

Petrologické a geochemické štúdium pieskovcov štítnického súvrstvia: interpretácia proveniencie

DUŠAN LAURINC a ANNA VOZÁROVÁ

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra mineralógie a petrológie,
Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

Petrological and geochemical study of sandstone of the Štítnik Formation: Interpretation of the provenance

Provenance of the Štítnik Formation sandstone was determined by the petrological and geochemical study. Based on mineral composition and matrix content the Štítnik Formation sandstone corresponds to the lithic greywacke. The petrofacial parameters defined as the $Q_{74.6}-F_{6.7}-L_{18.7}$ and $Qm_{34.1}F_{3.8}-Lt_{62.07}$ percentages indicate the recycled orogen provenance for the Štítnik Formation sediments. The Alpine metamorphic grade of the Štítnik Formation metasediments derived from the metamorphic mineral assemblage as well as from the Kubler indices ($2\tau = 0.15$ in average) indicate the lower part of the greenschist facies conditions. Characteristic metamorphic mineral association is represented by muscovite + chlorite + albite + calcite, associated with quartz. The chemical analysis of sandstones, based on oxides, trace and rare earth elements, confirm the upper crustal protholith of the Štítnik Formation sandstone. Tectonic position of the sedimentary basin was connected with rift-related setting associated with collapse of the Variscan continental collision belt. Characteristic petrofacial feature of the sedimentary filling is recycled orogeny provenance.

Key words: Permian, sandstone petrology, provenance, geochemistry, rift-related setting, Gemeric Unit

Úvod

Sedimenty štítnického súvrstvia spolu s podložným rožňavským súvrstvom ako súčasť gočaltovskej skupiny (Bajaník et al., 1981) lemujú južnú časť výskytov staršieho paleozoika gelnickej skupiny. K ich najrozšírenejším výskytom patrí oblasť medzi obcami Štítnik, Rozložná a Jelšava. Vystupujú v zložitej geologickej štruktúre, uhlovo nesúhlasne na staropaleozoickom komplexe v podloží a s horninovými komplexmi jednotiek príkrovu Bôrky a turnaika v tektonickom nadloží.

Charakteristickou črtou štítnického súvrstvia je pomerne monotónne striedanie lavicovitých pieskovcov, piesčitých bridlíc a bridlíc, iba vo vrchných častiach so šošovkami fosfátických pieskovcov a celkom v najvrchnejšej časti dolomitických vápencov s laminami sivozelených bridlíc (obr. 1). Prvýkrát tento súbor samostatne vyčlenili Bystrický a Fusán (1955), ktorí ho označili ako „morský vývoj permu“. Neskôr v prácach Vozárovej a Reichwaldera (in Bajaník et al., 1981) a Vozárovej a Vozára (1981) sa toto súvrstvie považuje za kontinentálne, aluviálne-lakustrické, s prechodom do lagunárno-príbrežných facií vo vrchných častiach. Šošovkovité polohy (s hrúbkou 0,2–0,4 m a dĺžkou 2–5 m) fosfátických pieskovcov až fosforitov prvýkrát opísal Tréger (1973). Ich genézu neskôr rozpracovali Vozárová a Rojkovič (2000).

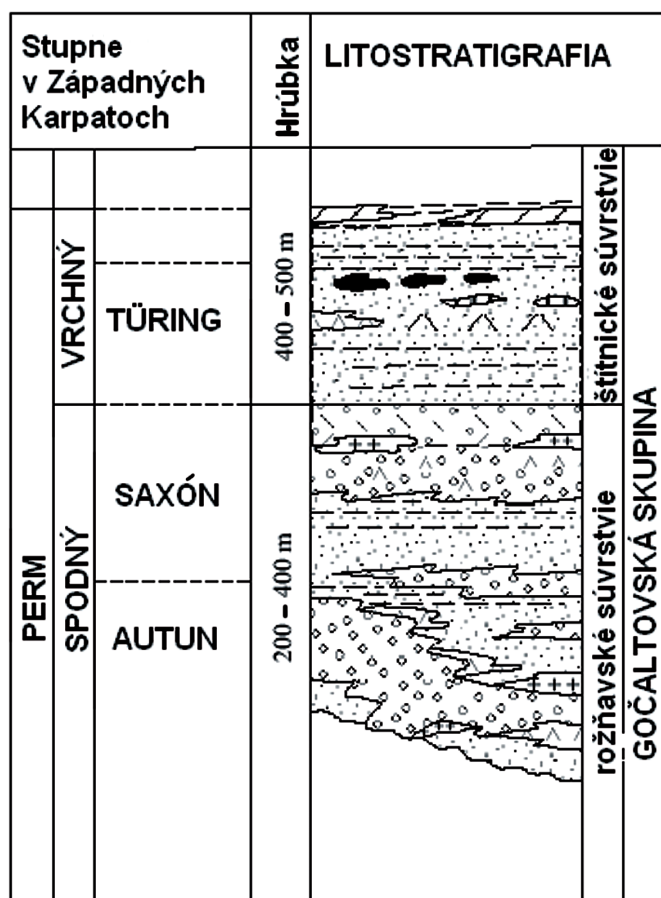
Cielom tejto práce je interpretácia zdrojových oblastí pieskovcov štítnického súvrstvia na základe ich petrologického a chemického zloženia.

Metodika

Z 15 študovaných lokalít štítnického súvrstvia (obr. 2) sa odobrali reprezentatívne vzorky pieskovcov na určenie ich modálneho zloženia a petrofaciálnych parametrov. Modálne zloženie pieskovcov sa použilo na klasifikáciu pieskovcov v zmysle Pettijohna et al. (1972), ako aj na stanovenie petrofaciálnych parametrov pieskovcov podľa Dickinsona (1985). Počítalo sa 510 zrn (matrix, kremeň, živce a litické úlomky) z každého výbrusu pomocou bodového integrátora Eltinor.

Mikroanalyzátorom CAMECA SX 100 v ŠGÚDŠ sa na 4 výbrusoch urobili mikrosondové analýzy (EMPA). Analyzovali sa klastické a metamorfne sludy a živce.

Vzorky pelitov sa podrútili na frakciu menšiu než 0,09 mm. Z tejto frakcie sa pomocou octanového rozpúšťadla odstránili karbonáty a organická hmota pomocou peroxidu vodíka. Po tejto úprave sa laboratórne získala frakcia menšia než 0,002 mm. Na Katedre ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave sa z frakcie menšej ako 0,002 mm zhotovili orientované výbrusy. Upravované vzorky sa sýtli etylénglykolom (12 hodín pri teplote 70 °C)



Obr. 1. Litostratigrafická schéma gočaltovskej skupiny (upravené podľa Vozárovej a Rojkoviča, 2000). 1 – zlepenec; 2 – pieskovce; 3 – bridlice, prachovce; 4 – dolomitické vápence; 5 – albitolity; 6 – fosfátické pieskovce; 7 – ryolitovo-dacitové vulkanoklastiká; 8 – sedimenty zmiešané s kyslým vulkanoklastickým materiálom; 9 – ryolity-dacity, ignimbrity.

Fig. 1. Lithostratigraphical scheme of Gočaltovo Group (modified after Vozárová and Rojkovič, 2000). 1 – conglomerates; 2 – sandstones; 3 – shales, silts; 4 – dolomitic limestones; 5 – albitolites; 6 – phosphatic sandstones; 7 – rhyolitic-dacitic volcanoclastics; 8 – sediments mixed with acidic volcanoclastic material; 9 – rhyolites, dacites, ignimbrites.

a analyzovali štandardizovaným prístrojom Phillips PW 1710 v laboratóriu rtg. analýzy v Geologickom ústave SAV v Bratislave.

Celohorninové chemické analýzy sa robili v laboratóriách ACME – Analytical Laboratories, Hasting St. Vancouver v Kanade.

Petrografická a petrofaciálna charakteristika

Pieskovce štítnického súvrstvia boli na základe modálneho zloženia (v zmysle Pettijohna et al., 1972) určené ako litické droby (obr. 3). Základom klasifikácie pieskovcov bolo percentuálne zastúpenie kremeňa (Qp, Qm), živcov (Kfs, Plg) a litických úlomkov (Lmag, Lmet, sludy a i.), ako aj obsah základnej hmoty (tab. 1). Karbonáty sa do matrixu nerátali. Hlavný komponent pieskovcov štítnického súvrstvia je monokryštalický kremeň, ktorý výrazne prevláda nad polykryštalickým kremeňom. Medzi živcami prevládajú plagioklas nad draselnými živcami. Pozorujeme časté výskyty acidných felzitov s blastofelzitovou alebo mikrokryštalickou štruktúrou, ojedinele s fragmentmi fenokrystov β -kremeňa a mikropertitu. Medzi klastickými sludami výrazne prevláda muskovit. V menšom množstve je prítomný klastický chlorit a len v reliktoch zostal zachovaný zvetraný biotit.

