Lunzské vrstvy hronika východnej časti Strážovských vrchov

Lunz Beds of the Hronicum in the eastern portion of the Strážovské vrchy Mts. (Western Carpathians, Slovakia)

Ondrej Pelech[1], Mário Olšavský[2], Dušan Laurinc[1], Júlia Kotulová[3], Vladimír Šimo[3] a Marika Mikudíková[1]

[1] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava, ondrej.pelech@geology.sk
[2] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Zelená 5, 974 04 Banská Bystrica
[3] Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava

© Autori 2020. Vydal ŠGÚDŠ. Licencia Creative Commons BY 4.0. (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Abstrakt. Táto práca sumarizuje poznatky získané pri štúdiu lunzských vrstiev v považskom príkrove a príkrove Ostrej Malenice hronika východnej časti Strážovských vrchov. Opiera sa predovšetkým o výsledky terénneho výskumu a geologického mapovania v oblasti Zliechovskej hornatiny a Nitrických vrchov. Skúmané horniny predstavujú hlavne zelenosivé alebo hrdzavé pieskovce, lokálne aj sivozelené siltovce alebo sivé bridlice. Pieskovce sú spravidla bezštruktúrne alebo laminované, doskovité až lavicovité. Na viacerých lokalitách boli pozorované zuhoľnatené rastlinné zvyšky, ichnotaxóny *Arenicolites* isp., *Phycodes* isp., *Planolites* isp. a *Thalassinoides* isp. a závalky siltovcov. Petrograficky pieskovce predstavujú sľudnaté subarkózy, živcové droby, menej arkózové droby a sublitarenity. Zistená odrazivosť vitrinitu 0,95 – 0,97 % Ro svedčí o pomerne vysokej diagenetickej premene lunzských vrstiev. Maximálna teplota, ktorej boli sedimenty vystavené, dosiahla 131 – 150 °C. Takéto podmienky boli pravdepodobne dosiahnuté počas tektonického pochovania vrstiev v rámci príkrovovej stavby a neskoršej subsidencie v dôsledku depozície naložených sedimentov kenozoických paniev.

Kľúčové slová: pieskovce, petrografia, ichnofosílie, odrazivosť vitrinitu, karn

Abstract. The presented work summarizes knowledge on the Lunz Beds in the Hronic Považie and Ostrá Malenica nappes of the eastern portion of the Strážovské vrchy Mts. It is based mainly on the results of field research and geological mapping in the area of the Zliechovská hornatina and Nitrické vrchy Mts. The studied rocks are mainly gray-green or brown sandstones, and locall gray-green siltstones or grey claystones. The sandstones are usually structureless (massive) or laminated, thin- to thick bedded. Contain coalified plant remains, ichnotaxa *Arenicolites* isp., *Phycodes* isp., *Planolites* isp. and *Thalassinoides* isp. and siltstone or claystone intraclasts. Petrographically, sandstones represent micaceous subarkose, lithic wacke, less often feldspathic (arkosic) wacke and sublitharenite. The observed vitrinite reflectance values 0.95–0.97 % Ro indicate a relatively high diagenetic transformation of the Lunz Beds, where the maximum temperatures reached 131–150 °C. Such conditions were probably achieved during the tectonic burial of the rocks within the nappe structure and later subsidence due to the deposition of superimposed (post-nappe) sediments of the Cenozoic basins.

Key words: sandstones, petrography, ichnofossils, vitrinite reflectance, Carnian

Úvod

Lunzské vrstvy sú v prevažne karbonátových súvrstviach stredného a vrchného triasu Západných Karpát významným oporným stratigrafickým horizontom a zároveň svojou náplňou cudzorodým elementom. Reprezentujú jeden zo siliciklastických vpádov do triasového šelfu s prevažne karbonátovou sedimentáciou počas tzv. karnskej krízy či karnského pluviálneho eventu (napr. Hornung et al., 2007; Dal Corso et al., 2020). Tieto sedimenty boli v pozornosti geológov od počiatku výskumov Západných Karpát (napr. Stur, 1868).

Za autora termínu lunzské vrstvy (*Lunzer Schichten*) definovaného vo Východných Alpách sa tradične považuje Lipold (in Foeterle, 1863 ex Tollmann, 1976; Bystrický in Andrusov a Samuel, 1985) v rukopisnej správe o geológii okolia Annabergu, Türnitzu a Lilienfeldu. [Ani v práci Tollmanna, 1976, ani Bystrického (in Andrusov a Samuel, 1985) sa nenachádza korektná bibliografická citácia pôvodnej správy, podľa ktorej by ju bolo možné vyhľadať.] Heidinger (1863, s. 70 – 72) v súhrnnej správe v *Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt* na základe referátu Lipolda uvádza, že „*Termínom lunzské vrstvy označil Lipold uhoľné vrstvy Álp, ktoré patria do vrchného triasu a vyznačujú sa odtlačkam*i *Pterophyllum longifolium, v prevrstveniach vápnitých bridlíc pri Türnitzi obsahujú Ammonites floridus.*“ Presnejšie popisy sa nachádzajú v neskoršej práci (Lipold, 1865).

Stratigraficky sa lunzský pieskovec v Severných Vápencových Alpách klasicky delí na 3 členy (Tollmann, 1976; Oberhauser, 1980): hlavný (lunzský) pieskovec (*Lunzer Hauptsandsetin*), lunzské bridlice (*Lunzer Schieferton*) a nadložný lunzský pieskovec (*Lunzer Hangendsandstein*). *Hlavný pieskovec* tvorí spodnú časť litostratigrafickej jednotky. Pozostáva zo sivého až hnedého pieskovca (živcová droba až arkóza). Ílovce a sliene vystupujú iba v malom množstve. Hrúbka hlavného pieskovca je 30 – 50 m a viac. *Lunzské bridlice* sa vyskytujú vo vyššej časti litostratigrafickej jednotky. Predstavujú hlavne bridličnatý pieskovec so sférosideritmi, rastlinnými zvyškami a uhlím. Bridlice

sú hlavne piesčité alebo prachovcové. Ílovce alebo ílovité bridlice sú zriedkavé. Hrúbka uhoľných slojov je veľmi premenlivá, najviac do 7 m. Táto časť litostratigrafickej jednotky sedimentovala v plytkovodnom až brakickom prostredí. Celková hrúbka bridlíc sa pohybuje do 50 m. *Nadložný pieskovec* tvorí vrchnú časť litostratigrafickej jednotky a predstavuje ho striedanie pieskovcov a bridlíc. Dosahuje hrúbku niekoľko prvých metrov až prvé desiatky metrov. Predstavuje návrat k morskej sedimentácii. Havrila et al. (2019) navrhuje toto členenie používať aj v Západných Karpatoch. Tollmann (1985) zaraďuje do lunzskej „skupiny" (*Die Lunzer Schichtgurppe*) aj ďalšie litostratigrafické jednotky: trachycerasové vrstvy a reingrabenské bridlice s morskou faunou a lunzský pieskovec vo vrchnej časti. Litostratigrafická klasifikácia lunzských vrstiev nie je ustálená v Alpách ani Západných Karpatoch. Väčšina zahraničných prác síce používa termín *formation* (súvrstvie) (*Lunz Formation*, napr. Hornung et al., 2007; Aubrecht et al., 2017; Kohút et al., 2018), ale iba neformálne. V slovenčine (napr. Pulec, 1965; Mello et al., 2005; Havrila et al., 2019) alebo v nemčine (napr. Piller et al., 2004) je zaužívaný termín vrstvy (*Lunzer Schichten*, *Lunz Beds*), ktorý je konvenčne použitý aj v tejto práci. Možno však konštatovať, že litostratigrafická jednotka prakticky spĺňa kritériá na zaradenie do kategórie súvrstvie (jednotka, ktorá sa dá zmapovať a rozdeliť na viac členov). Je však nutná formalizácia a na použitie alpského termínu azda aj korelácia medzi typovou lokalitou a Západnými Karpatmi.

Podrobný historický prehľad výskumu lunzských vrstiev v Západných Karpatoch uvádzajú Havrila et al. (2019). Detailnejším sedimentárno-petrografickým výskumom lunzských vrstiev v oblasti Západných Karpát sa zaoberalo len niekoľko prác (Pulec, 1959; Marschalko a Pulec, 1967; Michalík et al., 1992; Pivko, 2007). Petrologickou analýzou ťažkých minerálov a zdrojovej oblasti tohto súvrstvia sa v poslednom čase zaoberali práce kolektívov Aubrecht et al. (2017) a Kohút et al. (2018). Obe zároveň datovali klastické zirkóny lunzských vrstiev s cieľom prispieť k identifikácii možnej zdrojovej oblasti.

Hrúbka lunzských vrstiev hronika je variabilná, najväčšia je v panvových vývojoch hronika. V oblasti Liptovského Hrádku dosahujú až 200 – 300 m (Marschalko in Bystrický, 1973). V oblasti vývojov karbonátových plošín (*sensu* Havrila, 2011) je ich hrúbka spravidla prvé desiatky metrov. Pre ich malú hrúbku a nedostatočné odkrytie v týchto oblastiach je ich výskum spravidla v úzadí.

Vek lunzských vrstiev v Západných Karpatoch je karn (presnejšie jul – tuval), zistený na základe makrofauny v spodnej časti litostratigrafickej jednotky (v reingrabenských bridliciach, wandauských a korytnických vápencoch), čiastočne na základe mikrofauny a sporomorf z hlavného a nadložného pieskovca a makroflóry z bridličnatých ílovcov s uhlím (pozri prehľad Havrilu et al., 2019). Na základe nálezov lastúrnikov *Palaeocardita* cf. *guembeli* (Pichler) a ramenonožcov *Spiriferina gregaria* Suess v reingrabenských bridliciach v oblasti Šípkova v Strážovských vrchoch je konštatovaný karnský vek (Kochanová a Pevný, 1984). Pulec (1965) na základe nálezov z reingrabenských bridlíc v bielovážskej panve Nízkych Tatier určil vek spodný jul. Z iných regiónov je vek doložený amonitovou (*Carnites floridus*; Kollárová-Andrusovová, 1967) a halobiovou faunou (*Halobia rugosa*, *Halobia comata* Bittner; Kochanová a Pevný, 1976) a palynomorfami (Planderová, 1980, 1986). Karnský vek bol potvrdený aj na základe výskytov foraminifer (Havrila et al., 2019).

Rádiometrické U-Pb vyhodnotenie najmladších detritických zirkónov z lunzských vrstiev z rôznych lokalít hronika Západných Karpát poukazuje na vek 221,2 ± 1,6 mil. r. (Kohút et al., 2018). V súčasnosti by tento vek mal zodpovedať stupňu norik (napr. Lucas, 2013), no kalibrácia triasových stupňov zatiaľ nie je veľmi presná.

Táto práca podáva nové informácie o litologicko-petrografickom charaktere lunzských vrstiev hronika vo východnej časti Strážovských vrchov, získané počas geologického mapovania regiónu Strážovské vrchy-východná časť (Kováčik et al., 2019; Hraško et al., 2020), teda v severovýchodnej časti geomorfologického celku Zliechovská hornatina a v Nitrických vrchoch (obr. 1). Získané informácie sú doplnené o lokálne pozorované ichnofosílie a informáciu o odrazivosti vitrinitu z 2 lokalít.

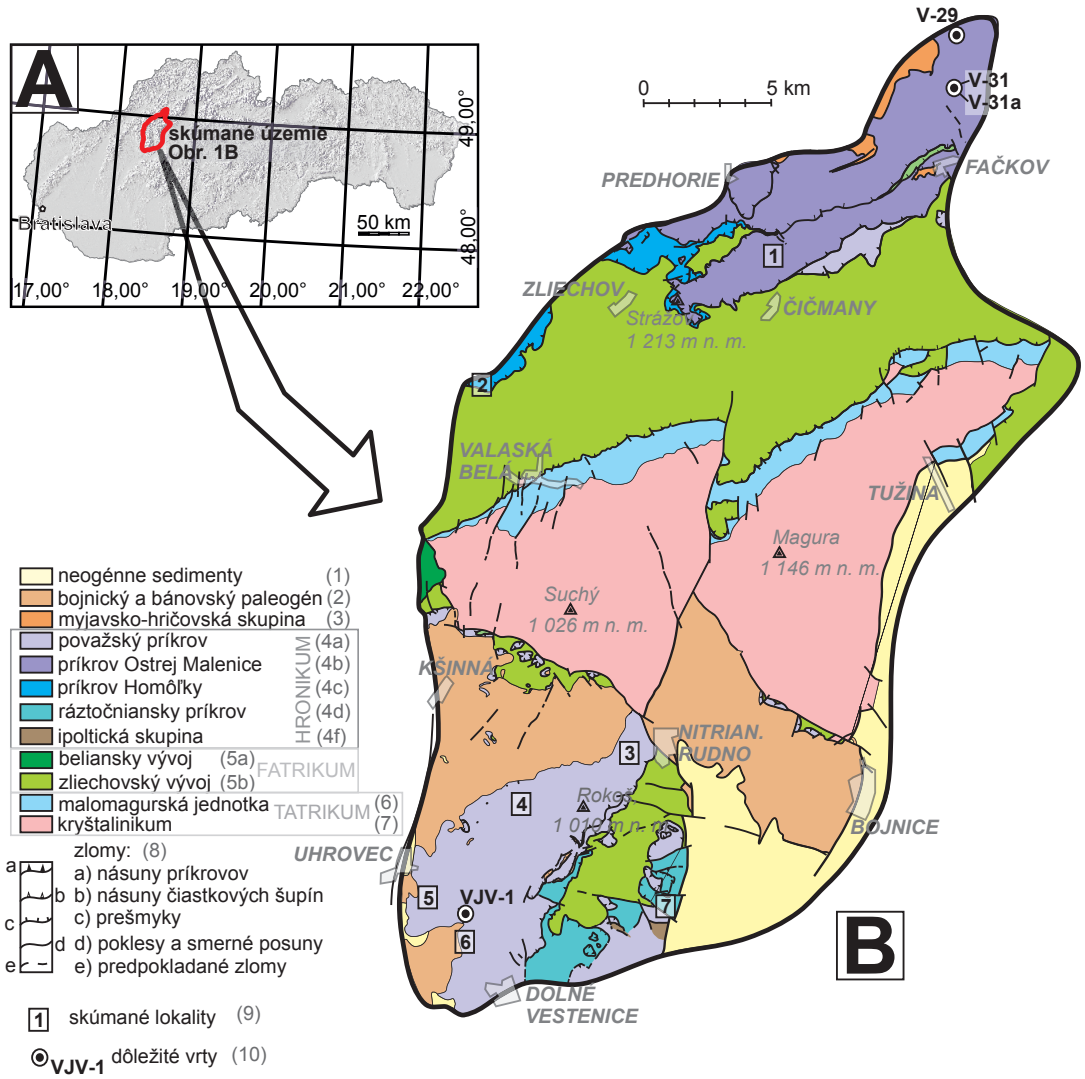
Východná časť Strážovských vrchov predstavuje viac-menej typický región jadrových pohorí Západných Karpát. Tvorí ho tatrikum, fatrikum, hronikum a mladšie popríkrovové paleogénne a neogénne sedimentárne panvy (Maheľ et al., 1982; Maheľ, 1985; Mello et al., 2005, 2011; Kováčik et al., 2019; Hraško et al., 2020). Skúmané vzorky pochádzajú z tektonickej jednotky hronika (obr. 1B), kde vystupujú v rámci plytkovodných, resp. platformných sledov považského príkrovu (lok. 1 a 3 – 5, vrty V-29, V-31, V-31a, VJV-1), čiastočne aj z príkrovu Ostrej Malenice. Kvôli informácii uvádzame aj opisy z bazálnej časti príkrovu Homôľky (lok. 2), kde lunzské vrstvy dosahujú väčšiu hrúbku. Tie však neboli predmetom práce.

