

Katedra geológie a paleontológie
Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského
Bratislava

Roman Aubrecht

Ťažké minerály klastickej prímesi sedimentov liasu
Západných Karpát a ich paleogeografický
a paleotektonický význam

(predbežné výsledky)

HABILITAČNÁ PRÁCA

Bratislava, 1999

Katedra geológie a paleontológie
Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava

Roman Aubrecht

Ťažké minerály klastickej prímesi sedimentov liasu Západných
Karpát a ich paleogeografický a paleotektonický význam
(bredbežné výsledky).

Habilitačná práca

BRATISLAVA, 1999

OBSAH

1. ÚVOD	3
2. DOTERAJŠIE PRÁCE ZAOBERAJÚCE SA ŠTÚDIOM ŤAŽKÝCH MINERÁLOV LIASOVÝCH SEDIMENTOV ZÁPADNÝCH KARPÁT.....	4
3. METODIKA VÝSKUMU	4
4. PERCENTUÁLNE ZASTÚPENIE PRIESVITNÝCH ŤAŽKÝCH MINERÁLOV V SKÚMANÝCH VZORKÁCH	6
4.1. Silický, muránsky a stratenský príkrov	6
4.2. Nedzovský príkrov	10
4.3. Chočský príkrov	11
4.4. Krížňanský príkrov	12
4.5. Tatrikum	17
4.6. Kostelecká jednotka	23
4.7. Drietomská jednotka	23
4.8. Manínska jednotka	28
4.9. Klapská jednotka (bradlo Klape)	29
4.10. Pienidné jednotky	31
5. ŠSTATISTICKÁ ANALÝZA VZORIEK NA ZÁKLADE PERCENTUÁLNEHO ZASTÚPENIA PRIESVITNÝCH ŤAŽKÝCH MINERÁLOV	33
5.1. Regresná analýza údajov	33
5.2. Zhluková analýza údajov	37
6. VARIAČNÁ ANALÝZA MINERÁLOV	44
6.1. Morfológická typológia zirkónov	45
6.2. Chemické zloženie granátov v skúmaných vzorkách a ich pôvod	47
6.3. Chemické zloženie turmalínov v skúmaných vzorkách a ich pôvod	54
6.4. Chemické zloženie modrastých amfibolov v skúmaných vzorkách silicika s.l. a ich pôvod	61
7. DISKUSIA	62
8. ZÁVER	71
9. POĎAKOVANIE	77
10. POUŽITÁ LITERATÚRA	77
11. ÚPLNÉ ANALÝZY A MOLEKULÁRNE VZORCE DOPOSIAL NEPUBLIKOVANÝCH MIKROSONDOVÝCH ANALÝZ ŤAŽKÝCH MINERÁLOV (DOPLNOK).....	86

1. ÚVOD

Cieľom výskumu klastickej prímesi a najmä ťažkých minerálov liasu Západných Karpát je získať predstavu o paleogeografickom rozmiestnení jednotlivých segmentov Západných Karpát v predriftovej a synriftovej etape vývoja penninického oceánu ako súčasti Tetýdy. Štúdium ťažkých minerálov je nástrojom paleogeografického výskumu, ktorý dopĺňa štúdium faciálnych vzťahov a paleobiogeografického výskumu. V istých ohľadoch môžu dokonca jeho výsledky prevýšiť svojím významom výsledky spomenutých metód. Nie je však všeliakom na všetky paleogeografické problémy. V stratigrafickej úrovni liasu totiž vyvstáva v Západných Karpatoch problém redukcie pestrosti asociácií ťažkých minerálov vplyvom intrastratálneho rozpúšťania. Korelácia takto postihnutých asociácií je preto veľmi náročná a vyžaduje aj zapojenie variačnej analýzy (MORTON 1985). Výsledkom analýzy asociácií ťažkých minerálov je jednak zistenie pôvodu niektorých indexových minerálov, ako aj zistenie podobností a rozdielov medzi skúmanými vzorkami, lokalitami a tektonickými jednotkami.

Zatiaľ bolo preskúmaných vyše 100 vzoriek takmer zo všetkých hlavných tektonických jednotiek Západných Karpát. Až jedna tretina vzoriek bola negatívna. Išlo hlavne o vzorky z hronika a silicika, ako aj z Kosteleckého bradla a čiastočne fatrika. Príčina je v malom množstve siliciklastickej prímesi v týchto jednotkách, čo bolo spôsobené čiastočne odlišným geotektonickým postavením týchto jednotiek v liase. V tejto práci uvádzam zhrnutie najdôležitejších výsledkov z celých Západných Karpát. Výskum doposiaľ nepovažujem za skončený a preto považujeme tieto výsledky stále za predbežné.

2. DOTERAJŠIE PRÁCE ZAOBERAJÚCE SA ŠTÚDIOM ŤAŽKÝCH MINERÁLOV JURSKÝCH SEDIMENTOV ZÁPADNÝCH KARPÁT

Výskumom ťažkých minerálov jury jednotiek bradlového pásma sa zaoberal LOZINSKI (1956, 1957, 1959, 1966) a HALAJOVÁ (1981). LOZINSKI (l.c.) sa zaoberal predovšetkým ťažkými minerálmi zo szlachtowského súvrstvia (álen), ale aj spodnej a strednej kriedy. Urobil aj porovnania s nesúvekými súvrstviami flyšových Karpát a centrálnokarpatského paleogénu. HALAJOVÁ (l.c.) spracovala ťažké minerály z vybraných lokalít dogerských krinoidových vápencov (smolegowských a krupianskych) čorštynskej jednotky. Spracovala taktiež niektoré výskyty liasu manínskej, klapskej a kosteleckej jednotky, čím poskytla základ pre možnosti porovnávania s týmito jednotkami.

AUBRECHT (1993) spracoval asociácie ťažkých minerálov z dogeru čorštynskej jednotky. Ťažké minerály z liasových sedimentov borinskej jednotky a tatrických jednotiek Malých Karpát boli spracované v práci AUBRECHT (1994). Pôvod detritických turmalínov z týchto jednotiek bol objasnený v práci AUBRECHT & KRIŠTÍN (1995). V dizertačnej práci AUBRECHT (1994a) uviedol prvé predbežné výsledky komplexnejšieho výskumu vo všetkých jednotkách Západných Karpát. Novšie výskumy priniesli ďalšie údaje, ktoré sú aj predmetom tejto práce. V nej však chcem čitateľovi poskytnúť pokiaľ možno čo najkompletnejšie údaje a preto sú v práci zahrnuté aj spomínané staršie výsledky. V prehľadných tabuľkách sú nové lokality a vzorky zvýraznené hrubým písmom.

3. METODIKA VÝSKUMU

V prvej fáze práce boli vyzbierané vzorky liasových sedimentov obsahujúcich

siliciklastickú prímes. V ďalšej fáze nasledovalo laboratórne spracovanie vzoriek. Vzorky boli rozpúšťané v kyselinách (octovej, HCl), alebo drvené, v závislosti na ich litologickom charaktere. Následne bola plavením na sitách oddelená frakcia pod 0.71 mm. Takisto bola z tejto frakcie ešte odstránená jemná frakcia pod 0.08 mm, nakoľko minerály v tejto frakcii sú už ťažko určiteľné optickými metódami. Zo zostatkovej frakcie 0.08-0.71 mm boli odseparované ťažké minerály separáciou v bromoforme (hustota cca 2.8). V prechádzajúcom svetle bola skúmaná frakcia 0.08-0.25 mm. Celá ťažká frakcia bola skúmaná aj v dopadajúcom svetle pod binokulárnou lupou. Optickými metódami bolo stanovené pomerné zastúpenie priesvitných ťažkých minerálov. Opakné minerály po počiatočných skúsenostiach neboli brané do úvahy, nakoľko v nich vo všetkých vzorkách prevládali limonit a pyrit, ktoré pre paleogeografický výskum nemajú žiadny význam. Za účelom odstránenia týchto nežiadúcich elementov bolo nezriedka nutné variť vyseparovanú ťažkú frakciu v koncentrovanej kyseline chlorovodíkovej. V takých prípadoch nebolo možné zahrnúť do výsledkov apatit, nakoľko ten sa v tejto kyseline rozpúšťa. Pozorovaním v dopadajúcom svetle pod binokulárnou lupou boli zvlášť vyhľadávané chrómspinelidy, ktoré nezriedka presvitajú len na okrajoch a môžu byť pri pozorovaní v prechádzajúcom svetle prehliadnuté.

Doplnkové informácie o chemizme a petrografickom zložení zdrojových hornín boli získané analýzami na mikrosonde (turmalín, granát) alebo pomocou morfológie kryštálov (zirkón). Na mikrosondové analýzy boli urobené leštené výbrusy z vybraných minerálov, ktoré boli pokryté vrstvou uhlíka. Mikrosondové analýzy vybraných minerálov boli robené na pracovisku CLEOM Prírodovedeckej fakulty UK, ako aj na GS SR.

Tretia fáza pozostávala zo štatistického vyhodnotenia a grafického spracovania výsledkov predchádzajúcich etáp. V tejto etape sa posudzovala zhodnosť alebo

rozdielnosť asociácii ťažkých minerálov v jednotlivých vzorkách. Na základe toho môžu byť vyvedené aj paleogeografické a paleotektonické závery.

4. PERCENTUÁLNE ZASTÚPENIE PRIESVITNÝCH ŤAŽKÝCH MINERÁLOV V SKÚMANÝCH VZORKÁCH

4.1. Silický, muránsky a stratenský príkrov (Tab.1, Obr.1)

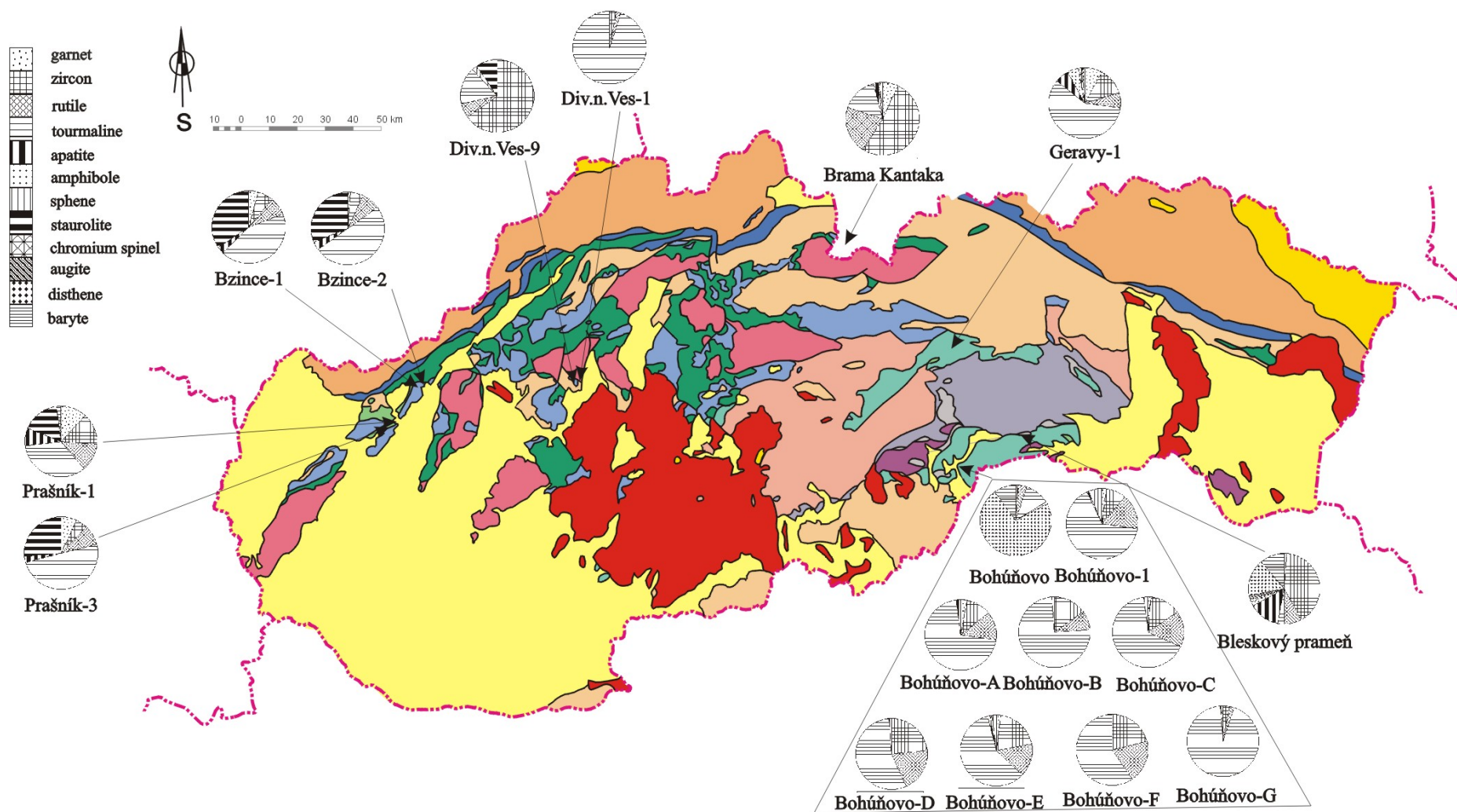
Z lokalít, ktoré možno zaradiť do silicika s.l. bolo odobraných 24 vzoriek, z ktorých žiaľ len 13 bolo pozitívnych.

Bohúňovo (silický príkrov) - vzorky boli odobraté z roztrúsenej suti na poľnej ceste, východne od obce, nad miestnym poľnohospodárskym družstvom a na poli na ktoré cesta ústila. Všetkých 9 vzoriek bolo pozitívnych. Išlo o pieskovce a piesčité vápence liasu silického príkrovu (Silická planina). Okrem nich boli na porovnanie odobraté 2 vzorky z rétických zlambašských vrstiev.

Bleskový prameň (silický príkrov) - bolo odobraných 5 vzoriek zo škvrnitých slienitých vápencov so siltovou siliciklastickou prímесou (toark-álen?). Lokalita sa nachádza pri známej paleontologickej lokalite rétu a liasu v záreze lesnej cesty na južnom svahu vrchu Drieňovec (804 m n.m.) pri severnom okraji Silickej planiny. Žiaľ, len jedna zo skúmaných vzoriek bola pozitívna; klastická prímес v ostatných vzorkách bola veľmi jemná a nebolo možné ju skúmať pod optickým mikroskopom.

Dolina Miglinc (silický príkrov) - lokalita sa nachádza vo výmole pri potoku asi v polovici dĺžky údolia pri južnom okraji Silickej planiny, vo výskyte znázornenom na mapke v práci BYSTRICKÝ (1960). Išlo o sivé vápence s občasnými rohovcami, ktoré

Obr.1 Geografické zobrazenie vzoriek zo silicika a hronika s vyznačením percentuálneho podielu jednotlivých ťažkých minerálov (vysvetlivky k podkladu - vid' obr.2). ↓



však makroskopicky neobsahovali žiadnu siliciklastickú prímes. Napriek tomu z nich bola odobraná 1 vzorka, ktorá však bola negatívna.

Synklinála Tesnej skaly (muránsky príkrov) - lokalita sa nachádza na lesnej ceste, ktorá odbočuje z cesty spájajúcej Muránsku Hutu a Červenú Skalu, smerom na Veľkú lúku na Muránskej planine, SZ od Muránskej huty. V mieste, kde táto cesta pretína výskyt jurských sedimentov na mape KLINEC (1976) boli odobrané 4 vzorky z roztrúsenej suti a jedna vzorka zo zárezu potoka prameniaceho vo vyvieracke neďaleko. Išlo o tmavé ílovité vápence s náznakmi siltovitej siliciklastickej prímesi. Všetky vzorky boli negatívne.

Geravy (stratenský príkrov) - boli odobraté 3 vzorky z tmavých ílovitých vápencov so siltovou siliciklastickou prímesou vo výmole medzi vyvierackou a ponorom v severnej časti planiny Geravy v Slovenskom Raji. Výskyt jurských hornín je znázornený na mapke v práci MAHEL (1957). Len jedna zo skúmaných vzoriek bola pozitívna.

Malé množstvo úspešných vzoriek odráža jeden nezanedbateľný fakt. Tým je všeobecný nedostatok siliciklastickej prímesi v liasových horninách silicika s.l. (aj hronika - vid' príslušná kapitola). V porovnaní s jednotkami tatrika, fatrika a bradlového pásma je obsah siliciklastickej prímesi oveľa menší. Súvisí to pravdepodobne s iným geotektonickým postavením spomínaných jednotiek v období liasu. Zatiaľ čo severnejšie jednotky boli ovplyvnené riftingom Ligúrsko-Penninicko-Vahického oceánu, južnejšie jednotky boli vo sfére vplyvu konverencie uzatvárajúceho sa meliatského oceánu (silicikum), alebo sa vyskytovali v pomerne neutrálnej zóne medzi nimi (hronikum). Jurské sedimenty silicika sú všeobecne o čosi bohatšie na siliciklastickú prímes, aj keď je žiaľ často len v siltovej frakcii, ktorá sa študuje dosť obtiažne.

Zo vzoriek z Bohúňova vidno, že prevládajúcou asociáciou je najstabilnejšia asociácia turmalín-zirkón-rutil, s vysokou prevahou turmalínu. Takáto asociácia vzniká

ochudobnením sedimentu o nestabilnejšie ťažké minerály, či už viacnásobnou resedimentáciou materiálu, alebo intrastratálnym rozpúšťaním. Tieto najnovšie výsledky z Bohúňova ukazujú, že percentuálne zastúpenie ťažkých minerálov je podobné vzorkám z centrálnych Západných Karpát, hlavne z tatrika (AUBRECHT, 1994). Zaujímavá je aj prevaha turmalínu, ktorý je zriedkavý v tatroveporickom kryštaliniku (AUBRECHT & KRIŠTÍN, 1995), avšak hojný v gemeriku. Napriek tomu, že ide o ochudobnenú asociáciu, množstvo ťažkých minerálov bolo vo vzorkách pomerne hojné, čo je v kontraste s podobnými asociáciami napríklad v tatriku, kde sa ochudobnenie odráža aj v množstve ťažkých minerálov. Na rozdiel od tatrika sa vo vzorkách z Bohúňova vyskytujú aj ojedinelé modrasté odrody turmalínov. Najzávažnejší je výskyt vápenatých modrastých amfibolov pri Bohúňove, Bleskovom prameni a ojedinele aj na Geravách. Podrobnejšie o nich pojednáva zvláštna kapitola.

Lokalita	Gr	Zr	Ru	Tu	Ap	Am	Ti	St	Sp	Aug	Dis	M.A	C.A
rét													
Bohúňovo - zl. 1	1	0	25	16	49	0	0	0	0	0	0	6	0
Bohúňovo - zl. 2	2	0	14	14	68	0	1	1	0	0	0	0	0
lias													
Bohúňovo	0	1	4,8	12	0,3	1,6	0	0	0	0	0	80	0
Bohúňovo - 1	2,2	9,4	16	65	1,4	0	5,8	0	0	0	0	0	0
Bohúňovo - A	2,9	11	13	70	2,1	0	0,7	0	0,7	0	0	0	0
Bohúňovo - B	0	16	8,7	75	0,3	0	0,9	0	0	0	0	0	0
Bohúňovo - C	1	14	16	65	0,5	0	2,4	0	0	0	0	0	0
Bohúňovo - D	0,2	23	20	55	0,2	0,3	1,1	0	0,2	0	0	0	0
Bohúňovo - E	1,8	20	15	59	0,9	0,9	1,8	0	0	0	0	0	0
Bohúňovo - F	0,5	21	19	59	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0
Bohúňovo - G	0	2,9	1,9	94	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Bleskový prameň	0,9	47	8,6	3,4	16	1,7	0,9	0	0	2,6	0	19	0
Geravy - 1	8,5	12	6,8	58	6	5,1	0	0	2,6	0	0	0,9	0

Tab.1 Percentuálne zastúpenie priesvitných ťažkých minerálov v liase silicika s.l.

Vysvetlivky: Gr - granát, Zr - zirkón, Ru - rutil, Tu - turmalín, Ap - apatit, St - staurolit, Ti - titanit, Sp - chrómspinelidy, Aug - augit, Dis - distén, Am - obyčajný amfibol, M.A. - modrastý amfibol, C.A. - čadičový amfibol

4.2. Nedzovský príkrov (Tab.2, Obr.1)

Z liasu nedzovského príkrovu, ktorý je v podstate prechodnou jednotkou medzi sedimentárnymi priestormi silicika a hronika (MELLO in SALAJ et al., 1987), bolo odobraných 8 vzoriek z liasových krinoidových vápencov z okolia obcí Bzince pod Javorinou a Prašník v Čachtických Karpatoch.

Bzince pod Javorinou - dve vzorky boli odobraté v spodnej časti ľavého hrebeňa lomu medzi Bzincami pod Javorinou a Novým Mestom nad Váhom (viď SALAJ et al., 1987 - obr. 12). Ide o krinoidový vápenec liasu s piesčitou prímiesou. Ďalšie dve vzorky boli odobrané zo slabo krinoidového vápenca v suti na svahu, asi 200 m J od spomínaného lomu. Z oboch párov vzoriek bol vždy jeden kus pozitívny.

Prašník - boli odobraté 4 vzorky z krinoidových vápencov na severnom svahu Tlstej hory (426 m n.m.) južne od obce Prašník neďaleko Vrbového. Dve zo vzoriek boli pozitívne.

Vzorky sa vyznačujú zaujímavými asociáciami ťažkých minerálov. Popri prevahe stabilného turmalínu sa v nich totiž vyskytuje aj málo stabilný staurolit a v Prašníku aj o niečo stabilnejší granát. Asociácie z Bziniec sú zaujímavé aj neprítomnosťou (alebo veľmi malým množstvom) granátu, ktorý je inak v západokarpatskom kryštaliniku oveľa

Lokalita	Gr	Zr	Ru	Tu	Ap	Am	Ti	St	Sp	Aug	Dis	M.A	C.A.
Bzince p.Jav.- 1	0,96	5,77	8,17	49,5	3,85	0	0,48	31,3	0	0	0	0	0
Bzince p.Jav.- 2	3,83	7,18	7,66	43,1	3,35	0	0,48	34,4	0	0	0	0	0
Prašník-1	12,3	14	12,9	35,1	8,77	0	0	17	0	0	0	0	0
Prašník-3	6,98	5,4	9,21	49,2	2,86	0	0	26,3	0	0	0	0	0

Tab.2 Percentuálne zastúpenie priesvitných ťažkých minerálov v liase nedzovského príkrovu.

Vysvetlivky: Gr - granát, Zr - zirkón, Ru - rutil, Tu - turmalín, Ap - apatit, St - staurolit, Ti - titanit, Sp - chrómspinelidy, Aug - augit, Dis - distén, Am - amfibol, M.A. - modrastý amfibol, C.A. - čadičový amfibol

hojnejší a v sedimente stabilnejší. To nasvedčuje na zvláštne zloženie zdrojových hornín. Vzhľadom na to, že staurolit a granát sa vyskytujú prevažne v metamorfitoch stredných stupňov metamorfózy, je takmer isté, že ich zdrojovou oblasťou nebolo gemerikum, ale skôr kryštalinikum tatroveporického typu. Granáty boli analyzované na mikrosonde; výsledky sú uvedené v príslušnej kapitole.

4.3. Chočský príkrov (Tab.3, Obr.1)

Z chočského príkrovu bolo odobraných 12 vzoriek z krinoidových vápencov liasu.

Brama Kantaka - vzorky boli odobrané zo sute na východnom svahu doliny pri tiesňave Brama Kantaka, v Koscieliskej doline v Poľskej časti Západných Tatier. Bolo odobraných 5 vzoriek z krinoidových vápencov a dolomitických brekcií liasu chočského príkrovu. Len v jednej vzorke boli zaregistrované a zrátané detritické ťažké minerály.

Rohatá skala - vzorky boli odobrané z hrebeňa vedúceho od cesty spájajúcej Beluškú Slatinu a Mojťín ku vrcholu Rohatej skaly v Strážovských vrchoch (medzi Rohatou skalou a Rohatínom). Vzorky boli odobraté v rôznych nadmorských výškach. Išlo o 4 vzorky krinoidového vápence jury chočského príkrovu s občasnými rohovcami. Všetky vzorky boli negatívne, našli sa len ojedinelé opracované zrná zirkónu.

Diviacka nová Ves - 3 vzorky boli odobrané z okolia opusteného lomu niekoľko metrov západne od obce pri lesnej ceste, v doline pod Končítym vrškom (557 m n.m.) v Strážovských vrchoch. Išlo o sivé piesčité a mikritické vápence (siliciklastická prímes bola viditeľná voľným okom) jury chočského príkrovu. Dve zo vzoriek boli pozitívne.

Vzorky boli napriek starostlivému náročnému terénnemu výberu v drvivej väčšine sterilné. V mnohých prípadoch sa ukázalo, že napríklad zdanlivá okom viditeľná piesčitá

prímes predstavuje len detritus z dolomitových kryštalkov, derivovaných pravdepodobne z podložných triasových hornín.

Vzorky z chočského príkrovu sa rôznia. V jednej vzorke sa vyskytuje takmer výhradne turmalín s malým množstvom zirkónu a rutilu (opäť najstabilnejšia asociácia - vzorka D.N.V. 1), zatiaľ čo v ďalších vzorkách je prevaha zirkónu s menším obsahom rutilu, turmalínu, apatitu a prípadne granátu. Boli nájdené aj ojedinelé zrná chrómspinelidov. Prvú asociáciu možno dať do súvisu so vzorkami z Bohúňova a aj z nedzovského príkrovu (po odstránení nestabilnejších minerálov), zatiaľ čo ďalšie dve vzorky sa zo schémy vymykajú. Ide však takisto o ochudobnenú asociáciu, na základe ktorej nemožno robiť ďalekosiahle uzávery, najmä ak ide zatiaľ o malé množstvo pozitívnych vzoriek.

Lokalita	Gr	Zr	Ru	Tu	Ap	Am	Ti	St	Sp	Aug	Dis	M.A	C.A.
Div.n.Ves.-9	0	59,6	6,38	8,51	14,9	0	0	2,13	8,51	0	0	0	0
Div.n.Ves-1	0	2,96	1,78	95,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brama Kantaka-4	7,09	52	21,3	16,5	1,57	0	0	0	0,79	0	0	0,79	0

Tab.3 Percentuálne zastúpenie priesvitných ťažkých minerálov v liase chočského príkrovu.

Vysvetlivky: Gr - granát, Zr - zirkón, Ru - rutil, Tu - turmalín, Ap - apatit, St - staurolit, Ti - titanit, Sp - chrómspinelidy, Aug - augit, Dis - distén, Am - amfibol, M.A. - modrastý amfibol, C.A. - čadičový amfibol

4.4. Krížňanský príkrov (Tab.4, Obr.2)

Z krížňanského príkrovu a jeho ekvivalentov bolo analyzovaných 16 vzoriek.

Lokalizácia vzoriek je nasledovná:

Pod Havranom - vzorka bola odobraná zo sinemúrskych pieskovcov až kremencov pod vrchom Havran (čiastkový príkrov Havrana) v Belanských Tatrách (vzorka poskytnutá prof. Mišíkom).

Štefanov žľab - vzorka odobraná zo sinemúrskych kremencov (čiastkový príkrov Havrana) v profile Štefanov žľab v Belanských Tatrách (vz.č.31 b. - poskytnutá dr. Sýkorom).

Strážovce - vzorka odobraná z červenkastých piesčitých bridlíc liasu zliechovského vývoja krížňanského príkrovu v Strážovských vrchoch. Ide o bázu jurskej časti profilu spracovaného v práci BORZA et al. (1980).

Smolenice - vzorka bola odobraná zo sivých, slabo piesčitých vápencov liasu vo veľkom lome neďaleko ústia dolina Hlboč pri Smoleniciach (vysocký vývoj krížňanského príkrovu - Malé Karpaty).

Pod Vysokou - vzorka bola odobraná z tmavosivých pieskovcových vložiek v tmavých bridliciach liasu (kopienecké súvrstvie) pri zarastenej ceste vedúcej zo sedla medzi hrebeňom Vyskej a Prístodolkom (vysocký vývoj krížňanského príkrovu - Malé Karpaty).

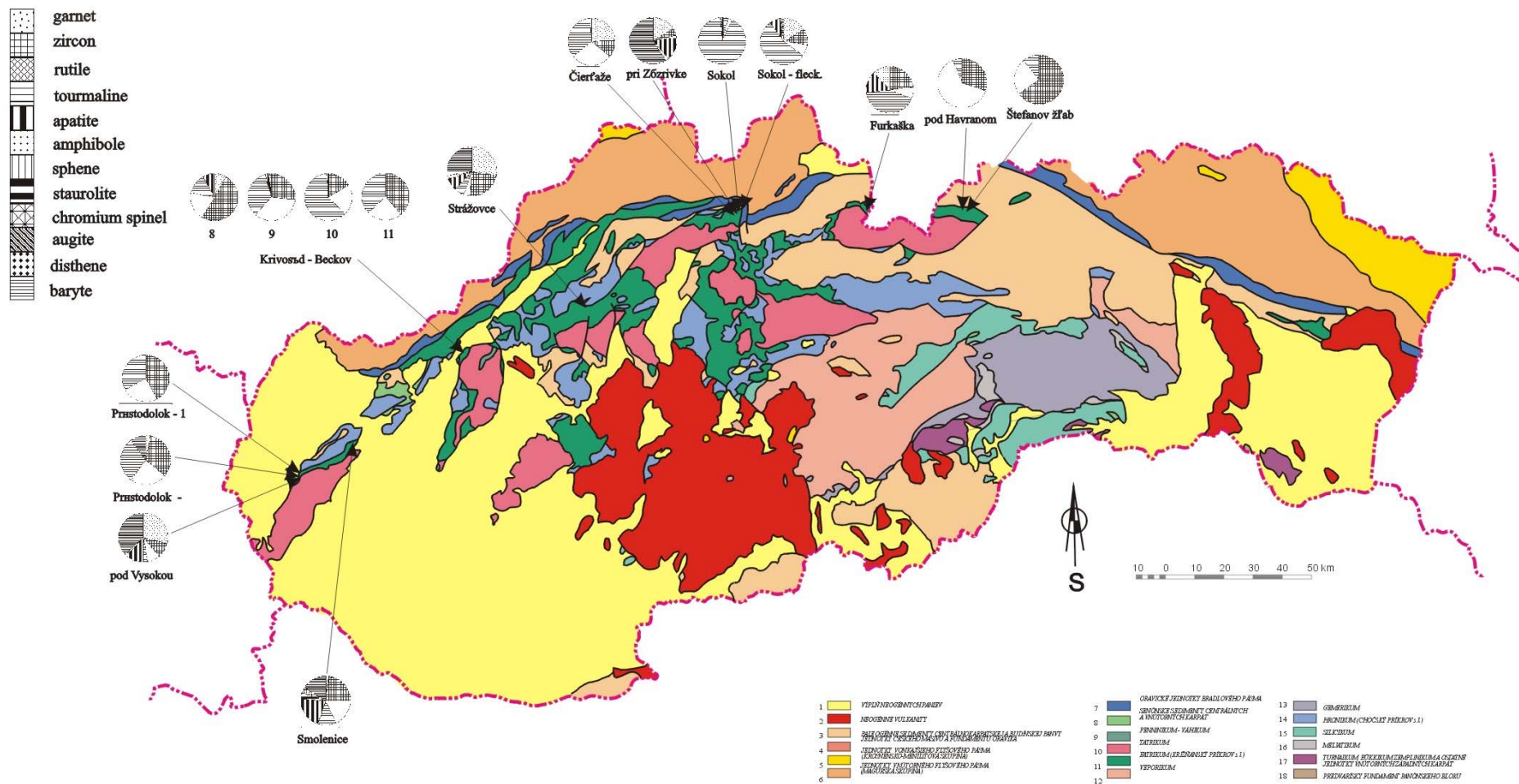
Prístodolok 1 - vzorka bola odobraná z krinoidových vápencov na J svahu Prístodolka, neďaleko sedla medzi Prístodolkom a Vysokou v Malých Karpatoch.

