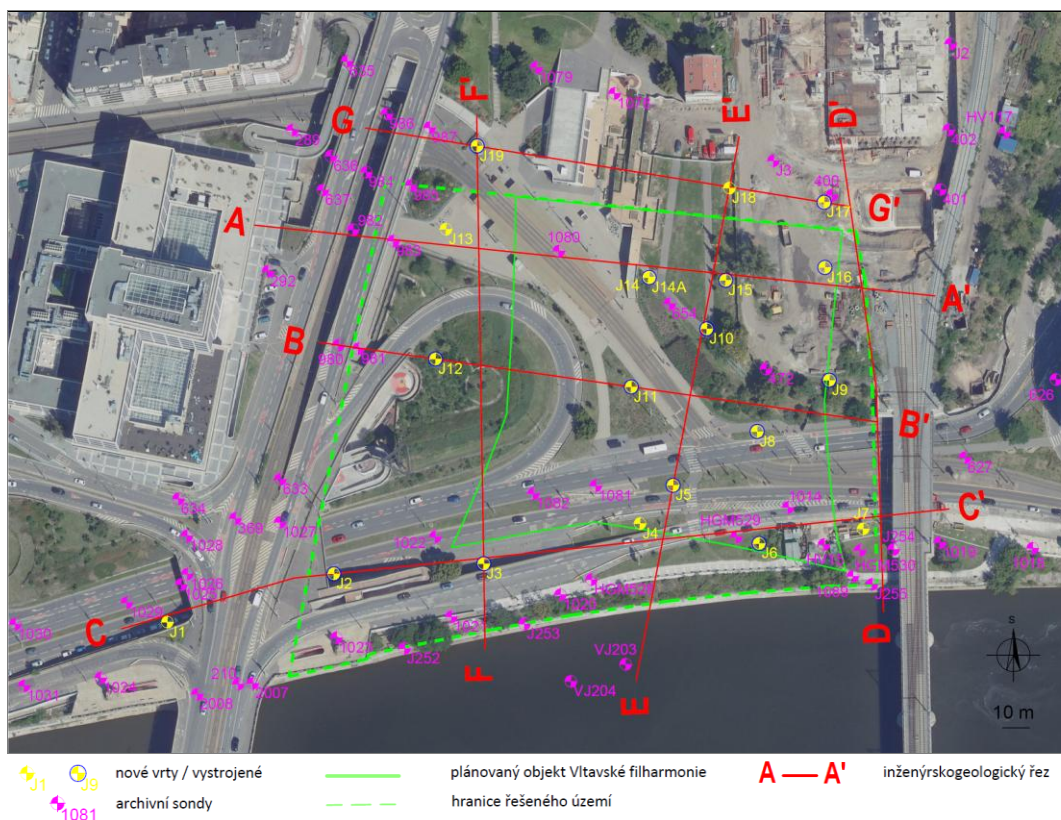
Vzhledem k lokalizaci zájmového území v intravilánu Prahy, navíc v bezprostředním okolí trasy metra C, je geologická prozkoumanost území poměrně vysoká. Provedený průzkum nicméně představuje první odkryvné práce realizované přímo pro potřeby projektované stavby. Předchozí orientační etapu průzkumných prací pro Vltavskou filharmonii představovala archivní rešerše (Podpěra a Baborová, 2023), která vycházela především z inženýrskogeologických map zájmového území měřítka 1 : 5 000 (list Praha 6-0 a 6-1) a výsledků průzkumných prací na trase metra C a dalších staveních objektech zájmového území (Hlávkův most, opěrné zdi, nábrežní zdi, protipovodňová opatření, podzemní kolektory a kanalizace, objekty v prostoru Nádraží bubny a přilehlé železniční trati, apod.). Ke zpracování průzkumu byly využity rovněž podklady (zejména archivní fotografie zájmového území) poskytnuté archivem Dopravního podniku hl. m. Prahy.

2.2 Terénní průzkumné práce

V rámci terénních prací bylo v zájmovém území provedeno celkem 19 průzkumných vrtů hloubky 7 – 31 m. V horních částech vrtů, v navážkách a kvartérních sedimentech bylo vrtáno jednoduchou jádrovkou s roubíkovou korunkou (JJRK) bez použití vrtného výplachu. Po zastížení pevného skalního podloží byla technologie vrtání změněna na vrtání s vodním výplachem dvojitou jádrovkou s diamantovou korunkou o průměru 76 mm. Vrty určené ke karotážnímu měření byly osazeny plastovou výstrojí o průměru 63 mm, v úvodní části vrtané jednoduchou jádrovkou s roubíkovou korunkou doplněné výstrojí průměru 125 mm s náležitým obsypem a těsněním odpovídajícím rozsahu perforace.