Metodika

Táto práca sa opiera o výsledky terénneho geologického mapovania štandardnými metódami. Nedostatočné odkrytie neumožňovalo štúdium lunzských vrstiev v odkryvoch alebo sledoch „vrstva po vrstve". Predkladaná práca sa preto opiera o bodové analýzy z viacerých lokalít. Pri terénnych prácach sa odoberali vzorky pieskovcov na petrografickú analýzu, analýzu odrazivosti vitrinitu a predbežnú identikáciu fragmentov ichnofosílií.

Petrografická modálna analýza sa realizovala na 6 výbrusoch bodovým integrátorom Eltinor 4. Počítalo sa podľa možnosti 500 krokov. Počítal sa obsah základnej hmoty (matrix), cementu (hlavne tmel), kremeňa (monokryštalický a polykryštalický), živcov (draselné živce a plagioklasy), klastických sľúd (muskovit, biotit), litických úlomkov (sedimentárne, metamorfované, magmatické a vulkanické), akcesórií (zirkón, turmalín, apatit, rutil, glaukonit, granát a i.) a fosílnych organických zvyškov. Na základe výsledkov modálnej analýzy boli sedimenty klasifikované podľa práce Pettijohna et al. (1972) a boli stanovené ich petrofaciálne parametre. Na základe petrografických kritérií bola stanovená aj tektonická pozícia zdrojovej oblasti v zmysle Dickinsona (1985).

Na analýzu odrazivosti vitrinitu boli 3 vzorky pieskovcov narezané kolmo na vrstvovitosť a zaliate do epo-



Obr. 1. Poloha skúmaného územia: A) – poloha v rámci Slovenska, B) – poloha skúmaných lokalít v rámci východnej časti Strážovských vrchov.

Fig. 1. Location of the investigated area: A) – location within Slovakia, B) – location within the eastern part of the Strážovské vrchy Mts. 1 – Neogene sediments; 2 – Inner Carpathian Paleogene (Bojnice and Bánovce Paleogene); 3 – Myjava-Hričov Group; 4 – Hronicum: 4a – Považie Nappe, 4b – Ostrá Malenica Nappe, 4c – Homôľka Nappe, 4d – Ráztočno Nappe, 4f – Ipoltica Group; 5 – Fatricum: 5a – Belá sucession, 5b – Zliechov sucession; 6 – Tatric Mesozoic cover sequence; 7 – Tatric crystalline basement rocks; 8 – Faults: 8a – Major nappe thrust, 8b – Secondary nappe thrust sheets, 8c – Reverse faults, 8d – Normal and strike-slip faults, 8e – Assumed faults; 9 – Studied localities (for further information see Tab. 1); 10 – important boreholes.

xidovej živice. V ďalších krokoch z nich boli podľa normy ISO-7404-2 (2009) pripravené leštené výbrusy, ktoré boli v mikroskope podrobené organickej petrografii a analýze odrazivosti vitrinitu. Na analýzu odrazivosti vitrinitu (% Ro) bol použitý mikroskop s mikrofotometrom Leitz MPV 2 Compact vybavený objektívom na olejovú imerziu (50 ×). Merania sa vykonávali v súlade s medzinárodnými normami ISO 7404-5 (2009) a ASTM D7708-14 (2015). Analýzy boli urobené v Ústave vied o Zemi SAV v Bratislave. Výsledky sú prezentované ako priemerné hodnoty náhodnej odrazivosti (*random reflectance*, % Ro). Hodnoty jednotlivých meraní svetelnej odrazivosti sú spracované štatisticky. Vypočítaný priemer svetelnej odrazivosti a štandardná odchýlka sú pre danú vzorku reprezentačné a použiteľné na interpretáciu v kontexte s geotektonickou situáciou v mieste odobratia vzorky.

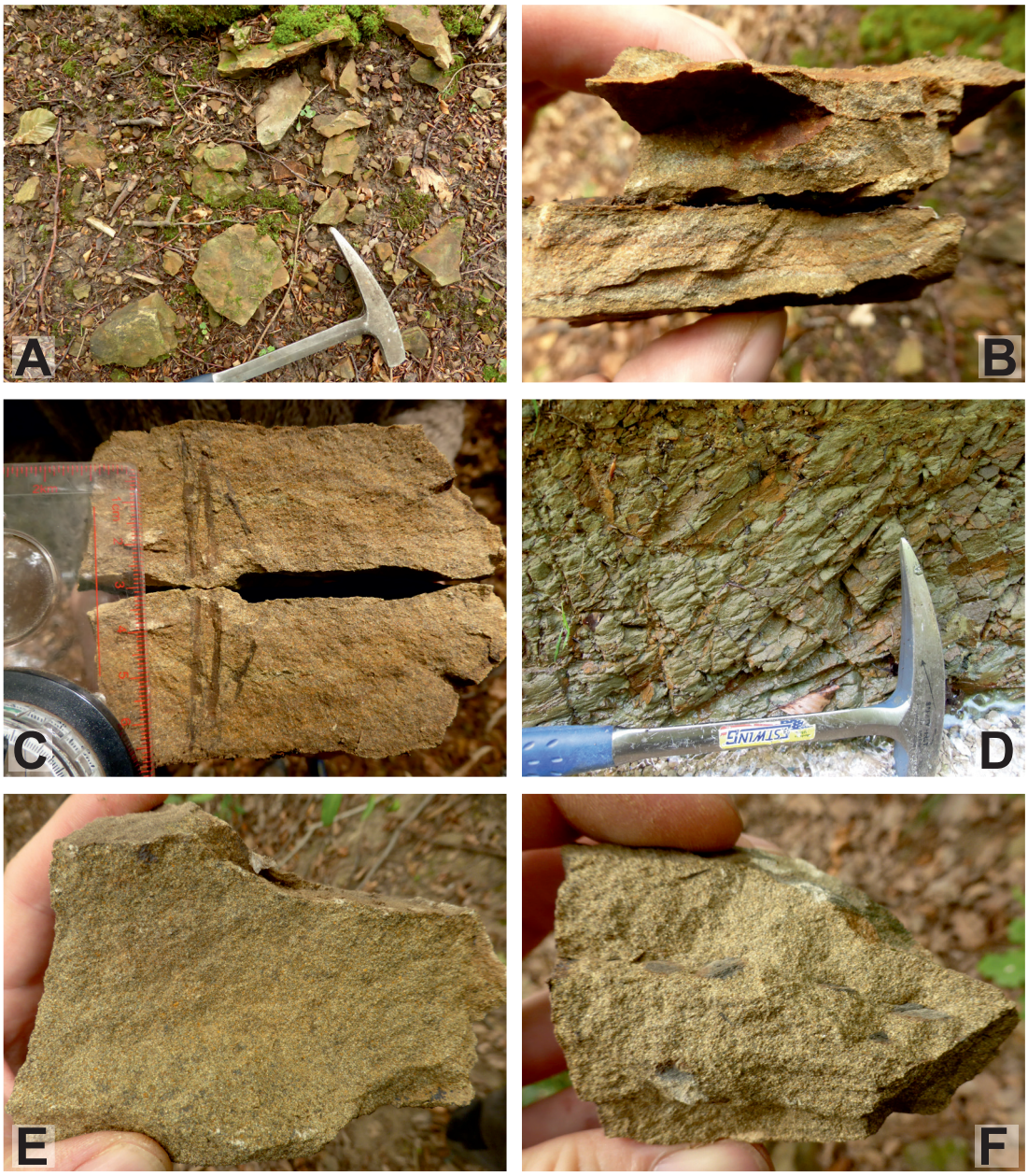
Výsledky

V severnej časti Zliechovskej hornatiny boli lunzské vrstvy považského príkrovu a príkrovu Ostrej Malenice pozorované len lokálne. Tvoria plošne nevýznamné výskyty, zvyčajne tenké (decimetre, prvé metre) a niekoľko desiatok metrov dlhé šošovkovité telesá medzi podložným wettersteinským a nadložným hlavným dolomitom.

Litologicky ide o zelenosivé a hrdzavé pieskovce, lokálne aj sivozelené siltovce (obr. 2). Pieskovce sú spravidla masívne (bezštruktúrne) alebo laminované. Lokálne sa v nich vyskytovali bližšie neidentifikovateľné rastlinné zvyšky (obr. 2C). Významnejší odkryv sivozelených siltovcov hrubý asi 3 – 4 m, miestami s okrovými nátekmi, vystupuje v zárezе lesnej cesty jv. od sedla Samostrel (lok. 1, obr. 2D). Rozpad siltovcov znemožňoval bližšie pozorovanie sedimentárnych textúr. V ložiskových vrtoch V-29,

Tab. 1. Lokalizácia študovaných vzoriek, lokalít a vrtov.
Tab. 1. Location of the studied samples, localities and boreholes/wells.

Číslo lok. v obr. 1/ Local. no. in Fig.1	Dokumentačný bod / Site	Geografický popis / Locality description	Litológia / Lithology	X (dĺžka, E) / Longitude	Y (šírka, N) / Latitude	Poznámka / Note
1	**OP41/MO53**	jv. od sedla Samostrel, výmoľ v lesnej ceste / SE of Samostrel seddle	siltovce až bridlice / siltstone to shale	18,5112290	48,9754540	dokumentovaný odkryv / outcrop
	OP356	jv. svah kóty 830 Vrábľová, Čierna dolina, Čičmany / SE slope of elevation point Vrábľová (830 m a.s.l.) Čierna dolina	pieskovce / sandstone	18,5102096	48,9709772	voľná sutina (vzorka petrografia) / loose debris (petrography sample)
2	**OP757**	výmole v lesnej ceste západne od lazu Hírešovci, Valaská Belá / erosional rill in a forest road west of Hírešovci settlement	pieskovce / sandstone	18,3588140	48,9156170	dokumentovaný odkryv / outcrop
3	**OP375**	masív kóty 715 Nitrianske Rudno / elevation point 715 m a.s.l. massif, Nitrianske Rudno	pieskovce / sandstone	18,4510420	48,7862770	voľná sutina (vzorka petrografia) / loose debris (petrography sample)
	OP380	masív kóty 715 Nitrianske Rudno / elevation point 715 m a.s.l. massif, Nitrianske Rudno	pieskovce / sandstone	18,4509201	48,7875003	voľná sutina (vzorka petrografia) / loose debris (petrography sample)
	OP382	masív kóty 715 Nitrianske Rudno / elevation point 715 m a.s.l. massif, Nitrianske Rudno	pieskovce / sandstone	18,4466953	48,7848601	voľná sutina (vzorka petrografia) / loose debris (petrography sample)
4	**OP696**	bezmenná dolina, v. od lok. Patrovec, Uhrovské Podhr. / nemelles valley E of loc. Patrovec, E of Uhrovské Podhradie	pieskovce / sandstone	18,3926413	48,7638355	voľná sutina (odraznosť vitrinitu, sedimentol.) / loose debris (sedimentology, vitrinite reflectance, c.f. Andrusov, 1941, 1950)
5	**OP718 (MO1153, L370)**	zárez cesty sz. od lok. Drabanová, medzi Látkovcami a Uhrovcom / road cut NW of loc. Drabanová, between Látkovce and Uhrovec	pieskovce / sandstone	18,3492759	48,7293461	dokumentovaný odkr. (sedimentológia a petrografia) / outcrop Sedimentol., petrogr.)
6	**L366A, B**	v. od lok. E Brieštie, j. od kóty 450 Ploštiny, Dolné Vestenice / E of locallity Brieštie, S of elevation point Ploštiny 450 m a.s.l.	pieskovce / sandstone	18,3714210	48,7217480	voľná sutina (vzorka petrografia) / loose debris (petrography sample)
7	**MO889**	Triebnik, v. od Nitrianskych Sučian / locality Triebnik, E of Nitrianske Sučany	pieskovce / sandstone	18,4822530	48,7342140	voľná sutina (vzorka petrografia) / loose debris (petrography sample)
VJV-1	**VJV-1**	hydrogeologický vrt jv. od areálu na Jankovom vŕšku / hydrogeological well SE from Jankov vŕšok	pieskovce a bridlice / sandstone and shale	18,370192	48,737721	
V-29	**V-29**	ložiskový vrt / exploration borehole for dolomite	bridlice v prevahe nad pieskovcami / shales predominating over sandstones	18,600377	49,05671	
V-31, V-31a	**V-31, V-31a**	ložiskový vrt / exploration borehole for dolomite	sivé bridlice / grey shales	18,587778	49,038247	

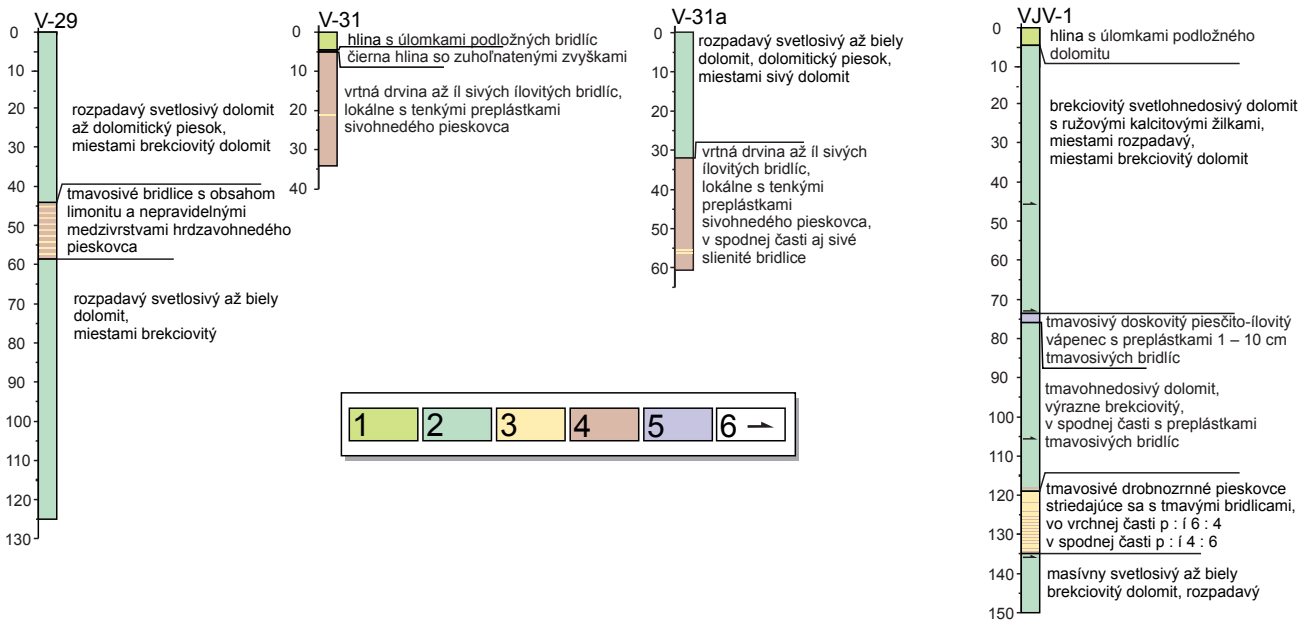


Obr. 2. A – C) Lunzské vrstvy v severnej časti Zliechovskej hornatiny: A) typická forma vystupovania lunzských vrstiev – sutina pieskovcov s typickou hnedooranžovou patinou, B) laminácia v pieskovci, zvýraznená nátekmi oxidov Fe, C) pieskovec s rastlinnými zvyškami (lok. 1, na sever od Čičmian, sedielko pri k. Vrábľová); D) detail odkryvu v sivozelených siltovcoch, lesná cesta v doline jv. od sedla Samostrel (lok. 1); E – F) lunzské pieskovce z oblasti Nitrických vrchov: E) dobre vytriedený pieskovec, lok. Stráň, F) pieskovec s fragmentmi organickej hmoty (?uhlie), Nitrianske Sučany.

