

Revízia geologickej mapy západného úseku flyšového pásma Západných Karpát s diskusiou k vybraným geologickým problémom

Revision of the geological map of the western part of the Flysch Belt of the Western Carpathians with a discussion of selected geological problems

FRANTIŠEK TEŤÁK

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
frantisek.tetak@geology.sk

© Autori 2024. Vydal ŠGÚDŠ. Licencia Creative Commons BY 4.0. (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
<https://doi.org/10.56623/gps.140.3>

Abstrakt. Práca prezentuje mapy vybraných častí západného slovenského úseku flyšového pásma Západných Karpát po jeho kontakte s bradlovým pásmom, ktoré autor zostavil v rokoch 2001 až 2023. Geologické mapy regiónov Bielych Karpát, Javorníkov, Kysúc, Bielej Oravy a Oravskej Magury sú digitálne spracované s presnosťou podkladu ZM10 v mierke 1 : 10 000 a následne rekonštruované na detailnom podklade LiDAR. Boli vypracované podľa jednotnej legendy mapového servera ŠGÚDŠ a s jednotným prístupom k interpretácii a zobrazeniu geologickej stavby. Okrem revidovaných starších publikovaných prác je sem zahrnutá nepublikovaná mapa územia východne od Vlára so zložitou stavbou styku flyšového a bradlového pásma. Aj na tomto území sa potvrdzuje zložitá stavba bázy príkrovov bielokarpatskej jednotky a jej tektonické a litofaciálne prepojenie so zvyškom magurského príkrovu. Súčasťou práce je interpretácia a stručná diskusia vybraných dosiaľ nepublikovaných zistení týkajúcich sa stratigrafie a litológie magurského príkrovu, ale aj tektonického kontaktu flyšového a bradlového pásma, napr. pri Mestečku a Dolnej Marikovej, či prejavy stredoslovenského zlomového systému vo flyšovom pásme (zázrivský zlom).

Kľúčové slová: magurský príkrov, flyšové pásmo, bradlové pásmo, geologické mapovanie, LiDAR

Abstract. The work presents maps of the selected regions of the western Slovak section of the Flysch Belt of the Western Carpathians, including the contact with the Klippen Belt, compiled by the author in the period from 2001 to 2023. Geological maps of the Biela Karpaty Mts., Javorníky Mts., Kysuce region, Biela Orava region and Oravská Magura Mts. mapped by the author are digitally processed with a scale accuracy of 1 : 10,000 and subsequently reconstructed on a detailed LiDAR basis. They were developed according to a uniform legend of the map server of the ŠGÚDŠ and with a uniform approach to the interpretation and display of the geological structure. In addition to the revised older published works, an unpublished map of the territory east of Vlára river with the complex structure of the junction of the Flysch and Klippen belts is included. Also, the complex structure of the base of the Biela Karpaty Unit nappes and its tectonic and lithofacies connection with the rest of the Magura Nappe is confirmed. Paper includes the interpretation and brief discussion of selected previously unpublished findings regarding the stratigraphy and lithology of the Magura Nappe, but also the tectonic contact of the Flysch and Klippen belts, e.g. near Mestečko and Dolná Mariková or manifestations of the central Slovak fault system in the Flysch Belt (Zázrivá fault).

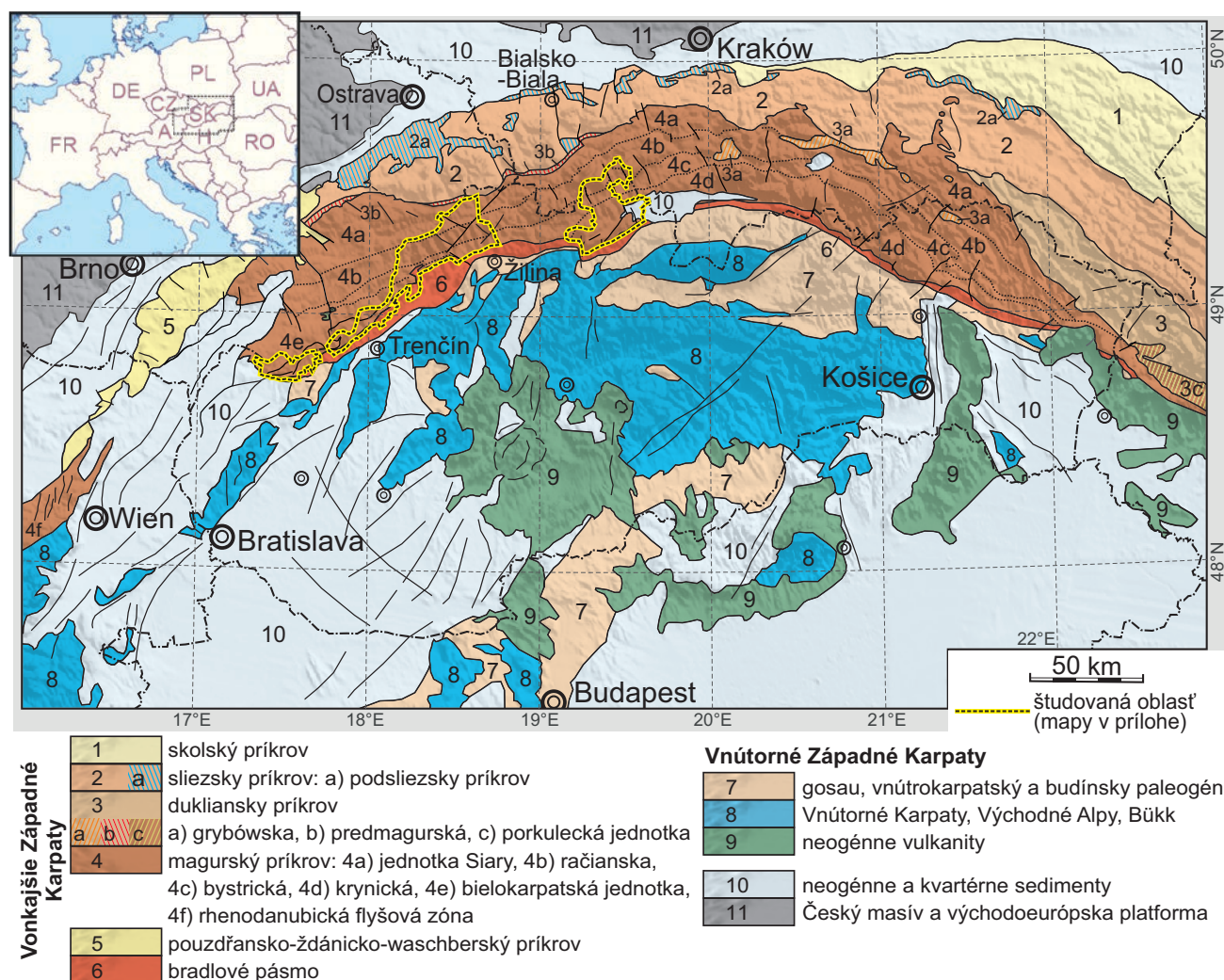
Key words: Magura Nappe, Flysch Belt, Klippen Belt, geological mapping, LiDAR

Úvod

Geologický výskum flyšového pásma (FP) na Slovensku (obr. 1) vyvrcholil v posledných dvadsiatich rokoch vypracovaním a publikovaním viacerých regionálnych geologických máp v mierke 1 : 50 000. V skúmanej oblasti to bola regionálna geologická mapa Kysúc (Potfaj et al., 2002), Stredného Považia (Mello et al., 2005), Bielych Karpát-južná časť (Potfaj et al., 2014), Bielej Oravy (Teťák et al., 2016a) a Bielych Karpát-severná časť (Pešková et al., 2021) a v súčasnosti prebiehajúci geologický výskum a mapovanie Oravskej Magury. Poznatky o geologickej stavbe boli sumarizované na prehľadnej geologickej mape 1 : 200 000 (Bezák et al., 2008, 2009). Okrem uvedených prác publikoval zo študovaného územia geologické mapy aj Teťák (2016, 2021).

Medzimierekou zostavovaných regionálnych geologických máp zvykne byť základná mapa v mierke 1 : 25 000, ktorá by zároveň mala byť podkladom detailnejších prác geologického výskumu a prieskumu. Nedostatkom je, že tieto mapy v mierke 1 : 25 000 vhodnejšie pre prax sa zostavovali tradičným spôsobom na starších tlačných topografických podkladoch a nie všetky sú uložené v archíve geofondu ŠGÚDŠ. Ďalším problémom je odlišný prístup pri zostavovaní máp, nejednotná legenda a problém s napačením máp. Uvedené nedostatky v presnosti, dostupnosti, nejednotnom prístupe a legende čiastočne rieši táto práca.

Predmetom štúdia bolo FP Bielych Karpát, Javorníkov, Kysúc a Oravy. Okrajovo bolo mapované aj bradlové pásmo (BP) na kontakte s FP. Študovaná oblasť je súčasťou magurského príkrovu FP Vonkajších Západných Karpát (obr. 1). Je tu zastúpených všetkých päť tektonicko-litofaciálnych jednotiek magurského príkrovu. Zo severu sú to jednotka Siary, račianska, bystrická, krynická (oravskomagurská) a bielokarpatská jednotka (BKJ). Uvedené jednotky tvoria vrásovo-násunový systém magurského príkrovu, ktorý je z juhu nasunutý na šikmú rampu európskej platformy spolu s externejším sliezskym príkrovom a ďalšími externejšími jednotkami. Magurský príkrov tvoria hlbokomorské sedimentárne sekvencie flyšového charakteru,



Obr. 1. Lokalizácia študovanej oblasti v západnej časti Vonkajších Západných Karpát.

Fig. 1. Location of the studied area in the western part of the Outer Western Carpathians.

prevažne paleogénneho, menej mladokriedového veku (obr. 2) (Hók et al., 2019; Teťák et al., 2019).

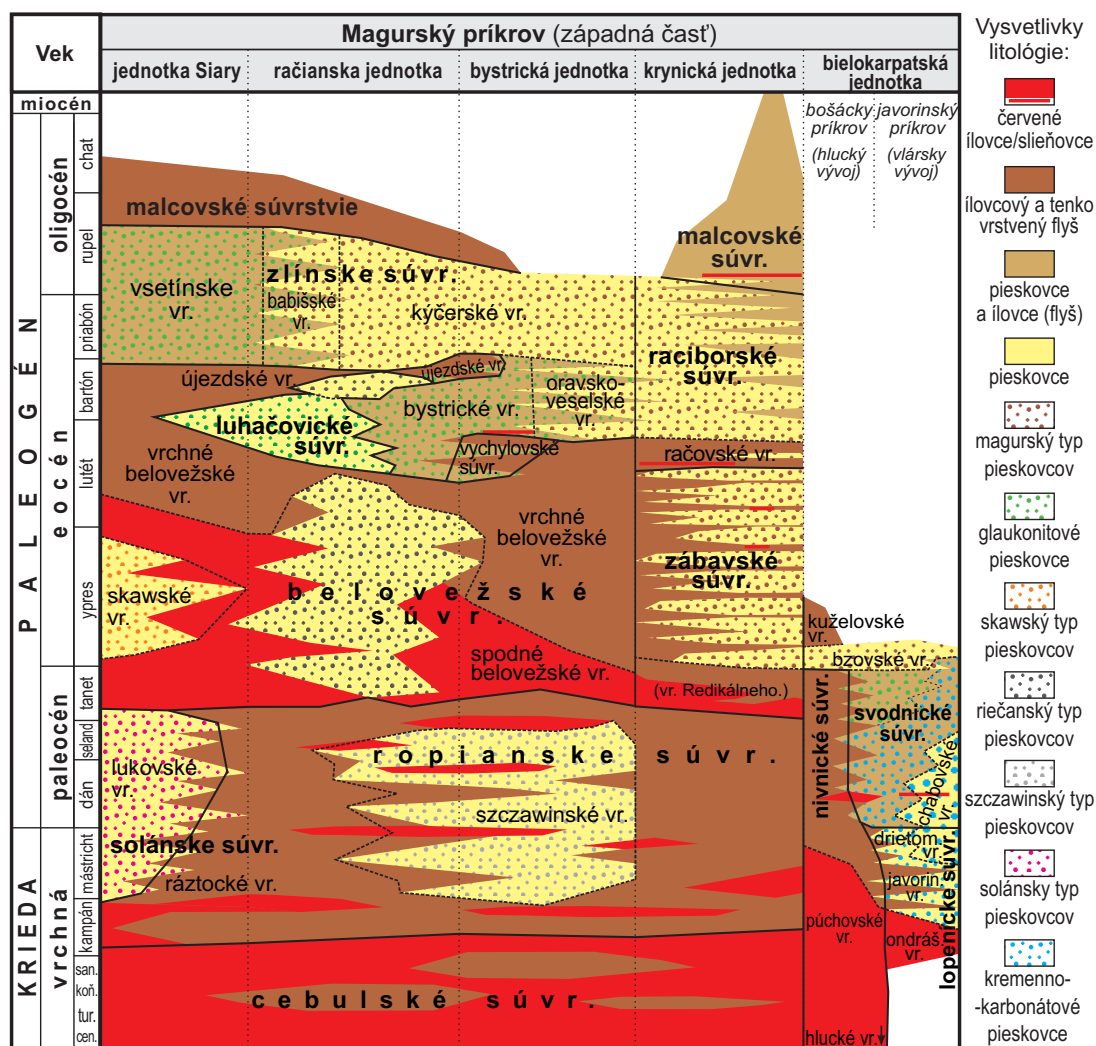
Predmetom štúdia bola západná časť FP a jeho kontakt s BP na území Slovenska. Geologická mapa nepokrýva celé toto územie, ale len časti mapované autorom tejto práce (obr. 3, digitálne prílohy). Geologická stavba je charakterizovaná vo vysvetlivkách ku geologickým mapám (Potfaj et al., 2003; Mello et al., 2011; Teťák et al., 2015; Teťák et al., 2016b, 2024) a zhrnutá vo vysvetlivkách k prehľadnej geologickej mape 1 : 200 000 (Bezák et al., 2009) a na ich platnosti nie je čo meniť. Okrem regionálnych máp je pre poznanie litostratigrafickej a litofaciálnej stavby BKJ kľúčová najmä práca Potfaja (1993) a v prípade krynickej jednotky na Orave práca Potfaja et al. (1991). Pre veľký rozsah a zložitosť geologickej stavby magurského príkrovu uvádzame jeho charakteristiku len v prehľadnej tabuľkovej forme (tab. 1).

Pre túto prácu bola prínosná možnosť reambulácie severovýchodnej časti BKJ východne od doliny Vlársky realizovanej v rámci monitorovania a inžinierskogeologického mapovania svahových deformácií Bielych Karpát a Javorníkov. Keďže reambulácia priniesla viacero nových aj zásadnejších nepublikovaných poznatkov o geologickej stavbe, tejto oblasti sa venujeme v texte detailnejšie.

Jedným z podnetov na zostavenie tejto práce boli postupne od roku 2020 dostupné mapy geomorfologického modelu LiDAR zo skúmaného územia a potreba digitálneho spracovania aktualizovaných máp FP jednotne ako celku, nielen po mapových listoch a regiónoch. Model reliéfu LiDAR poskytuje množstvo nových informácií o priebehu vrstiev, polohe tektonických línií, rozsahu zosuvov a kvartérnych sedimentov s vysokou presnosťou zobrazenia. Ich vyhodnotenie bolo predmetom neskorších prác na zostavenie máp svahových deformácií (Liščák et al., 2022).

Metodika

Ťažiskom tejto práce sú geologické mapy. Prvou je geologická mapa zostavená do roku 2021 (digitálne prílohy 1a, b). Predstavuje staršie, sčasti reambulované autorove mapy doplnené o novoreambulované oblasti medzi Vlárrou a Svederníkom. Uvedená mapa bola interpretovaná bez možnosti využitia LiDAR-u. Nezobrazuje oblasti mapované s využitím LiDAR-u od roku 2021. Digitálna príloha 2a prezentuje staršie autorove mapy reinterpretované s využitím LiDAR-u a čiastočne reambulované aj terénnym mapovaním, doplnené o novoreambulované oblasti



Obr. 2. Litostratigrafická tabuľka západnej časti magurského príkrovu (Hók et al., 2019).

Fig. 2. Lithostratigraphic table of the western part of the Magura Nappe (Hók et al., 2019).

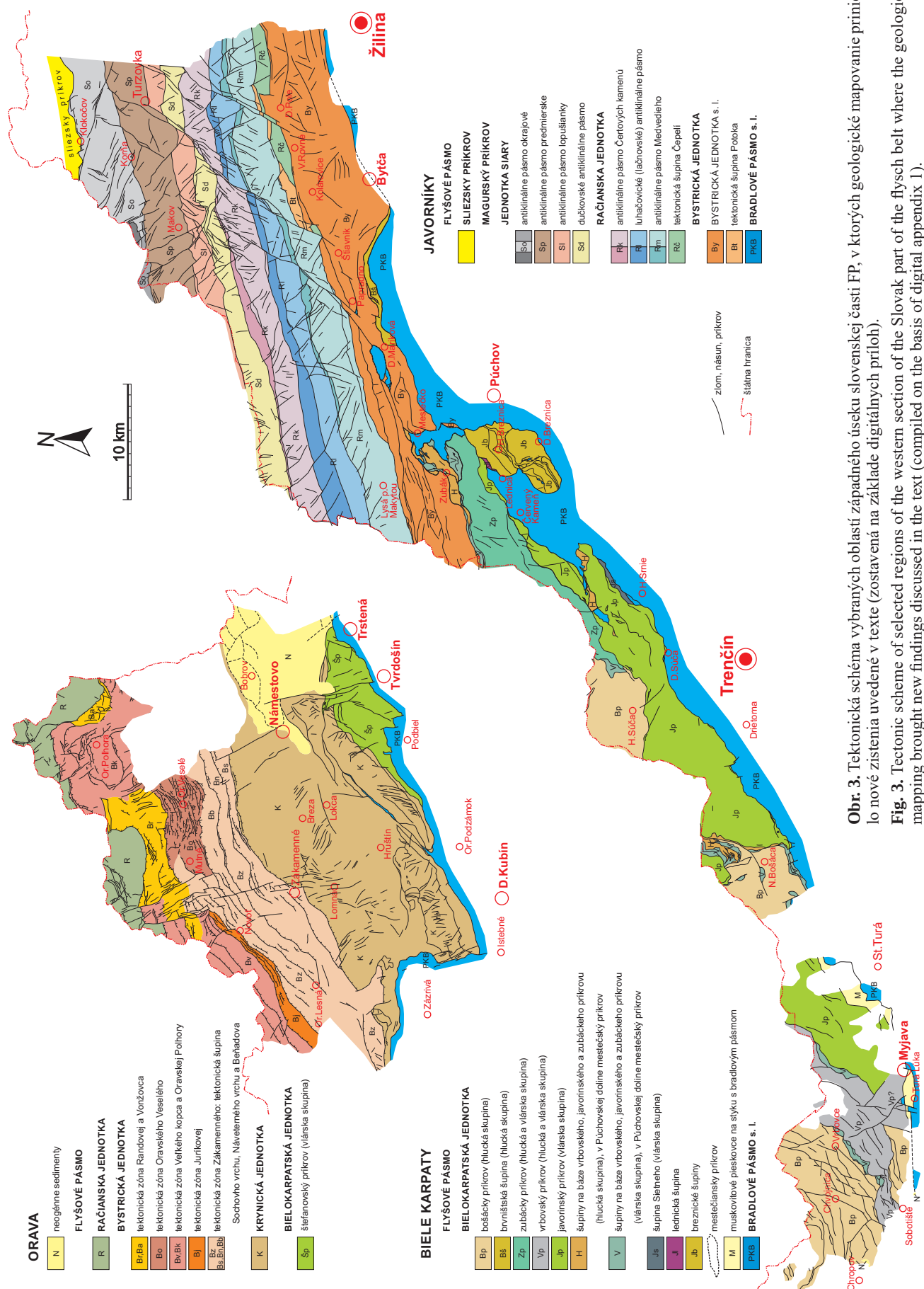
s. od Bytče a s. od Turzovky. Digitálna príloha 2b zobrazuje mapu z prebiehajúceho geologického mapovania Oravskej Magury.

Mapa v digitálnych prílohách 1a a 1b bola zostavená v súlade so smernicou MŽP SR č. 4/1996-3.1 na zostavovanie a vydávanie geologických máp v mierke 1 : 25 000 a regionálnych geologických máp v mierke 1 : 50 000. To znamená, že bola zostavená štandardnou zaužívanou metodikou geologických túr a sedimentologického výskumu doplnených petrografickou a biostratigrafickou analýzou, ale bez možnosti využitia navigácie GPS a LiDAR-u. Bolo to geologické mapovanie regiónov Kysúc (Potfaj et al., 2002), Stredného Považia (Mello et al., 2005), Bielych Karpát-južná časť (Potfaj et al., 2014), Bielej Oravy (Teták et al., 2016a) a Bielych Karpát-severná časť (Pešková et al., 2021).

Navigácia GPS a LiDAR boli k dispozícii až od roku 2021 pri geologickom mapovaní zameranom najmä na svahové deformácie v oblasti Bielych Karpát, Javorníkov a Kysúc, zvlášť pri zostavovaní mapy bystrickej jednotky medzi Papradnom a Divinou a severne od Turzovky a v jej okolí (Liščák et al., 2022). Mapa z oblasti BKJ a bystrickej

jednotky od Vlár po Žilinu a severne od Turzovky vznikla podrobnejšou reambuláciou starších máp v rámci projektu mapovania svahových deformácií (Liščák et al., 2022). Reambulované bolo územie s plochou približne 300 km² medzi Vlár a Svederníkom. Severne od Turzovky a v jej okolí bolo reambulovaných ďalších asi 140 km², no so zameraním najmä na geologicky zložitejšie antiklinálne pásma a litofaciálne kontrastné súvrstvia. Reambulačné túry boli vedené s dostatočnou hustotou na tvorbu mapy v mierke 1 : 25 000, no neboli doplnené petrografickou analýzou výbrusového materiálu a biostratigrafickým vyhodnotením. Charakter terénnych prác zodpovedal skôr reambulácii so zameraním na problémové oblasti bez možnosti analýzy vzoriek než novému podrobnému mapovaniu. Na účely mapy Liščáka et al. (2022) bola mapa územia medzi Novým Mestom nad Váhom a Turzovkou doplnená a korigovaná na základe topografického podkladu LiDAR (digitálna príloha 2a).

Predkladané geologické mapy (digitálne prílohy) presnejšie a detailnejšie zobrazujú geologickú stavbu oproti publikovaným regionálnym mapám 1 : 50 000 a archívnym základným mapám 1 : 25 000, z ktorých regionálne mapy



Obr. 3. Tektonická schéma vybraných oblastí západného úseku slovenskej časti FP, v ktorých geologické mapovanie prinieslo nové zistenia uvedené v texte (zostavená na základe digitálnych príloh).

Tab. 1. Charakteristika litostratigrafických jednotiek rozlišovaných v západnej časti magurského príkrovu (upravené podľa Tetáka et al., 2019 a Tetáka, 2022).

Tab. 1. Characteristics of the lithostratigraphic units distinguished in the western part of the Magura Nappe (modified after Teták et al., 2019 and Teták, 2022).