Prístodolok 2 - vzorka bola odobraná z červených krinoidových vápencov s mikrokonglomerátovou polohou v najzápadnejšej bralnej kulise v hrebeni Prístodolka v Malých Karpatoch.

Čierťáže - vzorka bola odobraná z pieskovcov kopieneckého súvrstvia zliechovského vývoja, na hrebeni Čierťáže idúcom z doliny Zázrivky smerom na Osnicu v Malej Fatre.

Pri Zázrivke - vzorka bola odobraná z pieskovcovej polohy v tmavých bridliciach (kopienecké súvrstvie) nad potokom Zázrivka, pri ústí potoka z doliny Sokol na hrebienku

Obr.2 Geografické zobrazenie vzoriek z fatrika s vyznačením percentuálneho podielu jednotlivých ťažkých minerálov. ↓



vedúcom na Sokolec (zliechovský vývoj krížňanského príkrovu - Malá Fatra).

Svah doliny Sokol - vzorka bola odobraná z pieskovcovej polohy v kopieneckom súvrství pod hrebeňom Sudov, na severnom svahu doliny Sokol.

Sokol - algäuské vrstvy - vzorka bola odobraná z piesčitej polohy v algäuských vrstvách (fleckenmergel - vyšší lias) - pod hrebeňom Hrčkovej Kečky (zliechovský vývoj krížňanského príkrovu - Malá Fatra).

Furkaška - vzorka bola odobraná z liasových pieskovcov až kremencov na profile Furkaška v Západných Tatrách (zliechovský vývoj krížňanského príkrovu). Vzorka bola poskytnutá dr. Sýkorom.

Krivosúd-Beckov (vzorky 8-11) - 4 vzorky boli odobrané z pieskovcov a piesčitých vápencov kopieneckého súvrstvia z profilu zliechovským vývojom krížňanského príkrovu, pozdĺž cesty medzi Krivosúdom a Beckovom v Považskom Inovci.

Výsledky z týchto vzoriek naznačujú, že v rámci sedimentačného priestoru fatrika jestvuje viacero asociácii ťažkých minerálov, pravdepodobne pochádzajúcich z rôznych zdrojov. Doposiaľ bodovo odoberané vzorky z rôznych pohorí a ich častí sa rôznili. Ako vidno na vzorkách z Malej Fatry a Malých Karpát, striedanie sa asociácii sa prejavuje aj v rámci jedného profilu. Z toho vyplýva, že na sledovanie asociácii ťažkých minerálov v liase krížňanského príkrovu je nutné robiť odbery vzoriek po profiloch, zo všetkých úrovní, ktoré obsahujú dostatočné množstvo siliciklastického materiálu.

Vo fatriku prevládajú teda dve asociácie ťažkých minerálov. Prvá, zistená vo vzorkách z vysokej jednotky Malých Karpát, na profile Strážovce v Strážovských vrchoch a na troch vzorkách z Malej Fatry, je reprezentovaná asociáciou granát-apatit- zirkón, lokálne so značným zastúpením autigénneho barytu (nezahrnutý v tabuľke). Druhá asociácia je tvorená najstabilnejšou asociáciou zirkón-rutil-turmalín $\pm$ apatit. Pomery medzi

jednotlivými minerálmi sú variabilné, avšak možno sa domnievať, že ide o asociáciu zo zdroja podobného zdroju v tatriku (viď nasledujúca kapitola). Na základe výskytu oboch asociácií v niektorých profiloch možno vylúčiť, že by druhá asociácia vznikla výhradne ochudobnením vplyvom intrastratálneho rozpúšťania. Na vzorkách obsahujúcich granát je síce patrná silná korózia, tá však nevedie k úplnému vymiznutiu granátu.

Z uvedených výsledkov možno uviesť predbežný predpoklad, že každá asociácia predstavuje inú zdrojovú oblasť, ktorých sedimenty sa na dne fatrickej panvy zmiešavali. Prvá asociácia môže pochádzať z veporika, zatiaľ čo druhá môže mať pôvod v tatriku. Uvedený predpoklad je zatiaľ len špekuláciou a až ďalším výskumom možno dospieť k hodnovernejším informáciám.

Lokalita	Gr	Zr	Ru	Tu	Ap	Am	Ti	St	Sp	Aug	Dis	M.A	C.A.
pod Havranom	0	30,7	63,5	5,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Štefanov žľab	0	65,8	23,7	10,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Furkaška	0	22,7	7,58	42,4	15,2	12,1	0	0	0	0	0	0	0
Strážovce	37,2	30,2	5,81	9,3	10,5	2,33	4,65	0	0	0	0	0	0
Pod Vysokou	45,7	15,2	13	4,35	19,6	2,17	0	0	0	0	0	0	0
Smolenice	2,13	27,7	21,3	14,9	25,5	0	0	4,26	0	0	4,26	0	0
Prístodolok - 1	3,39	36,4	26,3	33,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prístodolok - 2	0	42,5	24,6	32,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Čiert'áže	13	13,9	31,7	40,4	0,96	0	0	0	0	0	0	0	0
Sokol-flecken.	16,8	11,6	8,42	54,7	7,37	0	0	0	1,05	0	0	0	0
Sokol	0	4,02	2,87	91,4	0,57	0	0	0	0	1,15	0	0	0
pri Zázrivke	39,1	13	0	4,35	39,1	4,35	0	0	0	0	0	0	0
Krivos.-Beckov-8	8,47	50,8	18,6	13,6	8,47	0	0	0	0	0	0	0	0
Krivos.-Beckov-9	0	26,3	34,8	33,9	2,23	0,89	0	0	0,45	0	0,89	0	0
Krivos.-Beckov-10	0	18	20,4	60,5	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Krivos.-Beckov-11	0	38,5	24	36,7	0,35	0,35	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 4 Percentuálne zastúpenie priesvitných ťažkých minerálov v liase krížňanského príkrovu.

Vysvetlivky: Gr - granát, Zr - zirkón, Ru - rutil, Tu - turmalín, Ap - apatit, St - staurolit, Ti - titanit, Sp - chrómspinelidy, Aug - augit, Dis - distén, Am - amfibol, M.A. - modrastý amfibol, C.A. - čadičový amfibol

4.5. Tatrikum (Tab.5, Obr.3)

Výskum ťažkých minerálov jury tatrika je veľmi dôležitý, nakoľko ide o kľúčové územie pre poznanie vzájomných vzťahov jednotiek bradlového pásma a centrálnych Západných Karpát. Liasové sedimenty tatrika pritom obsahujú značný podiel siliciklastickej prímеси. Ako prvé boli spracované vzorky z borinskej jednotky a tatrických jednotiek Malých Karpát (AUBRECHT, 1994). Tieto vzorky boli v neskôr doplnené doposiaľ nepublikovanými údajmi z pohorí Malá a Veľká Fatra, Tríbeč, Západné, Nízke a Vysoké Tatry a Považský Inovec. Takisto boli doplnkovo spracované aj dve ďalšie vzorky z borinskej a orešianskej jednotky v Malých Karpatoch.

Celkove bolo doposiaľ spracovaných 27 vzoriek, v rámci ktorých na dokreslenie uvádzame aj výsledky z Malých Karpát publikované v práci AUBRECHT, 1994.

Lokalizácia odobraných vzoriek je nasledovná:

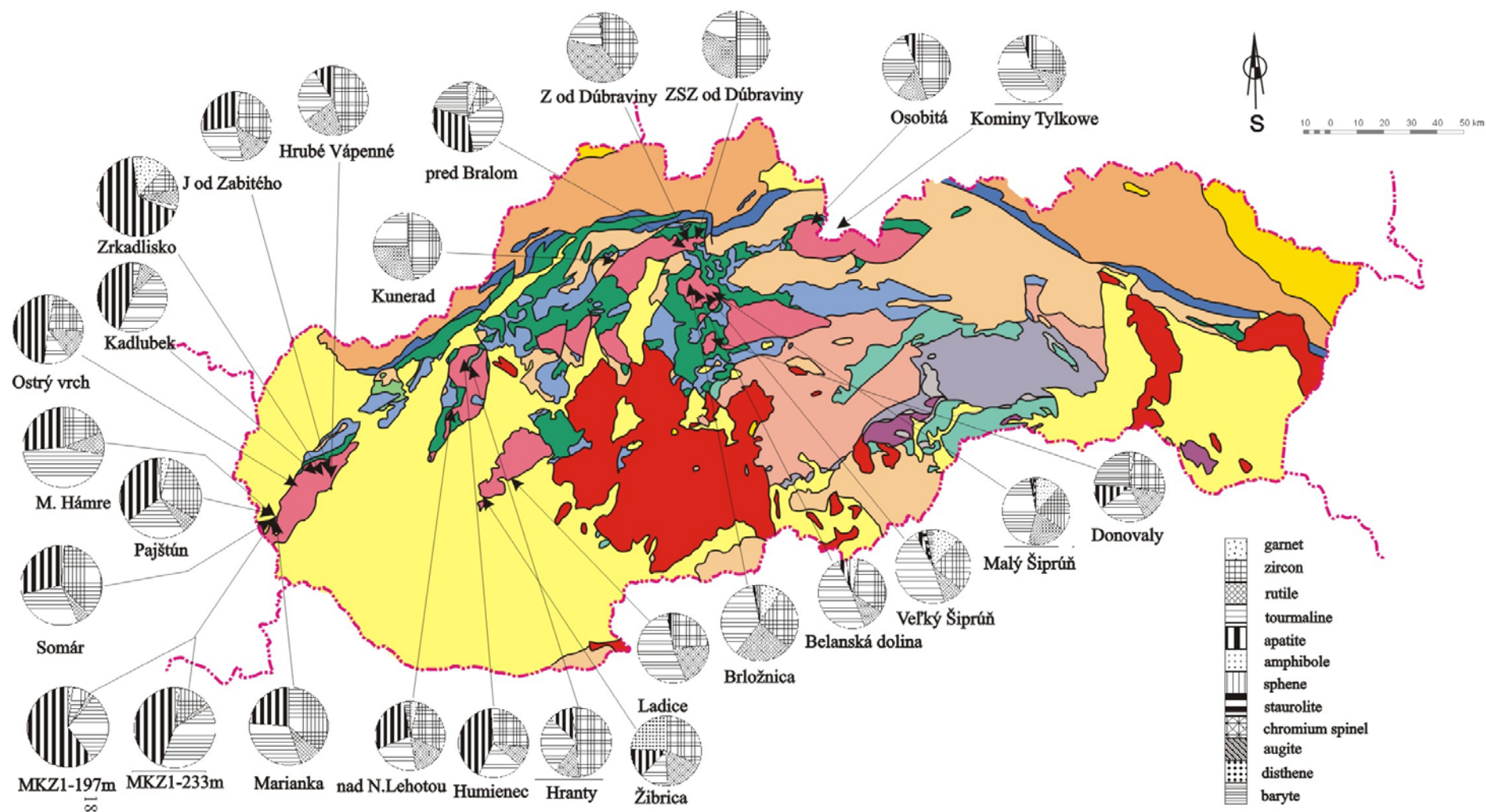
Medené Hámre - vzorka bola odobraná z piesčitej polohy v brekciách Somára vo veľkom lome pri Medených Hámroch medzi Borinkou a Košariskom v Malých Karpatoch.

Pajštún - vzorka bola odobraná z pieskovcov súvrstvia Korenca, niekoľko metrov východne od Pajštúnskeho hradu v Malých Karpatoch.

MKZ-1 - vzorky boli odobrané zo súvrstvia Korenca z metráží 197 a 233 m vrtu MKZ-1 pri Stupave.

Marianka - vzorka predstavuje piesčitú polohu z mariatálskych bridlíc z jediného zachovaného odkryvu pri Marianke.

Obr.3 Geografické zobrazenie vzoriek z tatrika s vyznačením percentuálneho podielu jednotlivých ťažkých minerálov (vysvetlivky k podkladu - vid' obr.2). ↓



Somár - vzorka bola odobraná zo zelenkastých pieskovcov tvoriacich polohy medzi brekciami na vrchole vrchu Somár v Malých Karpatoch. Vzorka svojím výzorom aj obsahom ťažkých minerálov silne pripomína vzorku V od Pajštúna, čiže bola zaradená do súvrstvia Koreňa.

Ostrý vrch - vzorka bola odobraná z piesčitého liasového organodetritického vápenca kuchynskej jednotky ležiaceho na kremencoch spodného triasu na hrebeni Ostrého vrchu v Malých Karpatoch.

Južne od Zabitého - vzorka bola odobraná z piesčitých rohovcových vápencov liasu orešianskej jednotky južne od Zabitého neďaleko obce Dol'any.

Kadlubek - vzorka bola odobraná z červených krinoidových vápencov s piesčitou prímесou na vrchu Kadlubek v Malých Karpatoch (jednotka Kadlubka).

Zrkadlisko - vzorka bola odobraná zo sivých piesčitých krinoidových vápencov liasu orešianskej jednotky na svahu vrchu Zrkadlisko v Malých Karpatoch.

Hrubé Vápenné - vzorka bola odobraná zo sivých piesčitých rohovcových vápencov liasu orešianskej jednotky na vrchole vrchu Hrubé Vápenné neďaleko Častej (Malé Karpaty).

Brložnica (Prieložnica) - vzorka bola odobraná zo sivých vápencov s výraznou piesčitou prímесou na severnom svahu vrchu Brložnica vo Veľkej Fatre (všetky vzorky z Veľkej Fatry boli poskytnuté prof. Mišíkom).

Veľký Šiprúň - vzorka bola odobraná z piesčitých vápencov na JZ svahu Veľkého Šiprúňa vo Veľkej Fatre.

Belanská dolina - vzorka bola odobraná zo sivých vápencov s piesčitou prímесou v bočnej doline ústiacej zľava do Belanskej doliny vo Veľkej Fatre.

Malý Šiprúň - vzorka bola odobraná z piesčitých vápencov v blízkom okolí Malého

Šiprúňa vo Veľkej Fatre.

Kominy Tylkowe - vzorka bola odobraná z piesčitých vápencov liasu tomanovskej série vo Vysokých Tatrách (vzorka poskytnutá prof. Mišíkom).

Osobitá - vzorka bola odobraná zo sivých piesčitých vápencov liasu v uzávere Suchej doliny pod Osobitou v Západných Tatrách (vzorka poskytnutá prof. Mišíkom).

Kunerad - vzorka bola odobraná zo sivého piesčitého vápenca neďaleko Kuneradu v Lúčanskej časti Malej Fatry (vzorka poskytnutá prof. Mišíkom).

Dúbravina - odobrané boli dve vzorky silne piesčitého vápenca ZSZ a Z od vrchu Dúbravina v Krivánskej časti Malej Fatry nad údolím Zázrivky (vzorky poskytnuté doc. Jablonským).

Pred Bralom - vzorka bola odobraná z piesčitej polohy vo škvrnitých vápencoch vyššieho liasu ("fleckenmergel") v záreze asphaltovej cesty pred vrchom Bralo medzi Párnitou a Zázrivou v Malej Fatre.

Žibrica - odobraná bola vzorka silne piesčitého vápenca tesne pod vrcholom vrchu Žibrica v trbečsko-zoborskej časti Trúbča.

Ladice - odobraná bola vzorka silne piesčitého vápenca vo svahu Z od obce Ladice (v Trúbči) v susedstve spodnotriasových kremencov.

Donovaly - vzorka bola odobraná z piesčitého krinoidového vápenca liasu donovalskej jednotky južne od Hanesov neďaleko Donovalov v oblasti Starohorských vrchov (vzorka poskytnutá prof. Mišíkom).

Hranty - vzorka bola odobraná z piesčitého krinoidového vápenca liasu tatrika, ktorý predstavoval veľký klast v hrantských vrstvách (kampán) belickej jednotky na profile Hranty v Považskom Inovci.

Humienec - vzorka bola odobraná z piesčitého krinoidového vápenca liasu na vrchole

Humienca v Považskom Inovci. Blok vápenca predstavuje pravdepodobne olistolit v senóne belickej jednotky.

Nad Novou Lehotou - vzorka bola odobraná z piesčitého vápenca liasu tatrika v lese nad Novou Lehotou v Považskom Inovci.

Takmer všetkým asociáciám dominuje ultrastabilná trojica turmalín-zirkón-rutil. Zarážajúci je nápadný nedostatok granátu. Veľmi prekvapujúce je aj to, že v tejto trojici často dominuje turmalín, ktorý je pomerne zriedkavý v centrálnokarpatskom kryštaliniku. Vyskytli sa aj anomálie, ako napríklad vo všetkých vzorkách z Malých Karpát a Považského Inovca, ako aj z niektorých iných pohorí, kde nad touto trojicou dominuje apatit. V liase na Žibrici (Tríbeč) dominuje minerál, ktorý je svojimi optickými vlastnosťami podobný disténu, avšak zatiaľ nebol overený na mikrosonde. Anomálny je aj relatívne zvýšený obsah granátu (oproti iným pohoriam) vo Veľkej Fatre (max.12%). Napriek týmto anomáliám vidno, že ide o pomerne jednotnú asociáciu ťažkých minerálov, ktorú možno skráteno označiť TZR (turmalín - zirkón - rutil). Na vzniku tejto chudobnej asociácie ťažkých minerálov sa podieľal hlavne proces intrastratálneho rozpúšťania počas diagenézy až anchymetamorfózy, ktorý zničil všetky ostatné, menej stabilné ťažké minerály. Podobnú výrazne ochudobnenú asociáciu ťažkých minerálov zaregistroval vo svojej práci aj HÄUSLER (1988) v liase jednotiek ležiacich pôvodne na rozhraní Unterostalpinu a Penninika Východných Álp. V tejto asociácii však na rozdiel od tatrika dominuje výlučne zirkón.

V borinskej jednotke nad asociáciou TZR dominuje apatit, čo je zhodným prvkom s tzv. Klammkalkzone (Klammkalk unit) (PEER & ZIMMER, 1980) - pôvodne najjužnejšou (prechodnou) zónou penninika, odkrytou dnes v severnej časti tektonického okna Vysokých Taurov. Sedimenty, ktoré už na prvý pohľad pripomínajú fácie známe z

Lokalita	Gr	Zr	Ru	Tu	Ap	Am	Ti	St	Sp	Aug	Dis	M.A	C.A
tatrikum													
Brložnica - VF	8,67	26,9	24,5	37,2	0,93		0 1,55	0,31	0	0	0	0	0
Veľký Šiprúň - VF	12,3	24,6	9,65	49,1	2,63		0 0 1,75		0	0	0	0	0
Belanská dolina - VF	2,6	31,2	10,4	49,4	3,9		0 2,6	0	0	0	0	0	0
Malý Šiprúň - VF	12,4	22,4	19	42,9	0,95		0 1,43	0,95	0	0	0	0	0
Kominy Tylkowe - VT	0	27,8	11,1	55,6	5,56		0 0	0	0	0	0	0	0
Osobitá - ZT	0	45,1	15,5	33,8	5,63		0 0	0	0	0	0	0	0
Kunerad - MF	0	46,9	27,8	25,3	0		0 0	0	0	0	0	0	0
ZSZ od Dúbraviny - MF	0	50	31,8	18,2	0		0 0	0	0	0	0	0	0
Z od Dúbraviny - MF	0,23	40,1	39,6	18,7	0,46		0 0	0	0 0,91	0	0	0	0
Bralo - MF	5,71	11,4	0	37,1	37,1		0 0	0	0 0	0	0	0	8,57
Žibrica - Tr	0	30,6	18,5	12,8	13,2		0 0	0	0 0,71	24,2	0	0	0
Ladice - Tr	0,51	23,7	19,7	53	2,53		0 0,51	0	0	0	0	0	0
Donovaly - NT	2,63	42,1	15,8	23,7	13,2		0 0	0	0	0	0	2,63	0
Humienec-olistolit - PI	0	27,4	8,9	20,5	41,8		0 1,37	0	0 0	0	0	0	0
Hranty-olistolit - PI	0,58	48,8	11	26,7	11		0 1,74	0	0 0	0	0	0	0
Nová Lehota - PI	4,29	28,6	15,7	22,9	28,6		0 0	0	0 0	0	0	0	0
Ostrý vrch - MK - KJ	3,48	22,6	13,9	12,2	47,8		0 0	0	0	0	0	0	0
J od Zabitého-MK - OJ	1,72	31	13,8	25,9	27,6		0 0	0	0	0	0	0	0
Hrubé Vápenné-MK-OJ	0	45,2	19,4	25,8	9,23		0 0,31	0	0 0	0	0	0	0
Kadlubek - MK - JK	0	4,17	8,33	43,8	43,8		0 0	0	0	0	0	0	0
Zrkdľisko - MK - OJ	12,1	10,3	6,9	1,72	67,2	1,72	0	0	0	0	0	0	0
Borinská jednotka - MK													
Medené Hámre	0	18,5	9,23	46,2	26,2		0 0	0	0	0	0	0	0
Somár	1,08	37,1	5,38	28	28,5		0 0	0	0	0	0	0	0
Pajštún	3,5	41,2	5,45	19,8	29,2	0,39	0,39	0	0	0	0	0	0
vrt MKZ 233m	2,6	11,7	2,6	39	44,2		0 0	0	0	0	0	0	0
vrt MKZ 197m	2,16	7,19	1,8	28,4	60,4		0 0	0	0	0	0	0	0
Marianka	0	35,7	9,52	31	23,8		0 0	0	0	0	0	0	0

Tab.5 Percentuálne zastúpenie priesvitných ťažkých minerálov v liase tatrika a borinskej jednotky.

Vysvetlivky skratiek: Gr - granát, Zr - zirkón, Ru - rutil, Tu - turmalín, Ap - apatit, St - staurolit, Ti - titanit, Sp - chrómspinelidy, Aug - augit, Dis - distén, Am - amfibol, M.A. - modrastý amfibol, C.A. - čadičový amfibol. Pohoria a jednotky: KJ - kuchynská jednotka, OJ - orešianska jednotka, JK - jednotka Kadlubka, MK - Malé Karpaty, VF - Veľká Fatra, VT - Vysoké Tatry, ZT - Západné Tatry, MF - Malá Fatra, Tr - Trábeč, NT - Nízke Tatry, PI - Považský Inovec.

borinskej jednotky sa vyznačujú aj veľmi podobnou asociáciou ťažkých minerálov s dominanciou apatitu a turmalínu, menej so zirkónom a rutilom. Túto podobnosť však

narušuje odlišné zloženie turmalínov v oboch jednotkách (viď osobitná kapitola).

V Malých Karpatoch, kde sme predpokladali v borinskej jednotke asociácie odlišné od ostatných tatrických jednotiek (borinská jednotka je už priradená k penniniku) sa potvrdil opak. Borinská jednotka obsahuje asociácie takmer zhodné s väčšinou asociácií v ostatných tatrických jednotkách Malých Karpát a to aj s apatitovou anomáliou. V celom tatriku Malých Karpát sa našla len jedna vzorka s asociáciou vybočujúcou z tohto rámca. Išlo o sivé krinoidové vápence orešianskej jednotky na svahu vrchu Zrkadlisko. Vzorka má zvýšený obsah granátu a celková asociácia je zhodná s priemernou asociáciou ťažkých minerálov v malokarpatských granitoidoch (pozri MIŠÍK, 1955 a VESELSKÝ, 1972), ktoré boli pravdepodobne aj zdrojom klastického materiálu.

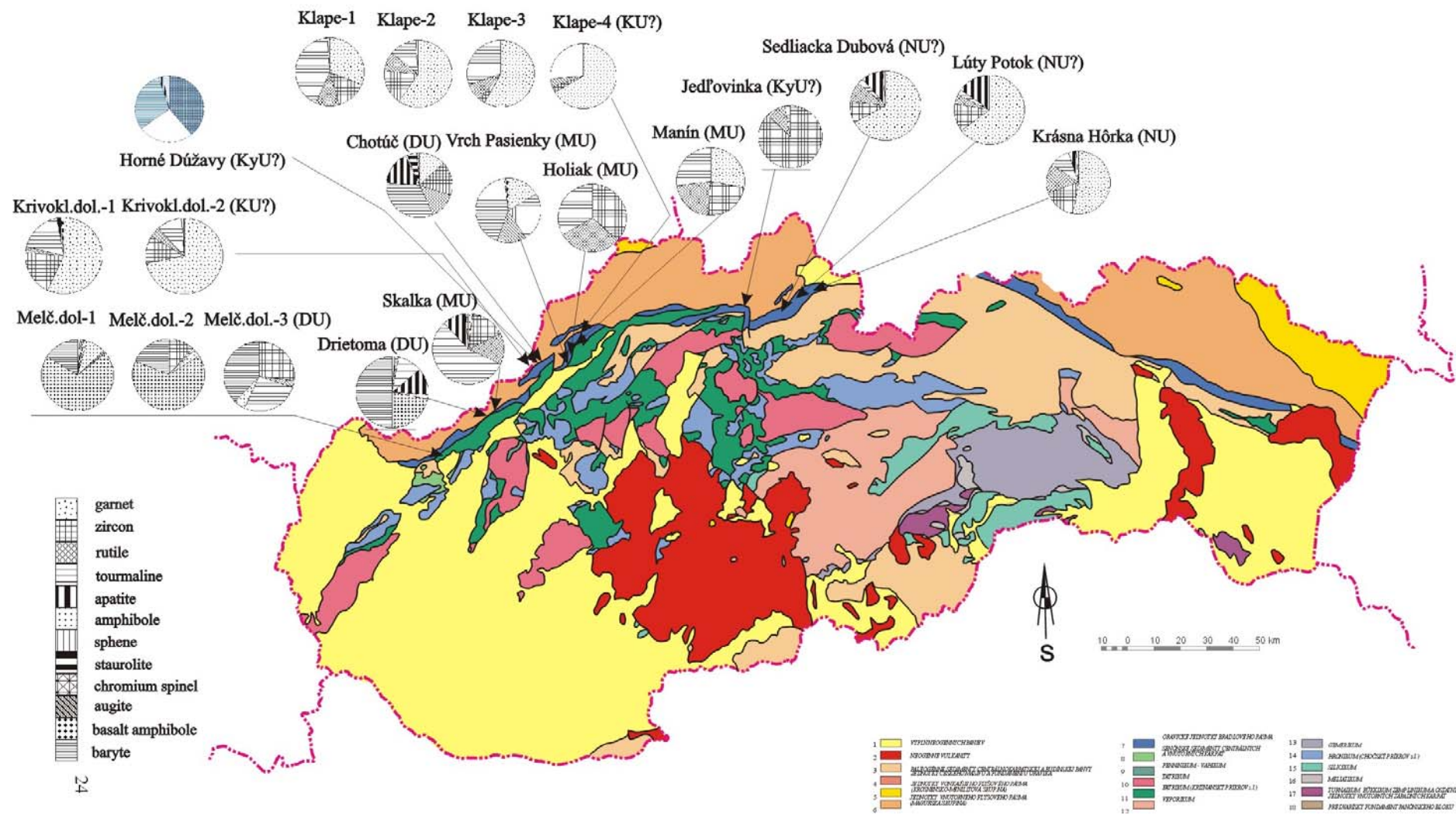
4.6. Kostecká jednotka

Z liasového bradla pri Kostelci sa nám nepodarilo nájsť polohu so siliciklastickou prímiesou. Nedostatok siliciklastickej prímеси v liasových horninách je typický len pre jednotky hronika, príp. silicika. Toto nás núti zaujať starší názor ANDRUSOVA (1938), že bradlo pri Kostelci pochádza z chočského príkrovu.

4.7. Drietomská jednotka (Tab.6, Obr.4)

Drietomskú jednotku ako samostatnú vyčlenil RAKÚS (1977). Predtým bola známa ako jeden z vývojov manínskej jednotky v JZ úseku pieninského bradlového pásma (BEGAN, 1969). MAHEL (1978) ju nazval bošácka jednotka. Svojím vývojom, hlavne

Obr.4 Geografické zobrazenie vzoriek z tatrika s vyznačením percentuálneho podielu jednotlivých ťažkých minerálov. ↓



svojimi vrchnotriasovými a spodnojurskými členmi, je táto jednotka výrazne podobná jednotkám fatrika. Už BEGAN (1969) a pred ním ešte GROSS (1959) a SCHEIBNER (1967) jej výskyty v úseku medzi Moravským a Zemianským Lieskovým uvádzali ako šupiny krížňanského príkrovu vystupujúce v nadloží manínskej jednotky (hoci MAHEL', 1978 manínsku jednotku taktiež považuje za čiastkový príkrov pochádzajúci zo sedimentačného priestoru fatrika). BEGAN (l.c.) ju nazval dúbravským vývojom krížňanského príkrovu. Pritom uvádza, že tento vývoj sa od manínskej jednotky líši hlavne v liasových sedimentoch.

Odobraných bolo 7 vzoriek z lokalít, ktorých príslušnosť k drietomskej jednotke bola istá, alebo predpokladaná s najväčšou pravdepodobnosťou, napríklad Drietoma, Melčická dolina (3 vzorky) a Chotúč. Medzi vzorkami boli však aj také, u ktorých išlo len o podozrenie k príslušnosti k tejto jednotke, ako napríklad vzorky z Krivoklátskej doliny (JURKOVIČOVÁ, 1980).

Lokalizácia jednotlivých vzoriek je nasledujúca:

Melčická dolina - boli odobraté dve vzorky tmavých laminovaných pieskovcov až piesčitých vápencov zo sutí v lese v závere Melčickej doliny, pred elektrickým vedením, na úpätí vrchu Lagin (391 m). V geologickej mapke v práci BEGAN (1969) sú tieto horniny priradované k dúbravskému vývoju krížňanského príkrovu. Tretia vzorka, podrvený vápnitý pieskovec, bola odobraná v sutí v lese za elektrickým vedením v závere Melčickej doliny. Podľa mapky v práci BEGAN (l.c.) ide o lias manínskej jednotky.

Drietoma - vzorka bola odobraná z piesčitých bridlíc až pieskovcov spodného liasu v záreze starej cesty na typovom profile drietomskej jednotky nad obcou Drietoma.

Krivoklátska dolina - boli odobraté dve vzorky silno piesčitých vápencov SZ od obce Krivoklát v závere Krivoklátskej doliny pri vyústení bočnej dolinky v časti Vavrikovec. V

práci JURKOVICHOVÁ (1980) je tento výskyt označovaný ako sedimenty liasu kysuckej jednotky. Neskôr bolo vyslovené podozrenie, že ide skôr o časť drietomskej jednotky (MIŠÍK - ústne oznámenie). Vzorky boli odobraté za účelom vyriešenia tejto názorovej disproporcie.

Chotúč - vzorka predstavuje piesčitú polohu v škvrnitom vápenci liasu v záreze zväžnice na JZ svahu vrchu Chotúč medzi Vršateckým Podhradím a Červeným Kameňom.

Výsledky štúdia percentuálneho zastúpenia ťažkých minerálov z uvedených vzoriek sú nasledovné:

Lokalita	Gr	Zr	Ru	Tu	Ap	Am	Ti	St	Sp	Aug	Dis	M.A.	C.A.
Chotúč	12,5	17,2	12,5	32,8	17,2	0	1,56	4,69	1,56	0	0	0	0
Melčická dolina -1	0,88	0,88	0,88	1,75	0	11,4	0	0	0	0,88	0	0,88	82,5
Melčická dolina -2	0	15,3	0	0,85	0	3,39	0	0	0	0	0	0	80,5
Melčická dolina -3	0	43,5	4,35	43,5	0	8,7	0	0	0	0	0	0	0
Drietoma	1,54	4,62	0	21,5	24,6	4,62	0	0	0	0	0	0	43,1
Krivoklátska dolina-1	57,1	18,7	3,3	17,6	2,2	0	0	1,1	0	0	0	0	0
Krivoklátska dolina-2	71,9	12,4	4,13	10,7	0	0	0,83	0	0	0	0	0	0

Tab.6 Percentuálne zastúpenie priesvitných ťažkých minerálov v liase drietomskej jednotky jednotky.