Za účelem zjištění přetvárných charakteristik horninového masivu v prostoru základové půdy připravované stavby bylo v provedených vrtech dle možností realizováno celkem 64 presiometrických zkoušek. Pro další upřesnění charakteristik horninového prostředí bylo v 15 vybraných vrtech provedeno komplexní karotážní měření. Cílem tohoto měření bylo především upřesnění litologického profilu vrtů, zjištění stupně tektonického porušení, detekce diskontinuit včetně jejich prostorové orientace a zjištění mechanických vlastností hornin. Za tímto účelem byly použity metody gama karotáže (GR), neutron-neutron karotáže (XNN), hustotní gama-gama karotáže (XGG), indukční karotáže (IK50 a IK120), elektrické odporové karotáže (RAP041 a RAP164), vlnové akustické karotáže (FWS), karotáž magnetické susceptibility (MS), akustický televizor (ABI40). Na všech vrtech bylo rovněž provedeno hydrokarotážní měření metodou resistivimetrie (RM), jehož účelem byla identifikace míst přítoků vody do vrtů a detekce přirozeného proudění podzemní vody s odhadem propustnosti a vydatnosti horninového prostředí.

Po realizaci karotážního měření bylo ve vybraných vrtech společností Aveton provedeno měření vibrací v horninovém prostředí v okolí trasy metra. Vystrojené vrty byly rovněž v průběhu realizace průzkumných prací využity k orientačnímu režimnímu sledování hladiny podzemní vody.



Obr. 2 Podrobná situace průzkumných prací (Tlamsa et al., 2024).

Fig. 2 Detailed situation of exploration work (Tlamsa et al., 2024).

2.3 Laboratorní práce

Na porušených vzorcích zemin byly prováděny základní indexové zkoušky. Na neporušených vzorcích byly prováděny indexové zkoušky včetně měření objemových hmotností a hustoty pevných částic a krabicové smykové zkoušky. Na technologických vzorcích byly vedle indexových zkoušek realizovány technologické zkoušky zhutnitelnosti zemin a jejich únosnosti (PS + CBR). Na horninových vzorcích byly realizovány zkoušky pro určení základních fyzikálních, pevnostních a přetvárných vlastností.

Na vybraných vzorcích zemin i hornin byly prováděny rozbory kontaminace pro zhodnocení možností nakládání s výkopkem jako s odpadem ve smyslu znění vyhlášky č. 273/2021 Sb. Na vzorcích podzemní vody byly provedeny zkrácené rozbory pro stavební účely pro zhodnocení její agresivity na beton dle ČSN EN 206+A1 a současně pro zhodnocení agresivity prostředí na ocel dle ČSN 03 8375. Agresivita prostředí dle ČSN EN 206+A1 byla v souladu s projektem analyzována rovněž na vybraných vzorcích zemin a hornin. Na vybraných vzorcích podzemní vody byl dále proveden ÚCHR vč. C10–C40 a stanovení RL, TOL a TK.

2.4 Administrativní a přípravné práce

S ohledem na pozici zájmového území v prostoru městského intravilánu samotným terénním pracím předcházela náročná administrativní a technická příprava. Terénní práce byly realizovány v souladu se stanovisky vlastníků a správců dotčených pozemků – Správy železnic, MČ Praha 7 a Hlavního města Prahy. Před zahájením vrtných prací byly zajištěny souhlasy či podmínky provádění prací v ochranných a bezpečnostních pásmech technické infrastruktury (vodovod, kanalizace, elektřina, plyn, sdělovací kabely atd.), silničních komunikací, tramvajových tratí a metra. Realizace vrtů situovaných v záplavovém území Vltavy byla možná až po získání příslušného povolení vodoprávního úřadu (OCP MHMP). Zábory komunikací a chodníků, práce v městské zeleni a pojezdy techniky pro realizaci vrtů byly projednány s příslušnými správními orgány a koordinovány s Technickou správou komunikací hl. m. Prahy, a.s. Pro zajištění bezpečnosti silničního provozu i pohybu chodců byla pracoviště jednotlivých vrtů dle situace označeny schváleným dopravním značením a vymezeny mobilním ochranným oplocením (obr. 3).



Obr. 3 Realizace vrtu J13 v prostoru městského intravilánu.

Fig. 3 Execution of borehole J13 within the built-up area of the town.

2.1 Morfologie a stavebně-historický vývoj

Zájmové území je velmi členité. Jeho současná morfologie je výsledkem antropogenních úprav, které původní morfologii zcela setřely. Hlavními prvky definujícími charakter místa jsou nyní dopravní stavby: železniční trať Praha–Kladno s Negrelliho viaduktem na východní straně, Severojižní magistrála s Hlávkovým mostem a větvemi mimoúrovňové křižovatky na západní straně, nábrežní komunikace (ulice Bubenské nábreží a nábreží kapitána Jaroše) na jižní straně, stanice metra Vltavská na severní straně a tramvajová trať se zastávkami městské hromadné dopravy ve středové části. Prostoru výškově dominují oba hlavní dopravní tahy, magistrála a železnice, s nadmořskou výškou cca 192–195 m. Nejnižším místem území (vyjma vlastní hladiny Vltavy pod nábrežní zdí) je podjezd nábrežních komunikací pod magistrálou, s nadmořskou výškou cca 184–185 m. Okolí železničního nádraží Praha-Bubny bylo v době průzkumných prací předmětem intenzivních stavebních prací v rámci probíhající modernizace. Vzhledem k rozsáhlému antropogennímu ovlivnění zájmového území proto bylo nutné vedle standardní rešerše geologických podkladů provést i doplňkovou rešerši historických archivních podkladů popisujících stavebně-historický vývoj území, který může mít nezanedbatelný vliv na inženýrskogeologické podmínky výstavby. Historická fotografie z výstavby hloubené stanice metra Vltavská v severní části zájmového území je pro ilustraci uvedena na následujícím obrázku 4.