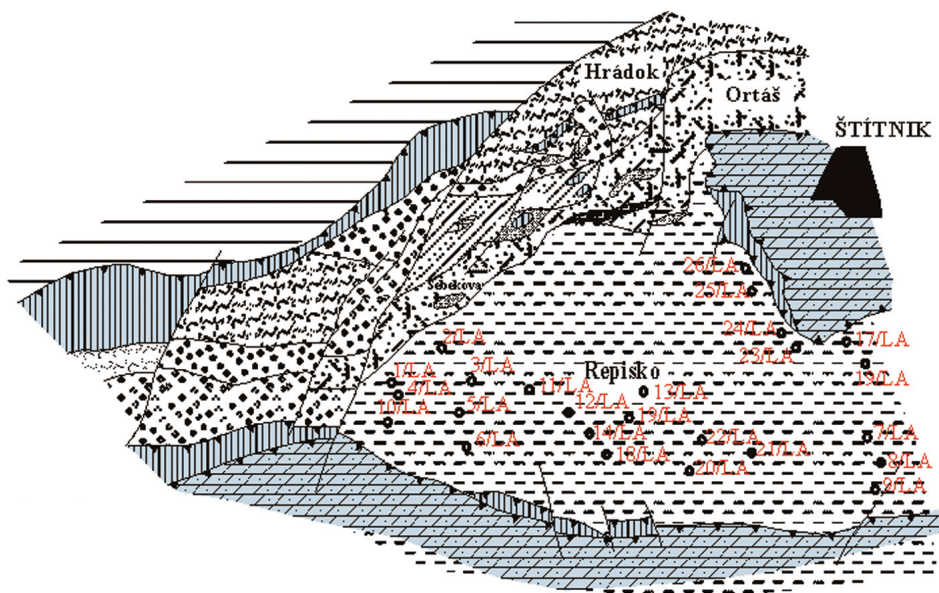
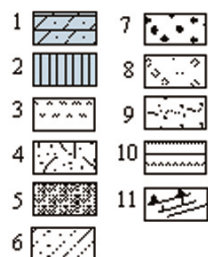
Chemické zloženie klastických slúd štítnického súvrstvia je dokumentované v tab. 2. Centrálné časti klastických slúd v porovnaní s metamorfnými sludami z matrixu sú chudobnejšie na seladonitovú zložku a patria medzi muskovity (obr. 5). Stechiometrický vzorec štítnických klastických muskovitov je $K_{0.669-0.926}Na_{0.014-0.181}Ca_{0-0.004}□_{0.046-0.2}Mg_{0.052-0.389}Fe_{0.054-0.234}Ti_{0.002-0.047}Al^{VI}_{1.476-1.899}[Si_{3.08-3.519}Al^{IV}_{0.48-1.899}O_{10}](OH)_2$.

Degradácia draselných živcov a plagioklasov tak pri procesoch zvetrávania, ako aj v diagenetickom procese viedla predovšetkým k vzniku ílových minerálov, ktoré sa v procese regionálnej premeny zmenili až na jemne šupinkovitý muskovit. Klasty Na-Ca živcov sa stávajú v diagenetickom procese nestabilnými a dochádza k odnosu Ca^{2+} (proces diagenetickej albitizácie plagioklasov). EMPA klastov potvrdili iba nízke percento anortitovej zložky (13 – 17 apfu), iba v centrálnych častiach plagioklasových klastov, pričom okraje zodpovedajú albitu (tab. 3). Uvoľnený ión Ca umožňuje vznik kalcitového cementu.

Z akcesorických minerálov je prítomný zirkón, turmalín, apatit, rutil, monazit, xenotím a oxidy a hydroxidy Fe a Ti. Prevládajú najmä zirkóny, menej apatity, turmalíny a rutily.

Petrofaciálne parametre Qt-F-L a Qm-F-Lt určujú zdrojovú oblasť štítnických pieskovcov ako recyklovaný orogén (tab. 1, obr. 6.).

Legenda



Obr. 2. Schéma geologickej mapy výskytov štítického súvrstvia s vyznačením miesta odberu vzoriek (Bajaník et al., 1984; Mello et al., 1997). **Turnaikum:** 1 – stredno- až vrchnotriasové dolomity, vápence a rohovcové vápence. **Meliaticum:** 2 – príkrov Bôrky. **Južné gemicum:** 3–8 – gočaltovská skupina (spodný až vrchný perm): 3 – metapieskovce, bridlice, občasné výskyty fosfatických pieskovcov; 4 – tufové metapieskovce a metakonglomeráty; 5 – rhyolitovo-dacitové pyroklastiká; 6 – stredno- až hrubozrnné kremenné metapieskovce s lokálnymi šošovkami konglomerátov; 7 – masívne, stredno- až hrubozrnné pieskovce; 8 – oligomiktné konglomeráty; 9 – gelnická skupina (skoré paleozoikum); 10 – prešmyková zóna, zlomy.

Fig. 2. Schematic geological map of the Štítik Formation occurrences with locations of samples (Bajaník et al., 1984; Mello et al., 1997). **Turnaia Unit:** 1 – Middle to Upper Triassic dolomite, limestone, cherty limestone. **Meliatic Unit:** 2 – Bôrka nappe sequence undivided. **Southern Gemic Unit:** 3–8 – Gočaltovo Group (Lower-Upper Permian): 3 – metasandstones, shales, scarce lenses of phosphatic sandstone; 4 – tuffaceous metasandstone and metaconglomerate; 5 – rhyolite-dacite and their volcanoclastics; 6 – medium to coarse-grained quartzose metasandstone with local intercalation of conglomerate; 9 – Gelnica Group (Lower Paleozoic); 10 – overthrust line, fault.

Tab. 1
Priemerné petrofaciálne parametre mladopaleozoických pieskovcov uvedené v percentách
Average petrofacial parameters of Upper Paleozoic sandstones (percentage)

Modálne zloženie v %	Q – F – L	Qm – F – Lt	Qp – Lvm – Lsm	Mica	Acc	Qm/Qp	Plg/Kfs	Lvm/Lsm	Matrix
1/LA	78 – 5,7 – 16,3	30,94 – 3,06 – 66,01	60,8 – 2 – 37,1	7,2	1,7	2,8	1,4	0,1	43,1
2/LA	72,7 – 11,9 – 15,4	30,02 – 6,57 – 63,41	58,2 – 4,4 – 37,4	6,3	1,4	3,0	2,5	0,1	42,3
3/LA	75,5 – 11,3 – 13,2	39,96 – 7,77 – 52,27	61 – 13,3 – 25,7	4,7	1,4	3,3	4,1	0,5	28,8
4/LA	71,8 – 8,5 – 19,7	32,78 – 4,95 – 62,27	49,5 – 5,9 – 44,6	8,6	2,3	3,6	8,0	0,1	37,9
5/LA	72 – 10,3 – 17,7	26,97 – 4,92 – 68,11	52,1 – 6,8 – 41,1	6,2	1,6	3,6	4,0	0,2	50,0
7/LA	75,3 – 2,2 – 22,5	35,03 – 1,22 – 63,75	36,2 – 48,8 – 15	2,5	1,8	5,9	5,0	3,3	45,3
8/LA	73,8 – 10,5 – 15,7	27,69 – 4,78 – 67,53	47,6 – 22,2 – 30,2	3,8	0,6	4,6	11,0	0,7	52,9
9/LA	79,6 – 1,3 – 19,1	40,71 – 0,79 – 58,5	43,1 – 47,1 – 9,8	1,8	0,4	4,7	0,0	4,8	37,1
11/LA	79,4 – 7,1 – 13,5	38,36 – 3,9 – 59,74	53,4 – 9,6 – 37	4,8	1,2	5,0	2,5	0,3	43,1
12/LA	79,2 – 6,9 – 13,9	46,77 – 4,7 – 48,53	57,4 – 26,2 – 16,4	1,7	4,2	6,8	0,7	1,6	34,0
15/LA	74,9 – 0,7 – 24,4	31,2 – 0,36 – 68,43	38,1 – 44 – 17,9	2,6	2,6	5,3	0,0	2,5	50,5
17/LA	77,4 – 1,4 – 21,2	34,02 – 0,75 – 65,23	48,4 – 37,6 – 14	2,4	2,6	4,0	0,0	2,7	45,2
19/LA	72,8 – 5,1 – 22,1	33,33 – 2,78 – 63,89	37 – 23,9 – 39,1	6,2	1,4	5,3	2,8	0,6	42,9
21/LA	66 – 10,7 – 23,4	32,15 – 6,73 – 61,12	42,1 – 38,8 – 19,1	4,0	1,7	3,4	8,0	2,0	35,4
22/LA	69,3 – 6,8 – 23,9	34,07 – 3,63 – 62,3	21,5 – 41,5 – 37	4,7	2,5	12,1	2,0	1,1	45,6

Q – kremeň, F – živce, L – litické úlomky, Qm – monokryštalický kremeň, Qp – polykryštalický kremeň, Plg – plagioklas, Kfs – draselný živce, Lvs – vulkanické a metavulkanické úlomky, Lvs – úlomky sedimentárnych a metasedimentárnych hornín, Mica – sluda, Acc – akcesorické minerály

Q – quartz, F – feldspars, L – lithic fragments, Qm – monocrystalline quartz, Qp – polycrystalline quartz, Plg – plagioclase, Kfs – potassium feldspar, Lvs – volcanic and metavolcanic fragments, Lvs – fragments of sedimentary and metasedimentary rocks, Mica – mica, Acc – accessory minerals

Tab. 2

Chemické zloženie reprezentatívnych slúd pieskovcov štítnického súvrstvia
Chemical composition of representative micas of Štítnik Formation sandstones

