

SEDIMENTÁRNĚ-GEOLOGICKÉ STUDIUM VYBRANÝCH KVARTÉRNÍCH SEDIMENTŮ V OKOLÍ BRNĚNSKÉ PŘEHRADY

Sedimentological study of the selected Quaternary deposits in the area of the Brno dam

Marek Mikulík¹, Slavomír Nehyba¹, František Hubatka²

¹ Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: 175886@mail.muni.cz

² Kolej Consult & servis s. r. o., Křenová 35, 602 00 Brno

(24-32 Brno)

Key words: fluvial deposits, lithofacies, Pleistocene

Abstract

Outcrops of Quaternary deposits are lining banks of the Brno dam. One of them is situated on the left bank ~ 250 m NW of the Osada pier. The sedimentary profile of Pleistocene deposits is composed of fluvial deposits of the Paleo – Svatka River covered by colluvial and eolian (loess) deposits. Alternation of various facies and various grain-size fractions reveals alternation of more or less arid conditions and also evolution of the surrounding landscape.

Úvod

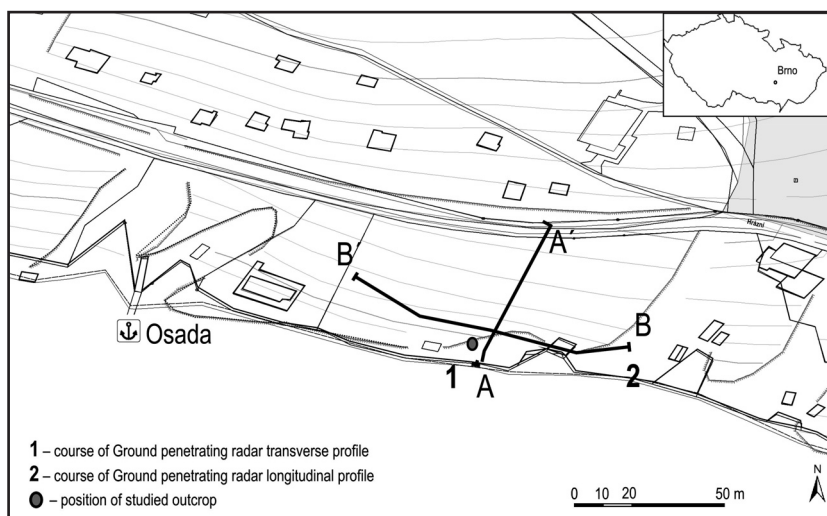
Pro studium kvartérního vývoje krajiny jsou v našich podmínkách zajímavé zvláště různě mocné akumulace zejména fluviálních a eolických sedimentů v sepětí s morfológií jejich těles ve vazbě na vývoj okolního reliéfu. Rozsáhlým fluviálním akumulacím označeným jako říční terasy věnovali v brněnském prostoru pozornost např. Říkovský (1932a, 1932b), Zapletal (1927–1928), Musil 1982, Čurda et al. (1994), Müller et al. (2000) a mnozí další. Fluviální sedimenty spojované s řekou Svatkou se mimo jiné nachází v prostoru Brněnské přehrady, kde proběhla předložená studie.

Studovaná lokalita je situována na levém břehu brněnské přehrady cca 250 m sz. od zastávky Osada (obr. 1). Báze profilu leží ve výšce 233,5 m n. m. GPS souřadnice jsou 49°14'44.9" N, 16°30'13.5" E. Stěna profilu je vysoká cca 4,5 m a dlouhá cca 20 m. Orientace výchozu je SZ–JV.

Metodika

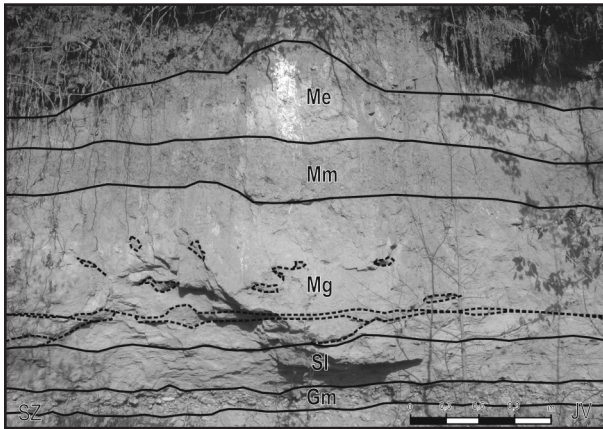
V rámci sedimentárního profilu (obr. 2) bylo vyčleněno 5 litofacií (faciální analýza Nemeč 2005, Miall 1996) a odebráno celkem 6 vzorků pro zrnitostní analýzu. Ke studiu zajištěných vzorků byl použit vibrační síťovací přístroj zn. Retsch AS 200 (frakce 0,063–4,00 mm, síťování za mokra) v kombinaci s laserovým granulometrem Cilas 1064 (frakce 0,04–500 μm). Statické parametry zrnitosti sedimentů byly počítány dle vzorců Folk & Ward 1957, klasifikace sedimentů dle Konty 1973.