Obr. 4 Staveniště hloubené stanice metra Vltavská u severního předměstí Hlávkova mostu v roce 1981 (zdroj: archiv DPP).

Fig. 4 Construction site of the Vltavská underground metro station near the northern approach to Hlávkův Bridge in 1981 (source: DPP archive).

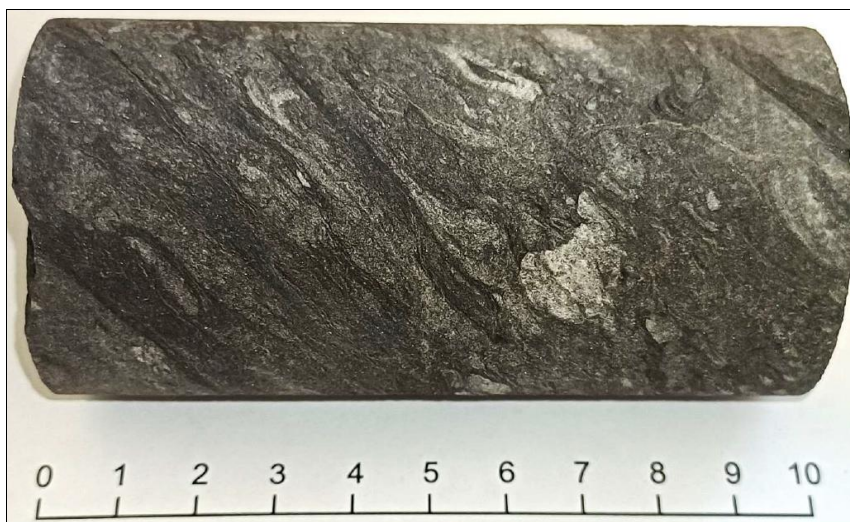
3. Geologické poměry

Z regionálně geologického hlediska náleží zájmové území do oblasti severozápadního křídla synklinoria barrandienského staršího paleozoika, jehož osa (zhruba směru SV–JZ) se nachází jihovýchodně od zájmového území. V prostoru projektované stavby je předkvartérní podloží zastoupeno ordovickými horninami letenského a vinického souvrství. Pokryvné útvary jsou pak zastoupeny kvartérními fluvialními sedimenty Vltavy a recentními antropogenními sedimenty.

3.1 Letenské souvrství

Horniny letenského souvrství se nacházejí v západní části zájmovém území a jsou zastoupeny jednak monotónním sledem drobovitých pískovců, a jednak rytmickým střídáním poloh jílovitých břidlic, drobovitých pískovců a křemenců s různým podílem zastoupení jednotlivých litologických typů.

Drobovité pískovce jsou jemnozrné, prachovité až jílovitoprachovité, zejména ve spodní části souvrství s postupným přechodem do písčitých prachovců či břidlic. V nezvětralém stavu jsou drobovité pískovce tmavě šedé, slabě slídnaté, typicky se světlejší šedými smouhami (obr. 5), čočkami či skvrnami (polohy s menším podílem jílovité a prachovité frakce). Písčité prachovce a břidlice jsou tmavěji šedé, často s vyšším podílem jemné slídy. Drobovité pískovce jsou převážně deskovitě vrstevnaté, s nerovnými a drsnými vrstevními plochami, mimo tektonické poruchy slabě rozpukané. Na vrstevních plochách a puklinách se často vyskytují bělavé povlaky sádrovce. Místa jsou hojně rovněž tenké kalcitové či křemenné žilky. Pevnost zdravé horniny se dle podílu písčité a jemnozrné složky pohybuje převážně v rozmezí třídy R3. Polohy horniny s výrazně vyšším podílem jílovité složky pak mají pevnost na hranici tříd R4 a R3.



Obr. 5 Detail drobovitého pískovce zastiženého ve vrtu J13.

Fig. 5 Detail of fine-grained sandstone encountered in borehole J13.

Střídající se polohy jílovitých až jílovitoprachovitých břidlic, jemnozrných drobovitých i křemenných pískovců a křemenců, tj. poloh s velmi rozdílnou pevností, byly v nově provedených i archivních vrtech zastiženy při západním okraji zájmového území. Jílovité a jílovitoprachovité břidlice jsou v nezvětralém stavu tmavě šedé, slídnaté, s pevností odpovídající převážně třídě R4. Jemnozrné pískovce jsou zde tmavě (drobovitě) až světle šedé (křemenné), slaběji slídnaté, s pevností v rozsahu třídy R3 (u křemenných pískovců místy až třídy R2). Křemence jsou jemnozrné, převážně světle šedé, často s bělavými křemennými žilkami, s výrazně vyšší pevností odpovídající třídě R2–R1 (obr. 6). Mocnost jednotlivých vrstev břidlic, pískovců a křemenců se v těchto polohách pohybuje od prvních milimetrů až po cca 10–25 cm (ojediněle i více). Z hlediska podílu jednotlivých horninových typů byly zastiženy jak polohy, kde celkově převažují rychle se střídající méně pevné laminované až tenké deskovité břidlice a drobovité pískovce (cca 70–90 %), tak i polohy s dominantním zastoupením výrazně pevnějších deskovitých až lavicovitých křemenců, jen s podružnými tenkými polohami či proplásky tmavě šedých břidlic a pískovců (cca 10–30 %).

