ISSN 1211–8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
CVII (2022): 2, 187–201, 2022

INTERPRETACE DEPOZIČNÍHO PROSTŘEDÍ A PROVENIENCE SEDIMENTŮ V LOMU VÝKLEKY (MORAVICKÉ SOUVRSTVÍ, KULM NÍZKÉHO JESENÍKU)

INTERPRETATION OF DEPOSITIONAL ENVIRONMENT AND PROVENANCE OF SEDIMENTARY ROCKS IN THE VÝKLEKY QUARRY (MORAVICE FORMATION, NÍZKÝ JESENÍK CULM BASIN)

DANIEL ŠIMÍČEK, KAMIL KROPÁČ, TOMÁŠ LEHOTSKÝ, JAROSLAV KAPUSTA

Abstract

Šimíček, D., Kropáč, K., Lehotský, T., Kapusta, J., 2022: Interpretace depozičního prostředí a provenience sedimentů v lomu Výkleky (moravické souvrství, kulm Nízkého Jeseníku). – Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae, 107, 2, 187–201 (with English summary).

Interpretation of depositional environment and provenance of sedimentary rocks in the Výkleky Quarry (Moravice Formation, Nízký Jeseník Culm Basin)

The five cores were drilled out in the Výkleky Quarry, in which sedimentary rocks of the Moravice Formation of the Nízký Jeseník Culm Basin are quarried. Detailed lithological description and photodocumentation were performed and each drill-core was sampled for optical microscopic analysis. The studied sedimentary sequence includes various gravity flow deposits, including debris flow, grain flow or turbidity flow sediments. Hemipelagic sediments, representing basin floor environment and pebbly mudstone, representing deposition from the submarine slide, also occur. The vertical sequence reveals progradation of the submarine sand-rich fan onto the basin floor. The dominant part of the sedimentary sequence is represented by distributary channel and sandy lobe deposits of the middle part of the submarine fan system. The provenance analysis based on the Gazzi-Dickinson point-counting method allows interpreting the geotectonic position of the source area in the recycled orogen with the transition to the magmatic arc. Various types of metamorphic rocks predominate over sedimentary and plutonic rocks in the clast assemblage of petromictic conglomerates. This association is similar to the composition of the Račice conglomerates of the Drahany Culm Basin and corresponds to the expected dominant supply of clastic material to the Culm basin from a point source situated in the southern part of Drahany Upland. In contrast, the clast assemblage of pebbly mudstone indicates provenance from local source. The dominance of clasts of acid volcanic rocks corresponds to the intense terrestrial volcanic activity during deposition of the Cvilín and Brumovice Beds of the Moravice Formation. It also demonstrates the complex morphology and presence of temporary depocentres at the front of the Variscan accretion wedge, as can be observed in modern peripheral foreland basins.

Key words: gravity flow deposits, provenance, Moravice Formation, Nízký Jeseník Culm Basin.

Daniel Šimíček, Department of Geology, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Czech Republic; e-mail: daniel.simicek@upol.cz

Kamil Kropáč, Department of Geology, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Czech Republic

Tomáš Lehotský, Department of Geology, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Czech Republic; Regional Museum in Olomouc, nám. Republiky 5, 771 73 Olomouc, Czech Republic

Jaroslav Kapusta, Department of Geology, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Czech Republic

1. ÚVOD

Sedimentace kulmské facie je úzce spjatá s variskými orogenními procesy, které řídily složení, množství a zrnitost detritu i velikost a morfologii moravskoslezské kulmské pánve (Kumpera a Martinec 1995). Výsledkem kombinovaného působení endogenních a exogenních procesů je charakteristický sled střídajících se hrubě rytmický zvrstvených (drobových) a jemně rytmický zvrstvených (heterolitických) sedimentů (Hartley a Otava 2001, Bábek *et al.* 2004). Zpětně lze tyto procesy rekonstruovat na základě distribuce sedimentárních facií a klastického složení sedimentů. Zvláště cenné jsou v tomto ohledu slepence. Drtivá většina kulmských slepenců je geneticky spojená s drobovými rytmy. Složení těchto petromiktních slepenců je relativně homogenní v rámci celé moravskoslezské kulmské pánve a indikuje přítomnost jednoho hlavního vstupu klastického materiálu při jižním okraji pánve, který byl dále dispergován dnovými proudy (Hartley a Otava 2001). V menší míře se v kulmské pánvi vyskytují také slepence, které lze označit jako pebbly mudstone. Do češtiny je tento termín překládán krkolomně jako valounovité jílovce nebo štěrkovité kalovce (např. Francírek *et al.* 2016). V dřívější literatuře jsou tyto sedimenty označovány různě: jako parakonglomeráty, skluzové slepence, tilloidní slepence či gravelity (Prokop 1968, Zapletal 1991, Jiránek 1993, Kumpera a Martinec 1995). Pebbly mudstone se od petromiktních slepenců odlišují genezí i valounovými asociacemi a jsou považovány za epizodickou akumulaci v důsledku podmořských skluzů (Jiránek 1993). To z nich činí důležitý zdroj informací o lokálních podmínkách v kulmské pánvi.

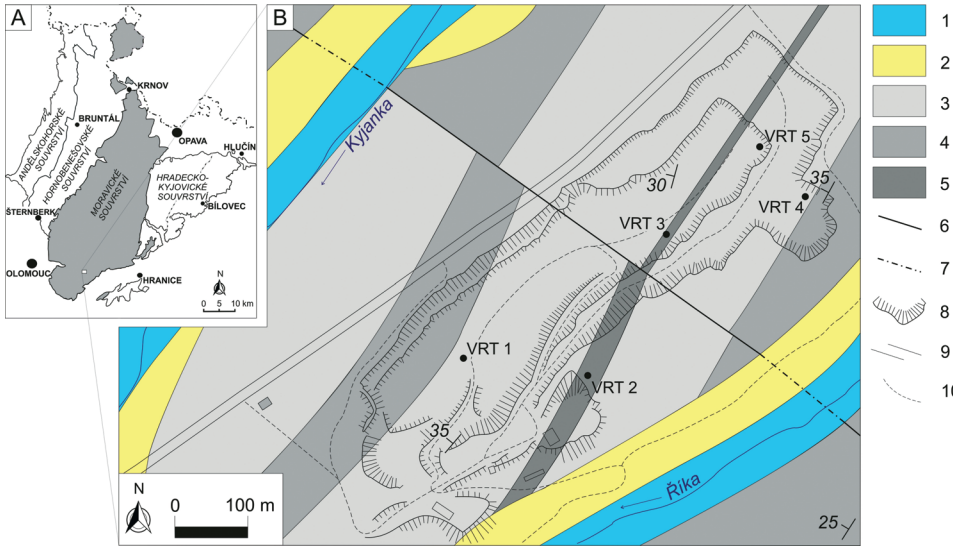
V této práci se zabýváme sedimentologickým a sedimentárně petrologickým studiem hornin v lomu Výkleky (Českomoravský štěrk, a.s.). V lednu 2020 zde byla provedena série vrtů, ve kterých byly zachyceny snad všechny reprezentativní sedimentární facie, se kterými se lze v rámci nízkojesenické části kulmské pánve setkat. Navíc zde byly zastiženy jak petromiktní slepence, tak poměrně mocná poloha pebbly mudstone, což představuje jedinečnou příležitost pro porovnání obou typů psefitů na jedné lokalitě.

2. GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA LOMU VÝKLEKY

V lomu Výkleky jsou odkryty sedimenty moravického souvrství (sv. visé, hranice goniatitových subzón $Go\alpha_2/Go\alpha_3$ až $Go\beta_{mu}$; Kumpera 1976) nízkojesenické části spodnokarbonské moravskoslezské kulmské pánve (obr. 1A). Kulmská facie představuje variskou synorogenní hlubokomořskou sedimentaci, s charakteristickým rychlým přínosem materiálu do pánve a rytmickým střídáním prachovců, drob a slepenců, které se zastupují s jílovci (Kumpera 1983). Sedimenty moravického souvrství dosahují maximální mocnosti 1600 m (Bábek *et al.* 2004). Litostratigrafické členění zahrnuje nejstarší vrstvy bohdanovické a dále cvilínské, brumovické a nejmladší vikštejnské (Kumpera 1966). Zapletal (1977) vyčleňuje na bázi souvrství ještě vrstvy bělské. Vrstvy bohdanovické tvoří především sled tmavošedých jemně rytmicky zvrstvených sedimentů s vložkami drob a slepenců (Dvořák 1994). Pro bělské, cvilínské, brumovické a vikštejnské vrstvy je naopak charakteristická převaha lavicovitých až deskovitých drob až drobových pískovců s vložkami jemnozrnných rytmitů (Kumpera 1966, Dvořák 1994). Moravické souvrství lze na základě faciální distribuce a paleoproudových analýz interpretovat jako cyklickou výplň hlubokomořské periferní předpolní pánve (Hartley a Otava 2001). Cyklicita se projevuje v zastupování jemnozrnných rytmitů v období snížené tektonické aktivity a drobových až slepencových těles v období zvýšené tektonické aktivity ve variském orogénu (Bábek *et al.* 2004). Klastické složení petromiktních slepenců a drob dokládá snižující se podíl materiálu ze sedimentárních/nízce-metamorfovaných zdrojů a narůstající zastoupení klastů plutonických/vysoce-metamorfovaných hornin během sedimentace moravického souvrství (Maštera 1975, Šimíček *et al.* 2012).