Fig. 2. A – C) Lunz Beds in the northern part of the Zliechovská hornatina. A) Sandstone rock debris with typical orange-brown weathering, B) laminated sandstone, C) sandstone with plant fragments (locality 1, N of Čičmany, mountain saddle near Vrábľová elevation point), D) detailed view of grey-green siltstone outcrop, forest road in the valley SE of Samostrel saddle (locality 1); E – F) Lunz sandstones from the Nitrické vrchy Mts., E) well-sorted sandstone at the locality Stráň. F) sandstone with fragments of organic matter (?coal), Nitrianske Sučany.

V-31 a V-31a (obr. 3; Šalagová a Hasch, 1969) v oblasti Suchej doliny (kataster obce Malé Lednice) boli navŕtané sedimenty lunzských vrstiev s nepravou hrúbkou od 13,4 do 25 m. Podľa dostupných opisov vrtných jadier boli sedimenty prevažne ílovité, pieskovce vystupovali iba zriedkavo. Z daných opisov nie je jasné, či môže ísť o reingrabenské bridlice alebo bridličnaté sedimenty vrchnej časti lunzského pieskovca. Na základe regionálnych súvislostí však považujeme za pravdepodobnejší druhý variant. Vrt V-31 zachytil v hĺbke 5 – 4,5 m pod kvartérnymi sedimentmi a v nadloží sedimentov lunzských vrstiev aj tmavosivé bituminózne hliny so zuhoľnatenými zvyškami. Ich príslušnosť k lunzským vrstvám však nie je istá, môže ísť aj o mladšie, pliocénne alebo kvartérne sedimenty.

Do skúmaného regiónu obmedzene zasahuje aj teleso príkrovu Homôľky s bazénovým sledom stredného triasu a väčšou hrúbkou lunzských vrstiev dosahujúcou 100 a viac metrov (porovnaj Maheľ et al., 1982 a Mello et al., 2005). Vyskytujú sa napr. pri laze Hírešovci sz. od Valaskej Belej (obr. 1, lok. 2). Lunzské vrstvy v tomto priestore tvoria



Obr. 3. Litologické profily vrtov V-29, V-31, V-31a a VJV-1, ktoré v skúmanej oblasti prenikli cez lunzské vrstvy (zostavené podľa podkladov: Šalagová a Hasch, 1969; Tupý, 1986; lokalizácia na obr. 1 a v tab. 1): 1 – kvartérne sedimenty, nečlenené; 2 – nečlenené dolomity; 3 – pieskovce; 4 – ílovce a ílovité bridlice; 5 – vápence; 6 – tektonické poruchy. Lunzské vrstvy – litológia 3 a 4.

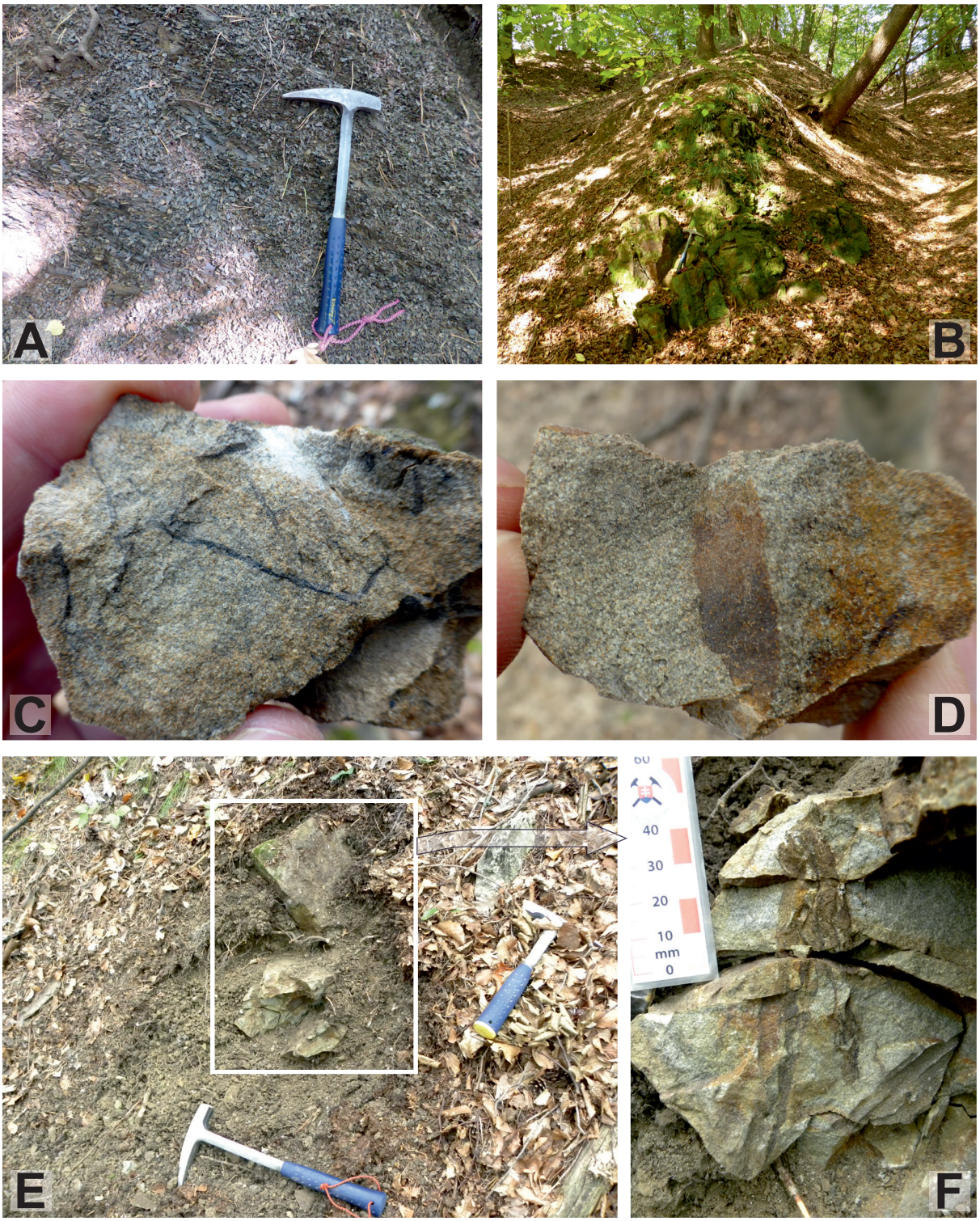
Fig. 3. Lithological profiles of boreholes/wells V-29, V-31, V-31a and VJV-1 which penetrated Lunz Beds (compiled according to unpublished material of Šalagová and Hasch, 1969; Tupý, 1986; location in Fig. 1 and Tab. 1): 1 – Quaternary sediments undivided; 2 – undivided dolomitic rocks; 3 – sandstones; 4 – claystone or clayey shale; 5 – limestone; 6 – faults. Lunz Beds are represented by lithology 3 and 4.

bázu príkrovu Homôľky ležiacu v nadloží zvrásneného porubského súvrstvia fatrika. V nadloží lunzských vrstiev tu vystupujú sivé oponické vápence a sivý hlavný dolomit. Na skúmanej lokalite lunzské vrstvy vystupovali vo forme sutiny tvorenej masívnym (bezštruktúrnym) zelenosivým kremenným pieskovcom. Lunzské vrstvy príkrovu Homôľky však nie sú predmetom tejto práce a neboli podrobnejšie skúmané.

Na základe poznatkov z geologického mapovania vieme, že výskyty lunzských vrstiev v považskom príkrove v Nitrických vrchoch obsahujú najmä zelenosivé až zelené pieskovce (obr. 2E – F a 4). Na navetranom povrchu sú zväčša hnedé alebo hrdzavé. Vytvárali nekontinuálne šošovky v nadloží wettersteinských dolomitov a podloží hlavného dolomitu hrubé zvyčajne niekoľko prvých metrov, najviac 15 m. Súvislejšie výskyty v takejto pozícii sú zriedkavé. Nachádzajú sa napr. západne od Nitrianskeho Rudna v sv. ramene masívu Košútovej skaly, kde podľa priebehu ležia takmer plocho. Ďalší takýto výskyt sa nachádza južne (lok. 5 Drabanová) a východne od Uhrovca s nesúvislým priebehom do Uhrovského Podhradia, kde sa výskyty lunzských vrstiev končia v doline so sv.-jz. orientáciou medzi masívmi Patrovec a Srnia (lok. 4). Na tejto lokalite v lunzských vrstvách bola dávnejšie dokumentovaná aj (pre Západné Karpaty) neobvyklá akumulácia uhlia v podobe šošoviek hrubých max. 1 m (Andrusov, 1941, str. 23; Andrusov, 1950, str. 4).

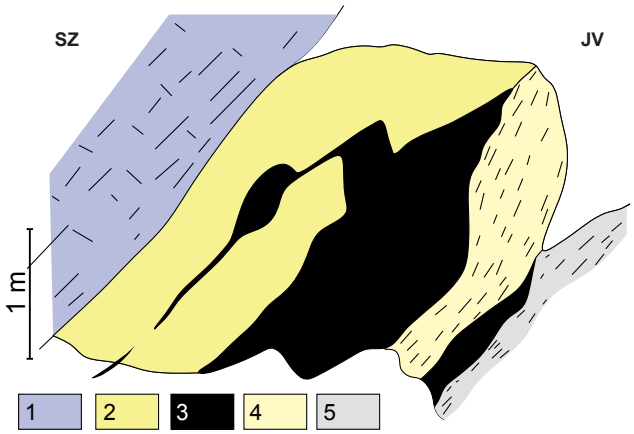
Niektoré fragmentárne výskyty pieskovcov lunzských vrstiev na povrchu nezapadajú do obvyklého stratigrafického kontextu. Napríklad medzi hradom Uhrovec a Veľkými Zrubiskami ležia v tektonickom podloží strážovských vápencov, štruktúrne vyššej šupiny, a v nadloží wettersteinských dolomitov tvoriacich ich normálne stratigrafické podložie. Nepochybne najväčší rozsah dosahujú na lokalite východne od Nitrianskych Sučian (Kopanice, Triebnik), kde bezprostredne asociujú zrejme s hlavným dolomitom a môžu patriť k štruktúrne nižšiemu telesu ráztočnianskeho príkrovu s hlbokovodným strednotriasovým sledom. Vo viacerých prípadoch sú silne tektonicky porušené tak, že hornina už reprezentuje rauvaky. Pieskovce lunzských vrstiev tu tvoria aj väčšie úlomky a bloky vo svahoch. Sivozelené siltovce až ílovce (resp. bridlice) vystupovali v skúmanom území iba v zanedbateľnom množstve. Pravdepodobne reingrabenské bridlice sa nachádzajú ca 300 m na JZ od bývalého lomu v úzkej dolinke (Nitrianske Sučany, Triebnik). Prachovcové bridlice sivočiernej farby sa vyznačujú lístkovitým rozpadom (obr. 4A).

Striedanie pieskovcov a bridlíc bolo zachytené aj v hydrogeologickom vrte VJV-1 (obr. 3; Tupý, 1986) južne od Jankovho vŕška situovanom v jednej zo šupín považského príkrovu. Vystupujú v úseku 119 až 135 m v podobe striedania tmavosivých pieskovcov a tmavosivých až čiernych bridlíc. Tupý (1986) opisuje interval lunzských vrstiev takto: *„V intervale 119,00 – 134,80 m vystupujú tmavosivé drobnozrnné pieskovce, striedajúce sa vo vrstvičkách 1 – 6 cm hrubých s tmavosivými až čiernymi ílovitými (grafitickými) bridlicami. V hornej polovičke súvrstvia majú miernu prevahu pieskovce nad bridlicami v pomere 60 : 40. V spodnej polovičke súvrstvia prevažujú bridlice nad pieskovcami v pomere 60:40. Veľkosť sklonu vrstevných plôch je prevažne 60 – 90° (údaj málo spoľahlivý pre nízky výnos jadra). Hornina je porušená veľmi početnými, rôzne orientovanými puklinami. Pozdĺž puklín a vrstevných plôch sa hornina rozpadáva väčšinou na ostrohranné úlomky*



Obr. 4. A) Drobná sutina bridlíc, pravdepodobne reingrabenské bridlice, Nitrianske Sučany; B) zriedkavý odkryv v pieskovcoch lunzských vrstiev, Nitrianske Sučany; C) zuhoľnatené fragmenty v pieskovci, sv. rameno kóty Košútova skala 300 m na SV od vrcholovej k. 715; D) Lunzský pieskovec s typickými železitými nátekmi, oblasť južne od kóty Ploštiny (kóta 450,2); E) pohľad na dnešné vystupovanie lunzských pieskovcov vsv. od Uhrovského Podhradia (lok. 4), odkopaný, pravdepodobne voľný blok vo svahu; F) detail pieskovca so stopami pripomínajúcimi koreňový systém rastlín.

Fig. 4. A) Small fragments of shale debris, probably representing Reingraben shales, Nitrianske Sučany; B) rare outcrop of sandstones of the Lunz Beds, Nitrianske Sučany; C) coalified plant fragments in sandstone, ridge NE of Košútova skala, 300 m NE from the elevation point (715 m a. s. l.); D) Lunz sandstone with typical Fe-oxides, south of elevation point Ploštiny (450,2 m a. s. l.); E) view of today's exposure of the Lunz sandstones, ENE from Uhrovské Podhradie (loc. no. 4), view of loose block found in the slope debris; F) detail of sandstone with traces resembling a plant root system.



Obr. 5. Výskyt lunzských vrstiev s uhlím, ako ho zdokumentoval Andrusov (1950): 1 – hlavný dolomit; 2 – žlté a biele pieskovce; 3 – uhlie; 4 – pieskovce a bridlice; 5 – sivé ílovce s rastlinnými zvyškami.

Fig. 5. Occurrence of Lunz Beds with coal documented by Andrusov (1950): 1 – hauptdolomit (main dolomite); 2 – yellow and white sandstones; 3 – coal; 4 – sandstones and shales; 5 – gray claystones with plant remains.

veľkosti do 5 cm v priemere. Veľmi zriedkavé sú celistvé úseky jadra 5 – 15 cm." Na základe opisu vrtného jadra možno zhodnotiť, že pravdepodobne zachytil nadložné pieskovce lunzských vrstiev.

Pri geologickom mapovaní v skúmanom regióne tvorenom považským príkrovom a príkrovom Ostrej Malenice, kde je zachovaná hrúbka súvrstvia najviac prvé desiatky metrov a absentujú lepšie odkryvy, nie je možné študovať súvislejší profil súvrstvia. Zároveň mapovanie zo sutiny vo väčšine lokalít neumožňuje spoľahlivo rozlišovať jednotlivé členy lunzského pieskovca.