Slabě až mírně zvětralé břidlice a drobovité pískovce jsou šedé až hnědošedé, silněji rozpukané, kusovitě až drobně úlomkovitě rozpadavé podél puklin a vrstevních ploch s hojnými rezavými povlaky limonitu. Pevnost mírně zvětralých břidlic je zpravidla v rozmezí třídy R5–R4, v případě drobovitých pískovců pak v rozmezí třídy R4. Mocnost polohy mírně zvětralé horniny se v nově provedených vrtech pohybuje v rozmezí 1,0–2,0 m. Blíže k povrchu jsou pak břidlice i pískovce silně zvětralé, rezavě hnědé, drobně úlomkovitě rozpadavé, s pevností v rozmezí tříd R5–R6 v případě břidlic a R5–R4 v případě pískovců, rozvolněné s jílovitoprachovitou až jemně

písčitou výplní mezi úlomky. V nejsvrchnějších polohách jsou břidlice i pískovce zcela zvětralé, mající charakter pevné jílovitoprachovité až prachovitopísčité zeminy s příměsí drobných úlomků. Mocnost této nejvíce zvětralé polohy se v nově provedených vrtech pohybuje do cca 1,5 m. V případě výrazně pevnějších a odolnějších křemenců či křemenných pískovců se zvětrání projevuje převážně intenzivnějším rozpukáním, rozevřením puklin a jen nepatrným snížením pevnosti v rozsahu třídy R2. Hloubkový dosah intenzivnějšího zvětrání křemenců se v nově provedených i archivních vrtech pohybuje do cca 3,5 m.

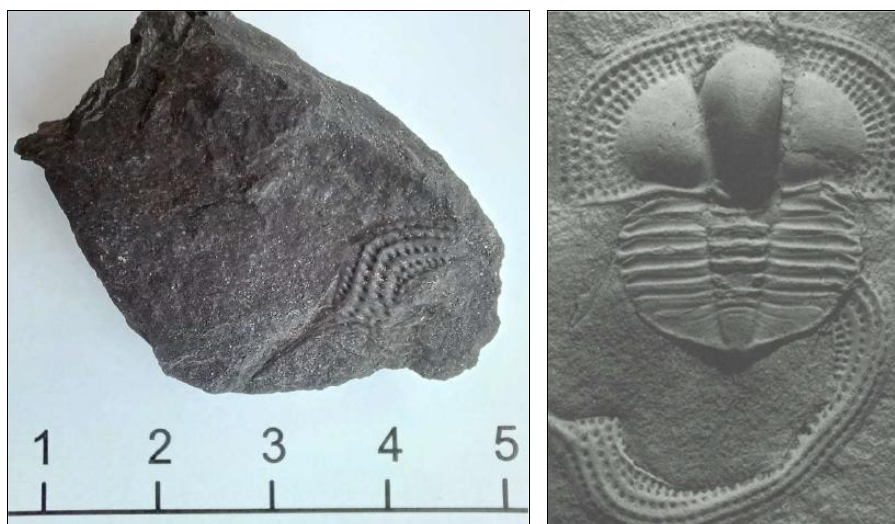


Obr. 6 Detail zvrásněného křemence zastiženého ve vrtu J13.

Fig. 6 Detail of folded quartzite encountered in borehole J13.

3.2 Vinické souvrství

Horniny vinického souvrství se nacházejí ve východní části zájmového území a jsou zastoupeny hojně slídnatými jílovitými až jílovitoprachovitými břidlicemi (obr. 7). V nepravidelných a méně častých polohách je pak v břidlicích zastoupen vyšší podíl jemně písčité frakce (až břidlice prachovitopísčité). Ve stratigraficky spodních polohách souvrství jsou poměrně hojné nepravidelné tenké pelokarbonátové či prokřemělé polohy a prachovité konkrce různé velikosti a tvaru. V nově provedených i archivních vrtech byly rovněž v blízkosti hranice s letenským souvrstvím zastiženy polohy s hojným pyritem i drobnými ooidy. V nezvětralém stavu jsou vinické břidlice tmavě šedé až šedočerné (vysoký obsah organického uhlíku), deskovitě až lavicovitě vrstevnaté, s rovnými a hladkými až mírně drsnými vrstevními plochami, místy s bělavými povlaky sádrovce. Mimo tektonické poruchy jsou slabě rozpukané, v okolí tektonicky porušených poloh pak s hojnými tenkými žilkami křemene či kalcitu. Pevnost zdravé horniny se dle podílu jílovité a prachovité složky zpravidla pohybuje v rozsahu třídy R3 až na pomezí tříd R4 a R3. V případě břidlic s nižším podílem prachovité složky se pak pevnost pohybuje při horní hranici třídy R4. Charakter a mocnost zvětralých břidlic vinického souvrství je v rozsahu zájmového území obdobná jako u výše popsaných břidlic souvrství letenského.