3. METODIKA

Aktivní tří-etážový lom na drcené kamenivo se nachází na hranici okresů Přerov a Olomouc, asi 700 m SV od obecního úřadu v obci Výkleky. V lomu Výkleky bylo společností Českomoravský štěrk, a.s. provedeno 5 vrtů (obr. 1B, GPS souřadnice jsou uvedeny v tabulce 1). Hloubka vrtů se pohybovala od 45 m do 75 m. Průměr vrtných jader byl 6,3 cm (vrty 2, 3 a 4) a 8,5 cm (vrty 1 a 4). Vrtná jádra byla detailně popsána přímo v lomu, dle běžně používané terénní metodiky (např. TUCKER 2003). U každé vrstvy byla určena mocnost (nepravá), charakteristika vrstevních kontaktů (pokud bylo možné ve vrtných jádrech zjistit), zvrstvení, zrnitost, stupeň zrnitostního vytřídění a přítomnost dalších znaků, jako jsou intraklasty jílovců nebo bioturbace. V případě slepenců byla na místě popsána i základní petrografie štěrkových klastů, stupeň jejich zaoblení i zrnitost základní hmoty. Všechna vrtná jádra byla detailně fotograficky dokumentována pro potřeby pozdějšího upřesnění terénního litologického popisu. Geometrie vrstev byla studována na lomových stěnách a na několika místech byla také změřena orientace vrstevních ploch geologickým kompasem.



Obr. 1. A – Litostratigrafické členění Nízkého Jeseníku (upraveno podle DVOŘÁKA 1994) s vyznačenou pozicí lomu Výkleky; B – geologická situace v lomu Výkleky a jeho nejbližším okolí (upraveno podle MAŠTERY *et al.* 1991) s vyznačenou pozicí vrtů; 1 – nivní sedimenty (holocén); 2 – koluviální sedimenty (pleistocén–holocén); 3 – droby až slepence (moravické souvrství, spodní karbon, visé), 4 – jílovité břidlice, prachovce až jemnozrnné droby (moravické souvrství, spodní karbon, visé); 5 – pebbly mudstone (moravické souvrství, spodní karbon, visé), 6 – zlom ověřený, 7 – zlom zakrytý, 8 – okraj etáže lomu, 9 – hlavní silnice, 10 – vedlejší cesta.

Fig. 1. A – Lithostratigraphic sub-division of the Nízký Jeseník Mountains (modified from DVOŘÁK 1994) with position of the Výkleky Quarry; B – Geological settings of the Výkleky Quarry (modified from MAŠTERA *et al.* 1991) with position of drill cores; 1 – Floodplain sediment (Holocene); 2 – Colluvial sediments (Pleistocene–Holocene); 3 – Graywacke and Conglomerate (the Moravice Formation, Lower Carboniferous, Viséan), 4 – Shale, Siltstone, fine-grained Graywacke (the Moravice Formation, Lower Carboniferous, Viséan); 5 – Pebbly Mudstone (the Moravice Formation, Lower Carboniferous, Viséan), 6 – verified fault, 7 – covered fault, 8 – edge of the quarry level, 9 – main road, 10 – side road.

Tabulka 1. GPS souřadnice vrtů v lomu Výkleky.
Table 1. GPS coordinates of drill cores in the Výkleky Quarry.

	zem. šířka (N)	zem. délka (E)
VRT 1	49.5604607	17.4868651
VRT 2	49.5603259	17.4891097
VRT 3	49.5622120	17.4904415
VRT 4	49.5627030	17.4928029
VRT 5	49.5632912	17.4918341

Petrografický popis drob byl proveden na pěti výbrusových preparátech. Minerální složení drob bylo studováno polarizačním mikroskopem Olympus BX-41 s využitím standardní Gazzi-Dickinsonovy metody planimetrické analýzy, která minimalizuje vliv zrnitosti sedimentu na minerální složení (např. INGERSOLL *et al.* 1984). V každém výbrusovém preparátu bylo identifikováno alespoň 300 zrn. Výsledky byly vyneseny v provenienčních ternárních diagramech DICKINSONA *et al.* (1983). Při studiu klastického složení slepenců a minerálního složení jejich základní hmoty byla kromě klasické optické mikroskopie v polarizačním mikroskopu využita také „studená" katodoluminiscenční mikroskopie na přístroji CITL Mk5-1 a elektronová mikroskopie na přístroji JEOL JXA-8600 s EDX detektorem, která přinesla také doplňkové informace o chemismu některých minerálů. Bližší informace o nastavení přístrojů jsou uvedeny v článku KROPÁČE *et al.* (2020).

4. VÝSLEDKY

4.1. Litologický popis a faciální analýza

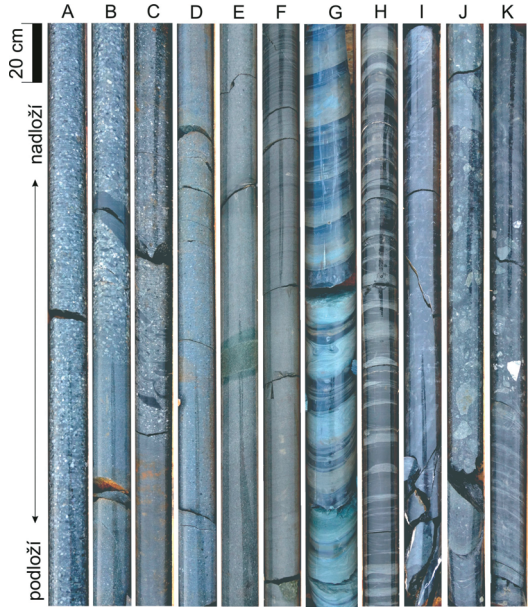
Všechny uváděné mocnosti vrstev představují nepravou mocnost (viz tabulka 2) tak, aby zůstala zachována původní metráž ve vrtech. Pro potřeby interpretace pravé mocnosti bylo na lomových stěnách v blízkosti zkoumaných vrtů provedeno měření sklonu vrstevních ploch geologickým kompasem. Výsledky jsou poměrně konzistentní jen s velmi malým rozptylem. Vrstvy se uklánějí k ZSZ až SZ (azimuty 280°–310°) pod úhlem 30°–35°. Díky uniformní strukturní charakteristice vrstevního sledu lze v případě potřeby snadno vypočítat hodnoty pravé mocnosti vynásobením mocností uváděných v této práci hodnotou 0,9.

Ve zkoumaných vrtných jádrech byly zachyceny siliciklastické sedimenty, které byly na základě charakteristických znaků rozděleny do sedmi sedimentárních facií, dále členěných do 12 subfacií (tabulka 2). Na zrnitostní škále se pohybujeme od středně zrnitých slepenců po jílovce (obr. 2A–K).

V lomu Výkleky lze vyčlenit tři základní faciální asociace. První faciální asociace je tvořena jemně rytmicky zvrstvenými sedimenty. Odkrytá je 2. etáži v sv. části lomu (obrázek 1B) a zachycena byla vrtem 2 (metráž 70,2–74,8 m), vrtem 4 (metráž 11,0–45,0 m) a vrtem 5 (metráž 43,2–52,5 m). Dominují zde subfacie F5a a F5b. Méně časté jsou mocnější polohy homogenních jílovců (facie F6) a desky jemnozrnných drob (subfacie F4a, F4b). Bazální vrstevní plochy subfacií F4a a F5a mají vyvinuty mechanoglyfy v podobě vlečných a proudových stop či vtisků. Na svrchní vrstevní ploše jsou místy vyvinuty proudové čeřiny. Bohužel, ve stěně lomu nebyly mechanoglyfy odkryty tak, aby bylo možné změřit jejich orientaci geologickým kompasem. Nejdelší úsek této faciální asociace je zachycen ve vrtu 4. Do nadloží lze pozorovat hrubnoucí sekvenci, která se projevuje přibýváním drobových vrstev i zvyšováním mocností prachovcových vrstev na úkor jílovců (obr. 3).