Vysvetlivky: Gr - granát, Zr - zirkón, Ru - rutil, Tu - turmalín, Ap - apatit, St - staurolit, Ti - titanit, Sp - chrómspinelidy, Aug - augit, Dis - distén, Am - amfibol, M.A. - modrastý amfibol, C.A. - čadičový amfibol.

Na lokalite Drietoma a vo vzorkách z Melčickej doliny bola zistená asociácia ťažkých minerálov, ktorá doposiaľ nebola zistená v liase iných jednotiek Západných Karpát. Prevládajúcim minerálom je tu čadičový amfibol (kaersutit). Je hnedý, pleochroický s malým uhlom zhášania. Jeho výskyt je prekvapujúci hlavne z toho hľadiska, že amfiboly patria medzi najmenej stabilné ťažké minerály. Lahko podliehajú zvetrávaniu a po sedimentácii aj intrastratálnemu rozpúšťaniu počas diagenézy. Proces odbúravania

amfibolov je aj funkciou času a preto je prekvapujúce, že sa tento minerál zachoval v takom veľkom množstve v sedimentoch liasu. Vo vzorkách z Melčickej doliny nebol prítomný vo vzorke č.3, ktorá bola odobraná z časti, ktorú už BEGAN (1969) označil ako súčasť manínskej jednotky.

Zaujímavý bol aj zdroj klastického materiálu, nakoľko v ňom vo veľkej miere prevládali bazalty, alebo metabazity, len s menším zastúpením minerálov z metasedimentov a prípadne granitoidov.

Lokalita Chotúč, ktorá je takisto považovaná za súčasť drietomskej jednotky, vykazuje odlišné zloženie asociácie ťažkých minerálov. Vyznačuje sa pomerne rovnomerným zastúpením granátu, zirkónu, rutilu, turmalínu a apatitu, s menším obsahom titanitu, staurolitu a spinelu. Asociácia odlišná od predchádzajúcich vzoriek zatiaľ nevylučuje možnosť začlenenia tejto lokality k drietomskej jednotke, nakoľko ako už bolo spomenuté, drietomská jednotka by mohla patriť do sedimentačného priestoru fatrika, v ktorom dochádzalo k zmiešavaniu minerálov z niekoľkých zdrojov. V profiloch krížňanského príkrovu sa dajú sledovať rôzne asociácie v rôznych horizontoch s terigénnou prímiesou. Dôležité bude, preskúmať z tohto hľadiska aj bazálne sedimenty liasu na tejto lokalite (škvrnitý vápenec s piesčitou polohou, z ktorého bola vzorka odobraná patrí pravdepodobne do vyššieho liasu). Zdrojová oblasť zistenej asociácie bola tvorená podľa všetkého metasedimentami rôzneho stupňa metamorfózy a granitoidmi.

Vzorky z lokalít v Krivoklátskej doline sa vyznačujú dominanciou granátu, menej zirkónu a turmalínu. Táto asociácia býva typická pre sedimenty liasu a dogeru pienidných jednotiek (AUBRECHT, 1993, 1994a); ešte viac podobné asociácie sa vyskytujú v klapskej jednotke (viď príslušná kapitola). Predpokladáme, že vzorky z Krivoklátskej doliny, ktoré sa už na prvý pohľad odlišujú (hlavne bazálny lias) od vzoriek z drietomskej

jednotky s.s., nepatria k tejto jednotke, ale k niektorej z hore uvedených jednotiek.

Drietomská jednotka je svojím nedostatkom granátu blízka jednotkám centrálnych Západných Karpát.

4.8. Manínska jednotka (Tab.7, Obr.4).

Z manínskej jednotky boli doposiaľ odobrané a spracované 4 vzorky.

Manínska úžina - vzorka bola odobraná zo silne piesčitých vápencov liasu manínskej jednotky v bradle tvoriacom Manínsku úžinu (vzorku dodal Dr. Sýkora).

Vrch Pasienky - vzorka bola odobraná v záreze cesty z Beluškých Slatín do Mojtína, v jadre antiklinály manínskej jednotky na úpätí kóty Vrch Pasienky

Pod Holiakom - vzorka bola odobraná v záreze tej istej cesty na zákrute na úpätí kóty Holiak.

Skalka - vzorka bola odobraná zo silne piesčitých vápencov liasu s gryfeami v činnom lome pri Skalke nad Váhom neďaleko Trenčína.

Lokalita	Gr	Zr	Ru	Tu	Ap	Am	Ti	St	Sp	Aug	Dis	M.A	C.A.
Skalka	2,22	15,6	14,4	55,6	11,1	0	0	0	1,11	0	0	0	0
pod Holiakom	0	29,3	24,4	26,8	0	0,81	0	0	0	0	0	0	18,7
Vrch Pasienky	16,5	24,1	13,9	41,1	0,63	1,9	0,63	1,27	0	0	0	0	0
Manínska úžina	28,1	23,3	21,7	26,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 7 Percentuálne zastúpenie ťažkých minerálov v liasových sedimentoch klapskej jednotky.

Vysvetlivky: Gr - granát, Zr - zirkón, Ru - rutil, Tu - turmalín, Ap - apatit, St - staurolit, Ti - titanit, Sp - chrómspinelidy, Aug - augit, Dis - distén, Am - amfibol, M.A. - modrastý amfibol, C.A. - čadičový amfibol.

Z výsledkov vidno, že v manínskej jednotke sú pomerne nerovnomerne zastúpené minerály granát, zirkón, rutil a turmalín. Ostatné ťažké minerály chýbajú vďaka intrastratálnemu rozpúšťaniu počas diagenézy. V prípade apatitu môže byť jeho absencia spôsobená jeho rozpúšťaním pri spracovaní vzorky pomocou HCl. Svojím zvýšeným obsahom turmalínu a občasným chýbaním granátu vzorky pripomínajú jednotky z centrálnych Západných Karpát (AUBRECHT, 1994). Toto však protirečí výsledkom mikrosondových analýz granátov uvedeným vo zvláštnych kapitolách.

4.9. Klapská jednotka (bradlo Klape, Tab.8, Obr.4).

Z bradla Klape boli odobrané a spracované 4 vzorky z piesčitých krinoidových vápencov liasu (z rôznych častí bradla).

Lokalita	Gr	Zr	Ru	Tu	Ap	Am	Ti	St	Sp	Aug	Dis	M.A	C.A.
Klape-1	31,3	14	11,4	42,3	0	0	0,74	0,37	0	0	0	0	0
Klape-2	59,1	17,2	9,12	12,5	0,34	0	1,35	0,34	0	0	0	0	0
Klape-3	57	3,1	7,85	30,4	0,21	0	0,41	1,03	0	0	0	0	0
Klape-4	66	3,4	3,77	26,4	0	0	0	0,38	0	0	0	0	0

Tab.8 Percentuálne zastúpenie ťažkých minerálov v liasových sedimentoch klapskej jednotky.

Vysvetlivky: Gr - granát, Zr - zirkón, Ru - rutil, Tu - turmalín, Ap - apatit, St - staurolit, Ti - titanit, Sp - chrómspinelidy, Aug - augit, Dis - distén, Am - amfibol, M.A. - modrastý amfibol, C.A. - čadičový amfibol.

V klapskej jednotke vidno dominanciu granátu a turmalínu nad zirkónom a rutilom. Ostatné minerály opäť chýbajú z už spomínaných príčin.

Pre porovnanie v Tab.9 uvádzame doteraz známe výsledky z práce HALAJOVÁ (1981).

	Gr	Zr	Ru	Tu	Ap	Am	Ti	St	Ep	Sil
Klape-báza-lias	15	21	32	30	2	+	+	+	+	+
Klape-vrch-lias	15	13	30	33	9	+	+	0	+	+
Kostelec-spodný lias	23	+	40	3	34	0	+	0	0	0
Tunežice-lias-manínska jednotka	28	10	37	17	8	+	0	0	0	0
Manínska úžina-lias- manínska jednotka	15	+	7	2	76	0	0	0	0	0

Tab.9 Výsledky analýzy obsahov ťažkých minerálov v manínskej a klapskej jednotke z práce HALAJOVÁ, 1981.

Vysvetlivky: Gr - granát, Zr - zirkón, Ru - rutil, Tu - turmalín, Ap - apatit, Am - obyčajný amfibol, St - staurolit, Ti - titanit, Ep - epidot, Sil - silimanit, + - obsah pod 1%

Z porovnania oboch prác vyplýva, že v práci HALAJOVÁ (l.c.) sa v liase klapskej jednotky uvádza menší obsah granátu a väčší obsah rutilu, než v našich vzorkách. Je možné, že ide o rozdiely vyplývajúce z rozdielneho metodického postupu. Pri porovnávaní vzoriek z manínskej jednotky je zarážajúci rozdiel napríklad v obsahu zirkónu, ktorý HALAJOVÁ (l.c) uvádza pod 1%, zatiaľ čo v našej vzorke z tej istej lokality je pomerný obsah zirkónu 23%. Vzhľadom na tieto skutočnosti, bolo nutné urobiť revíziu našich doterajších poznatkov vyplývajúcich z tejto práce (tieto výsledky boli prevzaté aj do prác AUBRECHT, 1993 a AUBRECHT, 1994a). Takisto bolo potrebné urobiť revíziu pôvodného materiálu Halajovej za účelom zistenia príčiny rozdielnych výsledkov. Pri predbežnej revízii sypaných preparátov elektromagneticky netriedených vzoriek vyšlo najavo, že sa podobajú na vzorky, ktoré sme získali my. Otvorenou ostáva otázka, prečo sa teda nezhodujú s výsledkami spomínanej diplomovej práce. Nakoľko pri našom celkovom výskume ťažkých minerálov liasu Západných Karpát používame jednotnú metodiku, sú naše výsledky z manínskej a klapskej jednotky porovnateľné s

výsledkami zo susedných jednotiek.

4.10. Pienidné jednotky (Tab.10, Obr.4).

Bolo spracovaných 5 vzoriek z liasu pienidných jednotiek:

Jedľovinka - vzorka bola odobraná z doskovitých pieskovcov až kremencov sinemúru, v malom zarastenom lomíku na východnom svahu bradla Jedľovinka pri Zázrivej na Orave. Podľa mapy HAŠKO & POLÁK (1978) sú spomínané kremence zaradované ku kysuckej jednotke.

Horné Dúžavy - vzorka bola odobraná z doskovitých kremenných pieskovcov s hojnou faunou lotaringu pri kóte 518 m na ľavej strane asfaltovej cesty medzi Pruským a Vršateckým Podhradím, 180 m JV od osady Horné Dúžavy. Vzorka bola spracovaná v práci SCHLÖGL (1998).

Krásna Hôrka - vzorka bola odobraná z arkózovitých kremencov až pieskovcov na známom výskyte pri Krásnej Hôrke pri Nižnej na Orave (nižňanská jednotka).

Lúty potok - vzorka bola odobraná z piesčitých krinoidových vápencov liasu pravdepodobne nižňanskej jednotky z výrazného bradla v doline potoka dnes nazývaného Dlžniansky Cickov, pri úpätí vrchu Vysoký grúň - 849 m n.m., Z od Krivej na Orave (ANDRUSOV, 1938, MIŠÍK & al., 1995).

Lokalita	Gr	Zr	Ru	Tu	Ap	Am	Ti	St	Sp	Aug	Dis	M.A	C.A.
Jedľovinka	0,22	38,4	38	19,7	3,47	0	0	0	0,22	0	0	0	0
Horné Dúžavy	0,36	38,7	25,2	29,9	2,19	2,92	0	0	0,73	0	0	0	0
Krásna Hôrka-Orava	51,9	17,4	14,8	9,88	3,97	0	0,91	1,25	0	0	0	0	0
Lúty potok	63,9	12,7	4,42	3,12	15,6	0	0,26	0	0	0	0	0	0
Sedliacka Dubová	67,1	9,65	9,41	2,97	9,65	0,74	0,25	0,25	0	0	0	0	0

Tab.10 Pomerné zastúpenie priesvitných ťažkých minerálov v liase pienidných jednotiek. Vysvetlivky: Gr - granát, Zr - zirkón, Ru - rutil, Tu - turmalín, Ap - apatit, St - staurolit, Ti - titanit, Sp - chrómspinelidy, Aug - augit, Dis - distén, Am - amfibol, M.A. - modrastý amfibol, C.A. - čadičový amfibol.

Sedliacka Dubová - vzorka bola odobraná zo silno piesčitých krinoidových vápencov (možno nižňanská jednotka) na lokalite Skalka pri Sedliackej Dubovej na Orave (výrazné bradlo za miestnym roľníckym družstvom).

Všetky vzorky, okrem lokalít Jedľovinka a Horné Dúžavy obsahujú základnú asociáciu ťažkých minerálov takmer zhodnú so vzorkami dogeru (AUBRECHT, 1993). Zvýšený obsah granátu oproti dogerským vzorkám je zapríčinený pravdepodobne ešte malou hĺbkou erozívneho zrezu, zasahujúceho hlavne metamorfované horniny.

Na lokalite Jedľovinka bola zaznamenaná prítomnosť extrémne vyzretej najstabilnejšej asociácie zirkón-rutil-turmalín (s malým množstvom iných minerálov). Vzhľadom na to, že aj sediment je veľmi zrelý (kremence) a neobsahuje veľa nestabilných prímiesí, ide veľmi pravdepodobne o sekundárne ochudobnenú pôvodnú asociáciu. Menej stabilné ťažké minerály boli zničené už transportom a neskôr aj diagenézou. Kremence z Jedľovinky boli často v minulosti porovnávané s kremencami od Krásnej Hôrky (ANDRUSOV, 1931). Tie však sú silne arkózovité s množstvom nestabilných minerálov, čo sa odráža aj v pestrejšom zložení asociácie ťažkých minerálov. Vzorka z Horných Dúžav je vekovo a litologicky veľmi podobná vzorke z Jedľovinky. Veľmi podobná asociácia ťažkých minerálov naznačuje, že ide pravdepodobne o tú istú jednotku.

Na rozdiel od mojej dizertačnej práce (AUBRECHT, 1994a) už do liasu nezaradujem lokalitu Hatné (AUBRECHT & SÝKORA, 1998), na ktorej bol na základe fauny brachiopódov dokázaný dogerský vek.

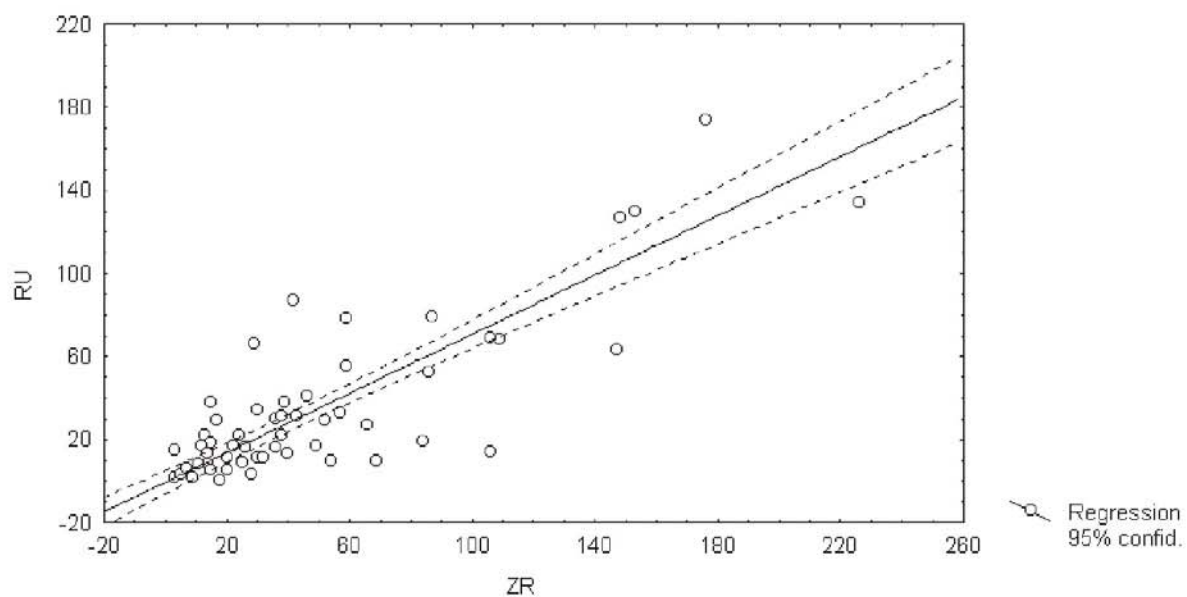
5. ŠTATISTICKÁ ANALÝZA VZORIEK NA ZÁKLADE PERCENTUÁLNEHO ZASTÚPENIA PRIESVITNÝCH ŤAŽKÝCH MINERÁLOV

5.1. Regresná analýza údajov.

Regresnou analýzou sme skúmali vzťahy medzi jednotlivými ťažkými minerálmi navzájom. Pomocou nej možno posúdiť totožnosť alebo rozdielnosť zdrojov ťažkých minerálov. Vzhľadom na stále ešte nedostatočný počet vzoriek sme regresnú analýzu robili na úrovni Západných Karpát ako celku, prípadne na úrovni väčších tektonických jednotiek. Aby lepšie vynikli jednotlivé trendy závislostí, použili sme namiesto percentuálneho zastúpenia priamo počty narátaných zŕn minerálov. Väčšina minerálov nevykazuje takmer žiadny, alebo len nízky stupeň korelácie (korelačný koeficient $R < 0.3$). Zvláštnosťou je korelácia v rámci takmer všadeprítomnej najstabilnejšej trojice zirkón - rutil - turmalín. Existencia takejto korelácie je predpokladateľná, avšak nie jej výsledná forma. Medzi zirkónom a rutilom je vysoký stupeň korelácie (Obr.5, 8), ako na úrovni celých Západných Karpát ($R = 0.87$), tak aj na úrovni jednotlivých tektonických jednotiek (bradlové pásmo: $R = 0.96$, borinská jednotka: $R = 0.96$, tatrikum: $R = 0.91$, silicikum + hronikum: $R = 0.9$). Len fatrikum vykazuje o niečo nižší stupeň s $R = 0.62$, čo je však ešte stále značný stupeň korelácie. Medzi tektonickými jednotkami vidno rozdiely v sklonoch niektorých regresných priamok (sklon udáva približný pomer oboch minerálov v zdrojovej oblasti). Zatiaľ čo priamky bradlového pásma, tatrika a silicika s hronikom majú paralelný priebeh a sú si blízke, priamka fatrika je strmšia a naopak, priamka borinskej jednotky má plochý priebeh. Výsledkom je úvaha, že hoci vo všetkých prípadoch väčšina zirkónu pochádza z tých istých zdrojov ako rutil, pomer týchto minerálov v zdrojových oblastiach fatrika a borinskej jednotky sa líšil od pomeru zdrojov v ostatných jednotkách.

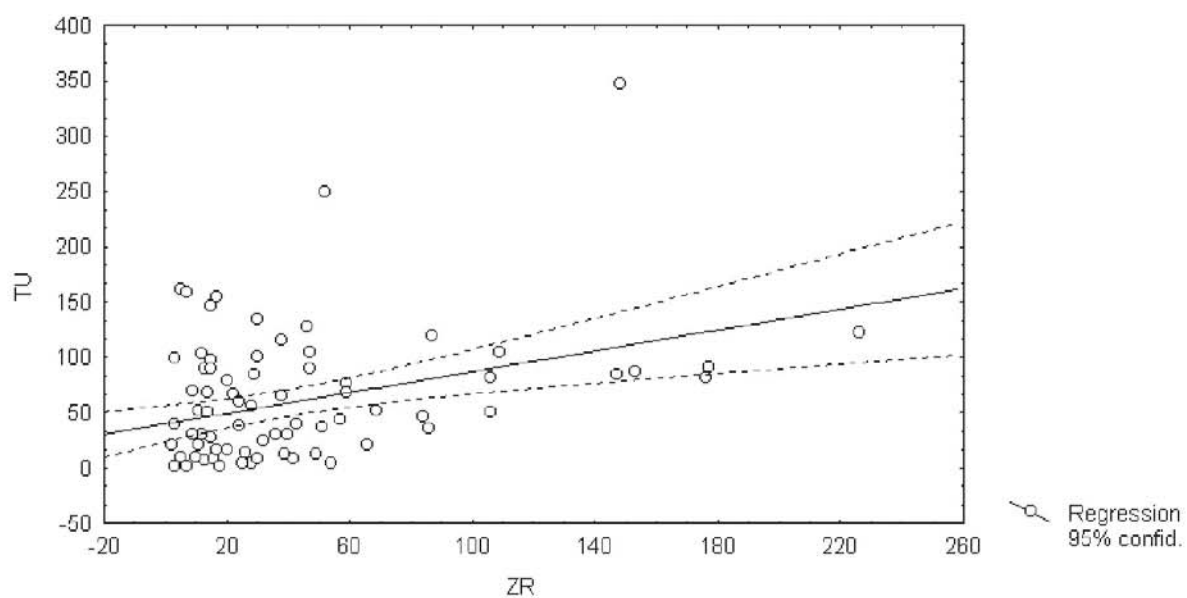
Obr.5 Korelácia zirkónu a rutilu v Západných Karpatoch

Correlation: $r = .86508$



Obr.6 Korelácia medzi zirkónom a turmalínom v Západných Karpatoch

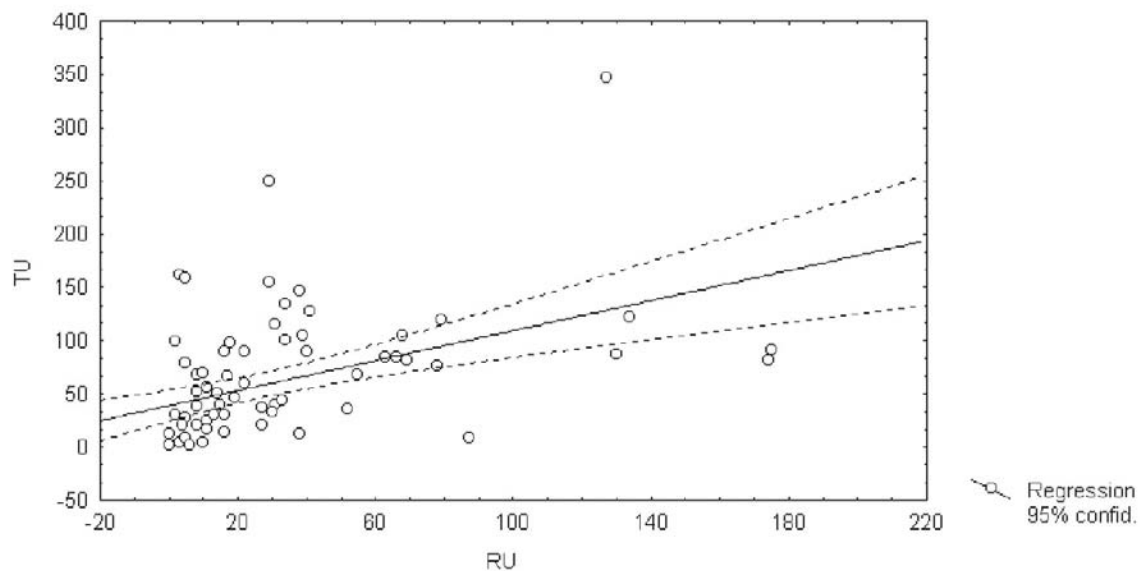
Correlation: $r = .36481$



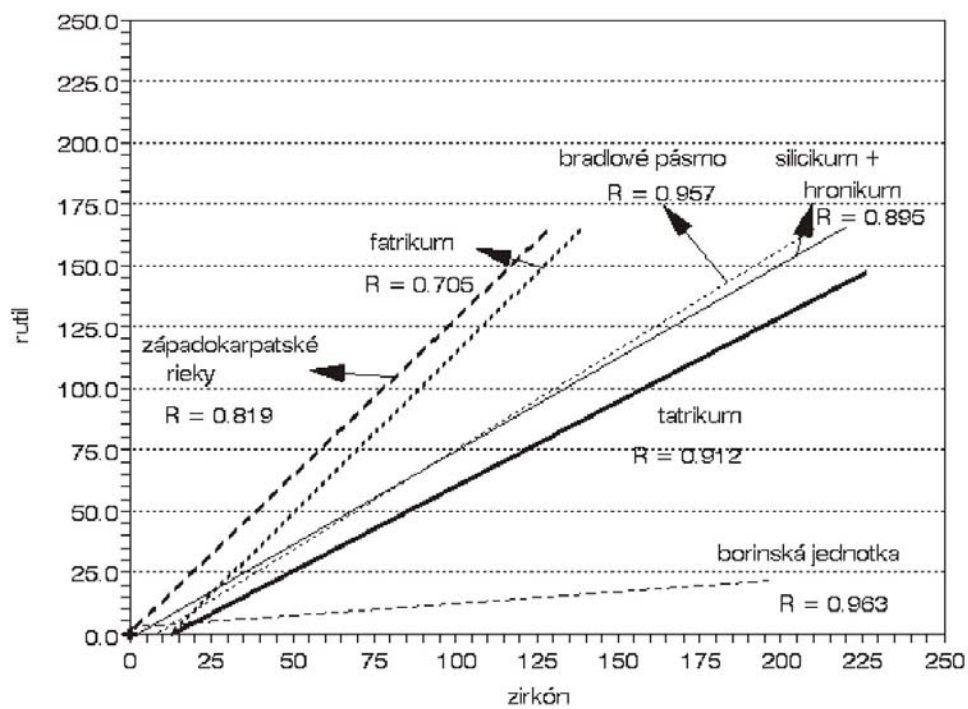
Trochu odlišný je vzťah oboch predošlých minerálov k turmalínu. Na úrovni Západných Karpát analýza vykazuje len mierny stupeň korelácie medzi zirkónom a turmalínom (Obr.6, $R = 0.37$) a medzi rutilom a turmalínom (Obr.7, $R = 0.45$). Na jednej strane je táto korelácia o voľačo vyššia než medzi ostatnými minerálmi navzájom, na druhej strane je tu výrazný nepomer v porovnaní s koreláciou medzi zirkónom a rutilom. Prvý fakt možno vysvetliť aj tým, že turmalín patrí medzi minerály, ktoré sú v sedimentoch najstabilnejšie a nepodliehajú intrastratálnemu rozpúšťaniu. Práve toto rozpúšťanie pravdepodobne úplne maskuje akúkoľvek koreláciu medzi ostatnými menej stabilnými minerálmi. Druhý fakt si však zaslúži podrobnejšiu myšlienkovú analýzu. Mierny stupeň korelácie naznačuje, že len malá časť turmalínu pochádza z toho istého zdroja, ako zirkón a rutil.

Ako hlavný zdroj zirkónu a rutilu možno označiť staršie klastické horniny (resedimentácia). Nakoľko spomínané minerály nepodliehajú intrastratálnemu rozpúšťaniu, ich pomer v sedimentoch kopíruje pomer v primárnych horninách a zrejme sa tento celkový pomer zachováva aj pri resedimentácii. Z primárnych hornín sa zirkón a rutil vyskytujú spolu hlavne v granitoidných horninách. Žiaľ obmedzené údaje o percentuálnom zastúpení ťažkých minerálov v granitoidoch Západných Karpát nám neumožňujú zistiť trend vzájomného pomeru týchto dvoch minerálov. Väčšina prác uvádza len semikvantitatívne hodnotenia (veľa, málo, veľmi málo a podobne). Dáta zo staršej práce MIŠÍK (1955) poukazujú na to, že pomer oboch minerálov má dva odlišné trendy, z ktorých jeden je blízky pomeru v liase tatrika a druhý liasu borinskej jednotky. Týchto dát je však málo a nemožno teda závery zovšeobecňovať. Ďalšia a pravdepodobnejšia možnosť je, že zirkón a rutil nepochádzajú z jednej horniny, ale ich dobrá korelácia odráža pomerne stabilné priemerné horninové zloženie celej zdrojovej

Obr.7 Korelácia medzi rutilom a turmalínom v Západných Karpatoch
Correlation: $r = .44977$



Obr.8 Korelačné priamky zirkónu a rutilu v jednotkách Západných Karpát



oblasti.

Zaujímavé je porovnanie trendov pomerov týchto minerálov v recentných vodných tokoch pretínajúcich Západné Karpaty (MIŠÍK, 1956), s výnimkou vzoriek z Dunaja, nakoľko obsahy týchto minerálov sú v nich veľmi malé a nevykazujú takmer žiadnu koreláciu. Navyše Dunaj drenuje aj značnú časť Východných Álp a Českého masívu. Tento materiál je na našom území zmiešaný so západokarpatským materiálom a všetky uvedené zdroje nie je možné v zmesi minerálov od seba odlíšiť. Naopak, vzorky z ostatných riek nám poskytujú spriemerované údaje o obsahu ťažkých minerálov v celých Západných Karpatoch.

Trendy pomerného zastúpenia, ako aj stupne korelácie zirkónu, rutilu a turmalínu v recentných vodných tokoch sú zarážajúco podobné so vzorkami z liasu. Pomer obsahu zirkónu a rutilu má opäť vysoký stupeň korelácie ($R = 0.819$). Naopak, zirkón/turmalín má $R = 0.367$, t.j. mierny stupeň korelácie a rutil/turmalín má $R = 0.573$, t.j. značný stupeň korelácie. Regresná priamka korelácie zirkónu a rutilu, zostrojená na základe týchto údajov, má priebeh blízky priamke fatrika (Obr.8). Možno teda tvrdiť, že zdrojové oblasti v liase Západných Karpát (najmä fatrika) sa svojím pomerným zastúpením týchto troch minerálov podobali na dnešnú oblasť Západných Karpát. Pri porovnávaní s liasovými horninami je treba mať na pamäti, že od liasu v Západných Karpatoch pribudli nové primárne zdroje ťažkých minerálov, hlavne z oblasti neovulkanitov.

5.2. Zhluková analýza údajov.

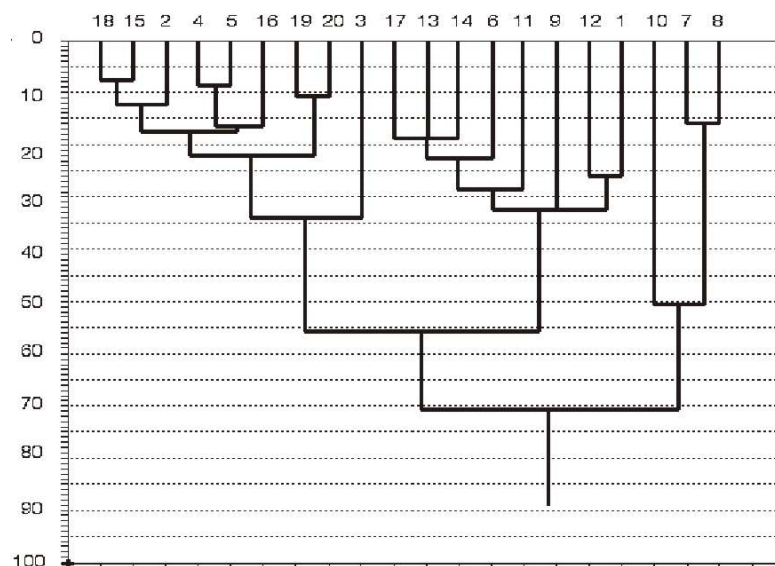
Zhlukovou analýzou sme sa pokúšali overiť závery vyplývajúce z predbežného štúdia asociácií ťažkých minerálov. Ide hlavne o podobnosť a rozdielnosť jednotlivých vzoriek a ich zoradenie do zhlukov s možnou paleogeografickou interpretáciou. Výpočty

vzdialenosti zhlukov sme robili stratégiou euklidovskej vzdialenosti prvkov a ich zhlukov. Výstupom sú dendrogramy, ktoré zohľadňujú aj hodnoty indexov podobnosti pre skupiny. Pre vzdialenosti je určujúca výška dendrogramu a jeho častí. Čím sú vertikálne línie dendrogramu kratšie, tým sú si vzorky a skupiny vzoriek navzájom bližšie.