Obr. 7 Jílovitoprachovitá břidlice vinického souvrství z vrtu J9 s částí trilobita Deanaspis senftenbergi (vpravo celá fosilie z poloh vinického souvrství od Berouna).

Fig. 7 Clayey-silty shale of the Vinice Formation from borehole J9, containing a fragment of the trilobite „Deanaspis senftenbergi“ (on the right: a complete fossil from the Vinice Formation near Beroun).

3.3 Strukturně tektonické poměry

V rámci archivních a nově realizovaných průzkumných prací bylo v zájmovém území ověřeno tektonické porušení horninového masivu různého charakteru a intenzity. Na lokalitě lze rozlišit dva základní typy tektonického porušení, a to celkové tektonické porušení a porušení podél tektonických linií.

Celkové tektonické porušení se vyskytuje převážně u méně pevných hornin, u kterých se projevuje sítí mikrotrhlin, ohlasy na vrstevních plochách a puklinách, drobnými prokluzy či celkově větší četností puklin. V zájmovém území bylo porušení takového charakteru nepravidelně ověřeno zejména v prostředí jílovitých a jílovitoprachovitých břidlic vinického i letenského souvrství. V případě písčitých prachovců a jemnozrnných drobovitých pískovců letenského souvrství pak bylo zjištěno ve znatelně menší míře.

Porušení podél tektonických linií a jiných dislokací se v zájmovém území vyskytuje bez ohledu na litologii hornin. Na základě archivních i nově provedených průzkumných prací lze na lokalitě předpokládat absenci významných tektonických linií. V rámci realizace průzkumných vrtů a zejména dokumentace ražené kanalizace z roku 1979 byly ověřeny četné poruchy nižšího řádu jak podélné, tak i příčné tektoniky. V prostoru těchto poruch je hornina zpravidla silně rozpukaná, drobně úlomkovitě až střípkovitě rozpadavá, s výrazně nižší pevností než neporušená hornina, v četných polohách pak až podrcená v zeminu s drobnými úlomky a střípky. V blízkém okolí poruch je hornina silněji rozpukaná, úlomkovitě až kusovitě rozpadavá podél vrstevních ploch a puklin s četnými ohlasy (obr. 8).

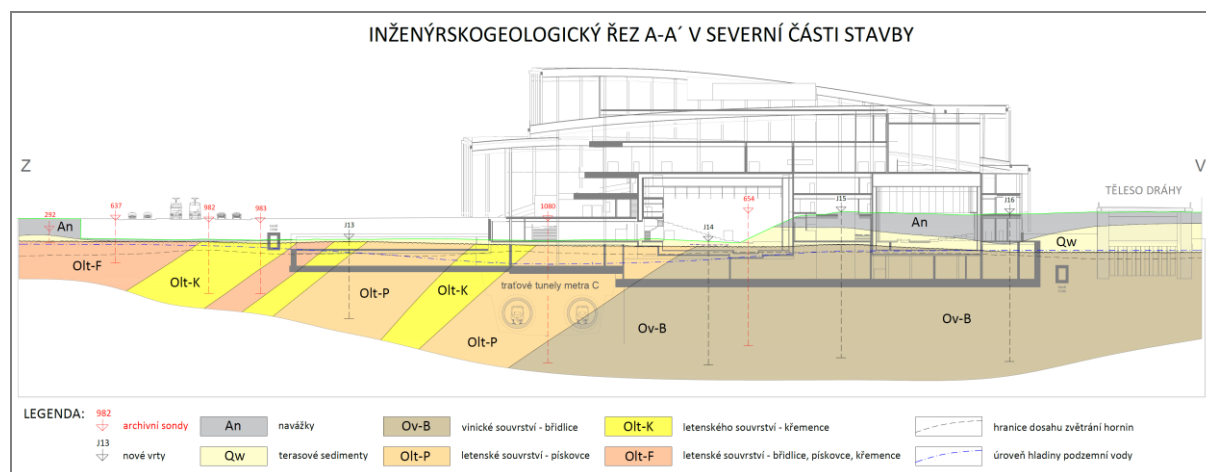


Obr. 8 Detail povrchu diskontinuity s ohlasy a rýhováním v břidlici vinického souvrství ve vrtu J10 .

Fig. 8 Detail of a discontinuity surface with slickensides in the shale of the Vinice Formation in borehole J10.

Dle dokumentace průzkumných vrtů a ražené kanalizace se převážně jedná o poruchy omezené mocností do cca 0,5–1,0 m (poruchy směru 0–25° se sklonem 80–90°; poruchy směru 110–150° se sklonem 30–55° k JZ, tj. kolmé k vrstevnatosti; poruchy různých směrů a strmých sklonů s mocností v řádu prvních cm).