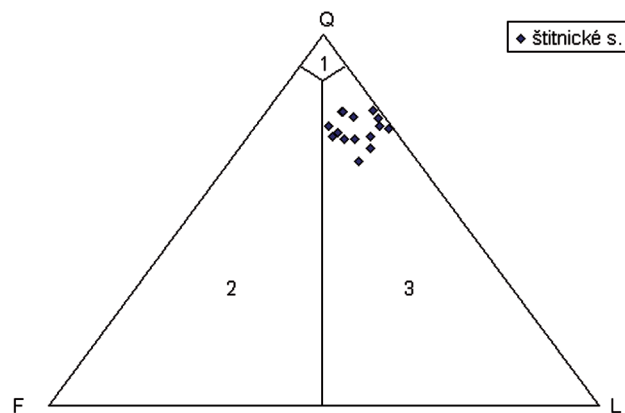
	1				2				3			
SiO ₂	46,388	46,516	47,218	48,263	49,125	48,969	49,803	48,656	49,044	52,901	55,758	53,022
TiO ₂	0,156	0,543	0,666	0,337	0,153	0,161	0,081	0,148	0,133	0,083	0,126	0,133
Al ₂ O ₃	34,456	35,976	34,546	35,292	27,649	29,440	26,582	29,590	28,157	27,515	26,385	27,155
Cr ₂ O ₃	0,059	0,010	0,000	0,046	0,062	0,054	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000
FeO	1,799	0,896	0,983	2,609	3,618	4,020	3,975	3,838	3,212	3,321	3,527	2,547
MnO	0,017	0,000	0,000	0,036	0,000	0,051	0,000	0,000	0,004	0,020	0,030	0,000
MgO	0,759	0,535	1,203	0,650	2,729	2,280	2,784	2,069	2,643	3,216	3,183	3,661
CaO	0,009	0,000	0,030	0,027	0,038	0,002	0,012	0,000	0,052	0,000	0,006	0,004
Na ₂ O	1,255	1,104	0,915	0,590	0,167	0,141	0,124	0,249	0,349	0,111	0,092	0,140
K ₂ O	9,135	9,460	9,718	10,474	10,854	10,641	10,808	10,729	10,055	11,116	8,567	9,419
F	0,000	0,000	0,296	0,000	0,237	0,000	0,000	0,000	0,000	0,148	0,000	0,152
Cl	0,000	0,009	0,012	0,013	0,002	0,005	0,000	0,000	0,008	0,000	0,013	0,014
NiO	0,000	0,006	0,021	0,019	0,000	0,000	0,014	0,048	0,031	0,000	0,000	0,000
Spolu	94,034	95,054	95,609	98,355	94,631	95,764	94,182	95,327	93,702	98,431	97,688	96,247
Mg – Li	0,076	0,053	0,040	0,063	0,218	0,008	0,283	0,208	0,268	0,280	0,304	0,325
Fe – Al	-1,736	-1,811	-1,730	-1,656	-1,347	-1,375	-1,304	-1,404	-1,409	-1,357	-1,370	-1,422

1 – klastické sludy, 2 – metamorfované okraje klastických slúd, 3 – novotvorené sludy

1 – clastic micas, 2 – metamorphic margins of clastic micas, 3 – metamorphic micas

Stupeň metamorfózy

Matrix pieskovcov je tvorený jemnozrnným agregátom svetlej sludy a kremeňa, ktorý vznikol metamorfózou pôvodne aleuritovo-pelitového materiálu. Asociáciu metamorfných minerálov tvoria: muskovit (sericit) + chlorit + albit + kalcit v asociácii s kremeňom, čo predstavuje nízky stupeň premeny. Okraje zŕn značnej časti klastických slúd boli počas alpínskej orogenézy rekryštalizované a obohatené o seladonitovú zložku (obr. 4, 5). Ich chemické zloženie zodpovedá fengitom (obr. 5, tab. 2). Namerané hodnoty Kublerovho indexu (KI) zodpovedajú epizóne (2theta = 0,12 až 0,17). Šucha a Eberl



Obr. 3. Klasifikácia drôb štítnického súvrstvia Q-F-L (Q – monokryštalický a polykryštalický kremeň, F – plagioklas a draselné živce, Lt – litické úlomky): 1 – kremenná droba; 2 – arkózová alebo živcová droba; 3 – litická droba (podľa: Pettijohn, Potter a Siever, 1972).

Fig. 3. Classification of Štítnik Formation greywackes Q-F-L (Q – monocrystalline and polycrystalline quartz, F – plagioclases and potassium feldspars, Lt – lithic debris): 1 – quartzose greywacke; 2 – arkose or feldspathic greywacke; 3 – lithic greywacke (modified after Pettijohn, Potter and Siever, 1972).

(1992) uvádzajú hodnoty KI nižšie, zodpovedajúce teplote vrchnej anchizóny (okolo 250°). Je teda veľmi pravdepodobné, že teplotné podmienky alpínskej metamorfózy varírovali v rámci štítnického súvrstvia v rozsahu vrchnej anchizóny až epizóny v závislosti od pozície vybraných vzoriek v alpínskej štruktúre, t. j. blízkosti prešmykových a násunových zón. Faktom je, že analyzované vzorky (LA-5, -13, -16, -19) boli koncentrované v blízkosti násunu turnaika a silicika na obalový perm. Intenzívna rekryštalizácia okrajov klastických slúd taktiež dovoľuje predpokladať, že teplota rekryštalizácie bola vyššia ako v prípade anchizóny, pri ktorej sa obvykle charakter piesčitej detritickej zložky nemení. Teplota vypočítaná podľa chloritového geotermometra Cathelineaua (1988) sa pohybovala v rozsahu 292 – 363 °C (Vozárová a Rojkovič, 2000).

EMPA novotvorenej a klastickej svetlej sludy sa použili na stanovenie parametra b_0 metódou publikovanou Guidottim et al. (1989). Na základe analytických údajov autorov, ktorí korelovali výsledky stanovenia parametrov b_0 metódou rtg. difrakčných záznamov (metódou vypracovanou Sassim, 1972 a Sassim a Scolari, 1974) a chemického zloženia slúd, bola doložená lineárna závislosť medzi zmenami v obsahu $\Sigma (Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+})$, $\Sigma (Al^{IV} + Al^{VI})$ a Si („fengitová“ alebo Tschermakova substitúcia) a tlakom v metapelitoch.

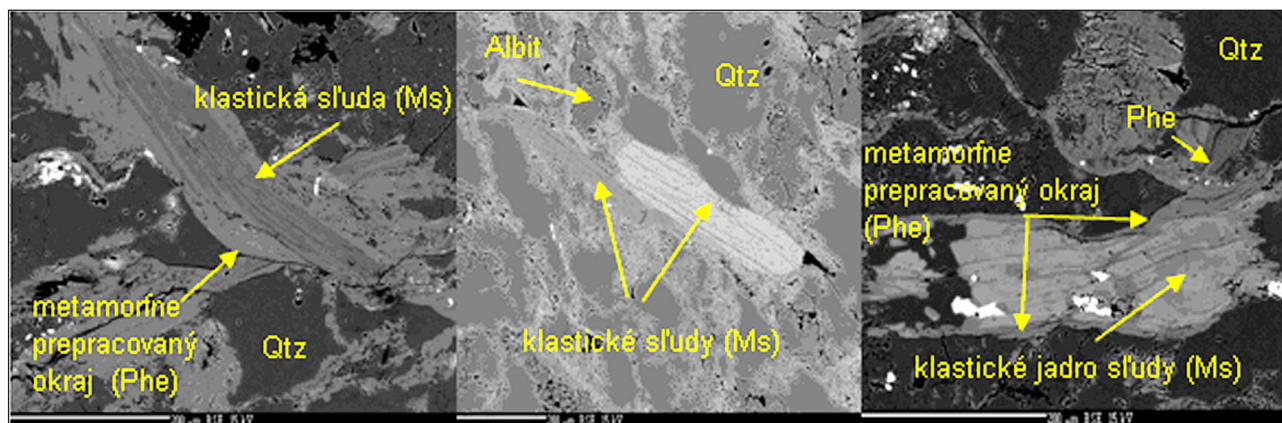
Tieto údaje sa použili ako relatívny monitoring tlaku a rozdielov jeho hodnôt v jednotlivých generáciách slúd metódou vypracovanou Guidottim a Sassim (1976, 1986), ktorí tento geobarometer rozpracovali pre nízko- a stredne-temperamentné metapelity.

Z vypočítaných hodnôt v tab. 4 vyplýva, že novotvorené sludy majú parametre b_0 vyššie ako klastické sludy, a teda indikujú vyšší tlak. Podľa stupnice stanovenej Guidottim a Sassim (1986) hodnoty b_0 vypočítané pre klastické sludy zodpovedajú nízkym hodnotám stredného tlaku (9,008 až 9,011 Å). Hodnoty b_0 okrajov klastických slúd a novotvorených slúd sa pohybujú v rozmedzí 9,036 až 9,055 Å. Zodpovedá to rozhraniu stredného až vysokého tlaku metamorfózy.