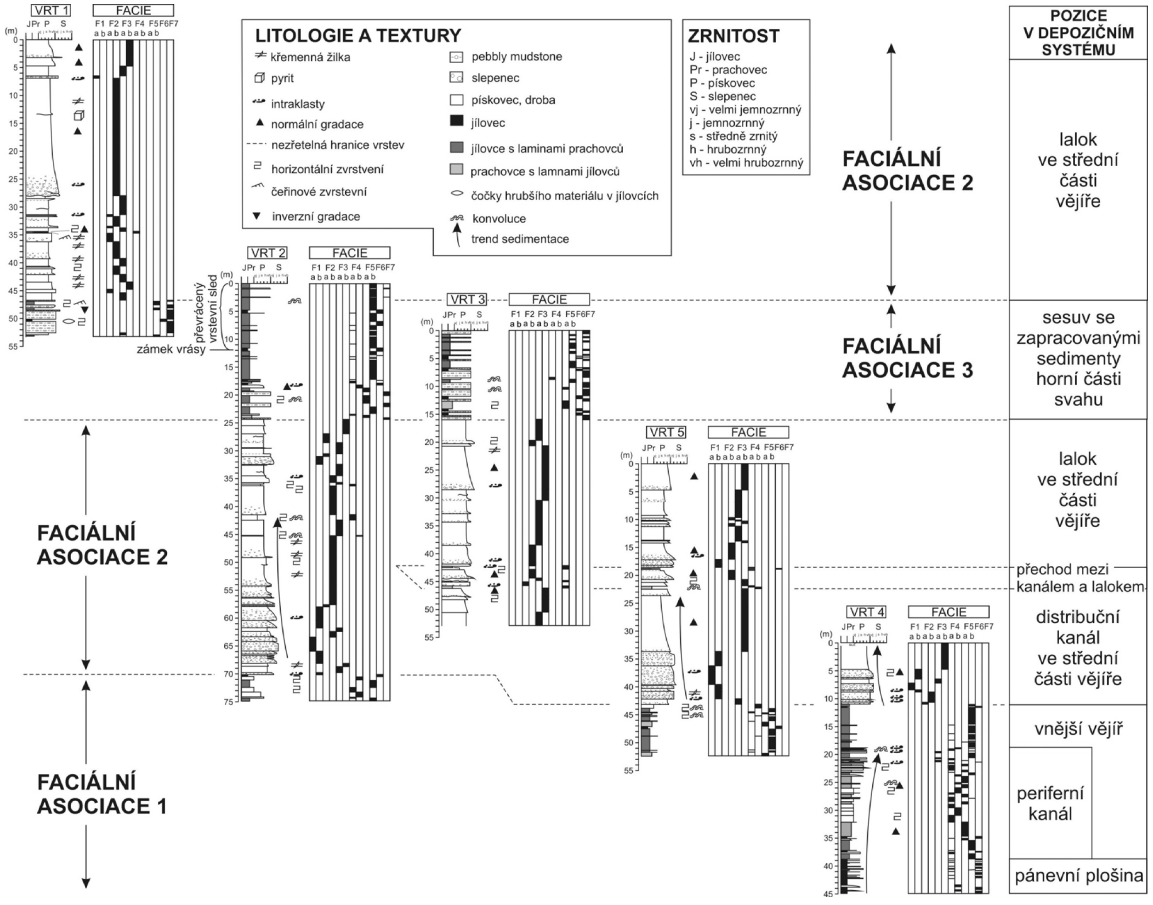
Tabulka 2. Popis sedimentárních facií pozorovaných ve vrtech v lomu Výkleky.
Table 2. Characteristics of sedimentary facies described in drill cores in the Výkleky Quarry.

facie	mocnost	litologie	textura	vrstevní kontakt	intraklasty	depoziční proces
F1a	15 cm až 1,75 m	slepenec s podpůrnou strukturou štěrkových klastů	masivní; občas slabá normální gradace u stropu vrstvy	občasné bazální výmoly, rovný svrchní kontakt	vzácné intraklasty jílovců u báze vrstvy	zrnotok
F1b	20 cm až 6 m	slepenec s podpůrnou strukturou štěrkových klastů	normální gradace	hojné bazální výmoly, rovný svrchní kontakt	hojné intraklasty jílovců u báze vrstvy	zrnotok
F2a	30 cm až 1,5 m	slepenec s podpůrnou strukturou matrix až velmi hrubozrnný pískovec	masivní; občas inverzní gradace u báze vrstvy	rovný bazální i svrchní kontakt	vzácné drobné intraklasty jílovců u báze vrstvy	písčitý zrnotok
F2b	1,2 m až 21 m	slepenec s podpůrnou strukturou matrix až velmi hrubozrnný pískovec	normální gradace; občas paralelní laminace u stropu; vnitřní výmoly	hojné bazální výmoly; rovný svrchní kontakt	hojné intraklasty jílovců v celé vrstvě	vysoce-hustotní turbiditní proud
F3a	10 cm až 5 m	velmi hrubozrnný až hrubozrnný pískovec	masivní; občas gradace typu „coarse-tail"; vzácná inverzní gradace u báze; vnitřní výmoly	erozní bazální kontakt, rovný svrchní kontakt		amalgamace vysoce-hustotních turbiditních proudů
F3b	40 cm až 10 m	velmi hrubozrnný až středně zrnitý pískovec	normální gradace; občas ve spodní části vrstvy masivní; u stropu občas paralelní zvrstvení; vnitřní výmoly	erozní bazální kontakt, občas vykliňuje, konkávní svrchní kontakt	občas intraklasty při bázi vrstvy	vysoce-hustotní turbiditní proud
F4a	~ cm až 0,75 m	jemnozrnný pískovec až prachovec	T(a),b boumova sekvence; nevýrazná paralelní laminace; občas masivní	hojné stopy po vlečení a proudové stopy na bázi; rovný svrchní kontakt		nízko-hustotní turbiditní proudy
F4b		jemnozrnný pískovec až prachovec	Tb,c,d boumova sekvence; paralelní laminace přecházející do konvoluce	rovný bazální kontakt; zvlněný svrchní kontakt		nízko-hustotní turbiditní proudy
F5a	~ cm až 30 cm	prachovce, vzácně velmi jemnozrnné pískovce oddělené tenkými polohami jílovců	T(c), d, e boumova sekvence; prachovce s paralelní a konvolutní laminací; jílovce masivní nebo nevýrazně laminované	bazální výmoly; vtisky; plaménkové struktury; zvlněný svrchní kontakt; laterální vykliňování prachovců		nízko-hustotní turbiditní proudy
F5b		jílovce oddělené tenkými polohami prachovců	prachovce s paralelní a konvolutní laminací; jílovce masivní nebo nevýrazně laminované	polohy prachovců mají plochý až mírně zvlněný bazální kontakt a konkávní svrchní kontakt		hemipelagický spad přerušovaný nízko-hustotními turbiditními proudy
F6	~ cm až ~ dm	jílovec, vzácně prachovec	masivní až nevýrazná paralelní laminace; místy bioturbace	prachovce tvoří polohy s velmi nepravidelnou mocností až čočky		hemipelagická suspenze
F7	~ dm až 3 m	jílovec s plovoucími štěrkovými klasty (valouny až balvany)	masivní	erozní bazální kontakt, neznámá geometrie vrstev	dominance valounů až balvanů kyselých vulkanitů	bahnotok