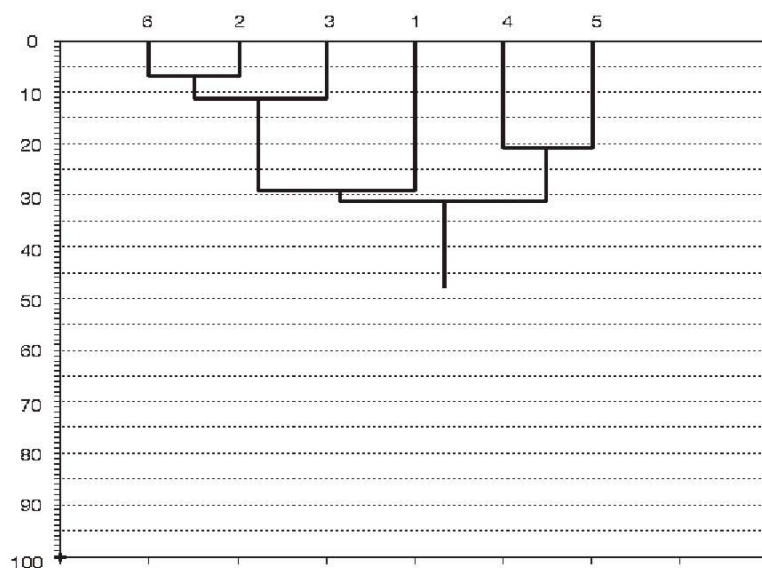
Zhlukovej analýze sme podrobili najprv jednotlivé tektonické jednotky, aby sme zistili variabilitu jednotlivých vzoriek v rámci nich. V druhej fáze sme analyzovali všetky vzorky naraz.

Jednotky bradlového pásma (Obr.9). Do analýzy sme zaradili dáta zo všetkých jednotiek bradlovej zóny, ktoré sú jej súčasťou v súčasnosti. Ide o liasové horniny z pienidných jednotiek, bradla Klape, manínskej a drietomskej jednotky. Z dendrogramu vidno, že zhluková analýza do značnej miery potvrdila výsledky predbežnej subjektívnej interpretácie uvedené v kapitolách 4.7. až 4.10. Dendrogram tvoria tri väčšie zhluky, ktoré sa navzájom líšia. v prvom zhluku sa prelínajú vzorky z pienidných jednotiek a bradla Klape. Druhý zhluk pozostáva hlavne zo vzoriek z manínskej a čiastočne drietomskej jednotky. Po jednej vzorke sú zastúpené bradlo Klape a pienidné jednotky. Je však nevyhnutné poznamenať, že vzorka z bradla Jedľovinka je pre pienidné jednotky anomálna. Tretí zhluk tvoria vzorky z drietomskej jednotky, ktoré sa od predošlých líšia hlavne svojím obsahom čadičového amfibolu.

Borinská jednotka (Obr.10). Vzorky sú si dosť podobné (vzdialenosť, kde sa stretávajú všetky zhluky je cca 32). Zhluky v podstate nerešpektujú litostratigrafickú schému borinskej jednotky, čo svedčí o vzájomnej previazanosti klastík vo všetkých litostratigrafických klastických jednotkách. Dobré možno vyčleniť zhluk dvoch vzoriek z vrtu MKZ.



Obr.9 Zhluková analýza vzoriek z bradlového pásma. Lokality: 1. Jedľovinka, 2. Krásna Hôrka, 3. Hatné, 4. Lúty Potok, 5. Sedliacka Dubová, 6. Chotúč, 7. Melčická dolina - 1, 8. Melčická dolina - 2, 9. Melčická dolina - 3, 10. Drietoma, 11. Skalka, 12. pod Holiakom, 13. Vrch Pasienky, 14. Manínska úžina, 15. Krivoklátska dolina - 1, 16. Krivoklátska dolina - 2, 17. Klapce - 1, 18. Klapce - 2, 19. Klapce - 3, 20. Klapce - 4.

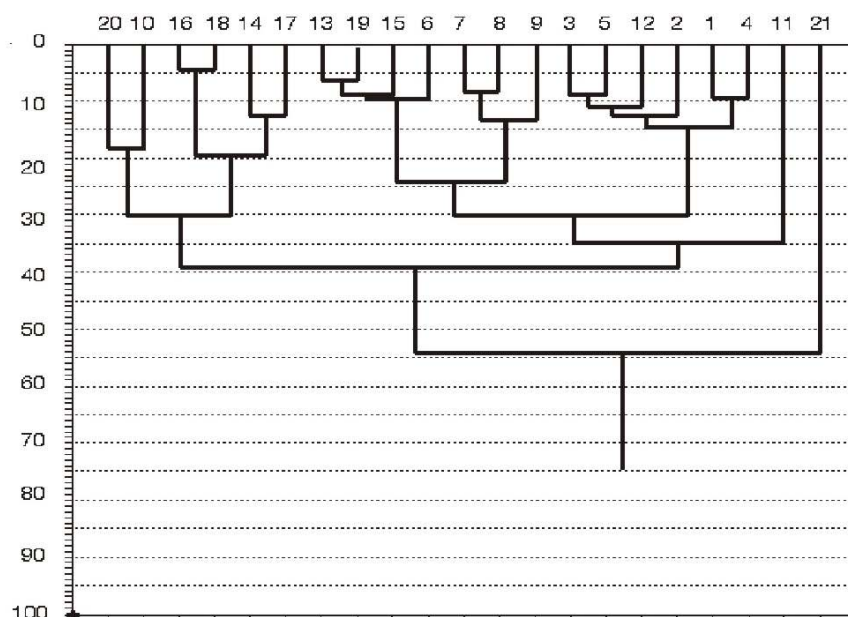


Obr.10 Zhluková analýza vzoriek z borinskej jednotky. Lokality: 1. Medené Hámre, 2. Somár, 3. Pajštún, 4. vrt MKZ 233m, 5. vrt MKZ 197m, 6. Marianka.

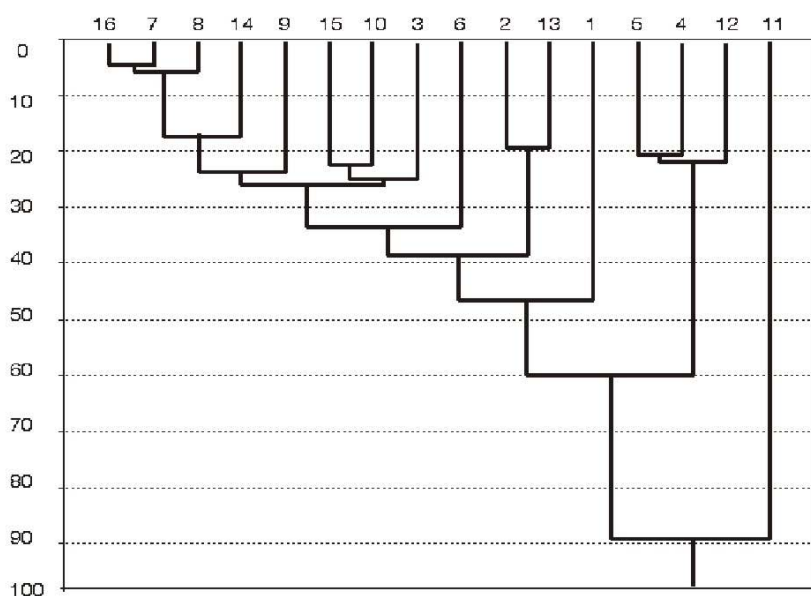
Jednotky tatrika (Obr.11). Dendrogram je pomerne málo vertikálne prevýšený. Je to dané výraznou vzájomnou podobnosťou všetkých vzoriek. Hoci sú v dendrograme naznačené výrazne oddelené zhluky, ich interpretácia nie je jednoduchá, nakoľko sa do značnej miery prelínajú vzorky z rôznych jadrových pohorí. Vidno však všeobecný trend zhlukovania tatrických jednotiek z Malých Karpát a Považského Inovca, vzhľadom na spoločný zvýšený obsah apatitu, ďalej vzoriek z Veľkej Fatry (obsah granátu), Malej Fatry (len asociácia Z-T-R) a časti ostatných vzoriek (Z-T-R + malé množstvo apatitu). Anomálne sú vzorky zo Žibrice (zvýšený podiel minerálu podobného disténu) a Zrkadliska (asociácia podobná granitoidom Malých Karpát). Je však nutné poznamenať, že väčšina zhlukov sa viaže na obsah apatitu, ktorý bol u niektorých vzoriek ovplyvnený rozpúšťaním v HCl. Preto sú výsledky zhlukovej analýzy tatrika v mnohých ohľadoch len orientačné.

Vzorky z fatrika (Obr.12) sú dosť variabilné a netvoria výrazné zhluky. Ako vidno z dendrogramu, líšia sa aj vzorky z jedného pohoria, dokonca aj profilu. Je to zrejme výsledkom miešania ťažkých minerálov z viacerých zdrojov v celej fatrickej panve. Samostatné zhluky tvoria vzorky s prevahou granátu (pod Vysokou, Strážovce a pri Zázrivke), ďalej chudobná asociácia s prevahou zirkónu (Krivosúd-Beckov - 11, Prístodolok - 1 a 2) a chudobná asociácia s prevahou turmalínu (Krivosúd-Beckov - 10, Sokol - fleckenmergel a Furkaška). Ostatné zhluky a samostatné vzorky sú nejasne definované.

Vzorky zo silicika a hronika (Obr.13). V dendrograme vidno tri výrazné zhluky s dvoma anomálnymi vzorkami stojacimi viacmenej samostatne. Zhluky očividne rešpektujú lokality a tektonické jednotky, z ktorých boli vzorky odobraté. Prvý zhluk je tvorený vzorkami z lokality Bohúňovo (silicikum s.s.), druhý z lokalít Prašník a Bzince



Obr.11 Zhľuková analýza vzoriek z tatrika. Lokality: 1. Brložnica,, 2. Veľký Šiprún, 3. Belanská dolina, 4. Malý Šiprún, 5.Kominy Tylkowe, 6. Osobitá, 7.Kunerad, 8. ZSZ od Dúbraviny, 9. Z od Dúbraviny, 10. Bralo, 11. Žibrica, 12. Ladice, 13. Donovaly, 14.Humieneec - olistolit, 15. Hranty - olistolit, 16. Nová Lehota, 17. Ostrý vrch, 18. J od Zabitého, 19. Hrubé Vápenné, 20.Kadlubek, 21. Zrkadlisko.

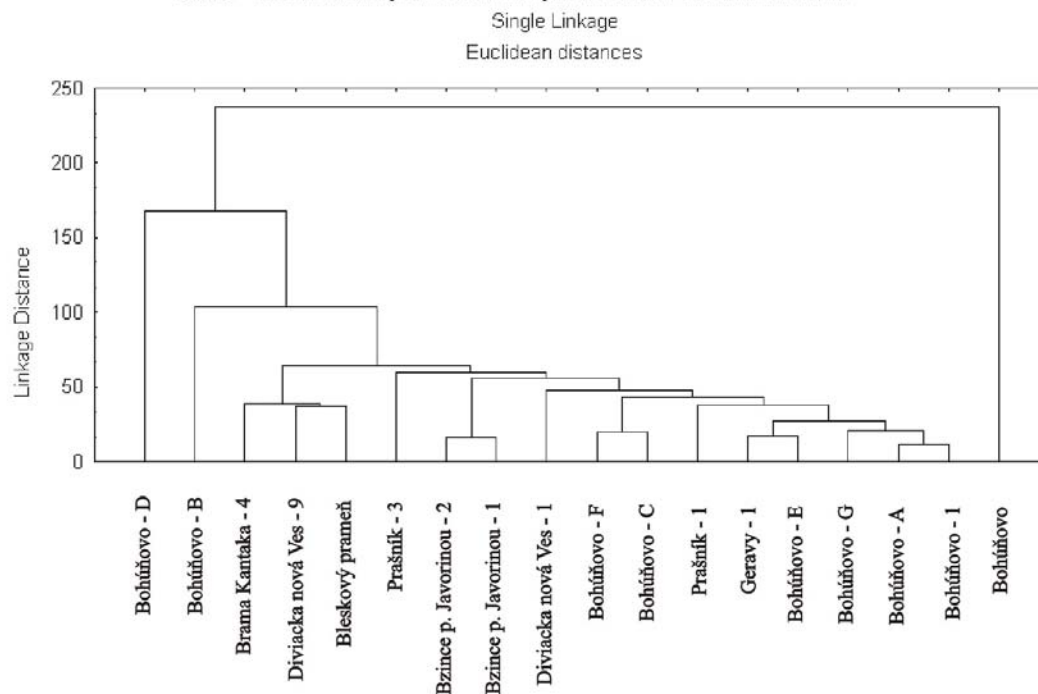


Obr.12 Zhľuková analýza vzoriek z fatrika. Lokality: 1. pod Havranom, 2. Štefanov Žľab, 3. Furkaška, 4.Strážovce, 5. pod Vysokou, 6. Smolenice, 7. Prístodolok - 1, 8. Prístodolok - 2, 9. Čierťaze, 10. Sokol - fleckenmergel, 11. Sokol, 12. pri Zázrivke, 13. Krivosúd-Beckov - 8, 14.Krivosúd-Beckov -9, 15. Krivosúd-Beckov -10, 16. Krivosúd-Beckov -11.

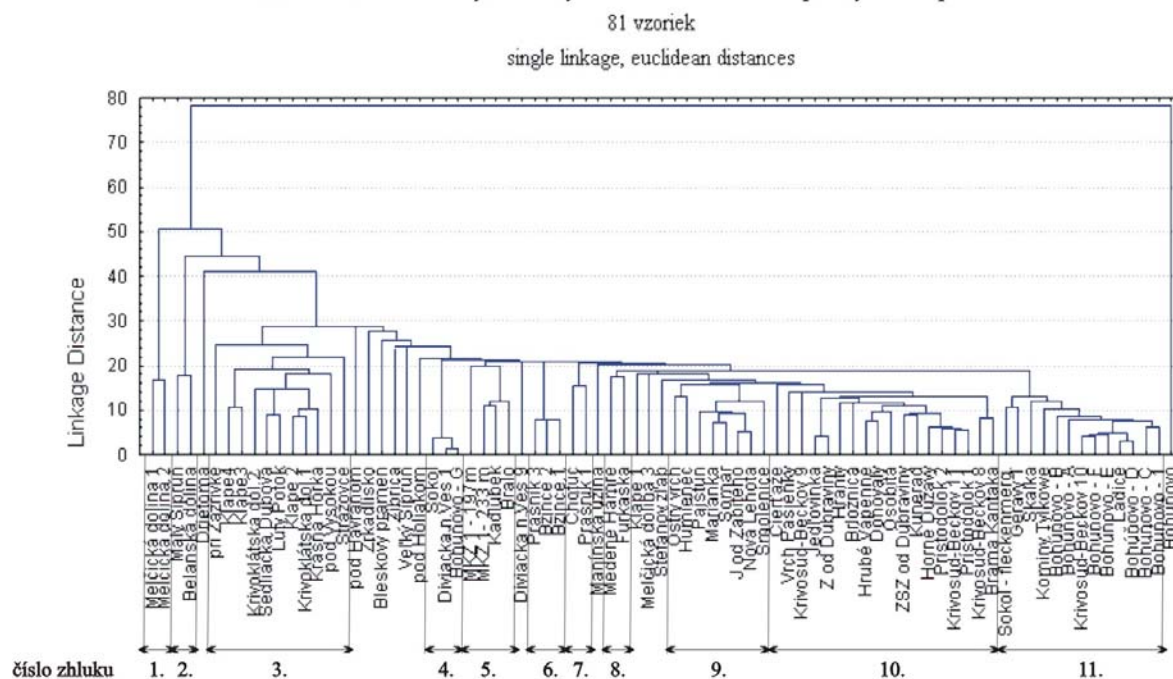
pod Javorinou (nedzovský príkrov). Tretí zhluk je tvorený vzorkami z chočského príkrovu (Diviacka n. Ves a Brama Kantaka), a jednou vzorkou z Bleskového prameňa (vzorka trochu anomálna svojím obsahom modrastého amfibolu). Samostatne stoja vzorky z Bohúňova (vzorka s vysokým obsahom modrastého amfibolu) a jedna vzorka z Diviackej n. Vsi (takmer samý turmalín).

Výsledky zhlukovej analýzy všetkých vzoriek (Obr.14) nie sú také jednoznačné, ako pri analýze oddelených jednotiek a interpretácia dendrogramu je pomerne náročná. V jednotlivé vzorky sú zdanlivo bez akejkoľvek závislosti na jednotkách, z ktorých pochádzajú. Pri bližšom skúmaní dendrogramu a vyznačení najvýraznejších zhlukov vidno určité zákonité usporiadanie. V zhluku č.1 sú sústredené dve vzorky z Melčickej doliny, ktoré sa od ostatných značne odlišujú vyšším obsahom čadičového amfibolu. Zhluk č.2 zasa spája dve vzorky fatrika Veľkej Fatry. Zhluk č.3 zahrňuje väčšinu vzoriek z pienidných jednotiek, bradla Klape a Krivoklátskej doliny, ako aj tri vzorky fatrika s vyšším obsahom granátu, čo potvrdzuje pôvodné predpoklady o vzájomnej podobnosti týchto vzoriek. Osobitné postavenie tohto zhluku v dendrograme indikuje aj úplne odlišnú asociáciu ťažkých minerálov, ktorá sa líši od zvyšku vzoriek. Zhluk č.4 zahrňuje veľmi podobné vzorky z fatrika, hronika a silicika, ktoré sa vyznačujú veľmi výrazným zastúpením turmalínu, len s malým množstvom zirkónu a rutilu. Je takmer isté, že podobnosť týchto vzoriek je spôsobená sekundárne, odstránením nestabilných minerálov. Zhluk č.5 spája niektoré podobné vzorky z fatrika a borinskej jednotky. Zhluk č.6 zahrňuje väčšinu vzoriek z nedzovského príkrovu. V zhluku č.7 vystupujú dve vzorky z nedzovského príkrovu a drietomskej jednotky, vyznačujúce sa vyšším obsahom turmalínu a pomerne vyrovnaným nižším obsahom ostatných zložiek. Zhluk č.8 je definovaný dvoma vzorkami z borinskej jednotky a fatrika, pre ktoré je typický zvýšený obsah

Obr.13 Zhuková analýza vzoriek ťažkých minerálov silicika a hronika



Obr.14 Zhuková analýza ťažkých minerálov liasu Západných Karpát



turmalínu, zirkónu a apatitu. Zhluk č.9 tvoria vzorky tatrika, borinskej jednotky a fatrika, ktoré sa vyznačujú predovšetkým prevahou zirkónu, apatitu a turmalínu. Zhluk č.10 zahrňuje vzorky z tatrika, fatrika, chočského príkrovu a (?) kysuckej jednotky, ktoré sa vyznačujú o niečo rovnomernejším zastúpením zirkónu, turmalínu a rutilu, miestami s obsahom granátu a apatitu. Podobný je aj zhluk č.11, tvorený vzorkami tatrika, fatrika a hlavne silicika, ktoré sa však vyznačujú dominanciou turmalínu.

Z dendrogramu vidno, že vertikálna vzdialenosť medzi zhlukmi 4 až 11 je pomerne malá a preto vzorky v týchto zhluchoch sú si dosť podobné. Taktiež je patrné pomerne značné miesenie vzoriek takmer zo všetkých jednotiek centrálnych a vnútorných Západných Karpát, avšak málo sa s nimi prelína väčšina vzoriek z bradlového pásma. Najväčšiu variabilitu majú, podľa očakávania, vzorky z fatrika.

Výsledky zhlukovej analýzy však nemožno absolutizovať, slúžia len na orientačné účely a čiastočne eliminujú subjektívne hodnotenie vzoriek. Možno ňou objektívne určiť podobnosť alebo rozdielnosť už jestvujúcich vzoriek. Pomocou zhlukovej analýzy však nemožno interpretovať spôsob vzniku jednotlivých minerálnych asociácií. Nemožno určiť účinky intrastratálneho rozpúšťania, či zmiešavania rôznych zdrojov, alebo výskytu lokálnych anomálií. Nezriedka sa stáva, že rovnaké asociácie ťažkých minerálov vznikli rôznym spôsobom. V takom prípade môže byť interpretácia zhlukovej analýzy skôr zavádzajúca.

6. VARIAČNÁ ANALÝZA MINERÁLOV

Štatistické spracovanie percentuálneho zastúpenia ťažkých minerálov, ktoré berie do úvahy len jednotlivé druhy minerálov bez ohľadu na ich genézu a pôvod, nám môže poskytnúť zavádzajúce údaje. Tie možno čiastočne eliminovať variačnou analýzou.

Variačná analýza (MORTON, 1985) sa týka zisťovania variability v jednom druhu minerálov, či už na základe tvarovej typológie (zirkón), alebo chemickej variability (turmalín, granát, chrómspinelidy a iné). Na základe v súčasnosti rozpracovaných metód možno v mnohých prípadoch určiť aj okruh, z ktorého pochádza zdrojová hornina minerálu.

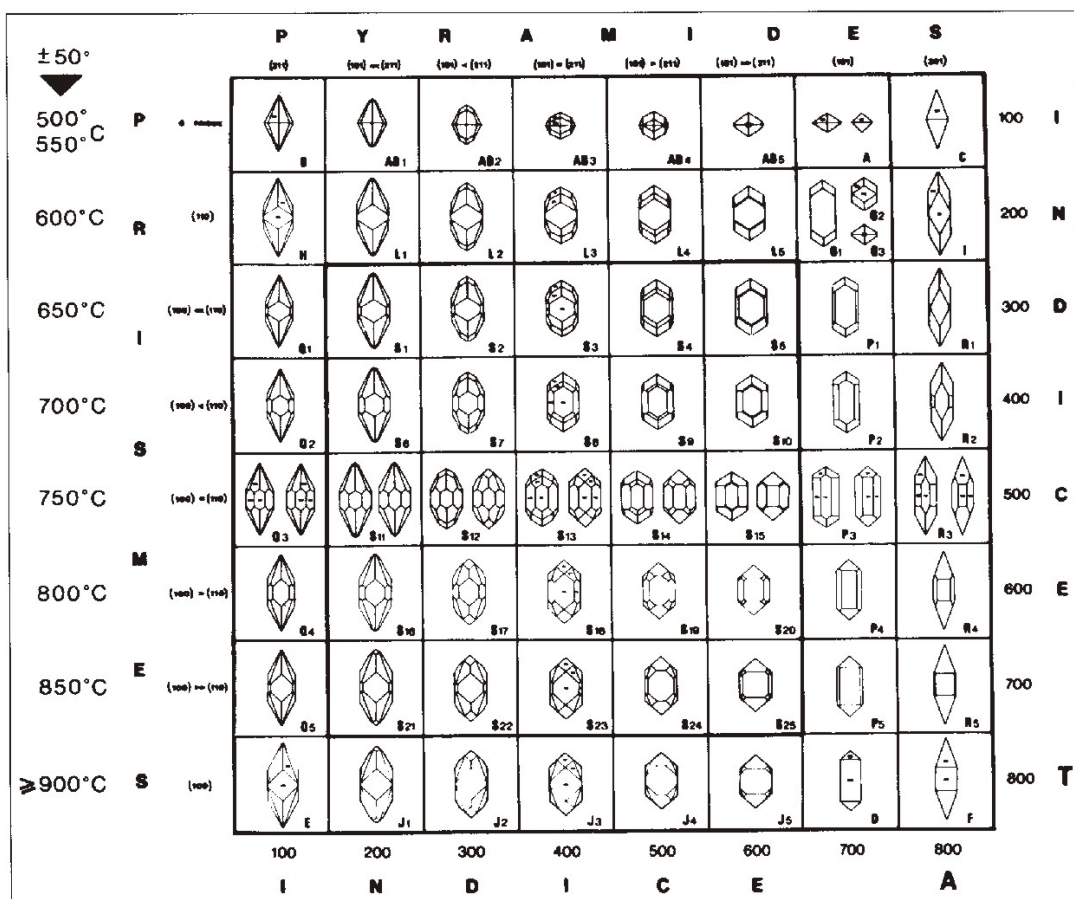
6.1. Morfológická typológia zirkónov.

Klasifikáciu zŕn zirkónov na základe ich morfológie (Obr.15), spolu s určením zdrojovej horniny zirkónových asociácií prvý raz uviedli PUPIN & TURCO (1972). Na základe tejto práce boli vyhodnotené zirkóny z liasu borinskej jednotky Malých Karpát (AUBRECHT, 1994). Použitie tejto metódy je však v klastikách liasu všeobecne náročné, nakoľko obsah neopracovaných zŕn zirkónu je pomerne malý. Z doterajších výsledkov vyplýva, že v liase borinskej jednotky (podobne ako v dogeri čorštynskej jednotky - AUBRECHT, 1993) sa vyskytujú tri základné zdroje zirkónu (Obr.16).

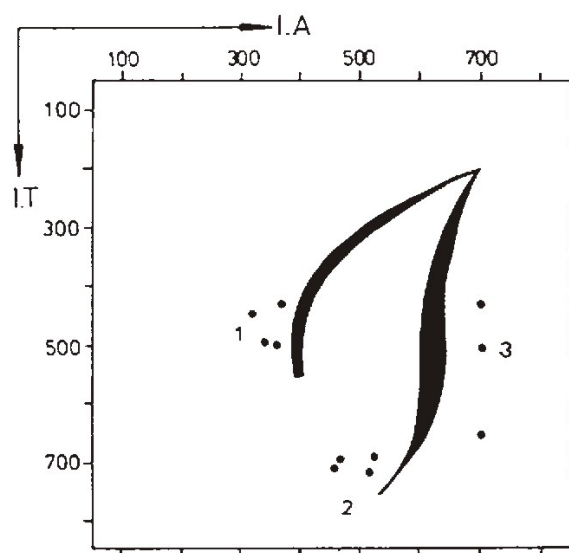
Prvý zdroj môže byť stotožnený s hercýnskymi granitoidmi Západných Karpát (BROSKA & UHER, 1991). Ide o typy pochádzajúce z granitoidov kôrového pôvodu (PUPIN, 1980).

Druhý zdroj predstavujú horniny neznámeho pôvodu, spadajúce do poľa charnockitov a trachyandezitov (PUPIN, l.c.). Zdrojové horniny tohto typu nie sú zatiaľ zo Západných Karpát známe. Zatiaľ boli opísané len z niektorých typov granodioritov stredoslovenských neovulkanitov (JAKABSKÁ, 1992). Tie samozrejme nemôžu byť zdrojom klastík v mezozoiku, avšak môžu nám poskytnúť približný obraz o zdrojovej hornine. Podobné klastické zirkóny boli zaznamenané aj v spodnom miocéne dobrovodskej depresie (KOVÁČ et al., 1991).

Tretí zdroj, reprezentovaný hlavne P-typmi zirkónov bol ešte donedávna považovaný v



Obr.15 Morfologické typy a subtypy zirkónov definované v práci PUPIN & TURCO, 1972.

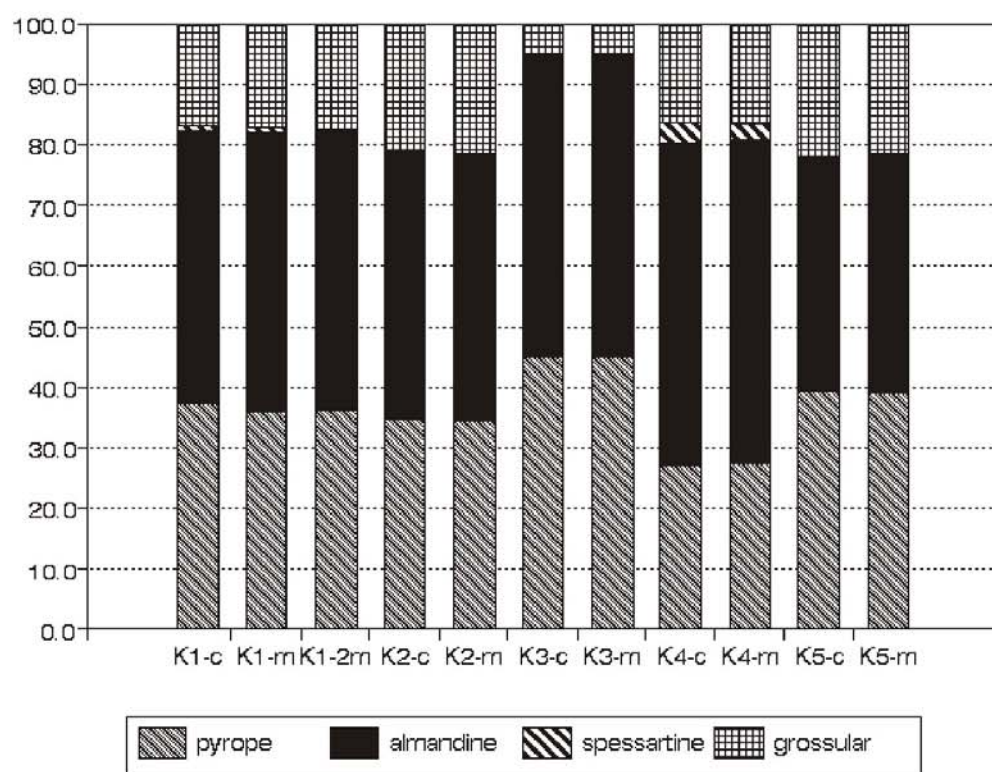


Obr.16 Vypočítané ťažiská typov zirkónov v borinskej jednotke

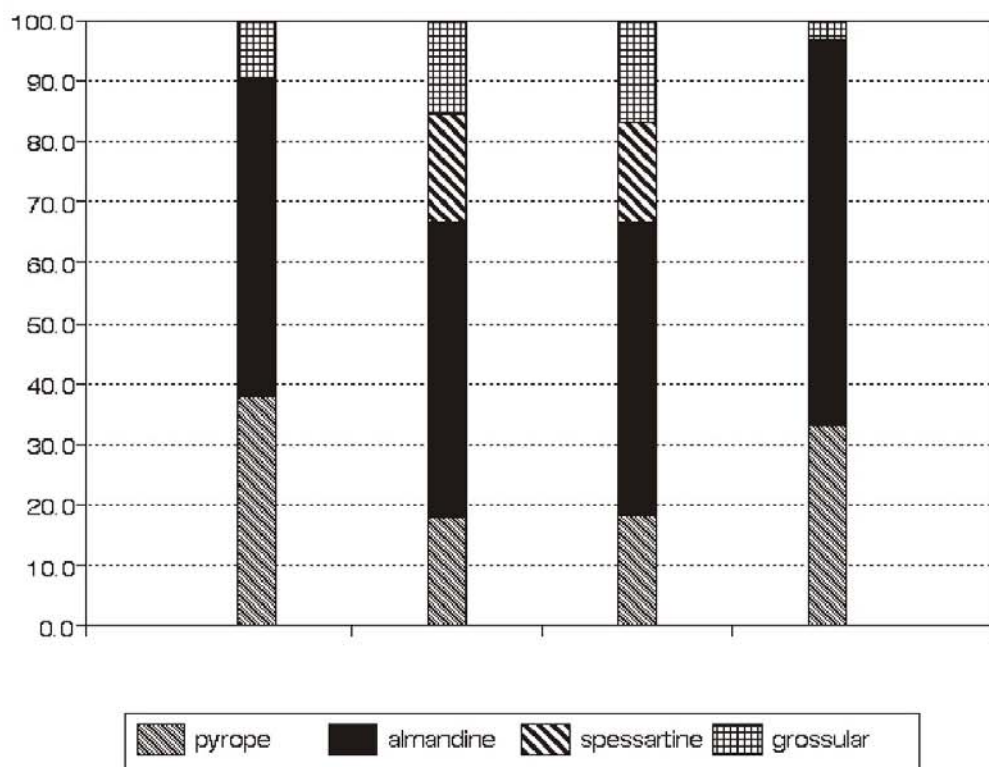
primárnych horninách Západných Karpát za zriedkavý. Ide o zirkóny vyskytujúce sa vo vysoko alkalických granitoidoch a horninách plášťového pôvodu (málo kontaminované kôrovým materiálom. P-typy zirkónov boli nájdené v granitoidoch pohoria Velence v Maďarsku (GBELSKÝ & HATÁR, 1982). Prvý raz z nášho územia bol podobný zdroj opísaný v práci KRIST et al. (1986) z leptinitov kráľovohoľskej jednotky veporika. Neskôr boli tieto typy zirkónov nájdené aj v turčockom (UHER & GREGOR, 1992), rochoveckom a hrončockom granite, a taktiež v granitoch tzv. upohlavského typu pochádzajúcich z exotickkej pieninskej kordiliery (viď UHER & MARSCHALKO, 1993). Prvé a posledné menované sa opäť líšia vyššími hodnotami I.T. Všetky vymenované výskyty sú prevažne lokálne a je nepravdepodobné, že by boli zdrojom väčšiny P-typov zirkónov. Ako najpravdepodobnejší zdroj sa javia permské kyslé vulkanity a vulkanoklastiká. Tie boli spracované kolektívom BROSKA & al. (1993) a ako sa ukázalo, väčšina z nich obsahuje P-typy zirkónov.