Tab. 3

Reprezentatívne chemické zloženie a obsah – An, Ab, Or v mol. % živcov pieskovcov štítnického súvrstvia
Analysed feldspar chemical composition and their calculated ternary end members in mol. %

Vzorka Analýza Minerál	1/LA ana 9 Ab	2/LA ana 5 Ab	4/LA ana 8 Pl	4/LA ana 5 Ab	4/LA ana 22 Pl	5/LA ana 9 Pl	5/LA ana 10 Pl	5/LA ana 11 Pl	25/LA ana 1 Ab	25/LA ana 7 Ab
SiO ₂	69,39	69,34	66,93	68,44	64,97	66,57	66,62	66,43	69,85	69,23
Al ₂ O ₃	19,77	19,61	20,60	19,33	21,77	21,24	21,68	21,84	19,76	19,47
FeO	0,15	0,06	0,05	0,11	0,08	0,12	0,09	0,08	0,02	0,07
CaO	0,03	0,01	1,41	0,08	2,82	2,20	2,73	2,56	0,02	0,04
Na ₂ O	11,71	11,73	10,65	11,73	10,16	10,44	10,27	10,34	11,30	11,09
K ₂ O	0,02	0,03	0,11	0,04	0,04	0,12	0,05	0,19	0,02	0,05
Suma	101,08	100,78	99,75	99,72	99,83	100,68	101,43	101,44	100,97	99,96
An	0,16	0,05	6,77	0,37	13,26	10,37	12,75	11,91	0,09	0,18
Ab	99,72	99,77	92,60	99,43	86,52	88,98	86,98	87,04	99,77	99,51
Or	0,12	0,18	0,63	0,20	0,22	0,64	0,26	1,05	0,14	0,32
Suma	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Obr. 4. BSE obrázky klastických slúd s výrazne metamorfe prepracovanými okrajmi. Klastické slúdy analyzované na mikrosonde (EMPA). Qtz – kremeň, Ms – muskovit, Phe – fengit.

Fig. 4. BSE pictures of clastic micas with markedly metamorphic revised margins. Clastic micas analysed by microprobe (EMPA). Qtz – quartz, Ms – muscovite, Phe – phengite.

Tab. 4

Priemerné hodnoty parametrov b vypočítané na základe chemického zloženia muskovitov z metapelitov štítnického súvrstvia (v Å), $b = 6x(d_{331,060})$
Average values of b parameters calculated on base of chemical composition of muscovites from metapelites of Štítnik Formation (in Å), $b = 6x(d_{331,060})$

	b vs. Fe + M	b vs. Al	b vs. Si	Na/Na + K	Počet vzoriek
Klastická slúda	9,008	9,008	9,011	0,161	11
Klastická slúda – okraj	9,036	9,037	9,05	0,038	15
Novotvorená slúda	9,036	9,055	9,042	0,022	5

Geochemia sedimentov

Chemické zloženie hornín podľa parametrov Herrona (1988; obr. 7) diskriminuje sedimenty ako droby, litické arenity až arkózy.

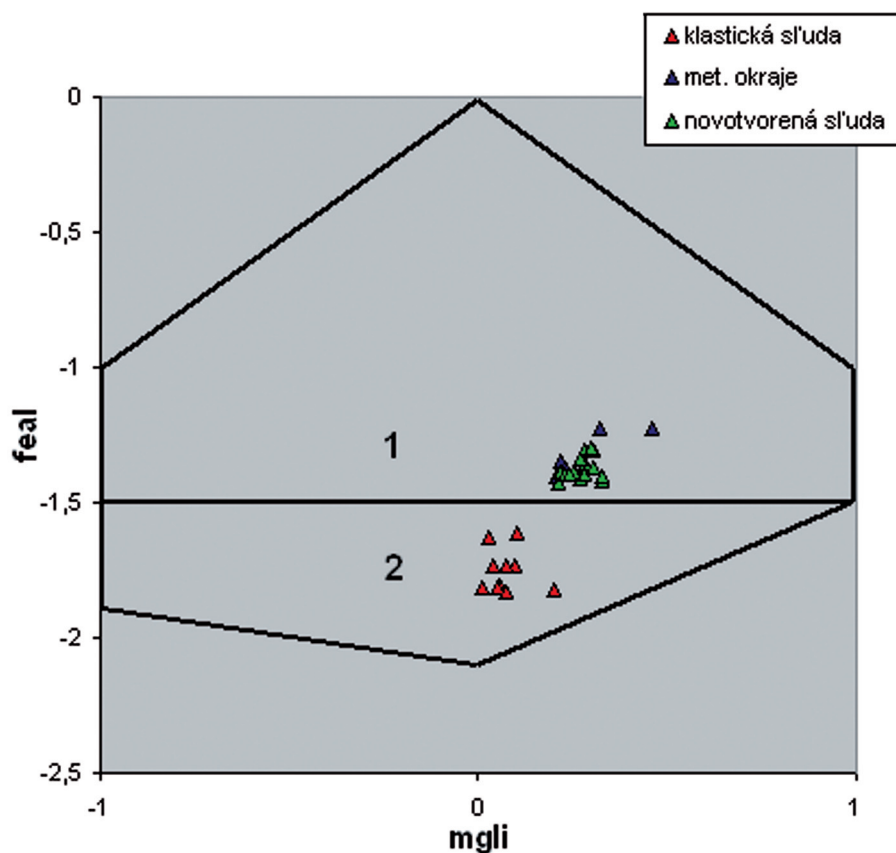
Hodnoty chemického indexu alterácie CIA (CIA = $100 \times [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)]$) (podľa Nesbitt

a Younga, 1982; obr. 8) pieskovcov štítnického súvrstvia varírujú v rozmedzí 73–80. Predstavuje to hranicu medzi stredným a intenzívnym chemickým zvetrávaním. Narastanie hodnoty CIA poukazuje na odnos alkálií k málo mobilným zložkám (Al, Ti). Vo vzorkách možno pozorovať zvýšený obsah draslíka oproti Ca a Na. Je to pravdepodobne výsledok výskytu tak klastických (muskovit), ako aj metamorfných slúd, ale aj draselných živcov. Z toho je jasné, že slúd a draselných živcov bolo vo vzorkách viac ako plagioklasov.

Plagioklasový index alterácie (PIA = $100 \times [(Al_2O_3 - K_2O) / (100 \times [(Al_2O_3 - Al_2O_3 + CaO + Na_2O - K_2O)])]$ (Fedó et al., 1995; obr. 9) pieskovcov štítnického súvrstvia dosahuje hodnoty v rozsahu 84 až 96. Tieto hodnoty jednoznačne poukazujú na intenzívnu až totálnu premenu živcov v pieskovcoch.

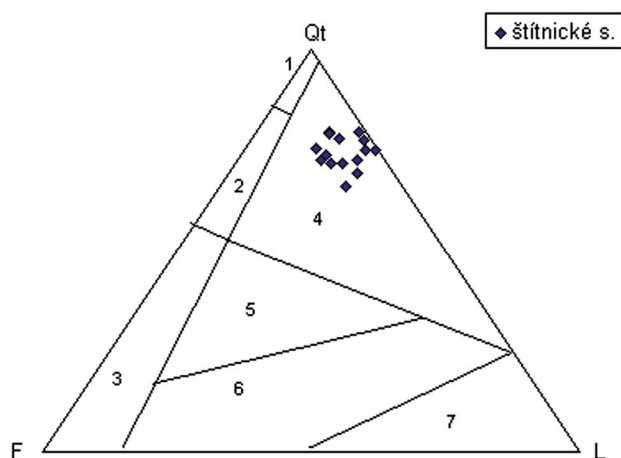
Na základe distribúcie hlavných a stopových prvkov (Floyd, 1989; Floyd a Leveridge, 1987) protolit štítnických pieskovcov zodpovedal zloženiu acidnej až intermediárnej horniny (obr. 10, 11).

Na určenie geotektonickej pozície sedimentačných bazénov sa použili diskriminačné diagramy pomerov



Obr. 5. Klasifikačný diagram slúd (upravený podľa Tischendorfa et al., 2004) s výraznými rozdielmi v zložení medzi klastickými slúdami, ich rekryštalizovanými okrajmi a metamorfnými slúdami. 1 – fengit; 2 – muskovit; mgli = Mg – Li; feal = (Mn + Ti + Fe²⁺) – Al^{IV}.

Fig. 5. Classification diagram of micas (modified after Tischendorf et al., 2004), with clear distinction of chemical composition of clastic micas, their reworked margins and metamorphic micas. 1 – phengite; 2 – muscovite; mgli = Mg – Li; feal = (Mn + Ti + Fe²⁺) – Al^{IV}.



Obr. 6. Diagram Qt-F-L znázorňujúci tektonickú pozíciu zdrojových oblastí pieskovcov. 1 – vnútorný kratón; 2 – čiastočne vyzdvihnutý kratón; 3 – vyzdvihnutý fundament; 4 – recyklovaný orogén; 5 – zrezaný oblúk; 6 – čiastočne zrezaný oblúk; 7 – nezrezaný oblúk (podľa Dickinsona, 1985).

Fig. 6. Qt-F-L tectonic discrimination diagram of sandstones source areas. 1 – craton interior; 2 – transitional continental; 3 – basement uplift; 4 – recycled orogen; 5 – dissected arc; 6 – transitional arc; 7 – undissected arc (modified after Dickinson, 1985).