Obr. 2. Příklady sedimentárních facií ve vrtech v lomu Výkleky; A – vrt 2 (metráž 65–66 m) – středně zrnitý petromiktní slepenec s podpůrnou strukturou štěrkových klastů a s masivní texturou (facie F1a); B – vrt 2 (metráž 60–61 m) – kontakt středně zrnitého slepence s podpůrnou strukturou štěrkových klastů, inverzní gradace a intraklasty jílovců u báze vrstvy (facie F2a) a velmi hrubozrnné droby (facie F3a); C – vrt 2 (metráž 28–29 m) – kontakt normálně gradovaného jemnozrnného slepence s podpůrnou strukturou štěrkových klastů a intraklasty jílovců u báze vrstvy (facie F1b) a masivní hrubozrnné droby (facie F3a); D – vrt 2 (metráž 53–54 m) – normálně gradovaný velmi jemnozrnný slepenec s podpůrnou strukturou matrix (facie F2b); E – vrt 5 (metráž 21–22 m) – masivní, velmi hrubozrnná droba s polohou silně alterované (chloritizované) droby (facie F3a); F – vrt 5 (metráž 24–25 m) – normálně gradovaná středně zrnitá droba s paralelní laminací v horní části vrstvy (facie F3b); G – vrt 4 (metráž 30–31 m) – rytmické střídání laminovaných prachovců s bazálními výmoly, vtisky a plaménkovými strukturami a jílovců (facie F5a); H – vrt 5 (metráž 49–50 m) – rytmické střídání jílovců a planárně a konvolutně laminovaných prachovců (facie F5b); I – vrt 2 (metráž 14–15 m) – homogenní jílovce, místy s nepravidelnými polohami prachovců (facie F6); J – vrt 3 (metráž 11–12 m) – pebbly mudstone s klasty až balvany vulkanických hornin (facie F7); K – vrt 3 (metráž 12–13 m) – kontakt rytmicky se střídajících jílovců a prachovců (facie F5b) a pebbly mudstone s klasty vulkanických hornin a ostrohranného křemene (facie F7).

Fig. 2. Examples of sedimentary facies observed in cores drilled in the Výkleky Quarry; A – Drill core 2 (section 65–66 m) – medium-grained petromict clast-supported conglomerate with a massive structure (facies F1a); B – Drill core 2 (section 60–61 m) – contact of medium-grained clast-supported conglomerate with reverse grading and mudstone intraclasts at the bed base (facies F2a) and very coarse-grained graywacke (facies F3a); C – Drill core 2 (section 28–29 m) – contact of normally graded fine-grained clast-supported conglomerate with mudstone intraclasts at the bed base (facies F1b) and massive coarse-grained graywacke (facies F3a); D – Drill core 2 (section 53–54 m) – normally graded very fine-grained matrix-supported conglomerate (facies F2b); E – Drill core 5 (section 21–22 m) – massive very coarse-grained graywacke (facies F3a) with strongly altered (chloritized) horizon; F – Drill core 5 (section 24–25 m) – normally graded medium-grained graywacke with plane-parallel lamination in the upper part of the bed (facies F3b); G – Drill core 4 (section 30–31 m) – rhythmic alternation of laminated siltstone with basal scours, load casts and flame structures and claystone (facies F5a); H – Drill core 5 (section 49–50 m) – rhythmic alternation of claystone and planar cross laminated and convolute laminated siltstone (facies F5b); I – Drill core 2 (section 14–15 m) – homogeneous claystone with irregular layers of siltstone (facies F6); J – Drill core 3 (section 11–12 m) – pebbly mudstone with granules-to-boulders of volcanic rocks (facies F7); K – Drill core 3 (section 12–13 m) – contact of rhythmic alternation claystone and siltstone (facies F5b) and pebbly mudstone with clasts of volcanic rocks and angular quartz (facies F7).



Obr. 3. Korelační panel s distribucí sedimentárních facií a faciálních asociací ve vrtech v lomu Výkleky, na základě kterých bylo interpretováno depoziční prostředí.
Fig. 3. Correlation of drill cores in the Výkleky Quarry with distribution of sedimentary facies and facial associations and interpretation of the depositional environment.

Druhá faciální asociace, tvořená hrubě rytmicky zvrstvenými sedimenty s převládajícími lavicemi hrubozrnných drob, byla zachycena vrtem 1 (metráž 0–46,6 m), vrtem 2 (metráž 24,4–70,2 m), vrtem 3 (metráž 16,0–53,0 m), vrtem 4 (metráž 0–11,0 m) a vrtem 5 (metráž 0–43,2 m). Dominantní jsou subfacie F2a, F3a a F3b. Na bázi této faciální asociace se vyskytují slepence (subfacie F1a a F1b) s mocností jednotlivých lavic i několik m. Ve vrtu 2 (obr. 3) lze pozorovat do nadloží zjemňující trend této asociace. Směrem k SV klesá souhrnná mocnost slepencových lavic a mírně se snižuje i jejich zrnitost ze středně zrnitých slepenců ve vrtu 2 po jemnozrnné slepence až velmi hrubozrnné droby ve vrtu 5.

Třetí faciální asociaci představuje vnitřně chaoticky uspořádaný komplex různých litologií. Zachycena byla vrtem 1 (metráž 46,6–53,0 m), vrtem 2 (metráž 0–24,4 m) a vrtem 3 (metráž 0–16,0 m). Dominantní litologií je pebbly mudstone (facie F7), která ale nemá na lokalitě jednotnou charakteristiku. Podle povahy základní hmoty lze vyčlenit dvě variety. Nejběžnější je varieta, kde se štěrkové klasty vyskytují v jílovito-prachovité základní hmotě šedočerné barvy. Tato varieta tvoří především jádro vnitřně chaoticky uspořádané faciální asociace. Druhá varieta je tvořená šedohnědou základní hmotou drobového charakteru. Tato varieta je vázána téměř výhradně na kontakty vnitřně chaoticky uspořádané faciální asociace s drobovými rytmy. Pro obě variety je charakteristická nepřítomnost vnitřního uspořádání štěrkových klastů a naopak jsou přítomny skluzové struktury. Mocnost dílčích poloh pebbly mudstone je velmi proměnlivá. V lomové stěně často tvoří čočky až nepravidelné hlízy. Maximální mocnost ve vrtu je až 3 m. Vyskytují se ale i relativně málo mocné polohy v řádu decimetrů. Dílčí polohy pebbly mudstone jsou ve vrtech odděleny jemně rytmicky zvrstvenými sedimenty (nejčastěji subfacie F5b, méně F5a), případně homogenními jílovci (facie F6), méně časté jsou jemně až středně zrnité masivní droby (subfacie F4a). Hranice mezi různými litologiemi jsou ve vrtech i v lomové stěně těžko rozlišitelné. Přechodové zóny mezi litologiemi se vyznačují silnou deformací primárních struktur, facie se místy prstovitě prostupují, místy jsou patrné rozmyvy, kdy jedna litologie přechází do druhé, přičemž mezi nimi je úzká zóna nesoucí charakteristiky obou litologií.

4.2. Petrografie petromiktních slepenců a drob

Slepence jsou zrnitostně špatně vytříděné, nejčastěji štěrčíkovité až valounové s průměrnou velikostí klastů v rozmezí 0,5–1 cm. Ve vrtech byly pozorovány největší klasty o velikosti 2 cm, avšak v lomové stěně lze vzácně spatřit i balvany o velikosti ~dm v nejdelší ose. Slepence mají nejčastěji podpůrnou strukturu klastu. Slepence s podpůrnou strukturou matrix jsou méně časté a obvykle se vyskytují na bázi mocných drobových lavic. Detailnímu petrografickému popisu slepenců ze zkoumaných vrtů se věnovali Kropáč *et al.* (2020). Proto zde uvádíme jen stručné resumé. Na valounovém složení slepenců se podílí klasty křemene (cca. 22 % všech klastů) a litické klasty (cca. 78 % všech klastů). Klasty křemene jsou obvykle suboválné a mají mléčně bílou barvu. Tmavě šedě zbarvený nebo narůžovělý křemen je vzácný. Litické klasty jsou oproti křemeni hůře opracované (subangulární). Nejčastěji jsou zastoupeny metamorfovanými horninami (48 %), hojné jsou ale také sedimentární (31 %) a magmatické (21 %) horniny. V asociaci metamorfovaných litických klastů dominují kvarcitické ruly a kvarcity (47,3 %), dále se vyskytují ortoruly (21 %), fylity a svory (17,1 %) a pararuly (14,6 %). V případě sedimentárních litických klastů se nejčastěji setkáváme s horninami starších kulmských souvrství (43,5 %) a ryolitovými tufity (43,5 %). Méně časté jsou klasty silicitů (13 %). Skupina magmatických litických klastů je zastoupena ryolity (53,3 %), granitoidy (26,7 %) a diority (20 %). Matrix slepenců má psamitickou strukturu a obsahuje zrna křemene, plagioklasu, K-živce, muskovitu, chloritizovaného biotitu a litické úlomky. Mezery mezi zrny vyplňují částice v prachovito-jílovité frakci.

