

STUDIUM SEDIMENTŮ KONTINENTÁLNÍHO ZALEDNĚNÍ V BOHUŠOVSKÉ PÍSKOVNĚ NA OSOBLAŽSKU

Investigation of continental glaciation sediments in Bohušov sandpit in Osoblaha region

Daniel Šimíček

Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: 106915@mail.muni.cz

(15–12 Osoblaha)

Key words: *facial architecture, clast provenance analysis, grain-size analysis, continental glaciation, Quaternary*

Abstract

The Quaternary glaciofluvial deposits in the Osoblaha region are studied in this work. Documentation of outcrops, paleocurrent measurements, grain-size, clast provenance and heavy minerals analyses of glaciofluvial sediments were carried out in Bohušov sandpit. Sediments were deposited by braided streams in the proglacial environment. I suppose, according to the results of gravel clast provenance analyses, that most of the gravel clasts comes from sources near Osoblaha region (Carboniferous flysch rocks and preglacial river terraces).

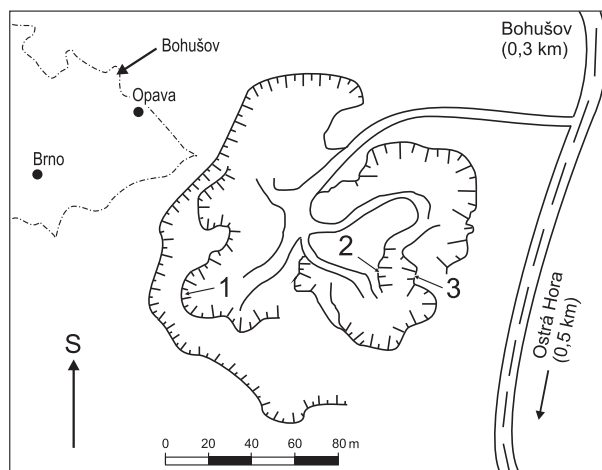
Úvod

Východní část Osoblažského výběžku je z hlediska výzkumné činnosti dosti opomíjeným regionem, přestože obsahuje řadu unikátních jevů spojených s působením kontinentálního ledovce. Nedávný výzkum se zaměřil na sedimentologické a sedimentárně-petrologické studium ledovcových sedimentů v Bohušovské pískovně. Poslední rozsáhlý výzkum kvartérních sedimentů, který byl proveden v 60. letech 20. stol. (Skácel – Kroutilík 1966), byl doplněn o nové poznatky získané zrnitostními analýzami, studiem složení šterkové frakce a dalšími metodami. Zhodnocení sedimentárních facií přispělo spolu s analýzou paleoproudění ke zjištění depozičního prostředí vzniku zkoumaných sedimentů.

Materiál a metodika

Studované sedimenty mají charakter glaciofluvialních šterkovitých písků až šterků, stratigraficky řazených do sálského zalednění (Skácel – Kroutilík 1966). Lokalita, ve které byl prováděn výzkum, je situována (obr. 1) asi 550 m jižně od středu obce Bohušov u silnice do osady Ostrá Hora. Na třech profilech, které byly očíslovány, fotodokumentovány, zakresleny a popsány, byly interpretovány zjištěné facie podle Miallovy klasifikace sedimentárních facií fluvialních sedimentů včetně jím použitých zkratk (Miall 1996).

Velikost vzorků pro zrnitostní analýzy, odebraných z každé makroskopicky odlišitelné vrstvy profilů, se pohybovala od 1 do 4 kg v závislosti na zrnitosti sedimentu. Sítování vysušených vzorků probíhalo vždy po dobu 10 minut na třepací aparatuře Retsch AS200 basic v sedimentologické laboratoři Masarykovy univerzity. Po zvážení nasátovaných zrnitostních frakcí byla z naměřených hodnot vypočtena váhová % a následně graficky zpracována ve formě histogramů a kumulačních křivek, ze kterých



