

KOMPLIKOVANÁ TEKTONICKÁ STAVBA PODLOŽÍ AREÁLU ICRC VE FAKULTNÍ NEMOCNICI U SV. ANNY V BRNĚ

Complex structure of a foundation soil of the International Clinical Research Center of St. Anne's University Hospital Brno

Ivan Poul¹, Miroslav Bubík²

¹ iGEO, RNDr. Ivan Poul, Ph.D., Svat. Čecha 4, 693 01 Hustopeče; e-mail: ivan.poul@igeo.cz

² Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 69 Brno; e-mail: miroslav.bubik@geology.cz

(24–34 Ivančice)

Key words: Brno Massif, Moravian-Silesian Paleozoic, Transgression, Carpathian Foredeep, Neoproterozoic, Devonian, Miocene, Normal Fault, Foraminifera

Abstract

A preliminary geological investigation expected several meters of Neogene clays under a designed building of the ICRC complex (a new building at University Hospital in Brno). The foundation designer designed an eleven meters deep excavation works supported by Larsen sheet walls balanced/pulled by several horizontal layers of soil anchors. During the next stage of the geological investigation different geological conditions were encountered. The foundation design was completely re-worked and the excavation slopes were supported by a drilled reinforced concrete anchored pile-wall. The designed ICRC building has been founded partly on a hard bedrock and partly on the expected stiff soil.

Several geological units were encountered especially during a geotechnical supervision of the foundation works and by laboratory tests. The bedrock consists of Neoproterozoic metabasalts of the ophiolite belt (Brno Massif) covered in places by Paleozoic clastics (Old Red facies). The bedrock is overlain by Neogene gravels and clays of the Carpathian Foredeep with angular unconformity. Reworked Cretaceous agglutinated foraminifera recovered from the clays are typical for the Lower Miocene (Ottangian) strata in the area. The Quaternary cover of the area comprises fluvial sandy gravels and muds of Svratka river. The encountered tectonic structure composed by several directions of normal and strike-slip faults shows severe tectonical movements recorded during the Alpine orogenesis.

Úvod

Předložený článek navazuje na informace a interpretace získané během provádění doplňkového stavebního geologického průzkumu a pozdějšího geotechnického sledu realizace hlubinného založení budovy kardiologického centra ICRC v areálu Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, které prováděl I. Poul v letech 2010–2011.

Geologický průzkum provedl třemi sondami Balun (2003). Sondy byly ukončeny na kontaktu kvartérního štěrku s jílem. Popsal veškeré podloží kvartérních sedimentů jako neogenní jíl. O dva roky později stejný geolog upřesnil své poznatky informací, že „granodiorit“ se v celém areálu nachází hlouběji než 20 m pod terénem (Balun 2005). Na základě geologického a hydrogeologického průzkumu D. Baluna byl posléze realizován projekt založení stavby rozlehlého několikapatrového komplexu ICRC.

Zhotovitel stavby měl před žádostí o stavební povolení pochybnosti o kvalitě průzkumu a na základě několika konzultací s prvním autorem článku a některých projektantů, byl proveden seriózní doplňkový průzkum financovaný zhotovitelem stavby (sdružení ICRC). Průzkum byl složený z SPT, CPT sond, jádrových vrtů a geofyzikálního profilování (Poul 2010).

Především výsledky D. Baluna předpokládající desítky metrů mocný pokryv podložního „granodioritu“ neogenním jílem se ukázaly jako zcela irelevantní. V některých nově provedených sondách byl již v hloubce 6 m nalezen povrch navětralého metabazaltu (nikoli neogenního jílu nebo granodioritu), popřípadě jen několik cm mocný

pokryv neogenního jílu, který D. Balun již hlouběji nezkoumal.