Složení drob se velmi podobá složení matrix petromiktních slepenců. Droby jsou nejčastěji hrubozrnné až středně zrnité, špatně až velmi špatně zrnitostně vytříděné. Běžná je přítomnost plovoucích štěrkových klastů. V klastickém složení drob dominuje křemen, kte-

rý tvoří průměrně 39,3 obj. % horniny. V rámci skupiny křemene obvykle mírně převládají polykrystalická zrna nad monokrystalickými. Polykrystalický křemen je ve vzorcích obvykle tvořen více než třemi subzrny. Monokrystalický křemen je obvykle slabě undulózně zhášející. Dalšími horninotvornými komponentami jsou živce (průměrně 15,5 obj. %) a litické úlomky (průměrně 15,5 obj. %). Ve skupině živců převládají draselné živce nad plagioklasy, zhruba v poměru 3:1. Zrna draselných živců jsou relativně nealterovaná. Výjimečně lze pozorovat zrna mikroklinu s charakteristickým mřížkováním. Zrna plagioklasů jsou většinou silně karbonatizovaná, avšak i přes alteraci zrn lze pozorovat polysyntetické lamelování. Ve skupině litických úlomků jsou hojně zastoupeny metamorfované horniny (kvarcity, ruly, méně svory a fylity), které tvoří průměrně 9,6 obj. % a sedimentární horniny (jílové břidlice, prachovce), které tvoří průměrně 5,2 obj. %. Klasty magmatických hornin (především granitoidů) jsou rovněž přítomny, ale vzhledem k použití Gazzi-Dickinsonovy metody planimetrické analýzy jsou klasifikovány nikoli jako litické klasty, nýbrž jako jednotlivé minerální komponenty. Klasty vulkanických hornin byly pozorovány zřídka (do 1 obj. %) a většinou jsou silně alterovány. Z ostatních minerálních komponent studovaných drob se vyskytují především muskovit, chloritizovaný biotit a chlorit, pyrit a průsvitné těžké minerály, jako je zirkon, granát nebo rutil. Prachovito-jílovitá matrix obvykle tvoří více než 20 obj. % horniny. Lze v ní rozeznat jílové minerály, chlorit, sericit, akcesorické těžké minerály a také prachová zrnka křemene a živců.

4.3. Petrografie pebbly mudstones

Pebbly mudstone představují velmi špatně zrnitostně vytříděné slepence s podpůrnou strukturou jílovito-prachovité, méně prachovito-písčité matrix. Množství štěrkových klastů je značně proměnlivé, v některých polohách jsou pouze ojedinělé, jindy mohou tvořit až 40 obj. % horniny. Štěrkové klasty vykazují velmi proměnlivý stupeň opracování, přičemž převládají klasty subangulární až angulární nad klasty suboválními. Ve valounovém složení dominují klasty vulkanických hornin. V menším množství jsou přítomny také klasty bílého žilného křemene, světlého jemnozrnného kvarcitu, pararul, narůžovělých granitoidů, tmavých silicitů, drob a jílových břidlic. Ve vrtu 3 byly zastiženy 2 polohy (metráže 7,7–8,1 m a 9,7–11,8 m; obr. 2J), které obsahují téměř výhradně valouny kyselých vulkanitů. Vzorek jádra z vrtu 3 (metráž 11,6–11,8 m), byl detailně zkoumán Kropáčem *et al.* (2020), podle kterého má zkoumaná poloha charakter silně hydrotermálně alterovaného ryolitového tufitu s proměnlivou zrnitostí. Převládají tufitické pískovce až slepence, ale místy mohou úlomky vulkanických hornin přesáhnout i 10 cm. Makroskopicky lze v hornině rozlišit světle šedé až nazelenalé klasty ryolitů s porfyrickou strukturou a felsitickou strukturou základní hmoty. Kromě vulkanických litických úlomků se v základní hmotě tufitů vyskytují také střípky křemene, tabulky albitu, zrna apatitu a lupínky slíd. Klasty jsou obklopeny tmavě šedozelenou matrix s aleuriticko-pelitickou strukturou, skládající se z prachových a jílových zrn, chloritu a limonitového pigmentu.

5. DISKUZE

5.1. Interpretace sedimentárních facií

V lomu Výkleky byly vrty zachyceny jemně i hrubě rytmicky zvrstvené sedimenty, charakteristické pro nízkojesenický kulm (Hartley a Otava 2001, Šimíček *et al.* 2012), které dle Prokopa a Humla (1966) stratigraficky spadají do moravického souvrství (sv. visé). Sedimentární facie F1a–b a F2a, tvořené převážně slepenci s hojnými intraklasty jílovců a neerozivní rovnou bází, indikují depozici z nekohezivních úlomkotoků a zrnotoků (Shanmugam 2000). Sedimenty uložené převážně z vysoce-hustotních turbiditních proudů, které odpovídají Loweho (1982) vrstvám R3, jsou reprezentovány lavicovitými drobami (sedimentární facie F2b, F3a–b). Tyto facie se projevují masivní i normální gradací, erozními výmoly na bázi, jílovými intraklasty a plochou svrchní vrstevní plochou. Sedimentární fa-

cie F3b může dosahovat mocnosti vrstev i několika metrů bez známek amalgamace. K uložení nejspíše došlo během jediného depozičního eventu, kdy materiál vypadával z hyperpyknického proudu při poklesu svahového gradientu (Bábek *et al.* 2004). Sedimentární facie F4a–b, F5a a částečně F5b, které se vyznačují jemně rytmickým střídáním prachovců, jílovců a deskovitých jemnozrnných drob, lze interpretovat jako materiál uložený z nízkohustotních turbiditních proudů (Šimíček *et al.* 2012). Nejčastěji se vyskytuje oddělení boumovy sekvence Tb–e (Bouma 1962). Mocnější polohy černých jílovců (sedimentární facie F6) byly ve větší míře pozorovány pouze ve vrtu 4 (viz obr. 2I, 3). Pravděpodobně se jedná o hemipelagické sedimenty pánevního dna uložené z hypopyknických chocholů (Bábek *et al.* 2004). Poslední pozorovanou sedimentární facií je F7, reprezentována pebbly mudstone. Proměnlivé množství štěrkového materiálu plovoucího v tmavě šedé prachovito-jílovité matrix, žádné známky vnitřního uspořádání a přítomnost skluzových struktur indikují depozici materiálu z kohezních bahnotoků v důsledku skluzu (Talling *et al.* 2012). Obecně nízký stupeň zaoblení štěrkových klastů a dominance nezralých (vulkanických) hornin (viz obr. 2J–K) odpovídá krátkému transportu, který je pro podmořské skluzy charakteristický.

5.2. Interpretace depozičního prostředí

V zastižené sedimentární sukcesi je patrná progradace písčitého submarinního vějíře na sedimenty pánevního dna. Pánevní hemipelagickou sedimentaci s dominancí tmavých jílovců a podřízeně šedých prachovců dokládá nejhlubší částí vrtu 4 (viz obr. 3). Následně ve vertikálním sledu pozorujeme přechod do vnějšího vějíře (Mattern 2005), což se projevuje přítomností jemně rytmicky zvrstvených prachovců a jemnozrnných drob ukládaných z nízko-hustotních turbiditních proudů. Nahoru hrubnoucí sekvenci lze interpretovat jako sedimenty periferního kanálu ve vnější části submarinního vějíře (Mutti a Ricci Lucchi 1972). V nejvyšší části sledu jemně rytmicky zvrstvených sedimentů ubývá vrstev jemnozrnných drob, což pravděpodobně indikuje přesun periferního kanálu a plošné ukládání převážně prachového materiálu z nízko-hustotních turbiditních proudů ve vnější části submarinního vějíře (Reading a Richards 1994). V další části vrstevního sledu se ráz sedimentace výrazně mění a na jemně rytmicky zvrstvené sedimenty ostře nasedají korytovité sedimenty a sedimenty písčitých laloků střední části submarinního vějíře. Celková mocnost vrstevního sledu dosahuje více než 90 m. Tato faciální asociace je charakteristická pro moravické souvrství nízkojesenického kulmu (Bábek *et al.* 2004) a bývá interpretována jako distální ekvivalenty slepenců známých z myslejovického souvrství drahanského kulmu (Hartley a Otava 2001). Dominantní postavení mají sedimenty uložené z hrubě písčitých a jemně štěrkových úlomkotoků a vysoko-hustotních turbiditních proudů (Lowe 1982, Shanmugam 2000). Do nadloží zjemňující trend pozorovaný ve spodní části hrubě rytmické sedimentace a laterální změny v zrnitosti a mocnosti vrstev jemně až středně zrnitých slepenců (viz obr. 3) indikují sedimentaci v distribučním kanálu (Mutti a Normark 1987). Laterální snižování zrnitosti slepenců k okraji koryta, v našem případě směrem k V až SV, odpovídá transportu klastického materiálu od jihu k severu. To se shoduje s generálním směrem paleoproudění v této části nízkojesenického kulmu, která byla zjištěna na základě měření orientace některých mechanoglyfů na spodních vrstevních plochách, jako jsou proudové a vlečné stopy (Kumpera a Martinec 1995), a ukazuje na transport klastického materiálu paralelně s osou pánve (Bábek *et al.* 2004). Ve vyšší části vrstevního sledu je výskyt slepenců omezen na bázi drobových lavic. Laterálně je mocnost i zrnitost drobových vrstev stabilní. Tento vrstevní sled lze interpretovat jako sedimenty uložené v písčitých lalocích nebo v širokých plochých korytech střední části submarinního vějíře (Mutti a Ricci Lucchi 1972, Hartley a Otava 2001).