Petrografickému studiu hrubé zrnitostní frakce (tj. nad 4 mm) bylo podrobena celkem 917 klastů [zaoblení zrn dle Powers (1953), tvar zrn dle tvarových tříd Zinggovi klasifikace (1935)]. Součástí studia sedimentů bylo měření objemové magnetické susceptibilitě. Měření proběhlo za pomoci kappa můstku KLY–4. Vzorky byly upraveny do válečku cca ø 25 × 22 mm. Jedno měření probíhalo cca 25 sekund. Bylo realizováno celkem 158 měření na 32 vzorcích, odebraných vždy po 0,1 m ze zčištěné stěny profilu. Měření, které vykazovalo výrazné odchylky, bylo opakováno natáčením vzorku ve snímací cívice (až 10 měření). Běžně však postačila pouze 3 měření. Získaná data byla přepočítána na hmotnostně – specifickou susceptibilitu (χ) vyjádřenou v m³.kg⁻¹.



Obr. 1: Schematická pozice studovaného výchozu a průběh georadarových řezů.

Fig. 1: Schematic position of studied outcrop and the courses of Ground penetrating radar profiles.



Obr. 2: Faciální architektura zájmového výchozu.
Fig. 2: Facies architecture of the studied outcrop.

Dva georadarové profily s využitím geofyzikálního radaru Pulse Ekko Pro při frekvenci 50 MHz, rozestupem antén 3 m a krokem měření 0,5 m byly na lokalitě provedeny za účelem bližšího poznání tvaru sedimentárních těles a charakteru podloží. Z důvodu interpretace naměřených profilů byla provedena také jedna sonda vertikálního elektrického sondování VES.

Výsledky a jejich interpretace

Při bázi profilu vystupuje těleso hrubozrnného šterku s podpůrnou strukturou valounů až písčité matrix. Maximální velikost klastů byla 25 cm (osa A), běžně však kolem 10 cm. Svrchní hranice tělesa šterku je nerovná. V rámci tělesa lze identifikovat hrubé planární zvrstvení a sediment přiřadit k facii Gm (Miall 1996). Byla pozorována přednostní orientace valounů a(p) a(i) i a(t) b(i), v rozmezí od 284°–324° (12 měření). Valounová analýza (frakce nad 8 mm, 376 klastů) ukazuje na značné zastoupení rul (38,6 %). Běžně jsou hlavně středně zrnité muskovitické, dvojslídnné, načervenalé (růžové) až světle šedé typy (s dobře vyvinutou foliací) s převážně diskovitým (44,3 %) nebo čepelovitým (34,2 %) tvarem. Tvary sloupcovité (17,4 %) a sférický (5,1 %) jsou méně zastoupeny. Valouny rul byly většinou polozaoblené (47,4 %) a zaoblené (35,5 %) nebo poloostrohranné (16,8 %). Hojně zastoupení vykazují také bělavé až světle šedé, místy načervenalé valouny křemene (23,1 %), které mají nejčastěji diskové, sférické a vřetenovité tvary, méně často pak tvary čepelovité. Valouny křemene byly zejména poloostrohranné (48,9 %) nebo polozaoblené (36,4 %). Ze sedimentárních hornin byly zastíženy jemnozrnné až středozrnné, šedé, světle až rezavě hnědé pískovce (16,8 %), které jsou obvykle zaoblené, výjimečně polozaoblené. V malém množství (první procenta) byly zastíženy jemnozrnné křemenné pískovce a středozrnné arkózy. Tyto mají především diskovité, čepelovité nebo vřetenovité (jednotlivě do 28 %) tvary, méně pak tvary sférické a jsou dobře až velmi dobře zaoblené (79,9 %) nebo polozaoblené (20,1 %). Z dalších hornin byly zastíženy zaoblené převážně diskovité či čepelovité valouny svoru (11,7 %), metabazitu (2,1 %), křemen – živcového agregátu (1,6 %), amfibolitu (1,1 %), dioritu (1,1 %), granitoidů (0,9 %) a tmavě hnědé až světle černého rohovce (0,6 %). Facie Gm je interpretována jako produkt

