

Klasifikácia masívov skalných hornín Zvolenskej kotliny

RUDOLF HOLZER, KAROL BERTA

Katedra inžinierskej geológie PFUK, Zadunajská 15, 811 00 Bratislava

(6 obr. v texte)

Doručené 22. 3. 1979

Классификация горных пород массивов Зволенской впадины

На основании разработанной системы инженерогеологической классификации горных пород массивов (Матула М. — Голзер П. 1976) была установлена типизация таких массивов в Зволенской впадине и на прилегающей территории. Эти массивы слагают андезиты (Бадин), гранодиориты (Лиесковец), среднетриасовые известняки (Мичина), кеуперские доломиты (Ракитовце) и неокомские известняки (Урпин — Банска Быстрица).

В документацию (паспорт, фотодокументация) включены и классификационные знаки массивов определённых в поле а также свойства пород в массивах определённых лабораторными методами. В результате этого был получен список данных характеризующих породы массивов. При исследовании этих вопросов были использованы новые методы этих работ.

Classification of solid rock masses in the Zvolen basin

Using an engineering-geological system of classification, the authors have elaborated a typological classification of solid rock masses in the Zvolen basin and the adjacent area.

In the area investigated, the rock masses are represented by andesite (Badín) granodiorite (Lieskovec), Middle Triassic limestone (Mičina), Keuper dolomite (Rakytovce) and Neocomian limestone (Urpín — Banská Bystrica). Field work passportization, photographic documentation and laboratory tests were used for the final qualitative and semiquantitative characterization of the rock masses. During the investigation, the originally accepted system was also completed with newer methods, described in the paper.

Inžinierskogeologický výskum Zvolenskej kotliny vyvolali okrem iného potreby smerného územného plánu tejto oblasti. Preto sa ukázala nevyhnut-

nosť zhodnotiť vlastnosti horninových masívov a urobiť aj ich typologickú klasifikáciu.

Základné pracovné postupy a hodno-

tenia masívov sme vykonali podľa metodiky M. Matulu a R. Holzera (1976).

Hodnotené masívy sú v štruktúrach ohraničujúcich Zvolenskú kotlinu zastúpené takto: zo Z Kremnické vrchy, na S a V Zvolenská vrchovina a napokon na J Javorie.

Cieľom výskumu je inžinierskogeologická typizácia horninových masívov, ktorá umožňuje hodnotiť *nerovnorodosť* a *anizotropiu* masívov a vyčleňovať štatisticky rovnorodé (kvázirvnorodé) oblasti z nich. Celky potom možno charakterizovať štatistickými údajmi ich fyzikálnych a technologických vlastností, resp. predvídať ich správanie v interakcii s technickými zásahmi človeka do masívu v jeho činnosti v inžinierskom staviteľstve, baníctve, lomárstve a pod. Takéto štúdium má aj iné výhody. Ak sa vykoná dobrá litologickoštruktúrna analýza masívu (ako aj ďalších geneticko-litologických príbuzných masívov patriacich do tej istej regionálnej jednotky), možno lepšie využívať princíp analógie. V praxi to znamená zníženie rozsahu časovo a ekonomicky náročných skúšok fyzikálnych a technologických vlastností masívu, ako aj možnosť extrapolovať zistené poznatky na ostatné masívy príbuzného litologického zloženia, genézy a štruktúry.

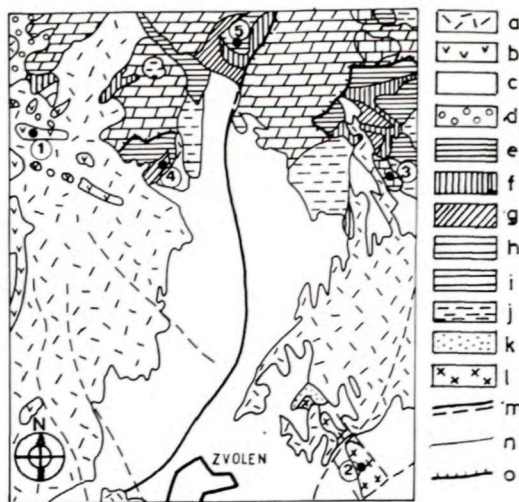
Pri bádaní masívov sme overovali aj niektoré doteraz nevyužívané pracovné postupy a metódy, ktoré podľa doterajších skúseností môžu obohatiť pôvodnú metodiku typizačného systému.

Pri výbere lokalít sme brali do úvahy najmä dva aspekty:

1. aby sa hodnotili viaceré petrografické typy skalných hornín,
2. aby sa hodnotili masívy typické v skúmanom území aj z hľadiska petrografickoštruktúrneho a regionálneho výskytu.