Součástí vrstevního sledu střední části submarinního vějíře je také významná poloha pebbly mudstone. Maximální mocnost pozorovaná ve vrtech v lomu Výkleky dosahuje až 20 m. Čočkovitá až nepravidelná tělesa pebbly mudstone o rozměrech v řádu stovek m by-

la v minulosti popsána na řadě míst nízkojesenického kulmu (Urbánek 1970, Zapletal 1972, 1991, Jiránek 1993, Kumpera a Martinec 1995). Z těchto prací vyplývá nerovnoměrná distribuce v nízkojesenickém kulmu, kdy intenzita výskytu pebbly mudstone klesá od andělskohorského do hradecko-kyjovického souvrství a také prostorově od severu k jihu. Lom Výkleky představuje nejjižněji zdokumentovaný výskyt této litologie v rámci nízkojesenického kulmu. Pebbly mudstone bývá nejčastěji v asociaci s jemně rytmicky zvrstvenými sedimenty (Zapletal 1991, Jiránek 1993), avšak i výskyty v rámci převážně drobových rytmů, který lze pozorovat v lomu Výkleky, byly v minulosti popsány (Prokop 1968, Dvořák a Maštera 1998). Pebbly mudstone představují synorogenní epizodickou akumulaci v důsledku skluzů (Altermann 1986, Talling *et al.* 2012). Podle Stowa (1985) mohou subakvatické skluzy nastat už na svazích se sklonem jen 0,5°. Mobilizace materiálu bývá spuštěna katastrofickými ději, které souvisí s tektonickou aktivitou v zázemí i uvnitř pánve. Může se ale rovněž jednat o přímé pokračování sedimentačního tečení (Jiránek 1993). Pozorované promíšení materiálu pebbly mudstone s drobovým materiálem v kontaktních zónách naznačuje, že k sesuvu došlo během aktivního ukládání písčitých laloků střední části submarinního vějíře.

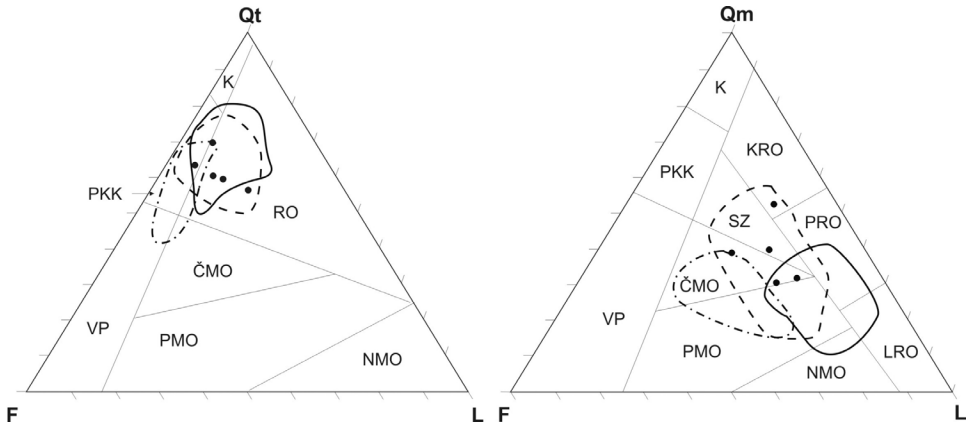
Sedimenty moravického souvrství se ukládaly v protáhlé submarinní deltě v periferní předpolní pánvi lemující příkrovy variského orogénu (Hartley a Otava 2001). Vrstevní sled moravického souvrství vykazuje cyklické uspořádání. Řídícím mechanismem cyklicity byla s největší pravděpodobností pulzující tektonická aktivita v orogenním pásmu, která byla dále modulována eustatickými změnami hladiny světového oceánu (Bábek *et al.* 2004) i charakterem akrečního klínu a drenážního systému na přechodu mezi příkrovovým pásmem a periferní pánví. Na lokalitě Výkleky můžeme pozorovat rozhraní dvou megacyklů ve smyslu Bábka *et al.* (2004). Jemně rytmicky zvrstvené sedimenty představují svrchní část megacyklu 1 a stratigraficky odpovídají závěru sedimentace cvilínských vrstev. Hrubě rytmicky zvrstvené sedimenty koryt a písčitých laloků korespondují s bázi megacyklu 2 a stratigraficky odpovídají spodní části brumovických vrstev. Nástup sedimentace hrubozrnných klastik souvisí se zvýšenou tektonickou aktivitou v orogenní oblasti (Bábek *et al.* 2004) v důsledku nasouvání variských příkrovů. To mělo za následek i aktivaci svahových procesů, což se projevuje vyšší intenzitou výskytu pebbly mudstone v této stratigrafické úrovni moravického souvrství (Zapletal 1991). Okraj periferních předpolních pánví je obvykle značně členitý, což se projevuje tvorbou krátkodobých polo-izolovaných depozičních systémů oddělených vnitropánevními svahy. Právě tyto elevace jsou považovány za zdroj klastického materiálu pebbly mudstone (Zapletal 1991, Jiránek 1993).

5.3. Provenience klastického materiálu

Na základě modálního složení odpovídají droby z lomu Výkleky křemen-živcovým až křemen-litickým psamitům. V provenienčních ternárních diagramech Dickinsona *et al.* (1983) spadají droby do pole recyklovaného orogénu s přechody do pole magmatického oblouku či přechodného kontinentálního typu (obr. 4). To koresponduje s geotektonickou pozicí zdroje materiálu moravického souvrství zjištěného předchozími pracemi (Maštera 1997, Hartley a Otava 2001, Šimíček *et al.* 2012). Složení drob se velmi podobá matrix petromiktních slepenců, které jsou s nimi v asociaci. Valounové složení petromiktních slepenců z lomu Výkleky odpovídá složení račických slepenců v drahanském kulmu, ve kterých rovněž převládají valouny různých typů metamorfovaných a sedimentárních hornin nad valouny magmatických hornin a křemene (Maštera 1987). To koresponduje s obecně přijímanou představou dominantního přínosu klastického materiálu z bodového zdroje v jižní části drahanského kulmu, který byl následně rozplavován k severu dnovými proudy v ose kulmské pánve (cf. Kumpera a Martinec 1995, Hartley a Otava 2001). Přínos hrubých klastik do periferních předpolních pánví obvykle souvisí s deformačními fázemi v orogenním pásmu. Ve svrchním visé došlo k nasouváním příkrovů moravika a moldanubika na brunovistulické podloží. Intenzivní orogenní zdvih a hloubková eroze nasouvaných příkro-

vů začala během ukládání brumovických vrstev moravického souvrství, což se projevuje v postupné změně modálního složení drob (Bábek *et al.* 2004). Narůstající podíl detritu z vysoce metamorfovaných a plutonických hornin a snižující se obsah sedimentárních litických klastů je charakteristický trend v sedimentárních výplních kolizních pánví typu moravskoslezského kulmu, který je vysvětlován progresivní hloubkovou erozí hlubších korových pater nasouvaných příkrovů (Dorsey 1988). Vysoký obsah sedimentárních hornin a pestré zastoupení metamorfovaných hornin ve složení drob a petromiktních slepenců v lomu Výkleky naznačuje, že k depozici muselo dojít v časné fázi ukládání brumovických vrstev (obr. 4), což koresponduje s přiřazením zkoumaného vrstevního sledu k megacyklům ve smyslu Bábka *et al.* (2004) (viz kap. 5.2.).