Na základě nových informací byla potvrzena hypotéza složité geologické stavby skalního podloží a mladších sedimentů předpokládaná prvním autorem článku před realizací průzkumu (v ulicích Anenská a Pekařská v blízkosti FN u sv. Anny jsou známy výchozy metabazaltů). Projekt zemních a základových prací byl kompletně přepracován a původní štětovnicová stěna typu Larsen, v projektu založení budoucí dočasnou nepropustnou bariéru, byla nahrazena převrtávanou kotvenou pilotovou stěnou. Štětovnice by nebylo možné do skalní horniny s pevností v prostém tlaku $\sigma_c > 100$ MPa zavibrovat.

Stavební práce byly zahájeny na podzim roku 2010 realizací „suché“ stavební jámy. V rámci provádění sledu byla sledována skladba geologického podloží a poznatky byly souhlasně porovnávány s výsledky doplňkového IG průzkumu (Poul, 2010). Na základě zjištěné geologické stavby a na základě ověřených mechanických vlastností zemin a hornin (ČSN EN ISO 14688-1, 14689-1) byl v součinnosti s Ivanem Poulem doladován projekt pro realizaci založení stavby. Během geotechnického sledu bylo celkem dokumentováno více než 150 vrтанých pilot průměru 600 až 1 500 mm a ražených pilot o průměru 2 000 mm (Poul 2011).

Geologický vývoj

Z regionálně geologického pohledu se bývalé staveniště nachází na varisky deformovaném skalním podloží tvořeném proterozoickými metabazalty brněn-

ského masivu místy překrytými paleozoickými sedimenty (facie „Old Red“). Na variskou stavbu nasedají tektonicky porušené miocenní sedimenty karpatské předhlubně. Morfologicky se jedná o srovnaný povrch (194–196 m n. m.) překrytý kvartérními aluviálními sedimenty řeky Svratky (201–202 m n. m.). Morfologii povrchu později pozměnila lidská činnost: vybudování barokního vodního příkopu obranného systému města Brna, zasypání vodního náhonu, výstavba nemocnice, demolice starých nevyhovujících budov atd.

Tektonická stavba brněnského masivu se utvářela převážně během variské orogeneze. Je složitá, erodovaná, zakrytá neogenními a kvartérními sedimenty a v současnosti špatně dešifrovatelná. Je typická provrásněním granitoidů, metamorfovaných ofiolitů a klastických sedimentů patrně devonského stáří (facie „Old Red“). Základním konceptem je šupinovitá stavba tvořená duplexy mocnými 250 až 500 m (R. Melichar, ústní sdělení). Násunové plochy šupin se mírně uklánějí převážně k Z, odkud postupovalo vrásnění. Relikty násunových ploch lze v současnosti pozorovat jako subhorizontální až subvertikální mylonitové zóny. V dalších etapách tektonického vývoje bylo mechanické namáhání hornin brněnské jednotky spojeno s kolapsem orogénu a vznikem strmých poklesových zlomů různých orientací. Během mladší fáze alpínského vrásnění došlo k reaktivování existujících a vzniku nových zlomů, které se prokopírovaly do nadložních sedimentů. Toto se projevovalo na jižní Moravě během nasouvání příkrovů Vnějších Západních Karpat v miocénu. Doznívající pohyby probíhaly ještě po spodním badenu, jak dokládají tektonicky porušené spodnobadenské jíly v trase Královopolských tunelů se subhorizontální striací (Poul 2009). Na základě RTG kvalitativní analýzy jílu tvořícího matrix bazálních klastik miocénu ve vrtu V4 z hloubky 14,0 m vyplývá, že majoritní fází je křemen, slídkový minerál (asi illit nebo muskovit) a dolomit. Minoritní fází je chlorit, plagioklas, draselný živec, kaolinit a nelze vyloučit přítomnost sideritu ve stopovém množství.

Kvartérní fluviální sedimenty tvoří souvrství štěrku, písku a hnědých až černých bahnitých povodňových hlín a jílu měkké až tuhé konzistence, ojediněle se vyskytují i náplavy zetlelých kmenů a dřev černé barvy.