Preto sme zhodnotili tieto vybrané lokality: Badín (andezit), Lieskovec

(granodiorit), Mičiná (strednotriasový vápenec), Rakytovce (keuperský dolomit), Banská Bystrica-Urpín (slienitý vápenec, neokóm; obr. 1).



Obr. 1. Geologická situácia a študované masívy

1 — Badín (andezit), 2 — Lieskovec (granodiorit), 3 — Mičiná (vápenec, stredný trias), 4 — Rakytovce (dolomit, keuper), 5 — Urpín — Banská Bystrica (slienitý vápenec, neokóm)

a — pyroklastiká tufov a tufitov, b — andezit, c — sedimentárny neogén, d — bazálny paleogén, e — slienité vápence — neokóm, f — jura vcelku, g — karpatský keuper, h — dolomity — stredný trias, i — vápence — stredný trias, j — melafýrová séria — spodný trias, k — kremence — spodný trias, l — granodiorit, m — zistené a predpokladané zlomy, n — hranice horninových celkov, o — presunové línie

Fig. 1. The geological situation and rock masses investigated

1 — Badín locality (andesite), 2 — Lieskovec locality (granodiorite), 3 — Mičiná locality (limestone, Middle Triassic), 4 — Rakytovce locality (dolomite, Carpathian Keuper), 5 — Urpín hill, Banská Bystrica town (marly limestone, Neocomian)

a — tuff and tuffite, b — andesite, c — sedimentary rock, Neogene, d — basal member, Paleogene, e — marly limestones — Neocomian, f — Jurassic in the whole, g — Carpathian Keuper, h — dolomite, Middle Triassic, i — limestone, Middle Triassic, j — "Melaphyre" series, k — quartzite, Lower Triassic, l — granodiorite, m — fault, detected and supposed, n — limits of rock units, o — overthrust line

Štúdium základných znakov klasifikácie masívu

Predpokladom inžinierskogeologickej klasifikácie horninových masívov je analýza a syntéza vhodne zvolených znakov a vlastností masívu. Tie sa po zhodnotení spracujú a zdokumentujú v pasportizačných listoch dohodnutými symbolmi — kódovými zápismi.

Z množstva znakov a vlastností masívu podrobnejšie opíšeme iba tie, ktoré pri hodnotení masívu pokladáme za najvýznamnejšie, aj keď sa v pasportoch (pozri ďalej) hodnotí širší okruh vlastností masívu.

Každý masív sa skladá z hornín istého litologického zloženia. Preto v použitej typizácii masívov pokladáme *litológiu* za primárny znak a v pasportoch mu priraďujeme zvolený symbol (kód). Ale v priebehu petrogenézy, tektogenézy a hypergenézy hornín vznikli v nich čiastočné a úplné nespojitosti, tzv. diskontinuity masívu. V typizácii masívu využívame preto jej prejavy ako ďalšie hodnotiace znaky, ktoré budú mať v pasportoch svoje kódovacie symboly. Z takých znakov to bude *blokovitosť*, *rozvoľnenosť* a *výplň* diskontinuit. Vzhľadom na ich význam ich pokladáme za *základné*, indexujúce charakteristiky horninového masívu. Sú závislé od ďalších charakteristík diskontinuity, ako sú napríklad jej normálové vzdialenosti (intervaly), početnosť, otvorenosť, textúrne usporiadanie, ktoré v masíve možno merať alebo kvalitatívne hodnotiť.

Pri hodnotení základných znakov diskontinuity narážame už pri ich meraní *in situ* na niektoré ťažkosti napr.:

a) *Priebežnosť diskontinuity* možno hodnotiť podľa dĺžky jej stopy (priesečnice) na meranom odkryve. Ale puklinová plocha je dvojrozmerný útvar. Neznámy rozmer vnútri masívu — ak sa nedá priamo merať — možno určiť

iba analógiou. Výhodné je, ak je k dispozícii viac odkryvov s rozličnou relatívnou polohou voči diskontinuite, ktorej priebežnosť hodnotíme. Ak hodnotíme priebežnosť relatívne — iba v rámci odkryvu, všímame si, či ho plochy pretínajú úplne, čiastočne, príp. sa končia na inom systéme diskontinuit. Na odkryvoch súčasne meriame dĺžku stôp (priesečníc) diskontinuity v metroch a ich priebežnosť hodnotíme podľa klasifikácie M. Matulu a R. Holzera (1976).

b) *Meranie intervalov diskontinuity a jej početnosti*. Tento znak sa meria na dostatočnom počte prirodzených alebo umelých odkryvov, ktoré sú vhodne orientované na polohu diskontinuity.