fluviální sedimentace, spojovaný především s tvorbou říčních (vnitrokorytových?) valů. Tyto sedimenty zařazují (Müller et al. 2000) do období spodního a začátku středního pleistocénu (günz – mindel) mezi tuřanskou a rebešovickou terasu. V pojetí Zapletala (1927–1928) se jedná o říční terasu B (30 m nad hladinou řeky) a dle Říkovského (1932a) o úroveň I/1 (20 m). V geologické mapě (Cícha et. al 1967) jsou tyto sedimenty zakresleny jako fluviální šterkopísky mladšího mindelu (rebešovická terasa). Pro valouny je typická relativně vzdálenější zdrojová oblast, kde výraznou roli zaujímají ruly moravika a svrateckého krystalinika. Určitou roli hrály také sedimenty boskovické brázdy a nejspíše i starší fluviální sedimenty stáří ottnang známé v okolí.

V nadloží šterku se vyskytuje středně zrnitý až jemnozrnný písek střídající se s mírně zvlněnými laminami šedohnědého siltu, případně až světle žlutohnědý, jemně slídnatý až jemnozrnný písek s občasnou přítomností valounků do 3 cm. Mocnost vrstvy nepřesahuje 0,45 m a její strop i báze jsou nerovné. Granulometrické studium ukázalo dominanci prachové (49 %) a písčité frakce (48 %), podružně pak frakce jílové (2 %) a šterkové (1 %). Sediment vykazoval špatné vytřídění, přičemž hodnota koeficientu σ_I odpovídala 1,9 Φ (Folk & Ward 1957). Medián Mz dosahoval hodnoty 4,45 Φ (0,044 mm). Sediment lze spojit s facii Sl (Miall 1996). Při svrchní hranici tohoto tělesa byly vzácně zjištěny izolované až 30 cm velké poloostrohranné klasty granodioritu. Tyto sedimenty spojujeme jednak s fluviální činností, kdy se nejspíše jedná o průvalové sedimenty usazené již mimo paleokoryto. Přítomnost málo opracovaných klastů tvořených horninami nejbližšího okolí (tj. brněnského masivu) spojuje jejich původ s činností gravitace a ukazuje na existenci výrazného ukloněného reliéfu se slabě zvětralými odkryvy granitoidů v době sedimentace.

Výše v nadloží vystupuje komplex (mocný až 1,4 m) světle šedých, světle hnědých, zrzavě šmouhovaných vápnitých písčitých siltů se šikmou až mírně zvlněnou laminací, ve kterých vystupují občasná nepravidelně klínovitá až čokovitá tělesa šterkovitého písku s ostrohrannými klasty (max. osa A do 1 cm), případně ve vyšších partiích jednotlivé roztroušené klasty s délkou osy A až do 0,7 cm (facie Mg). Komplex je charakteristický nerovnou bází i stropem. Pro laminované písčité siltu (2 zrnitostní analýzy) je charakteristická dominance prachové frakce (60–68 %), frakce písčité (jemnozrnný a velmi jemnozrnný písek) představuje 28–31,5 % a přítomnost jílové složky je velmi malá (< 3%). Koeficient vytřídění σ_I se pohyboval v hodnotách 1,9–3,0 Φ . Medián Mz dosahoval hodnot 4,4 až 5,1 Φ (0,03 až 0,053 mm). Tělesa šterkovitého písku mají velmi nepravidelný tvar i mocnost (vzácně až 15 cm), nepravidelná je také jejich báze i strop. Zřetelná je dominance písčité frakce (57 %) a významný podíl frakce šterkové (31 %). Prachová komponenta představuje 11,5 % a jílová pouze do 0,5 %. Šterkovitý písek byl špatně vytříděný (koeficient σ_I je roven 2,5 Φ) a medián Mz dosahoval hodnoty -0,59 Φ (1,47 mm). U facie Mg lze uvažovat o eolicko-koluviální sedimentaci. Šmouhované písčité siltu můžeme spojit s usazováním ze vzdušné masy

a nepravidelná tělesa s ostrohrannými klasty s kombinací gravitačních a fluviálních procesů. Tyto procesy lze spojit se střídáním relativně chladnějších a sušších období s obdobími relativně teplejšími s fluviálně-aluviálními splachy především ostrohranných zvětralin nejbližšího okolí a podřízeně také starších sedimentů. Během této fáze sedimentace docházelo k postupnému zarovnávaní reliéfu.