Materiál a metodika

Během realizace hlubinných základových konstrukcí prováděl I. Poul a jeho spolupracovníci ze sdružení iGEO geologickou a geotechnickou dokumentaci všech základových pilot. Popis podrcených vzorků z pilotovacích souprav vycházel z litologické podobnosti s okolními horninami známými z povrchových výchozů. Popis základové půdy probíhal za pomoci norem ČSN EN ISO 14688-1, 14689-1, případně bylo provedeno laboratorní ověření příslušnosti. Popis světle šedých neogenních jílu (ČSN EN ISO 14688 Cl) čelil problému jejich stratigrafického zařazení. Tradiční neformální označení „tégel“ neřeší otázku, zda jíly patří ottangu, karpátu či badenu. Sedimenty všech tří uvedených stupňů miocénu jsou v bližším okolí známy. Pro vyřešení stratigrafické příslušnosti byl z průzkumného vrtu

JV4 (jaro 2010) odebrán vzorek béžového až nahnědlého nevápnitého jílu na mikropaleontologické zhodnocení. Vzorek byl dezintegrován roztokem sody a plaven na sítu 0,063 mm. Dokladový vzorek, výplav (reziduum) i separovaná mikrofauna jsou uloženy v rámci hmotné dokumentace ČGS v Brně. Z kvartérní terasy byl odebrán reprezentativní vzorek hrubozrnného štěrku a byla provedena valounová analýza.

Výsledky

Nestlačitelné podloží je budováno metamorfovaným ofiolitickým komplexem bazaltů proterozoického stáří (sz. okraj staveniště) patřícím k „metabazitové zóně“ brněnského masivu (obr. 1). Jedná se o nazelenalé oranžově až hnědě zvětrávající tektonicky deformované a porušené horniny, často s vysokou až velmi vysokou četností puklin. Peneplenizovaný povrch je od středu staveniště k jihu budován devonskými arkózovitými pískovci, křemennými pískovci a červenými slepenci s křemitým tmelem. Vrstvy slepenců se uklánějí k JV. Slepence jsou převážně čerstvé, pískovce jsou zvětralé a rozpadavé. Metabazalty a pískovce jsou od sebe odděleny subvertikálním zlomem orientace ZSZ–VJV, který je situován přibližně mezi pilotami P 144 a P 135 (obr. 2). Kontakt byl několikrát ověřen během vrtných prací a průběh zlomu vypočítán. Pevné skalní podloží se v areálu Fakultní nemocnice uklání k JV a je překryto miocenními a kvartérními sedimenty.

V podloží analyzovaných jílu se nacházejí silně zvětralé štěrkopísky často složené z rozložených i ostrohranných klastů okolních metamorfovaných bazaltů. V jejich podloží se nacházejí devonská klastika. RTG analýza neogenního jílu poukázala na diametrálně odlišné výsledky obsahu minerálů než typický spodnobadenský „tégel“. V testovaném jílu je majoritní křemen, dále slídky (illit, muskovit a chlorit) a dolomit. Jílové minerály (kaolinit) jsou fází minoritní. Brněnský jíl spodnobadenského stáří odebraný při ražbě tunelu Dobrovského obsahuje přibližně 24 % křemene, 16 % kalcitu, 16 % montmorillonitu, 8 % muskovitu, 7 % illitu a 4 % kaolinitu (Koubová a kol. 2003).

Mikropaleontologická analýza béžového neogenního jílu zjistila nehojnou faunu drobných aglutinovaných foraminifer, fragmentární jehlice silicispongií a fosfatické pelety. Mezi foraminiferami výrazně dominují trubcovité úlomky „*Rhizammina*“, tvořící téměř 50 % asociace. Z dalších druhů byly identifikovány *Lagenammina* sp., *Hippocrepinella* sp., *Ammodiscus planus* Loeblich, *Glomospira watersi* Tappan, *Scherochorella minuta* (Tappan), *Pseudonodosinella parvula* (Huss), *Eobigenerina* cf. *variabilis* (Vasicek) juv., *Haplophragmoides decussatus* Krash., *Haplophragmoides* sp. a *Rectogerochammina eugubina* Kaminski et al.