Lokalita 4
Uhrovské Podhradie, bezmenná dolina jv. od lokality Patrovec

Severovýchodne od Uhrovského Podhradia v bezmennej doline jv. od lokality Patrovec vystupujú výskyty lunzských vrstiev v podloží sivých laminovaných dolomitov hlavného dolomitu a podložných sivobielych dolomitov wettersteinského súvrstvia. Na základe dostupných informácií usudzujeme, že v 40. rokoch 20. storočia opísal z tejto lokality D. Andrusov výskyty uhlia (Andrusov, 1941, 1950). Podľa jeho zachovaných nákresov (obr. 5) ide o niekoľko šošoviek s hrúbkou do 1 m. Nachádzajú sa uprostred tmavých bridlíc s prevrstveniami pieskovcov, ktoré obsahujú zvyšky koreňových systémov a stoniek *Equisetites arenaceous* (Brgt.). Súčasné odkrytie neumožňuje pozorovanie lunzských vrstiev v odkryvoch. V sutine však bolo možné pozorovať množstvo fosílnych stôp, ktorých opisy sú uvedené v ďalšej kapitole. Našli sa aj zuhoľnatené stopy pripomínajúce koreňový systém (obr. 4E – F). Tieto nálezy sa však nenašli v odkryve *in situ*, preto ich autochtónnosť nemožno potvrdiť ani vyvrátiť. Možno však usudzovať, že ak boli transportované, tento transport nemohol byť dlhý. Havrila et al. (2019) zaraďujú tento výskyt k „bridličnatým ílovcom s uhlím", teda k lunzským bridliciam, neformálnemu členu vyššej časti lunzského pieskovca. Prítomnosť uhlia naznačuje plytkovodné až brakické prostredie vzniku týchto sedimentov.

Fosílne stopy

Niekoľko desiatok fragmentov fosílnych stôp pochádzajúcich zo sutiny na lokalite 4 pri Uhrovskom Podhradí indikuje ich relatívne častý výskyt v tomto priestore. Orientácia chodieb vzhľadom na vrstvovitosť je nejasná pre nekompletné fragmentárne nálezy, čo značne komplikuje ich presnejšie zaradenie ku konkrétnym ichnotaxónom. V opise stôp je vysvetlená možná afiliácia k jednotlivým ichnorodom, ako aj ich predpokladaná orientácia vzhľadom na vrstvovitosť.

Arenicolites Salter, 1857 (obr. 6A – F)

Arenicolites isp.

Ide o sústavu dvoch paralelných chodieb v pravdepodobne šikmej až vertikálnej pozícii. Sediment medzi ramenami chodieb nie je prepracovaný. Chodby sú bez steny, s priemerom od 4 do 7 mm, priemer chodby sa mení. Fragmenty chodieb dosahujú dĺžku od 33 do 80 mm. Povrch výplne chodieb je hladký. Výplň nenesie žiadne znaky prepracovania sedimentu. Zrejme ide o pasívnu výplň pôvodne otvorených chodieb. Na povrchu chodieb sú občas viditeľné jemné striácie a zvlnenia, ktoré sú orientované šikmo až kolmo na os chodieb. Tieto striácie zrejme kopírujú charakter pasívnej výplne (obr. 6A) alebo deformáciu výplne chodby kompakciou sedimentu (obr. 6B). Longitudinálne striácie sú zrejme bioglyfy (obr. 6F). Hrúbka paralelných chodieb je pomerne robustná a vzdialenosť medzi nimi je minimálna (priestor medzi chodbami dosahuje iba 2 mm). V niektorých úsekoch sa chodby dotýkajú, čo nie je práve charakteristické pre ichnorod *Arenicolites*. Zakončenie paralelných ramien do štruktúry v tvare U typické pre *Arenicolites* sa nenašlo. Longitudinálne výrazné striácie boli opísané pri ichnodruhu *Arenicolites longistriatus* (Rindsberg a Kopaska-Merkel, 2005). Voľný priestor medzi ramenami je úzky, z čoho sa dá predpokladať, že nemusí ísť o stopu *Arenicolites*, ale o fragment *Phycodes*.

Arenicolites sa vyskytuje v dynamickom prostredí sedimentácie (tempestity, migrujúci sediment barov a dún). Masový výskyt *Arenicolites* s nízkou ichnodiverzitou môže naznačovať oportunistické spoločenstvo a stresové podmienky (Bradshaw, 2010).

Obsiahlejšia morfologická diverzita tohto ichnodruhu je obsiahnutá v práci Knausta (2017).

Phycodes Richter, 1850

Phycodes isp. (obr. 6E)

Ide o sústavu paralelných chodieb, ktoré sa vetvia pod ostrým uhlom. Susedné paralelné chodby sa výrazne dotýkajú. Povrch chodieb je hladký. Priemer chodieb dosahuje od 4 do 8 mm. Chodby sú umiestnené vo zväzkoch vo dvojiciach a trojiciach, s častým rozvetvovaním v ostrom uhle. Systém paralelných chodieb v tvare vejára môže pripomínať koreňový systém.

Systematika tejto stopy je otázna, morfológiu viacerí autori porovnávajú so stopou *Arthrophycus* (Seilacher, 2007; Uchman, 1998). *Phycodes* je interpretovaný ako štruktúra prežierania sedimentu (Fillion a Pickerill, 1990). V paleozoických sedimentoch sa nachádza v plytkovodnom prostredí, v mezozoických a kenozoických sedimentoch v hlbokovodnom prostredí (Hanken et al., 2016). *Phycodes* sa uvádza aj z plytkovodných epikontitentálnych karbonátov spodného *muschelkalku* z Nemecka (Knaust, 2007).

Pôvodca týchto stôp mohol byť väčší organizmus s červovitým telom alebo morský kôrovec (Knaust, 2007).

Planolites Nicholson, 1873

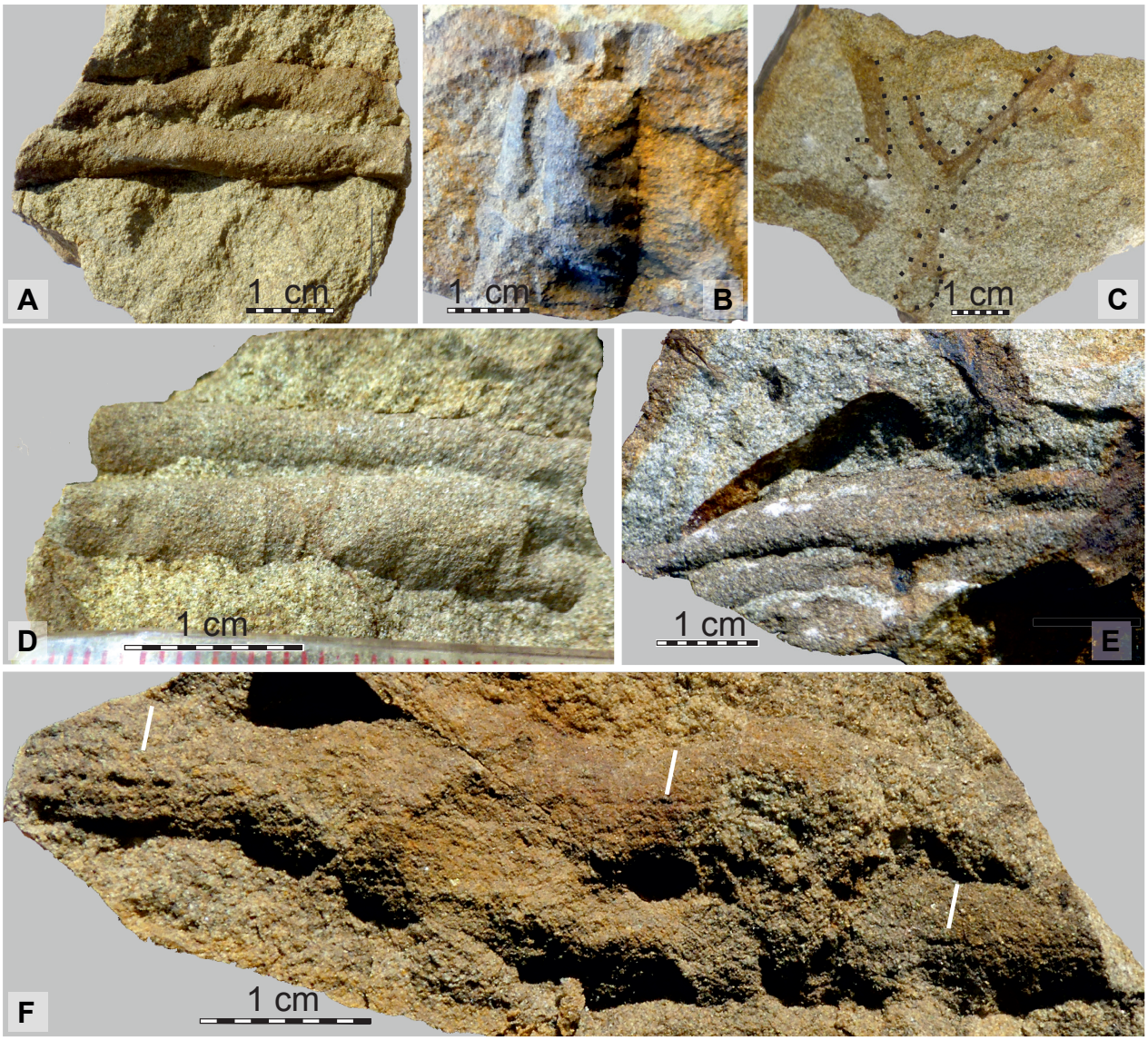
Planolites isp.

Jednoduché nevetviace sa chodby s priemerom do 7 mm s nevýraznou jemnou stenou boli určené ako *Planolites* isp. Akokoľvek môže ísť o fragment už spomenutých nájdených stôp. Aktívna výplň planolitov nie je štruktúrovaná. Jednoduchá morfológia tejto stopy je dôvodom na jej široký stratigrafický a faciálny výskyt.

Thalassinoides Ehrenberg, 1944

Thalassinoides isp. (obr. 6C)

Vetvenie chodieb thalasinoidných stôp je pod výrazným uhlom. Chodby tak tvoria vetvenie v tvare T alebo Y. Priemer chodieb je od 2 do 5 mm. Dĺžka chodieb je fragmentárna, len do niekoľko centimetrov. Steny majú výraznú hnedú farbu po zvyškoch organického pôvodu. Tradične sa ako pôvodcovia tejto stopy uvádzajú morské kôrovce, ktoré sa nachádzajú aj *in situ* vo fosílnych záznamoch thalasinoidných stôp (Hyžný, 2011). *Thalassinoides* je typický pre plytkomorské prostredia (pobrežia, delty) vrátane



Obr. 6. A) Stopa *Arenicolites* isp.; B) stopa *Arenicolites* isp. s viditeľnou priečnou segmentáciou; C) *Thalassinoides* isp.; D) stopa *Arenicolites* isp.; E) chodby typu *Phycodes*; F) chodby (?*Arenicolites* isp.) s výraznými longitudinálnymi bioglyfmi alebo časť podzemnej či nadzemnej časti prasličky(?) (nodálne línie nie sú zachované).

Fig. 6. A) *Arenicolites* isp. trace fossil; B) *Arenicolites* isp.; C) *Thalassinoides* isp.; D) *Arenicolites* isp.; E) burrows of *Phycodes* type; F) burrows (?*Arenicolites* isp.) with pronounced longitudinal bioglyphs or above-ground or below-ground part of horsetail(?) (nodal lines not preserved).

brakických prostredí. Je ale typický aj pre hlbokovodné prostredia pod bázou vlnenia pre turbiditné aj karbonátové prostredia (Knaust, 2017).

Na základe početných nálezov flóry z lunzských vrstiev [prevažne nahosemenné rastliny (benetity, cykasy, ginká), menej paprade a prasličky (Dobruskina, 1998; Pott et al., 2008a, b; Andrusov, 1950)] nie je vylúčená možnosť, že niektoré opísané fosílne stopy môžu predstavovať zvyšky koreňových systémov rastlín (napr. obr. 4F, 6C a F), prípadne fragmenty nadzemných častí rastlín (napr. stonky prasličiek?, obr. 6B a F). Na spresnenie identifikácie týchto fosílnych zvyškov sú však potrebné ďalšie nálezy.

Tieto potenciálne rastlinné zvyšky obsahujú len veľmi málo zuhoľnatenej organickej hmoty, prípadne žiadnu, čo poukazuje na ich rozklad v prostredí s prístupom kyslíka. Sú zachované prevažne vo forme jadier a skulptúrovaných jadier s častými nátekmi oxidov a hydroxidov železa na ich povrchu.

Lokalita 5
Drabanová, zárez cesty medzi Uhrovcom a Látkovcami

V záreze cesty medzi Látkovcami a Uhrovcom (lok. Drabanová, obr. 1, tab. 1) lunzské vrstvy vystupujú v tenkej šošovke medzi sedimentmi podložného wettersteinského a nadložného hlavného dolomitu (obr. 7). Ich prerušovaný výskyt pokračuje sz. smerom do oblasti Ostrého vrchu, Hlohovej doliny a Hornej bukoviny (súkromná zvernica – Striebornica) a ďalej prechádza do uvedenej lokality 5. Wettersteinský dolomit predstavuje sivobiely, prevažne masívny až brekciovitý dolomit. Hlavný dolomit je tmavší, niekedy hnedastý, lavicovitý, bezštruktúrny alebo laminovaný.

Pieskovce lunzských vrstiev na tejto lokalite sú prevažne masívne (bezštruktúrne), silne zvetrané. Majú zelenosivé, tmavosivé až oranžové sfarbenie. Miestami sú laminované. Pozdĺž štruktúr laminácie sú rozpadavé. Na lokalite sa hojne vyskytovali závalky ílovcov a siltovcov sivej a sivozelenej, zriedkavo červenej farby (obr. 7C a D). Závalky mali rozmery od 1 do 10 cm, boli zaoblené aj ostrohranné, často bohaté na sľudu. Pieskovce zaraďujeme k hlavnému pieskovcu lunzských vrstiev.

Petrografia pieskovcov lunzských vrstiev

Lunzské pieskovce hronika sú všeobecne jemnozrnné až hrubozrnné. Najčastejšie sú masívne (bezštruktúrne) alebo s náznakom laminácie zvýraznenej sekundárnymi povlakmi železa (obr. 2B a E, 4D). Tvoria lavicovité alebo doskovité vrstvy. Vzhľadom na svoj objem majú relatívne vyššiu objemovú hmotnosť. Povrch väčšinou pokrýva tmavohnedá až tmavosivá patina. Čerstvé vzorky sú zvyčajne žltohnedej farby. Zvetrané vzorky sú často značne porézne, pri čerstvých vzorkách je prítomnosť pórov výrazne nižšia. Príčinou je pravdepodobne zvetrávanie živcov. Zvetrané vzorky sú výraznej okrovej, žltohnedej až oranžovej farby. Takéto zvetrané vzorky sú makroskopicky podobné jemnozrnným pieskovcom paleogénneho veku.

Petrograficky sú podľa klasifikácie Pettijohna et al. (1972) lunzské pieskovce definované ako výrazne sľudnaté subarkózy, živcové droby, menej arkózové droby a sublitarenity (obr. 8 a 9). Pieskovce sú veľmi jemnozrnné až strednozrnné, prevažne dobre vytriedené a len slabo opracované. Dominujú slabo až mierne opracované, prevažne dobre vytriedené klasty monokryštalického (44,3 % – priemer) a polykryštalického kremeňa (14 % – priemer). Obsah kryptokryštalických kremeňov – silicitov (rohovcov) – bol zanedbateľný (do 0,5 %).