Tektonicko-litofačné jednotky	Litostratigrafické jednotky	Vek	Hrúbka	Litológia, litofácie a ich usporiadanie	Korelácia (ekvivalenty)
račianska jednotka	vsetínske vr. (Pesl, 1968)	stredný až mladší eocén (oligocén)	vyššie 600 m	glaukonitové pieskovce: stredne až hrubo vrstvené, jemne (stredne) zrnité kremité glaukonitové pieskovce; ílovce bystrického typu: hrubé vrstvy sivých siltových ílovcov	magurské súvrstvie – glaukonitová fácia (Książkiewicz, 1953); zembrzycké vrstvy (Książkiewicz, 1974)
	babišské vr. (Teták, 2005)	(stredný?) až mladší eocén (oligocén)	700 m	pieskovce magurského typu: stredne až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové pieskovce; glaukonitové pieskovce: stredne až hrubo vrstvené jemno- (stredno)zrnné kremenné glaukonitové pieskovce; (ílovce bystrického typu: hrubé vrstvy sivých siltových ílovcov)	kyčerské vrstvy; čiastočne maszkowické vrstvy (Oszczypko, 1991)
	kyčerské vr. (Pesl, 1968)	(stredný?) až mladší eocén (oligocén)	1 600 m / do 400 m	pieskovce magurského typu: stredne až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové pieskovce	kyčerský vývoj zlínskeho súvrstvia (Pesl, 1964); magurské pieskovce (Roth et al., 1963); babohorské pieskovce (Matějka a Roth, 1952); wátkowské pieskovce (Cieszkowski et al., 2006); arkózová a muskovitová fácia magurských pieskovcov (Książkiewicz, 1953), makovické vrstvy (Leško a Samuel, 1968)
račianska a bystrická jednotka	újezdské vr. (Pesl, 1968)	stredný až mladší eocén	30 až 150 m	tenko vrstvená fácia: jemnozrnné laminované pieskovce; glaukonitové pieskovce: stredne vrstvené jemnozrnné kremité glaukonitové pieskovce; ílovce bystrického typu: hrubé sivé siltové ílovce	podmagurské vrstvy (Paul, 1980); hieroglyfové vrstvy (Cieszkowski et al., 2006); spodné zlínske vrstvy (Matějka a Roth, 1956); oščadnické vrstvy (Potfaj et al., 2003)
	bystrické vr. (Šikora and Žytko, 1959)	stredný až mladší eocén	200 až 500 m / do 1 000 m	glaukonitové pieskovce: stredne až hrubo vrstvené jemno- až (stredno)zrnné kremité glaukonitové pieskovce; ílovce bystrického typu: hrubé sivé siltové ílovce; hrubé vrstvy slieňovcov ťačkého typu	osielecké pieskovce (Książkiewicz, 1958); pasierbiecké pieskovce (Bieda, 1946); ťačké vrstvy (Książkiewicz, 1958); súvrstvie Železnikovej (Oszczypko, 1991); vsetínske vrstvy (Pesl, 1968)
bystrická jednotka	oravskoveselské vr. (Teták et al., 2016)	stredný až mladší eocén	300 až 500 m	pieskovce magurského typu: stredne až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové pieskovce; glaukonitové pieskovce: stredne až hrubo-vrstvené jemno- až (stredno)zrnné kremité glaukonitové pieskovce; (ílovce bystrického typu: hrubé vrstvy sivých siltových ílovcov); hrubé vrstvy slieňovcov ťačkého typu	bystrické vrstvy (Pesl, 1968); popradské vrstvy (Birkenmajer a Oszczypko, 1989)
	vychylovské súvrstvie (Potfaj, 1989)	stredný eocén	niekoľko desiatok metrov	tenko vrstvená fácia: zelené jemnozrnné laminované pieskovce s bioglyfmi, nevápnité siltovce a ílovce; glaukonitové pieskovce: stredne až hrubo vrstvené jemnozrnné kremité glaukonitové pieskovce; ílovce bystrického typu: hrubé vrstvy sivých siltových ílovcov	hieroglyfové vrstvy (Cieszkowski et al., 2006); belovežské súvrstvie (Leško a Samuel, 1968); bystrické vrstvy (Pesl, 1968); ťačké vrstvy (Książkiewicz, 1958)

Tab. 1 – pokračovanie

Tektonicko-litofaciálne jednotky	Litostratigrafické jednotky		Vek	Hrúbka	Litológia, litofácie a ich usporiadanie	Korelácia (ekvivalenty)
račianska jednotka	luhačovické súvrstvie	vrchné luhačovické vr. (Pesi, 1968)	stredný eocén	do 120 m	riečanský typ pieskovcov: hrubo až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové pieskovce až drobozrnné zlepence	luhačovické pieskovcov (Matějka a Roth, 1956)
		spodné luhačovické vr. (Pesi, 1968)	stredný eocén	do 120 m	pasierbiecky typ pieskovcov: kremité glaukonitové, hrubo vrstvené hrubozrnné pieskovce až drobozrnné zlepence; (ilovce bystrického typu: hrubé vrstvy sivých siltyových ilovcov; hrubé vrstvy slieňovcov ľadkého typu)	pasierbiecke pieskovce (Bieda, 1946; Sikora a Žytko, 1956; Książkiewicz, 1958); luhačovické pieskovcov (Matějka a Roth, 1956)
račianska a bystrická jednotka	belovežské súvrstvie	vrchné belovežské vr. (Stráník, 1965)	starší až stredný eocén	70 až 200 m	tenko vrstvená fácia: jemnozrnné laminované pieskovce s bioglyfmi, nevápnnité ilovce	hieroglyfové vrstvy (Cieszkowski et al., 2006); belovežské súvrstvie (Leško a Samuel, 1968)
		spodné belovežské vr. (Stráník, 1965)	paleocén až starší eocén	do 150 m	tenko vrstvená fácia: jemnozrnné laminované pieskovce s bioglyfmi, nevápnnité ilovce; pestré (červené a zelené) ilovce; riečanský typ pieskovcov; hrubo až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové muskovitové pieskovce až drobozrnné zlepence	tabovské ilovcové súvrstvie (Oszczypko, 1992)
	ropianske súvrstvie	szczawinské vr. (Sikora and Žytko, 1959)	mástricht až paleocén	150 až 800 m	szczawinský typ pieskovcov: hrubo až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové muskovitové pieskovce až drobozrnné zlepence	muskovitové pieskovce inocerámových vrstiev (Książkiewicz, 1966); attengbašské súvrstvie (Schnabel, 1992)
		ropianske súvr. s. s. (Teták et al., 2017)	kampán až paleocén	do 400 m	tenko vrstvená fácia: zelené jemnozrnné laminované muskovitové pieskovce s bioglyfmi, nevápnnité ilovce; pestré (červené a zelené) ilovce; (szczawinský typ pieskovcov: hrubo až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové muskovitové pieskovce; glaukonitové pieskovce)	inocerámové vrstvy (Książkiewicz, 1966); solánske súvrstvie (Pesi, 1968); biotitovo-živcové vrstvy (Sikora a Žytko, 1959); pieskovce mŕtného (Cieszkowski et al., 2007); ráztocké vrstvy (Pesi, 1981); ondrašovecké vrstvy (Potfaj, 1993); attengbašské súvrstvie (Schnabel, 1992); szczawnické súvrstvie (Birkenmajer a Oszczypko, 1989)
jednotka Siary	solánske súvrstvie (Matějka, Roth, 1948)	lukovské vr.	mástricht až paleocén	do 1 000 m	solánsky typ pieskovcov: hrubo až veľmi hrubo vrstvené strednozrnné drobové muskovitové pieskovce až drobozrnné zlepence	pieskovcovo-ilovcový a pieskovcovo-zlepencový vývoj solánskeho súvrstvia (Pesi, 1951; Menčík et al., 1956; Matějka a Roth, 1956; Matějka in Buday et al., 1963; Pesi a Hanzliková, 1963); Pesi (1963, 1965, 1968); inocerámové vrstvy (Sikora a Žytko, 1959)
		ráztocké vr.	kampán až starší paleocén	300 m	tenko vrstvená fácia: zelené jemnozrnné laminované muskovitové pieskovce s bioglyfmi, nevápnnité ilovce	inocerámové vrstvy (Sikora a Žytko, 1959)

Tab. 1 – pokračovanie

Tektonicko-litofaciálne jednotky	Litostratigrafické jednotky	Vek	Hrúbka	Litológia, litofácie a ich usporiadanie	Korelácia (ekvivalenty)
ráčianska jednotka	cebulské súvrstvie (Sikora a Žytka, 1959)	cenoman až kampán	cca 200 m	vápnité a nevápnité červené ílovce a slieňovce, tenko vrstvená fácia, vrstvené zelenosivé slieňovce s patinou	pestré bridlice (Sikora a Žytka, 1959); cebulské pestré slieňovce (Golanka a Malata, 1977); haluszowské súvrstvie (Birkenmajer a Oszczyzko, 1989); malinowské súvrstvie (Birkenmajer a Oszczyzko, 1989); kauberské súvrstvie (Schnabel, 1992)
	malcovské súvrstvie (Świdziński, 1961)	mladší eocén až mladší oligocén (starší miocén?)	do 660 m	stredne až hrubo vrstvené jemno- až (hrubo) zrnité vápnité a drobové pieskovce; piesčité až ílovité skľuzové telesá; svetlosivé ílovce (pestré ílovce)	menilitovo-krosnianska séria (Jucha a Kotlarzyk, 1958)
krynická jednotka	raciborské súvrstvie	raciborské súvr. s. s. (Potfaj et al., 1991)	1 500 m	pieskovce magurského typu: stredne až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové pieskovce; ílovce bystrického typu: hrubé vrstvy sivých siltových ílovcov; siltové skľuzové telesá; (glaukonitové pieskovce)	magurské súvrstvie (Potfaj et al., 1991); po-pradské vrstvy (Birkenmajer a Oszczyzko, 1989)
		račovské vr. (Potfaj et al., 1991)	100 až 200 m	ílovce bystrického typu: hrubé vrstvy sivých siltových ílovcov; siltové skľuzové telesá; (pieskovce magurského typu: stredne až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové pieskovce; slieňovce ľadkého typu; červené ílovce)	vrstvy Kowanca (Cieszkowski, 1979); Mniszek Shale Mb. (Birkenmajer a Oszczyzko, 1989); Hanuszowské bridlice (Wójcik et al., 1995; Piotrowski a Piotrowska, 2004)
	zábavské súvrstvie	mladší paleocén až stredný eocén	do 3 000 m	tenko vrstvená fácia: jemnozrnné laminované pieskovce s bioglyfmí, nevápnité ílovce; pieskovce magurského typu: stredne až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové pieskovce	magurské súvrstvie (Potfaj et al., 1991); vrstvy Piwnicznej (Birkenmajer a Oszczyzko, 1989); vrstvy Turbacza (Watycka, 1976; Cieszkowski a Olszewska, 1986); súvrstvie Zarzecza (Birkenmajer a Oszczyzko, 1989); vrstvy z Jaszcze (Alexandrowicz et al., 1984; Cieszkowski a Olszewska, 1986); krynické zlepenice (Alexandrowicz et al., 1984)
	vr. Redikálneho (Teták et al., 2016)	paleocén(?)	do 150 m	tenko vrstvená fácia: jemnozrnné laminované pieskovce s bioglyfmí, nevápnité ílovce; pestré (červené a zelené) ílovce	pestré bridlice (Jankowski a Kopciowski, 1999)

Tab. 1 – pokračovanie

Tektonicko-litofaciálne jednotky	Litostratigrafické jednotky	Vek	Hrúbka	Litológia, litofácie a ich usporiadanie	Korelácia (ekvivalenty)	
bieľokarpatská jednotka	svodnické súvrstvie	bzovské vr. (Pofaj, 1993)	starší eocén	ca 600 m	pieskovce magurského typu: stredne až veľmi hrubo vrstvené stredno- až hrubozrnné drobové pieskovce	pieskovcový vývoj vrchného svodnického súvrstvia (Stránik et al., 1989)
		svodnické súvr. s. s. (Pesi, 1968)	paleocén až starší eocén	više 500 m	stredne až hrubo vrstvené jemnozrnné kremenno-karbonátové pieskovce; ílovce bystrického typu: hrubé sivé siltové ílovce	Pofaj (1993); Stránik et al. (1995), Teták (2016)
		chabovské vr. (Pofaj et al., 1986)	paleocén	do 400 m	hrubo vrstvené a masívne kremenno-karbonátové pieskovce s Liesegangovými obrazcami, takmer bez ílovcov	Stránik et al. (1986); čiastočne rajkovecké súvrstvie (Began et al., 1988)
	lovenické súvrstvie	drietomické vr. (Pofaj, 1993)	mástricht až ?paleocén	do 300 m	hrubo vrstvené kremenno-karbonátové pieskovce, polymiktné zlepenice, rozpadavé zlepenice, bez ílovcov	
		javorinské vr. (Pofaj et al., 1986)	mladší kampán až mástricht	200 m až više 800 m	hrubo vrstvené jemnozrnné kremenno-karbonátové pieskovce a tenko vrstvené flyšové sedimenty so silovozelenými ílovcami, lavice slieňovcov až vápencov s patinou	Stránik et al. (1986); čiastočne rajkovecké súvrstvie (Began et al., 1988)
		ondrášovecké vr. (Pofaj, 1993)	stredný kampán až mladší mástricht	niekoľko desiatok metrov	tenko vrstvená fácia: zelené jemnozrnné laminované muskovitové kremenno-karbonátové pieskovce s bioglyfmi, nevápnité ílovce; pestré (červené a zelené) ílovce	pestré súvrstvie (Pofaj et al., 1986); gbelské vrstvy (Stránik et al., 1986, 1989); ropianske súvrstvie (Teták et al., 2017); <i>Malinowa Shale Formation</i> (Oszczypko et al., 2005)

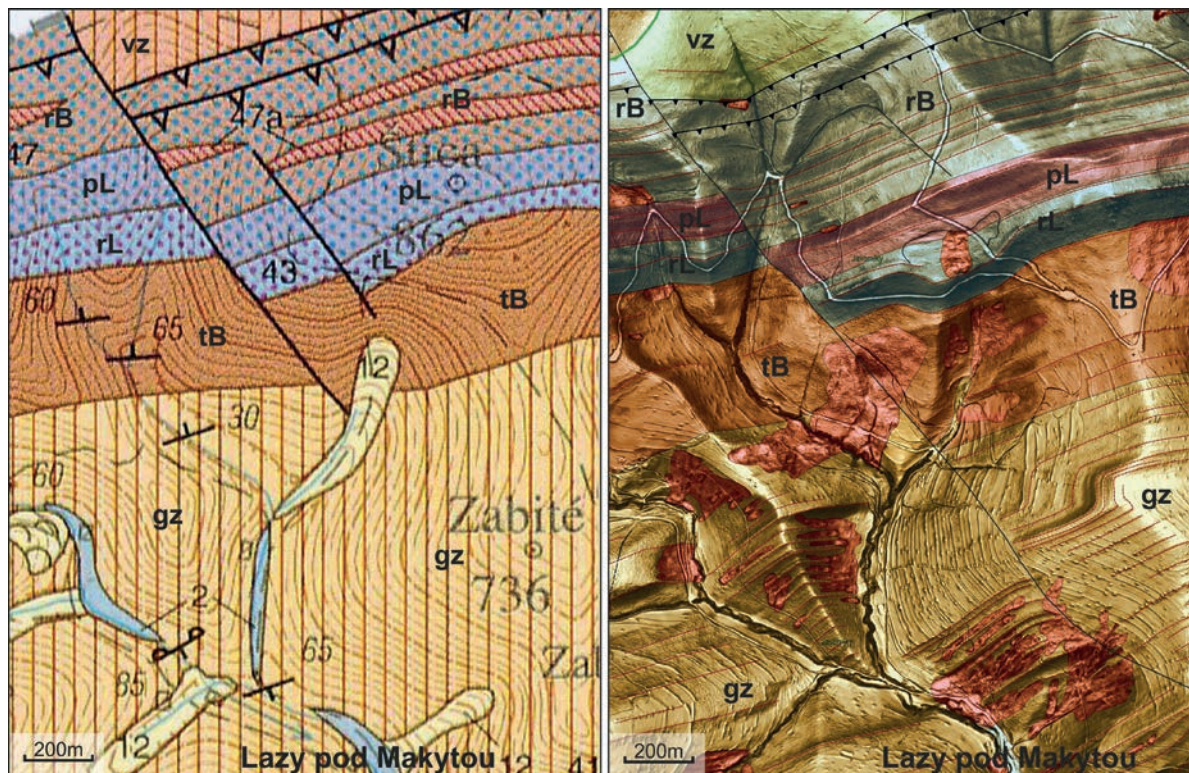
vychádzali. Základné geologické mapy 1 : 25 000 využívané na zostavenie mapy Stredného Považia (Mello et al., 2005) nie sú uložené v archíve ŠGÚDŠ. Staršie terénne mapovanie sme realizovali do topografického podkladu v mierke 1 : 25 000. Od roku 2011 sme pri mapovaní využívali topografický podklad v mierke 1 : 10 000 (ZM10), čo umožnilo dosiahnuť väčšiu presnosť zobrazenia. V digitálnej prílohe č. 1 sú aj staršie mapy upravené do topografického podkladu mapy ZM10 v mierke 1 : 10 000. Oproti pôvodným mapám boli potrebné zväčša len menšie topologické korekcie. V digitálnej prílohe 2a je mapa korigovaná na topografický podklad LiDAR. Je odkrytou mapou a má vyššiu presnosť zobrazenia. Zohľadňuje aj najnovšie výsledky terénnych prác.

Mapovanie s využitím LiDAR-u

Neoceniteľný prínos pri interpretácii geologickej stavby majú mapy LiDAR spolu s pokrokom systémov GIS (Liščák et al., 2022). Podrobné reliéfne mapy LiDAR umožňujú presne lokalizovať a určiť rozsah rôznych geologických a geomorfologických fenoménov prejavujúcich sa v topografii (obr. 4). Z kvartérnych fenoménov sú to napríklad svahové deformácie, aluviálne a proluviálne naplaveniny, niektoré terasy, penovcové kopy, eolické piesky, morény či antropogénne navážky. V prípade plochého terénu je veľkou výhodou možnosť generovania mapy vrstevníc z LiDAR-u a mapy relatívnej výšky nad riečnym tokom.

Pri starších geologických útvaroch je významné identifikovanie priebehu vrstiev najmä flyšových súvrství a litologických a tektonických hraníc. Na identifikáciu rôznych geomorfologických tvarov reliéfu je možné voliť si z viacerých metodík tieňovania reliéfu, napríklad pri identifikácii vápencových bradiel BP, topograficky vyčnievajúcich nad okolitý reliéf, a tiež v neprehľadnom a zalesnenom teréne Karpát. Hoci je FP tvorené litofaciálne monotónnym komplexom hornín rytmicky sa striedajúcich vrstiev pieskovcov a ílovcov, vďaka výraznému rozdielu odolnosti hornín proti zvetrávaniu sa priebeh vrstevovitosti prejavuje v reliéfe. Učebnicovým príkladom je rozsiahle územie bystrickej jednotky tvorené jedinou litostratigrafickou jednotkou, bystrickými vrstvami, kde v minulosti boli identifikované štruktúrne prvky ako zlomy, vrásky, príkrovové plochy, no ich presné vyznačenie na mape bolo limitované monotónnou geologickou stavbou (Potfaj et al., 2002; Mello et al., 2005). Interpretáciou LiDAR-u je možné s výnimočnou presnosťou takmer na celej ploche rozlíšiť aj najmenšie detaily geologickej stavby, ako sú priebeh vrstiev, vrásky, zlomy a hojne zastúpené svahové deformácie (Liščák et al., 2022). Uvedený prístup je možné uplatniť pri prebiehajúcom terénnom mapovaní, ale aj na spätnú reambuláciu starších mapových prác (digitálne prílohy 2a, 2b).

Ďalším neoceniteľným prínosom LiDAR-u je pomoc pri plánovaní postupu terénneho mapovania. Je možné spoľahlivo predpokladať hĺbku zarezania potokov a ciest a izolovaných skalných útvarov (ostrých hrebeňov a bradiel),



Obr. 4. Príklad zobrazenia geologických prvkov ako vrstevovitost' flyšových sekvencií, zlomov, stratigrafických rozhraní a zosuvov z račianskej jednotky v hornej časti doliny Lazov pod Makytou (vz – vsetínske vrstvy, rB – spodné belovežské vrstvy, pL – spodné luhačovické vrstvy, rL – vrchné luhačovické vrstvy, tB – vrchné belovežské vrstvy, gz – babišské vrstvy) (Mello et al., 2005).

Fig. 4. An example of display of geological features, such as the stratification of flysch sequences, faults, stratigraphic boundaries and landslides from the Rača Unit in the upper part of the Lazy pod Makytou valley (vz – Vsetín Mb., rB – Lower Beloveže Mb., pL – Lower Luhačovice Mb., rL – Upper Luhačovice Mb., tB – Upper Beloveže Mb., gz – Babiše Mb.) (Mello et al., 2005).

ktoré sú potenciálnymi miestami na vznik odkryvov. Je možné interpretovať rozsah svahových deformácií a kvartérneho pokryvu a ich vplyv na zachovanie a porušenie odkryvov. Výhodné je to najmä pri reambulácii, čiže mapovaní, pri ktorom je pre časové obmedzenie nutné zredukovať terénne túry.

Geologická mapa Bielych Karpát a Javorníkov v digitálnej prílohe 2a je výsledkom spätnej reambulácie s využitím LiDAR-u. Pri jej zostavovaní boli použité autorove terénne mapy 1 : 25 000 z Javorníkov a 1 : 10 000 z Bielych Karpát a archívne základné geologické mapy 1 : 25 000. V oblasti Lazov pod Makytou a Hornej Marikovej boli potrebné menšie reambulačné túry. Mapa bystrickej jednotky medzi Kolárovicami a Divinou a račianskej jednotky medzi Turzovkou, Koriňou a Klokočovým bola zostavená s využitím reambulačných túr, reinterpretáciou máp LiDAR-u a starších autorových a publikovaných geologických máp (Potfaj et al., 2002; Mello et al., 2005).

Nové poznatky o geologickej stavbe

Nové geologické mapovanie prinieslo viaceré poznatky o geologickej stavbe západného úseku FP a BP, ktoré neboli uvedené v publikovanej literatúre ani záverečných správach. Vybranými diskutovanými výsledkami sú štruktúrne elevácie a depresie, mapovanie s využitím LiDAR-u, geologická mapa Bielych Karpát (južná časť), BKJ medzi Vlárrou a Púchovskou dolinou, kontakt FP a BP, kontakt BKJ a bystrickej jednotky, vrbovský, zubácky a javorinský príkrov, mestečiansky príkrov a marikovské bradlo, brvništská šupina, spätný násun bystrickej jednotky a jej stavba, vložky červených ilovcov v solánskom súvrství, revízia mapy Javorníkov, prejavy synsedimentárnej tektoniky a prejavy stredoslovenského zlomového systému vo FP.