Avšak, jednoduchý model delty živené z bodového zdroje (např. Hartley a Otava 2001) nekoresponduje s přítomností relativně rozsáhlých těles slepenců s regionálně značně proměnlivým valounovým složením (Zapletal 1972, 1991), které ukazují spíše na komplexní stavbu moravskoslezské kulmské pánve. K takovýmto slepencům můžeme řadit i pebbly mudstone pozorované v lomu Výkleky. Dominantní zastoupení mají valouny kyselých vulkanitů. Některé valouny mohou dosahovat až 25 cm v nejdelší ose. Vulkanický materiál převládá také v prachovito-jílovité matrix. Kropáč *et al.* (2020) tyto polohy interpretují jako ryolitové tufity. Na redepozici materiálu ukazují i zachované skluzové struktury.



Obr. 4. Ternární diagramy Dickinsona *et al.* (1983), které definují geotektonickou pozici zdrojové oblasti klastického materiálu. Tečky představují zkoumané vzorky drob z lomu Výkleky. Pro srovnání jsou uvedeny regiony definující složení drob bohdanovických a cvilínských vrstev (plná čára), brumovických vrstev (přerušovaná čára) a vikštejnských vrstev (čerchovaná čára) převzaté z práce Šimíčka *et al.* (2012). Zkratky: Qt – celkový křemen, Qm – monokrystalický křemen, F – živce, L – litické úlomky; K – kratón, PKK – přechodná kontinentální kůra, VP – vyzdvižené podloží, RO – recyklovaný orogén, KRO – recyklovaný orogén s dominancí křemenem bohatého detritu, PRO – přechodný recyklovaný orogén, LRO – recyklovaný orogén s dominancí horninového detritu, SZ – smíšený zdroj, ČMO – členěný magmatický oblouk, PMO – přechodný magmatický oblouk, NMO – nečleněný magmatický oblouk.

Fig. 4. Ternary diagram of Dickinson *et al.* (1983) defining geotectonic position of source area of clastic material. The dots represent analysed graywacke from the Výkleky Quarry. The regions defining the composition of graywacke of the Bohdanovice and Cvilín Beds (solid line), the Brumovice Beds (dashed line) and the Vikštejn Beds (dot-and-dashed line) are adopted from Šimíček *et al.* (2012). Abbreviations: Qt – total Quartz, Qm – monocrystalline Quartz, F – total Feldspars, L – total lithic fragments; K – Craton Interior, PKK – Transitional Continental Crust, VP – Basement Uplift, RO – Recycled Orogenic, KRO – Quartzose Recycled, PRO – Transitional Recycled, LRO – Lithic Recycled, SZ – Mixed, ČMO – Dissected Arc, PMO – Transitional Arc, NMO – Undissected Arc.

Pebbly mudstones s dominancí štěrkových klastů kyselých a intermediálních vulkanitů jsou popisovány na lokalitách v okolí lomu Výkleky (PROKOP 1968, DVOŘÁK a MAŠTERA 1998) i z jiných částí nízkojesenického kulmu (MAŠTERA 1996). Zdrojem materiálu byl v tomto případě magmatický oblouk. Maximální intenzita terestrického explozivního vulkanismu časově spadá do sedimentace cvilínských a brumovických vrstev moravického souvrství (PŘICHYSTAL 1993, TOMÁŠKOVÁ a PŘICHYSTAL 1995). Vulkanický materiál nejčastěji vykazuje subangulární zaoblení, což ukazuje na krátké zdržení materiálu ve fluviálním či příbřežním prostředí, protože skluzový transport v kohezivní mase bahnotoku neumožňuje efektivní tvarové opracování štěrkových klastů (JIRÁNEK 1993). Rovněž nepřítomnost reakčních lemů na okraji vulkanických klastů dokládá, že materiál se dostal do mořského prostředí již utuhnutý. Převaha štěrkových klastů vulkanických hornin, doplněné o různé typy sedimentárních a metamorfovaných hornin, dokládá redepozici nebo kanibalizaci již dříve uloženého materiálu. Valouny hornin indikující hlubokou denudaci jsou naopak vzácné.

6. ZÁVĚR

Ve vrtných jádrech v Kamenolomu Výkleky (Českomoravský štěrk, a.s.) byly zastiženy sedimenty, charakteristické pro hlubokomořskou variskou syn-orogenní sedimentaci v nízkojesenické kulmské pánvi. Zastoupeny jsou sedimentární facie vzniklé gravitačními depozičními procesy od slepenců s podpůrnou strukturou klastů uložené z nekohezivních úlomkotoků, přes lavicovité droby uložené ze zrnotoků a vysoce-hustotních turbiditních proudů, až po jemně rytmické střídání jílovců, prachovců a jemnozrnných drob, které odpovídá depozici z nízko-hustotních turbiditních proudů. Přítomny jsou také jemnozrnné hemipelagické sedimenty uložené z hypopyknických chocholů. Zajímavostí pozorovaného vrstevního sledu je poměrně mocná poloha facie pebbly mudstone, která ukazuje na relativně krátký transport a depozici z kohezivních bahnotoků v důsledku podmořského skluzu.

V zastižené sedimentární sukcesi je patrná progradace písčitého submarinního vějíře na sedimenty pánevního dna. V rámci systému submarinního vějíře se pohybujeme nejprve v jeho vnější části, kde docházelo, jak k plošné sedimentaci jemnozrnného materiálu, tak i k depozici usměrněné do periferního kanálu. Do nadloží pak lze pozorovat poměrně razantní přesun sedimentace do prostředí distribučních kanálů i písčitých laloků střední části submarinního vějíře. Geometrie sedimentárních těles odpovídá transportu klastického materiálu od J až JZ, což celkem dobře zapadá do obecně přijímané koncepce depozičního prostředí jakožto protáhlé submarinní delty v periferní předpolní pánvi lemující příkrovy variského orogénu, která byla vyživována z bodového zdroje v jižní části dnešní Drahanské vrchoviny. Pozorované změny faciálních asociací odpovídají cyklickému uspořádání moravického souvrství nízkojesenického kulmu, jehož řídícím faktorem byla nejspíše pulzující tektonická aktivita v zázemí variské předpolní pánve. Právě zvýšená tektonická aktivita mohla být spouštěčem události, která vedla k uložení pebbly mudstone o maximální mocnosti až 20 m. Lze předpokládat, že se jednalo o jednorázovou událost a ke skluzu došlo během aktivního ukládání vrstevního sledu střední části submarinního vějíře.

Na základě planimetrických analýz drob odpovídá geotektonická pozice zdroje materiálu recyklovanému orogénu s přechody do magmatického oblouku či přechodného kontinentálního typu. Složení drob se velmi podobá matrix petromiktních slepenců. V jejich valounovém složení převládají metamorfované horniny nad klasty sedimentárních a plutonických magmatických hornin. Valounová asociace odpovídá složení račických slepenců kulmu drahanské vrchoviny. Pestré zastoupení klastů metamorfovaných hornin a relativně vysoký obsah klastů sedimentárních hornin v petromiktních slepencích v lomu Výkleky indikuje depozici na bázi brumovických vrstev moravického souvrství.

Zcela jiné valounové složení má facie pebbly mudstone, kde lze pozorovat dominantní zastoupení valounů kyselých vulkanitů doplněných o klasty sedimentárních a metamor-

fovaných hornin. Provenienční odlišnost od petromiktních slepenců, kterou lze studovat v lomu Výkleky, ukazuje na komplexní stavbu variské předpolní pánve s existencí krátkodobých polo-izolovaných depozičních systémů na čele akrečního klínu. Vzhledem k špatnému zaoblení vulkanických klastů lze usuzovat jen na krátké zdržení ve fluviálním či příbřežním prostředí. Přiřazení sedimentů ke spodní části brumovických vrstev moravického souvrství časově odpovídá období maximální intenzity spodnokrabonského terestrického explozivního vulkanismu.

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme zaměstnancům společnosti Českomoravský štěrk, a.s. za umožnění přístupu do provozovny Výkleky a možnost studovat vrtná jádra a odebrat z nich vzorky. Dále děkujeme recenzentům článku doc. RNDr. Jindřichu Hladilovi, DrSc. a RNDr. Jiřímu Otavovi, CSc. za konstruktivní připomínky, které vedly ke zkvalitnění textu. Výzkum byl podpořen projektem IGA_2020_017.

LITERATURA

Altermann, W., 1986: The Upper Palaeozoic pebbly mudstone facies of peninsular Thailand and western Malaysia – Continental margin deposits of Palaeoeurasia. – Geol. Rundsch. Z. Allg. Geol., 75, 371–381.