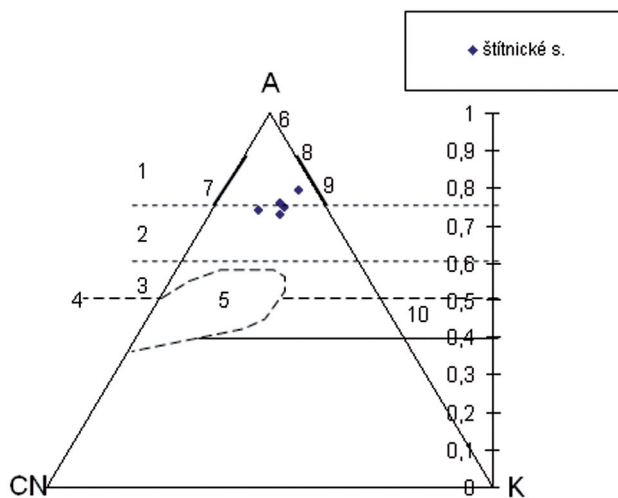
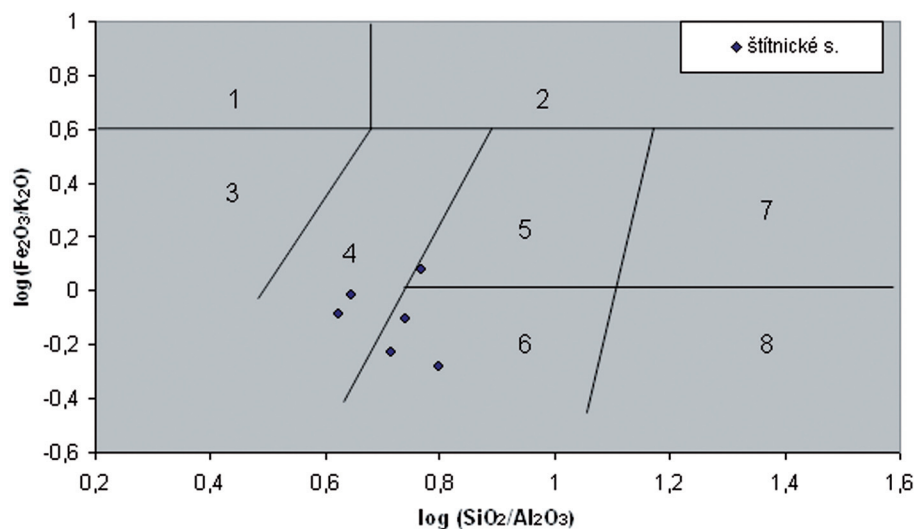
Tab. 5

Obsah hlavných prvkov (analyzované metódou ICP-ES)
pieskovcov štítnického súvrstvia v hm. %
Major elements contents in weight % of Štítnik formation
sandstones (analyzed by ICP-ES – Inducted
Coupled Plasma Emission Spectrometry)

		3/LA	5/LA	6/LA	12/LA	15/LA	19/LA
SiO ₂	%	74,37	68,74	67,76	77,35	73,94	73,07
Al ₂ O ₃	%	12,72	16,36	15,37	12,36	14,33	13,38
Fe ₂ O ₃	%	1,27	1,64	1,54	1,24	1,44	1,34
FeO	%	11,45	14,72	13,83	11,12	12,89	12,04
MgO	%	2,12	1,8	2,1	1,18	0,98	1,46
CaO	%	0,12	0,15	0,39	0,08	0,02	0,3
Na ₂ O	%	2,25	1,73	1,41	1,27	0,57	1,64
K ₂ O	%	2,58	4,46	4,75	3,63	4,39	4,19
TiO ₂	%	0,4	0,54	0,84	0,46	0,61	0,39
P ₂ O ₅	%	0,06	0,12	0,14	0,01	0,01	0,02
MnO	%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Cr ₂ O ₃	%	0,003	0,005	0,008	0,003	0,004	0,008
Ni	ppm	9	16	19	14	28	14
Sc	ppm	6	7	10	5	6	5
LOI	%	2,2	2,5	2,7	1,8	2,6	2,2
Suma	%	99,94	100,09	100,07	100,11	100,12	100,08

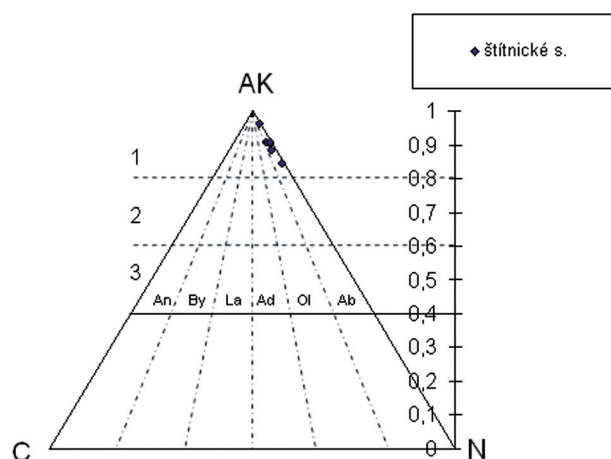
Obr. 7. Klasifikácia štítnických pieskovcov na základe chemického zloženia podľa Herrona (1988). 1 – Fe bridlice; 2 – Fe pieskovce; 3 – bridlica; 4 – droba; 5 – litický arenit; 6 – arkóza; 7 – litický subarenit; 8 – subarkóza.

Fig. 7. Classification of Štítnik Formation sandstones, based on chemical composition (modified after Herron, 1988). 1 – Fe shales; 2 – Fe sandstones; 3 – shale; 4 – greywacke; 5 – lithic arenite; 6 – arkose; 7 – lithic subarenite; 8 – subarkose.



Obr. 8. Diagram A-CN-K ($\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$) znázorňujúci index zvetrávania podľa Nesbitta a Younga (1982). 1 – intenzívne chemické zvetrávanie; 2 – stredné chemické zvetrávanie; 3 – slabé chemické zvetrávanie; 4 – plagioklas; 5 – typické zloženie magmatických hornín; 6 – kaolinit, chlorit; 7 – smektit; 8 – illit; 9 – muskovit; 10 – K živec.

Fig. 8. Diagram A-CN-K ($\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$) showing the index of weathering (modified after Nesbitt and Young, 1982). 1 – intensive chemical weathering; 2 – medium chemical weathering; 3 – low chemical weathering; 4 – plagioclase; 5 – typical composition of magmatic and volcanic rocks; 6 – kaolinite, chlorite; 7 – smectite; 8 – illite; 9 – muscovite; 10 – potassium feldspar.



Obr. 9. Diagram AK-C-N ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{Na}_2\text{O}$) podľa Feda et al. (1995) vyjadrujúci intenzitu zvetrávania plagioklasov. 1 – intenzívna, totálna premena živcov; 2 – stredná premena živcov; 3 – slabá premena živcov; Ab – albit; Ol – oligoklas; Ad – andezín; La – labradorit; By – bytownit; An – anortit.

Fig. 9. Diagram AK-C-N ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{Na}_2\text{O}$; modified after Feda et al., 1995) illustrates intensity of plagioclase weathering. 1 – intensive-total alteration of feldspar; 2 – medium alteration of feldspar; 3 – low alteration of feldspar; Ab – albite; Ol – oligoclase; Ad – andesine; La – labradorite; By – bytownite; An – anorthite.

hlavných a stopových prvkov (Roser a Korsch, 1986; Bhatia a Crook, 1986). Štítnické pieskovce obsadzujú v geotektonických diskriminačných diagramoch oblasť aktívnych kontinentálnych okrajov (obr. 12) až pasívnych okrajov (obr. 13). Zodpovedá to zdrojovej oblasti recyklovaného orogénu.

Distribúcia prvkov REE mladopaleozoických pieskovcov gemerika, normalizovaná na chondrit (Boynton, 1985) (obr. 14), zaznamenáva negatívnu Eu anomáliu. Vyjadruje

to inklináciu k vrchnokôrovému pôvodu. Obsah oxidov, stopových prvkov a prvkov vzácnych zemín (REE) je znázornený v tab. 5 a 6.

Diskusia a záver

Pieskovce štítnického súvrstvia na základe modálneho zloženia patria k litickým drobám. Zodpovedá to interpretácii zdrojovej oblasti typu recyklovaného orogénu.