Kvartérní hrubozrnný štěrk (ČSN EN ISO 14688 Co + cGr) podle naší kumulativní analýzy četnosti obsahuje přibližně 46 % hmotnosti klastů ruly, potom 25 % pegmatitu a křemene, 15 % granitoidů, 7 % metabazaltu, 5 % bazálních klastik devonu („Old Red“), asi 3 % amfibolitu a stopové množství kvarcitu a hadce.

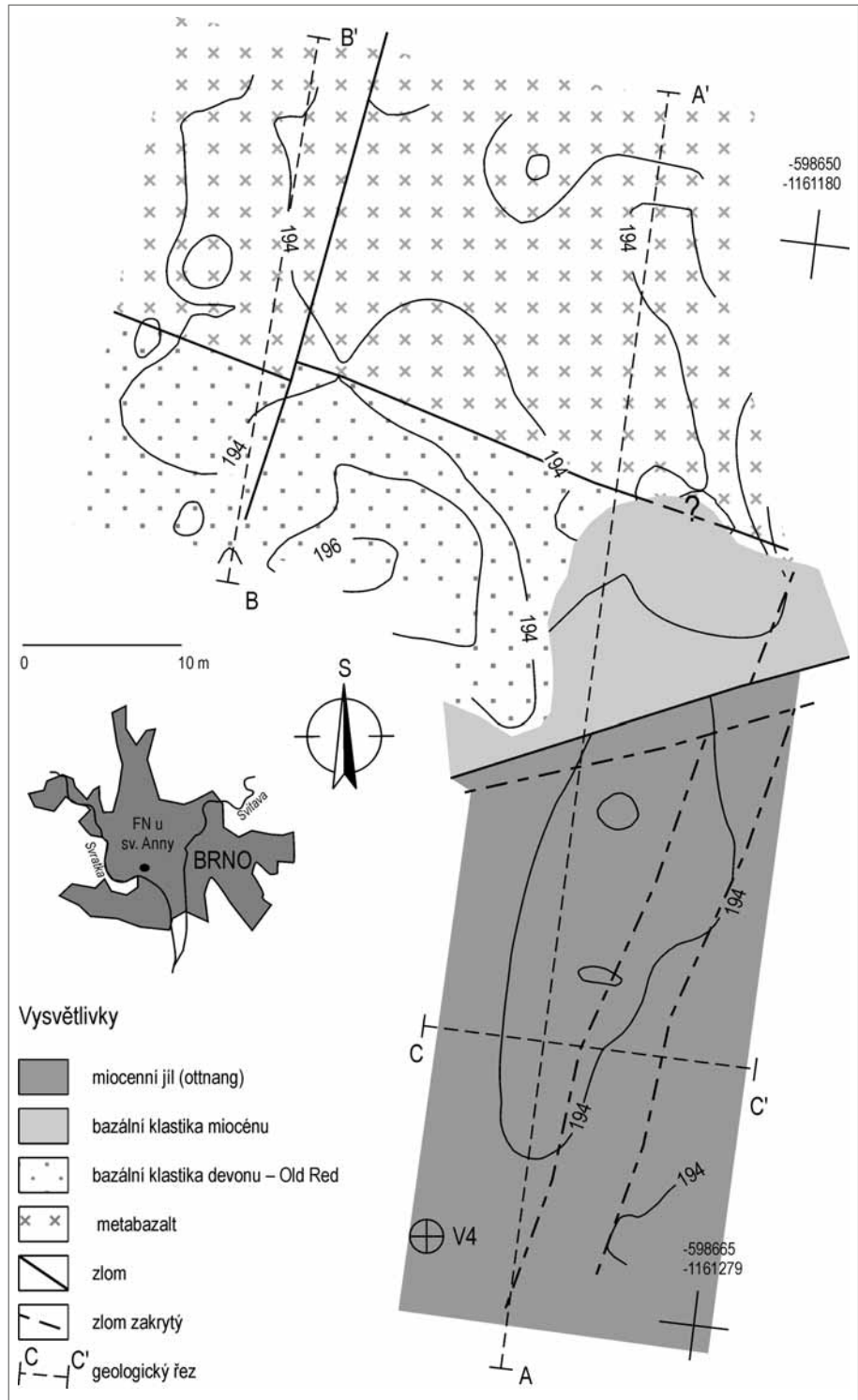
Diskuze

Z uvedených výsledků vyplývá, že prostor staveniště v areálu Fakultní nemocnice má velmi složitý geologický vývoj a tektonickou stavbu budovanou metabazalty, devonskými klastiky, miocenními klastiky a jíly, které byly překryty fluvialními sedimenty řeky Svatky. Miocenní klastika leží pod kvartérními sedimenty, tvoří k SZ vyklíňující těleso mezi devonem a miocenním jílem a poté pokračují jako podloží miocenního jílu (obr. 2).

V ottnangu zasáhla lokalitu transgrese jezer- ních sedimentů. V dřívějších zprávách byly jíly řazeny k badenu na základě vnější podobnosti s vápnatými jíly („tégly“). Od těchto badenských „tégly“ se ottnangské jíly liší tím, že jsou nevápnité, obsahují dolomit a také mineralogické složení jílových