Bábek, O., Mikuláš, R., Zapletal, J., Lehotský, T., 2004: Combined tectonic-sediment supply-driven cycles in a Lower Carboniferous deep-marine foreland basin, Moravice Formation, Czech Republic. – Int. J. Earth Sci., 93, 241–261.

Bouma, A. H., 1962: Sedimentology of Some Flysch Deposits: A Graphic Approach to Facies Interpretation (Published Ph.D. thesis). – Elsevier, Amsterdam.

Dickinson, W. R., Beard, L. S., Brakenridge, G. R., Erjaves, J. L., Ferguon, R. C., Inman, K. F., Knepp, R. A., Lindberg, F. A., Ryberg, P. T., 1983: Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. – Geol. Soc. America Bull., 94, 222–235.

Dorsey, R. J., 1988. Provenance evolution and unroofing history of a modern arc-continent collision; evidence from petrography of Plio-Pleistocene sandstones, Eastern Taiwan. – J. Sediment. Petrol., 58, 208–218.

Dvořák, J., 1994: Variský flyšový vývoj v Nízkém Jeseníku, na Moravě a ve Slezsku. – Práce ČGS, 3, Praha, 77 p.

Dvořák, J., Maštera, L., 1998: Moravické souvrství (svrchní visé) v zářezu dálnice mezi Olomoucí a Lipníkem. – Zpr. geol. výzk. v roce 1997, 31, 75–76.

Francírek, M., Hanáček, M., Nehyba, S., 2016: Nové poznatky o facii „pebbly mudstones" pestrých vrstev kroměřížského souvrství (karpat, střední část karpatské předhlubně). – Geol. výzk. Mor. Slez., 23, 7–12.

Hartley, A., Otava, J., 2001: Sediment provenance and dispersal in a deep marine foreland basin: the Lower Carboniferous Culm Basin, Czech Republic. – J. Geol. Soc., 158, 137–150.

Ingersoll, R. V., Bullard, T. F., Ford, R. L., Grimm, J. P., Pickle, J. D., Sares, S. W., 1984: The effect of grain size on detrital modes: A test of the gazzi-dickinson point counting method. – J. Sediment. Petrol., 54, 1, 103–116.

Jiránek, J., 1993: Contribution to the petrography of Culm paraconglomerates in Nízký Jeseník Hills. – Sbor. věd. prací VŠB - Řada hornicko-geologická, 39, 1, 31–39.

Kropáč, K., Šimíček, D., Lehotský, T., Kapusta, J., 2020: Petrografická charakteristika spodnokarbonských ryolitových tufitů z vrtů v lomu Výkleky (moravické souvrství, kulmská pánev Nízkého Jeseníku). – Bull. Mineral. Petrolog., 28, 2, 331–338.

Kumpera, O., 1966: Pohyb materiálu a nástin faciálního vývoje svrchního visé na Moravě a ve Slezsku. – Sbor. věd. prací VŠB – Řada hornicko-geologická, 12, 1, 31–50.

Kumpera, O., 1976: Stratigrafie spodního karbonu jesenického bloku (2. část: kulmská souvrství a jejich stratigrafické ekvivalenty) moravické souvrství. – Sbor. věd. prací VŠB – Řada hornicko-geologická, 22, 1, 141–169.

Kumpera, O., 1983: Geologie spodního karbonu jesenického bloku. – Knihovna Ústř. Úst. geol., 59, Praha, 171 p.

Kumpera, O., Martinec, P., 1995: The development of the Carboniferous accretionary wedge in the Moravian-Silesian Paleozoic Basin. – Journal of the Czech Geological Society, 40, 1–2, 47–64.

Lowe, D. R., 1982: Sediment gravity flows: II. depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. – J. Sediment. Petrol., 52, 279–297.

Maštera, L., 1975: Petrografie slepenců moravických vrstev a hradeckých drob v Nízkém Jeseníku. – Výzk. práce Ústř. Úst. geol., 8, 25–36.
Maštera, L., 1987: Litologické zhodnocení sedimentů moravického souvrství (svrchní visé) ve vrtu Potštát-1 do hloubky 2866,5 m. – MS Ústř. Úst. geol., Brno, 20 p.
Maštera, L., 1996: Valouny kyselých vulkanitů – významná složka slepenců viséských souvrství osoblažské kry (Slezsko) (15–11 Zlaté Hory, 15–13 Vrbno pod Pradědem). – Geol. výzk. Mor. Slez. v roce 1995, 3, 105–106.
Maštera, L., 1997: Petrofaciální zhodnocení drob hornobenešovského, moravického a hradecko-kyjovického souvrství v Nízkém Jeseníku (severní Morava). – Zpr. geol. výzk. v roce 1996, 125–127.
Maštera, L., Tyráček, J., Otava, J., Cardová, E., 1991: Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 25-11 Hlubočky. – ČGS, Praha.
Mattern, F., 2005: Ancient sand-rich submarine fans: Depositional systems, models, identification, and analysis. – Earth Sci. Rev., 70, 3, 167–202.
Mutti, E., Normark, W. R., 1987: Comparing Examples of modern and ancient Turbidite Systems: Problems and Concepts. – In: J. K. Leggrett, G. G. Zuffa (Eds.): Marine Clastic Sedimentology, 1–38, Graham & Trotman, New York, London.
Mutti. E., Ricci Lucchi, F., 1972: Turbidites of the northern Apennines: Introduction to facies analysis (English translation by T. H. Nilson, 1978). – Int. Geol. Rev., 20, 125–166.
Prokop, R., 1968: Geologický výzkum spodního karbonu na listu Hranice (M–33–96–A). –Zpr. geol. výzk. v r. 1968, 1, 63–66.
Prokop, R., Huml, M., 1966: Zpráva o geologickém výzkumu kulmu v jižní části Oderských vrchů. – Zpr. geol. výzk. v r. 1965, 1, 124–125.
Přichystal, A., 1993: Vulkanismus v geologické historii Moravy a Slezska od paleozoika do kvartéru. – In: A. Přichystal, V. Obstová, M. Suk (Eds.): Geologie Moravy a Slezska, 59–70, Moravské zemské muzeum, Brno.
Reading, H. G., Richards, M., 1994: Turbidite systems in deep-water basin margins classified by grain size and feeder system. – AAPG Bulletin, 78, 792–822.
Shanmugam, G., 2000: Deep-Water Processes and Facies Model: A Critical Perspective. – Mar. Petrol. Geol., 17, 285–342.
Stow, D. A. V., 1985: Deep-sea clastics, where are we and where are we going? – Geol. Soc. Spec. Publ., London, 18, 67–93.
Šimíček, D., Bábek, O., Leichmann, J., 2012: Outcrop gamma-ray logging of siliciclastic turbidites: separating the detrital provenance signal from facies in the foreland-basin turbidites of the Moravo-Silesian basin, Czech Republic. – Sed. Geol., 261–262, 50–64.
Talling, P. J., Masson, D. G., Sumner, E. J., Malgesini, G., 2012: Subaqueous sediment density flows: Depositional processes and deposit types. – Sedimentology, 59, 1937–2003.
Tomášková, A., Přichystal, A., 1995: Valouny vulkanitů z kulmských slepenců: pravděpodobná geotektonická pozice a možné zdrojové oblasti vulkanitů. – Geol. Výzk. Mor. Slez. v roce 1994, 75–77.
Tucker, M. E., 2003: Sedimentary Rocks in the Field: The Geological Field Guide Series (3rd ed.). – John Wiley & Sons Ltd., New York, 234 p.
Urbánek, J., 1970: Geologická stavba flyše na území listu M–33–71–D (Vrbno pod Pradědem). Materiály z oblastní konference ve Zlatých Horách. – Zlatohor. zprav., 3, 22–24.
Zapletal, J., 1972: Litostratigraficko-faciální vývoj kulmské sedimentace v centrální části Nízkého Jeseníku. – Acta Univ. Palackianae, Olomuc., Geogr.-Geol., 38, 193–195.
Zapletal, J. 1977: Příspěvek k litologické korelaci kulmu na východním okraji šternbersko-hornobenešovského pruhu. – Acta Univ. Palackianae, Olomuc., Fac. Rer. Nat., T. 54, Geologie-Geografie, 16, 193–217.
Zapletal, J. 1991: Slide Paraconglomerates in Lower Carboniferous of Nízký Jeseník Mts. – Acta Univ. Palackianae, Geogr. – Geol., 30, 105–112.