Zo živcov prevládali draselné živce (6,2 % – priemer) nad klastami plagioklasov (2,9 %). Ich obsah v pieskovcoch bol pravdepodobne redukovaný zvetrávaním. Bežné boli rôzne stupne alterácie – premien klastov živcov. Najčastejšie dochádzalo k sericitizácii, menej saussuritizácii a perthitizácii.

Podstatnú časť pieskovcov tvoril klastický biotit (8,5 % – priemer) a muskovit (5 %). Na biotitoch pozorujeme rôzny stupeň alterácie, hlavne baueritizáciu (odmiešavanie Mg a Fe za vzniku vybieleného biotitu) a chloritizáciu. V medzizrnovom priestore boli prítomné drobné lišty, pravdepodobne novotvoreného biotitu. Tento biotit je v zmysle Dickinsona (1985) chápaný ako pseudomatrix. Glaukonity neboli v pieskovcoch prítomné.

Z litických úlomkov boli akcesoricky prítomne úlomky klastických sedimentárnych hornín (siltovce, pelity) a magmatických, resp. vulkanických úlomkov (felzity – kyslé vulkanity, bázické vulkanity, menej granity). Úlomky metamorfitov boli veľmi ojedinelé. Úplne absentuje karbonátový detrit.

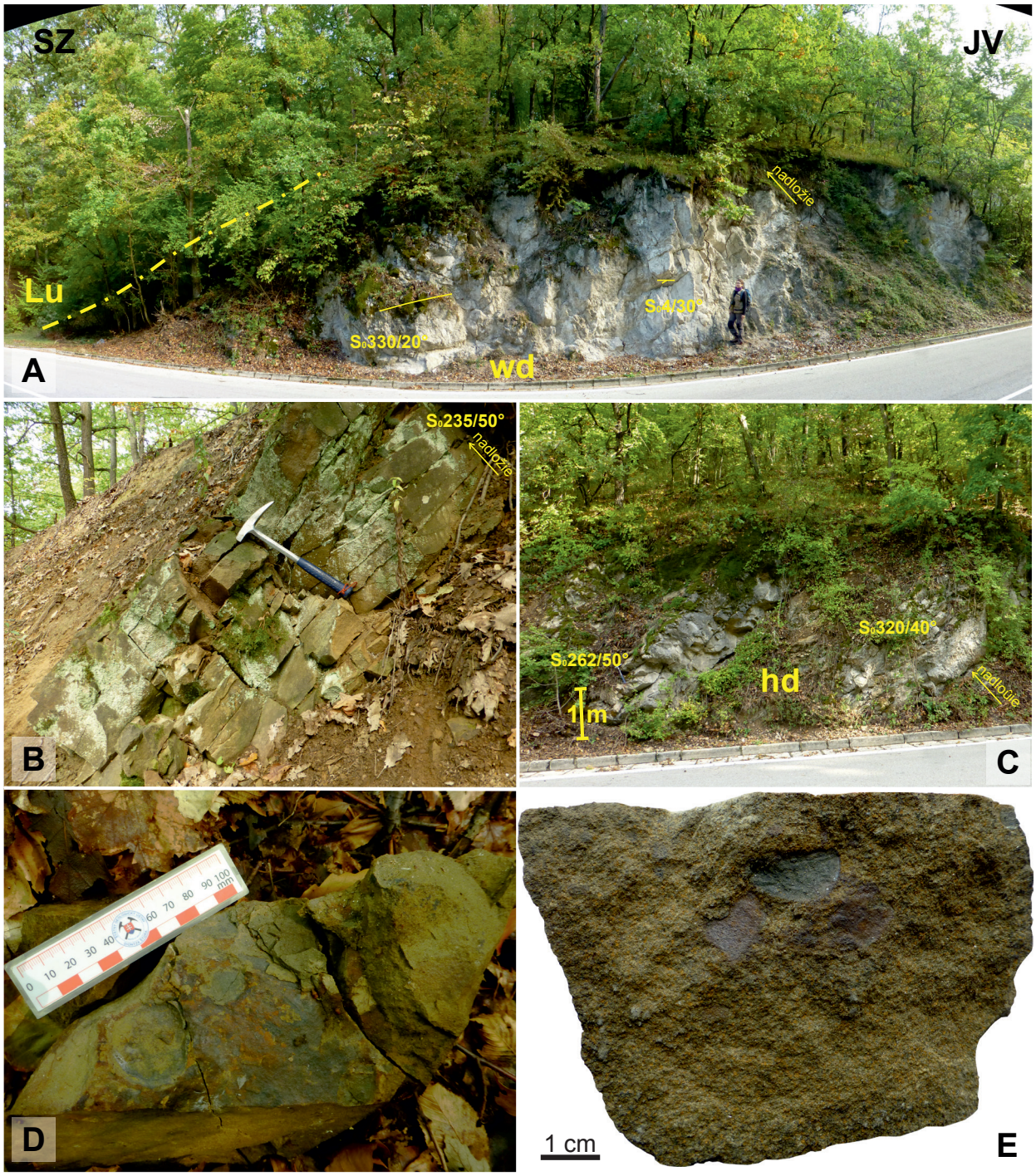
Akcesorické ťažké minerály boli zastúpené hlavne detritickým zirkónom/monazitom a turmalínom, ojedinele apatitom a rutilom.

Fosílne organické zvyšky, okrem jednej výnimky, sa v pieskovcoch nevyskytovali. Zo vzorky L 366B (lokalita 6, tab. 1, obr. 1) opísala D. Boorová (osobná komunikácia, 2020) nálezy dierkavca *Trochammina almtalensis* Koehn – Zaninetti, ktorá má hlavne steny schránky, menej výrazne komôrky, vyplnené minerálmi Fe. V oblasti Západných Karpát sa tento dierkavec najčastejšie vyskytuje v karne – réte (Salaj et al., 1983). Boli zaznamenané aj nodosaridné foraminifery (?*Dentalina* sp.).

Karbonátový tmel v lunzských pieskovcoch hronika pozorovaný nebol. Základnú hmotu tvorili drobné agregáty kremeňa a zmes ílových minerálov spolu s novotvoreným, často chloritizovaným biotitom. Priemerný obsah základnej hmoty sa pohyboval okolo 14,5 %, čo je hranica medzi arenitom a drobou.

Charakteristiky študovaných pieskovcov lunzských vrstiev:

- úplná absencia karbonátového cementu,
- ojedinelé alebo absentujúce výskyty morskej mikroči makrofauny,
- úplná absencia úlomkov karbonátov a čiastočne aj metamorfovaných hornín,
- tmavosivá až sivohnedá patina a výrazná porozita zvetraných vzoriek,
- výrazné obohatenie o sľudy,
- čerstvé vzorky sú kompaktné a s relatívne vysokou objemovou hmotnosťou.



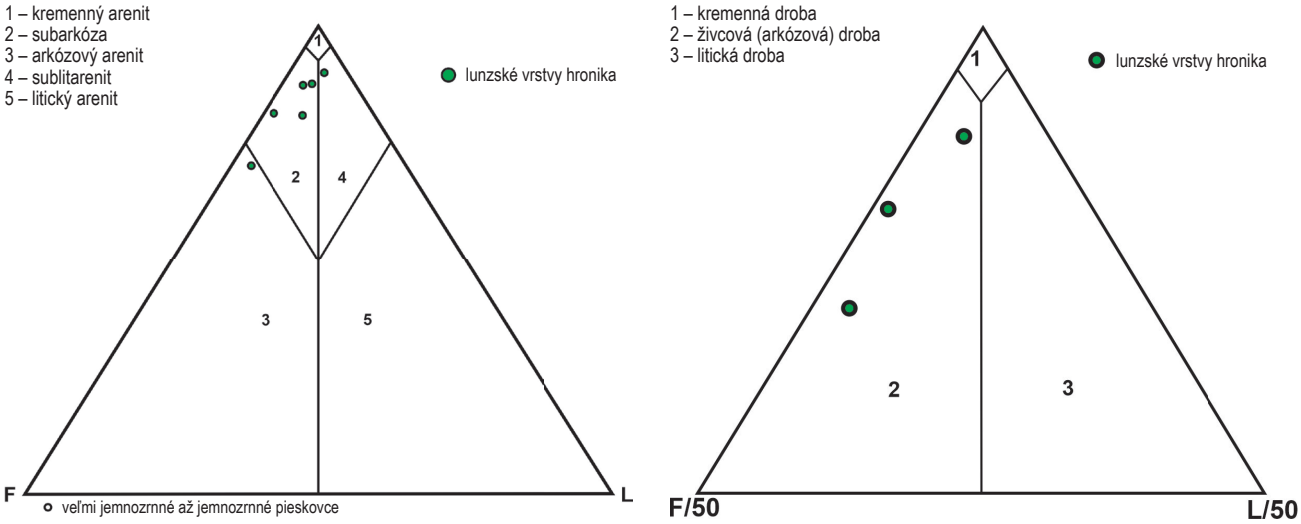
Obr. 7. A) Zárez cesty na lokalite 5 s vyznačeným kontaktom wettersteinského dolomitu (wd) a lunzských vrstiev (Lu); B) zasutinený odkryv pieskovcov lunzských vrstiev, jeden z mála odkryvov lunzských vrstiev v regióne; C) hlavný dolomit (hd) v nadloží pieskovcov; D) skupina väčších zaoblených závalkov sivozelených ílovcov; E) pieskovec so závalkami siltovcov rôznej farby.

Fig. 7. A) Road cut at the locallity 5 with marked contact of Wetterstein dolomite (wd) and Lunz Beds (Lu); B) outcrop of sandstones of the Lunz Beds, partly covered by rock debris, one of the few outcrops of this formation in the region; C) hauptdolomit (main dolomite) (hd) above the sandstone; D) group of larger rounded gray-green claystone intraclasts; E) sandstone with siltstone intraclasts of various colours.

Porovnanie so staršími prácami

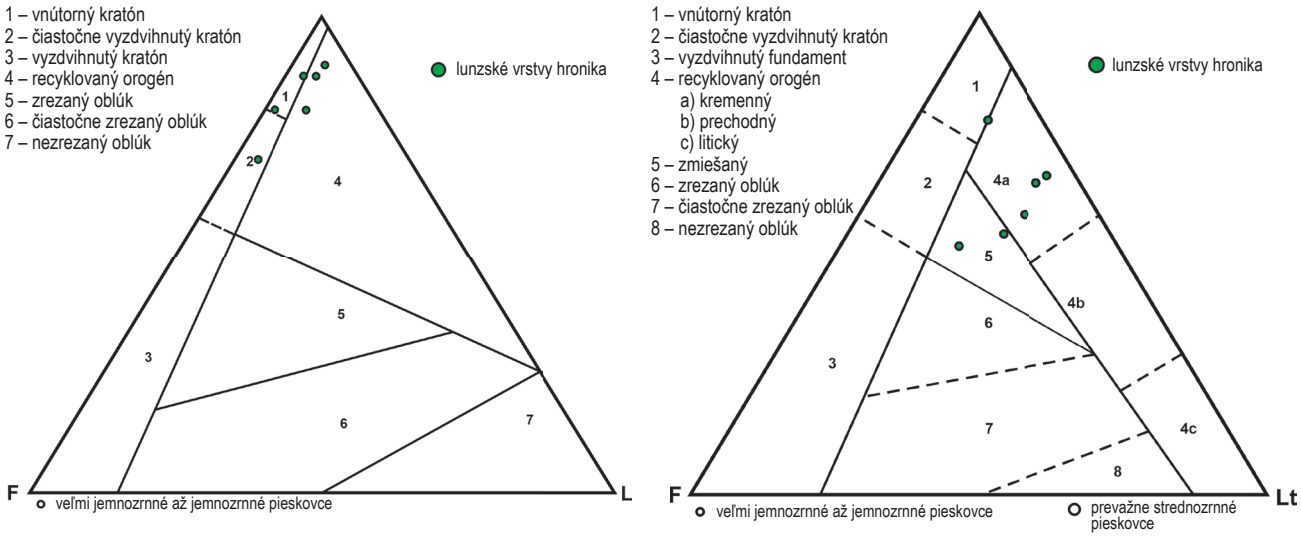
V práci Marschalko a Pulec (1967) autori použili odlišnú metodiku určenia modálneho zloženia pieskovcov. Minerálne zloženie pieskovcov rozdelili na tri skupiny (Q – monokryštalické a polykryštalické kremene + silicity/rohovce; M – úlomky metamorfovaných hornín + sľudy; F – plagioklasy a draselné živce + úlomky magmatických hornín). Toto členenie nekorešponduje s použitou metodikou (Pettijohn et al., 1972; Dickinson, 1985). Porovnanie týchto výsledkov s našimi je preto obmedzené. Spoločné zaradenie živcov a úlomkov magmatických a vulkanických hornín do jednej skupiny výrazne skresľovalo klasifikáciu pieskovcov. Čo však možno porovnávať s našimi výsledkami, je pomerne vysoký podiel kremeňa v lunzskom pieskovci, ca 71 %. Väčšinou to zodpovedá aj nami zistenému podielu. Naše výsledky korešpondujú s poznatkami Michalíka et al. (1992) z lunzských vrstiev zachytených vrtom DV-1 Dobrá Voda.

V práci Aubrecht et al. (2017) autori opísali modálne zloženie lunzských pieskovcov hronika naprieč Slovenskom. Podrobnejšie sa venovali jednotlivým litickým úlomkom (pelity, vulkanity, silicity, arenity, karbonáty a i.), no modálne nerozlišovali typy kremeňov, živcov a sľúd. Vo všeobecnosti mali nimi (Aubrecht et al., l. c.) analyzované pieskovce nízky obsah kremeňa, do 48 %. Tomu zodpovedali len vzorky L-366A a B (lokalita 6). V ostatných vzorkách je obsah kremeňa výrazne vyšší. Ďalším rozdielom je obsah klastov živcov v pieskovcoch. Autori citovanej práce považujú až ¼ klastov pieskovcov za klasty živcov. V našom prípade, s výnimkou vzoriek L 366A a B (živce 12,5



Obr. 8. QFL klasifikačný diagram vzoriek arenitov a drobových pieskovcov (upravené podľa Pettijohna et al., 1972). Tri vzorky – OP 718, L 366A a L 366B – podľa obsahu základnej hmoty boli na rozhraní arenitov a drôb, preto sú znázornené v oboch diagramoch.

Fig. 8. QFL classification diagram of arenite and wacke sandstone samples (adapted from Pettijohn et al., 1972). Three samples of OP 718, L 366A and L 366B with matrix content were at the transition between arenites and wackes, therefore they are shown in both diagrams.



Obr. 9. Diskriminačné diagramy QFL a QmFLt, určujúce zdrojovú oblasť pieskovcov lunzských vrstiev (upravené podľa Dickinsona, 1985).

Fig. 9. Discrimination diagrams QFL and QmFLt, determining the source area of Lunz sandstones (modified according to Dickinson, 1985).

– 17 %), obsah živcov v pieskovcoch nepresahoval 10 %. Zásadným rozdielom bol obsah klastických sľúd v pieskovci. V našom prípade sa obsah sľúd pohyboval od 7 do 20 %, zatiaľ čo v práci Aubrecht et al. (l. c.) autori uvádzajú obsah klastických sľúd len akcesoricky (do 2 %). Keďže ide prevažne o jemnozrnné pieskovce, je možné, že autori drobné lišty klastických sľúd počítali ako základnú hmotu. Zhodné sú údaje o absencii úlomkov karbonátov v pieskovcoch, kalcitového tmelu (cementu), ako aj občasnom obohatení o vulkanický materiál, prevažne felzity. V práci autori (Aubrecht et al., l. c.) opisujú časté zrná granitov, zatiaľ čo v našej práci boli opísané len sporadicky. Všetky pieskovce v ich práci boli jednoznačne klasifikované ako droby, v našej práci sa obsah základnej hmoty pohyboval na rozhraní arenitov až drôb.