Štruktúrne elevácie a depresie

Pre oblasť BKJ viac než pre iné časti FP platí, že na priemet geologickej stavby na recentnú topografiu má zásadný vplyv úroveň erózneho zrezu územia. To znamená, že na morfológických eleváciách (vyššie položených miestach) a v tektonicky zaklesnutých zónach môžeme pozorovať geologické jednotky, ktoré boli, naopak, v morfológických depresiách (údoliach) a v tektonicky vyzdvihnutých zónach erózne odstránené. Toto poznanie umožňuje interpretovať geologickú stavbu v podloží či naopak, v častiach odstránených eróziou. Takouto tektonickou eleváciou je napr. oblasť Novej hory z. od Bošáče, kde bol javorinský príkrov erózne odstránený. S cieľom overenia antiklinálnej štruktúry v oblasti Novej hory sa realizoval vrt Klanečnica KLK-1 (Leško et al., 1980; Potfaj et al., 1986; Dvořáková et al., 1989). Ďalšou tektonickou eleváciou je oblasť Hornej Súče a oblasť výskytu bradiel medzi Pruským a Červeným Kameňom. Zaklesnutými územiami, kde sa zachovali vyššie tektonické štruktúry, sú napr. dolina Drietomice s javorinským príkrovom zachovaným v nezvyčajne veľkej hrúbke a veľkom stratigrafickom rozsahu a oblasť medzi Zubákom a Mestečkom so zachovaným mestečianskym príkrovom.

Rovnaký princíp tektonicky zaklesnutých či naopak, vyzdvihnutých blokov sa uplatnil pri formovaní geologickej

stavby na Orave. Rozdiel je ale v tom, že tu je vhodnejšie hovoriť o zaklesnutých blokoch a nie oblastiach, keďže vertikálne pohyby sa nediali postupne, ale prevažne na strmých poklesových zlomoch (Teťák et al., 2016a, b). Napríklad v oblasti tektonickej zóny Oravskej Polhory (l. c.) môžeme pozorovať vyššie geologické štruktúry (bázu bystrickej jednotky), ktoré pôvodne prekryvali aj masívy Babej hory a Pilska, a naopak, v uvedených masívoch vychádza na povrch podložie tektonickej zóny Oravskej Polhory (račianska jednotka). Elevácia sa dvíha aj v tektonickej zóne Oravského Veselého (Szalaiová, 1989), kde na povrch vystupujú silno tektonicky postihnuté menšie šupiny bystrickej jednotky, tvorené prevažne belovežským súvrstvom. Môžeme predpokladať, že rovnaký charakter má bystrická jednotka smerom na východ a západ v podloží hrubších šupín tektonickej zóny Zákamenného (Teťák et al., 2016b). Tektonické zaklesnutie je citeľné v oblasti sz. od Mútneho. Vertikálny pohyb na zlomoch v oblasti Oravy odhadujeme až do 3 km.

K najvýraznejším poklesovým štruktúram patrí Oravsko-nowotarská panva na západe pri Námestove, ohraničená poklesovými zlomami so zachovaním neogénnej výplne, a zázrivský zlom („sigmoida“) s tektonicky zaklesnutým blokom Kubinskej hole. V oboch prípadoch odhadujeme vertikálny pohyb až na 3 km. Mladý vek vertikálnych pohybov je možné interpretovať aj na základe mohutného vyvinutia fluvialných náplavov na úpätí najviac vyzdvihnutých blokov, ako je potok Bystrá pod Babou horou, potok Randová a prítoky Mútňanky spod Pilska a potoky na severnom úpätí budínskej časti Oravskej Magury. Uvedené vertikálne pohyby (Maglay et al., 1999) sa prejavujú na gravimetrických meraniach Bouguerových anomálií nahromadením ľahkej hmoty (Pašteka et al., 2017).

Mladé zmeny povrchovej geologickej stavby možno ilustrovať na príklade obliakového zloženia štrkov oravského súvrstvia strednosarmatského až panónskeho veku Oravsko-nowotarskej panvy z okolia Bobrova (Teťák et al., 2016a, b), kde boli pozorované výhradne veľmi dobre zaoblené obliaky tvrdých kremitých glaukonitových pieskovcov bystrických vrstiev bystrickej jednotky. Dobré zaoblenie a stredne veľké rozmery obliakov vylučujú transport na krátku vzdialenosť. Nepřítomnosť drobových pieskovcov magurského typu pôvodom z krynickej jednotky a južnej časti bystrickej jednotky je možné vysvetliť väčším rozsahom Oravsko-nowotarskej panvy smerom na sever, ale najmä na západ, oproti súčasnému výskytu neogénnych sedimentov, ktoré prekryvali oblasť Oravskej Magury, kde už pri recentnom eróznom zreze neogénne sedimenty nevystupujú. Nepřítomnosť drobových pieskovcov magurského typu pôvodom z Babej hory a Pilska nasvedčuje, že tieto masívy ešte v sarmate až panóne neboli vyzdvihnuté a povrchovú geologickú stavbu produkujúcu klastický materiál tvorili výlučne bystrické vrstvy bystrickej jednotky s podobným litofaciálnym charakterom, ako má napr. tektonická zóna Veľkého kopca pri Oravskej Polhore (Teťák et al., 2016a, b). Z toho vyplýva, že rozsah Oravsko-nowotarskej panvy smerom na sever a západ bol oproti súčasnému výrazne väčší.

Geologická mapa Bielych Karpát-južná časť

Na zobrazenie geologickej stavby oblasti medzi Skalickou a Novým Mestom nad Váhom nebola využitá interpretácia geologickej stavby publikovaná na regionálnej mape Potfaja et al. (2014), ale alternatívna interpretácia Teťáka (2015, 2016). Obe mapy sa zásadne líšia. Rozdiely vzišli z potreby poukázať na možnosť odlišnej interpretácie terénnych údajov.

Geologická stavba BKJ je litologicky pestrá a tektonicky deformovaná, no takmer bez litologických markerov. Pri takto zle odkrytom teréne môže byť interpretácia geologickej stavby poznačená subjektívnymi skúsenosťami a postojmi autorov. Medzi interpretáciami Potfaja et al. (2014) a Teťáka (2015) sú tri zásadné rozdiely, ktoré navzájom súvisia: litofaciálne členenie a tektonika, ktoré vyústili do vyčlenenia vrbovského príkrovu.

Litofaciálne rozdiely. Priložená mapa v digitálnej prílohe (1a) má možnosť detailnejšie zobraziť geologickú stavbu než publikovaná mapa v mierke 1 : 50 000 (Potfaj et al., 2014), aj keď paradoxne publikovaná mapa má miestami detailnejšie zobrazenie. Otázka je, či dostupné chudobné údaje umožňujú takú detailnú interpretáciu stavby.

Pokiaľ je to možné, na mape vyčleňujeme územia s prevahou jednotlivých litotypov. Nevyhli sme sa spájaniu a generalizácii. Nepoužívame novú litostratigrafickú jednotku chvojnické vrstvy, ktoré sú východiskom z núdze (akýmsi „odpadkovým košom“) v oblastiach častého striedania litotypov. Nevýčleňujeme zvlášť litotyp arkózových pieskovcov, lebo lokálne obohatenie živcami sa objavuje vo viacerých litotypoch (hlavne pri glaukonitových pieskoch) a nepozorovali sme jeho výraznejšie plošné rozšírenie.

Tektonické rozdiely. Z odlišného vyčlenenia litofácií vyplýva aj rozdielne vymedzenie tektonických šúp bošáckeho príkrovu. Obe mapy sa líšia aj ohraničením a stavbou telesa vrbovského príkrovu. Javorinské vrstvy smerom do nadložia plynulo prechádzajú do svodnického súvrstvia, no v publikovanej verzii Potfaja et al. (2014) sú viaceré časti vyčlenené zvlášť ako akési „trosky“ javorinského príkrovu. Násunovú plochu javorinského aj vrbovského príkrovu v niektorých častiach považujeme za zdvojenú na základe opakovania ondrásoveckých vrstiev, podobne, ako sa to neskôr preukázalo v oblasti Lopeníka (Pešková et al., 2021). Napriek len obmedzeným možnostiam štúdia oblasti výskytu muskovitových pieskovcov predpokladáme odlišné ohraničenie kontaktu oblasti výskytu muskovitových pieskovcov s javorinským príkrovom.

Bielokarpatská jednotka medzi Vlárrou a Púchovskou dolinou

Územie zobrazené na mape Bielych Karpát (severná časť) (Pešková et al., 2021) bolo oproti projektovanému rozsahu zväčšené o ľavý breh Vlár. Mapa vďaka tomu detailnejšie zobrazuje stavbu čakánovských bradiel a podstatne zložitejšiu stavbu štruktúry BP v pokračovaní čakánovských bradiel na SV po Vršatec. Pri geologickom mapovaní vo východnej časti Bielych Karpát sa zistil strmý zlom na ústí doliny Sidonie. Boli tu vyčlenené horizonty magurských drobových pieskovcov svodnického súvrstvia

zubáckeho príkrovu. Upúšťame od používania názvu rajkovecké vrstvy a nahrádzame ich dobre definovanými javorinskými a chabovskými vrstvami (Potfaj, 1993).

Na kontakte BKJ a BP sa novým mapovaním zistilo množstvo bradiel a flyšových súvrství BP nezobrazených na starších mapách. Tým sa miestami zväčšil rozsah BP oproti zobrazeniu na mape Mella et al. (2005). Pomerne spoľahlivo bolo možné odlíšiť podobné flyšové komplexy s kremenno-karbonátovými pieskovecami BKJ od bradlového obalu. Významné je to napr. v Košariskej (Košarištianskej) doline nad Podhorím a v oblasti mestečianskeho príkrovu. V závere Bolešovskej doliny a Krivoklátskej doliny vystupujú významné akumulácie penovcov vo forme mohutných kaskád v dĺžke 1 000 a 600 m. Okrem nich bolo v oblasti lokalizovaných zhruba 185 menších penovcových kôp. Predpokladáme, že vznik penovcových kôp má priamy vzťah s tektonickým porušením BKJ.

Zložitú stavbu výbežku BKJ jv. od Lednice sa pokúsil interpretovať Teťák (2021). Po litofaciálnej stránke je v tejto oblasti jednoznačne možné identifikovať chabovské, ondrásovecké a javorinské vrstvy v zložitej tektonickej pozícii ovplyvnenej mladším vývojom BP. Do jeho štruktúry bola najinternejšia časť BKJ tektonicky spätne presunutá.

Severovýchodne od Lednice (Hajnušová – Drapy) sa zistilo vystupovanie šupiny tvorenej hrubými vrstvami hrubozrnných drobových pieskovcov magurského typu. Pri zaradení k BKJ môže ísť na základe litológie o bzovské vrstvy. Ak by sme uvažovali o prepojení s krynickou jednotkou, mohla by byť táto šupina zaradená do magurského, resp. presnejšie zábavského súvrstvia (sensu Potfaj et al., 1991; Teťák et al., 2016b). Pozíciu krynickej jednotky však predpokladáme externe od BKJ.

Vrbovský a zubácky príkrov

Juhovýchodne od Vrbovíc spod javorinského príkrovu vychádza na povrch vrbovský príkrov a medzi Hornou Súčou a Púchovskou dolinou zubácky príkrov. Mimo týchto dvoch oblastí leží javorinský príkrov priamo na bošáckom príkrove. Vrbovský aj zubácky príkrov ležia pomerne plocho na strmo vztýčených šupinových vrásach bošáckeho príkrovu. Majú zložitú stavbu na násunovej ploche. Prejavuje sa to duplexmi, viacerými pruhmi ondrásoveckých vrstiev a blokmi/šupinami odlúčenými od podložia a včlenenými do bázy vrbovského a zubáckeho príkrovu, podobne, ako je to typické aj pre javorinský príkrov. Príkladom môže byť šupina Petrákovcov pri Vrbovcích (Teťák, 2015, 2016) alebo kryha tvorená chabovskými vrstvami v doline potoka Ľuborča (Pešková et al., 2021). Vrstvový sled vrbovského a zubáckeho príkrovu má v spodnej časti znaky vlárského vývoja a vo vrchnej časti skôr znaky hluckého vývoja (Teťák, 2015, 2016).

Vrbovský príkrov identifikoval Teťák (2015, 2016). Dovtedy bola oblasť v čele javorinského príkrovu sz. od Myjavy priradená k bošáckemu príkrovu (hluckej skupine – napr. Potfaj, 1993) alebo k akýmisi troskám javorinského príkrovu (Potfaj et al., 2014).

Teleso vrbovského príkrovu je po svojom obvode jasne definované pruhom ondrásoveckých vrstiev. Najmä južne od vrbovského príkrovu je zjavné diagonálne dobíhanie

šupín bošáckeho príkrovu, ktoré sa podeň ponárajú (Teťák, 2015, 2016).

Litostratigrafický vývoj vrbovského príkrovu má znaky prechodného vývoja medzi nižším, bošáckym a vyšším, javorinským príkrovom (Teťák, 2015, 2016). Bližšie má k vlárskej skupine než k hluckej skupine (Potfaj, 1993). Len mierne je odlišný od sledu javorinského príkrovu. Tak ako v javorinskom príkrove, aj vo vrbovskom príkrove sú takmer po celej dĺžke plochy nasunutia príkrovu zachované pestré ondrášecké vrstvy s červenými ílovcami a nadložné javorinské vrstvy. Na rozdiel od javorinského príkrovu, javorinské vrstvy sú redukované asi na 300 m, no miestami môžu aj úplne chýbať. Smerom do nadložia nasledujú prevažne horšie triedené kremenno-karbonátové pieskovce svodnického súvrstvia, vyššie doplnené glaukonitovými a menej aj drobovými pieskovecami magurského typu (Teťák, 2015, 2016).

Zubácky príkrov definoval Potfaj (1993) v podloží javorinského príkrovu. Litofaciálne má prechodné znaky medzi hluckým a vlárskym vývojom, no bližšie má k javorinskému príkrovu v oblasti Javoriny. Podobne ako pri vrbovskom príkrove, v staršej časti je jeho vrstvomý sled podobný javorinskému príkrovu a v mladšej časti bošáckemu príkrovu. V slede zubáckeho príkrovu neboli pozorované chabovské vrstvy.

Báza príkrovu, podobne ako pri javorinskom príkrove, je tektonicky zložitá. Vystupujú na nej bloky až šupiny s rozličnou stratigrafickou náplňou veľké niekoľko metrov až stovky metrov, prevažne s pôvodom v BKJ. Sú to napríklad ondrášecké, javorinské a chabovské vrstvy a svodnické súvrstvie vo vývoji s kremenno-karbonátovými pieskovecami, drobovými pieskovecami magurského typu, ktoré je možné zaradiť aj do bzovských vrstiev, ale aj s kremenno-karbonátovými pieskovecami striedajúcimi sa s kremíťmi glaukonitovými pieskovecami. Šupiny sú na mnohých miestach obklopené ondrášeckými vrstvami, čo napomáha pri ich odlíšení. V Púchovskej doline vystupujú aj bradlá BP sprevádzané flyšovými sekvenciami BP. Túto štruktúru vyčleňujeme samostatne ako mestečiansky príkrov (obr. 7).

Na báze zubáckeho príkrovu sa väčšinou zachovalo niekoľko metrov až pár desiatok metrov tenko vrstvených flyšových sedimentov ondrášeckých vrstiev, litofaciálne zhodných s javorinským príkrovom. Tenké vrstvy zelenkavých laminovaných jemnozrnných kremenno-karbonátových pieskovcov sa striedajú s nevápnitými olivovo zelenými a červenými ílovcami (obr. 5A, B).

Smerom do nadložia nasledujú javorinské vrstvy hrubé 700 až 1 000 m. Zhodne s vyšším javorinským príkrovom v oblasti Novej Bošáče ich tvoria dve litofácie (Pešková et al., 2021). V spodnej časti ich tvorí takmer výhradne tenko vrstvený flyš s prevahou jemnozrnných laminovaných kremenno-karbonátových pieskovcov nad nevápnitými ílovcami (obr. 5C, 6A). Vrstvy pieskovcov sú hrubé 3 až 20 cm. Postupne smerom do nadložia pribúdajú vrstvy jemno- až strednozrnných kremenno-karbonátových pieskovcov s hrubodoskovitým rozpadom po paralelnej laminácii hrubé aj vyše 1 m. Hrubšie vrstvy ílovcov sú v tejto pieskovcovej fácií zriedkavé (obr. 5D).

Javorinské vrstvy smerom do nadložia pomerne ostro prechádzajú do svodnického súvrstvia vo flyšovom vývoji kremenno-karbonátových pieskovcov svodnického typu. Prejavuje sa to výskytom hrubších vrstiev sivých vápnitých siltových ílovcov tzv. svodnického (alebo bystrického) typu, zmenou štruktúry pieskovcov a ich horším vytriedením (obr. 5G). Západne od Červenokamenskej doliny je niekoľko morfológicky aj v sutine výrazných horizontov hrubých niekoľko metrov zložených z hrubých vrstiev drobových pieskovcov magurského typu, ktoré tvoria najväčšiu akumuláciu na hraničnom vrchu Kosák hrubú do 300 m. Zriedka sa vyskytujú aj ojedinelé kremité glaukonitové pieskovce. Hrúbka svodnického súvrstvia môže presahovať 1 200 m.

Špecifický, bez alternatívy z inej lokality, je plošne obmedzený výskyt polymiktných zlepcov v doline Sidonie (49,061 768°; 18,099 953°). Dobré zaoblené voľné obliaky tvoria kvacity/kremeň, vulkanity, intraformačné pieskovce a škvrnité slieňovce. V rámci BKJ zlepecce vystupujú v drietomických vrstvách, majú však odlišné petrografické zloženie klastov.

Vo svodnickom súvrství prevažne v ílovcovom vývoji tesne pod bázou javorinského príkrovu (49,074 296°; 18,122 235°) sa zistila tenká vrstva siltovca bohatá na kryštály pyritu veľkosti až 2 cm s kombináciou tvarov oktaédra a hexaédra (obr. 6B).

V oblasti kóty Strachoňovec (786) sz. od Červeného Kameňa sa predkladaná mapa (digitálna príloha 1a) líši od mapy Mella et al. (2005). Nepodarilo sa nám overiť pruh ondrášeckých vrstiev. Navyše, vrch Strachoňovec je tvorený svodnickým súvrstvím, preto v tejto oblasti z mapy vypadá jedna tektonická šupina/príkrov.

V rámci svodnického súvrstvia boli v doline Sidonie až po k. Strachoňovec na viacerých lokalitách pozorované tektonicky podrvené zóny v smere priebehu vrstiev so zdokumentovaným vertikálnym pohybom a podľa lineácií na zlomových plochách s charakterom spätných násunov. V týchto zónach sa zistila tektonická redukcia vrstvomého sledu prejavujúca sa napr. na horizontoch drobových pieskovcov. Výsledky štruktúrnych meraní spracúvame do tlače.

Javorinský príkrov

Názov javorinský príkrov zaviedol Potfaj (1993). Jeho definíciu neskôr doplnili Teťák et al. (2015, 2024). Západne od Hornej Súče sa javorinský príkrov javí ako mohutné, jednotne vystupujúce teleso s neprerušným vrstvomým sledom, dvomi hlavnými oblasťami výskytu (Javorina a Lopeník) a s tektonicky zložitou bázou. V doline potoka Ľuborča sa však objavujú štruktúrne indície, že nejde o tektonicky jednotné teleso s neprerušným vrstvomým sledom, a na východ od čakanovských bradiel je príkrov rozčlenený najmenej na tri telesá. Indíciami sú úložné pomery, tektonicky podrvené zóny sprevádzané penovcovými prameňmi, obmedzené výskyt svodnického súvrstvia a chabovských vrstiev a oblasť čakanovských bradiel. Keďže telesá javorinského príkrovu laterálne smerom na západ plynulo prechádzajú do litofaciálne monotónneho telesa, javorinský príkrov nerozčleňujeme na menšie telesá. Výnimkou je úzka, asi 7 km dlhá šupina na kontakte s BP

tvorená javorinskými vrstvami, vyčlenená ako šupina Sietneho (Pešková et al., 2021).

Na východ od Krivoklátskej doliny viac-menej kontinuálne pokračuje len severná redukovaná šupina javorinského príkrovu. Definitívne sa vyklinuje s. od Hornej Breznice. Južná šupina javorinského príkrovu je medzi Krivoklátom a Mikušovcami prerušená a vystupuje opäť od Mikušoviec takmer po Púchovskú dolinu, no tu sa vzhľadom na odlišnú tektonickú pozíciu označuje ako breznické šupiny (Teták, 2021).

Východne od Vlára je javorinský príkrov litostratigraficky zhodný s vývojom v oblasti Lopeníka (Pešková et al., 2021). Bázu príkrovu tvorí komplex ondrášeckých vrstiev hrubý až do 700 m. Ide o viacero tektonických šupín, čomu nasvedčujú horizonty vrstiev pieskovcov javorinského typu hrubé niekoľko metrov. Najlepšie odkrytie je v rokline z. od k. Biely vrch (819) a v cestách nad časťou Kosová. Nad časťou Kosová majú ondrášecké vrstvy mierne odlišný charakter než západnejšie. Okrem typicky tenko vrstveného vývoja s prevahou zelených laminovaných pieskovcov nad pestrými ílovcami je prítomný aj prevažne ílovcový vývoj. V ňom až 90 % objemu tvoria hrubšie vrstvy pestrých mäkkých aj tvrdších, prevažne nevápntých tmavočervených/bordových ílovcov až siltových ílovcov striedajúcich sa so sivými a zelenosivými ílovcami až laminovanými siltovými a jemnozrnnými pieskvcami (49,070 733°; 18,121 565°) (obr. 5A). Zrejme najstaršia časť ondrášeckých vrstiev vôbec je odkrytá v rokline z. od k. Biely vrch (819) (49,071 991°; 18,118 797°) (obr. 5B). Hneď nad príkrovovou plochou vystupuje horizont detailne laminovaných, premenlivo vápnitých čiernosivých siltovcov až ílovcov hrubý 8 m. Ich kontakt s nadložnými pestrými ondrášeckými vrstvami je ostrý, ale nie tektonický.

Javorinské vrstvy severnej šupiny javorinského príkrovu majú v. od doliny Vlára (kóty 776 Zelená – 819 Biely vrch – 633 Kamenná hora) odlišný charakter než západne alebo v južnej šupine (k. 657 Trtálka) či v zubákom príkrove. Redukované sú na hrúbku do 500 m. Tenko vrstvená litofácia v spodnej časti úplne chýba alebo je redukovaná na pár desiatok metrov. Nebolo pozorované ani narastanie hrúbky jednotlivých vrstiev a podielu pieskovcov smerom do nadložia. Úplne prevláda pieskovcová fácia, čiže hrubé vrstvy pieskovcov nad ílovcami (obr. 5D). Pieskovce sú kremenno-karbonátové, hrubo- až jemnozrnné. Nezriedka sú až drobnozlepcovité s klastami, najmä v spodnej gradačnej časti vrstiev 3 až 10 (max. 50) mm. V hrubozrnných varietach boli ojedinelé úlomky hrubostenných schránok inoceramov. Vrstvy pieskovcov majú hrubodoskovitý rozpad po plochách nevýraznej paralelnej laminácie a bežne sú hrubé viac než 1 m. Podľa uvedených znakov časť javorinského príkrovu v osi Kráľov vrch – Biely vrch – Kamenná hora reprezentuje proximálnu a osovú časť náplavového vejára javorinských vrstiev s prevládajúcim smerom paleoprúdov pozdĺž okraja bazénu. Nezodpovedajú však zlepencom drietomických vrstiev.