minerálů je naprosto odlišné. Popřípadě jsou jíly sekundár- ně vápnité v důsledku přítomnosti práškových agre- gátů kalcitu vzniklých zvě- tráváním v příporchových podmínkách obdobně jako „pseudomycelie“ ve spraších. V bezprostřední blízkosti Fakultní nemocnice zane- chaly své jílovité sedimenty rovněž transgrese v karpatu a badenu (Bubík et al. 2005).

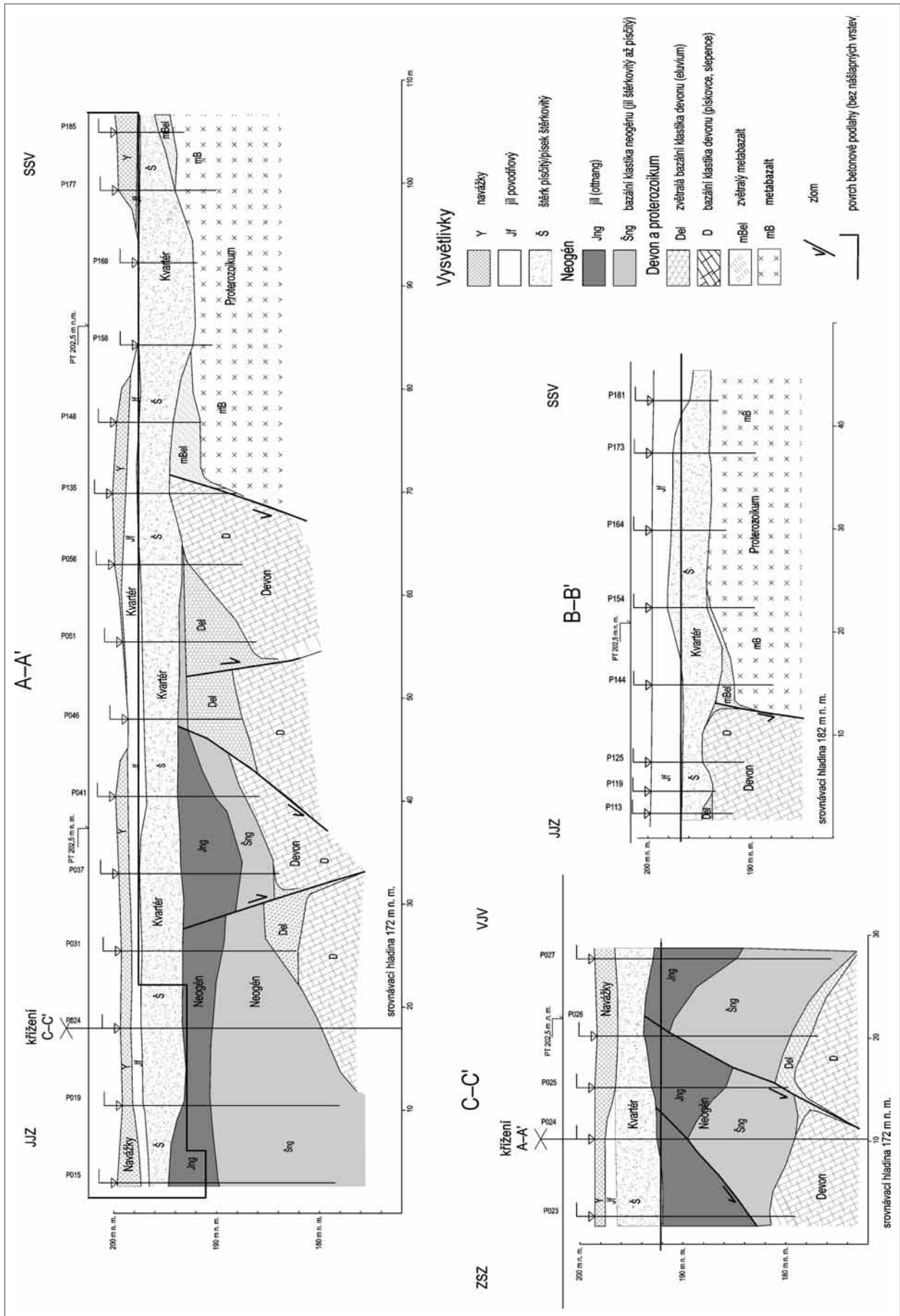
Mikrofauna jílu je ne- pochybně kompletně re- deponovaná. Foraminifery pocházejí primárně z kří- dové sedimentů, jejichž provenience je zatím do jisté míry záhadná. Stratigraficky lze zjištěné druhy zařadit jen přibližně v rámci svrchní kří- dy. Některé z nich přetrvávají do paleocénu (*Ammodiscus planus*, *Pseudonodosinella parvula*). Z paleobiogeografického a paleoekologického hlediska se asociace zdá být nesourodá. Vedle druhů dosud uváděných z křídy Severoamerického kontinentu (*Scherochorella minuta*, *Glomospira watersi*) se vyskytuje i druh popsáný z abysá- lních jílu Indického a Tichého oceánu (*Haplophragmoides decussatus*) a další kosmopolitní druhy. Vzhledem k za-