Vzdialenosť medzi diskontinuitami a početnosť diskontinuity treba uvádzať v skutočných hodnotách, t. j. v smere *normály* na jednotlivé systémy (normálové intervaly a početnosť). Ale to nie je priamo v teréne možné, lebo odkryvy, na ktorých meriame, nie sú vždy kolmé na polohu systémov plôch diskontinuity. Namerané hodnoty (zdanlivé intervaly a z nich určenú zdanlivú početnosť) sa preto musia prepočítať. Postupujeme tak, že sa na meranom odkryve vytýči dostatočný počet priamok (línii) so známou orientáciou (smer sklonu, sklon). Každá z nich pretína jednotlivé pukliny v priesečníku, v ktorom sa zmeria smer sklonu a sklon každej pukliny osobitne, rovnako aj vzdialenosti medzi jednotlivými priesečníkmi (zdanlivé intervaly). Skutočné intervaly sa určujú numericky podľa vzťahu

$$d = l \cdot \sin |\alpha - \varepsilon| \cdot \cos |\beta - \eta| \quad [1]$$

alebo

$$d = l \cdot \sin |\alpha + \varepsilon| \cdot \cos |\beta - \eta| \quad [2]$$

kde d = skutočný (normálový) interval plôch pre každý systém diskontinuity osobitne, l = zdanlivý interval plôch (priesečníkov ich stôp) na línii, α = uhol sklonu systému diskontinuity, ε = uhol

sklonu línie merania, β = smer sklonu systému diskontinuity, η = smer sklonu línie merania.

Použitie vzorca [1] alebo [2] závisí od vzájomného vzťahu smeru sklonu línie a smeru sklonu uvažovaných diskontinuit. Numerické vzťahy a geometrické konštrukcie pre normálové intervaly uvádza aj M. Slivovský (1979).

c) *Blokovitosť*, individualizovanú v masíve prítomnou diskontinuitou, charakterizujeme *rozmermi, tvarmi a vzájomným usporiadaním blokov*. Na charakter blokovitosti má všeobecne vplyv priestorová poloha, geometrický charakter, priebežnosť a početnosť diskontinuity v masíve v jej jednotlivých systémoch.

V typologickej klasifikácii vyčlenili autori (M. Matula, R. Holzer 1976) podľa týchto znakov 6 základných a 3 modifikované typy modelov blokovitosti (tab. 2 v citovanej práci). V tom zmysle sa hodnotí a kóduje blokovitosť aj v tejto práci.

Na charakteristiku rozmerov blokov sme použili hodnoty stredných a extrémnych (minimálnych a maximálnych) normálových intervalov diskontinuity. Tam, kde to nebolo možné, určovali sa rozmery charakteristického bloku odhadom, resp. priamym meraním blokov. Je to menej presný spôsob, ale v niektorých podmienkach jedine možný.

d) Pri stanovovaní *rozvoľnenosti* masívu má najväčší význam hodnotenie *roztvorenosti* puklín. Niektoré merania ukázali, že sa roztvorenosť veľmi mení nielen v rámci jedného systému puklín, ale aj na každej diskontinuite. Ak k tomu pridáme aj ťažkosť so stanovením roztvorenosti vnútri masívu, je zrejmé, že pri takomto výskume sa bez istého zovšeobecňovania nezaobídeme (M. V. Rac — S. N. Černyšev 1971). Veľké rozdiely sa prejavujú najmä v povrchovej zóne, od ktorej sa roztvorenosť vše-

obecne do vnútra masívu znižuje.

Pri štúdiu rozvoľnenosti horninového masívu sme použili výpočtový vzťah, ktorým sa pre každý systém určil lineárny koeficient rozvoľnenosti

$$Krl = \frac{h}{d + h}, \text{ kde } h \text{ je priemerná šírka puklín v danom systéme a } d \text{ priemerný (alebo extrémny) interval. Pri viacerých systémoch diskontinuit treba}$$

lineárny koeficient rozvoľnenosti previesť na koeficienty „kompaktnosti“: $Khl = 1 - Krl$. Výsledkom je priestorová „kompaktnosť“ masívu, z ktorej sa potom určuje priestorová *rozvoľnenosť* podľa vzťahu

$$Irm = 1 - (1 - Krl_1) \cdot (1 - Krl_2) \cdot (1 - Krl_3) \cdot \dots \cdot (1 - Krl_n).$$

e) *Stupeň vyplnenia puklín, charakter výplne*. Pri stanovovaní litologického a zrnitostného zloženia výplne puklín nie sú ťažkosti. Problematickým zostáva hodnotenie podielu [v %] vyplnenia otvorenej pukliny súdržnou, resp. nesúdržnou zeminou a jej fyzikálnych vlastností, najmä ak si uvedomíme ťažkosť so získavaním neporušených vzoriek na laboratórny výskum. V pasportoch hodnotíme stupeň vyplnenia tzv. indexom puklinovej výplne I_{pv} (M. Matula, R. Holzer 1976).