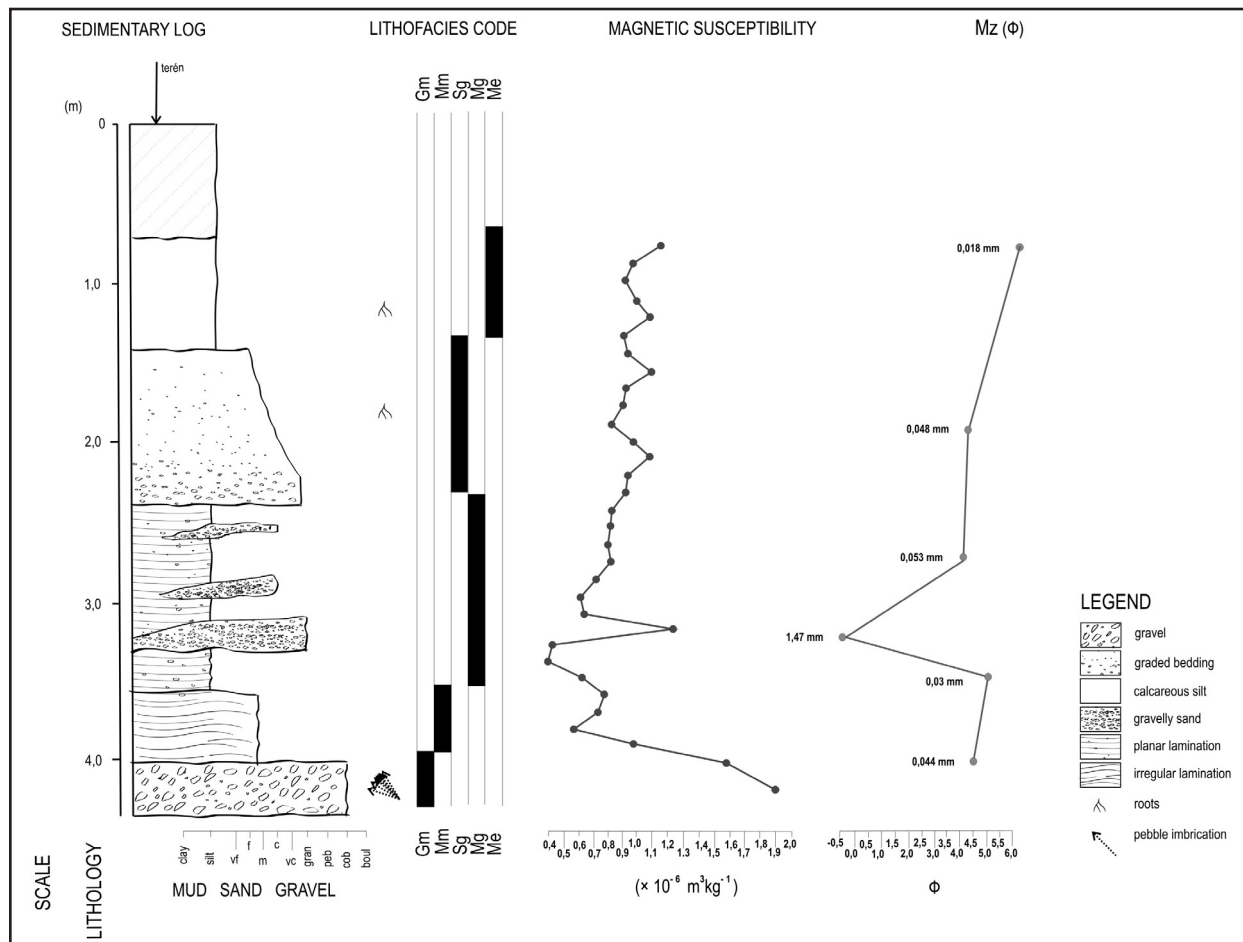
V nadloží vystupuje facie Mm tvořená sytě hnědým zahliněným písčítým siltem s hojnou přítomností angulárních až subangulárních klastů růžového až načervenalého granitu až granodioritu (max. do 0,5 cm, osa A) a občasným výskytem zaoblených až polozaoblených valounů (do 5 cm). Ostrohranné klasty jsou přítomny zejména na bázi a díky ubývání jejich přítomnosti směrem vzhůru vykazuje facie pozitivní gradaci. Dále jsou typické časté stopy po kořenech a projevy pedogeneze. Mocnost tělesa je proměnlivá, nepřesahuje však 0,85 m. Granulometrické studium ukázalo dominanci prachové komponenty (66 %) a významný podíl písčité frakce (29 %). Jílová frakce představuje 2 %, šterková frakce je reprezentována 3 %. Písčítý silt vykazoval špatné vytřídění (koeficient σI je roven 3,49 Φ). Medián Mz odpovídal hodnotě 4,45 Φ (0,048 mm).