barvení schránek, stejné fosilizaci (silicifikaci), podobné zrnitosti a složení aglutinovaných schránek pochází fauna nejspíše z jednoho společenstva a není výsledkem smíchání mikrofosilií z různých souvrství při redepozici. I když uvážíme, že při zvětrávacích procesech mohlo dojít k odvápnění původních zdrojových sedimentů a vápnitá složka společenstva chybí, je zřejmé, že aglutinovaná fauna



Obr. 1: Odkrytá geologická mapa vzniklá 3D interpretací výsledků geotechnického sledu základových prací, 194 m n. n. BPV (podle Poula 2011).

Fig. 1: Geological map of 3D interpretations of the foundation works geotechnical supervision, RL 194 m (after Poul 2011).



Obr. 2: Geologické řezy složitou tektonickou stavbou podloží komplexu ICRC (podle Poula 2011).

Fig. 2: Geological cross-sections of the complicated structural composition of the ICRC komplex foundation soil (after Poul 2011).

je hlubokomořská (batyální). Podobná aglutinovaná fauna byla zjištěna v šedých nevápnitých jílech ottnangu i v Líšni, Bohunicích, Kníničkách, Popůvkách aj.

Zjištěná mikrofauna ukazuje na složitou a v současné době již setřenou morfologii a geologickou stavbu v okolí Brna v miocénu. V této době patrně v okolí existovaly křídové sedimenty, které byly erodovány, rozplaveny a jejichž fauna byla redeponována do miocenních sedimentů. Tektonické pohyby ve spodním miocénu se projeví v okolí Brna vznikem systému rozsáhlých průtočných jezer (a příbřežních lagun?) a dále na JV mořskou záplavou. Tato etapa vývoje karpatské předhlubně na dnešním území fakultní nemocnice zanechala šterky (většina materiálu je rozložený metabazalt) a jíly ottnangského stáří.