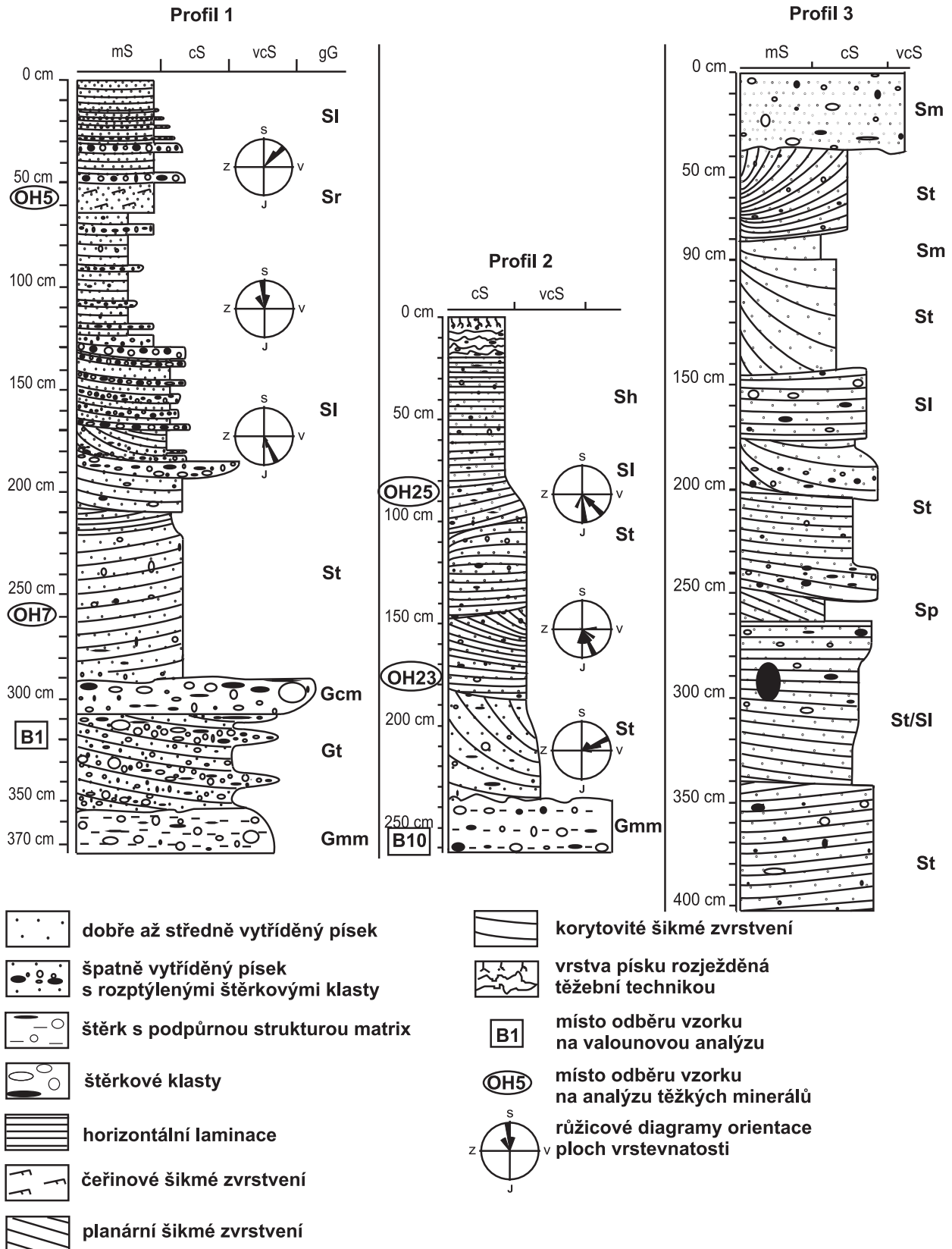
Obr. 1: Lokalizace profilů studovaných v Bohušovské pískovně. Fig. 1: Localization of studied profiles in the Bohušov sandpit.

lze přímo odečítat percentily a kvartily zrnitosti. Jejich dosazení do rovnic pro výpočet zrnitostních parametrů podle Folka – Warda (1957) umožňuje charakterizovat daný sediment.

skupiny souvků	horninové typy
místní až blízké	kulmské slepence, drobové pískovce, jílovité až prachovité břidlice a prachovce, křídové pískovce, jílovce a Fe konkrce
ostatní blízké	žulovské granity a pegmatity, ortoruly, amfibolity, svory, kvarcity, spongolity, rohovce, silicity, křemence, sudetské porfyry, bazické vulkanity
nordické	fenoskandské granity, porfyry a ruly, pískovce, pazourky a jiné silicity

Tab. 1: Horninové typy souvků v jednotlivých provenienčních skupinách.

Tab. 1: Petrological types of gravel clasts, which belong to particular provenance groups.