6.2. Chemické zloženie granátov v skúmaných vzorkách a ich pôvod.

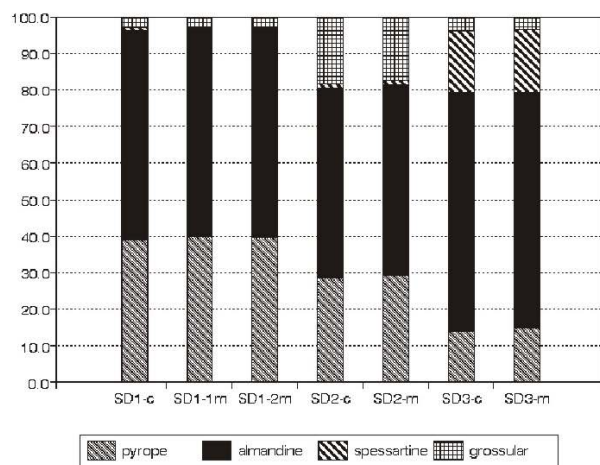
Chemické analýzy granátov poskytli doposiaľ najzávažnejšie informácie s možnou aplikáciou v paleogeografickom výskume (AUBRECHT & MÉRES, in prep.). Boli analyzované zrná granátov hlavne z jednotiek bradlového pásma, kde sú najhojnejšie (AUBRECHT, 1995). U väčšiny vzoriek bol meraný stred zrna a jeho okraj, na zistenie skrytej zonálnosti. Všetky merané zrná boli nezonálne a výsledky zo stredov a okrajov zrn sa takmer zhodovali. V prvej fáze boli analyzované vzorky z lokalít Klape (klapská jednotka?, Obr.17), Manínska úžina (manínska jednotka, Obr.18), Sedliacka Dubová (Obr.19), Lúty Potok (Obr.20) a Krásna Hôrka (Obr.21, všetky nižňanská jednotka). Granáty sú nezonálne a väčšinou vykazujú prekvapujúco zvýšený obsah pyropovej



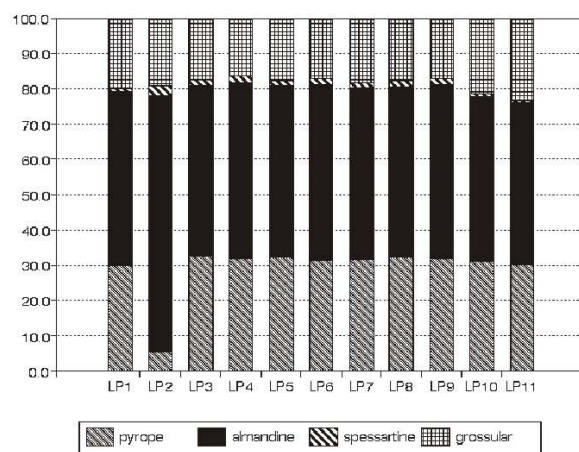
Obr.17 Graf zloženia zŕn granátov z lokality Klapa



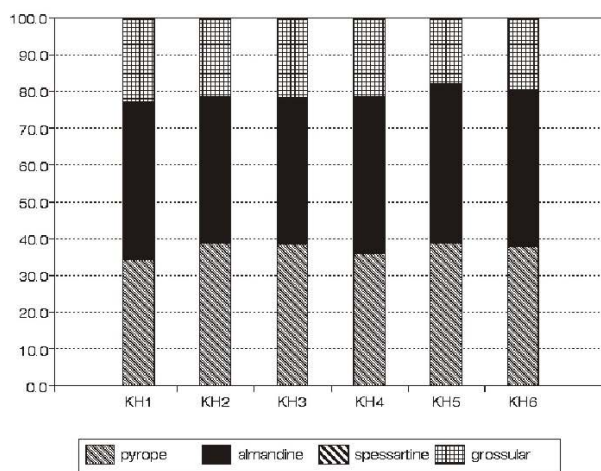
Obr.18 Graf zloženia zŕn granátov z lokality Manínska úžina



Obr.19 Graf zloženia zŕn granátov z lokality Sedliacka Dubová



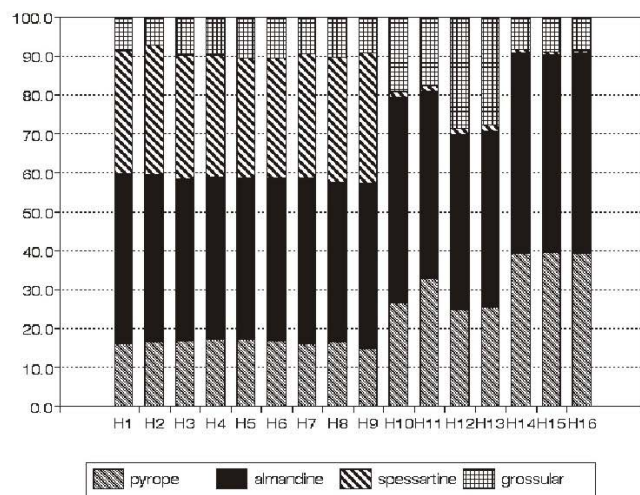
Obr.20 Graf zloženia zŕn granátov z lokality Lúty Potok



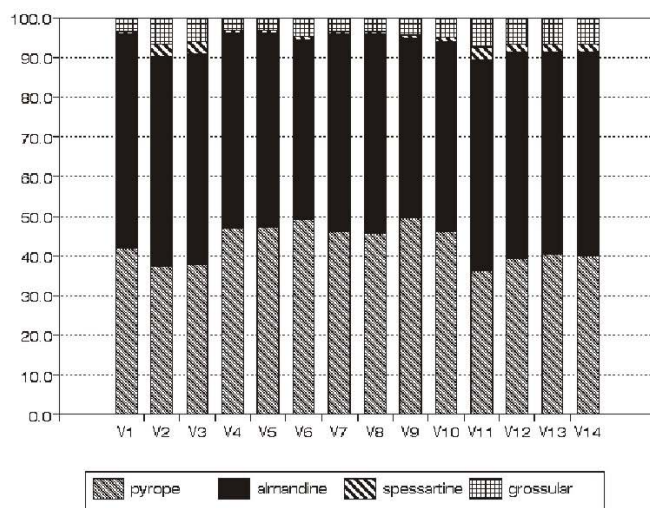
Obr.21 Graf zloženia zŕn granátov z lokality Krásna Hôrka

molekuly (prejavuje sa zvýšeným obsahom Mg), ktorý dosahuje 30 až 50% (Obr.28, 29). Okrem toho boli analyzované aj vzorky z lokalít dogeru pienidných jednotiek, ako sú Hatné (?čorštynská jednotka, Obr.22), Vršatec (čorštynská jednotka, Obr.23) a Horné Slnie-Samášky (pruská jednotka, Obr.24). Z centrálnych Západných Karpát boli analyzované vzorky z Malého Šiprúňa (tatrikum Veľkej Fatry, Obr.25), Čierťáže (fatrikum Malej Fatry, Obr.26) a Prašník (nedzovský príkrov, Čachtické Karpaty, Obr.27). Výsledky z týchto nových analýz sú nasledovné: všetky vzorky z bradlového pásma okrem bežných almandinických granátov obsahovali aj granáty s vyšším obsahom pyropovej molekuly (Obr.30, 31). Zdrojovými horninami boli pravdepodobne granulity až eklogity (AUBRECHT, 1995), ktoré sa však v centrálnokarpatskom kryštaliniku, no ani v príľahlom brunovistuliku nevyskytujú. Ich zdroj predbežne kladieme do oblasti moldanubika českého masívu, z ktorého mohli byť derivované kôrové segmenty tvoriace podložie jednotiek bradlového pásma.

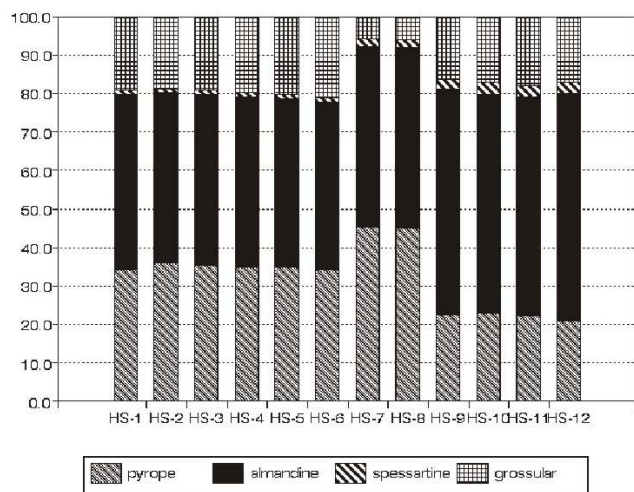
Vo vzorkách z centrálnych Západných Karpát boli zaznamenané prevažne granáty zloženia blízkeho ku granátom z tatroveporidného kryštalinika (prevažne almandinické, menej grossulárové, prípadne spessartínové). Určitým prekvapením však boli tri analyzované zrná z Malého Šiprúňa, ktoré opäť vykazujú zvýšený podiel pyropovej molekuly. Ich pôvod je neznámy, nemožno vylúčiť ani to, že ide o kontamináciu. Odpoveď na túto otázku môžu dať ďalšie analýzy z tejto lokality, ako aj z iných lokalít centrálnych Západných Karpát. Problémom je výrazný nedostatok granátov v tatriku.



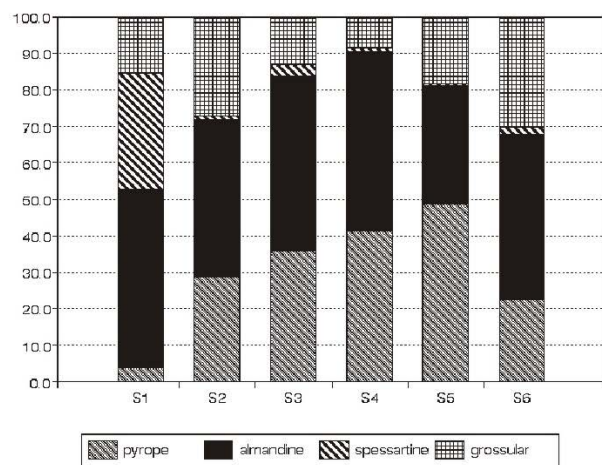
Obr.22 Graf zloženia zŕn granátov z lokality Hatné



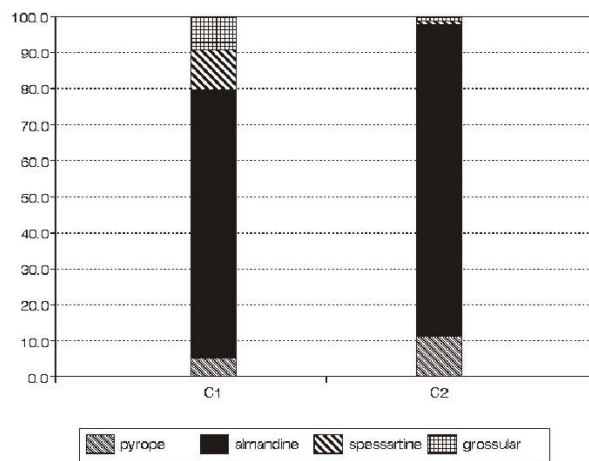
Obr.23 Graf zloženia zŕn granátov z lokality Vršatec



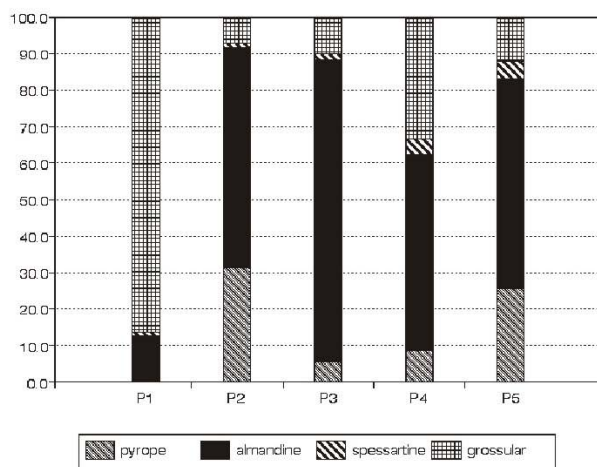
Obr.24 Graf zloženia zŕn granátov z lokality Horné Sfnie - Samášky



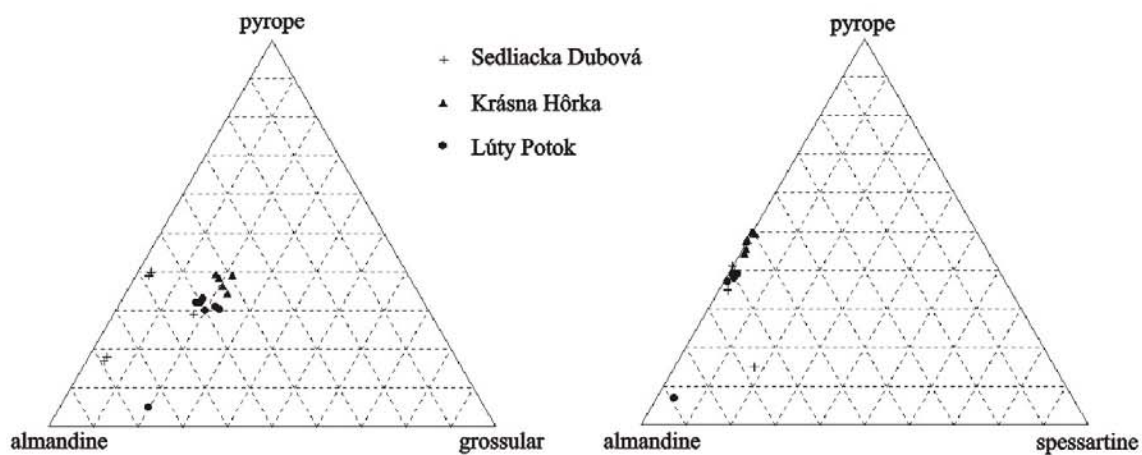
Obr.25 Graf zloženia zón granátov z lokality Malý Šiprúň



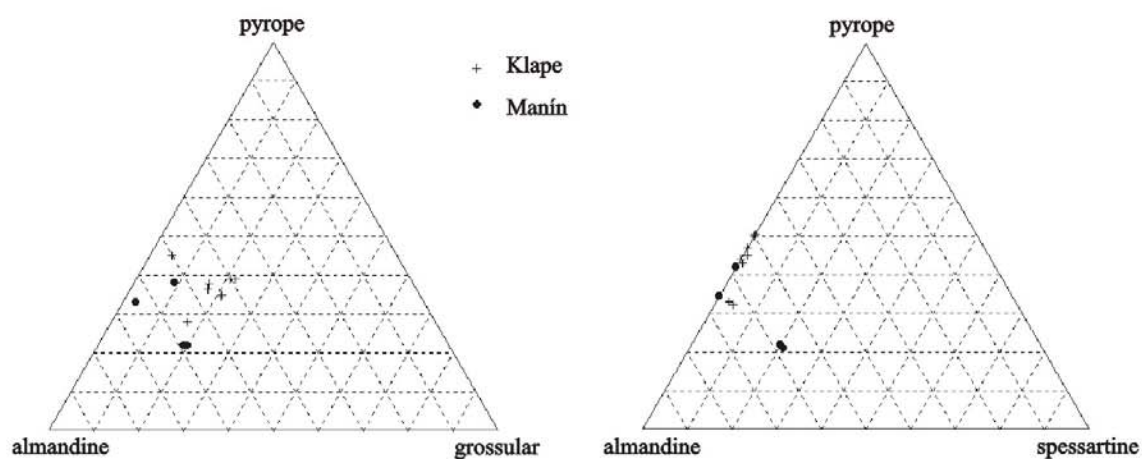
Obr.26 Graf zloženia zón granátov z lokality Čierťáže



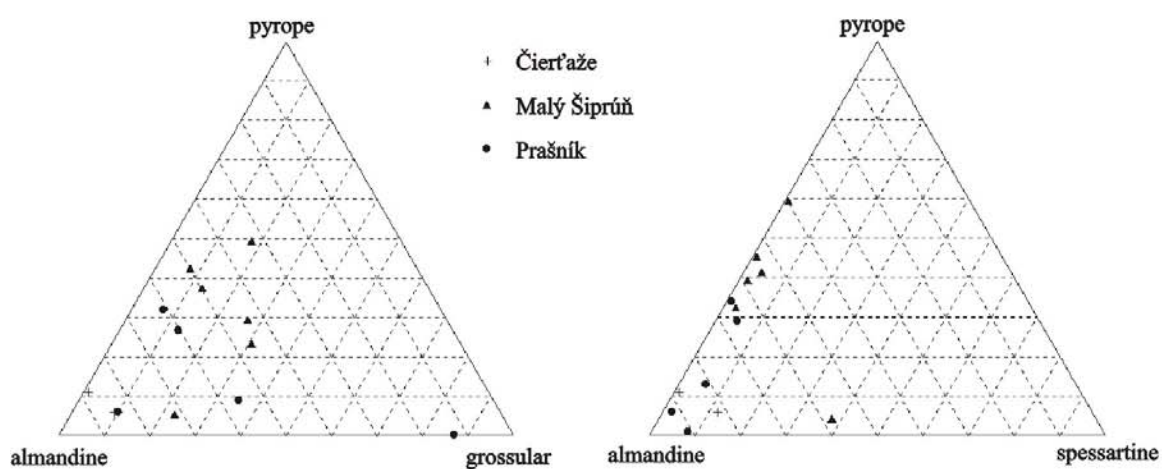
Obr.27 Graf zloženia zón granátov z lokality Prašník



Obr.28 Graf zloženia zŕn granátov z lokalít Sedliacka Dubová, Lúty Potok a Krásna Hôrka



Obr.29 Graf zloženia zŕn granátov z lokalít Klape a Manínska úžina.



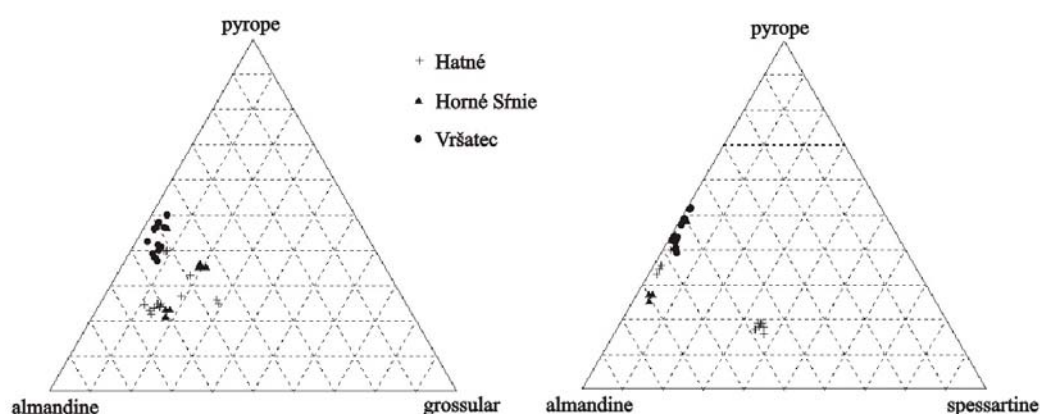
Obr.30 Graf zloženia zŕn granátov z lokalít Čierťaze, Malý Šiprúň a Prašník

6.3. Chemické zloženie turmalínov v skúmaných vzorkách a ich pôvod

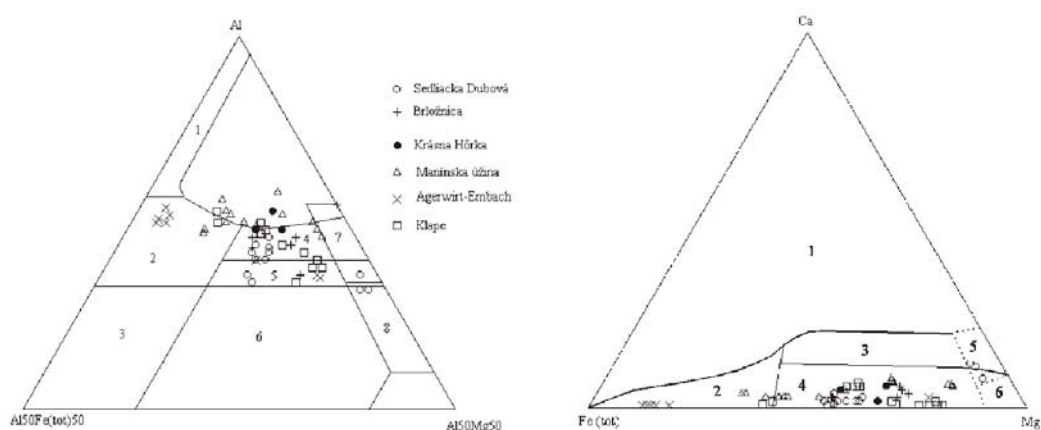
Z mnohých prác z kryštalínika tatrika, ale aj veporika vyplýva, že turmalín je minerál pomerne zriedkavý. Tak je tomu aj v kryštalíniku Malých Karpát (MIŠÍK, 1955 a VESELSKÝ, 1972, VESELSKÝ & KOVALSKÁ, 1981). O prekvapujúcom zvýšenom obsahu turmalínu v liase tatrika Malých Karpát som vyslovil názor, že turmalín pochádza zo slabo metamorfovaných hornín typu sericiticko-chloritických bridlíc, ktoré boli oderodované a dnes v tatriku vystupujú pomerne zriedkavo (AUBRECHT, 1994).

Na overenie tejto teórie bolo potrebné vykonať niekoľko mikrosondových analýz. Tieto analýzy priniesli zaujímavé výsledky (AUBRECHT & KRIŠTÍN, 1995). Skúmaných bolo 5 vzoriek z borinskej jednotky, po jednej vzorke z Kuchynskej jednotky a jednotky Kadlubka (Obr.33). Ako porovnávací materiál možných klastických zdrojov boli analyzované turmalíny z fylitov z Devínskeho hradného vrchu, zo sericitických kremencov a metaarkóz v Marianke (Marianské súvrstvie), zo spodnotriasových kremencov na Braunsbergu (Rakúsko - pokračovanie Malých Karpát) a z exotického klastu turmalinickej horniny z analogických kremencov od Trattenbachu (Rakúsko - Unterostalpin). Ako pomôcka na rozlíšenie zdrojových hornín klastického turmalínu sa najlepšie hodí práca HENRY & GUIDOTTI (1985). V nej uvedené ternárne diagramy sú založené na vzájomných pomeroch obsahov Al, Fe, Mg a Ca v turmalíne, ktoré odrážajú chemizmus primárnej horniny.

Analyzovanie turmalínu pomocou mikrosondy je trochu zložitejšie, ako u iných minerálov, nakoľko bór, voda a iné možné prchavé prvky (Li) sa nedajú stanoviť. Bór sa dá dopočítať do celkovej sumy za predpokladu výskytu troch atómov v štruktúrnom vzorci. Aj tak celková suma zriedka prekročí 98%. Sledované sú však len spomínané ľahko analyzovateľné prvky, ktorých vzájomný pomer nebýva ovplyvnený uvedenými



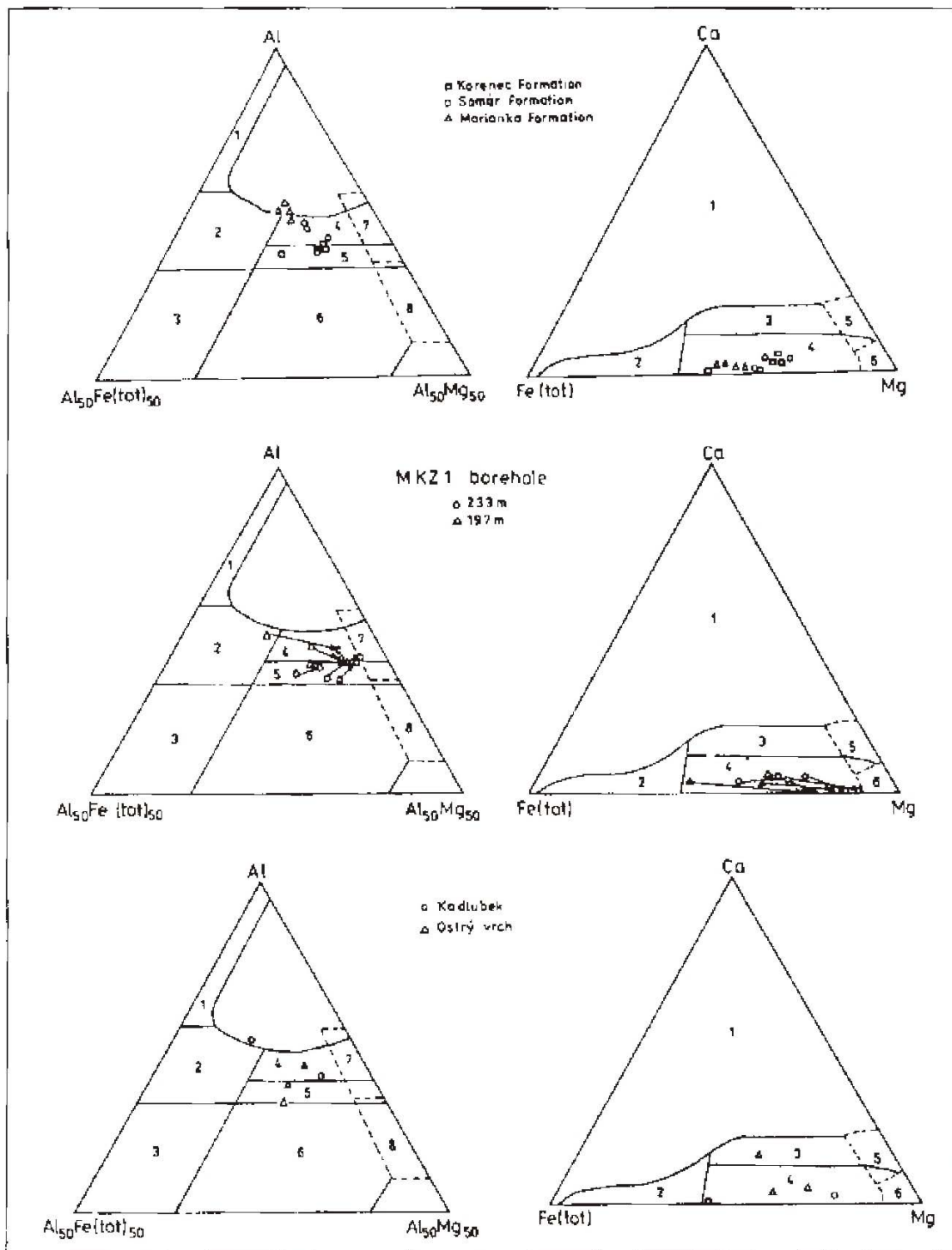
Obr.31 Graf zloženia zŕn granátov z lokalít Hatné, Horné Slnie, Vršatec



Obr. 32 Ternárne diagramy zobrazujúce molekulárne pomery prvkov Al, Fe, Mg a Ca v skúmaných vzorkách (podľa HENRY & GUIDOTTI, 1985).

Diagram AlFe(tot)Mg: 1. Granitoidné pegmatity a aplity bohaté na Li. 2. Granitoidy a s nimi spojené pegmatity a aplity chudobné na Li. 3. Kremenno turmalinické horniny (hydrotermálne alterované granity) bohaté na Fe^{3+} . 4. Metapsamity a metapelity koexistujúce s fázou nasýtenia Al. 5. Metapsamity a metapelity nekoexistujúce s fázou nasýtenia Al. 6. Kremenno turmalinické horniny bohaté na Fe^{3+} , vápenato silikátové horniny a metapelity. 7. Nizkovápenaté metaultramafity a sedimenty bohaté na Cr a V. 8. Metakarbonáty a metapyroxenity.

Diagram CaFe(tot)Mg: 1. Granitoidné pegmatity a aplity bohaté na Li. 2. Granitoidy a s nimi spojené pegmatity a aplity chudobné na Li. 3. Metapelity a metapsamity bohaté na Ca a vápenato silikátové horniny. 4. Metapelity, metapsamity a kremennoturmalinické horniny chudobné na Ca. 5. Metakarbonáty. 6. Metaultramafity.



Obr. 33 Ternárne diagramy analýz turmalínov z liasových sedimentov tatrika a borinskej jednotky z Malých Karpát (podľa AUBRECHT & KRIŠTÍN, 1995). Vysvetlivky - viď obr. 32.

ťažkosťami pri meraní. Nakoľko obsah vody nebol stanovovaný, štruktúrny vzorec bol rátaný na báze 29 kyslíkov.

Z výsledkov získaných z borinskej jednotky jasne vyplýva, že skúmané detritické turmalíny sú väčšinou nezonárne a pochádzajú prevažne z metapsamitov a metapelitov.

V turmalínoch z mariatálskych bridlíc bol zaregistrovaný anomálne zvýšený obsah Al, avšak v rámci prekryvu, ktorý je patrný aj z diagramov v práci HENRY & GUIDOTTI (1985).

Vo vrte MKZ1 boli v dvoch vzorkách zistené zónárne turmalíny, kde na klastické jadrá turmalínov rôzneho pôvodu boli dorastené metamorfné lemy približne rovnakého zloženia na všetkých zrnách. Takmer všetky klastické jadrá pochádzajú z metamorfovaných hornín, nájdené bolo len jedno jadro pochádzajúce z granitoidov. Lemy narastené na klastických jadrách sú zreteľne metamorfného pôvodu. Boli narastené až po resedimentácii turmalínu zo starších hornín v procese následnej metamorfózy. Oproti klastickým jadrám majú lemy znížený obsah Fe a zvýšený obsah Mg. Metamorfné lemy v oboch vzorkách majú podobný chemizmus, čo naznačuje rovnaký zdroj klastického turmalínu.

Vo vzorke z kuchynskej jednotky (lokalita Ostrý vrch) sa vyskytovali nezonárne turmalíny pochádzajúce z metamorfítov, ako aj z kremeň-turmalinických hornín.