Tab. 6

Obsah stopových prvkov (analyzované metódami ICP-ES a ICP-MS) v pieskovcov štítnického súvrstvia vyjadrené v ppm
Trace and REE content (in ppm) of Štítnik Formation sandstones (analysed by ICP-ES and ICP-MS – Inducted Coupled Plasma – Mass Spectrometry)

	3/LA	5/LA	6/LA	12/LA	15/LA	19/LA
Ba	1365,9	555,6	467,3	359,1	242,2	539,6
Be	2	3	3	2	2	3
Co	5,5	7,6	9,4	1,3	5,5	5,5
Cs	12,4	14,7	13,9	6,4	10,4	12,2
Ga	14,1	21,8	18,9	13	16,6	14,4
Hf	5,8	6,5	10,3	5,7	10,5	5,3
Nb	8,3	11,8	17,8	9,2	11,7	9
Rb	110,4	171,7	175	108,5	142,3	152,1
Sn	3	5	5	2	4	3
Sr	37,9	19,2	23,7	24,1	18,1	24,9
Ta	0,8	1	1,4	0,8	1	0,9
Th	6,5	10	15,1	7,9	13,8	8,7
U	1,7	2,8	3,4	2,2	2,7	2
V	33	67	85	25	42	41
W	2	2,7	5,2	2,7	3,3	2,2
Zr	205,5	229,1	361,4	197,3	363,4	181,4
Y	14,5	14,6	34,9	13	20,9	19,3
La	19,6	15,3	46,6	4,1	29,1	19
Ce	38	33,8	89,6	8,5	61,5	42,1
Pr	4,62	4,04	11,36	1,09	7,33	4,92
Nd	16,3	15,6	43	4,3	27,7	19,2
Sm	2,7	2,8	7,6	0,9	4,6	3,6
Eu	0,5	0,55	1,34	0,24	0,71	0,66
Gd	2,58	2,44	6,77	1,36	3,84	3,15
Tb	0,46	0,45	1,16	0,31	0,7	0,59
Dy	2,53	2,49	6,38	2,01	3,51	3,11
Ho	0,5	0,5	1,16	0,44	0,72	0,64
Er	1,46	1,52	3,57	1,37	2,13	1,94
Tm	0,22	0,24	0,5	0,2	0,35	0,31
Yb	1,57	1,58	3,46	1,33	2,23	1,93
Lu	0,24	0,25	0,51	0,2	0,35	0,3
Mo	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,2	0,1
Cu	4,5	0,7	2,2	16,7	7,3	9,6
Pb	1,3	1,1	1,5	6,1	0,5	1
Zn	22	13	11	9	4	6
Ni	9,1	9,8	13,8	2,6	1,7	4,1
As	<0,5	2	0,9	15,9	0,6	1,1
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sb	0,2	0,2	0,2	3,8	2	2,1
Bi	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	<0,1
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Au	<0,5	0,5	<0,5	0,9	<0,5	<0,5
Hg	0,01	<0,01	0,01	0,04	0,04	0,02
Tl	<0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Se	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6

Obsah matrixu v pieskovcoch štítnického súvrstvia varíruje v rozsahu 28,8 až 52,9 %. Naznačuje to, že značná časť matrixu zodpovedá „pseudomatrixu“ vzniknutému v dôsledku premeny živcového detritu v sedimentačnom bazéne počas diagenetickej premeny intrastratálnym rozpúšťaním. V pieskovcoch prevláda monokryštalický kremeň nad polykryštalickým v rozsahu $Qm/Qp = 2,8-12,1$. Medzi klastickými živcami vo väčšine vzoriek prevládajú plagioklasy nad draselnými živcami v pomere $Plg/Kfs = 1,4-11$. Litické úlomky v pieskovcoch sú zastúpené sedimentárnymi a metasedimentárnymi litickými zrnami (Lsm) a vulkanickými a metavulkanickými zrnami (Lvm

sú zastúpené kyslými blastofelziti). Do skupiny Lsm boli zaradené klastické sludy a úlomky nízko metamorfovaných hornín (úlomky fylitov atď.). Priemerný pomer Lvm/Lsm je 1,4. Znamená to, že vulkanické a metavulkanické úlomky hornín v pieskovcoch štítnického súvrstvia prevládajú nad sedimentárnymi a metasedimentárnymi. Klastická sluda tvorí približne 4,5 % zo všetkých klastov pieskovcov. Akcesórie, najmä zirkón, menej turmalín, rutil a apatit, sú v pieskovcoch prítomné v rozsahu 0,4 až 2,6 %. Priemerné modálne zloženie pieskovcov štítnického súvrstvia je uvedené v tab. 1.

Chemické zloženie klastických slúd sa mení od jadra k ich okrajom, ktoré boli počas alpínskej orogenézy obohatené o seladonitovú zložku. Centrálné časti klastických slúd sú v porovnaní s metamorfnými sludami z matrixu chudobnejšie na seladonitovú zložku a spadajú do poľa muskovitov. Rekryštalizované okraje klastických, ako aj novotvorených slúd majú vyššie hodnoty b_0 v porovnaní s klastickými sludami.

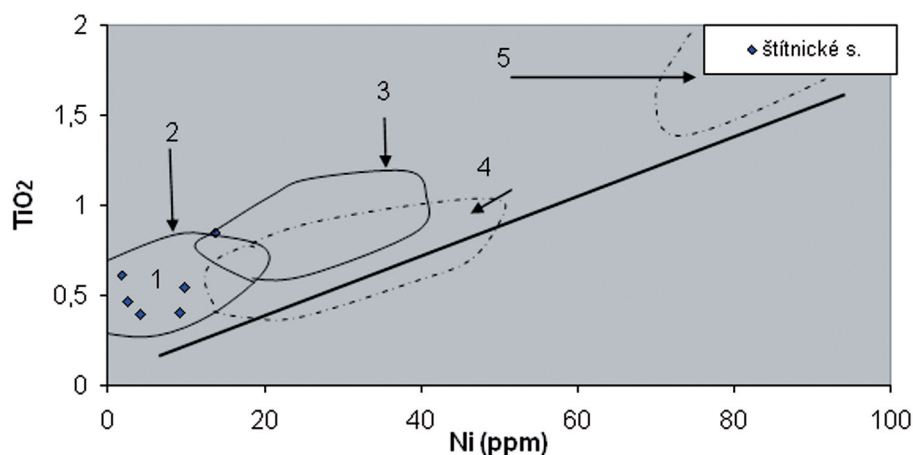
Na základe petrofáciálnej analýzy zdrojovou oblasťou mladopaleozoických pieskovcov štítnického súvrstvia bol recyklovaný orogén. Dokumentujú to zistené petrofáciálne parametre $Q_{66-79}F_{0.7-12}L_{13-24}$ a $Q_{m51-70}F_{0.7-12}L_{t24-39}$. Dickinson (1985) pre túto oblasť vyčlenil 2 petrofácie, a to kremennú a kvarcolitickú. Pre obe petrofácie je typický vzťah $Qm > Qp$. V porovnaní s inými prácami (Graham et al., 1976; Ingersoll a Packer, 1992; Crittelli a Ingersoll, 1995) je v štítnickom súvrství výraznejšia prevaha Lvm a priemerný pomer Lvm/Lsm je 1,37. Pozorujeme aj viditeľne vyšší obsah Qp.

Na základe chemického zloženia patria mlado-paleozoické pieskovce gemerika do skupiny drôb, litických arenitov až arkóz. V porovnaní s petrografickou analýzou prevládajú arkózy. Môže to byť ovplyvnené vysokým obsahom ílovitej základnej hmoty ako dôsledkom procesov intenzívneho chemického zvetrávania materskej horniny (Nesbitt a Young, 1982; obr. 7), výraznou premenou živcov (Fedó et al., 1995; obr. 8) a taktiež pokračujúcim intrastratálnym rozpúšťaním počas diagenézy. Nízke percento zachovaných živcov a ich premena (sericitizácia, karbonatizácia) túto hypotézu podporujú. Klastické minerály, najmä plagioklasy, podľahli zvetrávaniu a intrastratálnemu rozpúšťaniu pri diagenéze. Dokazuje to prítomnosť karbonátov (dolomit a kalcit) a sericitu. Dekarbonatizácia klastických živcov je základný proces pri prvých štádiách pochovania sedimentu. V prípade sedimentov štítnického súvrstvia musíme predpokladať, že zdrojom Ca^{2+} , ale aj iónov Na^+ , Fe^{2+} a Mg^{2+} bola premena ílových minerálov na zmiešanovrstvovité íly a potom na illit až muskovit. Premnou z vulkanogénneho materiálu, ktorý je medzi klastami hojný, sa uvoľnili K^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} a P^{5+} . To viedlo k vzniku novotvorenej asociácie minerálov $Ms + Cc + Chl \pm Ap$. Premena kyslého vulkanického materiálu v alkalickom semiaridnom prostredí alkalických jazier a alkalických pórových vôd viedla k autigenéze zeolitov a neskôr pri hlbšom pochovaní a stúpaní teploty až k vzniku albitu.

Hodnoty chemického indexu alterácie CIA sa pohybujú v rozsahu 73–80 a vypovedajú o strednom až intenzívnom

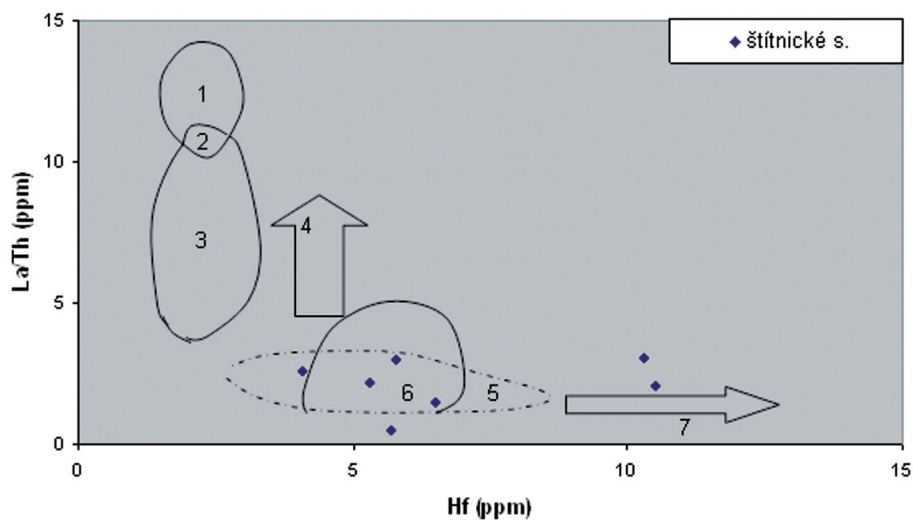
Obr. 10. Diagram TiO_2 -Ni podľa Floyda et al. (1989). 1 – granodiority; 2 – pieskovce; 3 – kalovce; 4 – acidný zdroj; 5 – bazický zdroj.