Obr. 2: Zakreslené profily s legendou. Faciální značky, použité k popisu profilu, jsou převzaty z Mialla (1996), mS – středně zrnitý písek, cS – hrubě zrnitý písek, vcS – velmi hrubě zrnitý písek, gG – jemnozrnitý štěr.

Fig. 2: Drawn profiles with legend. Facies codes used to describe profiles are adopted from Miall (1996), mS – medium grained sand, cS – coarse grained sand, vcS – very coarse grained sand, gG – granule gravel.

U vrstev s dobře patrnou vrstevnatostí byly geologickým kompasem změřeny orientace jejich ploch, k pozdějšímu určení paleoproudění. V každé vrstvě bylo provedeno alespoň 10 měření.

Složení štěrkové frakce bylo zkoumáno ve frakcích 32–16 a 16–8 mm. Každý vzorek obsahoval alespoň 300 klastů. Petrografické určování a zařazení valounů do provenienčních skupin (tab. 1) bylo prováděno pouze makroskopicky. Provenienční skupina místních až blízkých souvků sdružuje horniny, které mají výchozy v těsné blízkosti studovaných lokalit, ale které stejně tak mohou pocházet i z míst ~10 km vzdálených. Do skupiny ostatních blízkých souvků řadíme horniny, které se na Osoblažsku vůbec nevyskytují a pocházejí nejčastěji z oblasti j. Polska. Mezi horniny nordické skupiny patří souvky z pobřeží a dna Baltského moře a Skandinávie. Samostatně je klasifikován křemen, jelikož obvykle nelze s určitostí zjistit jeho původ (Gába – Pek 1999).

Studium těžkých minerálů, prováděné v zrnitostních frakcích 0,5–0,25 mm a 0,25–0,125 mm vybraných vzorků, proběhlo v laboratořích ČGS v Praze. Žádné podstatné rozdíly se mezi nimi nepodařilo prokázat, a proto je v této práci uvedena jen hrubší frakce. Do nádoby s těžkou kapalinou (1,1,2,2 – tetrabromethan o hustotě 2,97 g.cm⁻³) bylo nasypáno okolo 3 g z každého vzorku. Minerální složení těžké frakce bylo zjišťováno v binokulárním a polarizačním mikroskopu. Ke stanovení obsahu jednotlivých minerálů nebo minerálních skupin byla použita semi-kvantitativní metoda.

Zrnitostní a faciální analýzy

V Bohušovské pískovně byly zkoumány tři profily (obr. 2). Profil 1 je odkryt v jz. části pískovny (50°14'13.4"N, 17°42'54.1"E). Vytřídění materiálu je převážně střední ($\sigma I = 0,62-0,96 \Phi$), pouze vzorky odebrané z vrstev rezavě hnědé štěrku na bázi profilu jsou vytříděny špatně ($\sigma I = 1,20-1,79 \Phi$). Podle histogramu ve spodní části převládají sedimenty s bimodálním zrnitostním složením, v horní části potom unimodální písky. Špičatost kumulačních křivek kontinuálně přechází od velmi leptokurtických na bázi profilu po mezokurtické v jeho povrchových partiích. Písky s nižším podílem klastů nad 2 mm mají křivky pozitivně až velmi pozitivně šikmé, naopak vzorky s vyšším obsahem štěrkové frakce vykazují spíše negativní šikmost. Profil 2 (50°14'13.6"N, 17°42'58.5"E) se nachází ve spodní etáži pískovny. Vytřídění materiálu je většinou špatné ($\sigma I = 1,13-1,78 \Phi$). Modalita se různí. Převažují sedimenty unimodální, ale mohou být také bimodální a polymodální. Špičatost kumulačních křivek je převážně leptokurtická až velmi leptokurtická. Hodnoty asymetrie všech vzorků spadají do záporných čísel, což znamená, že transportní medium mělo dostatek energie pro transport hrubších frakcí. Profil 3 je umístěn ve stěně naproti profilu 2 (50°14'13.6"N, 17°42'59.3"E). Převládá středně vytříděný ($\sigma I = 0,59-0,99 \phi$) rezavý hrubozrnný písek. Průměr zrnitosti se pohybuje v rozmezí -0,20–0,87 ϕ . Na bázi profilu jsou sedimenty bimodální, v jeho svrchní části mají histogramy unimodální charakter. Kumulační křivky většinou vykazují leptokurtickou až velmi leptokurtickou špičatost

($K_G = 1,17-2,49$), pouze jeden vzorek měl mezokurtický charakter ($K_G = 1,07$).