Nezvyčajný, asi 1 m hrubý, tenko vrstvený horizont s červenými, menej bielymi a žltými ílovcami medzi vrstvami pieskovcov chabovského typu hrubými až 3 m (obr. 5E) bol pozorovaný v záreze nad cestou v. od

Kráľovho vrchu v dvoch odkryvoch položených blízko pri sebe (49,036 766°; 18,103 747°). Ďalší výskyt červených ílovcov z chabovských vrstiev hrubý asi 10 cm sa nachádza v záreze cesty 500 m na V (48,954 58°; 17,971 82°). Sú to jediné známe výskyt červených ílovcov v chabovských vrstvách v nadloží ondrášeckých vrstiev v rámci vlárskeho vývoja BKJ.

Kontakt flyšového a bradlového pásma

Na určenie rozsahu FP a BP je nevyhnutné makroskopicky v teréne odlišovať kremenno-karbonátové pieskovce FP od kremenno-karbonátových pieskovcov BP. Kontakt oboch pásiem nie je možné v študovanej časti kresliť jednoduchou ostrou rovnou líniou. Napríklad s. od Zabudísovej (Zemianske Podhradie) je niekoľko bradiel BP obklopených javorinskými a ondrášeckými vrstvami. Podobná situácia v menšom rozsahu je v oblasti Kozieho rebra a Hory na Hradnej. Ďalej na východ až po Bolešovskú dolinu je hranica FP/BP zvlnená, no litofaciálne jednoznačne určiteľná.

V čakanovských bradlách, Bolešovskej doline a ďalej na východ je kontaktná zóna FP a BP komplikovaná. Bradlá BP sú nezriedka obklopené tenko vrstvenou flyšovou faciou s červenými ílovcami. Otvára sa otázka priradenia tejto pestrej fácie k ondrášeckým vrstvám BKJ (Potfaj, 1993) alebo k malinowskému súvrstviu BP (Birkenmajer, 1977). Keďže pestré ílovce sú všeobecne nevápnté, pestrá fácia zvyčajne vystupuje externe od bradiel BP a na viacerých miestach plynule prechádza do ondrášeckých vrstiev na báze javorinského príkrovu, na rozdiel od púchovských slieňovcov vystupujúcich internejšie v BP, prikláňame sa k zaradeniu k ondrášeckým vrstvám. Uvedený trend je dobre pozorovateľný pri Červenom Kameni a Lednici. Potfaj (1993) síce uvádza púchovské slieňovce ako možnú súčasť ondrášeckých vrstiev, ale všetky ich výskyt na kontakte FP/BP zaraďujeme k BP. Pás bradiel Čakanov – Vršatec – Lednica interpretujeme ako zložitý spätný násun, ktorý opísal Teták (2021) v oblasti jv. od Lednice.

Zaradenie výskytov tenko vrstvenej fácie červených ílovcov a zelenkavých laminovaných pieskovcov s bioglyfmi k ondrášeckým vrstvám na okraji BP, tam, kde sa styka s BKJ, je zrejme. Problém nastáva v oblasti Zázrivej, kde rovnaká fácia vystupuje na kontakte krynickej jednotky a BP. Zaradenie k ondrášeckým vrstvám je skôr nepravdepodobné, keďže sa tu BKJ nezistila. Spomínaná pestrá fácia sprevádzaná špecifickými hrubozrnnými kremenno-drobovými pieskvcami s muskovitom vystupuje na Orave aj v rámci internejších štruktúr BP vo viacerých väčších blokoch a vložkách medzi bradlami. V minulosti bola zaradená ako súčasť predbežne vyčleneného súvrstvia Pavláškovej skaly (Potfaj in Bezák et al., 2009). Do úvahy pripadá aj zaradenie k malinowskému súvrstviu (skupina Grajcarka alebo šarišská jednotka BP – Birkenmajer, 1977; Plašienka et al., 2021). Výskyt pestrého flyšu pozorované na Orave sa viažu na horizonty kremenno-dobových pieskovcov hrubé desiatky metrov, ktoré v Birkenmajerovej (1977) definícii malinowského súvrstvia chýbajú. Preto sa na Orave prikláňame k ponechaniu súvrstvia Pavláškovej skaly. Otázka paleogeografickej a tektonickej príslušnosti červených ílovcov na Orave získava na význame novým, zatiaľ neuverejným zistením z kót Uhlisko (860)



Obr. 5. A – Detailne laminované, premenlivo vápnité siltovce až ílovcy v najnižšej časti ondrásoveckých vrstiev (zárez potoka z. od Bieleho vrchu, BKs674 – 49,071 881°; 18,119 177°); **B** – pestré, tenko vrstvené sedimenty ondrásoveckých vrstiev (zárez potoka z. od Bieleho vrchu, BKs676 – 49,070 602°; 18,121 666°); **C** – tenko vrstvená litofácia javorinských vrstiev s prevahou pieskovcov nad ílovcami (nad potokom v doline Sidonie, BKs571 – 49,034 067°; 18,063 129°); **D** – pieskovcová litofácia javorinských vrstiev s prevahou hrubých vrstiev doskovito rozpadajúcich sa pieskovcov (hrebeň jz. od Bieleho vrchu, BKs688 – 49,068 605°; 18,127 674°); **E** – kontakt BKJ (hrubodoskovitý rozpad pieskovcov chabovských vrstiev vľavo od kladiva) a BP (červené rádiolarity a pieninské vápence vpravo od kladiva), na kontakte sú šupinky červených ílovcov pravdepodobne ondrásoveckých vrstiev alebo púchovského súvrstvia (v. od Kráľovho vrchu, BKs575 – 49,038 668°; 18,110 479°); **F** – červené ílovce v tenko vrstvenej vložke v chabovských vrstvách (v. od Kráľovho vrchu, BKs576 – 49,036 699°; 18,103 688°); **G** – hrubé vrstvy sivých vápnitých siltových ílovcov sprevádzané kremenno-karbonátovými pieskovecami (zárez potoka z. od Bieleho vrchu, BKs681 – 49,073 706°; 18,120 969°).

Fig. 5. A – Detailed laminated variably calcareous silty to clayey siltstones in the lowest part of the Ondrášovec Mb. (stream cut W of Biely vrch hill, BKs674 – 49.071881°; 18.119177°); **B** – variegated thin-bedded lithofacies of the Ondrášovec Mb. (stream cut W of Biely vrch hill, BKs676 – 49.070602°; 18.121666°); **C** – thin-bedded lithofacies of the Javorina Mb. with a predominance of sandstones over claystones (above the stream in the Sidonie valley, BKs571 – 49.034067°; 18.063129°); **D** – sandstone lithofacies of Javorina Mb. with a predominance of thick beds of platy sandstones (ridge south of Biely vrch hill, BKs688 – 49.068605°; 18.127674°); **E** – contact of the Biele Karpaty Unit (coarse-plat disintegrated sandstones of the Chabová Mb. left of the hammer) and the Klippen Belt (red radiolarite and Pieniny limestones right of the hammer), at the contact zone occurs slices of red claystones probably of the Ondrášovec Mb. or the Púchov Fm. (E from Kráľov vrch hill, BKs575 – 49.038668°; 18.110479°); **F** – red claystones in thin-bedded interbedding in the Chabová Mb. (E from Kráľov vrch hill, BKs576 – 49.036699°; 18.103688°); **G** – coarse beds of grey calcareous silty clay accompanied by quartz-carbonate sandstones (stream cut W of Biely vrch hill, BKs681 – 49.073706°; 18.120969°)

a Javorový vrch (1 076) s. od Tvrdošína, kde flyšové sekvencie zaraďujeme k vlárskemu vývoju BKJ so všetkými znakmi ondrásoveckých a javorinských vrstiev a svodnického súvrstvia.

Mestečiansky priekrov a marikovské bradlo

Štruktúra presahu BP do oblasti bystrickej jednotky pri Mestečku a Dolnej Marikovej bola v minulosti interpretovaná rôzne. Napríklad Andrusov (1943) sa domnieval, že „*Paleogén spočíva na bradlách, aspoň miestami, transgresívne a diskordantne, pri čom je, prirodzene, sám tiež silne porušený. Miestami je však styk zaiste tektonický*“. Z toho interpretuje, že „*kriedu a juru bradlového pásma, ktoré vystupujú uprostred paleogénu, treba považovať za antiklinálne jadrá. Hlavnou antiklinálou v južnejšom paleogénnom pruhu, ktorá má takúto povahu, je antiklinála marikovská. Táto antiklinála pokrčuje zrejme k Papradnu...*“

Salaj (1991) považoval marikovské bradlo za tektonické okno BP, na ktoré sú zo severu nasunuté jednotky FP. Na výrazne väčší rozsah marikovského bradla upozorňuje Potfaj (1993). V jeho pôvode vidí ako rozhodujúce laterálne pohyby na styku BP a FP, teda ako „*tektonický útržok (šupinu), ktorá sa dostala do súčasnej pozície pred čelo bradlového pásma bočným posunom. Je analogickým javom ako bradielka na severnom úpätí Oravskej Magury v doline Hruštinky*“. Plašienka et al. (2010) interpretovali

pozíciu marikovského bradla ako tektonickú trosku oravika, príkrovovým mechanizmom presunutú do zóny FP a následne inkorporovanú do imbrikovanej stavby FP.

Prezentovaná geologická mapa (digitálne prílohy 1a a 2a) skupiny bradiel pri Mestečku sa líši od dávnejšie publikovaných máp (napr. Mello et al., 2005). Topografický podklad LiDAR-u umožňuje reálnejšie zobraziť tvary a rozmery bradiel a nové výskyty bradiel púchovského súvrstvia dôležitého na interpretáciu geologickej stavby a ondrásoveckých vrstiev, a najmä rozlišuje rôzne typy flyšových facií s kremenno-karbonátovými pieskovecami, ako sú svodnické súvrstvie, javorinské a chabovské vrstvy a tzv. bradlový obal (obr. 15).



Obr. 6. Zubácky priekrov: **A** – tenko vrstvená faciá nižšej časti javorinských vrstiev (jv. od Zubáka; 49,142 058°; 18,231 890°); **B** – zhluky kryštálov pyritu vo svodnickom súvrství (spodná a vrchná strana vrstvy) (49,074 296°; 18,122 235°).

Fig. 6. Zubák Nappe: **A** – thin-bedded facies of the lower part of the Javorina Mb. (SE from Zubák village; 49.142058°; 18.231890°); **B** – clusters of pyrite crystals in the Svodnica Fm. (bottom and top layer sides) (49.074296°; 18.122235°).

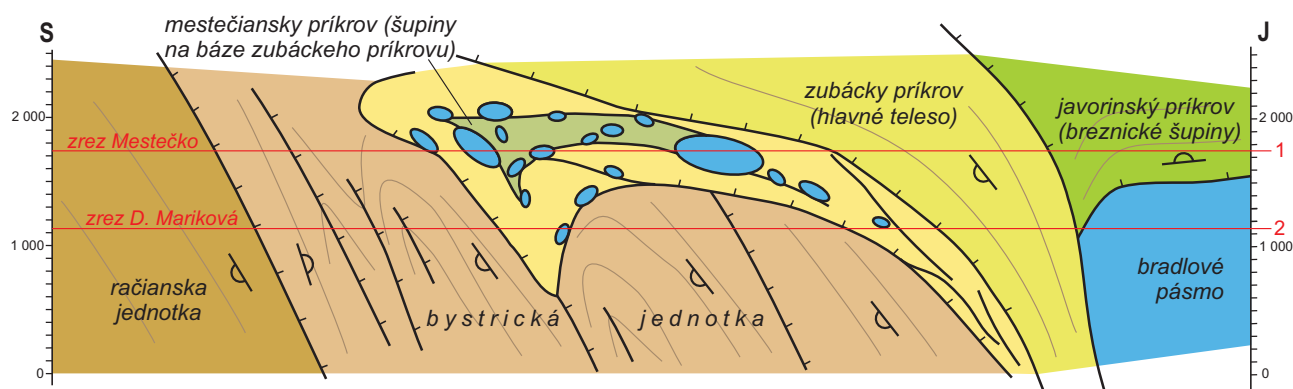
Podľa nových poznatkov interpretujeme štruktúru presahu BP do oblasti bystrickej jednotky ako súčasť plochého severovergentného presunu príkrovu BKJ (obr. 7). Tým nadväzujeme na úvahy Plašienku et al. (2010). Významnú úlohu pri tom zohral výrazný sinistrálny pohyb v zóne BP sensu Potfaj (1993). Báza mestečianskeho príkrovu je tektonicky zložitá. Tvorí ju množstvo menších šúpín, podobne, ako je to bežné v prípade javorinského, zubáckeho aj vrbovského príkrovu. Navyše, bolo k nim inkorporované množstvo menších jurských bradiel BP a ich flyšového obalu. Mestečiansky príkrov bol presunutý cez šúpiny bystrickej jednotky na vzdialenosť najmenej 3 km. Jeho čelo sa vnorilo medzi šúpiny bystrickej jednotky, čo je viditeľné v oblasti Mestečianskej skaly (obr. 7). Diskordantné dobiehanie/ponáranie tektonických šúpín bystrickej jednotky pod mestečiansky príkrov je výrazné pri Zubáku, aby sa opäť vynorili v tektonickom polokone na východ od Mestečka. Je pravdepodobné, že stavba bola neskôr v menšom rozsahu dotvorená spätnými násunmi (Plašienka et al., 2020).

LiDAR, preto niektoré menšie bradlá môžu na mape chýbať alebo môžu byť litostratigraficky zaradené a rozčlenené nie úplne korektne.

Anomálne zloženie majú dve bradlá z. od Mestečka (49,174 021°; 18,249 271° a 49,172 914°; 18,247 956°) s jemno- až strednozrnnými kremenno-karbonátovými pieskvcami, parazlepencami až lumachelami s klastami veľkými 3 mm, ale aj ostrohrannými klastami bielych vápencov v hrúbke až do 10 cm. Organickú zložku zastupujú lastúrniki *Gryphaea*?, menej serpuly? a ostne ježoviek (obr. 8). Vo výbruse boli pozorované početné bližšie neurčené orbitoidné foraminifery (*Orbitoides* sp.). Menší výskyt rovnakých hornín nanosených z lúky je aj na medzi východne (49,176 210°; 18,251 010°).

Brvništská šúpina

BKJ medzi Mestečkom a Dolnou Marikovou chýba. Objavuje sa opäť v Dolnej Marikovej a ako brvništská šúpina (Mello et al., 2005) tvorí kontakt magurského príkrovu a BP a pri Malej Bytči sa ponára pod nivu Váhu (obr. 9).



Obr. 7. Schematický rez znázorňujúci presunutie mestečianskeho a zubáckeho príkrovu cez bystrickú jednotku, vnorenie čela mestečianskeho príkrovu medzi šúpiny bystrickej jednotky a spätný násun javorinského príkrovu (1 – úroveň recentného erózného zrezu v oblasti hlavného telesa mestečianskeho príkrovu, 2 – rez zhruba Mestečianskou skalou alebo marikovským bradlom).

Fig. 7. Schematic cross-section showing the thrusting of the Mestečko and Zubák nappes over the Bystrica Unit slices, the embedment of the front of the Mestečko Nappe between the slices of the Bystrica Unit and the back-thrust of the Javorina Nappe (1 – recent erosion level in the area of the main body of the Mestečko Nappe, 2 – recent erosion level through the Mestečianska skála or the Mariková klippe).

Uvedená interpretácia vysvetľuje pozície marikovského bradla a malého bradla z. od Papradna, umiestnených medzi rovnakými šúpinami bystrickej jednotky, ako aj bradla s lomom pri Mestečku. Prikláňame sa k názoru, že spomínané bradlá reprezentujú čelo mestečianskeho príkrovu vnorené medzi šúpiny bystrickej jednotky. Samotné teleso mestečianskeho príkrovu, ktoré by spájalo marikovské bradlo s BP, bolo odstránené eróziou a tektonicky.

Súčasný povrchový obraz geologickej stavby je výrazne ovplyvnený zaklesnutím alebo výzdvihom a eróznym zrezom. Podobne to bolo interpretované jv. od Lednice (Teťák, 2021). Mestečiansky príkrov je severné pokračovanie zaklesnutej zóny od Breznice.

Zistením nových výskytov bradiel a bradlového obalu je rozsah marikovského bradla a mestečianskeho príkrovu o niečo väčší než na starších mapách. Podobne na to upozorňoval už Potfaj (1993) (obr. 15A-D). Treba pripomenúť, že cieľom práce nebolo mapovanie BP a nebol k dispozícii



Obr. 8. Lumachela z bradla západne od Mestečka (49,174 021°; 18,249 271°).

Fig. 8. Lumachela from klippe west of Mestečko village (49.174021°; 18.249271°).

Brvništskú šupinu tvorí typický flyšový vývoj svodnického súvrstvia s hrubšími vrstvami kremenno-karbonátových pieskovcov a sivých bystrických ílovcov. Ojedinele v. od Brvnišťa sú v nich vrstvy glaukonitových pieskovcov, litologicky zhodné s pieskovecami bystrických vrstiev. Nad Hvozdniciou je menšie „bradlo/blok“ zložené z hrubých vrstiev hrubozrnných drobových pieskovcov magurského typu s klastami zaobleného kremeňa veľkými do 3 mm. Môže ísť o bzovské vrstvy, ale aj o magurské, resp. zábavské súvrstvie krynickej jednotky (sensu Potfaj et al., 1991; Teťák et al., 2016a, b).

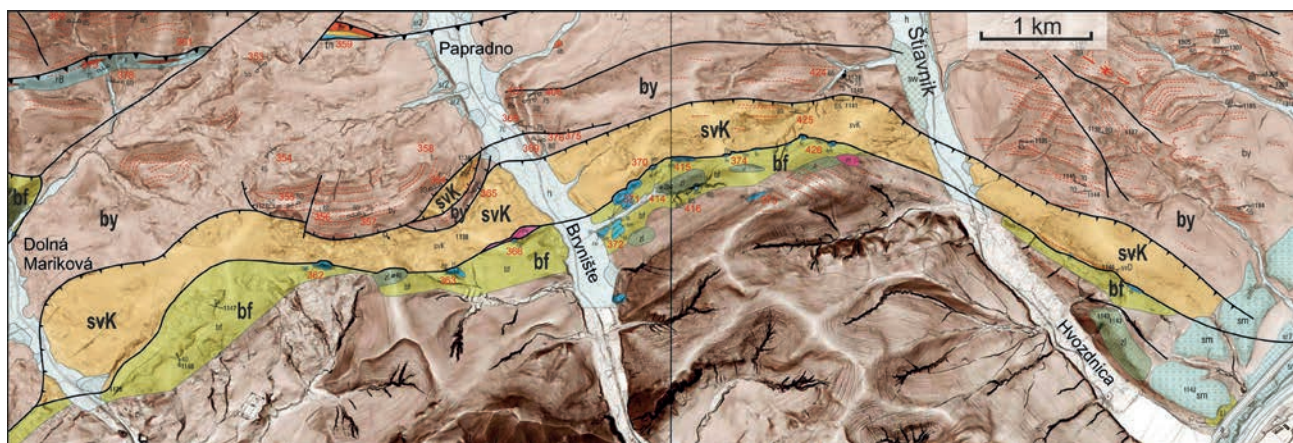
Spätný násun bystrickej jednotky

Kontakt bystrickej jednotky a BKJ je takmer na celom študovanom úseku v štýle násunu BKJ na externejšiu bystrickú jednotku s úklonom násunovej plochy na JJV. O niečo komplikovanejšie je to v oblasti Púchovskej doliny, no

aj tu uvedené pravidlo platí. Výnimkou je napríklad územie západne od Brvnišťa v okolí kóty Bukovina (obr. 10), kde je jej morfológicky dominantný vrchol mierne juhovergentne vtlačený do brvništskej šupiny BKJ. Úklon vrstiev bystrickej jednotky na Bukovine je 50 – 75° na sever. Nezvyčajné je aj vkladanie menšej šupiny BKJ do bystrickej jednotky pri Brvništi. Uvedené štruktúry je možné interpretovať ako lokálny (na úseku asi 2,5 km) spätný prešmyk alebo násun s podobným štýlom, ako je krynická jednotka nasunutá na BP na Orave (Potfaj et al., 1991).

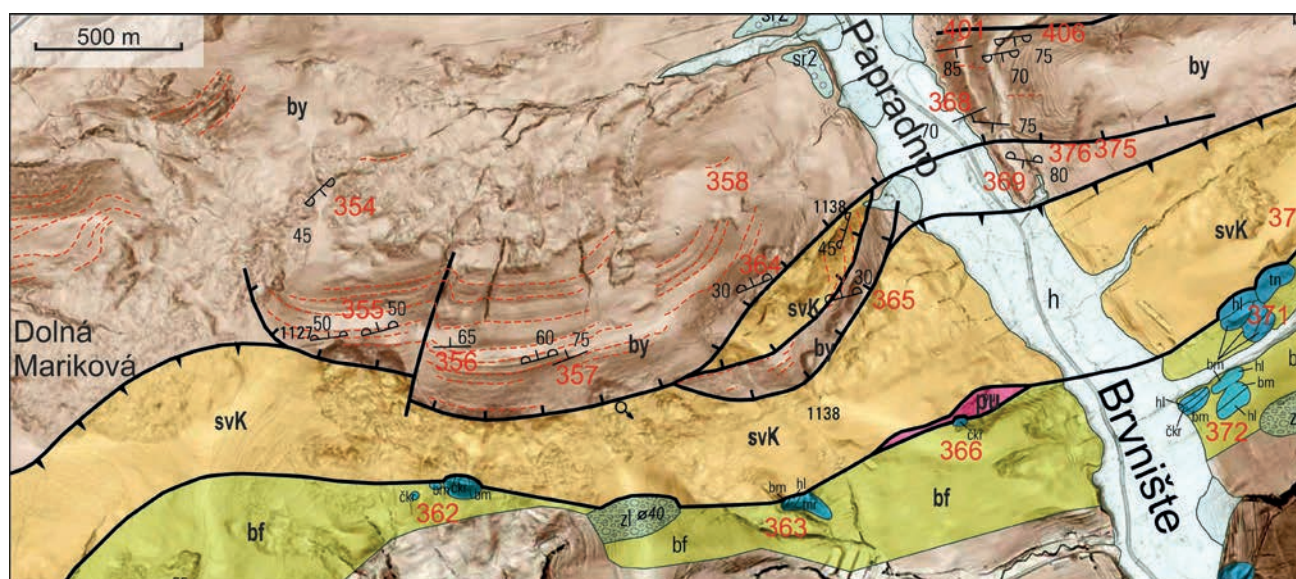
Vzťah bielokarpatskej a bystrickej jednotky

BKJ leží v západnom úseku FP južnejšie od bystrickej jednotky (obr. 1, 11A, 11B). BKJ zastúpená bošáckym a zubáckym príkrovom a bystrická jednotka majú podobný tektonický charakter. Litofaciálne na seba nadväzujú, aj keď porovnanie BKJ a bystrickej jednotky z litostratigrafického



Obr. 9. Brvništská šupina ako najvýchodnejšie pokračovanie BKJ (by – bystrické vrstvy, svK – svodnické súvrstvie, bf – bradlový obal: flyš).