V jednotke Kadlubka sa zistilo, že jedno z dvoch analyzovaných nezonárnych zŕn pochádza z granitoidov. Jednotka Kadlubka predstavuje sedimentárnu sekvenciu pomerne malej hrúbky, ktorá pravdepodobne sedimentovala na elevácii (PLAŠIENKA et al., 1991), čím mohlo dôjsť k zásahu erózie až do granitoidných komplexov.

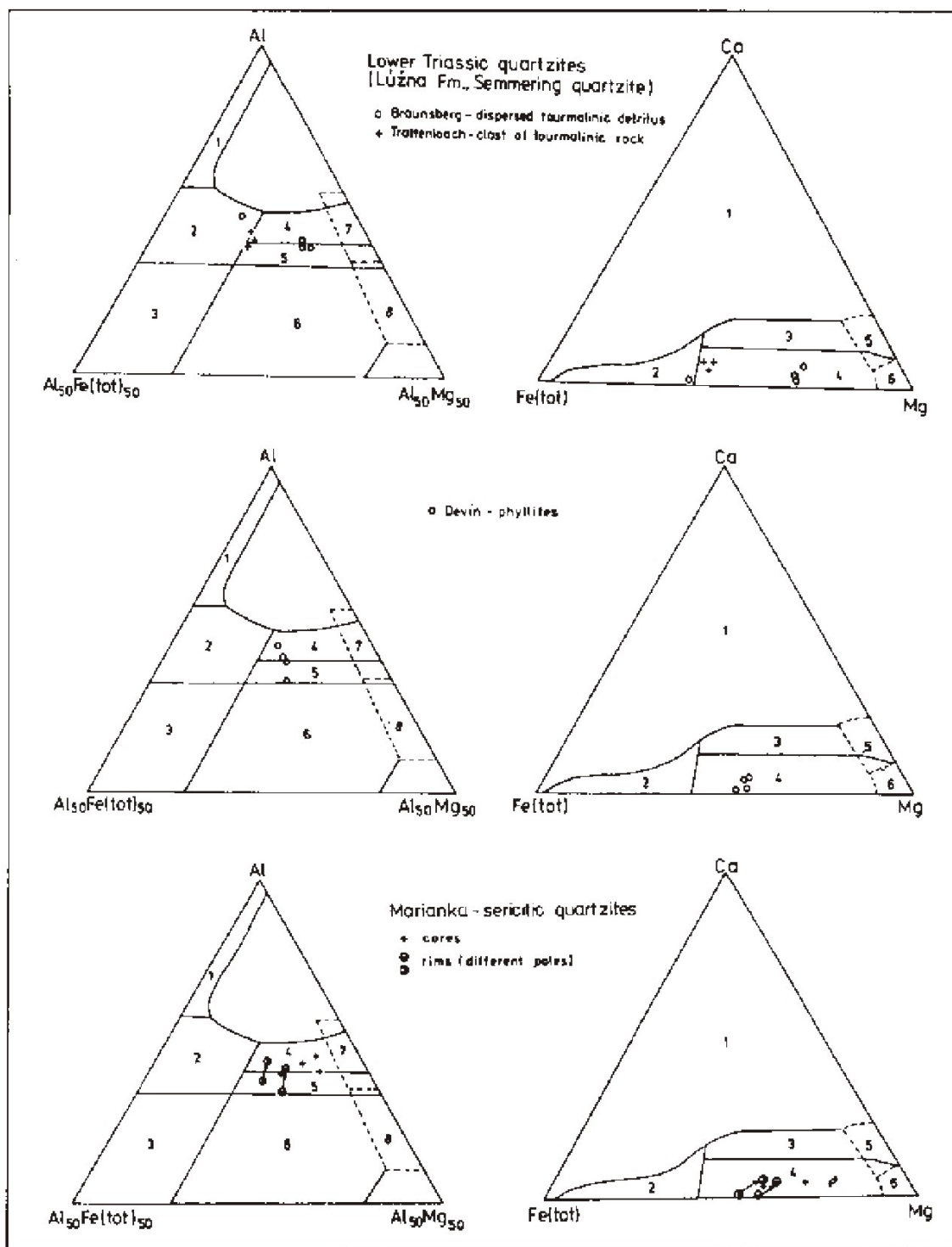
Vo porovnávacej vzorke zo spodnotriasového lúžňanského súvrstvia z Braunsbergu (Rakúsko) bolo zo 4 klastických turmalinických zŕn zistené jedno zrno pochádzajúce

z granitoidov (Obr.34). Výsledky analýzy exotickéj turmalinickej horniny zo semmeringského kvarcitu z Východných Álp (analogické boli opísané v Malých Karpatoch v práci MIŠÍK & JABLONSKÝ, 1978) spadajú blízko hranice medzi metamorfovanými horninami a granitoidmi chudobnými na Li (Obr.34). V rámci prekryvu výsledkov analýz aj v originálnej práci HENRY & GUIDOTTI (1985) možno predpokladať zdroj aj z granitoidov. Pravdepodobnejšia je však verzia o pôvode týchto hornín z metasomaticky premenenej kontaktnej aureoly v okolí granitoidného telesa (tým by sa prejavil ako vplyv granitov, tak aj pôvodný chemizmus metamorfovanej horniny).

V chloritických fylitoch na devínskom hradnom vrchu sa vyskytujú nezonárne turmalíny, ktorých výsledky analýz jasne spadajú do poľa metamorfovaných hornín, avšak s variabilným obsahom Al (Obr.34).

Zo sericitických kremencov vo veľkom lome pri Marianke boli analyzované 4 zrná turmalínov (Obr.34). Všetky vykazujú metamorfnú zonálnosť, z toho dve zrná obsahujú dve metamorfné zóny. Zodpovedajúce si zóny majú vo všetkých zrnách rovnaký charakter. Prvá zóna odráža zvýšený obsah Fe, druhá fáza sa prejavuje nárastom obsahu Al a Ca. Možno pozorovať aj rozdiel v chemickom zložení zóny na jednom a na druhom konci turmalínu daný elektrickou bipolaritou turmalínového zrna. Tento jav je opísaný v práci HENRY & DUTROW (1992). Je pozoruhodné, že vzťahy jadro - metamorfný lem, majú v tejto vzorke úplne opačný trend v porovnaní so vzorkami z vrtu MKZ1. Podobný trend vzťahu jadro - prvá zóna však obsahujú vzorky turmalínov z Kőszegského okna penninika opísané v práci DEMÉNY (1988). Tieto však takmer neobsahujú druhú metamorfnú zónu. Pôvodné klastické jadrá pochádzajú tiež z metamorfovaných hornín.

Zo spomínaných primárnych vzoriek by mohla predstavovať skutočný zdroj skúmaných turmalínov len vzorka z fylitov z devínskeho hradného vrchu. Hoci obsahuje



Obr. 34 Ternárne diagramy analýz turmalínov zo spodnotriasových sedimentov tatrika a kryštalinika Malých Karpát (podľa AUBRECHT & KRISTÍN, 1995). Vysvetlivky - viď obr. 32.

veľké množstvo granátu (VESELSKÝ & KOVALSKÁ, 1981), ten sa nemusel zachovať v sedimente vďaka intrastratálnemu rozpúšťaniu. Ťažšie je však vysvetliť pôvod zvýšeného množstva apatitu v študovaných vzorkách. Popri rôznych domnienkach je však evidentný fakt, že drvivá väčšina klastického turmalínu pochádza z metamorfovaných hornín, aj keď ich priamy zdroj sa ešte nenašiel.

V posledných rokoch boli robené aj analýzy jednotlivých zŕn turmalínov z pienidných jednotiek bradlového pásma, ako aj z manínskej a klapskej jednotky (Obr.32). Na porovnanie boli urobené aj analýzy turmalínov z tatrika Veľkej Fatry z lokality Brložnica (Prieložnica) a z tzv. "Klammkalkzone" ležiacej v severnom leme okna Vysokých Taurov v Alpách (zárez cesty medzi Agerwirtom a Embachom - čierne slabo metamorfované bridlice s ojedinelými turbiditnými polohami - analóg mariatálskych bridlíc) (Obr.32).

Z meraných turmalínových zŕn bolo iba jedno zonárne. Z uvedených diagramov možno urobiť nasledujúce závery:

1. Takmer všetky zrná z lokality Klape spadajú do polí vyhradených pre metasedimenty, okrem dvoch, ktoré spadajú do poľa granitoidov.
2. Vo vzorke z lokality Manínska úžina sa vyskytujú turmalíny pôvodom z metasedimentov, avšak hojné sú aj turmalíny z granitoidov.
3. Turmalíny na lokalite Sedliacka Dubová pochádzajú z metasedimentov, ale chemizmus dvoch zŕn nasvedčuje, že môžu pochádzať z metaultramafitov alebo metakarbonátov.
4. Zrná turmalínov z lokality Krásna Hôrka sú taktiež z metasedimentov.
5. Turmalíny z Brložnice všetky pochádzajú z metasedimentov.
6. Turmalíny z "Klammkalkzone" väčšinou pochádzajú z granitoidov, hoci na jednom

klastickom jadre bol neskôr narastený metamorfný lem. Predpokladáme, že tento lem dorástol až v konečnom sedimente, z ktorého bola vzorka odobraná, nakoľko ten javí známky slabej metamorfózy.

Z uvedených výsledkov, ako aj z výsledkov uverejnených v práci AUBRECHT & KRIŠTÍN (1995) vyplýva, že jednotky tatrika, borinskej jednotky a vzorky zo Sedliackej Dubovej a Krásnej Hôrky sa vyznačujú hlavne prínosom turmalínu z metasedimentov, zatiaľ čo klapská a manínska jednotka, ako aj tzv. "Klammkalkzone" sa vyznačujú aj zastúpením turmalínov z granitoidov. Hlavne údaj z posledne spomínanej jednotky prekvapuje, nakoľko sa veľmi líši od borinskej jednotky, ktorej sa "Klammkalkzone" inak veľmi podobá svojím faciálnym vývojom, postavením v paleogeograficko- tektonickom pláne, ako aj percentuálnym zastúpením ťažkých minerálov. Predpokladáme, že vzhľadom na zatiaľ pomerne malý počet analyzovaných vzoriek ešte nemožno namerané výsledky zovšeobecňovať. Je možné, že variabilita v zastúpení turmalínov rôzneho chemizmu je väčšia, než sa nám javí v súčasnosti.

6.4. Chemické zloženie modrastých amfibolov v skúmaných vzorkách silicika s.l. a ich pôvod

Obsah modrastého amfibolu je významný, najmä v niektorých vzorkách z liasu pri Bohúňove (až 80% priesvitných ťažkých minerálov) a z rétu z tej istej lokality (6%); jedno zrno bolo dokonca nájdené aj na lokalite Geravy. Minerál je dobre štiepatelný, zháša šikmo, je pleochroický, prechádza z bledomodrej až do modrej farby. Nemá fialovkastý pleochroizmus typický pre glaukofán. Na základe prepočtov analýz, ktoré urobil Doc. RNDr. Peter Ivan CSc. a podľa slovenského názvoslovía amfibolov

navrhnutého v práci GRECULA & FARYAD (1985), amfibol pravdepodobne zodpovedá nízkosodnému hlinito-železnato-horečnatému hornblendu ($\text{Na}+\text{K}<0.5$) až hlinitému edenitu ($\text{Na}+\text{K}\geq 0.5$) s približným chemickým vzorcom: $\text{NaCaFeMg}_3\text{AlSi}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2$. Modrastý amfibol podobného typu bol opísaný z niekoľkých výskytov paleobazaltov v rakoveckej skupine gemerika (HOVORKA et al., 1988), ako aj z amfibolitu z Rudnians (FARYAD, 1995, s.11).

V zlambašských vrstvách pri Bohúňove boli nájdené aj tri zrná modrastých amfibolov s fialovým pleochroizmom podobných glaukofánu. Mikrosondové analýzy však poukazujú na absenciu sodíka. Chemické zloženie merateľných prvkov poukazuje na to, že ide možno o lítny amfibol holmquistit, ktorý vzniká metasomatickým zatláčaním obyčajných amfibolov v horninách na kontakte s granitoidnou magmou bohatou na Li (možno gemeridné granity). Lítium sa však nedá zistiť mikrosondovou analýzou a na spektrálnu analýzu bolo množstvo materiálu nedostatočné. Z toho dôvodu nemožno výsledky meraní s istotou interpretovať.

7. DISKUSIA

Najnovšie výskumy priniesli celý rad nových údajov, ktorých interpretácia je však, ako v celej geológii, nejednoznačná. Každý nový údaj okrem objasnenia niektorých problémov priniesol aj množstvo nových otázok. V nasledujúcej diskusii podrobne preberieme niektoré z najzávažnejších problémov.

1. Prečo sa v centrálnych a vnútorných Západných Karpatoch v liase vyskytuje prevažne najstabilnejšia asociácia turmalín - zirkón - rutil?

Z predbežných výsledkov vyplýva, že jednotky v súčasnosti ležiace južne od bradlového pásma sa vyznačujú chudobnejšími asociáciami ťažkých minerálov.

Zastúpená je hlavne najstabilnejšia trojica turmalín-zirkón-rutil, pričom v kryštaliniku vysoko prevláda granát a spomínaná trojica je pomerne slabo zastúpená. Ochudobnenie môže byť spôsobené dvoma príčinami: niekoľkonásobnou resedimentáciou klastík alebo intrastratálnym rozpúšťaním v sedimente.

V tatriku môže mať intrastratálne rozpúšťanie dominantný vplyv. Jednotky tatrika sú veľmi často výrazne tektonicky a dynamometamorfne postihnuté, čo je zrejme hlavným faktorom ochudobnenia asociácie ťažkých minerálov. Tatrikum má zo všetkých skúmaných jednotiek pomerne najvyšší ZTR-index (AUBRECHT, 1994a). Ide o pomer percentuálneho zastúpenia najstabilnejšej asociácie zirkón-rutil-turmalín k ostatným minerálom (HUBERT, 1962). Tento index odráža celkovú zrelosť sedimentu a indikuje aj možnú redepozíciu zo starších sedimentov. Čím je index vyšší, tým je klastický materiál zrelší, zbavený prítomnosti nestabilných minerálov.

Ochudobnenie sa však prejavuje aj v tektonometamorfne málo postihnutých jednotkách, ako sú hronikum a silicikum, kde ho nie je možné vysvetliť týmto spôsobom. Tieto jednotky nie sú viac postihnuté než jednotky bradlového pásma a napriek tomu obsahujú chudobnejšie asociácie. Oveľa pravdepodobnejšie je vysvetlenie pomocou viacnásobnej resedimentácie minerálov, čiže ich pôvod bol pravdepodobne v starších klastických sedimentoch permu a triasu.

Asociácie ochudobnené o granát, s prevahou najstabilnejších zložiek - chrómspinelidov, zirkónu, turmalínu a rutilu sa v Západných Karpatoch bežne vyskytujú počas cele kriedy, pričom v paleogéne nastáva náhly nástup asociácií s granátom (MIŠÍK & al., 1980, SALAJ & PRIECHOVSKÁ, 1987, WAGREICH & MARSCHALKO, 1995). Ak by ochudobnené asociácie bez granátu boli výsledkom výlučne intrastratálneho rozpúšťania, ktoré je okrem iného aj funkciou času, pozorovali by sme pozvoľné

pribúdanie menej stabilných minerálov smerom do mladších súvrství. Skokový nástup však znamená skôr prísun materiálu z úplne odlišného zdroja.

Najpravdepodobnejšou verziou je, že v centrálno a vnútrokarpatských jednotkách ide o výsledok kombinácie viacnásobnej recyklácie klastického materiálu (pôvod zo starších klastík), ako aj intrastratálneho rozpúšťania v sedimente.

2. Prečo v ochudobnených asociáciách centrálnych a vnútorných Západných Karpát často dominuje turmalín, ktorý je v tatroveporidnom kryštaliniku pomerne zriedkavý?

Väčšina prác týkajúcich sa obsahu akcesorických minerálov v horninách tatroveporidného kryštalinika uvádza pomerne nízky obsah turmalínu. Len v prácach HVOŽĎARA (1980) a ŽENIŠ & HVOŽĎARA (1985), vychádzajúcich zo šlichovacích prác vo veporiku, sa uvádza vyššie zastúpenie turmalínu, avšak bez kvantitatívnej špecifikácie.

Problémom klastických turmalínov v liasových sedimentoch som sa už zaoberal v niekoľkých prácach (AUBRECHT, 1994, 1994a, AUBRECHT & KRIŠTÍN, 1995). Z chemických analýz turmalínov viacerých jednotiek Západných Karpát vyplýva, že väčšina klastického turmalínu s veľkou pravdepodobnosťou pochádza z metasedimentov, pravdepodobne fylitov. Závažná informácia vyplýva tiež z regresnej analýzy minerálov. Vidno z nej koreláciu medzi zirkónom a rutilom; korelácia týchto minerálov s turmalínom je však malá, čo naznačuje, že zdroj turmalínov bolo čiastočne odlišný od zdroja zirkónu a rutilu. Zirkón, rutil a malá časť turmalínu boli pravdepodobne resedimentované zo starších sedimentov, zatiaľ čo väčšina turmalínu pravdepodobne pochádza z už spomenutých metasedimentov. Vzhľadom na nízky priemerný obsah turmalínu v dnešnom tatroveporidnom kryštaliniku musíme predpokladať, že predmetné metasedimenty boli už odstránené eróziou. Myšlienka erózneho odstránenia metamorfítov s turmalínom však

naráža na isté interpretačné ťažkosti. Ponúkajú sa dve alternatívy. Podľa prvej sa erózia musela odohrať ešte pred triasom (pred sedimentáciou lúžňanského súvrstvia) a v tom prípade sú všetky turmalíny v liase resedimentované. Ďalšia možnosť je, že erózia prebiehala v liase. To však vyžaduje odstránenie všetkých predchádzajúcich triasových sedimentov. Prípad priameho nasadenia liasových sedimentov na kryštalinikum však nebol v Západných Karpatoch zatiaľ zaznamenaný (okrem breccii Somára v borinskej jednotke). Tento fakt je však v priamom protiklade s výrazným nástupom siliciklastickej sedimentácie, najmä v liase tatrika. Ťažko predpokladať, že všetok siliciklastický materiál je výsledkom resedimentácie. Navyše, v klastickej prímesi boli často identifikované priamo klasty kryštalinika. Ako vysvetlenie sa nám vo väčšine prípadov ponúka hypotetický kryštalinický teran tvorený hlavne metamorfitmi nízkych stupňov metamorfózy, umiestnený pravdepodobne externe od tatrika, podobne ako zdroj klastík v lúžňanskom súvrství (MIŠÍK & JABLONSKÝ, 1978). Na jeho umiestnenie usudzujeme zo znižovania sa obsahu klastickej prímesi z tatrika cez fatrikum do hronika. Množstvo turmalínu v siliciku môže pravdepodobne pochádzať aj z gemerika.

3. Odkiaľ pochádzajú klastické modrasté amfiboly nájdené na niekoľkých lokalitách silicika s.l.?

Modrasté amfiboly sa vyskytli len v troch vzorkách z Bohúňova a v jednej vzorke od Bleskového prameňa; ojedinelé zrno bolo nájdené aj na lokalite Geravy. Vzhľadom na to, že po prvých vzorkách sa už nálezy modrastých amfibolov nepodarilo zopakovať, spočiatku sme dospeli k názoru, že išlo o kontamináciu vzoriek na drviacom zariadení, kde boli vzorky drvené za sebou v jeden deň. Po drvení vzorky je vždy potrebné drvič dôkladne vyčistiť a následne podrviť časť nasledujúcej vzorky, ktorá sa vyhodí. Až potom

môže nasledovať zvyšok vzorky. Napriek týmto opatreniam metóda drvenia nie je nikdy natoľko čistá, ako metóda rozpúšťaním vzoriek v kyselinách. Avšak dosiahnutie takého vysokého percentuálneho zastúpenia modrastých amfibolov v priesvitnej ťažkej frakcii (až 80%) kontamináciou sa nám zdalo veľmi nepravdepodobné. Neskôr, s odstupom dvoch rokov, bola analyzovaná aj vzorka z lokality Geravy, ktorá bola spracovaná rozpúšťaním v kyseline octovej. Vo vzorke bolo nájdené identické zrno modrastého amfibolu. Na lokalite Bohúňovo boli súčasne nájdené aj tri ďalšie zrná, ktoré však mali odlišný vzhľad a chemické zloženie. Patria pravdepodobne holmquistitu.

Všetky tieto nálezy nás presvedčili, že pravdepodobne nešlo o kontamináciu. Zriedkavosť výskytu klastického modrastého amfibolu je spôsobená jeho veľkou nestabilitou v sedimente. Zrná tohto minerálu sa zachovávajú len tam, kde sú chránené pred intrastratálnym rozpúšťaním. Pravidlá, ktorými sa riadi intrastratálne rozpúšťanie nie sú dodnes presne objasnené. Väčšina autorov sa však zhoduje na tom, že sedimenty chránené pred prístupom vody a iných fluíd (napr. konkrécie alebo vrstvy izolované nepriepustným okolím) si zachovávajú oveľa pestrejšie zloženie asociácií ťažkých minerálov. V Bohúňove sa pozitívne vzorky našli v rámci bridličnatých zlambašských vrstiev, prípadne v ich tesnom liasovom nadloží s podobnou litológiou. Vzorky z Bleskového prameňa a Geráv boli taktiež silno ílovité a preto vhodné na zachovanie nestabilnejších súčastí.

Otázkou pôvodu klastických modrastých amfibolov sa po ústnej informácii podrobne zaoberali KOZUR & MOCK (1995, 1996). Bez bližšieho výskumu a analytických výsledkov vyhodnotili amfiboly ako výsledok vysokotlakovej metamorfózy pri subdukcii "severnej" vetvy meliatského oceánu, ktorá sa na základe veku sedimentov začala už v réte.

Napriek nedostatku väčšieho počtu presnejších analýz zapríčineného technickými

problémami pri spracovaní leštených preparátov, možno povedať, že spomínané amfiboly nie sú priamym výsledkom vysokotlakovej metamorfózy. Mohli by však reprezentovať výsledok retrográdnej fázy metamorfózy, nasledujúcej po vysokotlakovom štádiu (IVAN - ústna konzultácia). Svojím charakterom sú bližšie k modrastým amfibolom z rakoveckej jednotky (HOVORKA et al., 1988) než ku glaukofánom z príkrovu Bôrky.

Vo vzorkách z Bohúňova boli nájdené aj modré odrody turmalínu, ktoré sú podobné niektorým turmalínom z gemeridných granitov (FARYAD & JAKABSKÁ, 1996). Predpokladaný holmquistit by mohol tiež patriť k produktom metasomatickej premeny v okolí týchto granitových telies. V prípade, že by ďalší výskum potvrdil tieto predpoklady, potvrdil by sa predvrchnotriasový vek vzniku týchto amfibolov v rakoveckej skupine, ako aj intrúzie gemerických granitov.

4. Aký je pôvod klastického staurolitu v nedzovskom príkrove?

Z údajov získaných z liasových sedimentov nedzovského príkrovu vyplýva, že asociácia ťažkých minerálov je veľmi zvláštna. Na jednej strane dominuje veľmi stabilný turmalín, na druhej strane je hojný málo stabilný staurolit. Až za nimi nasledujú v oveľa menšom množstve zirkón, rutil, apatit a granát. Staurolit a granát by mohli pochádzať z kryštalinika tatroveporidného typu. Problematický by bol však opäť vysoký obsah turmalínu, ktorý je v tomto type kryštalinika zriedkavý. V zdrojovej oblasti musela byť pôvodne veľká prevaha staurolitu nad granátom. Vyplýva to z toho, že granát je oveľa odolnejší voči intrastratálnemu rozpúšťaniu a v sedimente sa časom jeho pomer voči menej odolným minerálom (vrátane staurolitu) zväčšuje. Je však evidentné, že horniny s veľkou prevahou staurolitu nad granátom sú v Západných Karpatoch zriedkavosťou a nikdy netvorí regionálne významnejší zdroj. Napríklad v staurolitovej zóne metapelitov

Malých Karpát dosahuje staurolit 49%, zatiaľ čo granát 42% (BROSKA & JANÁK, 1985). Intrastratálnym rozpúšťaním v sedimente by sa takáto asociácia ťažkých minerálov vyvíjala výrazne v prospech granátu a v neprospech staurolitu. Je však tiež možné, že naše doterajšie údaje o relatívnej odolnosti granátu a staurolitu sú skreslené. Granát je oveľa častejším ťažkým minerálom a jeho zvyčajná hojnejšia prítomnosť v klastikách môže byť mylne považovaná za výsledok väčšej odolnosti voči diagenéze. Odpoveď na túto otázku možno prinesie ďalší podrobný výskum.

5. Otázka barytu v skúmaných asociáciách ťažkých minerálov.

V predošlých rukopisných prácach (AUBRECHT, 1994 a 1995) bol najmä vo vzorkách z krížňanského príkrovu, ale aj z drietomskej jednotky spomínaný pomerne hojný minerál s optickými vlastnosťami podobnými epidotu a pod týmto názvom bol aj zaradovaný do tabuliek. Vzhľadom na to, že jeho sfarbenie nezodpovedalo epidotu, bol podrobený mikrosondovej a röntgenovej práškovej analýze. Z nich, po počiatočných kontroverzných výsledkoch (problematické výsledky mikrosondových analýz), vyplynulo, že ide o čistý baryt bez inklúzií (tento fakt spôsobil ťažkosti pri optickom štúdiu). Jeho pôvod je pravdepodobne diagenetický (často sa vyskytuje v bridličnatých súvrstviach, ako je napr. kopianecké súvrstvie) a preto ho už v súčasnosti nezaraďujeme medzi klastické minerály, z ktorých možno zistiť provenienciu detritu. V súčasnosti prebieha prehodnocovanie vzoriek s uvedeným minerálom s cieľom zistiť, aký je obsah skutočného epidotu. Predbežne však minerály epidot-zoizitovej skupiny nie sú zaradené do tabuliek percentuálneho zastúpenia.

6. Aký je vzťah jednotiek bradlového pásma a centrálnych Západných Karpát na

základe výsledkov štúdia ťažkých minerálov?

Z doterajších analýz percentuálneho zloženia ťažkých minerálov jasne vidno rozdielnosť asociácii ťažkých minerálov v centrálnych Západných Karpatoch a v jednotkách bradlového pásma. Jednotky bradlového pásma majú skôr afinitu k okrajom stabilnej Európy (AUBRECHT, 1994a). Žiadna doposiaľ skúmaná jednotka centrálnych Západných Karpát neobsahuje podobné asociácie ťažkých minerálov s dominanciou granátu, čo svedčí v prospech teórie o oddelených sedimentačných priestoroch. Z porovnania však vidno, že vzorky z manínskej a klapskej jednotky sú dosť odlišné od vzoriek z pienidných jednotiek a to hlavne častou prevahou turmalínu nad zirkónom a rutilom, čo je charakteristické skôr pre jednotky centrálnych Západných Karpát. Odstránením granátu intrastratálnym rozpúšťaním pri diagenéze a anchymetamorfóze by z asociácií z manínskej jednotky, ako aj z lokality Klape mohla vzniknúť asociácia typická pre väčšinu tatrických jednotiek. Táto teória je však len špekulatívna, nakoľko pri veľmi ochudobnených asociáciách, ako je tomu v prípade tatrika, je možnosť porovnávania so susednými oblasťami, ako aj zisťovania geologickej stavby zdrojovej oblasti veľmi obmedzená.

Nedostatok granátu v drietomskej jednotke pravdepodobne poukazuje na jej príslušnosť k centrálnym Západným Karpatom.

7. Aký je pôvod pyrop-almandinických granátov v bradlovom pásme a na niektorých lokalitách tatrika?

Granáty so zvýšeným podielom pyropovej molekuly (Mg) sa takmer nevyskytujú v kryštaliniku Západných Karpát. Jediný lokálny zdroj takýchto granátov bol nájdený v spodnokôrových komplexoch kryštalinika Malej Fatry (MÉRES - ústne oznámenie).

Takýto lokálny zdroj by mohol byť vysvetlením pre prítomnosť pyrop-almandinických granátov vo vzorke z Veľkého Šiprúňa. Pomerne veľké množstvá týchto granátov, nájdené takmer vo všetkých jednotkách bradlového pásma, ako aj vo flyšovom pásme (OTAVA & al., 1997, OTAVA & al., 1998) signalizujú zvláštny zdroj klastík, v ktorom mali podstatné zastúpenie granulity, resp. eklogity. Toto nám ešte viac zužuje predpokladanú oblasť, z ktorej by mohol byť derivovaný krustálny segment pieninika. Najbližšie výskyty granulitov sa nachádzajú v moldanubiku Českého masívu, asi 130-140 km západne od dnešných najzápadnejších lokalít pieninského bradlového pásma. Granulity sa často vyskytujú aj v exotickom valúnovom materiáli pochádzajúcom zo Sliezskej kordiliery (WIESER, 1985), čo nasvedčuje tomu, že exotická sliezska kordiliera predstavovala tiež kôrový segment podobný moldanubiku. Umiestnenie pieninického kryštalinického podložia do moldanubika je však v rozpore s niektorými údajmi, získanými z valúnovej analýzy (BIRKENMAJER & al., 1960, KRAWCZYK & SLOMKA, 1987, MIŠÍK & AUBRECHT, 1994), kde sa nezistili ani granulitické ani eklogitické klasty. Naopak, veľa opísaných hornín (napr. kyslé vulkanity - porfýry a pod.) sa nevyskytuje v moldanubiku.

Ďalším faktom, ktorý ponúka odlišný zdroj klastických granátov je to, že detritické pyrop-almandinické granáty boli nájdené aj v moravskom kulme (OTAVA, 1998). Za ich pôvodnú oblasť sa taktiež považuje moldanubikum. Okrem moldanubika samotného sa nám teda ponúka aj možnosť resedimentácie granátov z moravského kulmu. Táto možnosť je však len teoretická; po resedimentácii by totiž liasové sedimenty boli značne ochudobnené, so zníženým obsahom granátu, čo však v jednotkách bradlového pásma nepozorujeme. Otázka proveniencie týchto jednotiek je preto stále otvorená.

8. ZÁVER

1. Sedimenty liasu Západných Karpát sa vyznačujú značnou redukciou spektra ťažkých minerálov oproti zloženiu pôvodných zdrojových hornín. Táto redukcia je markantná hlavne v jednotkách centrálnych a vnútorných Západných Karpát. V bradlovom pásme je redukcia menšia a to aj v jednotkách, ktoré sú v súčasnosti považované za pôvodnú súčasť centrálnych Západných Karpát (klapská a manínska jednotka). Príčiny redukcie nie sú len v intrastratálnom rozpúšťaní, ako sa doposiaľ predpokladalo, ale aj v resedimentácii minerálov zo starších sedimentov (niekoľkonásobná recyklácia materiálu s elimináciou nestabilnejších zložiek).

2. V najstabilnejšej trojici minerálov v jednotkách centrálnych a vnútorných Západných Karpát často dominuje turmalín nad zirkónom a rutilom. Na základe regresnej a variačnej analýzy usudzujeme, že posledné dva minerály majú spoločný pôvod (kryštalínikum tatroveporidného typu a staršie sedimenty z neho derivované), zatiaľ čo turmalín pochádza aj z iných zdrojov (metasedimentov nízkeho stupňa metamorfózy).

3. Z paleotektonického hľadiska je zaujímavé, že v období liasu, ktorý predstavuje obdobie výrazného riftingu v tetýdnej oblasti nebol zaznamenaný takmer žiadny prínos detritu z ofiolitov. Pritom chrómspinelidy, vzhľadom na ich veľmi vysokú stabilitu a odolnosť voči transportu aj intrastratálnemu rozpúšťaniu, by sa mohli zachovať aj v tých najochudbnenejších asociáciách. Zo skúseností z kriedových sedimentov však vieme, že k prínosu ofiolitového detritu dochádza hlavne pri obdukcií oceánskej kôry v procese konverencie a kolízie. Pri riftingu zrejme dochádza k prínosu ofiolitových klastík výhradne do oceánskych paniev, ktoré bývajú zvyčajne úplne pohltené subdukciou v neskorších štádiách.