Sedimenty s unimodálními histogramy jsou pro glaciáluální sedimenty typické, ale mohou být také bimodální až polymodální, zvláště v prostředích s vysokou dynamikou v proximálních částech ledovcového výplavu (Dreimanis – Vagners 1971). Růžička (1995) popisuje hrubozrnné písky, písky se štěrkovými klasty a písčité štěrky s korytovitým šikmým zvrstvením jako typické výplně koryt divočicích toků v rámci výplavových plošin vznikajících v předpolí ledovců. Předpokládáme-li, že s rostoucím průměrem zrnitosti materiálu se přibližujeme k čelu zalednění (Růžičková et al. 2003), potom můžeme vrstvy bazálních štěrku interpretovat jako sedimenty proximální části výplavového systému (Miall 1996). Špatně vytríděné písčité litofacie v jejich nadloží potom charakterizují proximální až střední části toků divočicích řek (Nývlt – Hoare in press). Postupný pokles rychlosti proudění transportního media se směrem do nadloží projevuje poklesem průměrné zrnitosti materiálu, zlepšujícím se vytríděním a také změnou zvrstvení z korytovitého na paralelní až čeřinové (Ashley 1990). Oscilace zrnitosti, spojené pravděpodobně s denními změnami v přínosu klastického materiálu (Elias 2007), jsou četnější ve svrchní části profilů, ale směrem do nadloží klesá mocnost i průměr zrnitosti hrubozrnnějších vrstviček.

Podle zrnitostních a faciálních analýz můžeme v Bohušově vyčlenit dvě fáze přínosu klastického materiálu do glaciáluálního systému. Starší fáze je tvořena štěrky s podpůrnou valounovou strukturou (Gcm) a štěrky s různým zastoupením písčité základní hmoty, které jsou buď masivní (Gmm) nebo korytovitě šikmo zvrstvené (Gt). Tyto sedimenty se uložily v proximální části výplavového systému jako výplň relativně úzkých a široce zaříznutých koryt divočicích řek. Facie Gmm a Gcm představují typické sedimenty gravitačních proudů, které tvoří laločnatá nebo plochá tělesa. Transport probíhal ve formě plastických (Gmm), v případě profilu 1 až pseudoplastických (Gcm) úlomkotoků. Často jsou v asociaci s facií korytovitě šikmo zvrstvených štěrku (Gt), která bývá součástí štěrkových valů, tvořících čocky, povlaky, běžná jsou také deskovitá tělesa (Miall 1996). Přítomnost této facie ukazuje na sedimentaci v místě změlčení nebo rozšíření říčního koryta, kde zpomalení proudění způsobuje spíše vertikální akreci těchto sedimentů (Hein – Walker 1977). Nadložní písčité set je od bazálních štěrku oddělen zvlněnou bází. V této druhé fázi se uložily písčité a štěrkovitopísčité sedimenty s častým korytovitým šikmým zvrstvením (St). Šikmé zvrstvení s malým úhlem (Sl), planárně laminované (Sh), planárně šikmo zvrstvené (Sp) a čeřinově šikmo zvrstvené (Sr) psamity jsou méně časté. Asociace facií St, Sp, Sr a Sh se nejčastěji vyskytuje ve formě čockovitých a vějířovitých písčitých valů. Facie St odpovídá asymetrickým a jazykovitým 3-D dunám (Miall 1996). Facie Sl a Sh reprezentují výplavové nebo humpback duny vznikající na přechodu mezi subkritickým a superkritickým tokem (Allen 1983a). Čeřinové zvrstvení (Sr) je v Bohušově tvořeno vzájemně erozními čeřinami typu A, které ukazují na migraci čeřin během snížené míry sedimentace ze suspenze. Tento typ čeřin vzniká za pomalého proudění (< 1 m/s) v mělčích

partii aktivních kanálů, obzvláště na povrchu písčitéch valů (Jopling – Walker 1968). Laterální a vertikální migrace písčitého makroforem tvoří na řezu typicky vyvinuté tabulární vrstvy korytovitého šikmého zvrstvení, kde jsou kontakty mezi jednotlivými dílčími koryty tangenciální a vzájemně erozní (Allen 1983b).