Fig. 9. Brvnište slice as the easternmost extension of the Biele Karpaty Unit (by – Bystrica Mb., svK – Svodnice Fm., bf – klippen cover: flysch).



Obr. 10. Predpokladaný spätný násun bystrickej jednotky na BKJ západne od Brvnišťa (by – bystrické vrstvy, svK – svodnické súvrstvie, bf – bradlový obal: flyš).

Fig. 10. Assumed backthrust of the Bystrica Unit over the Biele Karpaty Unit west of Brvnište (by – Bystrica Mb., svK – Svodnice Fm., bf – klippen cover: flysch).

hľadiska je prakticky nemožné. Vrstvový sled BKJ sa končí začiatkom stredného eocénu, zatiaľ čo sled bystrickej jednotky v oblasti Javorníkov sa v strednom eocéne len začína. Argumenty v prospech výnimočného postavenia BKJ sumarizuje Potfaj (1993).

Lepšie vychádza litofaciálne porovnanie, najmä ak porovnávame BKJ aj s externejšími jednotkami magurského príkrovu. V najjužnejších tektonických šupinách bystrickej jednotky v Červenokamenskej doline a Zubáckej doline a od Mestečka po Dolnú Marikovú sme v bystrických vrstvách pozorovali výskyt ojedinelých vrstiev kremenno-karbonátových pieskocov, litologicky a štruktúrne zodpovedajúcich svodnickému typu (obr. 11C) (Teťák, 2016). Boli priamou súčasťou vrstvomého sledu. Výskyt kremenno-karbonátových pieskocov v bystrických vrstvách s narastaním vzdialenosti od BKJ klesá. Ďalší výskyt kremenno-karbonátových pieskocov sme pozorovali v krynickej jednotke v raciborskom súvrství južne od Oravskej Magury. Uvedené prípady výskytu kremenno-karbonátových pieskocov v okrajových častiach

externejších jednotiek v strednoeocénnych sedimentoch naznačujú, že zdroj kremenno-karbonátových pieskocov a jeho depozičný systém boli aktívne aj v období, ktoré sa v sedimentárnom zázname BKJ nezachovalo, a že sedimentačný priestor BKJ bol prepojený so zvyškom magurského bazénu. Jednotnosť magurského bazénu dokazuje aj faciálne zhodná, tenko vrstvená flyšová sedimentácia červených a zelených ílovcov a pieskocov počas najmladšej kriedy – ondrášovecké vrstvy v BKJ, ropianecké súvrstvie v bystrickej a račianskej jednotke (Teťák et al., 2016b), ale napríklad aj súvrstvie Pavláškovej skaly, tektonickej súčasť bradlového pásma na Orave. Ďalším spoločným prvkom sú drobové pieskovce magurského typu, typické pre krynickú jednotku, zasahujúce do svodnického súvrstvia či bzovských vrstiev BKJ (Teťák, 2015).

Samostatným problémom sú kremité glaukonitové pieskovce, typické pre bystrické vrstvy bystrickej jednotky aj pre svodnické súvrstvie BKJ. Litologicky sú pieskovce podobné, no v BKJ majú paleocénny až spodnoeocénny vek a v bystrických vrstvách sú strednoeocénne. Okrem veku sa líšia paleoprúdovými smermi, teda aj zdrojom



Obr. 11. Bystrická jednotka: **A** – prevažne ílovcový vývoj bystrických vrstiev (potok sz. od k. Kobylínece, BKs799 – 49,131 058°; 18,143 505°); **B** – masívny rozpad vrstvy tvrdších siltocov až ílovcov bystrického typu hrubej výše 7 m (bystrické vrstvy v záreze cesty v najvyššej časti Zubáckej doliny, BKs893 – 49,153 752°; 18,139 982°); **C** – sklzovo deformované hrubé vrstvy pieskocov svodnického typu s hojnými intraklastami (odtrhová hrana zosuvu v. od Mestečka, BKs1042 – 49,177 061°; 18,272 341°).

Fig. 11. Bystrica Unit: **A** – predominantly clayey development of the Bystrica Mb. (stream north of Kobylínece hill, BKs799 – 49.131058°; 18.143505°); **B** – massive disintegrated 7 m thick layer of solid Bystrica type mudstones of Bystrica Mb. (road cut in the highest part of Zubák valley, BKs893 – 49.153752°; 18.139982°); **C** – slidelike deformed thick layers of Svodnica-type sandstones with abundant intraclasts (detachment edge of the landslide E from Mestečko village, BKs1042 – 49.177061°; 18.272341°).

materiálu. V BKJ majú paleoprúdové smery prevažne zo západu, v bystrickej jednotke zo SV (Teťák et al., 2019).

Bielokarpatskú a bystrickú jednotku môžeme porovnať aj z tektonického hľadiska. Bystrickú jednotku, bošácky príkrov, ale od Červeného Kameňa na východ aj zubácky a javorinský príkrov tvoria tektonicky pomerne strmo vztýčené príkrovy uklopené na juh. V oblasti Červenokamenskej doliny, Lednickej doliny a Zubáckej doliny sú na kontakte jednotiek menšie tektonické šupiny. Tieto šupiny sú oddelené tektonicky umiestnenými ondrásoveckými vrstvami. Litofaciále ich tvoria javorinské vrstvy, ale aj bzovské vrstvy a svodnické súvrstvie so zastúpením glaukonitových pieskovcov. Preto niektoré z nich považujeme za redukované pokračovanie bošáckeho príkrovu s hlúckym sledom. Východnejšie leží mestečiansky príkrov, plocho nasunutý na sever na bystrickú jednotku. Tvorí ho melanž jednotiek BP a BKJ. Jurské bradlá sú obklopené flyšovými sekvenciami s príslušnosťou k BP aj BKJ. Od Mestečka po Dolnú Marikovú BKJ chýba a kontakt BP s bystrickou jednotkou je ostrý, tektonický. Východnejšie až po nivu Váhu pri Hvozdnici je na kontakte brvnišská šupina BKJ.

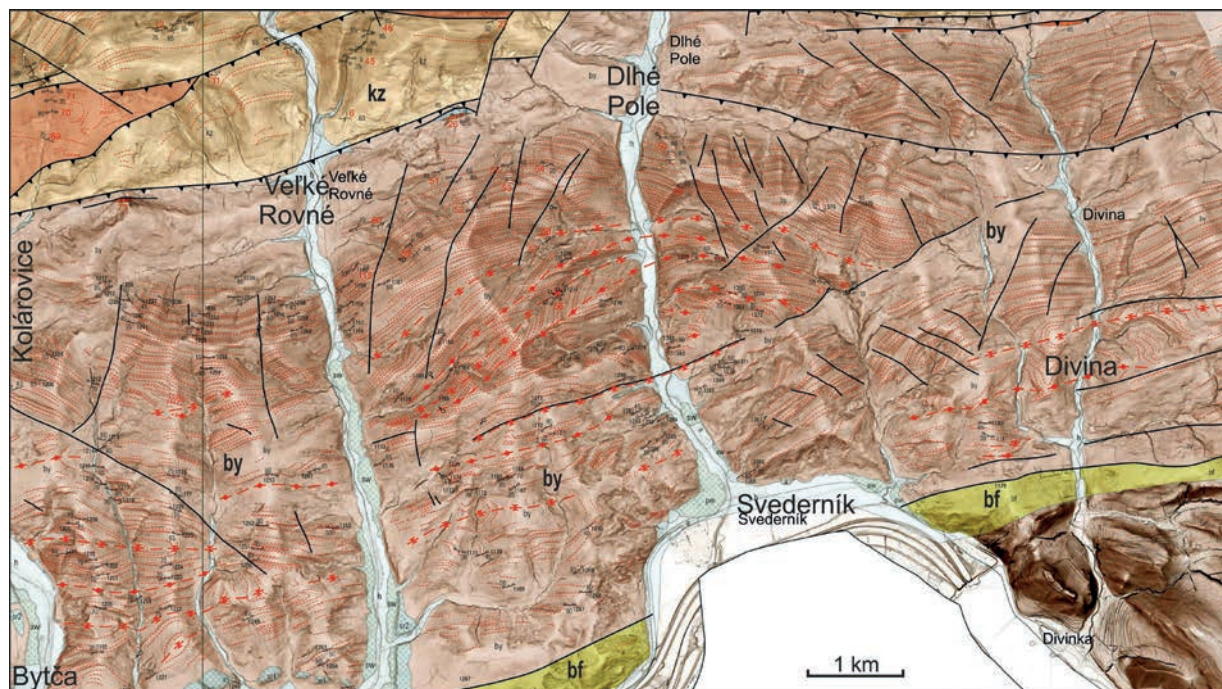
Stavba bystrickej jednotky

Bystrickú jednotku v oblasti Javorníkov tvoria takmer výlučne litofaciálne monotónne bystrické vrstvy (obr. 11A, B). Na mapách nebýva detailnejšie tektonicky členená, aj keď jej vrásovo-šupinový charakter bol známy (Mello et al., 2011). S využitím geomorfologickej analýzy máp LiDAR-u a doplnujúcej terénnej reambulácie sa podarilo vyčleniť viacero nových tektonických šupín, vrás a diagonálnych zlomov. Aj na základe novozistených výskytov

červených ílovcov a pieskovcov riečanského typu belovežského súvrstvia a meraním úložných pomerov je možné pomerne presne interpretovať stavbu bystrickej jednotky ako sústavy zvrásnených šupín s výraznými antiklinálnymi aj synklinálnymi časťami (napr. s. od Bytče, obr. 12). V niektorých prípadoch sú v zámkovej línii prerušené prešmykom (napr. s. od Zubáka). Tieto šupiny môžu byť vnútorne prevrásnené, rozbité pozdĺžnymi prešmykmi, laterálne sa vyklinujú (napr. v oblasti Diviny) a sú segmentované menšími mladšími diagonálnymi zlomami. Hlavné tektonické šupiny môžu mať na báze rudimentárne zachované červené ílovce alebo pieskovce riečanského typu spodných belovežských vrstiev. Vďaka tomu napr. v Rudinskej, Divine a Veľkom Rovnom možno na báze bystrickej jednotky pozorovať šupinu bystrických vrstiev hrubú niekoľko desiatok metrov.

Vložky červených ílovcov v solánskom súvrství

Lukovské vrstvy solánskeho súvrstvia opísané Potfajom et al. (2003) ako pieskovcová faciá ráztockých vrstiev solánskeho súvrstvia je charakteristická stredne zvrstveným ílovcovo-pieskovcovým až pieskovcovým komplexom s dominantnými jemno- až hrubozrnnými drobovo-arkózo- vými pieskovecami s hrúbkou do 250 cm (obr. 13A). Pieskovce sa striedajú so zelenosivými, prevažne nevápnitými ílovcami hrubými 15 cm (max. 1 m). Na mape Kysúc (Potfaj et al., 2002) je v solánskom súvrství vyznačených niekoľko tenkých horizontov s červenými ílovcami (obr. 13B). Väčšinou boli zaradené k spodným belovežským vrstvám, len zriedka k pieskovcovo-ílovcovej facií solánskeho súvrstvia (?cebulské vrstvy).



Obr. 12. Úsek bystrickej jednotky medzi Kolárovicami a Divinou, kde je možné z kombinácie terénnych údajov a LiDAR-u interpretovať zložitý systém vrás a diagonálnych zlomov (kz – kýčerské vrstvy, by – bystrické vrstvy, svK – svodnické súvrstvie, bf – bradlový obal: flyš).

Fig. 12. The section of the Bystrica Unit between Kolárovice and Divina villages, where it is possible to interpret a complex system of folds and diagonal faults from a combination of field data and LiDAR (kz – Kýčera Mb., by – Bystrica Mb., svK – Svodnice Fm., bf – klippen belt: flysch).

Reambuláciou sme overili viacero nových horizontov s červenými ílovcami (obr. 14). Zistili sme, že sú bežnou súčasťou vrstvového sledu solánskeho súvrstvia. Okrem pestrého flyšového horizontu nad solánskym súvrstvom priradeným k spodným belovežským vrstvám patria tieto horizonty červených ílovcov do sledu solánskeho súvrstvia. Na Kysuciach sa vyskytujú najmä v najvyššej a strednej časti lukovských vrstiev. Vložky červených ílovcov v solánskom súvrství boli potvrdené aj geologickým mapovaním západnejšie v moravskej časti račianskej jednotky (Bubík, 2007).

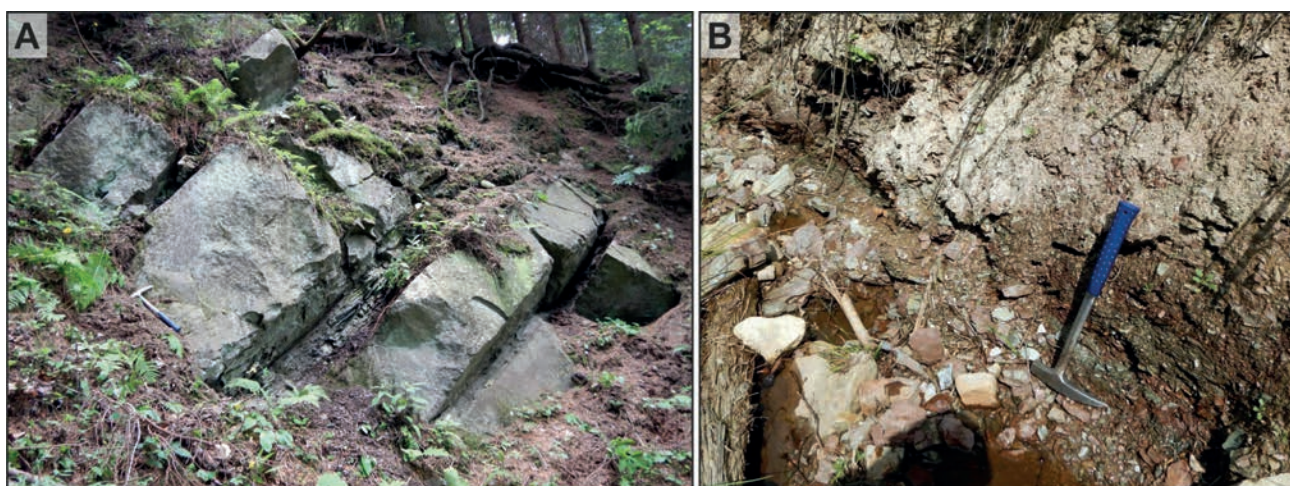
Niekoľko odkrytov s červenými ílovcami je v doline Chotárneho potoka (Olešná – obr. 13B; 49,453 885°; 18,640 073°) a v potoku asi 1 km z. od kostola v Klokočove. Faciálne sú to horizonty prevažne masívnych červených nevápnitých ílovcov sprevádzaných šmuhami zelenosivých až zelených nevápnitých ílovcov až siltovcov hrubé niekoľko desiatok centimetrov až niekoľko metrov alebo sivých

či svetlookrových ílovcov. Môžu byť prítomné aj vrstvičky jemnozrnných, šikmo laminovaných pieskoviec s bioglyfmi hrubé niekoľko centimetrov. Pruhy s červenými ílovcami majú význam ako korelačné horizonty na poznanie geologickej stavby litofaciálne monotónneho solánskeho súvrstvia.

Javorníky – nové geologické mapovanie

Priložená geologická mapa bystrickej a račianskej jednotky v oblasti Javorníkov (digitálna príloha 1a), s výnimkou malých rozdielov a mierky, je takmer zhodná s publikovanými mapami Potfaja et al. (2002) a Mella et al. (2005). Keďže mapy Stredného Považia v mierke 1 : 25 000 nie sú uložené v archíve ŠGÚDŠ (geofonde), prezentovaná mapa predstavuje najpodrobnejšie zobrazenie geologickej stavby regiónu Javorníkov.

Z reambulácie niekoľkých oblastí v rokoch 2021 až 2023 vzišli viaceré významnejšie rozdiely v interpretácii



Obr. 13. Solánske súvrstvie: **A** – hrubé vrstvy pieskoviec solánskeho typu (BKs1415; 49,451 158°; 18,524 104°); **B** – vložka červených ílovcov v pravom prítoku Chotárneho potoka (BKs1429; 49,453 885°; 18,640 073°).

Fig. 13. Solán Formation: **A** – thick layers of Solán type sandstones (BKs1415; 49.451158°; 18.524104°); **B** – insertion of red clays in the right tributary of Chotárny potok stream (BKs1429; 49.453885°; 18.640073°).

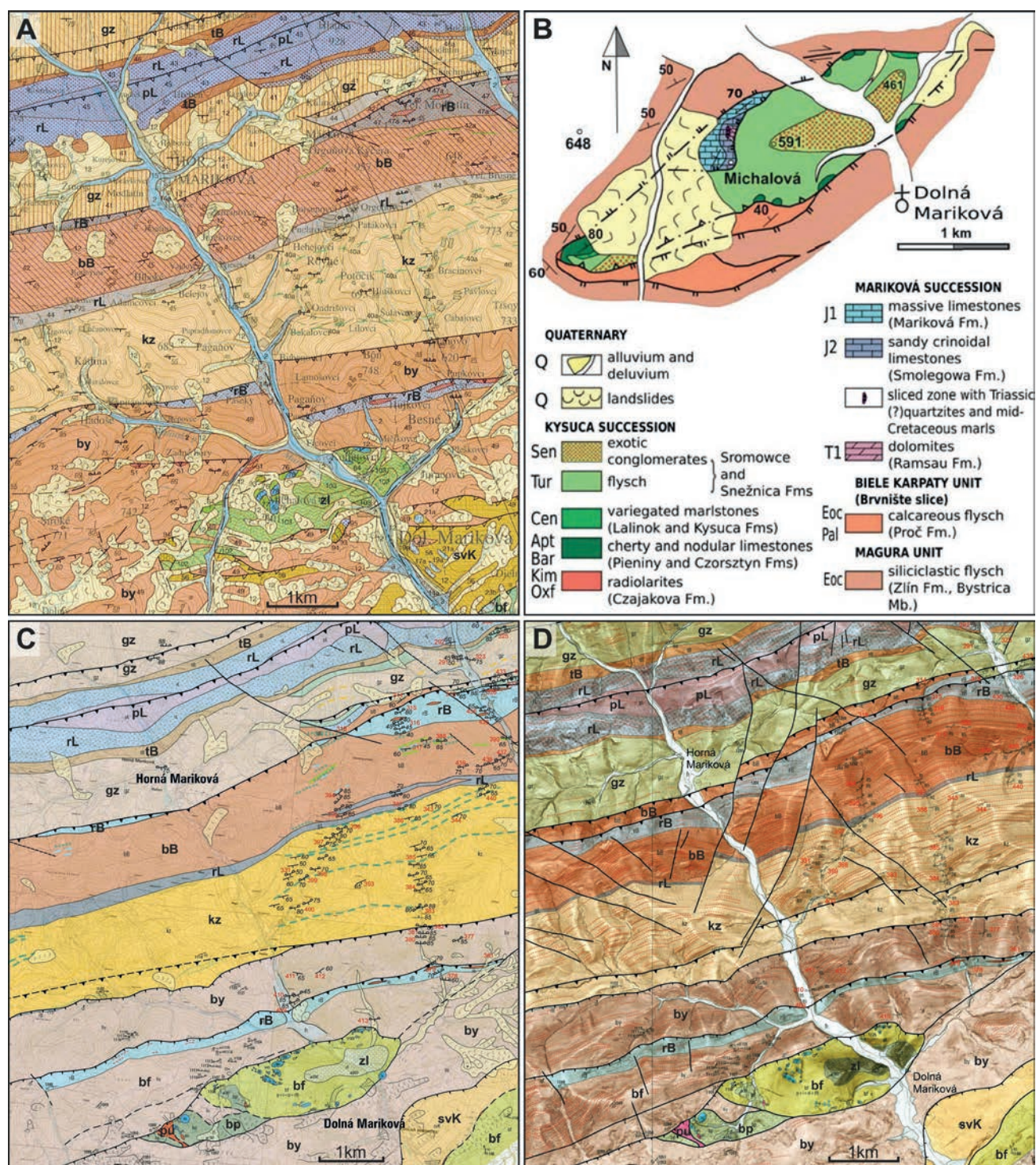


Obr. 14. V solánskom súvrství na Kysuciach sa zistili nové výskytý červených ílovcov (solánske súvrstvie: pS – lukovské vrstvy, cS – červené ílovce, rB – spodné belovežské vrstvy, cB – červené ílovce spodných belovežských vrstiev, tB – vrchné belovežské vrstvy, vz – vsetínske vrstvy).

Fig. 14. New occurrences of variegated claystones were found in the Solán Fm. in Kysuce region (Solán Fm.: pS – Lukov Mb., cS – variegated claystones, rB – Lower Beloveža Mb., cB – variegated claystones of Lower Beloveža Mb., tB – Upper Beloveža Mb., vz – Vsetín Mb.).

geologickej stavby oproti zobrazeniu máp Kysúc (Potfaj et al., 2002) a Javorníkov (Mello et al., 2005). Pri vytýpaní problémových oblastí, na ktoré je potrebné sa zamerať,

napomohla analýza reliéfu s využitím LiDAR-u. Tým vznikli rozdiely v mapách digitálnych príloh 1a a 2a. Zásadné korekcie na väčšom území sú napr. v račianskej jednotke



Obr. 15. Porovnanie rôznych verzií geologických máp medzi Hornou Marikovou a Dolnou Marikovou: **A** – Mello et al. (2005); **B** – Plašienka et al. (2010); **C** – digitálna príloha tohto článku 1a; **D** – digitálna príloha článku 2a po analýze reliéfu z LiDAR-u a novom geologickom mapovaní (rB – spodné belovežské vrstvy, pL – spodné luhačovické vrstvy, rL – vrchné luhačovické vrstvy, tB – vrchné belovežské vrstvy, gz – babišské vrstvy, kz – kýčerské vrstvy, bB/by – bystrické vrstvy, svK – svodnické súvrstvie, bradlový obal: bf – flyš, bp – pieskovce, zl – zlepenice).

Fig. 15. Comparison of different versions of geological maps between Horná and Dolná Mariková villages: **A** – Mello et al. (2005); **B** – Plašienka et al. (2010); **C** – digital appendix of this article no. 1a; **D** – digital appendix of this article no. 2a after LiDAR relief analysis and new geological mapping (rB – Lower Beloveže Mb., pL – Lower Luhačovice Mb., rL – Upper Luhačovice Mb., tB – Upper Beloveže Mb., gz – Babiše Mb., kz – Kýčera Mb., bB/by – Bystrica Mb., svK – Svodnice Fm., klippen belt: bf – flysch, bp – sandstones, zl – conglomerates).

medzi Hornou Marikovou a Dolnou Marikovou. Prejavujú sa v zobrazení tektoniky a rozsahu litostratigrafických jednotiek, najmä luhačovického súvrstvia (obr. 15). Oproti starším prácam (Mello et al., 2005; Plašienka et al., 2010, obr. 15A, B) sa líši zobrazenie marikovského bradla (obr. 15C, D). Hoci oblasť marikovského bradla bola len reambulovaná a LiDAR bol k dispozícii až pri dodatočných korekciách mapy, digitálna príloha 2a do značnej miery spresňuje poznanie jeho stavby (obr. 15C, D).