Orientace vrstev horninového masivu byla ověřena jednak pomocí dokumentace ražené kanalizace z roku 1979 (v západní části zájmového území), jednak i v rámci dokumentace některých archivních a nově provedených průzkumných vrtů, a to především pomocí karotážního měření. Generelní směr vrstev letenského i vinického souvrství je v zájmovém území JZ–SV až J–S se sklonem převážně 20–45° k SZ až Z. Zejména v okolí významnějších tektonických poruch ovšem mohou být orientace i sklon vrstev často výrazněji odlišné. Vrstevní sled ordovických hornin i rozsah kvaternárního pokryvu v severní části stavby je pro ilustraci uveden na obrázku 9.



Obr. 9 – Inženýrskogeologický řez A-A' vedený severní částí stavby Vltavské filharmonie.

Fig. 9 Engineering-geological cross-section A-A' through the northern part of the Vltava Philharmonic project.

3.4 Fluviální sedimenty

V zájmovém území se vyskytují převážně fluviální sedimenty pleistocénního stáří, které sestávají z uloženin dvou úrovní říčních teras: na většině území ze západní až severozápadní strany jde o sedimenty terasy veltruské (stupeň VI – riss 2), ve zbylých částech v blízkosti Vltavy pak terasy maninské (stupeň VII – würm 1), resp. údolní (stupeň VII – würm 2). Rozsah výskytu a mocnost těchto uloženin je v zájmovém území nepravidelný – ať už v důsledku antropogenních zásahů (obr. 9), nebo i vlivem změny erozní báze fluviální sedimentace. Terasové sedimenty jsou tvořeny ulehlými písky se šterkem až písčitými šterky, případně hlinitopísčitými šterky. Charakter písčitých šterků veltruské terasy byl dobře patrný v odkryvu na svazích vyvýšeniny v předpolí Negrelliho viaduktu (obr. 10), kde mají podobu převážně písčitých šterků a jsou zachovány v nejvyšší mocnosti. Šterková frakce je zde tvořena valouny a opracovanými úlomky hornin a křemene převážně do 4 cm, místy i většími (ojediněle až 15 cm), výplň tvoří písek převážně střednězrný až hrubozrný, slabě zahliněný, béžově či rezavě hnědý. Vzájemný podíl šterkové, písčité i jemnozrné frakce v různých úrovních mírně kolísá, lokálně se vyskytují i polohy s převahou písčité frakce.



Obr. 10 – Odkryv písčitých šterků veltruské terasy v blízkosti vrtu J17.

Fig. 10 Exposure of sandy gravels of the Veltrusy Terrace near borehole J17.

Holocénní jemnozrné náplavy byly v archivních i nově provedených vrtech dokumentovány pouze lokálně v jižní části území a v převážně velmi nízkých mocnostech do 0,5 – 1,0 m. Jde o zeminy převažující frakce prachové až jemně písčité, hnědě zbarvené, zpravidla s příměsí valounků, případně i organické hmoty.

3.5 Navážky

Antropogenní uloženiny dnes zřejmě pokrývají většinu zájmového území. Novými průzkumnými vrty byly navážky ověřeny v mocnostech do 8 m, z archivních údajů lze odhadovat maximální mocnosti 11–14 m na nábreží v okolí Hlávkova mostu, minimální mocnost pak na severozápadním okraji území. Složení navážek lze očekávat velmi pestré a proměnlivé – od překopaných místních materiálů přes stavební rum či zásypy za nábrežními zdmi po zemní tělesa a konstrukční vrstvy komunikací. Dále je třeba počítat také s možnou přítomností pozůstatků budov, které již dříve podlehly demolicí. Součástí antropogenní složky horninového prostředí pak jsou pochopitelně i nábrežní zdi samotné a také stávající podzemní stavby – kanalizace, kolektory a traťové tunely metra. V okolí stanice metra je třeba počítat se zásypy stavební jámy a původní pilotovou stěnou.

4. Hydrogeologické poměry

Režim podzemní vody je v prostoru zájmového území podmíněn jeho celkovou geologickou stavbou a je možné zde rozlišit dva základní druhy zvodní: kvartérní kolektor a kolektor zvětralinového pásma ordovických hornin.