Analýzy paleoproudění

Ve spodní části profilu 1 (facie St) mají hodnoty vynesené v růžicových diagramech (obr. 2) mírně bimodální charakter. Převládající azimuty ploch vrstevnatosti se uklánějí k jv. Sklony vrstevních ploch se pohybují mezi 18° a 20°. Výše se orientace ploch mění na s. (facie Sl) a úklony vrstev jsou mírné (3–10°). Nejvýše uložené šedé písky (Sl) mají unimodální charakter a azimuty ploch vrstevnatosti ukloněné k SV. Ve spodní části profilu 2 (St) se vrstvy rovněž uklánějí k SV s mírným sklonem vrstevnatosti 5–10°. Ve vyšší části profilu mají růžicové diagramy polymodální charakter s převažujícími orientacemi vrstev od jv. a sklony vrstev v rozmezí 18–30°. Změny sklonu a orientace vrstevnatostí indikují změnu ve směru akrece jednotlivých písčitéch těles, což je výsledkem posunu migrujícího koryta (Miall 1996). Rozdílné orientace vrstevních ploch naměřené mezi jednotlivými dílčími koryty jsou v systému divočících řek běžné. V rámci jednoho valu nebo komplexu valů se mohou indikátory paleoproudění pohybovat v širokém rozmezí (i více než 180°). Při pohledu do topografické mapy leží Bohušovská pískovna v nápadném údolí směru sv.–jz. až ssv.–jjz. Pokud předpokládáme, že odtok tavných vod probíhal právě touto depresí, pak různé orientace ploch vrstevnatostí ukazují na relativně vysokou lokální sinusitu koryt. V takových případech makroformy přirůstající ve směru proudění mohou být orientovány v různých úhlech vůči regionálnímu směru toku (Miall 1996).

Valounové analýzy

Z valounů dominují horniny místní proveniencce a křemen (obr. 3). Vysoké podíly, především kulmských jílovitých až prachovitých břidlic, méně potom kulmských drob a křídových pískovců (až 50 % ve frakci 32–16 mm), klesají směrem do jemnější frakce (29 %) na úkor odolného křemene a nordických hornin. Obsah ostatních blízkých hornin je poměrně konstantní (12–15 %). Z této provenienční skupiny jsou nejvíce zastoupeny světlé kvar-

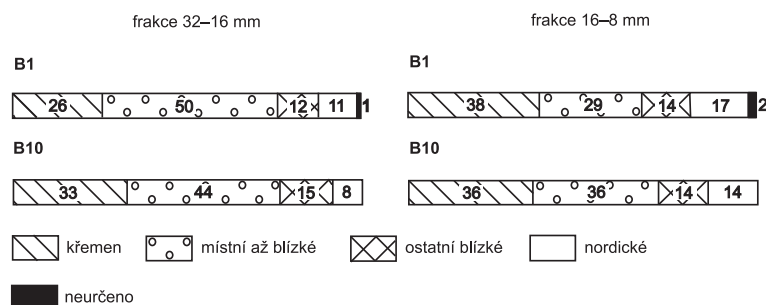
city a granitoidy ze silezického krystalinika a různé druhy silicítů, méně časté jsou ruly a amfibolity. Krystalinické souvky z jesenické oblasti jsou zastoupeny do 5 %, což koresponduje s výsledky Gáby – Peka (1999). Obsahy sudetských porfyrů jsou nízké (0,28–0,65 %), což odpovídá předpokladu Gáby – Wójcika (1990) o jejich snižujícím se množství směrem k jv.

Podíly hornin nordické proveniencce, ve které jsou nejhojnější fenoskandské granitoidy, se pohybují ve frakci 32–16 mm okolo 8 % (B10), ale narůstají do jemnější frakce až na 17 %. Mírně nadprůměrné obsahy nordických souvků ve vzorku B1 oproti hodnotám uváděným Gábou (1976) pro moravskoslezskou oblast zalednění, lze podle Nývlt – Hoareho (2000) vysvětlit sedimentací během ústupu ledovce, kdy se do depozičního systému dostával ve větší míře materiál transportovaný v subglaciální a/ nebo englaciální zóně ledovce. Zastoupení pazourků je velmi nízké 0,65–2,81 %, vzhledem k průměrnému obsahu baltských pazourků uváděnému Gábou – Pekem (1999) pro moravskoslezskou oblast okolo 8 %. Na základě složení valounových společenstev můžeme říct, že zdroje většiny šterkového materiálu se nacházely v blízkém okolí studované lokality a tento materiál prodělal jen poměrně krátký transport. Většina klastů ostatních blízkých hornin a křemene může podle Macouna et al. (1965) pocházet z fluvialních sedimentů toků pramenících v jesenické oblasti a v případě Osoblažska také z hojných křemenných žil v kulmských horninách.