Vďaka reologicky kontrastným vlastnostiam hornín račianskej a bystrickej jednotky sa na mape reliéfu LiDAR zreteľne prejavujú štruktúry ako zlomy a násunové plochy. Analýzou LiDAR-u bola verifikovaná a spresnená pozícia zlomov a násunových plôch. Výraznejšie rozdiely sú napr. pri rakovsko-semetešskom zlome. Korigovaný bol aj priebeh vrchných luhačovických vrstiev v najjužnejšej šupine račianskej jednotky (v antiklinálnom pásme Medvedieho).

Terénny výskum doplnil informácie o vrchných belovežských vrstvách luhačovického antiklinálneho pásma, ktoré západne od Lazov pod Makytou nezvyčajne naberajú na hrúbke. Hoci sú podložné vrchné luhačovické vrstvy zastúpené výraznou akumuláciou pieskovcov riečanského typu (časť Skaličie), ojedinelé lavice týchto pieskovcov sa netypicky vyskytujú aj stratigraficky vyššie, v prevažne tenko vrstvenom flyšovom vývoji vrchných belovežských vrstiev.

Mapa digitálnej prílohy 2a oproti digitálnej prílohe 1a zobrazuje aj reambulované oblasti s využitím LiDAR-u. Južne od Turzovky zobrazuje dučkovské antiklinálne pásmo a Lopusianky. Reambulácia v oblasti Turzovka – Korňa – Klokočov – Olešná (predmierske a okrajové antiklinálne pásmo) bola zameraná najmä na spresnenie priebehu litologických hraníc, napr. horizontov červených ílovcov solánskeho súvrstvia, belovežské súvrstvie, na priebeh násunovej línie magurského príkrovu a na diagonálny zlomový systém.



Obr. 16. Zvlnený priebeh klastickej žily v lome severne od odbočky do Beňadova (49,429 461°; 19,323 192°).

Fig. 16. Undulating course of the clastic dike in the quarry north of the turning to Beňadovo village (49.429461°; 19.323192°).

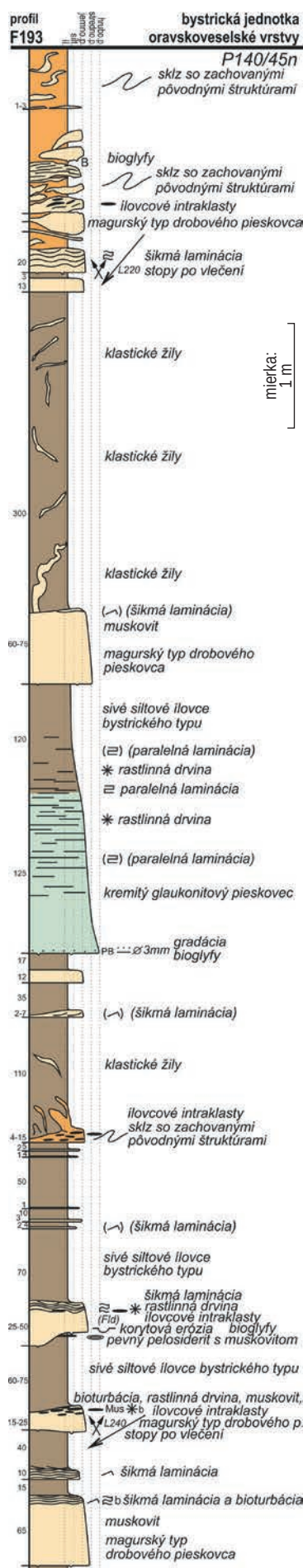
Prejavy synsedimentárnej tektoniky

Významnejším sedimentologickým profilom západného úseku FP Západných Karpát sa podrobne venuje práca Teťáka (2022). Upriamuje sa však len na proces sedimentácie. Štruktúrami, ktoré vznikli počas sedimentácie tektonickou aktivitou magurského bazénu alebo krátko po nej, sa nezaobera. Medzi tieto štruktúry patria napr. klastické žily pri Beňadove, ale aj stupňovité deformácie vrstvom plôch pri Novoti, ktoré sa vyvinuli v bystrických vrstvách bystrickej jednotky.

Bystrické vrstvy bystrickej jednotky smerom na S laterálne prechádzajú do spodných luhačovických vrstiev račianskej jednotky a smerom na J do oravskoveselských vrstiev, v ktorých vznikli klastické žily pri Beňadove. Bystrické vrstvy (v Poľsku tiež lúčkové vrstvy; Książkiewicz, 1958) sú mohutný monotónny flyšový komplex s prevahou ílovcov nad pieskvcami (p./í. = okolo 1/2 až 1/10). Vrstvy pieskovcov bývajú hrubé 30 až 250 cm. Odspodu sa vrstva začína jemnozrnným (zriedka strednozrnným) kremíťm, výrazne glaukonitovým pieskovcom s nevýraznou paralelnou lamináciou. Cez jemnozrnný, výrazne paralelne laminovaný pieskovec väčšinou plynulo prechádza do siltového pieskovca až siltovca s hojnou rastlinnou drvinou a muskovitom až do ílovcov bystrického typu hrubých až niekoľko metrov. Sú to hnedosivé a modrosivé vápnité siltové ílovce až ílovce. Môžu prechádzať od drobných až do masívnych tvrdých lastúrnatých sivých, po navetraní sivo-modrých ílovcov až pevných lúčkových slieňovcov. Hrúbka bystrických vrstiev je až 1 000 m a vek stredný až mladší eocén. Súveké, laterálne vyvinuté oravskoveselské vrstvy sa líšia len vyšším podielom pieskovcov a premenlivým, prevažne vyšším výskytom hrubých vrstiev masívnych strednozrnných drobných pieskovcov magurského typu (Teťák et al., 2016b).

V pravej časti lomu pri Beňadove v horizonte bystrických ílovcov hrubom niekoľko metrov sa vyskytuje niekoľko klastických žíl (obr. 16, 17). Zdrojovou horninou klastických žíl sú nižšie ležiace vrstvy drobných pieskovcov magurského typu. Viaceré pieskovcové a ílovcové vrstvy v profile boli interpretované ako sklzové telesá s čiastočne zachovanou pôvodnou štruktúrou vrstiev. Miestami je obtiažné rozlíšiť vrstvy deformované sklzom od klastických žíl. Je možné, že klastické žily prerážajú priamo aj cez sklzy. Zvlnený priebeh žíl je daný stratou objemu ílovcov v priebehu litifikácie.

Podobný zvlnený priebeh klastických žíl v dôsledku kompaktácie sedimentu opisujú Maceček et al. (2023) z mazáckeho súvrstvia sliezskeho príkrovu, kde pieskovcové žily prerážajú cez pestré ílovcové sedimenty. Udič a Jacko (2008) interpretovali vznik klastických žíl na príklade zlínskeho súvrstvia račianskej jednotky pri Svidníku. Autori uvádzajú tri spôsoby



Obr. 17. Sedimentologický profil lomu západne od Beňadova zobrazuje súvis vzniku klastických žíl so sklzovými telesami (Teták, 2022).

Fig. 17. The sedimentological profile of the quarry west of Beňadovo shows the relation between the formation of clastic dikes and slide structures (Teták, 2022).

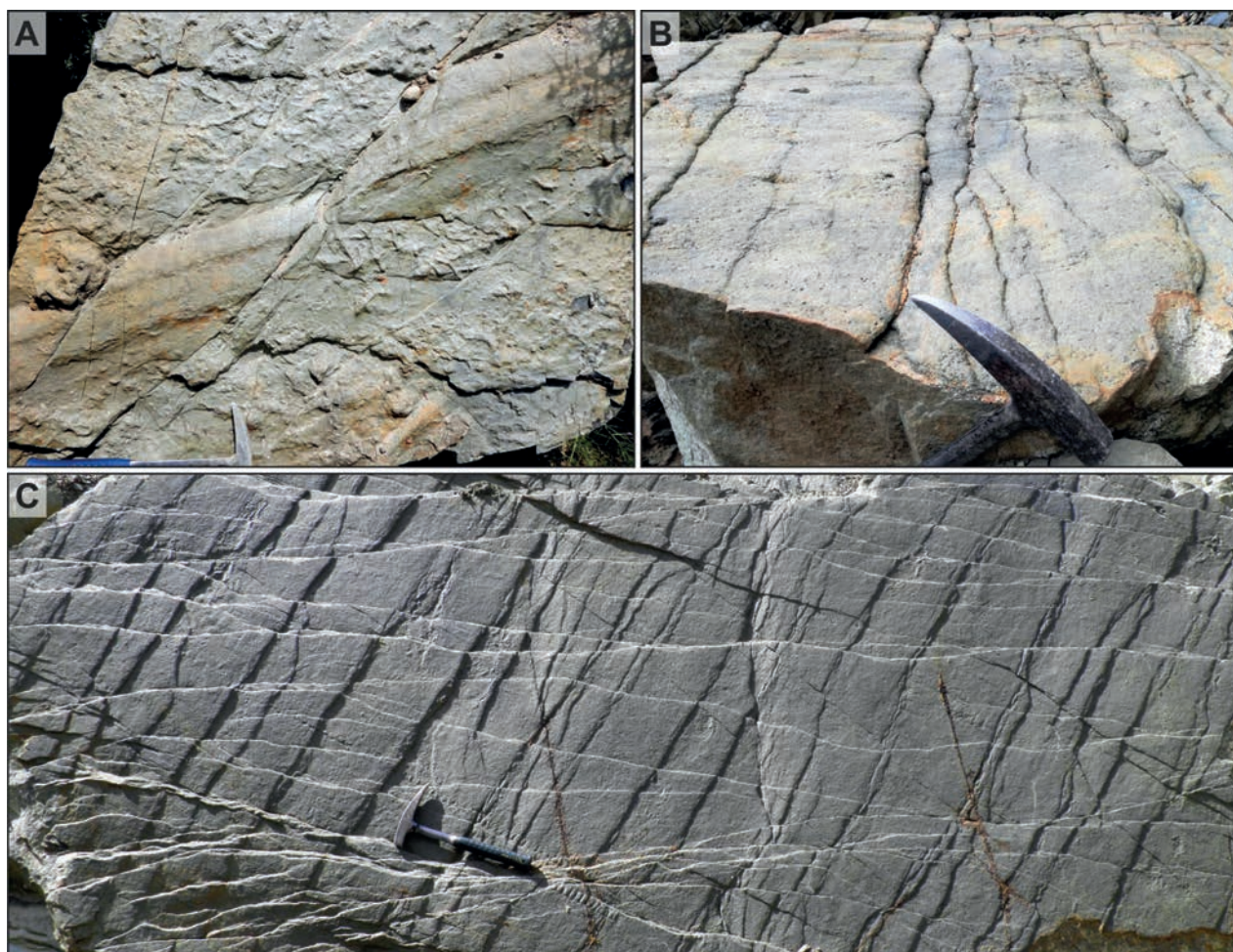
ich vzniku. Vznik klastických žíl pozorovaných pri Beňadove najlepšie z nich vystihuje prítomnosť hrubej vrstvy zvodených pieskov prekrytých hrubou vrstvou nepriepustných ílov. Litifikácia a remobilizácia sa udiali počas zemetrasenia, keď pretlak flúid vyvolaný seizmickým šokom vytlačil litifikovaný piesok systémom puklín do nadložia. Uvedenej interpretácii nahráva aj prítomnosť sklzových telies vznikajúcich na seizmicky nestabilnom svahu alebo okraji distribučných kanálov. Súvis výskytu klastických žíl so synsedimentárnymi sklzovými telesami, tektonickou aktivitou bazénu a distribučnými kanálmi uvádzajú aj Marchalko (1972), Udič a Jacko (2008), Jankowski a Wysocka (2019) a Guo et al. (2020).

V lome s. od Novote boli na spodných plochách niekoľkých vrstiev pozorované nezvyčajné paralelné stopy podobné prúdovým stopám a stopám po vtlačaní (obr. 18). Uvedené stopy vzhľadom na pozorované prúdové stopy majú diagonálny až kolmý priebeh a zjavne sú od nich mladšie. Majú aj iný smer a charakter než tektonické rozpukanie horniny a sú ním porušené, teda sú od neho staršie (obr. 18A). Drobné poklesy majú veľkosť pohybu do 3 cm. Na priečnom reze je zjavné vtlačanie mäkkého nelitifikovaného piesku pod vrstevnú plochu. To napovedá, že systém poklesov mohol vzniknúť v čase od sedimentácie, no maximálne v počiatočnej fáze litifikácie, kým bol sediment ešte plastický. Uvedené štruktúry interpretujeme ako prejav synsedimentárnej tektoniky a aktivity magurského bazénu v strednom a mladšom eocéne. Teták et al. (2019) predpokladajú, že v tomto období v strednej časti magurského bazénu bola línia poklesových zlomov, ktoré oddeľovali poklesávajúcu južnú časť bazénu s hruboklastickou sedimentáciou od severnej, stabilnejšej časti s tenko vrstvenou sedimentáciou.

Prejavy stredoslovenského zlomového systému vo flyšovom pásme

Najvýraznejším prejavom stredoslovenského zlomového systému (Kováč a Hók, 1993) na Orave je zázrivský zlom alebo zlomový systém (tzv. zázrivská sigmoida). Na povrchu sa prejavuje dextrálnym severo-južným prerušením línie BP v rozsahu až 7 km. Tektonika a genéza zázrivského zlomového systému a jeho blízkeho okolia boli motívom mnohých výskumov. Z posledných to boli: Potfaj (1977), Nemčok a Nemčok (1998), Marko et al. (2005), Gaži a Marko (2006), Pešková et al. (2009, 2012) a Plašienka et al. (2021).

Gaži a Marko (2006) interpretovali časovú postupnosť vzniku štruktúry zázrivského zlomu ako poeocénnu. So zlomom spájajú štyri paleonapätové režimy, typické pre orogénu Západných Karpát. Najstarším bola sz.-jv. kompresia počas oligocénu až staršieho miocénu. Nasledovala s.-j. a sv.-jz. kompresia v staršom až strednom miocéne, zodpovedná aj za spätné násuny v oblasti Vonkajších Západných Karpát a Vnútorých Západných Karpát, a zároveň szs.-vjv. a ssz.-jjv. extenzia. V období sv.-jz. kompresie, pravdepodobne sprevádzanej szs.-vjv. extenziou počas stredného až mladšieho miocénu, autori predpokladajú reaktiváciu zázrivského zlomu ako dextrálneho horizontálneho posunu s významným poklesom východného bloku. Tento trend



Obr. 18. A, B, C – Pohľad na spodnú plochu vrstvy glaukonitového pieskovca porušenú systémom drobných paralelných „poklesov“ vytvorených krátko po sedimentácii, ale ešte pred jeho litifikáciou (bystrické vrstvy v lome severne od Novote: 49,435 661°; 19,234 062°).

Fig. 18. A, B, C – The basal plane of the glauconite sandstone layer broken by a system of parallel faults formed shortly after sedimentation, but before its lithification (bystrica layers in the quarry north of Novot: 49.435661°; 19.234062°).

pokračoval aj počas ssz.-jjv. extenzie od mladšieho miocénu. Porovnateľné výsledky časových zmien paleonapätí sú z oravského úseku vnútrokarpatského paleogénu (Pešková et al., 2009), ako aj v BP (Pešková et al., 2012).

Tektonický model prezentovaný Plašienkom et al. (2021) vysvetľuje geologickú stavbu na recentnom povrchu, jej predpokladaný hlbší priebeh a geofyzikálne merania v okolí zlomu najlepšie ukazuje model M4 (vertikálny pokles bez kombinácie s horizontálnym posunom; l. c., obr. 3.9) s.-j. orientovaných poklesových zlomov, strmo uklonených na východ. Prítomnosť menšieho dextrálneho horizontálneho pohybu (model M5) je možná, ale pre model nie je nutná. Plašienka et al. (2021) pri modeli M4 predpokladajú veľkosť poklesu až 7 km, čo model M4 zdanlivo spochybňuje. Pri menšom sklone štruktúry BP v oravskom úseku by však stačil pokles do 3 km. Týmto modelom by bolo možné interpretovať aj rozdiel v šírke povrchového výstupu a odlišnej litológii sedimentov terčovskej a oravskej časti vnútrokarpatského paleogénu.

Geologická stavba oblasti zázrivského zlomového systému bola zvyčajne interpretovaná na základe starších mapovacích prác (napr. Andrusov, 1931, 1938; Potfaj, 1977;

Haško a Polák, 1978; Gross et al., 1993), kde FP nebolo rozčlenené na litostratigrafické jednotky a zároveň k nemu autori pričlenili súvrstvie Pavláškovej skaly a väčšinu flyšového bradlového obalu. Zjednodušovanie sa prejavovalo aj pri označovaní ohybu BP ako „zázrivský zlom“ (napr. Gaži a Marko, 2006). V skutočnosti je to zložitý systém viacerých subparalelných zlomov prechádzajúcich horninami BP široký až 2 km, ale výrazne zasahujúci aj do FP (najmä k. 1 143 Klúč a severnejšie ležiaca časť Žihľavy). Práve v magurskom príkrove je možné tieto čiastkové zlomy dobre identifikovať na základe terénneho mapovania spojeného s analýzou reliéfu a DMR konštruovaného z LiDAR-u. Je potrebné zdôrazniť, že väčšina povrchovej geologickej stavby zázrivského zlomu je zakrytá rozsiahlymi zosuvmi a zo štruktúry BP spod zosuvov vychádzajú ojedinelé bradlá a len výnimočne aj s ich flyšovým obalom. O poznanie lepšia situácia, pokiaľ ide o odhalenie, je v oblasti FP. Práve o to sa opierame pri interpretácii.

Kvôli pochopeniu genézy zázrivského zlomového systému je potrebné detailne poznať jeho geologickú stavbu, analogické zlomové štruktúry z okolia a gravimetrické prejavy ľahkých flyšových komplexov. Tvar zázrivského

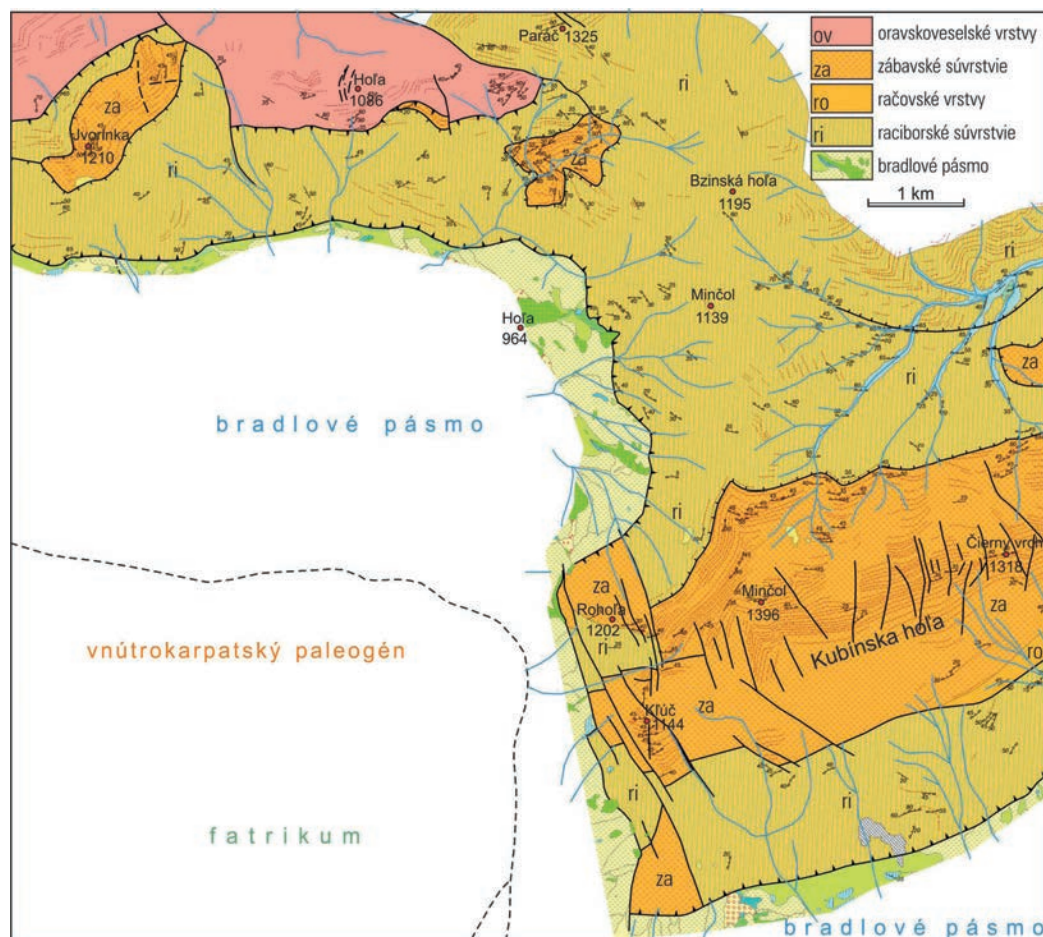
zlomového systému nemožno zjednodušovať na rovnú líniu, lebo v skutočnosti má tvar Z. Napriek silnému zakrytiu zosuvmi sa zázrivský úsek zázrivského zlomového systému v. od Zázrivej nejaví ako zlomový, ale ako bežný tektonický kontakt BP s FP zatočený na juh. Priebeh FP je v oblasti Vasilovskej hole flexúrne ohnutý a „obteká“ zázrivský úsek zlomu až po k. Minčol (1 396) (obr. 19). Prejavuje sa to napríklad vystupovaním červených ílovcov malinowského súvrstvia na kontakte oboch jednotiek. Ak sú v tejto oblasti výraznejšie s.-j. zlomy spojené so zázrivským zlomovým systémom, pravdepodobne prebiehajú v BP, no len obmedzene na jeho kontakte s FP. Jediným severovergentným pokračovaním týchto zlomov uvažovaným v minulosti by mali byť zlomy Flajšovej, no tie sa prejavujú len na kontakte bystrickej a krynickej jednotky, ale neposúvajú líniu kontaktu BP a FP. Iný názor mal v minulosti napr. Nemček (1994).

Odlišná situácia je s. od Istebného (obr. 19). Rigidné zábavské súvrstvie je tam zreteľne rozbité na menšie bloky (k. 1 143 Kľúč a severnejšie ležiaca časť Žihľavy) a na LiDAR-e aj priamo v teréne je možné pozorovať prejavy viacerých s.-j. zlomov. Analogickými, hoci veľkosťou pohybu o niečo menšími štruktúrami sú námestovský, a najmä slanický zlom (Teták et al., 2016a, b). Ohraničujú západný okraj Oravsko-nowotarskej kotliny s poklesom až do 3 km. Podobný charakter majú aj zlomy severne od Novote a medzi Pilskom a Babou horou. Ani pri týchto zlomoch nepredpokladáme výraznejšiu horizontálnu zložku pohybu. So zázrivským zlomovým systémom majú spoločné aj to, že

napriek významnému vertikálnemu pohybu majú dĺžku len pár kilometrov a ich povrchový prejav sa rýchlo vytráca.