4.1 Zvodnění v pokryvných útvech – kvartérní kolektor

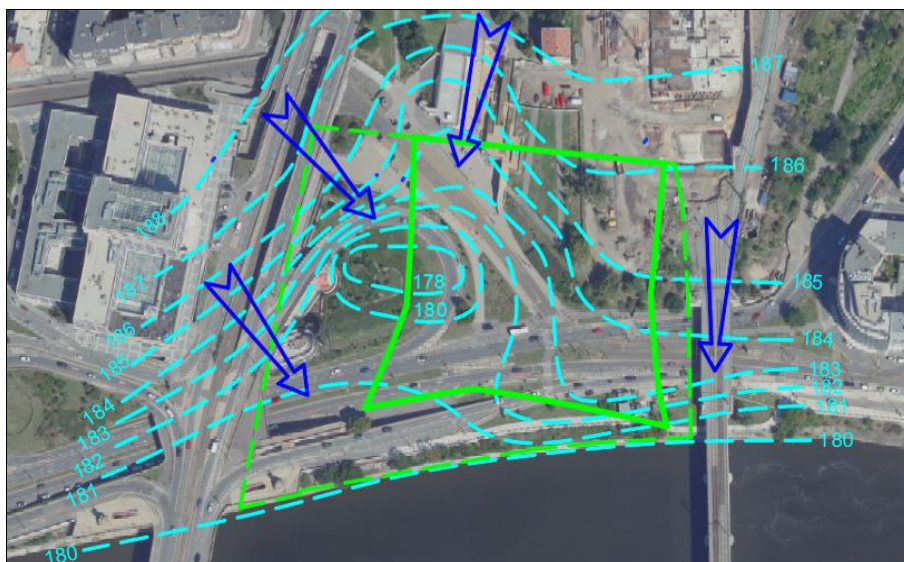
Prostředím výskytu podzemní vody kvartérního kolektoru jsou šterkovité a písčité fluviální sedimenty vltavských teras, které jsou vysoce průlinově propustné a vytvářejí vhodné podmínky pro existenci souvislého zvodnění. Podzemní voda s volnou hladinou zde může proudit prakticky bez výraznějšího omezení. Směr proudění podzemní vody v prostoru zájmového území lze v generelu očekávat směrem k jihojihovýchodu (tj. směrem k místní erozní bázi v podobě koryta Vltavy). Lokálně však může být směr proudění podzemní vody i poměrně odlišný, ovlivněný například reliéfem předkvartérního podloží, odlišnou propustností zemin, regulací břehu Vltavy, inženýrskými sítěmi, podzemní stavbou metra apod.

Zvodeň v sedimentech veltruské terasy dále od stávajícího koryta Vltavy je dotována výhradně atmosférickými srážkami z rozsáhlé infiltrační oblasti severozápadně od zájmového území až po prostor letenské pláně, lokálně případně též z antropogenních zdrojů – úniků z podzemních inženýrských sítí (vodovod a kanalizace). Oproti tomu v případě obzoru níže položené maninské/údolní terasy dochází k částečné komunikaci s poriční vodou a hydraulickému ovlivňování zvodně úrovní hladiny ve Vltavě.

Vzhledem k charakteru lokality mohou významný kolektor podzemní vody tvořit rovněž průlinově propustné polohy navážek v podobě zpětných zásypů inženýrských sítí a zejména zásypů původní stavební jámy stanice metra Vltavská. Jejich hydraulické vlastnosti lze s ohledem na jejich materiálové složení očekávat celkově značně variabilní.

4.2 Zvodnění v předkvartérním podloží – ordovický kolektor

U ordovického horninového podloží je vzhledem k jeho litologickému a tektonickému charakteru přítomnost podzemní vody vázána pouze na existenci systémů otevřených a vzájemně propojených puklin. Toto prostředí se tak vyznačuje významnou filtrační nestejnorodostí, která je podmíněna zejména rozdílným stupněm rozpukání a zvětřování masivu v závislosti na zastoupení jednotlivých litologických typů hornin. V případě břidlic vinického souvrství i jemnozrnných drobovitých pískovců, prachovců a břidlic souvrství letenského se zvodeň s malou vydatností nachází pouze ve svrchních silněji rozpukáných a zvětřalých polohách s mocností převážně v rozmezí 3,0–6,0 m. Ve větších hloubkách pak jsou již v tomto prostředí pukliny zpravidla sevřené a nepropustné. Vyšší propustnost i vydatnost lze očekávat pouze v mocnějších a silněji rozpukáných polohách křemenců. Tyto hydraulické vlastnosti hornin předkvartérního podkladu byly v rámci provedených průzkumných prací ověřeny pomocí karotážních metod sledujících jak charakter přirozeného proudění podzemní vody v horninovém prostředí, tak i intenzitu a výskyt přítoků v průběhu rezistivimetrického měření při neustálených podmínkách.



Obr. 11 – Schematický model proudění podzemní vody v prostoru projektované stavby.

Fig. 11 Schematic model of groundwater flow in the area of the planned construction.

Rovněž v případě předkvartérní zvodně bude úroveň hladiny podzemní vody a intenzita proudění kromě litologického složení záviset na vzdálenosti od koryta Vltavy a dlouhodobějších srážkových úhrnech. Proudění podzemní vody v ordovickém prostředí lze obdobně jako v případě kvartérního kolektoru uvažovat ve směru konfigurace jeho povrchu, tj. zhruba směrem k JV až J.

V nově provedených vrtech byla v závislosti na morfologické pozici hladina podzemní vody zastižena v polohách terasových sedimentů i horninového podloží. Schématický model zájmového území zobrazující úroveň hladiny podzemní vody a směry jejího proudění (sestavený zejména na základě údajů získaných z režimního měření v nových vystrojených vrtech) je uveden na obrázku 11. Z tohoto modelu je dobře patrný předpokládaný směr proudění podzemní vody i lokální vliv drenážních účinků stávající stavby metra na úroveň hladiny.