Analýzy těžkých minerálů

Studované glaci-fluviální sedimenty vykazovaly velkou pestrost asociací těžkých minerálů, což se shoduje se závěry Otavy et al. (1991). S výjimkou vzorku OH7 ve studovaných souborech převládaly neprůsvitné těžké minerály, které mohly tvořit až 69 % (OH23) všech těžkých minerálů. Tato skupina byla zastoupena především hojnými sekundárními minerály Fe, hematitem a ilmenitem. Nejvyšší obsahy hematitu byly zjištěny ve vzorku OH23 (45 %). Sekundární minerály Fe byly nejhojnější ve vzorku OH25, kde tvořily 55 % všech zrn. Magnetické minerály tvořily max. 4 % (OH25) z celkového obsahu těžkých minerálů. Průsvitné těžké minerály (tab. 2) tvoří největší podíl ve vzorku OH7 (54 %), nejmenší potom ve vzorku OH23 (31 %). K nejhojnějším minerálům z této skupiny patří granát, amfibol, staurolit, sillimanit a andalusit. Do 5 % všech průsvitných těžkých minerálů byly zastoupeny epidot, glaukonit, pyroxen, často také rutil, titanit a zirkon. Do skupiny ostatních minerálů byly zařazeny ty, které netvořily ani 1 % celkového podílu minerálních zrn. Sem patří apatit, kyanit, monazit, v některých vzorcích také turmalíny či pyroxeny a z rudních minerálů například pyrit.

Přítomnost ostrohranného rutilu (Kodymová 1964) je typická pro ledovcové sedimenty sálského stáří. Studované vzorky mají srovnatelné podíly granátů, hornblendu, pyroxenů a glaukonitu s tilly mladšího (oderského) sálského zalednění ze sz. Polska



Obr. 3: Grafy procentuálního zastoupení jednotlivých provenienčních skupin a křemene ve vzorcích B1 a B10.

Fig. 3: Diagrams of percentage content of particular provenance groups and quartz in samples B1 and B10.

podíly frakce 0,5–0,25 mm (%)													
OZNAČENÍ VZORKU	amfibol	andalusit	epidot	glaukonit	granát	pyroxen	rutil	sillimanit	staurolit	titanit	turalin	zirkon	OSTATNÍ
Bohušov 1 – profil 1													
OH5	35	—	5	—	28	2	—	9	12	—	2	5	2
OH7	26	—	2	—	30	4	2	6	20	2	2	2	4
Bohušov 1 – profil 3													
OH23	16	16	3	—	16	—	7	19	16	—	7	—	—
OH25	16	13	—	3	19	3	—	16	10	7	—	7	6

Tab. 2: Podíly jednotlivých průsvitných těžkých minerálů a minerálních skupin ve frakci 0,5–0,25 mm.

Tab. 2: Proportion of particular transparent heavy minerals and mineral groups in grain fraction 0,5–0,25 mm.

(Czerwonka 1977) a j. Litvy (Baltrūnas – Gaigalas 2004). Vůči nim jsou ochuzeny o epidot a zirkon a výrazně nabo-haceny o staurolit. Nižší podíly epidotu, jakožto indikátoru nordické proveniencie (Sikorová et al. 2006), lze vysvětlit naředěním materiálu během transportu v ledovci a následně v ledovcovém výplavu. Obohacení glaci-fluviálních sedimentů vůči srovnatelným tillům o těžké minerály pocházející z místních a blízkých hornin (Pecina et al. in press), může být příčinou zvýšených obsahů typických magmatických a metamorfních minerálů (Gregerová et al 2002) jako jsou staurolit, sillimanit a andalusit. Jejich zdrojem mohou být buď přímo horniny silezického krystalinika, především pak různé typy pararul desenské klenby (Cháb et al. 2003) nebo kulmské horniny, které byly při svém vzniku těmito horninami dotovány (Dvořák 1994). Převaha zaoblených zrn nad zrný ostrohrannými ukazuje na vyšší pravděpo-dobnost druhé z výše uvedených možností.