4. Stručné porovnanie percentuálneho zloženia ťažkých minerálov v jednotlivých

jednotkách centrálnych a vnútorných Západných Karpát.

a.) Silicikum s.l. - podobne ako v hroniku, aj v siliciku s.l. vidno nedostatok siliciklastickej prímesi. Súvisí to pravdepodobne a iným geotektonickým postavením spomínaných jednotiek v období liasu. Zatiaľ čo severnejšie jednotky boli ovplyvnené riftingom Ligúrsko-Penninicko-Vahického oceánu, južnejšie jednotky boli vo sfére vplyvu konverencie uzatvárajúceho sa meliatského oceánu (silicikum), alebo sa vyskytovali v pomerne neutrálnej zóne medzi nimi (hronikum). Jurské sedimenty silicika sú všeobecne o čosi bohatšie na siliciklastickú prímes, aj keď je žiaľ často len v siltovej frakcii, ktorá sa študuje dosť obtiažne.

Zo vzoriek vidno, že prevládajúcou asociáciou je najstabilnejšia asociácia turmalín-zirkón-rutil, s vysokou prevahou turmalínu. Tieto najnovšie výsledky ukazujú, že percentuálne zastúpenie ťažkých minerálov je podobné vzorkám z centrálnych Západných Karpát, hlavne z tatrika (AUBRECHT, 1994). Na rozdiel od jednotiek centrálnych Západných Karpát sa vo vzorkách z Bohúňova vyskytujú aj modrasté amfiboly a modré odrody turmalínov. Predbežný výskum modrastých amfibolov ukázal, že ich nemožno priamo zaradiť medzi vysokotlaké minerály, ale nemožno ani vylúčiť, že ide o produkty premeny glaukofánov v regresnej fáze metamorfózy. Vzhľadom na to, že podobné minerály sa vyskytujú aj v gemeriku, je možné hľadať zdroj klastickej prímesi v tejto oblasti.

b.) Vzorky z nedzovského príkrovu (lokality Prašník a Bzince pod Javorinou) sa vyznačujú zaujímavými asociáciami ťažkých minerálov. Popri prevahe stabilného turmalínu sa v nich vyskytuje aj málo stabilný staurolit a v Prašníku aj o niečo stabilnejší

granát. Asociácie z Bziniec sú zaujímavé aj neprítomnosťou (alebo veľmi malým množstvom) granátu, ktorý je inak v západokarpatskom kryštaliniku oveľa hojnejší a v sedimente stabilnejší. To nasvedčuje na zvláštne zloženie zdrojových hornín. Vzhľadom na to, že staurolit a granát sa vyskytujú prevažne v metamorfitoch stredných stupňov metamorfózy, je takmer isté, že ich zdrojovou oblasťou nebolo gemerikum, ale skôr kryštalinikum tatroveporického typu.

c.) Chočský príkrov - len tri z odobraných vzoriek boli pozitívne (lokalita pri Diviackej novej Vsi a Brama Kantaka v poľských Západných Tatrách), čo je výsledkom veľmi malého množstva siliciklastickej prímеси zastúpenej v sedimentoch. Obsahy ťažkých minerálov sa však vo vzorkách rôznia. V jednej vzorke sa vyskytuje takmer výhradne turmalín s malým množstvom zirkónu a rutilu (opäť najstabilnejšia asociácia), zatiaľ čo v ostatných dvoch vzorkách je prevaha zirkónu s menším obsahom rutilu, turmalínu a apatitu, prípadne granátu. Boli nájdené aj ojedinelé zrná chrómspinelidov. Ide však takisto o ochudobnenú asociáciu, na ktorej základe nemožno robiť ďalekosiahle uzávery, najmä ak ide zatiaľ o malé množstvo pozitívnych vzoriek.

d.) Fatrické jednotky sa vyznačujú variabilnými výsledkami, čo naznačuje, že v rámci sedimentačného priestoru fatrika jestvuje viacero asociácií ťažkých minerálov, pravdepodobne pochádzajúcich z rôznych zdrojov, ktoré boli v panve zmiešané v rôznom pomere. Ani na základe výsledkov zhlukovej analýzy (vo zvláštnej kapitole) nemožno vyčleniť skupiny vzoriek, ktoré by zodpovedali jednotlivým zdrojom. Napriek tomu vidno určitú odlišnosť v dvoch skupinách vzoriek. Prvá, zistená vo vzorkách hlavne z vysokej jednotky Malých Karpát, na profile Strážovce v Strážovských vrchoch a na dvoch

vzorkách z Malej Fatry, je reprezentovaná asociáciou granát-apatit-zirkón. Druhá asociácia je tvorená najstabilnejšou asociáciou zirkón-rutil-turmalín $\pm$ apatit. Pomery medzi jednotlivými minerálmi v druhej skupine sú variabilné, avšak možno sa domnievať, že ide o asociáciu zo zdroja podobného zdroju v tatriku. Na základe výskytu oboch asociácií aj v rámci jedného profilu, možno vylúčiť, že by druhá asociácia vznikla výhradne ochudobnením vplyvom intrastratálneho rozpúšťania. Na vzorkách obsahujúcich granát je síce patrná silná korózia, tá však nevedie k úplnému vymiznutiu granátu. Z uvedených výsledkov možno uviesť predbežný predpoklad, že každá asociácia predstavuje inú zdrojovú oblasť, ktorých sedimenty sa na dne fatrickej panvy zmiešavali.

e.) Tatrické jednotky sa vyznačujú dominanciou ultrastabilnej trojice zirkón-rutil-turmalín. Zarážajúci je nápadný nedostatok granátu. Veľmi prekvapujúce je aj to, že v tejto trojici často dominuje turmalín. Vyskytli sa aj anomálie, ako napríklad vo všetkých tatrických jednotkách Malých Karpát a Považského Inovca, kde dominuje aj apatit a v liase na Žibrici (Tríbeč), kde dominuje minerál, ktorý je svojimi optickými vlastnosťami podobný disténu, avšak zatiaľ nebol overený na mikrosonde. Anomálny je aj relatívne zvýšený obsah granátu (oproti iným pohoriam) vo Veľkej Fatre (max.12%). Chemické zloženie granátov odhalilo aj výskyt pyrop-almandinických granátov. Ich pôvod je neistý. Zo známych výskytov podobných granátov do úvahy prichádzajú len kryštalínikum moldanubika, alebo Malej Fatry.

Borinská jednotka, považovaná za prechod medzi tatrikom a penninikom má takmer vo všetkých aspektoch blízko k tzv. Klammkalkzone (Klammkalk unit), odkrytou v severnej časti tektonického okna Vysokých Tatier. V Klammkalkzone však prevládajú turmalíny pochádzajúce z granitoidov, zatiaľ čo v borinskej jednotke sa vyskytujú takmer

výlučne turmalíny z metasedimentov.

5. Stručné porovnanie percentuálneho zloženia ťažkých minerálov v jednotkách bradlového pásma.

a.) Kostelecká jednotka neobsahuje v liase takmer žiadnu siliciklastickú prímes, čo je prvok spoločný s jednotkami hronika, príp. silicika. Predpokladáme, že bradlo pri Kostelci je odtrhnutým blokom pochádzajúcim pôvodne z chočského príkrovu.

b.) Drietomská jednotka sa vyznačuje prítomnosťou asociácie s prevládajúcim čadičovým amfibolom. Zdroj klastického materiálu sa vyznačoval dominanciou bazaltov, alebo metabazitov; len málo boli zastúpené minerály z metasedimentov a prípadne granitoidov. Svojím nedostatkom granátu, ako aj sedimentárnym vývojom je drietomská jednotka blízka jednotkám centrálnych Západných Karpát.

c.) Manínska jednotka sa vyznačuje pomerne nerovnomerným zastúpením granátu, zirkónu, rutilu, turmalínu a apatitu. Táto nerovnomernosť naznačuje, že niektoré výskyty v mapách uvádzané ako manínska jednotka, môžu patriť v skutočnosti do odlišných jednotiek. Svojím zvýšeným obsahom turmalínu a občasným chýbaním granátu vzorky pripomínajú jednotky z centrálnych a vnútorných Západných Karpát. Z porovnania taktiež vidno, že vzorky z manínskej jednotky sú z uvedených príčin aj pomerne odlišné od vzoriek z pienidných jednotiek. Mikrosondové analýzy odhalili prítomnosť pyrop-almandinických granátov, čo je však spoločný prvok ako s väčšinou skúmaných jednotiek bradlového pásma, tak aj s lokalitami tatrika vo Veľkej Fatre.

d.) Klapská jednotka (bradlo Klape) sa vyznačuje dominanciou granátu a turmalínu nad zirkónom a rutilom. Podobnosť s pienidnými jednotkami je opäť narušená zvýšeným obsahom turmalínu, ktorý je typický pre jednotky centrálnych a vnútorných Západných Karpát. Podobne, ako u predchádzajúcej jednotky, boli aj tu nájdené pyrop-almandinické granáty.

Ku klapskej jednotke na základe analýzy ťažkých minerálov zaraďujeme aj lokality v Krivoklátskej doline, ktoré boli v diplomovej práci JURKOVIČOVEJ (1980) zaraďované do drietomskej jednotky.

e.) Pienidné jednotky sa vyznačujú prevahou granátu, zirkónu, rutilu a turmalínu (v uvedenom poradí). Táto asociácia je typická aj pre dogerskú časť pienidných jednotiek a navyše aj pre južné okraje stabilnej Európy, vrátane grestenského bradlového pásma a podsunutej časti českého masívu pod čelnou predhlbňou a flyšovými Karpatami. Tieto oblasti pravdepodobne tvorili jednu spoločnú provinciu distribúcie ťažkých minerálov (AUBRECHT, 1994a). Analýzy granátov z pienidných jednotiek, ako aj manínskej a klapskej jednotky naznačujú, že zdrojová oblasť bola tvorená prevažne granulitmi, prípadne eklogitmi (vyšší obsah Mg). Takou oblasťou je v súčasnosti moldanubikum českého masívu. Podobnosť v zložení granátov však naráža na rozdiely zistené z analýzy valúnového materiálu dogeru a liasu pienidných jednotiek. Niekoľko hornín tohto typu nie je v moldanubiku zastúpených. Riešenie toho problému azda poskytne ďalší výskum.

9. POĎAKOVANIE

Za pomoc počas celej mojej praxe ďakujem vedúcemu Katedry geológie a paleontológie Prí FUK Doc.RNDr. Michalovi Kováčovi, môjmu učiteľovi Prof. RNDr. Milanovi Mišíkovi ako aj nebohému bývalému vedúcemu katedry Doc. RNDr. Rudolfovi Mockovi. Moje poďakovanie patrí aj mojej bližšej a vzdialenejšej rodine za morálnu pomoc počas môjho pôsobenia na fakulte. Taktiež ďakujem aj všetkým kolegom a priateľom, najmä RNDr. Milanovi Sýkorovi, CSc., ktorí prispeli svojimi radami a pripomienkami, ako aj poskytnutím dobre lokalizovaných vzoriek. Za pomoc pri prepočte a interpretácii chemizmu ťažkých minerálov ďakujem Doc. RNDr. Pavlovi Fejdimu, CSc., RNDr. Štefanovi Méresovi a Doc. RNDr. Petrovi Ivanovi, CSc. Moja výskumná práca bola financovaná hlavne z projektu "Geodynamický vývoj Západných Karpát" (GS SR) a z grantových prostriedkov pridelených Ministerstvom školstva a vedy SR.

10. POUŽITÁ LITERATÚRA

- ANDRUSOV, D., 1931: Geologický výzkum vnitřního bradlového pásma v Západních Karpatech. Část I. (Úvod) a II. (Stratigrafie - trias a lias). *Rozpravy St.Geol.Úst.ČSR* (Praha), 6, 1-167.
- ANDRUSOV, D., 1938: Geologický výzkum vnitřního bradlového pásma v Západních Karpatech. Část III. (Tektonika). *Rozpr. St. geol. Úst. ČSR* (Praha), 9, 1-135.
- AUBRECHT, R., 1993: Clastic admixture in Dogger crinoidal limestones of Czorsztyn Unit. *Geologica Carpathica* (Bratislava), 44, 2, 105-111.
- AUBRECHT, R., 1994: Heavy mineral analyses from "Tatric" units of the Malé Karpaty Mts. (Slovakia) and their consequence for the Mesozoic paleogeography and tectonics. *Mitt. Österr. Geol. Ges. (Wien)*, 86, 121-132.

- AUBRECHT, R., 1994a: Sedimentológia a faciálne pomery jurských sedimentov pienidných jednotiek bradlového pásma a ich vzťah k jednotkám centrálnych Západných Karpát na základe štúdia ťažkých minerálov. Manuskript - dizertačná práca. Archív Katedry geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave.
- AUBRECHT, R., 1995: Nové poznatky o pôvode a postavení niektorých jednotiek bradlového pásma získané na základe štúdia ťažkých minerálov. - "Geodynamický vývoj centrálnych Západných Karpát počas jury a kriedy" - Správa k riešeniu čiastkovej témy 3.1.3.: za rok 1995. Manuskript - archív GS SR, 1-22.
- AUBRECHT, R. & KRIŠTÍN, J., 1995: Provenance of detrital tourmaline in the Lower Jurassic of the Malé Karpaty Mts. *Mineralia Slovaca* (Košice), 27, 1, 37-44.
- AUBRECHT, R. & MÉRES, Š., in press: Exotic detrital almandine-pyrope garnets in the Jurassic sediments of the Pieniny Klippen Belt and Tatric Zone: where did they come from? *Mineralia Slovaca* (Košice).
- AUBRECHT, R. & SÝKORA, M., 1998: Middle Jurassic crinoidal shoal complex at Hatné - Hrádok locality (Czorsztyn Unit, Pieniny Klippen Belt, western Slovakia). *Mineralia Slovaca* (Košice), 30, 2, 157-166.
- BORZA, K., GAŠPARIKOVÁ, V., MICHALÍK, J. & VAŠÍČEK, Z., 1980: Upper Jurassic - Lower Cretaceous sequence of the Krížna-nappe (Fatric) in the Strážovce section, Strážovské vrchy Mts. (Western Carpathians). *Geol. Zbor. Geol. Carpath.* (Bratislava), 31, 4, 541-562.
- BEGAN, A., 1969: Geologické pomery bradlového pásma na strednom Považí. *Zbor. geol. vied, Záp. Karpaty*, 11, 55-103, Bratislava.

- BIRKENMAJER, K., GASIOROWSKI, S.M. & WIESER, T., 1960: Fragments of exotic rocks in the pelagic deposits of the Bathonian of the Niedzica Series (Pieniny Klippen Belt, Carpathians). *Roczn. Pol. Tow. Geol.* (Kaków), 30, 1, 29-57.
- BROSKA, I. & JANÁK, M., 1985: Akcesorické minerály metapelitov a ich vzťah k metamorfóze v oblasti Záhorskej Bystrice (Malé Karpaty). Zborník z konferencie Akcesorické minerály, GÚDŠ (Bratislava), 101-106.
- BROSKA, I. & UHER, P., 1991: Regional Typology of Zircon and its Relationship to Allanite/Monazite Antagonism (on an Example of Hercynian Granitoids of Western Carpathians). *Geologica Carpathica*. (Bratislava), 42, 5, 271-277.
- BROSKA, I., VOZÁR, J., UHER, P. & JAKABSKÁ, K., 1993: Typológia zirkónu z permských ryolitov-dacitov a ich pyroklastík (Západné Karpaty). In: Rakús, M. & Vozár, J. (eds.): "*Geodynamický model a hlbinná stavba Západných Karpát*" - GÚDŠ (Bratislava), 151-158.
- BYSTRICKÝ, J., 1960: Niekoľko poznámok o jure Slovenského krasu. *Geol práce, Zprávy* (Bratislava), 18, 39-47.
- DEMÉNY, A., 1988: Determination of ancient erosion by zircon morphology and investigations on zoned tourmaline in Kőszeg-Rechnitz window (Western Hungary). *Acta Miner. Petr.* (Szeged), 29, 13-26.
- FARYAD, S.W., 1995: Stanovenie P-T podmienok metamorfózy horninových komplexov Spišsko-gemerského rudohoria. *Mineralia Slovaca* (Košice), 27, 1, 9-19.
- FARYAD, S.W. & JAKABSKÁ, K., 1996: Turmalín z gemerických granitov. *Mineralia Slovaca* (Košice), 28, 3, 203-208.
- GBELSKÝ J. & HATÁR J., 1982: Zircon of some granitoid rocks of the Velence and Mecsek Mts. *Geol. Zbor. Geol. Carpath.* (Bratislava), 33, 3, 343-362.

- GRECULA, P. & FARYAD, S.W., 1985: Návrh slovenských názvov amfibolov. *Mineralia slovaca* (Košice), 17, 5, 457-465.
- GROSS, P., 1959: Príspevok k biostratigrafii a litológii bradlového pásma na strednom Považí. Manuskript - archív Kat. Geol. a pal. PrFUK.
- HALAJOVÁ L., 1981: Terigénna prímes vo vápencoch jury bradlového pásma a stavba bradla Babiná pri Krivokláte - Bohuniciach. *Manuscript* - Geofond (Bratislava), 1-73.
- HAŠKO, J. & POLÁK, M., 1978: Geologická mapa Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry. *Regionálne mapy Slovenska 1:50 000* - GÚDŠ (Bratislava).
- HÄUSLER, H., 1988: Unterostalpine Jurabreccien in Österreich. Versuch einer sedimentologischen und paläogeographischen Analyse nachtriadischer Breccienserien im unterostalpinen Rahmen des Tauernfensters (Salzburg-Tirol). *Jahrb. Geol. Bundesanst.* (Wien), 131, 21-125.
- HENRY, D.J. & GUIDOTTI, Ch.W., 1985: Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite-grade metapelites of NW Maine. *Amer. Mineralogist* (Washington), 70, 1-15.
- HENRY, D.J. & DUTROW, B., 1992: Tourmaline in low grade clastic metasedimentary rock: an example of the petrogenetic potential of tourmaline. *Contrib. Mineral. Petrol.* (Berlin-New York), 112, 203-218.
- HOVORKA, D., IVAN, P., SPIŠIAK, J. & JILEMNICKÁ, L. (1988): Petrology and geochemistry of metabasalts from Rakovec (Paleozoic of Gemeric unit, Inner Western Carpathians). *Geol. Zbor. Geol. Carpat.* (Bratislava), 39, 395-425.

- HUBERT, J.F., 1962: A zircon-tourmaline maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. *Journ. Sedim. Petrology* (Tulsa), 32, 3, 440-450.
- HVOŽDARA, P., 1980: Prospekčné minerály tatroveporidného kryštalinika. *Acta geol. et geogr. Univ. Com., Geologica* (Bratislava), 35, 5-43.
- JAKABSKÁ, K., 1992: Zirkóny hodrušského intruzívneho komplexu. *Mineralia Slovaca* (Košice), 24, 5-6, 413-426.
- JURKOVIČOVÁ, H., 1980: Stratigrafia, litológia a mikrofacie jury bradlového pásma v oblasti Krivoklátu. Diplomová práca. Manuscript. Archív Katedry geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave, 1-78.
- KLINEC, A., 1976: Geologická mapa Slovenského Rudohoria a Nízkych Tatier - Slovenské Rudohorie-stred, Nízke Tatry-východ. 1:50 000. Vyd. GÚDŠ Bratislava.
- KOVÁČ, M., BARÁTH, I., ŠUTOVSKÁ, K. & UHER, P., 1991: Zmeny v sedimentárnom zázname spodného miocénu v dobrovodskej depresii. *Mineralia slovaca*, 23, 3, 201-213.
- KOZUR, H. & MOCK, R., 1995: First evidence of Jurassic in the Folkmár Suture Zone of the Meliaticum in Slovakia and its tectonic implications. *Miner. Slov.* (Košice), 27, 5, 301-307.
- KOZUR, H. & MOCK, R., 1996: New paleogeographic and tectonic interpretations in the Slovakian Carpathians and their implications for correlations with the Eastern Alps. Part I: Central Western Carpathians. *Miner. Slov.* (Košice), 28, 3, 151-174.
- KRAWCZYK, A.J. & SLOMKA, T., 1987: Exotic rocks from the Szlachtowa Formation (Jurassic flysch) of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians. *Stud. Geol. Pol.* (Warszawa), 92, 7, 69-74.

- KRIST, E., HATÁR, J., GREGUŠ, J. & VÍDENSÝ, J., 1986: Petrogenesis and accessory leptinite minerals of the Čierny Balog Group (Kráľova hoľa zone of the Veporide Crystalline complex). *Acta geol. et geogr. Univ. Com., Geologica* (Bratislava), 41, 49-65.
- LOZINSKI J., 1956: Minerály ciezkie piaskowców aalenu fliszowego w pieninskim pasie skalkowym. *Acta Geol. Pol.* (Warszawa), 6, 17- 23.
- LOZINSKI J., 1957: Porównanie zespolów mineralów ciezkich fliszu podhalanskiego, aalenu fliszowego w pasie skalkowym i egzotyków jurajskich z Bachowic. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* (Kraków), 26, 2, 157-164.
- LOZINSKI J., 1959: Minerály ciezkie piaskowców dolnej i srodkowej kredy w pieninskim pasie skalkowym. *Rocz. Pol. Towar. Geol.* (Kraków), 29, 1, 119-125.
- LOZINSKI J., 1966: Minerály okrucowe w piaskowcach fliszowych pieninskiego pasa skalkowego i obszarów sasiadujacych. *Prace geologiczne PAN* (Warszawa), 37, 1-57.
- MAHEL, M., 1957: Geológia Stratenskej hornatiny. *Geol. práce, Zoš.* (Bratislava), 48a, 5-201.
- MAHEL, M., 1978: Manínska jednotka - čiastkový príkrov skupiny krížňanského príkrovu. *Mineralia slovaca* (Košice), 10, 4, 289-309.
- MIŠÍK, M., 1955: Akcesorické minerály malokarpatských žulových masívov. *Geol. Sbor. SAV* (Bratislava), 6, 3-4, 161-174.
- MIŠÍK, M., 1956: Použitie ťažkých minerálov pre paleogeografický a stratigrafický výskum so zreteľom na neogén a kvartér Slovenska. *Geol. práce, Zoš.* (Bratislava), 43 , 59-90.

- MIŠÍK, M. & AUBRECHT, R., 1994: Source of rock fragments in the Jurassic crinoidal limestones of the Pieninicum (Klippen Belt, Western Carpathians). *Geologica Carpathica* (Bratislava), 45, 3, 159-170.
- MIŠÍK, M. & JABLONSKÝ, J., 1978: Spodnotriasové kremence a zlepenice Malých Karpát (rozbor valúnov, smery transportu, genéza). *Acta geol. et geogr. Univ. Com., Geologica* (Bratislava), 33, 5-36.
- MIŠÍK, M., JABLONSKÝ, J., FEJDI, P. & SÝKORA, M., 1980: Chromian and ferrian spinels from Cretaceous sediments of the West Carpathians. *Mineralia Slovaca* (Košice), 12, 3, 209-228.
- MIŠÍK, M., SÝKORA, M., SIBLÍK, M. & AUBRECHT, R., 1995: Sedimentology and brachiopods of the Lower Jurassic Lúty Potok Limestone (Slovakia, West-Carpathian Klippen Belt). *Geologica Carpathica* (Bratislava), 46, 1, 41-51.
- MORTON, A.C., 1985: Heavy minerals in provenance studies. In: Zuffa, G.G. (ed.): *Provenance of arenites*, 249-277.
- OTAVA, J., 1998: Trendy změn ve složení siliciklastik drahanského kulmu a jejich geotektonická interpretace. *Geol. výzkum Moravy a Slezska v r.1997* (Brno), 19-21.
- OTAVA, J., KREJČÍ, O. & SULOVSKÝ, P., 1997: První výsledky studia chemismu granátů pískovců račanské jednotky magurského flyše. *Geol. výzkum Moravy a Slezska v r.1996* (Brno), 39-42.
- OTAVA, J., SULOVSKÝ, P., & KREJČÍ, O., 1998: Výsledky studia detritických granátů křídových sedimentů račanské jednotky magurské skupiny. *Geol. výzkum Moravy a Slezska v r.1997* (Brno), 10-12.

- PEER, H. & ZIMMER, W., 1980: Geologie der Nordrahmenzone der Hohen Tauern (Gasteiner Ache bis Saukarkopf-Großarlal). *Jahrb. Geol. Bundesanst.* (Wien), 123, 2, 411-466.
- PLAŠIENKA, D., MICHALÍK, J., KOVÁČ, M., GROSS, P. & PUTIŠ, M., 1991: Paleotectonic evolution of the Malé Karpaty Mts. - an overview. *Geologica Carpathica* (Bratislava), 42, 4, 195-208.
- PUPIN J.P., 1980: Zircon and Granite Petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 207-220.
- PUPIN, J.P. & TURCO, M.J., 1972: Une typologie originale du zircon accessoire. *Bull. Soc. Franc. Minéral. Cristallogr.* (Paris), 95, 348-359.
- RAKÚS, M., 1977: Doplnky k litostratigrafii a paleogeografii jury a kriedy manínskej série na strednom Považí. *Geol. Práce, Správy*, 68, 21-38, Bratislava.
- SALAJ, J. et al., 1987: Vysvetlivky ku geologickej mape Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát - 1 : 50 000. *GÚDŠ* (Bratislava), 1-181.
- SALAJ, J. & PRIECHODSKÁ, Z., 1987: Comparison of the Gosau type of Senonian and Paleogene between the Myjavská pahorkatina Highlands and the Northern Limestone Alps. *Mineralia Slovaca* (Košice), 19, 6, 499-521 (in Slovak with English abstract).
- SCHEIBNER, E., 1967: Karpatské pásmo bradlové. In: Regionální geologie ČSSR, díl II - Západní Karpaty (ed. Buday, T. et al.), 7-105, Praha.
- SCHLÖGL, J., 1998: Geologická stavba územia medzi Vršateckým Podhradím, Červeným Kameňom a Dolnými Dúžavami. Manuskript - diplomová práca. Archív Kat. geológie a paleontológie Prí FUK.
- UHER, P. & GREGOR, T., 1992: Turčocký granit - produkt postorogénneho magmatizmu A-typu? *Mineralia slovaca* (Košice), 24, 3-4, 301-304.

- UHER, P. & MARSCHALKO, R., 1993: Typology, zoning and chemistry of zircon from main types of granitic and rhyolitic pebbles in conglomerates of the Pieniny Klippen belt Cretaceous flysch (Western Slovak segment, Western Carpathians). *Geologica Carpathica* (Bratislava), 44, 2, 113-121.
- VESELSKÝ, J., 1972: Akzessorische Minerale granitoider Gesteine der Kleinen Karpaten. - *Geologica Carpathica* (Bratislava), 23, 1, 115-131.
- VESELSKÝ, J. & KOVALSKÁ, V., 1981: Akcesorické minerály hornín bridličnatého kryštalinika Malých Karpát. *Acta geol. et geogr. Univ.Com.*, geologica (Bratislava), 37, 121-135.
- WAGREICH, M. & MARSCHALKO, R., 1995: Late cretaceous to Early Tertiary palaeogeography of the Western Carpathians (Slovakia) and the Eastern Alps (Austria): implications for heavy mineral data. *Geol. Rundschau*, 84, 187-199.
- WIESER, T., 1985: Some remarks on the sedimentation, composition and provenance of exotics-bearing conglomerates in the Western Polish Carpathians flysch formations. In: Wieser, T. (ed.): Fundamental researches in the western part of the Polish Carpathians. Guide to excursion 1. XIII CBGA Congress, Cracow, Poland, 57-68.
- ŽENIŠ, P. & HVOŽĎARA, P., 1985: Turmalín - prospekčne významný minerál veporidného kryštalinika. Zborník z konferencie Akcesorické minerály, GÚDŠ (Bratislava), 107-114.