Nejvyšší část profilu představuje světle žlutohnědý masivní vápnitý písčítý silt (facie Me) se stopami po kořenech. Mocnost tělesa je do 0,8 m. Facie je charakteristická vysokým zastoupením prachové frakce (79 %) a absencí

šterkové složky. Písčítá složka je reprezentována 17 % a jílovitá složka 4 %. Sediment vykazoval špatné vytřídění, přičemž hodnota koeficientu σI odpovídala 2,1 Φ (Folk & Ward 1957). Medián Mz dosahoval 5,9 Φ (0,018 mm). Facie Me představuje produkt eolické sedimentace a lze ji označit za sprašový sediment.

Petrografické složení hrubé zrnitostní frakce (tj. nad 4 mm) zjištěné v rámci facie Sl (72 klastů) i nadložních facií Mg (331 klastů) a Mm (138 klastů) je vcelku jednotné. Typická je dominance angulárních až subangulárních zrn křemene (40–50 %) a červeného až růžového granitu až granodioritu (35–42 %). Nejčastější jsou tvary sférické a diskovité, méně pak vřetenovité. Z dalších hornin byly podřadně zastoupeny křemen-živcový agregát, jemnozrný vápenec, rula, svor, metabazit a pískovce. Tyto klasty mají obvykle diskovitý či vřetenovitý tvar a jsou především polozaoblené (pískovce, svor) až subangulární (křemen-živcový agregát).

Magnetická susceptibilita (MS) byla vyhodnocena celkem u 32 vzorků z facií Gm, Sl, Mg, Mm i Me. Měřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí od $0,419 \times 10^{-6}$ do $1,905 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšších hodnot MS bylo dosaženo ve facii Gm (v rámci písčité až písčito-šterkovité matrix hrubozrného šterku) cca 0,1 m nad úrovní báze studovaného profilu ($1,905 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$), zatímco nejnižších hodnot dosahovaly vápnitě písčité sily cca 0,2 m



Obr. 3: Litologický profil, hodnoty magnetické susceptibilita a střední velikosti zrna (Mz).

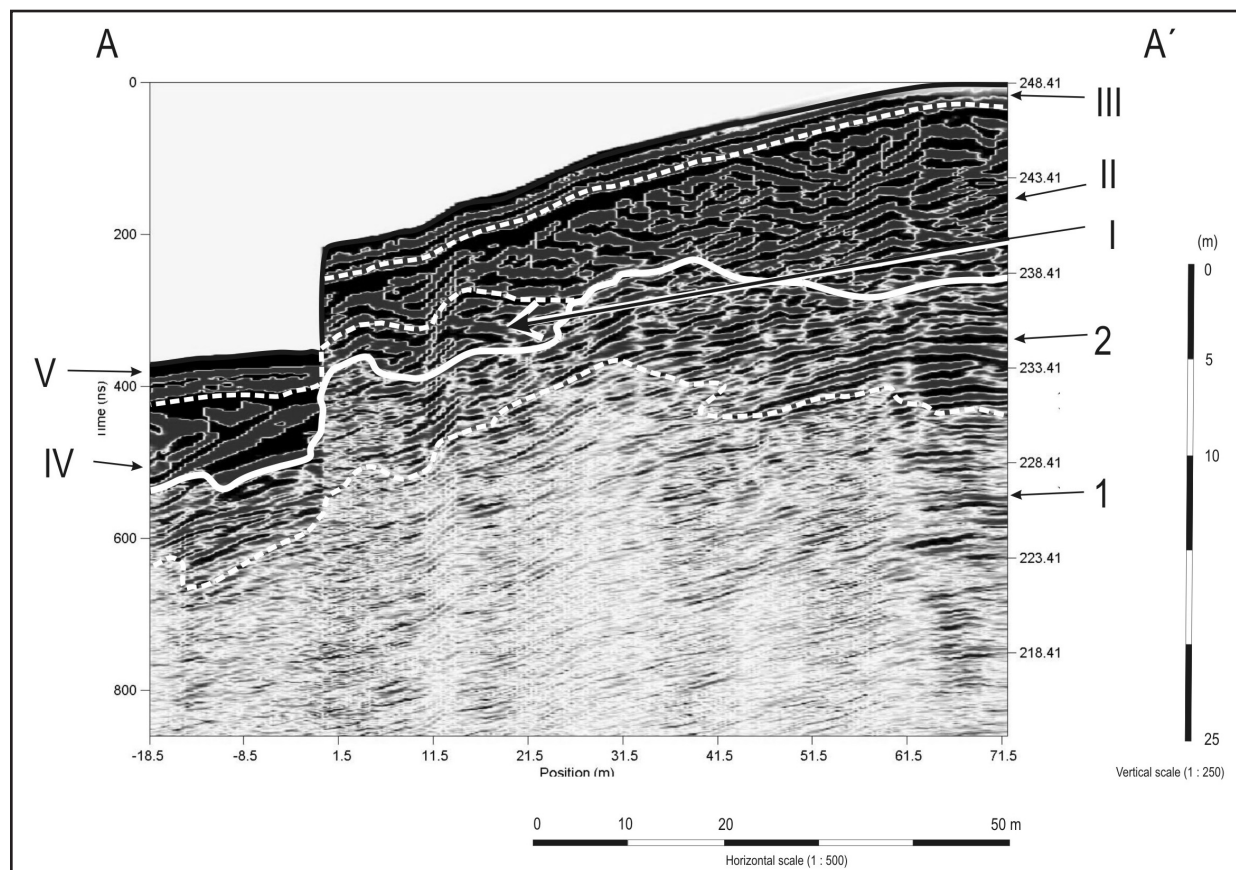
Fig. 3: Lithology, values of magnetic susceptibility and mean grain size (Mz) of the studied profile.