Analýza odrazivosti vitrinitu

Pieskovce, v ktorých bolo možné pozorovať zvyšky organickej hmoty, boli podrobené organickej petrografii a analýze odrazivosti vitrinitu. Analyzovali sa 3 vzorky z 2 lokalít (OP380 a OP382 z lokality 3 a OP696 z lokality 4) z oblasti považského príkrovu hronika Nitrických vrchov (tab. 1, obr. 1).

Vzorka OP380 obsahovala len zanedbateľné množstvo organickej hmoty zastúpenej grafitom a inertinitom (fuzinitom). Analýza odrazivosti vitrinitu sa nerobila, pretože vo vzorke sa nenachádza vitrinit.

Vzorky OP382 a OP696 sú pieskovce, ktorých hlavnú masu tvorí slabo opracovaný detrit. Viac opracované zrná, podobne ako sľuda, sú prítomné v malom množstve.

Tab. 2. Modálne zloženie pieskovcov lunzských vrstiev.

Tab. 2. Modal composition of sandstones of Lunz Beds.

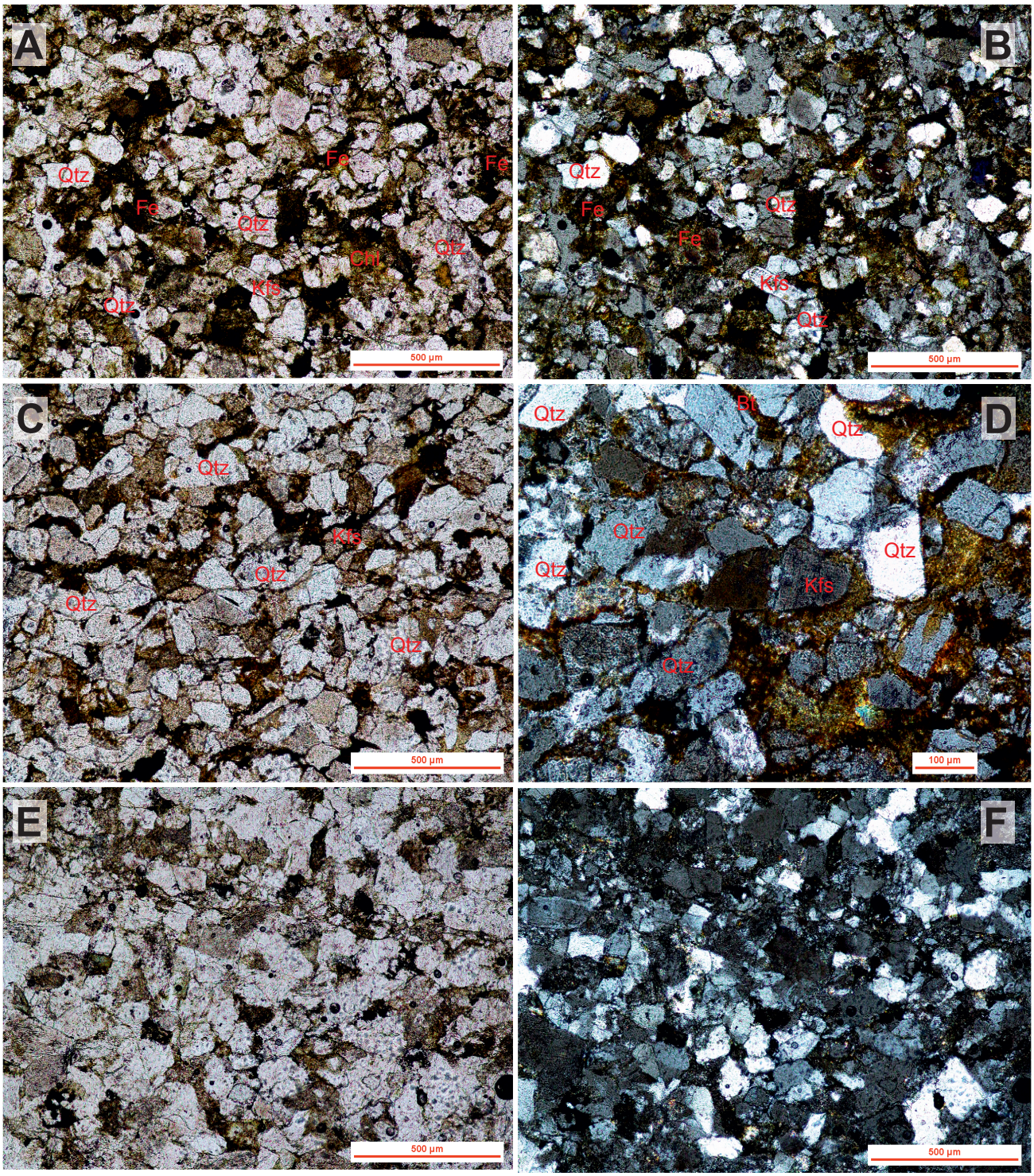
Vzorka / Sample	Qm	Qp	Silicit	Plg	Kfs	Ls	Lc	Lm	Lv	Ms	Bt	Akc	Fos	Gl	Mx	Cm
OP 356	42,32	14,97	0,60	2,79	6,39	3,99	0,00	0,00	1,60	3,99	9,98	0,40	0,00	0,00	12,97	0,00
OP 375	49,73	16,22	0,89	1,78	3,92	1,78	0,00	0,00	2,67	4,46	7,49	0,36	0,00	0,00	10,70	0,00
OP 378	52,43	17,54	0,75	1,49	2,24	2,43	0,00	0,00	2,43	2,24	4,66	0,75	0,00	0,00	13,06	0,00
L 366	37,89	18,08	0,00	2,99	9,59	0,00	0,00	0,00	0,94	6,29	9,43	0,63	0,00	0,00	14,15	0,00
L 366 B	33,33	11,82	0,00	6,78	10,08	0,00	0,00	0,39	1,55	7,36	12,60	1,16	0,39	0,00	14,53	0,00
MO 1153	50,58	5,11	0,82	1,32	4,94	1,32	0,00	0,00	0,99	5,44	6,59	1,32	0,00	0,00	21,58	0,00

Vysvetlivky: Qm – monokryštalický kremeň, Qp – polykryštalický kremeň, silicit – rohovec, chalcedón atď., Plg – plagioklas, Kfs – draselný živec, Ls – úlomky sedimentárnych hornín okrem karbonátov, Lc – úlomky karbonátových hornín, Lv – úlomky magmatických a vulkanických hornín, Lm – úlomky metamorfovaných hornín, Ms – klastický muskovit, Bt – klastický biotit, Akc – akcesorické ťažké minerály, Fos – organická fosílna zložka, Gl – glaukonit, Mx – základná hmota (matrix), Cm – cement (kalcitový tmel).
Explanations: Qm – monocrystalline quartz, Qp – polycrystalline quartz, chert, chalcedony, etc., Plg – plagioclase, Kfs – K-feldspar, Ls – fragments of sedimentary rocks except carbonates, Lc – fragments of carbonate rocks, Lv – plutonic and volcanic rock fragments, Lm – fragments of metamorphic rocks, Ms – clastic muscovite, Bt – clastic biotite, Akc – accessory heavy minerals, Fos – fossils, Gl – glauconite, Mx – matrix, Cm – calcite cement.

Tab. 3. Klasifikácia a základné štruktúrne a textúrne znaky pieskovcov lunzských vrstiev. Vysvetlivky skratiek: KRO – kremenný recyklovaný orogén, VK – vyzdvihnutý kratón, ZZO – zmiešaný zdroj.

Tab. 3. Classification and basic structural and textural features of Lunz sandstones. Abbreviations: KRO – quartzose recycled orogen, VK – exhumed craton, ZZO – mixed source.

	Klasifikácia	Zrnitosť	Vytriedenie	Opracovanie	Usmernenie	Špecifikum	Proveniencia
OP 356	subarkóza	veľmi jemnozrnná až jemnozrnná	dobré	slabé až mierne	bez	sľudnatá, pórovitá, bez tmelu	KRO
OP 375	subarkóza	jemnozrnná	dobré	slabé	bez	sľudnatá, bez tmelu, Fe povlak	KRO
OP 378	sublitarenit až litická droba	veľmi jemnozrnná až jemnozrnná	mierne	slabé až ostrohranné	bez	sľudnatá, bez tmelu, slabo porézna	KRO
OP 718	arkózová droba	jemnozrnná	dobré až veľmi dobré	slabé	mierne	sľudnatá, bez tmelu, laminovná, Fe povlak	VK až KRO
L 366 A	subarkóza/ arkózová droba	jemnozrnná až strednozrnná	dobré	slabé	slabé	sľudnatá, nevápnitá, slabo porézna	ZZO až KRO
L 366 B	arkózový arenit/ arkózová droba	jemnozrnný až strednozrnný	dobré	slabé	slabé	sľudnatá, nevápnitá, slabo porézna	ZZO



Obr. 10. Mikrofotografie výbrusov pieskovcov lunzských vrstiev hronika. Vzorky s charakteristickými povlakmi železa a biotitom. Vľavo fotografie s rovnobežnými nikolmi, vpravo skrížené nikoly. Qtz – kremeň, Fe – oxidy železa, Bt – biotit, Kfs – draselný živec, Chl – chlorit. A, B) vzorka OP356; C, D) vzorka OP375; E, F) vzorka OP378.

Fig. 10. Sandstone thin-sections photomicrographs of the Hronic Lunz Beds. Samples with charatcteristic Fe-coatings and biotite. Photomicrographs with parallel polarized light (left), crossed polarized light (right). Abbreviations: Qtz – quartz, Fe – iron oxides, Bt – biotite, Kfs – K-feldspar, Chl – chlorite. A, B) sample OP356; C, D) sample OP375; E, F) sample OP378.

Organickú hmotu zastupuje hlavne autochtónny vitrinit (tzv. *indigenous vitrininite*) stredne sivej farby a len veľmi vzácne sa v pieskovcoch nachádza grafit a fuzinit. Vitrinit zvyčajne zastupujú vretená s dĺžkou niekoľko desiatok až stoviek mikrónov, pričom ich šírka je maximálne 25 µm. Pri otáčaní stolíka bol pozorovaný veľmi slabý dvojodraz. Vo vitrinite boli identifikované aj o niečo tmavšie plôšky, ktoré svedčia o prítomnosti pletiva s vyšším obsahom vodíka (liptinitu). Framboidálny pyrit je prítomný len v malom množstve. Hornina je pomerne zvetraná, o čom svedčia aj sekundárne minerály (napr. limonitizovaný pyrit).

Svetelná odrazivosť vitrinitu

Priemerná odrazivosť vitrinitu vo vzorke OP382 je **0,95 % Ro** (štandardná odchýlka 0,06, počet meraní 172; obr. 12).

Priemerná draznosť vitrinitu vo vzorke OP696 je **0,97 % Ro** (štandardná odchýlka 0,05, počet meraní 45; obr. 13).

V okrajových častiach vzoriek, kde bola pozorovaná najvyššia intenzita zvetrania, boli zaznamenané aj o niečo vyššie hodnoty odrazivosti vitrinitu (> 1,1 % Ro). Je pravdepodobné, že vyššia odrazivosti môže byť v týchto prípadoch výsledkom čiastočnej oxidácie vitrinitu v hypergénnej zóne.

Interpretácia a diskusia odrazivosti vitrinitu

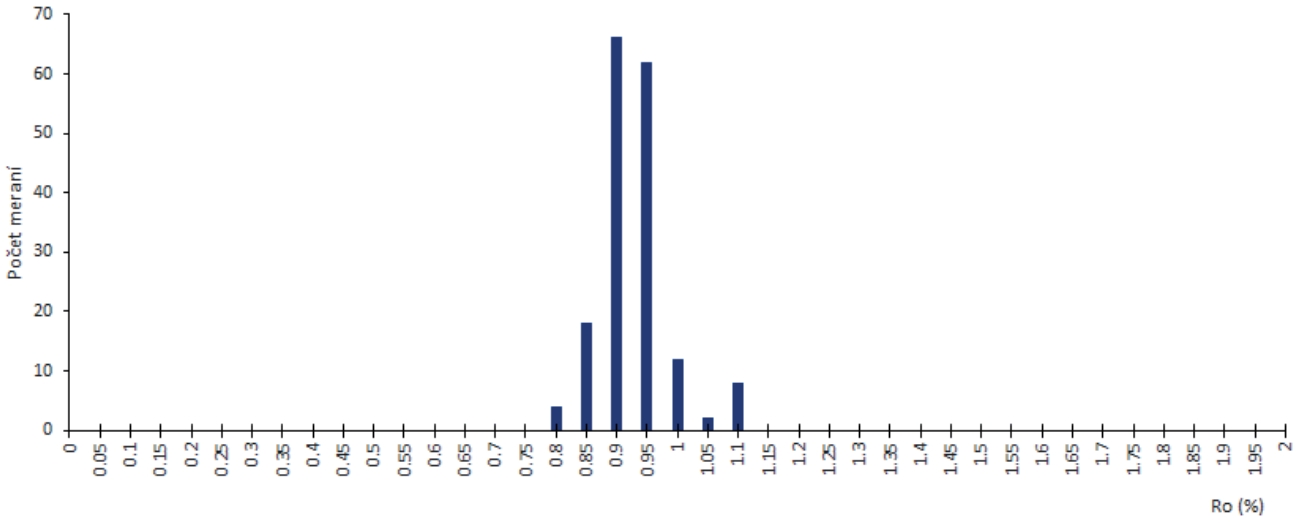
Pretože je v sedimentoch vzoriek OP382 (lokalita 3) a OP696 (lokalita 4) prítomný takmer výhradne vitrinit (prípadne vitrinit s terigénnym liptinitom), je možné konštatovať, že zdrojom sedimentov bolo okolie panvy. Dá sa predpokladať, že rastlinné zvyšky boli na miesto depozície prinášané aj povrchovými tokmi. V prípade lokality 4 (Uhrovské Podhradie) uhoľné šošovky, a hlavne zuhoľnatené zvyšky koreňových systémov priamo v lunzských pieskovcoch svedčia o sedimentácii suchozemských rastlín v prostredí paleorašelinísk.

Prítomnosť nižších rastlín v sedimente (rias zastúpených macerálom alginitom) vo všeobecnosti vypovedá o produktivite vodného prostredia samotnej panvy, ako aj o depozičnom prostredí a podmienkach uchovania tohto typu organickej hmoty. Absencia alginitu v študovaných sedimentoch môže svedčiť napríklad o: a) nízkej primárnej produkcii rias v panve, b) oxickom depozičnom prostredí, počas ktorého bol tento druh organickej hmoty úplne deštruovaný, c) extrabazénovom zdroji sedimentov, d) vyššej termálnej premene horniny.

Vo všetkých študovaných vzorkách sa nachádza aj malé množstvo macerálu fuzinitu. Tento typ organickej hmoty predstavuje recyklovanú, prípadne silne zoxidovanú organickú hmotu, ktorá: a) buď prekonala svoju termálnu históriu v niektorom z predchádzajúcich tektonicko-orogenických celkov a do analyzovaného sedimentu sa dostala po zvetraní starších hornín spolu s ostatným detritom, b) alebo vznikla počas požiarov horením biomasy, pričom sa do skúmaného sedimentu dostala v podobe popola, ktorý bol spláchnutý do sedimentárnej panvy spolu s detritom alebo priviaty vetrom.