Jíl ottnangského stáří je zaklesnut podél paralelní větve poklesového zlomu orientace VSV–ZJZ. Silné tektonické porušení poukazuje na výrazné gravitační síly (extenze, horizontální posuny), které v době po odeznění alpínského vrásnění formovaly tektonickou stavbu v podloží města Brna. Po odeznění tektonických pohybů v karpatské předhlubni docházelo k postupnému vyklízení sedimentů z hlubokých údolí paleotoků tekoucích k JV. Vyklízení jílu a jílovito-prachovitých sedimentů bylo spojeno s rychlým

zařezáváním řek i drobnějších vodních toků. Rychlost zařezávání evidentně výrazně překračovala rychlost plošné eroze, což způsobovalo vznik rozsáhlých sesuvů (např. Brno-Medlánky, viz Poul et al. 2011). Aktivní byly zejména zlomy směrů SSZ–JJV a ZSZ–VJV, kdy zakleslé „kry“ ochránily snadněji erodovatelné neogenní sedimenty, naopak na nezakleslých krách byly jíly erodovány a z některých údolí zcela vyklizeny (např. pod brněnským výstavištěm). Na jiných místech (pokleslé kry a vzniklé příkopy) byly nově vzniklé deprese soustavně vyplňovány pleistocenními sedimenty brněnských řek (Svratka, Svitava). Dle provedené valounové analýzy kvartérních šterků většina materiálu (71 %) pochází z Vysočiny (rula, pegmatit, křemen), zbytek je převážně místní proveniencie (granitoidy, matabazalt, devonské pískovce a slepence).

Poděkování

Článek vznikl na základě dat získaných při geotechnickém monitoringu výstavby založení komplexu ICRC v areálu FN u sv. Anny v Brně s laskavým souhlasem OHL ŽS, a. s. (zakázka 04-11-2011, iGEO, RNDr., Ivan Poul, Ph.D.). Děkujeme recenzentům prof. RNDr. Rostislavu Brzobohatému, CSc. a RNDr. Jiřímu Otavovi, CSc. za pomoc a připomínky.

Literatura

- Balun, D. (2003): Zpráva o geologických, hydrogeologických a základových poměrech akce Brno, Pekařská 53/55 v Brně – laboratorní pavilon a přístavba. – MS, Dušan Balun, Horská 10, 616 00 Brno.
- Balun, D. (2005): Brno, Pekařská ul. – FN u sv. Anny hydroprůzkum pro SV prostor areálu. – MS, Dušan Balun, Horská 10, 616 00 Brno.
- Bubík, M. – Petrová, P. – Brzobohatý, R. – Hladilová, Š. – Mikuláš, R. (2005): Sedimenty karpátu a spodního badenu na ulici Kopečná v Brně. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2004, 20–24. Brno.
- Koubová, M. – Boháček, Z. – Ondruš, P. (2003): Charakteristika jílových minerálů z průzkumné štoly Jiřina pro stavbu silnice 1/42 VMO Dobrovského A. – MS, ČGS. Praha.
- Poul, I. (2009): Vliv mineralogického složení na mechanické vlastnosti zemin. – MS, disertační práce. Ústav geotechniky, FAST VUT v Brně.
- Poul, I. (2010): Závěrečná zpráva o provedeném doplňkovém inženýrskogeologickém průzkumu pro stavbu nových objektů ICRC v areálu FN u sv. Anny v Brně. – MS, OHL ŽS. Brno.
- Poul, I. (2011): Závěrečná zpráva o provedeném geotechnickém sledu realizace hlubinných základových konstrukcí komplexu ICRC v areálu Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně (etapa 1). – MS, OHL ŽS. Brno.
- Poul, I. – Krejčí, O. – Hubatka, F. (2010): Fossilní sesuvy v neogenních mořských jílech na severu brněnské aglomerace – podceněný aspekt pro založení obytných staveb. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku. 195–198, Brno.