nad bází facie Mg ($0,418 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$). V rámci sedimentárního profilu (tj. od 1,1 m nad úrovní báze profilu) lze již pozorovat relativně konstantní nárůst MS směrem do nadloží. Výjimku zde tvoří hodnota dosažená ve facii Mg, kde těleso štěrkovitých písků představuje nárůst MS. MS pro jemnozrnnější frakce (píscité silty) se pohybuje mezi hodnotami $0,418$ až $1,15 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, kdežto hrubozrnnější frakce (štěrkovitý písek) kopírují vyšší hodnoty MS. Dosažené výsledky jsou znázorněny na obr. 3.

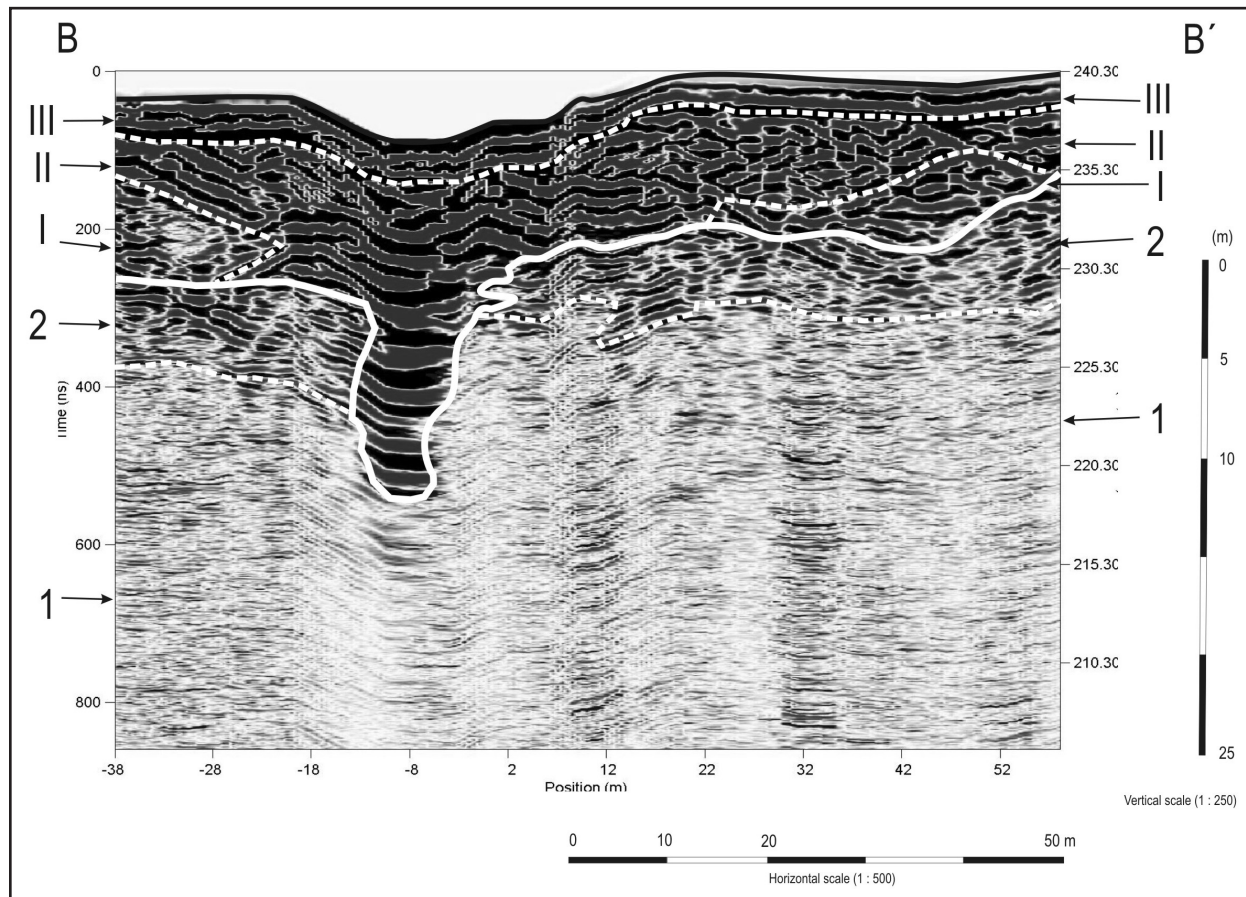
V příčném georadarovém řezu (obr. 4) se nezvětralé skalní podloží nachází v hloubce 8 až 18 m (těleso 1). V nadloží je vyvinuto velmi nepravidelné těleso nejspíše zvětralin o mocnosti až 10 m (těleso 2). Lze pozorovat nepravidelný úklon skalního podloží generelně k JZ. Tato tělesa nevystupují v nejbližším okolí studovaného území na povrch. Velmi nápadné je seříznutí svrchní části tělesa zvětralin v protažení erozního klifu na březích dnešního přehradního jezera. Nadloží tělesa zvětralin je odlišné v místech pod hladinou údolní nádrže a v rámci jejich břehů (to zčásti ukazuje na genezi nadložních sedimentů). V místech břehu nacházíme v přímém nadloží tělesa 2 několik sedimentárních poloh s ukloněnými (agradacními) a planárními vnitřními reflexy, které označujeme jako těleso I. Tyto sedimenty lze interpretovat jako fluvialní, spojit je nejspíše s faciemi Gm a Sl studovanými v rámci březního klifu. Fluvialní sedimenty tedy zasahují asi kolem