Celkový veľmi nízky obsah organickej hmoty v študovaných pieskovcoch, ako aj prítomnosť zoxidovanej a/alebo recyklovanej hmoty môže svedčiť o depozičnom prostredí obsahujúcom voľný kyslík a/alebo nedostatku vegetačného pokryvu v zdrojovej a akumulačnej oblasti, alebo o hydrodynamickom separovaní organickej hmoty v procese transportu a ukladania sedimentu. Množstvo ichnofosílií nachádzajúcich sa v sedimentoch lunzských vrstiev (pozri kapitolu *Fosílne stopy*) indikuje saturáciu dnových vôd kyslíkom, ktorý umožňoval život organizmov osídľujúcich dno depozičného prostredia.

Analýza odrazivosti vitrinitu (% Ro) je hlavnou metódou na definovanie tepelnej zrelosti sedimentov. Progresívne zmeny v štruktúre vitrinitu sú nezvratné a úmerné hodnotám svetelnej odrazivosti, pričom analyzovaná odrazivosť vitrinitu zodpovedá najvyššej (maximálnej) teplote sedimentov dosiahnutej počas jedného či viacerých tektonicko-sedimentárnych cyklov. Tepelná premena organickej hmoty je smerodajná z hľadiska posúdenia stupňa preuhoľnenia a generovania uhľovodíkov.



Obr. 11. Histogram znázorňujúci distribúciu nameraných hodnôt odrazivosti vitrinitu vo vzorke OP382.

Fig. 11. Histogram showing the distribution of the measured vitrinite reflectance values in the sample OP382.

Z pohľadu uhoľnej klasifikácie sa analyzovaný vitrinit nachádza v čiernouhoľnom štádiu, v strednom štádiu preuhoľnenia (*ortho-bituminous medium-rank coals*, *International Classification of in-Seam Coals*, 1998). Z predchádzajúcich poznatkov je zrejmé, že uhlie, ktorého nálezy v rámci ojedinelých šošoviek opisuje Andrusov (1941, 1950; obr. 5), malo veľmi dobrú kvalitu, čo je pre oblasť Západných Karpát vzácne.

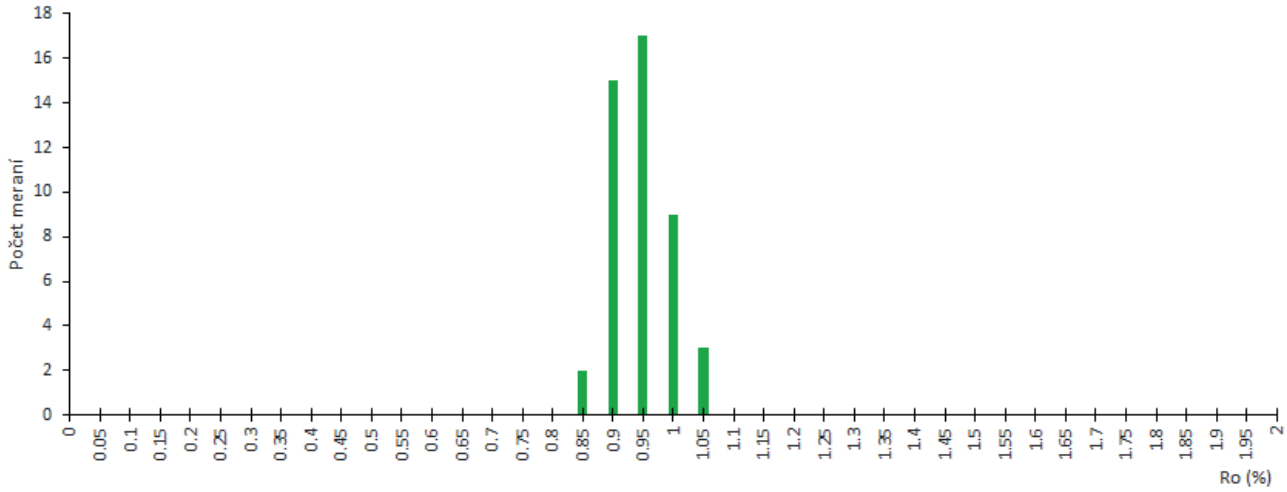
Organická hmota, zastúpená v skúmaných horninách temer výlučne vitrinitom (terestrický typ kerogénu), má z hľadiska uhľovodíkového potenciálu schopnosť generovať zemný plyn. Termálna premena kerogénu zodpovedá reliktnému, tzv. ranému štádiu generovania plynu (Dembicki, 2017). Na to, aby sa dalo konštatovať, koľko plynu bolo vygenerované, prípadne kedy, kde a či vôbec bol v minulosti plyn akumulovaný v potenciálnom ložisku, by bol potrebný väčší počet viacerých druhov analýz a geohistorické modelovanie.

Na základe vzťahu medzi odrazivosťou vitrinitu a teplotou (Barker a Pawlewicz, 1994) môžeme konštatovať, že maximálna teplota, ktorej boli študované sedimenty lunzských vrstiev vystavené, dosiahla 131 – 150 °C. Tieto výsledky sú v súlade s diagenetickými teplotami odvodenými z indexov zmeny farby konodontov (CAI; Gawlick et al., 2002; Havrila, 2011), ktoré konštatujú podobné hodnoty maximálnej teplotnej alterácie hornín považského príkrovu (do 140 °C). Predpokladáme, že uvedené diagenetické teploty nemuseli byť dosiahnuté počas evolúcie samotného bazénu hronika, ale až v štádiu tektonického pochovania v rámci príkrovovej stavby a prekrytia popríkrovovými kenozoickými sedimentmi (bánovský paleogén, neogénna výplň Bánovskej kotliny a Hornonitrianskej kotliny). V súčasnosti sa študované sedimenty nachádzajú na zemskom povrchu a analyzovaná odrazivosť vitrinitu, resp. diagenetická teplota hornín svedčí o ich výzdvihu z hĺbky zodpovedajúcej zaznamenanej teplote a geotermálnemu stupňu, ako aj o erózii nadložných hornín počas neoalpínskeho vývoja (po presune príkrovu).

Poznámky k depozičnému prostrediu

Havrila et al. (2019) vo svojej práci predložili schému znázorňujúcu plochý deltový vejár sedimentov reingrabenského a lunzského eventu, zahŕňajúci priestory tatrika, fatrika, veporika a hronika priliehajúci k stabilnému európskemu šelfu a generálne uklonený na J – JJV. Svoju interpretáciu založili na starších paleoprúdových meraniach (Marschalko a Pulec, 1967; Marschalko, 1978), svojich vlastných pozorovaniach a celom rade paleontologických, resp. paleoekologických poznatkov (o. i. výskyty uhlia a makroflóry), čiastočne aj na korelácii s Východnými Alpami (Tollmann, 1976, 1985). Kvôli úplnosti je nutné dodať, že podobnú interpretáciu lunzských vrstiev, ale iba stručne, uvádzajú aj Visscher a Van der Zwaan (1981) a ako o jednej z možných interpretácií o nej uvažuje aj Michalík (1994).

Zistenia našej práce, opierajúce sa o pozorovania v považskom príkrove a príkrove Ostrej Malenice východnej časti Strážovských vrchov, sú v súlade s interpretáciou Havrilu et al. (2019). Samotný výskyt siliciklastík lunzských vrstiev medzi dolomitovými komplexmi, ktoré sú skôr extrémne plytkovodné, lagunárne a lokálne (mimo študovaného regiónu) aj rifové (Bujnovský a Kochanová, 1973; Rüffer a Zühlke, 1995; Meister et al., 2013), neumožňuje interpretovať lunzské vrstvy s akumuláciou uhlia hrubé niekoľko málo metrov inak ako plytkovodné. Hlbokovodná „flyšoidná“ či turbiditná sedimentácia (Marschalko a Pulec, 1967) bola dokumentovaná iba v intraplatformných panvách (bielovážska a dobrovodská panva), ktoré však neboli predmetom tejto štúdie. Táto štúdia neprináša poznatky, ktoré by jednoznačne priblížili sedimentačné prostredie. Sporadické nálezy závalkov ílovcov a siltovcov však naznačujú autoerozívne procesy a transport prúdom. Prítomnosť stôp *Arenicolites*, *Thalassinoides* a *Phycodes* môže signalizovať plytkovodné prostredie. Prítomnosť domichnií naznačuje stabilizovaný tuhý substrát, v ktorom sa pôvodcovia stôp vedeli udržať v relatívne stálych úkrytoch chodieb a šachiet. Takýto



Obr. 12. Histogram znázorňujúci distribúciu nameraných hodnôt odrazivosti vitrinitu vo vzorke OP696.
Fig. 12. Histogram showing the distribution of the measured vitrinite reflectance values in the sample OP696.

typ stôp obsahoval dutý obývateľný priestor a mohol byť vytvorený iba v stabilizovanom substráte. Niektoré stopy ako *Planolites* boli vyplnené substrátom už v čase vzniku.

Záver

Lunzské vrstvy považského príkrovu a príkrovu Ostrej Malenice tektonickej jednotky hronika vo východnej časti Strážovských vrchov tvoria šošovkovité telesá hrubé najviac 30 m vystupujúce nad wettersteinským dolomitom a pod hlavným dolomitom. Vystupujú spravidla vo forme sutiny a odkryvy budujú veľmi zriedkavo. Podľa terénnych pozorovaní predstavujú hlavne zelenosivé bezštruktúrne pieskovce. Lokálne bola pozorovaná aj laminácia, závalky siltovcov, neidentifikovateľné zvyšky rastlinného pôvodu a niekoľko typov stôp (*Arenicolites* isp., *Phycodes* isp., *Planolites* isp., *Thalassinoides* isp.). V skúmanom území lunzské vrstvy zastupoval hlavne pomerne redukovaný lunzský pieskovec, lokálne aj reingrabenské bridlice. Petrograficky predstavujú pieskovce (6 vzoriek) hlavne sľudnaté subarkózy a živcové droby, menej arkózové droby a sublitarenity. Sú pomerne bohaté na sľudu a nevápnité. Okrem zvyškov rastlín organický detrit absentuje. Sporadicky sa môžu vyskytovať preplavené zvyšky foraminifer. Chýbajú aj úlomky karbonátov a metamorfovaných hornín. Analýza odrazivosti vitrinitu 0,95 – 0,97 % Ro z 2 vzoriek v oblasti považského príkrovu hronika Nitrických vrchov poukazuje na to, že maximálna teplota, ktorej boli sedimenty lunzských vrstiev vystavené, dosiahla 131 – 150 °C.

Možno dodať, že lunzské vrstvy predstavujú veľmi užitočný markerový horizont oddeľujúci wettersteinské a hlavné dolomity. Ich výskyty pri geologickom mapovaní výrazne uľahčujú správne geografické vymedzenie inak nezriedka problematicky odlíšiteľných súvrství.

Problematické odkrytie lunzkých vrstiev plytkovodných hronických sledov má za následok, že akýkoľvek lepší odkryv predstavuje veľmi cenný študijný materiál, ktorý môže priniesť nové poznatky. Možný budúci výskum si vyžaduje detailnejšiu sedimentologickú analýzu (štúdium profilov a/alebo vrtných jadier), ako aj zapojenie sofisitikovanejších geochemických a petrologických metód.

Poďakovanie

Tento príspevok vznikol s finančnou podporou geologickej úlohy Ministerstva životného prostredia SR č. 12 15 s názvom *Geologická mapa regiónu Strážovské vrchy – východná časť v mierke 1 : 50 000* a grantu Vedeckej grantovej agentúry VEGA2/0014/18. Za konštruktívne pripomienky, ktoré pomohli zlepšiť rukopis článku, ďakujeme recenzentom M. Havrilovi a R. Aubrechtovi. Za konzultácie o možných rastlinných zvyškoch ďakujeme aj M. Hrabovskému, Z. Šimůnkovi a S. Opluštilovi.

Literatúra

Andrusov, D., 1941: Zpráva spolupracovníkov ústavu o výskumoch v r. 1939 a 1940. Zpráva Dr. Andrusova o geologických výskumoch v r. 1939 a 1940. Práce Št. geol. Úst., 16 – 25.

Andrusov, D., 1950: Správa o výskume ložísk nerudných nerastných surovín na Slovensku v r. 1946 a v rokoch predošlých. Práce Št. geol. Úst., Soš., 20, 3 – 62.

Andrusov, D. a Samuel, O. (eds.), 1985: Stratigrafický slovník Západných Karpát 2 L – Z. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 33 – 36.

Aubrecht, R., Sýkora, M., Uher, P., Li, X.-H., Yang, Y.-H., Putiš, M. a Plašienka, D., 2017: Provenance of the Lunz Formation (Carnian) in the Western Carpathians, Slovakia: Heavy mineral study and in situ LA-ICP-MS U-Pb detrital zircon dating. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 471, 233 – 253.

ASTM D7708-14, 2015: Standard test method for microscopical determination of the reflectance of vitrinite dispersed in sedimentary rocks: West Conshohocken, Pennsylvania, ASTM International, s. 10.

Barker, C. E. a Pawlewicz, M. J., 1994: Calculation of vitrinite reflectance from thermal histories and peak temperature: A comparison of methods. In: Mukhopadhyay, P. K. a Dow, W. G. (eds.): Vitrinite reflectance as a maturity parameter: Applications and limitations. Amer. Chem. Soc. Symp. Ser., 570, 216 – 220.

Bradshaw, M. A., 2010: Devonian trace fossils of the Horlick Formation, Ohio Range, Antarctica: systematic description and palaeoenvironmental interpretation. Ichnos, 17, 58 –114.

Bujnovský, A. a Kochanová, A., 1973: Útesy hlavného dolomitu Revúckej doliny a ich magalodontová fauna. Geol. Práce, Spr., 60, 169 – 195.

Bystrický J., 1973: Triassic of the West Carpathians Mts. Guide to Excursion D. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 137 s.

Dal Corso, J., Bernardi, M., Sun, Y., Song, H., Seyfullah, L. J., Preto, N., Gianolla, P., Ruffell, A., Kustatscher, E., Roghi, G., Merico, A., Hohn, S., Schmidt, A. R., Marzol, A., Newton, R. J., Wignall, P. B. a Benton, M. J., 2020: Extinction and dawn of the modern world in the Carnian (Late Triassic). Sci. Advances, 6, 38, 1 – 12.

Dembicki, H., 2017: Practical Petroleum Geochemistry for Exploration and Production. Elsevier, 334 s.

Dickinson, R. W., 1985: Interpreting provenance relatoins from detrital modes of sandstones. In: Zuffa G. G. (ed.): Provenance of Arenites. Reidel. Dordrecht, 333 – 361.

Dobruskina, I. A., 1998: Lunz flora in the Austrian Alps – a standard for Carnian floras. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 143, 307 – 345.

Fillion, D. a Pickerill, R. K. 1984: On *Arthraria antiquata* Billings, 1872 and its relationship to *Diplocraterion* Torell, 1870 and *Bifungites* Desio, 1940. J. Paleont., 58, 683 – 696.

Gawlick, H. J., Havrila, M., Krystyn, L., Lein, R. a Mello, J., 2002: Conodont colour alteration indices (CAI) in the Central Western Carpathians and the Northern Calcareous Alps a comparison. Proceedings of the XVIIIh Congress of Carpathian-Balkan Geological Association Bratislava, September 1 – 4, 2002. Geol. Carpath., 53, 15 – 17.