Fig. 10. Diagram TiO_2 -Ni (modified after Floyd et al., 1989). 1 – granodiorites; 2 – sandstones; 3 – mudstones; 4 – acidic source; 5 – basic source.



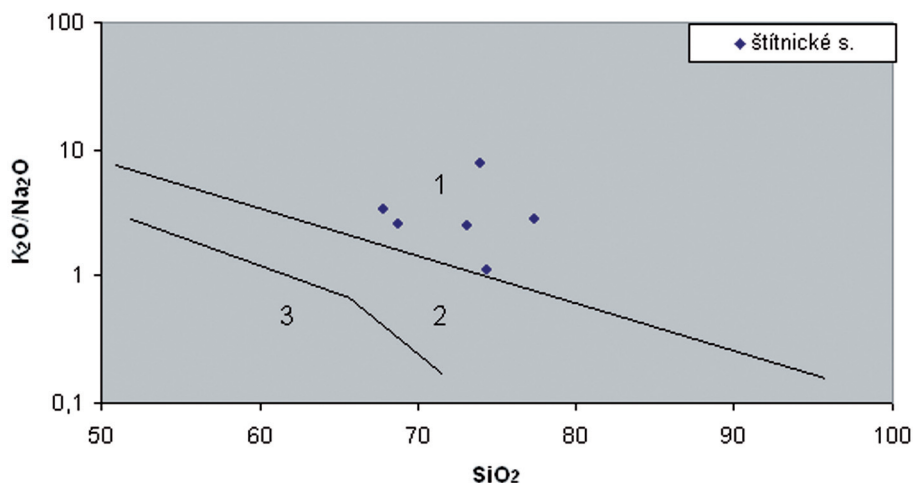
Obr. 11. Diagram La/Th – Hf podľa Floyda a Leveridga (1987). 1 – oceánske ostrovy; 2 – nižšia kontinentálna kôra; 3 – oblasť andezitických oblúkov; 4 – felziticko-bazický zmiešaný zdroj; 5 – felzitický zdroj; 6 – vrchná kontinentálna kôra; 7 – zrelé sedimenty.

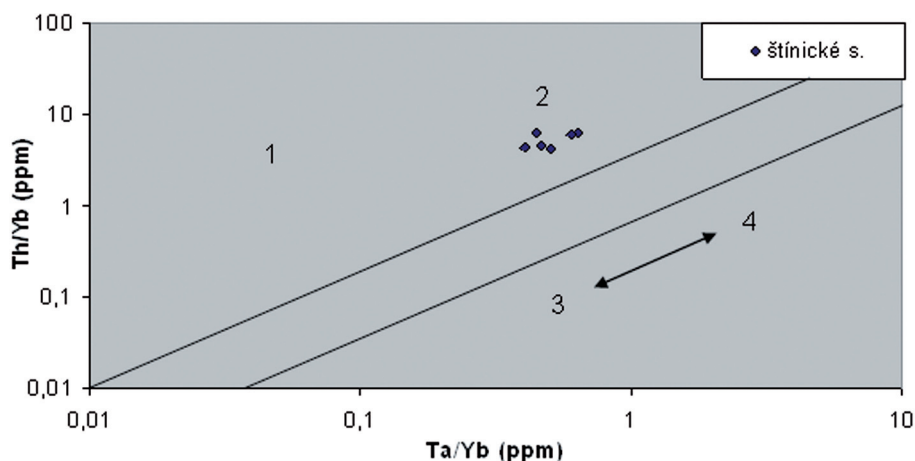
Fig. 11. Diagram La/Th – Hf (modified after Floyd and Leveridge, 1987). 1 – oceanic island; 2 – lower continental crust; 3 – andesitic arc source; 4 – felsic/basic mixed source; 5 – felsic source; 6 – upper continental crust; 7 – mature sediments.



Obr. 12. Vzťah SiO_2 – $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ v pieskovcoch štítnického súvrstvia podľa Rosera a Korscha (1986). 1 – pasívne okraje; 2 – aktívne kontinentálne okraje; 3 – ostrovné oblúky.

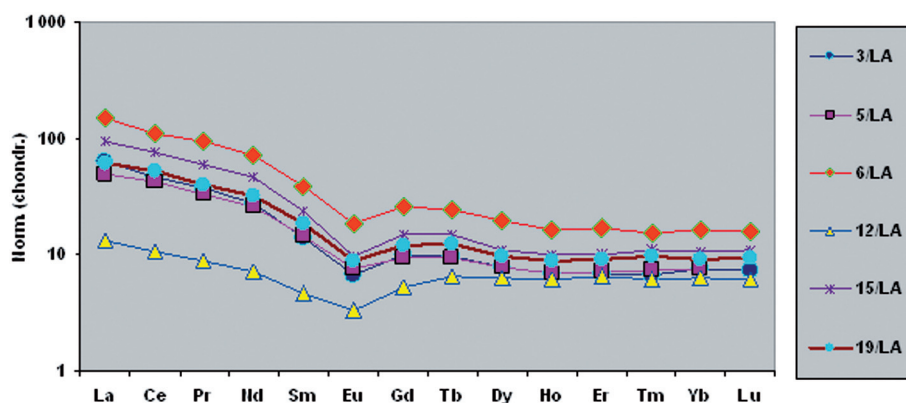
Fig. 12. Relation between SiO_2 – $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ of Štítnik Formation sandstones (modified after Roser and Korsch, 1986). 1 – passive margins; 2 – active continental margins; 3 – island arcs.





Obr. 13. Graf geotektonickej pozície štítnických pieskovcov podľa Bhatia a Crooka (1986). 1 – oceánske ostrovné oblúky; 2 – aktívne kontinentálne okraje; 3 – ochudobnené plášťové zdroje; 4 – obohatené plášťové zdroje.

Fig. 13. Geotectonic discrimination diagram of position of Štítník Formation sandstones (modified after Bhatia and Crook, 1986). 1 – oceanic island arcs; 2 – active continental margins; 3 – depleted mantle source; 4 – enriched mantle source.



Obr. 14. Distribúcia vzácnych zemín štítnického súvrstvia normalizovaná na chondrit (podľa Boyntona, 1985).

Fig. 14. The rare earth elements distribution of Štítník Formation sandstones normalized to chondrite values (modified after Boynton, 1985).

chemickom zvetrávaní v zdrojovej oblasti. Hodnoty indexu PIA vyššie ako 80 indikujú intenzívnu až takmer totálnu premenu živcov. Odráža to nielen zvetrávanie v zdrojovej oblasti, ale aj postsedimentárne premeny.

Obsah oxidu TiO_2 a prvkov Ni, Hf, La a Th, ako aj distribúcia REE indikujú zdrojovú oblasť štítnických pieskovcov vo vrchnej kôre, zložením zodpovedajúcej chemicky acidnej až intermediárnej hornine. Zdrojová oblasť klastického detritu bola spojená s recyklovaným orogénom. Tento fakt sa premieta do chemických diskriminačných diagramov na základe Th-Ta-Yb, ktorých rozdelenie kopíruje zloženie orogénnej zóny. Zvýšený obsah alkálií však indikuje vplyv odkrytých hlbších častí vrchnej kôry, to znamená tektonicky odkrytých magmatických telies. Prejavuje sa to v diskriminačnom diagrame Rosera a Korscha (1986). Distribúcia prvkov REE mladopaleozoických pieskovcov gemerika, normalizovaná na chondrit (Boynton, 1985), zaznamenáva negatívnu Eu anomáliu. Vzorka 12/LA je v porovnaní s ostatnými vzorkami chudobnejšia na LREE a jej trend je viditeľne plochý. Môže to súvisieť s nízkym obsahom klastickej zložky.

Tektonickú pozíciu sedimentačného bazénu spájame s extenzným režimom generovaným v predpolí variskej kolíznej sutúry („peripheral forland basin“; Busby a Ingesoll, 1998). Charakter sedimentárnej výplne a zmeny v minerálnom zložení pieskovcov indikujú riftový typ

sedimentačného bazénu, ktorý sa vytvoril na kontinentálnej kôre bezprostredne po vzniku variskej kolíznej sutúry (impaktogén v zmysle Sengöra et al., 1978).

„Impaktogény“ sú rifty asociované so zónami kontinentálnej kolízie. Vznikajú následne v dôsledku tenzných stresov v kontinentálnej kôre, asociovaných so vznikom kolíznej zóny (Sengör et al., 1978). Pre sedimentárnu výplň takéhoto typu riftu je charakteristické množstvo derivovaného detritu zo samotnej kolíznej sutúry. Dôkazom toho je charakter klastov v pieskovcoch štítnického súvrstvia, prevládajúce zastúpenie litických pieskovcov a výrazná proveniencia indikujúca zdrojovú oblasť recyklovaného orogénu.

Podakovanie. Táto práca vznikla vďaka Agentúre na podporu výskumu a vývoja, projektu APVV-0438-06.