Dôsledkom výrazného poklesu východného bloku zázrivského zlomu by malo byť výrazné nahromadenie ľahších sedimentárnych komplexov v oblasti Oravskej Magury. Hustota flyšových komplexov s prevahou ílovcov je $2,45 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, flyšovej fácie $2,55 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ a pieskovcovej fácie $2,65 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (Šamajová a Hók, 2018). V krynickej jednotke východného bloku zázrivského zlomu sa vyskytuje najmä pieskovcová a ílovcová fácia. V západnom bloku zázrivského zlomu sa prejavujú plytko ležiace ťažšie granity ($2,61 - 2,69 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) a metamorfity ($2,65 - 2,71 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) tatrika Malej Fatry. Nadložné mezozoické príkrovy majú hustotu v rozmedzí $2,65 - 2,75 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. V rámci BP majú bradlá hustotu v rozsahu $2,64 - 2,67 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ a ich flyšový obal $2,58 - 2,62 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (Šamajová a Hók, 2018; Šamajová et al., 2019). Práve oblasť zázrivského zlomu si vybrali Pašteka et al. (2017, obr. 11) ako ilustračný príklad styku dvoch hustotne odlišných oblastí. Ich kontrast sa prejavuje najmä na HG a TDXAS transformáciách Bouguerových anomálií (obr. 20) (Pašteka et al., 2017; Zahorec et al., 2017).

Okrem gravimetrických prejavov sa nahromadenie väčšieho množstva sedimentárnych komplexov východne od zázrivského zlomu prejavuje aj na magnetotelurických rezoch (Plašienka et al., 2021, obr. 3.12). Okrem dosahu sedimentárnych komplexov FP a BP zhruba do hĺbky 6 km interpretovaných v rezoch je nápadný rozdiel v namerných hodnotách južne od línie Terchová – Hruštín. Oba

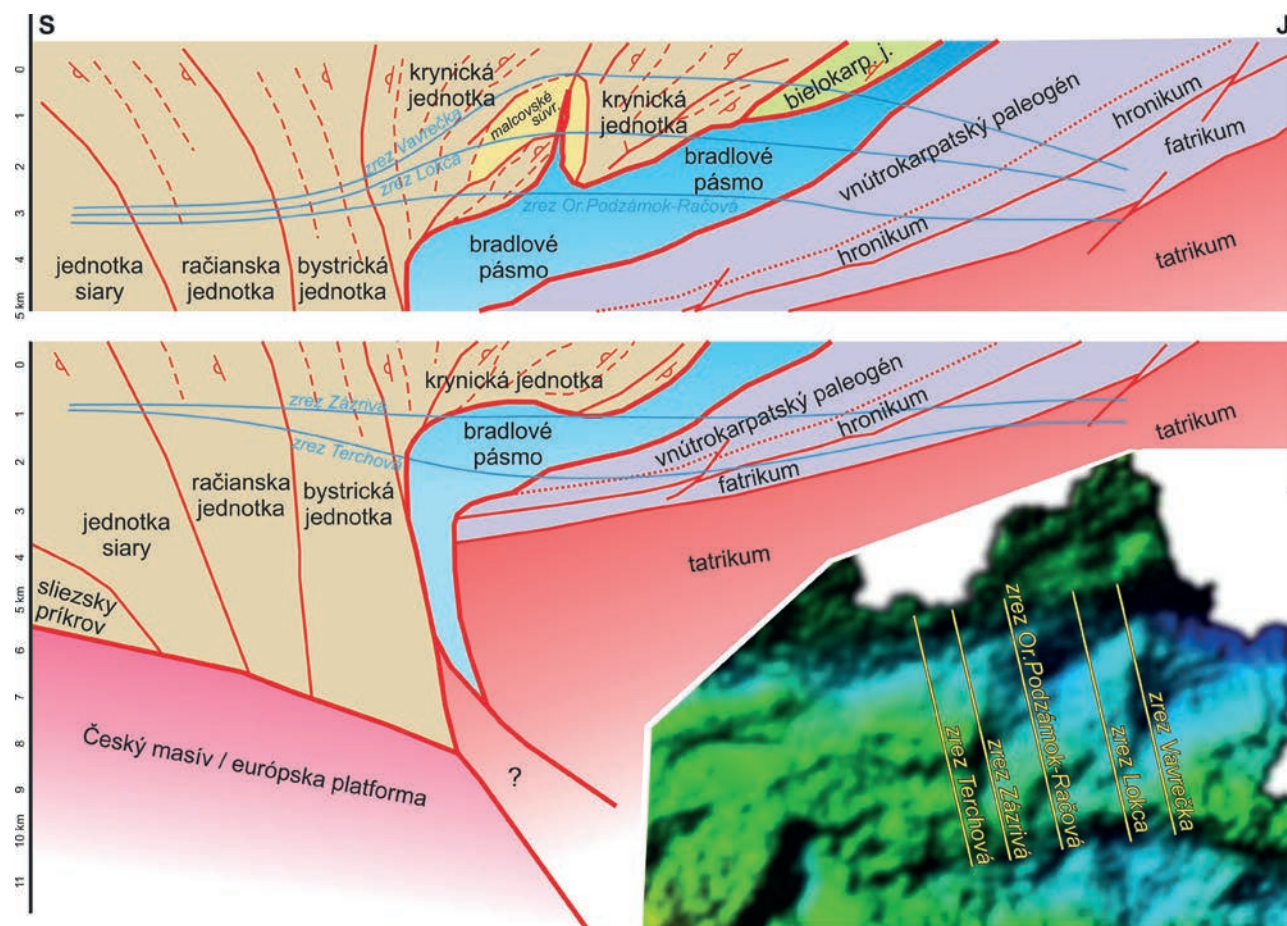


Obr. 19. Detail pripravovanej geologickej mapy Oravskej Magury v oblasti zázrivského zlomového systému.

Fig. 19. Detail of the geological map of the Oravská Magura Mts. in the area of the Zázrivá fault system.

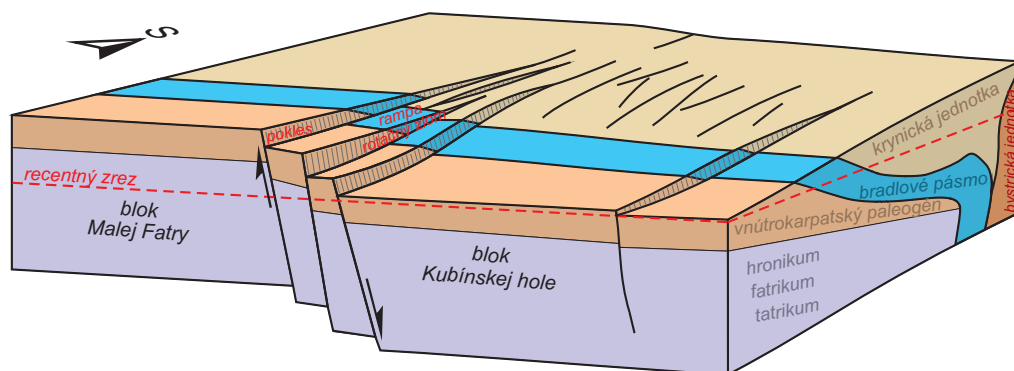
prezentované rezy zobrazujú eleváciu hornín s vyššou rezistivitou do hĺbky 5 – 6 km v línii BP z. od Zázrivej. Spájajú vystupovanie BP severne od hrebeňa Oravskej Magury. Autori (l. c.) interpretujú túto eleváciu ako prejav pieninickej kôry, ktorú chápu ako substrát FP.

Z uvedených poznatkov vyplýva, že zázrivský zlom tvorí sústava viacerých menších, stupňovito subparalelne usporiadaných poklesových a rotačných zlomov široká asi 2 km (Fossen, 2010), ktorých výsledným pohybom bol pokles východného bloku približne o 3 km (obr. 21). Ak bola



Obr. 20. Schematický rez kontaktom Vnútorných Západných Karpát a Vonkajších Západných Karpát s vyznačením úrovne zrezu recentného reliéfu v profiloch od Terchovej po Vavrečku. Kvôli odlišnej stavbe krynickej jednotky v z. a v. časti Oravskej Magury sú potrebné dva rezy. Približné vedenie línií rezov je vyznačené na mape Bouguerových anomálií (Zahorec et al., 2017). Zostrojené s využitím rezov Haška a Poláka (1978), Marschalka a Potfaja (1982) a gravimetrických interpretácií Plašienku et al. (2021, obr. 3.17).

Fig. 20. Schematic cross-section of the contact of the Inner Western Carpathians and Outer Western Carpathians with marked limits of the recent erosion level in the profiles from Terchová to Vavrečka. Due to the different construction of the Krynica Unit in W and E part of Oravská Magura requires two cuts. The approximate position of the cutting lines is marked on the Bouguer anomalies map (Zahorec et al., 2017). Based on the sections of Haško and Polák (1978), Marschalko and Potfaj (1982) and the gravimetric interpretations of Plašienka et al. (2021, fig. 3.17).



Obr. 21. Schematický blokdiagram oblasti zázrivského zlomového systému na princípe poklesového a rotačného zlomu (Fossen, 2010).

Fig. 21. Schematic blockdiagram of the area of the Zázrivá fault system based on the principle of normal and rotational faults (Fossen, 2010).

prítomná aj horizontálna zložka pohybu, bola len minimálna. Zlom je dôkazom pomerne plochého spätného juhovergentného presunutia BP a krynickej jednotky (obr. 20).

Záver

Príspevok prezentuje revidovanú geologickú mapu väčšej časti západného slovenského úseku FP s plochou do 2 000 km². Okrem prehodenia starších máp nové geologické mapovanie prinieslo viaceré poznatky o geologickej stavbe FP a BP, ktoré neboli uvedené v publikovanej literatúre ani v archívnych správach, najmä územia medzi Vlárrou a Žilinou a na Kysuciach. Okrem výskumu flyšových súvrství magurského príkrovu bolo cieľom aj mapovanie kontaktu FP a BP. Zasahovanie bradiel a bradlového obalu do oblasti FP pri Mestečku a Dolnej Marikovej je interpretované ako mesteciánsky príkrov obsahujúci bloky hornín BKJ aj BP, plocho presunuté na bystrickú jednotku. Predmetom hodnotenia boli aj vybrané výsledky ako štruktúrne elevácie a depresie, prejavy stredoslovenského zlomového systému vo FP (zázrivského zlomového systému), spätný násun bystrickej jednotky a jej stavba, kontakt BKJ a bystrickej jednotky, vrbovský, zubácky a javorinský príkrov, marikovské bradlo, brvnišská šupina, vložky červených ílovcov v solánskom súvrství, prejavy synsedimentárnej tektoniky a iné.

Základná metodika získavania nových terénnych informácií a laboratórnych analýz zostáva stále v platnosti, no záverečné spracovanie sa posúva s pokrokom technických možností a množstvom nahromadených informácií. Z predbežnej analýzy DMR 5.0 je možné usúdiť, že neprienesie zásadné zmeny v pohľade na geologickú stavbu, skôr len spresnenie pozície litologických a tektonických rozhraní na mape. Pomôže presnejšie lokalizovať a identifikovať tektonické štruktúry, ako sú vrásky, menšie zlomy a priebeh vrstiev najmä v litofaciálne monotónnych flyšových sekvenciách. Pri posudzovaní a aplikácii uvedených údajov je potrebné brať do úvahy, že predkladaná mapa vznikala prevažne pred sprístupnením LiDAR-u a údaje z neho v nej boli zapracované až dodatočne. V nasledujúcej fáze výskumu by mala revízia starších geologických máp s využitím modelu LiDAR-u pokryť celé územie FP Slovenska. To však nebude možné správne interpretovať bez dodatočného, aspoň lokálneho doplnenia informácií v teréne.

PodĎakovanie

Práca je výsledkom projektov regionálneho geologického mapovania a výskumu podporovaných Ministerstvom životného prostredia SR. Geologický výskum sa realizoval v rámci prebiehajúceho projektu Geologická mapa Oravskej Magury v mierke 1 : 50 000, číslo 02 20, ako aj viacerých starších projektov. Vznikla aj z výsledkov projektu Identifikácia, inventarizácia a inžinierskogeologické mapovanie svahových deformácií, podporeného z operačného programu Kvalita životného prostredia, kód ITMS 310031N708. Autor ďakuje recenzentom M. Potfajovi a M. Bubíkovi za cenné pripomienky a rady.

Literatúra

- Alexandrowicz, S. W., Cieszkowski, M., Golonka, J., Kutya, J., Oszczypko, N. a Paul, Z., 1984: The stratigraphy of the Krynica zone of the Magura nappe in the Polish Flysch Carpathians (in Polish, English summary). *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 340, 23 – 43.
- Andrusov, D., 1931: Geologický výzkum vnitřního bradlového pásma v Západních Karpatech, Část 1 a 2. *Rozpravy Státního geologického ústavu Československé republiky*, svazek VI, Praha, 167 s.
- Andrusov, D., 1938: Geologický výzkum vnitřního bradlového pásma v Západních Karpatech, Část 3, Tektonika, svazek XI, Praha, 134 s.
- Andrusov, D., 1943: Výskyty přírodních živců na Slovensku I. a II. – I. Všeobecné poznámky, II. Papradno. *Práce Státního geologického ústavu*, Sošit, 8, 48 s.
- Began, A., Nižňanský, G., Salaj, J., Horniš, J., Boorová, D., Dovina, V., Hanáček, J., Kováčik, M., Potfaj, M., Samuel, O. a Šucha, P., 1988: Vysvetlivky ku geologickej mape 35-211 Nemšová. Čiastková záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 73 s.
- Bezák, V. (ed.), Elečko, M., Fordinál, K., Ivanička, J., Kaličiak, M., Konečný, V., Kováčik, M. (Košice), Maglay, J., Mello, J., Nagy, A., Polák, M., Potfaj, M., Biely, A., Bóna, J., Broska, I., Buček, S., Filo, I., Gazdačko, L., Grecula, P., Gross, P., Havrila, M., Hók, J., Hraško, L., Jacko, S. ml., Jacko, S. st., Janočko, J., Kobulský, J., Kohút, M., Kováčik, M. (Bratislava), Lexa, J., Madarás, J., Németh, Z., Olšovský, M., Plašienka, D., Pristaš, J., Rakús, M., Salaj, J., Siman, P., Šimon, L., Teták, F., Vass, D., Vozár, J., Vozárová, A. a Žec, B., 2008: Prehľadná geologická mapa Slovenskej republiky 1 : 200 000. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra.
- Bezák, V. (ed.), Biely, A., Broska, I., Bóna, J., Buček, S., Elečko, M., Filo, I., Fordinál, K., Gazdačko, L., Grecula, P., Hraško, L., Ivanička, J., Jacko, S. st., Jacko, S. ml., Janočko, J., Kaličiak, M., Kobulský, J., Kohút, M., Konečný, V., Kováčik, M. (Bratislava), Kováčik, M. (Košice), Lexa, J., Madarás, J., Maglay, J., Mello, J., Nagy, A., Németh, Z., Olšovský, M., Plašienka, D., Polák, M., Potfaj, M., Pristaš, J., Siman, P., Šimon, L., Teták, F., Vozárová, A., Vozár, J. a Žec, B., 2009: Vysvetlivky k Prehľadnej geologickej mape Slovenskej republiky 1 : 200 000. Bratislava, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 534 s.
- Bieda, F., 1946: La stratigraphie du Flysch des Karpates centrales polonaises basée sur les grands Foraminifères (in Polish, French summary). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 16, 1 – 54.
- Birkenmajer, K., 1977: Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units of the Pieniny Klippen Belt. Carpathians. *Poland. Stud. geol. Polon.*, 45, 1 – 158.
- Birkenmajer, K. a Oszczypko, N., 1989: Cretaceous and Palaeogene lithostratigraphic units of the Magura Nappe, Krynica Subunit, Carpathians. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 59, 145 – 181.
- Bubík, M., 2007: Výsledky mapování a stratigrafických výzkumů v račanské jednotce na listu Horní Bečva. *Geol. výzk. Mor. Slez.* v roce 2006, 13 – 16.
- Buday, T., Benešová, E., Březina, J., Cicha, I., Čtyrtek, P., Dorníč, J., Dvořák, J., Eliáš, M., Hanzlíková, E., Jendřejáková, O., Kačura, G., Kamenický, J., Kneil, J., Köhler, E.,

- Kullmanová, A., Maheľ, M., Matějka, A., Paulík, J., Salaj, J., Scheibner, E., Scheibnerová, V., Stehlík, O., Urbánek, L., Vavřínová, M. a Zelman, J., 1963: Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000 M-33-XXX list Gottwaldov. Praha, Ústřední ústav geologický, 238 s.
- Cieszkowski, M., 1979: Warstwy z Kowańca w podjednostce krynickiej płaszczowiny magurskiej – nowa definicja. *Geological Quarterly*, 23, 2, 501 – 502.
- Cieszkowski, M. a Olszewska, B., 1986: Malcov beds in Magura nappe near Nowy Targ, Outer Carpathians, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 56, 53 – 71.
- Cieszkowski, M., Golonka, J., Wařkowska-Oliwa, A. a Chrutek, M., 2006: Geological structure of the Sucha Beskidzka region – řwinna Poręba (Polish Flysch Carpathians) (in Polish, English summary). *Kwartalnik AGH Geologia*, 32, 155 – 201.
- Cieszkowski, M., Golonka, J., Wařkowska-Oliwa, A. a Chodyń, R., 2007: Type locality of the Mutne Sandstone Member of the Jaworzynka Formation, Western Outer Carpathians. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 77, 3, 269 – 290.
- Dvořáková, V., Červenka, J. a Mitevová, J., 1989: Fyzikální vlastnosti hornin vrtu KLK-1 Klanečnica. Manuskript. Bratislava, archív řtátny geologický ústav Dionýza řtúra, 55 s.
- Fossen, H., 2010: Structural Geology. New York, Cambridge University Press, 463 s.
- Gaři, P. a Marko, F., 2006: The Zázrivá fault – paleostress history and kinematics (Pieniny Klippen Belt, North Slovakia). *Geolines*, 20, 37 – 38.
- Golonka, J. a Malata, E., 1977: Stratigraphy of the Magura Unit in řywiecki Beskid between Babia Góra and Pilsko. *Proceedings of the XI Congress of the Carpathians-Balkan Geological Association*. Kiev, Naukova Dumka, 31 – 32.
- Gross, P., Köhler, E., Mello, J., Hařko, J., Halouzka, R., Nagy, A., Kováč, P., Filo, I., Havrila, M., Maglay, J., Salaj, J., Franko, O., Zakovič, M., Pospíšil, L., Bystrická, H., Samuel, O. a Snopková, P., 1993: Geológia južnej a východnej Oravy. Bratislava, Geologický ústav Dionýza řtúra, 319 s.
- Guo, H., Chen, X., Yao, H., Han, K., Garzanti, E., Liu, X. a Fan, H., 2020: Lower Cretaceous clastic dykes in southern Tibet: Characteristics and palaeogeographic significance. *Geological Journal*, Wiley, 1 726 – 1 739. <https://doi.org/10.1002/gj.4020>.
- Hařko, J. a Polák, M., 1978: Geologická mapa Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry 1 : 50 000. Bratislava, Geologický ústav Dionýza řtúra.
- Hók, J., Pelech, O., Teřák, F., Németh, Z. a Nagy, A., 2019: Outline of the geology of Slovakia (W. Carpathians). *Mineralia Slovaca*, 51, 31 – 60.
- Jankowski, L. a Kopciowski, R., 1999: Correlation of the Magura and Dukla Units of the Polish-Slovak border area. *Biuletyn Państwowege Instytutu Geologicznego (Warszawa)*, 387, 106 – 114.
- Jankowski, L. a Wysocka, A., 2019. Occurrence of clastic injectites in the Oligocene strata of the Carpathians and their significance in unravelling the Paleogene and Neogene evolution of the Carpathian orogeny (Poland, Ukraine and Romania). *Geological Quarterly*, 63, 1, 106 – 125. <https://doi.org/10.7306/gq.1460>.
- Jucha, S. a Kotlarczyk, J., 1958: Próba nowego podziału stratygraficznego serii menilitowej i warstw krořnieńskich. *Nafta*, 14, 205 – 207.
- Kováč, P. a Hók, J., 1993: The central Slovak fault system – the field evidence of strike-slip. *Geologica Carpathica*, 44, 3, 155 – 159.
- Książkiewicz, M., 1953: Karpaty flyszowe między Olzą a Dunajcem. *Reg. Geol. Pol., Karpaty, Tektonika* 1, 2. Krakow, Pol. Tow. Geol., 305 – 360.
- Książkiewicz, M., 1958: Stratygrafia serii magurskiej w Beskidzie řrednim. *Stratigraphy of the Magura series in the řredni Beskid (Carpathians)* (in Polish, English summary). *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 135, 43 – 96.
- Książkiewicz, M., 1966: Geologia regionu babiogórskiego. *Przewodnik XXXIX. zjazdu Polskiego Towarzystwa geologicznego, Babia Góra, Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne*, 5 – 58.
- Książkiewicz, M., 1974: Objáśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, ark. Sucha Beskidzka. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne.
- Leřko, B. a Samuel, O., 1968: Geológia východoslovenského flyřu. Bratislava, Veda, Vydavateľstvo Slovenskej akademie vied, 245 s.
- Leřko, B., Koráb, T., Kysela, J. a Gabauer, G., 1980: Projekt řtátnej výskumnej úlohy za roky 1981 – 1986: Geologický výskum perspektívnych oblastí na výskyt lořísk ropy a zemného plynu. Manuskript. Bratislava, archív řtátny geologický ústav Dionýza řtúra (arch. ř. AP6526), 41 s.
- Liřčák, P., Pauditř, P., Bystrická, G., Teřák, F., Maglay, J., Dananaj, I., Ondrus, P., Mařlár, E., Mařlárová, I., Olřavský, M., Pelech, O., Vitovič, L., Leitmannová, K., Frařtia, M. a Papčo, J., 2022: Využitie DMR 5.0 z leteckého laserového skenovania pri rieření geologických úloh řGÚDř. *Geodetický a kartografický obzor*, 68/110, 8, 149 – 159.
- Maceček, L., Bubík, M., Buriánek, D. a Kropáč, K., 2023: Exkurzní průvodce. Otevřený kongres řeské geologické společnosti a Slovenskej geologickej spoločnosti, 19. 10. – 23. 10. 2023, Sepeťná, 48 s.
- Maglay, J. (ed.), Halouzka, R., Baňacký, V., Pristař, J. a Janočko, J., 1999: Neotektonická mapa Slovenska. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR – řtátny geologický ústav Dionýza řtúra.
- Marko, F., Vojtko, R., Plařienka, D., Sliva, L., Jablonský, J., Reichwalder, P. a Starek, D., 2005: A contribution to the tectonics of the Periklippen zone near Zázrivá (Western Carpathians). *Slovak Geological Magazine*, 11, 1, 37 – 43.
- Marschalko, R., 1972: Termín: klastické žily. *Geologické práce, Správy*, 58, 231 – 238.
- Marschalko, R. a Potfaj, M., 1982: Sekvenčná analýza, paleoprúdenie a prostredie uloženia spodnoeocénneho flyřu Oravskej Magury a bradlového pásma. *Geologické práce, Správy*, 78, 97 – 122.
- Matějka, A. a Roth, Z., 1948: Mapovací zpráva z listu Vsetín. *Věst. St. geol. Úst. (Praha)*, 23, 133 – 136.
- Matějka, A. a Roth, Z., 1952: Zpráva o výzkumu magurského flyře v povodí Bílé Oravy. *Věstník Úřtř. Úst. geol. (Praha)*, 27, 212 – 216.
- Matějka, A. a Roth, Z., 1956: Geologie magurského flyře v severním povodí Váhu mezi Bytčou a Trenčinem. S mikrobiostatigrafickou statí Evy Hanzlíkové. Praha, Nakladatelství řeskoslovenské akademie věd, 332 s.
- Mello, J., Potfaj, M., Teřák, F., Havrila, M., Rakús, M., Buček, S., Filo, I., Nagy, A., Salaj, J., Maglay, J., Pristař, J. a Fordinál, K.,