Závěr

V Bohušovské pískovně můžeme vyčlenit dvě fáze přínosu materiálu do proglaciálního glaci-fluviálního systému. Starší je tvořena převážně masivními korytovitě šikmě zvrstvenými hrubozrnnými šterky s různým podílem písčité základní hmoty, které můžeme interpretovat jako vý-plně hlubších a úzkých koryt divočících řek a šterkové valy v proximální části výplavového systému. V jejich nadloží se uložily písčité a šterkovitopísčité sedimenty s častým korytovitým, planárním a čeřinovým šikmým zvrstvením, případně s horizontální laminací. Tyto litofacie sedimentovaly v proximální až střední části výplavových plošin vznikajících v předpolí ledovců, kde tvořily menší protáhlé akreční makroformy, 3-D duny či duny typu humpback.

Výrazné změny sklonu a orientace vrstevnatostí indikují změny ve směru akrece jednotlivých písčitých těles vlivem migrace dílčích koryt. V rámci obou měřených profilů se indikátory paleoproudění pohybují v širokém rozmezí (v profilu 1 je to téměř 180°). Různá orientace přirůstání makroforem vůči regionálnímu směru toku byla nejspíše způsobena vysokou lokální sinuositou koryt.

Valounové analýzy z lokality Bohušov odpovídají již dříve zjištěným údajům a výsledky se shodují s poměry jednotlivých provenienčních skupin v Jesenické oblasti. Zdroje většiny šterkových klastů, včetně křemene se nacházely v re-

lativní blízkosti studované lokality. Vysoký obsah místního materiálu ukazuje jen na omezenou délku transportu. Dalším důležitým zdrojem materiálu byly fluviální sedimenty toků pramenících v jesenické oblasti, které ledovec při svém postupu zakomponoval do své hmoty. Nordické horniny byly transportovány uvnitř ledové masy a do depozičního systému se v hojnější míře dostávaly během ústupové fáze.

Analýzy těžkých minerálů ukazují, že materiál glaci-fluviálních sedimentů Osoblažska nemá jednotnou provenienci, ale jedná se spíše o směs materiálů odrážejících horninové podloží širší oblasti, přes kterou ledovec postupoval. Důležitými zdroji materiálu zkoumaných se-dimentů jsou horniny jejich přímého horninového podloží (moravické souvrství) a horniny z širšího okolí Osoblažska, především ze starších souvrství kulmu s výchozy ležícími z. a sz. od studovaných lokalit a polská část silezického kry-stalinika, popřípadě předsálské fluviální sedimenty přítoků řeky Odry pramenících v Jesenické oblasti.

Poděkování

Rád bych poděkoval Martinu Ivanovovi a Danielu Nývltovi za řadu odborných připomínek, poskytnutí zdrojů informací a za pomoc při terénních pracích, Martinu Hanáčkovi děkuji za konzultace valounových analýz. V neposlední řadě patří můj dík Janu Sedláčkovi za pomoc s terénními pracemi a za řadu věcných připomínek k této práci.