Literatúra

- BAJANÍK, Š., VOZÁROVÁ, A. & REICHWALDER, P., 1981: Litostratigrafická klasifikácia rakoveckej skupiny a mladšieho paleozoika v Spišsko-gemerskom rudohorí. In: *Geol. Práce, Spr. (Bratislava)*, č. 75, s. 27 – 56.
- BAJANÍK, Š., IVANIČKA, J., MELLO, J., PRISTAŠ, J., REICHWALDER, P., SNOPO, L., VOZÁR, J. & VOZÁROVÁ, A., 1984: Geological map of the Slovenské rudohorie Mts. – eastern part 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.

- BHATIA, M. R. & CROOK, K. A. W., 1986: Trace element characteristics of greywackes and tectonic settings discrimination of sedimentary basin. In: *Contr. Mineral. Petrology (Berlin – New York)*, 92, pp. 181 – 193.
- BOYNTON, W. V., 1985: Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies. In: P. Henderson (ed.): *Rare Earth Element Geochemistry (Developments in Geochemistry 2)*, Amsterdam, Elsevier, pp. 115 – 152.
- BUSBY, C. J. & INGERSOLL, R. V. (eds.), 1995: Tectonic of sedimentary basins. *Blackwell Scienc*, pp. 1 – 548.
- BYSTRICKÝ, J. & FUSÁN, O., 1955: O veku pieskovcového súvrstvia v okolí Štítnika. In: *Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha)*, 30, s. 135 – 153.
- CATHALINEAU, M., 1988. In: Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. In: *Clay Miner. (Melbourne)*, 32, pp. 471 – 485.
- CRITTELLI, S. & INGERSOLL, V. R., 1995: Interpretation of neovolcanic versus paleovolcanic sand grains: An example from Miocene deep-marine sandstone of the Topanga Group (Southern California). In: *Sedimentology (Amsterdam)*, 42, pp. 783 – 804.
- DICKINSON, R. W., 1985: Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In: G. G. Zuffa (ed.): *Provenance of Arenites. Dordrecht, Reidel*, pp. 333 – 361.
- FEDO, C. M., NESBITT, H. W. & YOUNG, G. M., 1995: Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. In: *Geology (Boulder)*, 23, pp. 921 – 924.
- FLOYD, E. A., WINCHESTER, J. A. & PARK, R. G., 1989: Geochemistry and tectonic setting of Lewisian clastic metasediments from Early Proterozoic Loch Maree group of Gair Loch. N. W. Scotland. In: *Precamb. Res. (Amsterdam)*, 4, pp. 203 – 214.
- FLOYD, P. A. & LEVERIDGE, B. E., 1987: Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: Framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. In: *J. Geol. Soc. (Oxford)*, 144, pp. 531 – 542.
- GRAHAM, A. S., INGERSOLL, V. R. & DICKINSON, R. W., 1976: Common provenance for lithic grains in Carboniferous sandstones from Ouachita Mountains and Black Warrior Basin. In: *J. sed. Petrology (Tulsa)*, Vol. 46, No. 3, pp. 620 – 632.
- GUIDOTTI, C. V. & SASSI, F. P., 1976: Muscovite as a petrogenetic indicator mineral in pelitic schists. In: *Neu. Jb. Mineral., Abh. (Stuttgart)*, 127, pp. 97 – 142.
- GUIDOTTI, C. V. & SASSI, F. P., 1986: Classification and correlation of metamorphic facies series by means of muscovite b_0 data from low-grade metapelites. In: *M. Jb. Abh.*, 153, pp. 363 – 380.
- GUIDOTTI, C. V., SASSI, F. P. & BLENCOE, J. G., 1989: Compositional controls of the a and b cell dimensions of $2M_1$ muscovite. *Eur. J. Miner.*, 1, pp. 71 – 84.
- HERRON, M., 1988: Chemical classification of terrigenous sands and shales from core of log data. In: *J. sed. Petrology (Tulsa)*, Vol. 58, No. 5, pp. 820 – 829.
- INGERSOLL, V. L. & PACKER, M. B., 1992: Tectonic evolution of the Japanese islands as reflection in modal composition of Cenozoic forearc and backarc sand and sandstones. *Tectonic*, Vol. 11, No. 5, pp. 1 028 – 1 044.
- MELLO, J., ELEČKO, M., PRISTAŠ, J., REICHWALDER, P., SNOPKO, L., VASS, D., VOZÁROVÁ, A., GAÁL, L., HANZEL, V., HÖK, J., KOVÁČ, P., SLAVKAY, M. & STEINER, A., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, s. 1 – 255.
- NESBITT, H. W. & YOUNG, G. M., 1982: Early Earth Element in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin & McKay (eds.): *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements, Review in Mineralogy*, 21, Min. Soc. Amer., pp. 169 – 200.
- PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. & SIEVER, R., 1972: Sand and sandstones. *New York, Springer-Verlag*, pp. 1 – 618.
- ROSER, B. P. & KORSCH, R. J., 1986: Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content K_2O/Na_2O ratio. *J. Geol. (Chicago)*, 94, pp. 635 – 650.
- SASSI, F. P., 1972: The petrologic and geologic significance of the b_0 value of potassic white micas in low-grade metamorphic rocks. An application to the Eastern Alps. – Tscherms. In: *Mineral. petrogr. Mitt. (Wien)*, 18, pp. 105 – 113.
- SASSI, F. P. & SCOLARI, A., 1974: The b_0 value of the potassic white micas as a barometric indicator in low-grade metamorphism of pelitic schist. In: *Contr. Mineral. Petrology (Berlin – New York)*, 45, pp. 143 – 152.
- SENGÖR, A. M. C., BURKE, K. & DEWEY, J. F., 1978: Rifts at high angles to orogenic belts: Tests for their origin and the upper Rhine graben as an example. In: *Amer. J. Sci. (New Haven)*, No. 278, pp. 24 – 40.
- ŠUCHA, V. & EBERL, D. D., 1992: Postsedimentary alteration of the Permian sediments in the northern Gemericum and Hronicum of the Western Carpathians. In: *Miner. Slov. (Bratislava)*, Vol. 24, pp. 399 – 405 (in Slovak).
- TRÉGER, M., 1973: Výskyt uránonosných fosfátov v Spišsko-gemerskom rudohorí. In: *Miner. Slov. (Bratislava)*, roč. 5, č. 1, s. 61 – 64.
- VOZÁROVÁ, A. & ROJKOVIČ, I., 2000: Permian lacustrine phosphatic sandstones in the Southern Gemeric unit, Western Carpathians, Slovakia. In: *Geol. Carpath. (Bratislava)*, pp. 265 – 278.
- VOZÁROVÁ, A. & VOZÁR, J., 1988: Late Paleozoic in West Carpathians – Mladšie paleozoikum v Západných Karpatoch. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 314 s.

Rukopis doručený 4. 5. 2009
Rukopis akceptovaný 30. 6. 2009
Revidovaná verzia doručená 22. 6. 2009

Petrological and geochemical study of sandstone of the Štítnik Formation: Interpretation of the provenance

Provenance of the Štítnik Formation sandstone was determined by the petrological and geochemical study. Based on mineral composition and matrix content the Štítnik Formation sandstone corresponds to the lithic greywacke. Typical marks of Štítnik Formation sandstone are: high occurrence of Qm in comparison with Qp, prevailing content of plagioclase to potassic feldspar and abundance of acidic felsite. Clastic micas are mainly

defined as muscovites. Degradation of feldspar by process of weathering and diagenesis leads mostly to origin of clay minerals, which were altered to finely flakily muscovite by process of regional metamorphism. Accessory minerals consists mainly from zircon, less tourmaline, apatite, rutile, monazite, xenotime, oxides and hydroxides of Fe and Ti. The petrofacial parameters defined as the $Q_{74,6}-F_{6,7}-L_{18,7}$ and $Qm_{34,1}-F_{3,8}-Lt_{62,07}$ percentages indicate the recycled

orogen provenance for the Štítník Formation sediments. The Alpine metamorphic grade of the Štítník Formation metasediments derived from the metamorphic mineral assemblage as well as from the Kubler indices ($2\tau = 0.15$ in average) indicate the lower part of the greenschist facies conditions. Characteristic metamorphic mineral association is represented by muscovite + chlorite + albite + calcite, associated with quartz. Temperatures from 292 °C to 363 °C were calculated by chlorite geothermometer of Cathelineau (1988). EMPA analyses of metamorphic and clastic white micas were used to estimate b parameter by method published by Guidotti et al. (1989). Values of b_0 show differences of pressure between clastic white micas, their metamorphic margins and metamorphic micas. After scale by Guidotti and Sassi (1986), the clastic white micas are equivalent to low values of medial pressure (9.008

– 9.011 Å). Values b_0 of metamorphic margins of clastic white micas and metamorphic micas correspond to boundary of middle to high pressure of metamorphism (9.036 – 9.055 Å). Sandstones of Štítník Formation were markedly varied by chemical weathering in the source area and during the transport and sedimentation. Chemical index of alteration CIA shows values 73 to 80, corresponding to middle to intensive chemical weathering. Post-sedimentary alteration exemplifies the high values of PIA (more than 80). The chemical analysis of sandstones, based on oxides, trace and rare earth elements, confirm the upper crustal protolith of the Štítník Formation sandstone. Tectonic position of the sedimentary basin was connected with rift-related setting associated with collapse of the Variscan continental collision belt. Characteristic petrofacial feature of the sedimentary filling is recycled orogeny provenance.