- 2005: Geologická mapa Stredného Považia 1 : 50 000. Bratislava, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra.
- Mello, J. (ed.), Boorová, D., Buček, S., Filo, I., Fordinál, K., Havrila, M., Iglárová, L., Kubeš, P., Liščák, P., Maglay, J., Marcin, D., Nagy, A., Potfaj, M., Rakús, M., Rapant, S., Remšík, A., Salaj, J., Siráňová, Z., Teták, F., Zuberec, J., Zlinská, A. a Žecová, K., 2011: Vysvetlivky ku geologickej mape Stredného Považia 1 : 50 000. Bratislava, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 378 s.
- Menčík, E., Pesl, V. a Plička, M., 1956: Přehled výsledků geologického mapování při západním ukončení Hostynských vrchů. Zprávy geologického výzkumu v r. 1955, Praha, 129 – 130.
- Nemček, M., 1994: Deformation sequence in the Oravská Lesná area, flysch belt of the Western Carpathians. *Geologica Carpathica*, 45, 185 – 191.
- Nemček, M. a Nemček, J., 1998: Dynamics and kinematics of the Cirocha, Trangoška and Zákrivá strike-slip faults, Western Carpathians. *Geologica Carpathica*, 49, 2, 85 – 98.
- Oszczypko, N., 1991: Stratigraphy of the Paleogene deposits of the Bystrica Subunit (Magura Nappe, Polish Outer Carpathians). *Bulletin of the Polish academy of sciences, Earth sciences*, 39, 4, 415 – 433.
- Oszczypko, N., 1992: Zarys stratigrafii plaszczowiny magurskiej (Stratigraphy of the Magura Nappe, Polish Flysch Carpathians). *Krakow, Przewodnik LXIII zjazdu PTG*, 11 – 29.
- Oszczypko, N., Malata, E., Bąk, K., Kędzierski, M. a Oszczypko-Clowes, M., 2005: Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Upper Albian-Lower/Middle Eocene flysch deposits in the Bystrica and Rača subunits of the Magura Nappe (Beskid Wyspowy and Gorce Ranges; Poland). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 75, 27 – 69.
- Pašteka, R., Zahorec, P., Kušnirák, D., Božanský, M., Papčo, J., Szalaiová, V., Krajňák, M., Marušiak, I., Mikuška, J. a Bielik, M., 2017: High resolution Slovak Bouguer gravity anomaly map and its enhanced derivative transformations: new possibilities for interpretation of anomalous gravity fields. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 47, 2, 81 – 94. <https://doi.org/10.1515/congeo-2017-0006>.
- Paul, Z., 1980: Description to the Detailed Geological Map of Poland in scale 1 : 50 000 (in Polish). Sheet Łącko (1034). Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne, 1 – 58.
- Pesl, V., 1951: Geologické pomery flyšového území jv. od Bystřice pod Hostýnem. Manuskript. Praha, archiv Přírodovědecké fakulty University Karlovy.
- Pesl, V., 1963: Litofaciální rozdělení spodního oddílu paleogénu západní části račanské jednotky (magurský flyš). Zprávy geologického výzkumu ÚÚG r. 1962, 198 – 199.
- Pesl, V., 1964: Litofaciální zhodnocení paleogenních sérií vnitřních jednotek magurského flyše. Závěrečná zpráva. Československé naftové doly – Výzkumný ústav Brno. Manuskript. Bratislava, archiv Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 86 s.
- Pesl, V., 1965: Litofaciální zóny spodního oddílu paleogénu ve vnějších jednotkách západní části magurského flyše. *Sborník geologických věd – Západné Karpaty* 3, 179 – 212.
- Pesl, V., 1968: Litofacie paleogénu v magurské jednotce vnějších flyšových Karpat na území ČSSR a PLR (in Czech, English summary). *Sborník geologických věd – Západné Karpaty*, 9, 71 – 118.
- Pesl, V. (ed.), 1981: Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1 : 25 000, 25-212 Fryšták. Manuskript. Praha, Geofond.
- Pesl, V. a Hanzlíková, E., 1963: Vývoj solánských vrstev v Moravskoslezských Beskydech. *Geologické práce, Zprávy*, 30, 127 – 146.
- Pešková, I., Vojtko, R., Starek, D. a Sliva, L., 2009: Late Eocene to Quaternary deformation and stress field evolution of the Orava region (Western Carpathians). *Acta Geologica Polonica*, 59, 1, 73 – 91.
- Pešková, I., Hók, J., Potfaj, M. a Vojtko, R., 2012: Štruktúrna interpretácia varínskeho a oravského úseku bradlového pásma. *Geologické práce, Správy*, 120, 51 – 64.
- Pešková, I., Teták, F. (eds.), Pelech, O., Sentpetery, M., Olšavský, M., Kováčik, M., Maglay, J. a Vlačíky, M., 2021: Geologická mapa Bielych Karpát (severná časť) v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR – Štátny geologický ústav Dionýza Štúra.
- Piotrowski, J. a Piotrowska, K., 2004: Słownik jednostek litostratygraficznych Polski, wersja podstawowa. Tom III: jednostki formalne mezozoiku i kenozoiku. In: Mardal, T. (ed.): *Słownik jednostek litostratygraficznych Polski*. Warszawa, Państwowy Instytut Geologiczny. Dostępne online: <https://stratygrafia.pgi.gov.pl/Home/Sjlp>.
- Plašienka, D., Sýkora, M., Aubrecht, R., Krobicki, M. a Józsa, Š., 2010: Reinterpretation of the lithostratigraphy and tectonic position of the Mariková Klippen (Middle Váh Valley, western Slovakia). *Acta Geologica Slovaca*, 2, 1, 1 – 9.
- Plašienka, D., Bučová, J. a Šimonová, V., 2020: Variable structural styles and tectonic evolution of an ancient backstop boundary: the Pieniny Klippen Belt of the Western Carpathians. *Int. J. Earth. Sci. (Geol. Rundsch.)*, 109, 1 355 – 1 376. <https://doi.org/10.1007/s00531-019-01789-5>.
- Plašienka, D., Aubrecht, R., Bezák, V., Bielik, M., Broska, I., Bučová, J., Fekete, K., Gaži, P., Gedl, P., Golej, M., Halášová, E., Hók, J., Hrdlička, M., Jamrich, M., Józsa, Š., Klanica, R., Konečný, P., Kubiš, M., Madarás, J., Majcin, D., Marko, F., Molčan Matejová, M., Potočný, T., Schlögl, J., Soták, J., Suan, G., Šamajová, L., Šimonová, V., Teták, F. a Vozár, J., 2021: Structure, composition and tectonic evolution of the Pieniny Klippen Belt – Central Western Carpathian contiguous zone (Kysuce and Orava regions, NW Slovakia). Bratislava, Comenius University, 148 s.
- Potfaj, M., 1977: Geologická stavba územia medzi Terchovou a Hruštínskym potokom (paleogén). Rigorózná práca. Manuskript. Bratislava, archiv Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 53 s.
- Potfaj, M., 1989: Vychylovské súvrstvie – nová litostratigrafická jednotka v magurskom flyši (paleogén Kysúc a Oravy). *Spr. o geol. výsk., GÚDŠ*, Bratislava, 43 – 49.
- Potfaj, M., 1993: Postavenie bielokarpatskej jednotky v rámci flyšového pásma. *Geologické práce, Správy*, 98, 55 – 78.
- Potfaj, M., Began, A., Nižňanský, G., Bodiš, D., Boorová, D., Čechová, A., Dovina, V., Fejdiová, O., Kováčik, M., Priehodská, Z., Samuel, O. a Šucha, P., 1986: Vysvetlivky ku geologickej mape M 1 : 25 000, listy Strání 35-122 a 35-123. Čiastková záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archiv Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 1 – 97.
- Potfaj, M., Samuel, M., Raková, J. a Samuel, O., 1991: Geologická stavba Kubínskej hole (Orava) (Geologic structure of Kubínska hoľa range). *Západné Karpaty, Sér. Geológia*, 15, 25 – 66.

- Potfaj, M., Maglay, J., Šlepecký, T. a Teťák, F., 2002: Geologická mapa regiónu Kysúc 1 : 50 000. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR – Štátny geologický ústav Dionýza Štúra.
- Potfaj, M. (ed.), Šlepecký, T., Maglay, J., Hanzel, V., Boorová, D., Žecová, K., Kohút, M., Nagy, A., Teťák, F., Vass, B., Sandanus, M., Buček, S., Sýkora, M., Köhler, E., Fejdiová, O., Kandra, K., Samuel, O., Bubík, M. a Beleš, F., 2003: Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Kysúc 1 : 50 000. Bratislava, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 193 s.
- Potfaj, M., Teťák, F. (eds.), Havrila, M., Filo, I., Pešková, I., Olšovský, M. a Vlačíky, M., 2014: Geologická mapa Bielych Karpát (južná časť) a Myjavskej pahorkatiny v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR – Štátny geologický ústav Dionýza Štúra.
- Roth, Z., Benešová, E., Čechovič, V., Eliáš, M., Hanzlíková, E., Chmelík, F., Matějka, A. a Pícha, F., 1963: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000, list M-34-XX Trstená. Bratislava, Geofond, 7 – 59.
- Salaj, J., 1991: Biostratigraphic correlation of Cretaceous flysch formations in the Klippen – and Peri-Klippen zones of the Middle Váh Valley and their paleogeographic-tectonic history. *Mineralia Slovaca*, 23, 4, 295 – 313 (in Slovak, English summary).
- Schnabel, G. W., 1992: New data on the Flysch Zone of the Eastern Alps in the Austrian sector and new aspects concerning the transition to the Flysch Zone of the Carpathians. *Cretaceous Research*, 13, 5 – 6, 405 – 419.
- Sikora, W. a Żytko, K., 1956: Stratygrafia serii magurskiej Beskidu Wysokiego na arkuszu Żywiec. *Przegląd Geologiczny*, 10, 469 – 471.
- Sikora, W. a Żytko, K., 1959: Budowa Beskidu Wysokiego na południe od Żywca. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 141, 60 – 204.
- Stráník, Z., 1965: Geologie magurského flyše Čerhovského pohorí a západní části Ondavské vrchoviny. *Sborník geologických věd – Západné Karpaty*, 3, 125 – 173.
- Stráník, Z., Menčík, E. a Krejčí, O., 1986: Přínos studia geotrazverzů pro geologii bělokarpatské jednotky a řešení jejího vztahu k vnějším jednotkám magurského příkrovu a k bradlovému pásmu. Manuskript. Bratislava, archiv Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 43 s.
- Stráník, Z., Vůjta, M., Krejčí, O., Marschalko, R., Švábenická, L., Bubík, M. a Hanzlíková, E., 1989: Ke stratigrafii a sedimentologii hluckého vývoje bělokarpatské jednotky. *Zpr. geol. výzk. v r. 1987*. Praha, ÚÚG, 121 – 124.
- Stráník, Z., Bubík, M., Krejčí, O., Marschalko, R., Švábenická, L. a Vůjta, M., 1995: New lithostratigraphy of the Hluk Development of the Bílé Karpaty unit. *Geologické práce, Správy*, 100, 57 – 69.
- Szalaiová, V., 1989: Gravimetrický prieskum v priestore elevačnej štruktúry pri Oravskom Veselom. *Ročná technická správa*. Manuskript. Bratislava, archiv Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 18 s.
- Świdziński, H., 1961: La Serie de Richvald dans les Karpates Flysches. *Bulletin of the Polish academy of sciences, Ser. Sci. Geol. Geogr.*, 9, 2, 109 – 119.
- Šamajová, L. a Hók, J., 2018: Hustota horninových komplexov Západných Karpát na území Slovenska. *Geologické práce, Správy*, 132, 31 – 52.
- Šamajová, L., Hók, J., Csibri, T., Bielik, M., Teťák, F., Brixová, B., Sliva, L. a Šály, B., 2019: Geophysical and geological interpretation of the Vienna Basin pre-Neogene basement (Slovak part of the Vienna Basin). *Geologica Carpathica*, 70, 5, 418 – 431.
- Teťák, F., 2005: Sedimentácia glaukonitových a kýčerských pieskovcov zlínskeho súvrstvia v západnej časti magurského bazénu (Javorníky, Kysuce) (in Slovak). *Mineralia Slovaca*, 37, 3, 304 – 306.
- Teťák, F., 2015: Geologická stavba a vývoj bielokarpatskej jednotky západne od Veľkej Javoriny. *Rigorózna práca*. Manuskript. Bratislava, archiv Prírodovedecká fakulta UK, 71 s.
- Teťák, F., 2016: Bielokarpatská jednotka, geologická stavba a vývoj západne od Veľkej Javoriny. *Námestovo, Štúdio F*, 32 s.
- Teťák, F., 2021: Lithology and position of the Biele Karpaty Unit SE of Lednica (Biele Karpaty Mts., Western Carpathians). *Mineralia Slovaca*, 53, 47 – 56.
- Teťák, F., 2022: Facies analysis of gravity flow deposits of an ancient foreland basin (Magura Nappe, Western Carpathians, Slovakia). *Geologica Carpathica*, 73, 6, 545 – 559. <https://doi.org/10.31577/GeolCarp.73.6.5>.
- Teťák, F., Potfaj, M. (eds.), Havrila, M., Filo, I., Pešková, I., Boorová, D., Žecová, K., Laurinc, D., Olšovský, M., Siráňová, Z., Buček, S., Kucharič, L., Gluch, A., Šoltés, S., Pažická, A., Iglárová, L., Liščák, P., Malík, P., Fordinál, K., Vlačíky, M. a Köhler, E., 2015: Vysvetlivky ku geologickej mape Bielych Karpát (južná časť) a Myjavskej pahorkatiny v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 306 s.
- Teťák, F. (ed.), Kováčik, M., Pešková, I., Nagy, A., Buček, S., Maglay, J. a Vlačíky, M., 2016a: Geologická mapa regiónu Biela Orava v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR – Štátny geologický ústav Dionýza Štúra.
- Teťák, F. (ed.), Kováčik, M., Pešková, I., Nagy, A., Buček, S., Maglay, J., Vlačíky, M., Laurinc, D., Žecová, K., Zlínská, A., Liščák, P., Marcin, D., Žilka, A., Kucharič, L., Gluch, A. a Baláž, P., 2016b: Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Biela Orava v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 217 s.
- Teťák, F., Cieszkowski, M., Golonka, J., Waśkowska, A. a Szczęch, M., 2017: The Ropianka Formation of the Bystrica Zone (Magura Nappe, Outer Carpathians): proposal for a new reference section in northwestern Orava. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 87, 3, 257 – 272.
- Teťák, F., Pivko, D. a Kováčik, M., 2019: Depositional systems and paleogeography of Upper Cretaceous-Paleogene deep-sea flysch deposits of the Magura Basin (Western Carpathians). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 533, 1 – 21.
- Teťák, F., Pešková, I. (eds.), Pelech, O., Sentpetery, M., Olšovský, M., Kováčik, M., Boorová, D., Laurinc, D., Demko, R., Maglay, J., Vlačíky, M., Žecová, K., Zeman, I., Gluch, A., Dananj, I., Marcin, D. a Kúšik, D., 2024: Vysvetlivky ku geologickej mape Bielych Karpát (severná časť) v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 246 s.
- Udič, M. a Jacko, S., 2008: Pieskovcové dajky v račianskej jednotke vonkajšieho flyšového pásma (Nová Polianka, východné Slovensko). *Acta Montanistica Slovaca*, 13, 4, 435 – 443.
- Watycha, L., 1976: Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski, arkusz Nowy Targ 1 : 50 000. Warszawa, Instytut Geologiczny, 101 s.

Wójcik, A., Jankowski, L., Kopciowski, R., Malata, T., Marciniak, P. a Nescieruk, P., 1995: Opracowanie formalnych jednostek litostratygraficznych Karpat zewnętrznych i zapadliska dla celów Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. Kraków, Archiwum Państwowego Instytutu Geologicznego, 121 s.

Zahorec, P., Pašteka, R., Mikuška, J., Szalaiová, V., Papčo, J., Kušnirák, D., Pánisová, J., Krajňák, M., Vajda, P., Bielik, M. a Marušiak, I., 2017: National Gravimetric Database of the Slovak Republic. In: Understanding the Bouguer Anomaly: A Gravimetry Puzzle. Amsterdam, Elsevier, 113 – 125. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812913-5.00006-3>

Summary

Geological research of the Carpathian Flysch Belt (FB) in Slovakia (Fig. 1) has culminated in the last twenty years with the publication of several regional geological maps at a scale of 1 : 50,000. In the study area, these included regional geological maps of Kysuce region (Potfaj et al., 2002), Middle Váh valley region (Mello et al., 2005), Biele Karpaty Mts. – southern part (Potfaj et al., 2014), Biela Orava region (Teták et al., 2016a), Biele Karpaty Mts. – northern part (Pešková et al., 2021), and the new geological research and mapping of the Oravská Magura Mts., which is currently in progress. The knowledge about the geological structure has been summarized in a general geological map at a scale of 1 : 200,000 (Bezák et al., 2008, 2009). In addition to the aforementioned works, geological maps from the study area have also been published by Teták (2016, 2021).

The subject of the study was the western part of the FB and its contact with the Pieniny Klippen Belt (PKB) in the territory of Slovakia from the Biele Karpaty Mts., Javorníky Mts., Kysuce region to Orava region. The PKB at the contact with the FB was also mapped marginally. The study area is part of the Magura Nappe of the FB of the External Western Carpathians. All five tectonic-lithofacial units of the Magura Nappe were represented, from the north they are the Siary, Rača, Bystrica, Krynica and the Biele Karpaty Unit (BKU). The aforementioned units form the fold-thrust system of the Magura Nappe, which is thrust from the south onto the inclined ramp of the European platform together with the more external Silesian Nappe and other more external units. The Magura Nappe is composed of deep-sea sedimentary sequences of flysch character, predominantly of Paleogene, less Early Cretaceous age (Fig. 2) (Hók et al., 2019; Teták et al., 2019).

The geological map does not cover the entire mentioned FB territory, but it displays only the parts mapped by the author of this work (Fig. 3, digital appendices) with an area up to 2,000 km². The geological structure is characterized in the explanations to the geological maps (Potfaj et al.,

2003; Mello et al., 2011; Teták et al., 2015; Teták et al., 2016b) and summarized in the explanations to the general geological map 1 : 200,000 (Bezák et al., 2009) and there is nothing to change about their validity. In addition to regional maps, the work of Potfaj (1993) for the BKU and the work of Potfaj et al. (1991) for the Krynica Unit in Orava region are particularly crucial for the understanding of the lithostratigraphic and lithofacies structure. Due to the large extent and complexity of the geological structure of the Magura Nappe, we present its characteristics only in a clear tabular form (Tab. 1).

Maps of the LiDAR based digital elevation model and its derivatives gradually available since 2021 were one of the impulses for compiling this work, together with the opportunity of digital processing of geological maps uniformly as a whole, not only by map sheets and regions. Beneficial was the possibility of reambulation of the north-eastern part of the BKU east of the Vlára valley, carried out as part of the monitoring and engineering geological mapping of slope deformations of the Biele Karpaty Mts. and the Javorníky Mts. (Liščák et al., 2022).

The map presents the author's detailed view of the geological structure of the western sector of the Carpathian Flysch Belt and can serve as a basis for further applied or more detailed regional works.

The new geological mapping has provided several insights into the geological structure of the western section of the FB and KB that have not been reported in the published literature or in archival reports. In addition to the research of flysch formations of the Magura Nappe, the goal was also to map the contact between the FB and PKB. The presence of the klippen and klippen cover in the FB area near Mestečko and Dolná Mariková villages is interpreted as the Mestečko Nappe incorporating blocks of BKU and PKB flatly thrust over the Bystrica Unit. Selected results, such as structural elevations and depressions, manifestations of the central Slovak fault system in the FB (Zázrivá fault system), the structure of the Bystrica Unit and its backthrust, the contact of the BKU and the Bystrica Unit, the Vrbovce, Zubák and Javorina nappes, the Mariková klippen, the Brvnište slice, intercalations of red claystones in the Solán Formation and the manifestations of synsedimentary tectonics, among others, were also discussed.

Rukopis doručený:	11. 3. 2023
Revidovaná verzia doručená:	15. 7. 2024
Rukopis akceptovaný redakčnou radou:	25. 11. 2024

Doplňujúci digitálny materiál dostupný online:

Electronic supplementary material available online:

Digitálna príloha 1a. Geologická mapa Bielych Karpát a Javorníkov v mierke 1 : 25 000 (2022).

Digital Appendix 1a. Geological map of the Biele Karpaty and Javorníky Mts. at a scale of 1:25,000 (2022).

<https://www.geology.sk/gps-140-4/Dig.pril1a.pdf>

Digitálna príloha 1b. Geologická mapa Bielej Oravy v mierke 1 : 25 000 (2016).

Digital Appendix 1b. Geological map of the Biela Orava region at a scale of 1:25,000 (2016).

<https://www.geology.sk/gps-138-3/Dig.pril1b.pdf>

Digitálna príloha 2a. Geologická mapa Bielych Karpát a Javorníkov v mierke 1 : 25 000 (2023).

Digital Appendix 2a. Geological map of the Biele Karpaty and Javorníky Mts. at a scale of 1:25,000 (2023).

<https://www.geology.sk/gps-138-3/Dig.pril2a.pdf>

Digitálna príloha 2b. Geologická mapa Oravskej Magury v mierke 1 : 25 000 (2024).

Digital Appendix 2b. Geological map of the Oravská Magura Mts. at a scale of 1:25,000 (2024).

<https://www.geology.sk/gps-138-3/Dig.pril2b.pdf>

Digitálna príloha 3. Schematická geologická mapa západnej časti magurského príkrovu v mierke 1 : 500 000.

Digital Appendix 3. Schematic geological map of the western part of the Magura Nappe at a scale of 1:500,000.

<https://www.geology.sk/gps-138-3/Dig.pril3.pdf>