**ÚPLNÉ ANALÝZY A MOLEKULÁRNE VZORCE DOPOSIALÉ
NEPUBLIKOVANÝCH MIKROSONDOVÝCH ANALÝZ ŤAŽKÝCH
MINERÁLOV (DOPLNOK).**

Analýzy amfibolov z Bohúňova (prepočítané na 23
atomov kyslíka)

	BZ-1	BZ-1a	BZ-2	BZ-3	BL-1	BL-2	BL-3	BL-4
SiO ₂	61,919	61,08	61,338	61,263	48,016	48,953	47,503	47,485
Al ₂ O ₃	7,816	7,481	7,553	7,642	9,799	8,42	10,792	8,857
FeO	11,16	10,612	10,282	10,245	12,046	10,401	11,823	11,384
MnO	0,185	0,19	0,214	0,234	0,389	0,18	0,364	0,261
MgO	12,814	12,906	12,867	12,656	13,367	14,542	13,128	13,819
CaO	0	0	0	0	10,218	11,377	10,133	11,283
Na ₂ O	0,062	0,052	0,058	0,076	1,784	1,18	2,145	1,291
K ₂ O	0	0	0	0	0,12	0,409	0,095	0,518
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0,256
suma	93,956	92,321	92,312	92,116	95,739	95,462	95,983	95,154
štruktúrne vzorce								
Si	asi holmquistit				7,069	7,179	6,976	7,05
Al(4)	bez štruktúrneho vzorca				0,931	0,821	1,024	0,95
Al(6)					0,768	0,633	0,843	0,599
Fe ²⁺					1,481	1,274	1,45	1,411
Mn					0,048	0,022	0,045	0,033
Mg					2,931	3,176	2,871	3,056
Ca					1,611	1,786	1,593	1,793
Na					0,512	0,337	0,614	0,374
K					0,019	0,065	0,015	0,084
Cr					0	0	0	0,03

granáty z lokality Klapce

	K1-c	K1-m	K1- 2m	K2-c	K2-m	K3-c	K3-m	K4-c	K4-m	K5-c	K5-m
SiO ₂	43,7	41,4	41,7	39	36,7	39,3	39,4	39,2	39	39,6	38,4
Al ₂ O ₃	21,3	22,7	20,9	23,7	21,9	23,6	24,3	22,4	23	22,5	23
FeO	20	21,4	20,4	20,8	20,4	23,7	23,9	25	25,7	18,4	18,6
MnO	0,41	0,45	0,11	0,06	0,05	0,05	0,02	1,59	1,32	0,03	0,05
MgO	9,23	9,32	8,98	9,15	8,86	11,9	12	7,18	7,39	10,5	10,3
CaO	5,8	6,22	6	7,53	7,59	1,76	1,81	5,98	6,24	8,12	7,88
TiO ₂	0,09	0,09	0,03	0,04	1,86	0,05	0,04	0,12	0,05	0	0
sum	100	102	98	100	97,3	100	101	101	103	99,2	98,2
štruktúrny vzorec											
Si	3,24	3,08	3,18	2,94	2,88	2,95	2,93	2,99	2,95	3	2,95
Al	1,86	1,98	1,88	2,11	2,02	2,09	2,13	2,01	2,04	2	2,07
Fe	1,24	1,32	1,3	1,31	1,33	1,49	1,48	1,59	1,62	1,16	1,19
Mn	0,03	0,03	0,01	0	0	0	0	0,1	0,08	0	0
Mg	1,02	1,03	1,02	1,03	1,03	1,33	1,33	0,82	0,83	1,19	1,17
Ca	0,46	0,49	0,49	0,61	0,64	0,14	0,14	0,49	0,51	0,66	0,65
Ti	0,01	0,01	0	0	0,11	0	0	0,01	0	0	0
Fe+Mn+Mg+Ca	2,74	2,88	2,82	2,95	3,01	2,96	2,95	3	3,05	3,01	3,01
pyrop	37,2	35,8	36,2	34,9	34,4	44,9	44,9	27,2	27,3	39,4	38,9
almandín	45,1	46	46,2	44,4	44,3	50,3	50,2	53,1	53,3	38,7	39,5
spessartín	0,94	0,98	0,25	0,13	0,11	0,11	0,04	3,42	2,77	0,06	0,11
grossulár	16,8	17,2	17,4	20,6	21,2	4,78	4,88	16,3	16,6	21,9	21,5

Manínska úžina

	M1	M2	M3	M4
SiO ₂	37,9	36,5	36,7	37,3
Al ₂ O ₃	23,3	21,3	22,9	21,9
FeO	24,8	21,8	22,3	28,9
MnO	0	7,88	7,68	0,17
MgO	9,87	4,48	4,74	8,46
CaO	3,33	5,44	5,98	1,09
TiO ₂	0,03	0,04	0,06	0,03
sum	99,2	97,5	100	97,9
štruktúrny vzorec				
Si	2,92	2,96	2,89	2,96
Al	2,11	2,03	2,12	2,05
Fe	1,59	1,48	1,46	1,92
Mn	0	0,54	0,51	0,01
Mg	1,13	0,54	0,56	1
Ca	0,27	0,47	0,5	0,09
Ti	0	0	0	0
Fe+Mn+Mg+Ca	3	3,03	3,04	3,02
pyrop	37,8	17,8	18,3	33,1
almandín	53,1	48,8	48,2	63,5
spessartín	0	17,8	16,9	0,38
grossulár	9,16	15,6	16,6	3,06

Sedliacka Dubová

	SD1-c	SD1- 1m	SD1- 2m	SD2-c	SD2- m	SD3-c	SD3-m
SiO ₂	39,1	40,2	40,1	39,4	38,4	38,2	37,6
Al ₂ O ₃	21,8	22,8	22,2	21,6	21,1	21,5	21,1
FeO	27,7	27,6	27,7	25	25,4	30,8	30,5
MnO	0,46	0,14	0,04	0,65	0,6	7,84	8
MgO	10,6	10,8	10,6	7,68	7,92	3,69	3,91
CaO	1,09	0,99	1,03	6,76	6,55	1,34	1,29
TiO ₂	0,08	0,01	0	0,07	0,08	0,01	0,02
sum	101	103	102	101	100	103	102
štruktúrny vzorec							
Si	2,99	3	3,02	3,01	2,98	2,99	2,97
Al	1,96	2	1,97	1,94	1,93	1,98	1,96
Fe	1,76	1,72	1,74	1,6	1,65	2,01	2,01
Mn	0,03	0,01	0	0,04	0,04	0,52	0,54
Mg	1,21	1,2	1,19	0,87	0,92	0,43	0,46
Ca	0,09	0,08	0,08	0,55	0,54	0,11	0,11
Ti	0	0	0	0	0	0	0
Fe+Mn+Mg+Ca	3,09	3	3,02	3,07	3,15	3,07	3,12
pyrop	39	39,9	39,5	28,5	29,1	14	14,8
almandín	57,1	57,2	57,7	52,1	52,3	65,5	64,6
spessartín	0,96	0,29	0,08	1,37	1,25	16,9	17,2
grossulár	2,88	2,63	2,75	18,1	17,3	3,65	3,5

Lúty Potok

	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5	LP6	LP7	LP8	LP9	LP10	LP11
SiO ₂	39,7	35,1	38,2	41,1	41	41,9	39,9	40,1	40,7	40,9	40,8
Al ₂ O ₃	21,5	21,4	21,9	21,5	21,8	22,3	22,2	21,9	22	22,1	21,5
FeO	25,1	30,2	21,6	22,2	21,9	22,8	22,2	21,8	22,3	21,9	21,2
MnO	0,4	1,19	0,79	0,81	0,77	0,78	0,78	0,81	0,78	0,38	0,32
MgO	8,5	1,23	8,11	7,92	8,19	8	8,07	8,08	8,09	8,12	7,85
CaO	7,86	6,22	6,04	5,66	6,19	6,14	6,36	6,17	6,08	7,86	8,37
Cr ₂ O ₃	0,43	0,34	0,28	0,18	0,36	0,35	0,22	0,26	0,16	0,35	0,35
sum	103	95,7	96,8	99,3	100	102	99,7	99,1	100	102	100
štruktúrny vzorec											
Si	2,97	2,95	3,01	3,14	3,1	3,11	3,05	3,07	3,09	3,06	3,09
Al	1,9	2,11	2,03	1,93	1,94	1,95	1,99	1,98	1,96	1,95	1,92
Fe	1,57	2,11	1,42	1,41	1,38	1,42	1,41	1,4	1,41	1,37	1,34
Mn	0,03	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02
Mg	0,95	0,15	0,95	0,9	0,92	0,88	0,92	0,92	0,91	0,91	0,89
Ca	0,63	0,56	0,51	0,46	0,5	0,49	0,52	0,51	0,49	0,63	0,68
Cr	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Fe+Mn+Mg+Ca	3,17	2,91	2,93	2,83	2,85	2,84	2,9	2,88	2,87	2,93	2,92
pyrop	29,9	5,28	32,5	31,8	32,3	31,2	31,6	32,1	31,8	30,9	30,3
almandín	49,5	72,6	48,4	50	48,4	49,9	48,7	48,5	49,2	46,7	45,8
spessartín	0,8	2,9	1,8	1,85	1,73	1,73	1,74	1,83	1,74	0,82	0,7
grossulár	19,9	19,2	17,4	16,4	17,6	17,2	17,9	17,6	17,2	21,5	23,2

Krásna Hôrka

	KH1	KH2	KH3	KH4	KH5	KH6
SiO ₂	40,1	38,6	38,6	45,4	42,4	41,4
Al ₂ O ₃	22,5	22	23,6	23,6	24,9	24,6
FeO	18,6	15,5	16,4	18,1	18,6	18,4
MnO	0,23	0,15	0,18	0,22	0,14	0,17
MgO	8,29	8,45	8,95	8,53	9,37	9,16
CaO	7,67	6,54	6,94	7	6,02	6,56
Cr ₂ O ₃	0,12	0,17	0,16	0,08	0,05	0,02
sum	97,5	91,4	94,8	103	101	100

štruktúrny vzorec

Si	3,08	3,12	3,02	3,24	3,09	3,06
Al	2,03	2,09	2,17	1,99	2,13	2,14
Fe	1,19	1,04	1,07	1,08	1,13	1,14
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,95	1,02	1,04	0,91	1,02	1,01
Ca	0,63	0,56	0,58	0,54	0,47	0,52
Cr	0,01	0,01	0,01	0	0	0
Fe+Mn+Mg+Ca	2,79	2,63	2,71	2,54	2,63	2,68

pyrop	34	38,6	38,5	35,8	38,7	37,7
almandín	42,8	39,6	39,6	42,6	43,1	42,5
spessartín	0,54	0,39	0,44	0,52	0,33	0,4
grossulár	22,6	21,5	21,5	21,1	17,9	19,4

Hatné

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11
SiO ₂	38,9	38,2	36,6	36,1	38	37,6	40,1	38,7	38,6	40,8	39,7
Al ₂ O ₃	21,9	21,4	21	20,5	20,7	20,7	21,6	21,2	21,4	22,1	16,6
FeO	20,9	19,6	18,6	18,8	18,7	18,7	19,5	18,9	19,1	24,4	22,3
MnO	14,8	15	14,1	13,8	13,6	13,6	14,4	14,6	14,9	0,71	0,74
MgO	4,26	4,2	4,22	4,23	4,26	4,21	4,12	4,22	3,72	6,83	8,54
CaO	3,23	2,58	3,38	3,36	3,66	3,66	3,28	3,58	3,21	6,81	6,29
Cr ₂ O ₃	0,22	0,13	0,29	0,18	0,19	0,25	0,18	0,15	0,25	0,06	0,28
sum	104	101	98,2	96,9	99	98,7	103	101	101	102	94,5

štruktúrny vzorec

Si	2,99	3,01	2,97	2,97	3,04	3,03	3,08	3,03	3,03	3,08	3,23
Al	1,98	1,99	2,01	1,99	1,95	1,96	1,95	1,96	1,98	1,97	1,59
Fe	1,34	1,29	1,26	1,29	1,25	1,25	1,25	1,23	1,25	1,54	1,51
Mn	0,96	1	0,97	0,96	0,92	0,92	0,93	0,97	0,99	0,05	0,05
Mg	0,49	0,49	0,51	0,52	0,51	0,5	0,47	0,49	0,44	0,77	1,03
Ca	0,27	0,22	0,29	0,3	0,31	0,32	0,27	0,3	0,27	0,55	0,55
Cr	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0	0,02
Fe+Mn+Mg+Ca	3,05	3	3,03	3,07	2,99	3	2,92	3	2,95	2,9	3,15

pyrop	15,9	16,4	16,8	16,9	17	16,8	16,1	16,4	14,8	26,5	32,9
almandín	43,9	43	41,5	42,1	41,8	41,8	42,7	41,2	42,5	53	48,1
spessartín	31,5	33,4	32	31,4	30,8	30,8	32	32,3	33,6	1,56	1,62
grossulár	8,68	7,25	9,68	9,65	10,5	10,5	9,23	10	9,15	19	17,4

Hatné					
	H12	H13	H14	H15	H16
SiO ₂	39,6	39,6	40,2	39,4	39,7
Al ₂ O ₃	22,1	21,6	22,8	22,2	22,4
FeO	20,3	20,3	23,2	23,5	23,3
MnO	0,78	0,78	0,33	0,34	0,33
MgO	6,23	6,37	9,87	10,3	10
CaO	9,99	9,56	2,88	3,18	3
Cr ₂ O ₃	0,11	0,17	0,28	0,21	0,33
sum	99,1	98,4	99,6	99,2	99
štruktúrny vzorec					
Si	3,05	3,07	3,05	3,01	3,03
Al	2	1,97	2,03	2	2,01
Fe	1,31	1,31	1,47	1,5	1,49
Mn	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02
Mg	0,72	0,74	1,11	1,17	1,14
Ca	0,82	0,79	0,23	0,26	0,25
Cr	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Fe+Mn+Mg+Ca	2,9	2,89	2,84	2,96	2,89
pyrop	24,7	25,4	39,2	39,6	39,4
almandín	45,2	45,4	51,8	50,8	51,4
spessartín	1,75	1,77	0,75	0,74	0,74
grossulár	28,4	27,4	8,23	8,81	8,48

Vršatec											
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
SiO ₂	38,8	38,8	40,7	38,4	40,2	41,2	39,9	38	40,2	39,5	40,4
Al ₂ O ₃	22,8	22,3	22,7	22,6	23,1	22,9	23,2	22,8	23	23,1	22,1
FeO	25,3	24,8	25	23,7	23,9	22,2	24,2	24	22,2	22,9	25,5
MnO	0,36	1,46	1,45	0,3	0,3	0,47	0,3	0,3	0,45	0,54	1,57
MgO	11	9,73	10	12,7	13,1	13,5	12,5	12,2	13,7	12,4	9,75
CaO	1,23	2,36	2,31	1,25	1,23	1,68	1,26	1,29	1,7	1,8	2,78
Cr ₂ O ₃	0,07	0,11	0,11	0,13	0,13	0,15	0,14	0,13	0,16	0,12	0,08
sum	99,5	99,5	102	99,1	102	102	102	98,7	101	100	102
štruktúrny vzorec											
Si	2,97	2,99	3,03	2,93	2,98	3,02	2,97	2,92	2,97	2,97	3,03
Al	2,05	2,02	1,99	2,04	2,01	1,98	2,03	2,06	2	2,04	1,95
Fe	1,61	1,59	1,56	1,51	1,48	1,36	1,51	1,54	1,37	1,44	1,6
Mn	0,02	0,1	0,09	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,1
Mg	1,25	1,12	1,11	1,45	1,44	1,47	1,39	1,4	1,5	1,38	1,09
Ca	0,1	0,19	0,18	0,1	0,1	0,13	0,1	0,11	0,13	0,14	0,22
Cr	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0
Fe+Mn+Mg+Ca	2,99	3	2,94	3,08	3,03	2,99	3,02	3,06	3,04	3	3,01
pyrop	41,9	37,2	37,7	46,9	47,4	49,2	46,1	45,6	49,5	46,1	36,2
almandín	54	53,1	52,9	49,1	48,8	45,4	50	50,3	45,2	48	53
spessartín	0,78	3,17	3,11	0,63	0,62	0,98	0,63	0,64	0,93	1,14	3,31
grossulár	3,37	6,49	6,26	3,32	3,21	4,41	3,33	3,46	4,43	4,83	7,42

Vršatec				Horne Sŕnie - Samášky						
	V12	V13	V14	HS-1	HS-2	HS-3	HS-4	HS-5	HS-6	HS-7
SiO ₂	38,02	39,87	38,05	41,4	40,92	39,1	39,07	40,52	38,73	40,31
Al ₂ O ₃	23,8	22,04	21,62	22,99	22,94	22,55	23,22	22,35	21,97	22,27
FeO	24,74	23,86	23,64	21,42	21,02	20,83	20,57	20,52	20,34	23,38
MnO	0,94	0,98	0,99	0,47	0,44	0,44	0,54	0,53	0,54	1,02
MgO	10,45	10,62	10,33	9,05	9,51	9,26	8,96	9,14	8,9	12,7
CaO	2,46	2,29	2,34	7,02	6,87	7,03	7,14	7,41	7,59	2,3
Cr ₂ O ₃	0,03	0,12	0,12	0,06	0,07	0,07	0,06	0,08	0,08	0,07
sum	100,4	99,78	97,09	102,4	101,8	99,28	99,56	100,6	98,15	102,1
štruktúrny vzorec										
Si	2,89	3,03	2,99	3,06	3,04	2,99	2,97	3,05	3	2,99
Al	2,13	1,98	2	2	2	2,03	2,08	1,98	2	1,95
Fe	1,57	1,52	1,55	1,32	1,3	1,33	1,31	1,29	1,31	1,45
Mn	0,06	0,06	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06
Mg	1,18	1,2	1,21	0,99	1,05	1,05	1,02	1,02	1,03	1,4
Ca	0,2	0,19	0,2	0,55	0,55	0,58	0,58	0,6	0,63	0,18
Cr	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0
Fe+Mn+Mg+Ca	3,02	2,97	3,02	2,9	2,93	2,99	2,94	2,94	3	3,1
pyrop	39,25	40,53	39,99	34,31	35,91	35,28	34,55	34,79	34,14	45,29
almandín	52,1	51,06	51,32	45,54	44,5	44,51	44,48	43,79	43,75	46,75
spessartín	2,01	2,13	2,18	1,01	0,94	0,95	1,18	1,15	1,18	2,07
grossulár	6,64	6,28	6,51	19,13	18,65	19,26	19,79	20,27	20,93	5,9
Horne Sŕnie - Samášky										
	HS-8	HS-9	HS-10	HS-11	HS-12					
SiO ₂	38,45	39,06	38,78	36,98	37,61					
Al ₂ O ₃	21,84	21,87	22,52	22,08	21,88					
FeO	23,16	25,96	25,78	25,5	26,11					
MnO	1,03	1,21	1,31	1,32	1,28					
MgO	12,36	5,59	5,71	5,55	5,15					
CaO	2,35	5,55	6,12	6,24	5,86					
Cr ₂ O ₃	0,07	0,11	0,17	0,17	0,12					
sum	99,26	99,35	100,4	97,84	98,01					
štruktúrny vzorec										
Si	2,95	3,05	3	2,95	2,99					
Al	1,97	2,01	2,05	2,08	2,05					
Fe	1,48	1,69	1,67	1,7	1,74					
Mn	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09					
Mg	1,41	0,65	0,66	0,66	0,61					
Ca	0,19	0,46	0,51	0,53	0,5					
Cr	0	0	0	0	0					
Fe+Mn+Mg+Ca	3,15	2,89	2,92	2,98	2,93					
pyrop	44,75	22,52	22,56	22,13	20,82					
almandín	47,02	58,64	57,12	57	59,2					
spessartín	2,12	2,77	2,94	2,99	2,94					
grossulár	6,12	16,07	17,38	17,88	17,03					

Čierťáže			Prašník				
	C1	C2	P1	P2	P3	P4	P5
SiO ₂	37,71	38,16	39,17	39,6	38,11	39,02	39,37
Al ₂ O ₃	21,14	21,07	18,67	21,91	21,01	21,69	21,51
FeO	32,4	37,98	6,393	27,7	35,97	24,39	26,8
MnO	4,835	0,535	0,586	0,536	0,806	1,938	2,176
MgO	1,284	2,707	0,021	8,07	1,362	2,207	6,626
CaO	3,082	0,405	34,59	2,637	3,361	11,8	4,342
sum	100,4	100,8	99,43	100,4	100,6	101,1	100,8
štruktúrny vzorec							
Si	3,04	3,05	3,05	3,04	3,06	3,04	3,04
Al	2	1,98	1,71	1,98	1,99	1,99	1,96
Fe	2,18	2,54	0,42	1,78	2,41	1,59	1,73
Mn	0,33	0,04	0,04	0,03	0,05	0,13	0,14
Mg	0,15	0,32	0	0,92	0,16	0,26	0,76
Ca	0,27	0,03	2,88	0,22	0,29	0,98	0,36
Fe+Mn+Mg+Ca	2,93	2,93	3,34	2,95	2,92	2,95	2,99
pyrop	5,26	11,01	0,07	31,28	5,58	8,67	25,47
almandín	74,41	86,57	12,45	60,19	82,64	53,71	57,77
spessartín	11,25	1,24	1,16	1,18	1,88	4,32	4,75
grossulár	9,07	1,18	86,32	7,35	9,9	33,3	12

Malý Šiprúň

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
SiO ₂	37,5	40,01	40,19	39,62	40,83	38,6
Al ₂ O ₃	21,15	22,24	21,85	22,39	23,15	21,94
FeO	21,63	20,03	22,57	23,04	15,76	21,42
MnO	13,88	0,511	1,517	0,503	0,358	0,919
MgO	0,925	7,497	9,407	10,89	13,25	5,924
CaO	5,354	9,824	4,759	3,034	6,857	11,15
sum	100,4	100,1	100,3	99,47	100,2	99,95
štruktúrny vzorec						
Si	3,02	3,04	3,05	3,01	3,01	2,98
Al	2	1,99	1,95	2,01	2,01	2
Fe	1,45	1,27	1,43	1,46	0,97	1,38
Mn	0,95	0,03	0,1	0,03	0,02	0,06
Mg	0,11	0,85	1,06	1,23	1,45	0,68
Ca	0,46	0,8	0,39	0,25	0,54	0,92
Fe+Mn+Mg+Ca	2,97	2,95	2,98	2,98	2,99	3,05
pyrop	3,73	28,75	35,71	41,45	48,68	22,38
almandín	48,92	43,07	48,03	49,16	32,47	45,38
spessartín	31,82	1,11	3,27	1,09	0,75	1,97
grossulár	15,52	27,08	12,99	8,3	18,11	30,27

Analýzy turmalínov

Brložnica

	Br11-s	Br11-o	Br12	Br13	Br14	Br15
B2O3	10,8093	10,9073	10,6019	10,6467	10,4156	10,444
SiO2	35,46	35,27	34,04	34,77	33,46	35,44
Al2O3	35,32	35,92	34,36	34,7	33,99	30,91
TiO2	0,82	0,85	1,04	0,67	0,67	1,06
FeO	4,95	4,92	5,43	8,03	8,43	5,55
MgO	7,31	7,84	7,68	5,82	5,91	8,3
CaO	0,82	0,61	0,47	0,38	0,42	0,8
Na2O	1,92	2,04	2,66	2,47	2,58	2,31
suma	97,4093	98,3573	96,2819	97,4867	95,8756	94,814
Štruktúrne vzorce						
B	3	3	3	3	3	3
Si	5,71	5,63	5,59	5,69	5,59	5,91
Al	6,7	6,75	6,65	6,68	6,69	6,07
Ti	0,1	0,1	0,13	0,08	0,08	0,13
Fe	0,67	0,66	0,74	1,1	1,18	0,77
Mg	1,75	1,86	1,88	1,42	1,47	2,06
Ca	0,14	0,1	0,08	0,07	0,08	0,14
Na	0,6	0,63	0,85	0,79	0,84	0,75

Klape

	Klp1-s	Klp2-s	Klp3-s	Klp3a	Klp3b	Klp4a	Klp4b	Klp4c
B2O3	10,50987	10,9317	10,6318	10,1064	10,3543	10,6157	10,1961	10,2408
SiO2	35,44	36,56	35,41	32,61	33,03	33,87	33,41	33,53
Al2O3	31,52	34,01	32,77	33,22	35,1	35,76	31,84	32,75
TiO2	0,44	0,46	0,46	0,98	0,82	0,82	0,64	0,59
FeO	6,41	4,18	4,1	6,79	6,41	6,74	4,38	4,64
MgO	8,45	9,08	9,3	5,65	5,72	6,08	8,72	8,02
CaO	0,25	0,27	0,22	0,88	0,83	0,88	0,1	0,15
Na2O	2,76	2,95	3,01	2,06	1,89	1,86	3	2,61
suma	95,77987	98,4417	95,9018	92,2964	94,1543	96,6257	92,2861	92,5308
Štruktúrne vzorce								
B	3	3	3	3	3	3	3	3
Si	5,87	5,82	5,8	5,62	5,55	5,55	5,7	5,7
Al	6,15	6,38	6,32	6,74	6,95	6,91	6,4	6,56
Ti	0,05	0,06	0,06	0,13	0,1	0,1	0,08	0,08
Fe	0,89	0,56	0,56	0,98	0,9	0,92	0,62	0,66
Mg	2,08	2,15	2,27	1,45	1,43	1,48	2,22	2,03
Ca	0,04	0,05	0,04	0,16	0,15	0,15	0,02	0,03
Na	0,89	0,92	0,96	0,69	0,62	0,59	1	0,87

Klape

	Klp4d	Klp5	Klp6-s	Klp6-o	Klp7-s	Klp7-o	Klp8-s	Kl8-o
B2O3	10,30855	10,2216	10,767	10,8265	11,0905	11,0836	10,9091	10,8144
SiO2	32,08	32,01	35,48	35,82	37,45	36,74	36,49	36,08
Al2O3	35,11	33,16	35,1	35,29	34,04	35,61	36,77	35,72
TiO2	0,89	0,55	0,91	0,8	0,52	0,85	0,33	0,73
FeO	6,83	4,16	6,59	6,5	4,05	5,92	9,73	9,74
MgO	6,14	9,44	6,2	6,06	9,47	7,45	3,6	3,95
CaO	0,84	0,21	0,93	0,98	0,22	0,29	0,18	0,26
Na2O	2,04	2,95	1,69	1,92	2,84	2,23	1,64	1,77
suma	94,23855	92,7016	97,667	98,1965	99,6805	100,174	99,6491	99,0644
Štruktúrne vzorce								
B	3	3	3	3	3	3	3	3
Si	5,42	5,45	5,74	5,76	5,88	5,77	5,82	5,81
Al	6,98	6,65	6,68	6,68	6,29	6,59	6,91	6,77
Ti	0,11	0,07	0,11	0,1	0,06	0,1	0,04	0,09
Fe	0,96	0,59	0,89	0,87	0,53	0,78	1,3	1,31
Mg	1,54	2,39	1,49	1,45	2,21	1,74	0,86	0,95
Ca	0,15	0,04	0,16	0,17	0,04	0,05	0,03	0,04
Na	0,67	0,98	0,53	0,6	0,87	0,68	0,51	0,56

Agerwirt - Embach

	A-E1	A-E2	A-E3	A-E4	A-E5-o	A-E5-s	A-E6-s	A-E6-o
B2O3	10,32015	10,4395	9,99827	9,65735	9,96248	9,61112	10,4487	10,5593
SiO2	32,12	32,83	31,01	29,82	31,76	29,82	35,05	36,43
Al2O3	32,42	32,59	35,2	33,72	31,82	33,78	34,89	34,13
TiO2	0,85	0,85	0,58	0,4	1,19	0,36	0,68	0,56
FeO	4,7	4,68	12,82	13,82	8,25	13,56	12,8	13,45
MgO	9,59	9,75	1,57	1,15	5,95	1,05	1,24	1,27
CaO	0,52	0,57	0,15	0,1	0,08	0,12	0,12	0,13
Na2O	4,02	3,69	2,68	3	3,13	2,63	1,85	1,56
suma	94,54015	95,3995	94,0083	91,6674	92,1425	90,9311	97,0787	98,0893
Štruktúrne vzorce								
B	3	3	3	3	3	3	3	3
Si	5,42	5,47	5,4	5,38	5,55	5,4	5,84	6,01
Al	6,44	6,4	7,22	7,16	6,55	7,21	6,85	6,63
Ti	0,11	0,11	0,08	0,05	0,16	0,05	0,09	0,07
Fe	0,66	0,65	1,86	2,08	1,2	2,05	1,78	1,85
Mg	2,41	2,42	0,41	0,31	1,55	0,28	0,31	0,31
Ca	0,09	0,1	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Na	1,32	1,2	0,91	1,05	1,07	0,93	0,6	0,5

Sedliacka Dubová

	SD1	SD2	SD2(A)	SD3	SD4	SD5	SD6-s	SD6-o
B ₂ O ₃	10,13147	10,1762	9,9894	10,1438	10,0092	10,534	10,3792	10,3741
SiO ₂	33,05	32,19	32,12	32,01	32,11	33,72	35,19	34,96
Al ₂ O ₃	32,06	33,54	32,08	33,83	31,38	33,17	31,55	32,49
TiO ₂	1,07	0,89	0,8	0,93	0,81	0,58	1,03	0,88
FeO	7,31	7,01	8,45	6,67	9,41	1,39	7,74	7,84
MgO	6,45	6,58	6,29	6,4	6,28	11,33	6,38	5,62
CaO	0,32	0,35	0,37	0,41	0,21	1,52	0,36	0,21
Na ₂ O	2,44	2,47	1,87	2,28	2,82	1,92	2,31	2,48
suma	92,83147	93,2062	91,9694	92,6738	93,0292	94,164	94,9392	94,8541
Štruktúrne vzorce								
B	3	3	3	3	3	3	3	3
Si	5,68	5,51	5,6	5,49	5,58	5,57	5,9	5,87
Al	6,49	6,76	6,58	6,84	6,43	6,46	6,23	6,42
Ti	0,14	0,11	0,1	0,12	0,11	0,07	0,13	0,11
Fe	1,05	1	1,23	0,96	1,37	0,19	1,08	1,1
Mg	1,65	1,68	1,63	1,64	1,63	2,79	1,59	1,4
Ca	0,06	0,06	0,07	0,08	0,04	0,27	0,06	0,04
Na	0,82	0,82	0,64	0,76	0,96	0,62	0,76	0,81

Sedliacka Dubová

	SD7	SD8-s	SD8-o	SD9
B ₂ O ₃	10,25204	10,3306	10,5901	10,2303
SiO ₂	34,98	35,06	35,06	34,69
Al ₂ O ₃	31,24	29,72	31,04	30,05
TiO ₂	1,12	0,65	1,03	0,61
FeO	7,82	1,54	1,66	9,75
MgO	5,65	11,36	11,69	6,5
CaO	0,56	2,11	2,32	0,27
Na ₂ O	2,15	1,55	1,48	2,75
suma	93,77204	92,3206	94,8701	94,8503
Štruktúrne vzorce				
B	3	3	3	3
Si	5,94	5,91	5,76	5,9
Al	6,25	5,9	6,01	6,02
Ti	0,14	0,08	0,13	0,08
Fe	1,11	0,22	0,23	1,39
Mg	1,43	2,85	2,86	1,65
Ca	0,1	0,38	0,41	0,05
Na	0,71	0,51	0,47	0,91

Manínska úžina

	M1-s	M1-o	M1/1-s	M1/1-o	M2-s	M2-o	M3-s	M3-o
B ₂ O ₃	10,40943	10,2897	10,1638	10,3442	10,3605	10,7391	10,8339	11,0033
SiO ₂	33,07	34,12	31,03	32,81	33,47	33,19	35,45	35,31
Al ₂ O ₃	36,07	33,23	36,04	36,67	35	38,02	36,33	37,6
TiO ₂	1,02	0,83	1,1	0,94	0,84	0,85	0,46	0,46
FeO	8,99	11,19	8,9	8,57	4,72	4,87	2,71	2,66
MgO	3,8	3,33	4,11	3,25	6,33	6,53	7,81	8,17
CaO	0,36	0,53	0,37	0,31	1,02	1,03	0,87	0,9
Na ₂ O	1,77	1,95	1,93	1,65	1,53	1,64	2,13	2,02
suma	95,48943	95,4997	93,6438	94,5442	93,2705	96,8691	96,5939	98,1233
Štruktúrne vzorce								
B	3	3	3	3	3	3	3	3
Si	5,53	5,77	5,31	5,52	5,62	5,38	5,7	5,59
Al	7,1	6,62	7,27	7,27	6,93	7,26	6,88	7,01
Ti	0,13	0,11	0,14	0,12	0,11	0,1	0,06	0,05
Fe	1,26	1,58	1,27	1,2	0,66	0,66	0,36	0,35
Mg	0,95	0,84	1,05	0,81	1,58	1,58	1,87	1,92
Ca	0,06	0,1	0,07	0,06	0,18	0,18	0,15	0,15
Na	0,58	0,64	0,64	0,54	0,5	0,52	0,67	0,62

Manínska úžina

	M4-s	M5-s	M6	M7	M8	M9	M10
B ₂ O ₃	10,40239	10,6953	10,6685	10,1372	10,0278	10,1817	10,443
SiO ₂	33,53	35,21	32,29	31,75	31,05	31,54	32,82
Al ₂ O ₃	34,67	35,42	39,31	34,84	34,68	35,14	35,11
TiO ₂	0,91	1,03	0,86	0,81	1,12	0,5	0,48
FeO	11	9,17	4,34	6,92	7,93	2,81	2,84
MnO	0,01	0,03	0	0	0	0	0
MgO	3,35	4,12	6,01	5,53	4,86	8,09	8,86
CaO	0,61	0,39	0,91	0,68	0,43	0,93	0,89
Na ₂ O	2,12	1,98	1,49	1,88	1,98	2,24	2,32
suma	96,60239	98,0453	95,8785	92,5472	92,0778	91,4317	93,763
Štruktúrne vzorce							
B	3	3	3	3	3	3	3
Si	5,61	5,73	5,27	5,45	5,39	5,39	5,47
Al	6,83	6,79	7,55	7,05	7,09	7,08	6,89
Ti	0,11	0,13	0,11	0,1	0,15	0,06	0,06
Fe	1,54	1,25	0,59	0,99	1,15	0,4	0,4
Mn	0	0	0	0	0	0	0
Mg	0,83	1	1,46	1,41	1,26	2,06	2,2
Ca	0,11	0,07	0,16	0,13	0,08	0,17	0,16
Na	0,69	0,63	0,47	0,63	0,67	0,75	0,75

Krásna Hôrka

	KRH-1	KRH-2	KRH-3
B ₂ O ₃	10,62317	10,4006	10,4468
SiO ₂	36,453	35,275	35,888
Al ₂ O ₃	33,809	33,5	34,471
FeO	7,206	5,239	5,016
MnO	0,073	0,072	0,047
MgO	5,59	6,489	5,523
CaO	0,746	0,791	0,282
Na ₂ O	1,909	1,936	1,833
suma	96,40917	93,7026	93,5068
Štruktúrne vzorce			
B	3	3	3
Si	5,973	5,904	5,98
Al	6,525	6,604	6,765
Fe	0,986	0,732	0,698
Mn	0,01	0,01	0,007
Mg	1,364	1,618	1,371
Ca	0,131	0,142	0,05
Na	0,61	0,632	0,596