4.3 Agresivita podzemní vody a horninového prostředí

Na základě archivních údajů i výsledků nových průzkumných prací lze podzemní vodu ordovické zvodně v zájmovém prostoru charakterizovat agresivitou na beton stupně XA1 až XA2 dle ČSN EN 206+A1 a agresivitou stupně IV. na ocel dle ČSN 03 8375. Hlavní agresivní složkou jsou zde sírany. Vzorky horninového prostředí byly převážně hodnoceny jako neagresivní dle ČSN EN 206+A1, ojediněle vykazovaly síranovou agresivitu na beton stupně XA1.

5. Základové poměry a zemní práce

Na základě provedených průzkumných prací bylo v zájmovém území vyčleněno celkem 13 geotechnických typů zemin a hornin, kterým byly přiřazeny doporučené charakteristické hodnoty (ve smyslu ČSN EN 1997-1 i ČSN P 73 1005) vybraných geotechnických parametrů. Horninový masiv byl rovněž orientačně zhodnocen podle klasifikace GSI – The Geological Strength Index dle Marinos – Hoek (2000) a byly mu přiřazeny parametry smykové pevnosti zohledňující předpokládanou hloubku založení. Očekávané rozšíření vyčleněných geotechnických typů zemin a hornin v rámci stavby bylo zobrazeno v celkem 7 podélných a příčných inženýrskogeologických řezech.

Předmětná stavba bude zakládána v několika výškových úrovních a pro její realizaci budou v rámci jednotlivých objektů vyhloubeny stavební jámy s hloubkou místy až cca 16,0 m. Podle ČSN P 73 1005 se jedná celkově o staveniště s proměnlivými a složitými základovými poměry. V horninovém masivu se v prostoru podzákladí nachází řada litologicky i geotechnicky odlišných typů hornin a zemin. Jednotlivé geotechnické typy pak mají v prostoru staveniště nepravidelný výskyt a mocnost. Zvláštní pozornost bude třeba věnovat objektům zakládaným zčásti na křemencích a zčásti na drobovitých pískovcích a břidlicích letenského souvrství. Vzhledem k výrazně horším deformačním parametrům pískovců a břidlic hrozí v této části stavby riziko nerovnoměrného sedání. U mocnějších poloh nezávětralých křemenců s vysokou až velmi vysokou pevností je třeba očekávat obtíže při jejich rozpojování.

Na základové poměry má v rozsahu celého staveniště nepříznivý vliv rovněž přítomnost podzemní vody. Úroveň ustálené hladiny podzemní vody v prostoru objektů filharmonie a garáží se mimo období výrazné srážkové činnosti nachází zhruba 3–8 m nad úrovní základové spáry. V případě objektu tunelů v jižní části území se hladina podzemní vody pohybuje v úrovni 4–5 m nad úrovní spáry až zhruba 2 m pod její úroveň. S ohledem na zjištěnou úroveň hladiny a propustnost prostředí je nutné očekávat přítoky do stavebních jam především z poloh sedimentů vltavských teras a svrchních silněji rozpukaných a zvětralých poloh ordovických hornin. Intenzivnější přítoky pak lze očekávat při zastižení mocnějších poloh silněji rozpukaných křemenců v západní části jámy a také obecně v jižní části území v blízkosti koryta Vltavy. Podrobné zhodnocení hydrogeologických poměrů zájmového území bude předmětem připravovaného doplňkového hydrogeologického průzkumu, jehož výstupem bude rovněž odhad velikosti přítoků podzemní vody do stavební jámy pro možnost zpracování projektu případného zatěsnění jejích stěn.

6. Závěr

V zájmovém území navrhovaného projektu Vltavské filharmonie byly v období duben – listopad 2024 realizovány komplexní průzkumné práce pro vypracování inženýrskogeologického modelu lokality. Na staveništi náročné konstrukce byly zjištěny složité základové poměry, což uvažovaný projekt řadí do 3. geotechnické kategorie dle ČSN P 73 1005. V řešeném prostoru se vyskytují materiály různorodého charakteru jak vlivem geologické stavby, tak i v důsledku stavebně-historického vývoje území, a na realizaci uvažovaného záměru bude mít vliv zjištěná hladina podzemní vody a obecně složité hydrogeologické poměry území. Při návrhu zajištění stavební jámy i návrhu založení bude třeba zohlednit existenci sousedních objektů. Zvláštní pozornost je pak třeba věnovat objektům tunelů metra v podzákladí části připravované stavby.

Seznam literatury

- Marinos, P., Hoek, E. (2000): *GSI: A Geologically Friendly Tool For Rock Mass Strength Estimation*.
Podpěra P., Baborová M., 2023: *Praha 7 – Holešovice – Vltavská Filharmonie – Zpráva orientačního průzkumu základové půdy (archivní rešerše)*. – RNDr. Pavel Podpěra HUPO-IGS, Praha
Tlamsa J., Šmejkalová T., Vojtěchovská A., 2024: *Závěrečná zpráva inženýrskogeologického průzkumu pro projekt Vltavské filharmonie v Praze*. – SG Geotechnika a.s. Praha.