30 m od okraje abrazního klifu směrem k SV. Těleso II v nadloží je tvořeno řadou drobnějších poloh, které mají nepravidelně protáhlou korytovitou bázi, masivnější charakter reflexů často rovnoběžných s bází poloh. Sedimenty tohoto tělesa lze spojit s faciemi Mg, Mm a Me a jejich deluviálně-eolickým charakterem. Nejvyšší část profilu je pak tvořena subhorizontálně uloženým tělesem III s detailnějšími reflexy rovnoběžnými se subhorizontální bází tělesa. Tyto sedimenty odpovídají půdní vrstvě. V oblasti pod hladinou jezera jsou v nadloží zvětralinového pláště hornin brněnského masivu (těleso 2) vyvinuty sedimenty s nepravidelnou bází a relativně masivními reflexy ukloněnými směrem k JZ (těleso IV). Charakter reflexů je relativně podobný situaci v rámci výše popsaného tělesa II. Tyto sedimenty proto spojujeme s říčním břehů přehradního jezera ve spojení s březní nátrží a následnou akumulací (spolu s částečným rozplavením) podél okraje přehrady při počátečních stadiích formování březního pásma přehradního jezera. V nadloží tělesa IV leží sedimenty tělesa V. Můžeme pozorovat horizontální bázi, deskovitý tvar a vcelku rovnoběžný průběh relativně detailních vnitřních reflexů. Sedimenty lze spojit jednak se sedimentací v březní zóně přehradního jezera i s usazením především pod hladinou vody.

V podélném řezu (obr. 5) se povrch skalního podloží nachází v hloubce 5 až 7 m. Nápadný je skok v hloubce pře-



Obr. 4: Příčný georadarový profil. Legenda: 1 – nezvětralé skalní podloží; 2 – zvětralinový plášť; I – fluvialní sedimenty; II – koluviálně-eolické sedimenty; III – půdní kryt; IV – sedimenty spojené s říčním břehů přehradního jezera; V – sedimenty přehradního jezera.
 Fig. 4: Ground penetrating radar transverse profile. Explanation: 1 – solid rocks of Brno Massif; 2 – weathered rocks of Brno Massif; I – Quaternary fluvial deposits; II – Quaternary colluvial and eolian deposits; III – soils; IV – collapsed parts of the bank cliff; V – modern deposits of the Brno reservoir.



Obr. 5: Podélný georadarový profil. Legenda: 1 – nevětralé skalní podloží; 2 – zvětralinový plášť; I – fluviální sedimenty; II – koluviálně-eolické sedimenty; III – půdní kryt.