Literatura

- Allen, J. R. L. (1983a): Gravel overpassing on humpback bars supplied with mixed sediment: examples from the Lower Old Red Sandstone, southern Britain. – *Sedimentology*, 30, 2, 285–294.
- Allen, J. R. L. (1983b): River bedforms: progress and problems. – *Spec. Publ. int. Ass. Sediment.*, 6, 19–33.
- Ashley, G. M. (1990): Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. – *J. Sediment. Petrol.*, 60, 160–72. Tulsa.
- Baltrúnas, V. – Gaigalas, A. (2004): Entropy of Pleistocene till composition as an indicator of sedimentation conditions in Southern Lithuania. – *Geol. Quart.*, 48, 2, 115–122. Warszawa.
- Czerwonka, J. A. (1977): Zastosowanie srednich odleglosci taksonomicznych (ATD) do interpretacji wyników analiz mineralov ciezkich w utworach czwartorzędowych. – *Kwart. Geol.*, 21, 4, 819–829. Warszawa.
- Dreimanis, A. – Vagners, U. J. (1971): Bimodal distribution of rocks and mineral fragments in basal tills. – In: Goldtwait R.P. (Ed.): *Till a symposium*. 237–250, Ohio State Univ. Press. Ohio.
- Dvořák, J. (1994): Variský flyšový vývoj v Nížkém Jeseníku na Moravě a ve Slezsku. 1–77, ČGÚ. Praha.
- Elias, S. A. (2007): *Encyclopedia of Quaternary Science*, four-volume set, 1–4; 1–3576, Elsevier. London.
- Folk, R. L. – Ward, W. C. (1957): Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. – *J. Sediment. Petrol.*, 27, 1, 3–26. Tulsa.
- Gába, Z. (1976): Valounové analýzy vodně ledovcových uloženin moravskoslezské oblasti. – *Čas. Slez. Muz. Opava (A)*, 25, 57–61. Opava.
- Gába, Z. – Pek, I. (1999): Ledovcové souvky moravskoslezské oblasti. 1–126, Okresní vlastivědné muzeum v Šumperku. Šumperk.
- Gába, Z. – Wójcik, J. (1990): Sudetské porfýry jako vůdčí souvky v ledovcových uloženinách Polska a ČSFR. – *Čas. Slez. Muz. Opava (A)*, 39, 1, 59–65. Opava.
- Gregerová, M. – Fojt, B. – Vávra, V. (2002): Mikroskopie horninotvorných a technických minerálů. 1–315, Moravské zemské muzeum, PřF MU Brno. Brno.
- Hein, F. J. – Walker, R. G. (1977): Bar evolution and development of stratification in the gravelly, braided, Kicking Horse River, British Columbia. – *Can. J. Earth Sci.*, 14, 562–570.
- Cháb, J. – Čurda, J. – Kočandrlé, J. – Manová, M. – Nývlt, D. – Pecina, V. – Skácelová, D. – Večeřa, J. – Žáček, V. (2003): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1 : 25 000 14-224 Jeseník. 1–94, MS ČGS. Praha.
- Jopling, A. V. – Walker, R. G. (1968): Morphology and origin of ripple-drift cross-lamination, with examples from the pleistocene of Massachusetts. – *J. Sediment. Petrol.*, 38, 971–984. Tulsa.
- Kodymová, A. (1964): Petrografické složení ledovcových sedimentů na Opavsku a Hlučínsku a jeho význam pro stratigrafii. – *Sborník geologických věd*, A, 2, 73–83. Praha.
- Macoun, J. – Šibrava, V. – Tyráček, J. – Knebllová-Vodičková, V. (1965): *Kvartér Ostravska a Moravské brány*. 1–419, Ústřední ústav geologický. Praha.
- Miall, A. D. (1996): *The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. 1–582, Springer. New York.
- Nývlt, D. – Hoare, P. G. (2000): Valounové analýzy glacioluvialních sedimentů severních Čech. – *Věstník ČGÚ*, 75, 2, 121–126. Praha.
- Nývlt, D. – Hoare, P. G. in press: Petrology, provenance and shape of clasts in the glacioluvial sediments of the Mníšek member, northern Bohemia, Czechia. – *Journal of Geological Sciences, Anthropozoic*. Praha.
- Otava, J. – Plička, M. – Žůrková, I. (1991): Provenience písků na severní Moravě ve světle asociací průsvitných těžkých minerálů. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. Nat.*, 76, 115–125. Brno.
- Pecina, V. – Čurda, J. – Hanáček, M. – Kočandrlé, J. – Nývlt, D. – Opletal, M. – Skácelová, D. – Skácelová, Z. – Večeřa, J. – Žáček, V. in press: Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000 14–221 Žulová. – MS ČGS. Praha.
- Růžička, M. (1995): Genesis and petrography of glacial deposits in the Czech republic. – In: Ehlers, J.– Kozarski, S.– Gibbard, P. L. (Eds.): *Glacial deposits in North-East Europe*, 406–420, A. A. Balkema. Rotterdam.
- Růžičková, E. – Růžička, M. – Zeman, A. – Kadlec, J. (2003): Kvartérní klastické sedimenty České republiky Struktury a textury hlavních genetických typů. 1–92, ČGS. Praha.
- Sikorová, J. – Víšek, J. – Nývlt, D. (2006): Texture and petrography of glacial deposits in the northern foothill of the Hrubý Jeseník and Rychlebské hory Mts., Czechia. – *Geol. Quart.*, 50, 3, 345–352. Warszawa.
- Skácel, J. – Kroutilík, V. (1966): Vysvětlivky ke geologické mapě 1 : 50 000, list M-33-72-B Matějovice, list M-33-72-A Slezské Rudoltice. 1–121, MS Geofond. Praha.