Hanken, N.-M., Uchman, A., Nielsen, J. K., Olaussen, S., Eggebø, T. a Steinsland, R., 2016: Late Ordovician trace fossils from offshore to shallow water mixed siliciclastic and carbonate facies in the Ringerike Area, Oslo Region, Norway. Ichnos, 23, 189 – 221.

Haidinger, W., 1863: Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. Sitzung am 25. August 1863. Jb. k.-kön. Geol. Reichsanst., 13, 3, 72 – 73.

Havrila, M., 2011: Hronikum: paleogeografia a stratigrafia (vrchný pelsón – tuval), štrukturalizácia a stavba. Geol. Práce, Spr., 117, 7 – 103.

Havrila, M., Boorová, D. a Havrila, J., 2019: Paleogeografická schéma depozičného priestoru sedimentov reingrabenského a lunzského eventu (centrálne Západné Karpaty): rešerš, poznámky, dierkavce. Geol. Práce, Spr., 134, 1 – 31.

Hornung, T., Brandner, R., Krystyn, L., Joachimski, M. M. a Keim, L., 2007: Multistratigraphic constraints on the NW Tethyan "Carnian Crisis". In: Lucas, S. G. a Spielmann, J. A. (eds.): The Global Triassic. New Mexico Mus. Nat. Hist. Sci. Bull., 41, 59 – 67.

Hraško, Ľ., Pelech, O., Sentpetery, M., Olšavský, M., Kronome, B., Laurinc, D., Nagy, A., Maglay, J., Németh Z., Boorová, D., Žecová, K. a Zlinská, A., 2020: Geologická mapa regiónu Strážovské vrchy – východná časť v mierke 1 : 25 000 (listy zo západnej polovice územia): 35-22-1 Pružina, 35-22-3 Valaská Belá, 35-24-1 Nitrianske Rudno a 35-24-3 Uhrovec. Čiastk. záver. správa. Manuskirpt. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Hyžný, M., 2011: In situ mud shrimps (Decapoda: Axiidea: Callianassidae) preserved within their burrows from the middle Miocene of the Central Paratethys. Bull. Mizunami Fossil Mus., 37, 37 – 46.

International Classification of in-Seam Coals, 1998: New York – Geneva, United Nations, s. 14.

ISO 7404-2, 2009: Methods for the Petrographic Analysis of Coals – Part 2: Methods of Preparing Coal Samples. Geneva, Switzerland, Int. Org. Standardiz., s. 12.

ISO 7404-5, 2009: Methods for the Petrographic Analysis of Coal – Part 5: Methods of Determining Microscopically the Reflectance of Vitrinite. Geneva, Switzerland, Int. Org. Standardiz., s. 14.

Knaust, D., 2017: Atlas of Trace Fossils in Well Core: Appearance, Taxonomy and Interpretation. Cham, Springer, 209 s.

Kohút, M., Hofmann, M., Havrila, M., Linnemann, U. a Havrila, J., 2018: Tracking an upper limit of the "Carnian Crisis" and/or Carnian stage in the Western Carpathians (Slovakia). Int. J. Earth Sci. (Geol. Rdsch.), 107, 321 – 335.

Kochanová, M. a Pevný, J., 1976: Biostratigrafické vyhodnotenie makrofauny (bivalvia, gastropoda a brachiopoda) východnej časti Strážovskej hornatiny. Záver. správa za rok 1969 – 1976. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (č. 38 311), 108 s.

Kochanová, M. a Pevný, J., 1984: Triasové a jurské lastúrniky, ulitníky a ramenonožce Strážovskýh vrchov. Geol. Práce, Spr., 81, 63 – 86.

Kollárová-Andrusovová, V., 1967: Cephalopodenfaune und Stratigraphie der Trias der Westkarpaten. Geol. sbor., 18, 2, 267 – 275.

Kováčik, M., Pelech, O., Sentpetery, M., Olšavský, M., Laurinc, D., Kováčik, M., Nagy, A., Vlačiky, M., Boorová, D., Žecová, K., Zlinská, A. a Buček, S., 2019: Geologická mapa regiónu Strážovské vrchy – východná časť v mierke 1 : 25 000 (listy z východnej polovice územia): 25-44-4 Rajec, 35-22-2 Fačkov, 36-11-1 Kláštor p. Znievom, 35-22-4 Nitrianske Pravno, 36-11-3 Slovenské Pravno, 35-24-2 Prievidza a 35-24-4 Nováky. 1. čiastk. záver. správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Lipold, M., 1865: Das Kohlengebiet in der nordostlichen Alpen. Jb. k.-kön. geol. Reichsanst., 15, 1 – 164.

Lucas, S. G., 2013: A new Triassic Timescale. In: Tanner, L. H., Spielmann, J. A. a Lucas, S. G. (eds.): The Triassic System. New Mexico Mus. Natur. Hist. Sci., Bull., 61, 366 – 374.

Maheľ, M., 1985: Geologická stavba Strážovských vrchov. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 221 s.

Maheľ, M. (ed.), Kahan, Š., Gross, P., Vaškovský, I. a Salaj, J., 1982: Geologická mapa Strážovských vrchov. V mierke 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.

Marschalko, R. a Pulec, M., 1967: Sedimentology of Lunz Beds. Geol. zbor., 27, 2, 331 – 344.

Marschalko, R., 1978: Vývoj sedimentárnych bazénov a paleotektonické rekonštrukcie Západných Karpát. In: Vozár, J., Marschalko, R., Mišík, M. a Nemčok, J. (eds.): Paleogeografiký vývoj Západných Karpát. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 49 – 80.

Meister, O., McKenzie, J. A., Bernasconi, S. M. a Brack, P., 2013: Dolomite formation in the shallow seas of the Alpine Triassic. Sedimentology, 60, 270 – 291.

Mello, J. (ed.), Potfaj, M., Teťák, F., Havrila, M., Rakús, M., Buček, S., Filo, I., Nagy, A., Salaj, J., Maglay, J., Pristaš, J. a Fordinál, K., 2005: Geologická mapa Stredného Považia 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Mello, J. (ed.), Boorová, D., Buček, S., Filo, I., Fordinál, K., Havrila, M., Iglárová, Ľ., Kubeš, P., Liščák, P., Maglay, J., Marcin, D., Nagy, A., Potfaj, M., Rakús, M., Rapant, S., Remšík, A., Salaj, J., Siráňová, Z., Teťák, F., Zuberec, J., Zlinská, A. a Žecová K., 2011: Vysvetlivky ku geologickej mape Stredného Považia. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 377 s.

Michalík, J., 1994: Notes on the Paleogeography and Paleotectonics of the Western Carpathian Area During the Mesozoic. Mitt. Österr. Geol. Gesell., 86, 101 – 110.

Michalík, J. (ed.), Broska, I., Franců, J., Jendrejáková, O., Kochanová, M., Lintnerová, O., Masaryk, P., Papšová, J., Planderová, E., Šucha, V. a Zatkalíková, V., 1992: Štruktúrny vrt Dobrá Voda DV-1 (1 140,8 m) (Dobrá Voda – Konča Skaliek) v Brezovských Karpatoch. Region. geol. Západ. Karpát, 27, 152 s.

Oberhauser, R. (ed.), 1980: Der geologische Aufbau Österreichs. Wien, Springer, 695 s.

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. a Siever, R., 1972: Sand and sandstones. New York, Springer, 618 s.

Piller, W. E., Egger, H., Erhart, C. W., Gross, M., Harzhauser, M., Hubmann, B., Van Husen, D., Krenmayr, H. G., Krystyn, L., Lein, R. a Lukeneder, A., 2004: Stratigraphische Tabelle von Österreich 2004. Österr. Stratigr. Kommission.

Pivko, D., 2007: Sedimentológia lunzských vrstiev pri Podturni. Miner. Slov., Geovest., 39, 1, 120 – 121.

Planderová, E., 1980: Palynomorphs from Lunz beds and from Black clayey shales in basement of Vienna basin (borehole LNV-7). Geol. Zbor. Geol. Carpath., 31, 3, 267 – 294.

Planderová, E., 1986: Nové poznatky o veku lunzských vrstiev a tmavých bridlíc v ich nadloží v oblasti Západných Karpát na základe palinologického výskumu. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (č. 62 263), 70 s.

Pott, C., Kerp, H. a Krings, M., 2008a: Sphenophytes from the Carnian (Upper Triassic) of Lunz am See (Lower Austria). Jb. geol. Bundesanst., 148, 2, 183 – 199.

Pott, C., Krings, M. a Kerp, H., 2008b: The Carnian (Late Triassic) flora from Lunz in Lower Austria: Paleoecological considerations. Palaeoworld, 17, 172 – 182.

Pulec, M., 1959: Sedimentológia lunzských vrstiev. Diplomová práca. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (arch. č. AP3377), 81 s.

Pulec, M., 1965: Nové nálezy skamenelín v lunzských vrstvách. Geol. Práce, Zpr., 34, 209 – 216.

Rindsberg, A. K. a Kopaska-Merkel, D. C., 2005: Treptichnus and Arenicolites from the Steven C. Minkin Paleozoic footprint site (Langsettian, Alabama, USA). In: Buta, R. J, Rindsberg, A. K. a Kopaska-Merkel, D. C. (eds.): Pennsylvanian footprints in the Black Warrior Basin of Alabama, vol 1. Alabama Paleont. Soc. Monogr., 121 – 141.

Rüffer, T. a Zühlke, R., 1995: Sequence Stratigraphy and Sea-Level Changes in the Early to Middle Triassic of the Alps: A Global Comparison. In: Haq, B. U. (ed.): Sequence Stratigraphy and Depositional Response to Eustatic, Tectonic and Climatic Forcing. Coastal Systems and Continental Margins, Vol 1. Dordrecht, Springer, 161 – 207.

Salaj, J., Borza, K. a Samuel, O., 1983: Triassic foraminifera of Western Carpathians. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 213 s.

Seilacher, A., 2007: Trace fossil analysis. Berlin – Heidelberg, Springer, 226 s.

Stur, D., 1868: Bericht über die geologische Aufnahme im oberen Waag- und Gran-Thale. Jb. k.-kön. geol. Reichsanst., 18, 3, 337 – 426.

Šalagová, J. a Hasch, J., 1969: Rajecká kotlina – dolomity. Záver. spr. a výpočet zásob z etapy vyhľadávacieho prieskumu so stavom ku dňu 10. XI. 1969. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (arch. č. 25 302), 99 s.

Tollmann, A., 1976: Analyse des klassischen nordalpinenn mesozoikums. Wien, Franz Deuticke, 580 s.

Tollmann, A., 1985: Geologie von Österreich. Band II, Auβer-zentralalpiner Anteil. Wien, Franz Deuticke, 711 s.

Tupý, P., 1986: Záverečná správa úlohy Jankov Vŕšok – Zachytávací vrt VJV-1. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (arch. č. 67 393), 25 s.

Uchman, A., 1998: Taxonomy and ethology of flysch trace fossils: Revision of the Marian Ksiazkiewicz collection and studies of complementary material. Ann. Soc. Geol. Pol., 68, 105 – 218.

Visscher, H. a Van der Zwaan, C. J., 1981: Palynology of the Circum-Mediterranean Triassic: Phytogeographical and paleoclimatological implications. Geol. Rdsch., 70, 2, 625 – 634.

SUMMARY

The Lunz Beds (or Lunz Formation) represents an important marker horizon and at the same time a relatively foreign element in the predominantly carbonate formations of the Middle and Upper Triassic of the Western Carpathians. The Lunz Beds represent one of the siliciclastic incursions into the Triassic carbonate shelf, during the so-called Carnian pluvial event (e.g. Hornung et al., 2007; Dal Corso et al., 2020). These sediments have been in the attention of geologists since the beginning of research on the Western Carpathians (e.g. Stur, 1868). A detailed historical overview of the research of the Lunz Beds in the Western Carpathians is given by Havrila et al. (2019). Only a few works dealt with a more detailed sedimentary-petrographic research of this lithostratigraphic unit in the Western Carpathians (Pulec, 1959; Marschalko and Pulec, 1967; Michalík et al., 1992; Pivko, 2007; Aubrecht et al., 2017). The analysis of heavy minerals from this lithostratigraphic unit has recently been published by Aubrecht et al. (2017) and Kohút et al. (2018).

This work provides new information on the lithological-petrographic character and sedimentology of the Lunz Beds in the eastern part of the Strážovské vrchy Mts., thus in the northeastern part of geomorphological regions of Zliechovská hornatina and in Nitrické vrchy Mts. (Fig. 1). The fieldwork was carried out during geological mapping project of the Dionýz Štúr State geological institute (Kováčik et al., 2019 and Hraško et al., 2020). The eastern part of the Strážovské vrchy Mts. represents a more or less typical region of the core mountains of the Western Carpathians, formed by the Tatricum, Fatricum, Hronicum and superimposed younger post-nappe Paleogene and Neogene sedimentary basins (Maheľ et al., 1982; Maheľ, 1985; Mello et al., 2005, 2011; Kováčik et al., 2019; Hraško et al., 2020). The investigated samples come from the Hronic tectonic unit (Fig. 1B), where the Lunz Beds appear within the shallow water (carbonate platform) sequences of the Považie Nappe and Ostrá Malenica nappes (loc. 1 and 3 – 5, boreholes V-29, V-31, V31a, VJV-1; Šalagová and Hasch, 1969; Tupý, 1986). The location 2, representing the basal part of the Homôľka Nappe where the Lunz Beds reaches greater thicknesses is noted shortly. However, these occurrences were not the subject of the study.

The Lunz Beds of the Hronic Považie and Ostrá Malenica nappes in the eastern part of the Strážovské vrchy Mts. form lenticular bodies no more than 30 m thick, situated above the Wetterstein Dolomite and below the Hauptdolomit (Main Dolomite). The sediments of the Lunz Beds usually appears in the form of loose debris (Figs. 2A, 4A) and in situ exposures are very rare (Figs. 2B, 4D, 5 and 7). According to field observations, Lunz Beds are represented mainly by gray-green structureless sandstones. Locally lamination, siltstone or claystone intraclasts, coalified plant remains and several types of trace fossils (*Arenicolites* isp., *Phycodes* isp., *Planolites* isp. and *Thalassinoides* isp.) were also observed locally (Figs. 4 – 7). Petrographically, sandstones (6 samples) mainly represent micaceous subarkose, lithic wacke, less feldspathic (arkosic) wacke and sublitharenite (Figs. 8 – 10). They are relatively rich in mica and non-calcareous. Apart from plant debris other organic detritus is absent. Probably redeposited foraminifera may occur sporadically. Clasts of carbonate rocks and metamorphic rocks are absent. Analysis of vitrinite reflectance from 2 samples in the area of the Považie Nappe of the Nitrické vrchy indicates 0.95 – 0.97 % Ro (Figs. 11 – 12). It points to maximum temperatures 131–150 °C reached during the nappe-stacking and later post-nappe Cenozoic subsidence. It can be concluded that the Lunz Beds represent a very useful marker horizon separating the Wetterstein and Hauptdolomit (Main Dolomites). Observed occurrences found during the geological mapping significantly facilitate the correct geographical delimitation of otherwise often very similar dolomitic formations. The poor exposure of the Lunz Beds of shallow-water Hronic sequences means that any better outcrop represents a very valuable study material. Possible future research requires a more detailed sedimentological analysis (study of profiles and/or drill cores) as well as the involvement of more sophisticated geochemical and petrological methods.

Rukopis doručený: 1. 2. 2021
Revidovaná verzia doručená: 31. 3. 2021
Rukopis akceptovaný redakčnou radou: 29. 4. 2021