Fig. 5: Ground penetrating radar longitudinal profile. Explanation: 1 – solid rocks of Brno Massif; 2 – weathered rocks of Brno Massif; I – Quaternary fluvial deposits; II – Quaternary colluvial and eolian deposits; III – soils.

devším nevětralého skalního podloží odpovídající poloze erozní rýhy (v protažení Rokle). To ukazuje na tektonickou predispozici tohoto erozního tvaru vzniklého především ronovou činností. Vpravo a vlevo od erozní rýhy můžeme pozorovat rozdílnou mocnost zvětralinového pláště, i jeho zvlněný povrch. V nadloží krystalinických hornin jsou dva izolované výskyty sedimentů tělesa I, které mají zvlněný průběh báze. Vnitřně lze odlišit kombinaci konvexního a konkávního průběhu reflexů. Sedimenty tělesa II nasedají někde na zvětralé skalní podloží, jinde kryjí sedimenty tělesa I. Polohy sedimentů tělesa II mají nepravidelnou protáhlou korytovitou bázi, masivnější charakter reflexů rovnoběžný s bází. Erozní rýha je vyplněna také těmito horizontálně uloženými sedimenty, které zde vykazují subhorizontální průběh reflexů. Vyšší partie tělesa II, zvláště při okrajích erozní rýhy a tam, kde kryjí podložní sedimenty, mají ukloněný průběh. Nejvyšší část profilu pak tvoří generálně deskovité, v místech erozní rýhy konvexně

prohnuté, těleso III. Jeho báze má zvlněný charakter se zahlužením v místě erozní rýhy a reflexy jsou obecně horizontální, když kopírují průběh báze.

Pleistocenní fluviální sedimenty tedy sedimentovaly v zájmovém prostoru přímo na horniny brněnského masivu. Starší neogenní sedimenty (známé z blízkého okolí) byly ze zájmového prostoru v rozhodující míře vyklizeny před jejich usazením. Relativně výrazný reliéf byl následně (tj. po usazení fluviálních sedimentů) částečně zarovnan především díky koluviálně-eolické sedimentaci. V rámci málo odolných koluviálně-eolických sedimentů vznikaly erozní rýhy, které byly ve spodních partiích vyplňovány výše ve svahu erodovaným materiálem.

Poděkování

Studium bylo částečně podpořeno grantem GA ČR 205/09/0103.

Literatura

- Cícha, I. et al. (1969): Základní geologická mapa 1 : 25 000, list M-33-106-A-c (Brno-západ). – Ústřední ústav geologický Praha.
- Čurda, J. et al. (1994): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů, list 24-32 Brno. – Český geologický ústav Praha.
- Folk, R. L. – Ward, W. (1957): Brazos River bar: a study in the significance of grain-size parameters. – *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3–26.
- Konta J. (1973): Kvantitativní systém reziduálních hornin, sedimentů a vulkanoklastických usazenin. – Petrografický ústav UK Praha.
- Miall, A. D. (1996): *The geology of fluvial deposits*. — Springer-Verlag, 1–582. Berlin.
- Müller, P. – Novák, Z. – Bubík, M. – Buriánková, K. – Čurda, J. – Eliáš, M. – Gilíková, H. – Gregerová, M. – Grym, V. – Hanák, J. – Hanžl, P. – Havlíček, P. – Hrádek, M. – Kadlec, J. – Krejčí, O. – Květoňová, E. – Melichar, R. – Müller, V. – Müllerová, H. – Novák, M. – Otava, J. – Pálenský, P. – Petrová, P. – Píše, J. – Sedlák, J. – Šmerdová, B. – Valoch, K. – Vít, J. (2000): *Geologie Brna a okolí*. — Český geologický ústav Brno.
- Musil, R. ed. (1982): Kvarter brněnské kotliny – Stránská skála IV. – *Studia geographica*, 80, 1–283. Brno.
- Nemec, W. (2005): *Principles of lithostratigraphic logging and facies analyses*. – Institut for geovitenskap, Uni. Bergen, 1–28.
- Powers, M. C. (1953): A new roundness scale of sedimentary particles. – *Journal of Sedimentary Petrology*, 23, 117–119.
- Říkovský, F. (1932a): Fluviatilní terasy střední Svratky. – Spisy vydávané Přírodovědeckou fakultou Masarykovy university, 152, 1–22. Brno.
- Říkovský, F. (1932b): Předmiocenní reliéf a miocenní plošiny v oblasti střední Svratky. – Spisy vydávané Přírodovědeckou fakultou Masarykovy university, 149, 1–21. Brno.
- Zapletal, K. (1927–1928): Geologie a petrologie okolí brněnského. – *Časopis Moravského zemského musea*, XXV, 67–111.
- Zingg, T. (1935): Beitrag zur Schotteranalyse, *Schweizerische Mineralogische Petrogische Mitteilungen*, 15, 39–140.