Typizácia horninových masívov. Kódovaná pasportizácia

Výsledkom nášho štúdia je zhrnutie najdôležitejších údajov o masíve formou ich opisu v jednotnom pasportizačnom liste (tab. 1) a v kódovanej typizácii masívov (bližšie pozri M. Matula — R. Holzer 1976). V nej sa do príslušných kolónok v pasportoch uvádza súborný kód typizácie masívu, napr. *a4341*, v ktorom jednotlivé symboly značia:

a ... litologický charakter horniny
(*a* — andezit, *g* — granodiorit,

granit; *v* — vápenec, *d* — dolomit atď.,

43 ... označenie *blokovitosti* udaním tvaru (prvá číslica) a veľkosti blokov (druhá číslica), napr. 43 — stĺpcovitý, stredne blokovitý typ (25 až 75 cm),

4 ... označenie *rozvoľnenosti* indexom rozvoľnenosti *Irm*; (4 — vysoká rozvoľnenosť s podielom objemu otvorených puklín v celkovom objeme masívu 5—15 %),

1 ... označenie *výplnenosti* puklín indexom puklinovej výplne *I_{pv}* (1 — pukliny s piesčitou výplňou v rozsahu 90 až 100 % z celého objemu puklín).

Kódovaný zápis ďalej obsahuje tieto údaje:

— kód vlastností horninového materiálu ρ_d ; n ; σ_c ; σ_t ; D ; Z ; t. j. objemovú hmotnosť, pórovitosť, pevnosť v prostom tlaku, pevnosť v ťahu, modul deformácie a stupeň zvetrania. Hodnoty sú prevedené do stupňov podľa tab. 3 in M. Matula — R. Holzer (1976),

— kódované charakteristiky diskontinuit: 2*po1668*, kde 2 značí priebežnosť plochy (dĺžka 1—3 m), *p*... genetický typ plochy (plocha primárnej odlučnosti), *o*... druh výplne (otvorená puklina bez výplne), 16... dvojčísle generalizovaný smer sklonu systému — 160°, 6... rozptyl smeru sklonu od generálneho: 1 = $\pm 5^\circ$; 2 = $\pm 10^\circ$ až 6 = $\pm 30^\circ$, 8... priemerná veľkosť sklonu plôch — 80°.

Niektoré špecifiká masívu, ktoré nebolo možno vyjadriť symbolikou, sa uvádzajú stručným opisom.

Lokalita Badín — masív andezitov

Pyroxenické andezity ako zvyšok lávového prikrovu sme študovali v opustenom kameňolome. Charakterom stavby masívu sú andezity na dvoch ma-

lých stenách podobné — majú typickú stĺpcovitú odlučnosť. Odlíšu sa iba postavením stĺpcov, v ľavej časti sú zvislé, v pravej šikmo subhorizontálne. Hornina je veľmi slabo navetraná. Hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností sa uvádzajú v pasporte (tab. 1).

Podľa blokovitosti (typ 43) tvorí celá lokalita jeden rovnorodý celok (obr. 2). Tvarová a rozmerová variabilnosť blokov je v celom masíve minimálna. Stĺpce andezitu sú ohraničené minimálne troma, maximálne šiestimi až siedmimi rovinami, priečny prierez sa často mení. Roviny ohraničujúce jednotlivé bloky sú geometricky neurčité a s nepravidelným vývojom, pričom ostrá zakrivenosť prevláda nad plynulým zvlnením. Aj to je dôvod veľkej variabilnosti v priestorovej orientácii plôch.

Roztvorenosť puklín veľmi kolíše (od 1 do 100 mm). Celková rozvoľnenosť masívu je 5,7 až 6,1 %. Ide teda o masív s vysokým stupňom rozvoľnenosti (*Irm* = 4).

Pukliny sú väčšinou bez výplne, iba miestami sa vyskytuje málo piesčitej zložky alebo úlomkovitej drviny — *I_{pv}* = 1.

Ďalšie študované lokality charakterizujeme opisom, lebo v takomto príspevku nemožno zverejniť všetky pasporty.

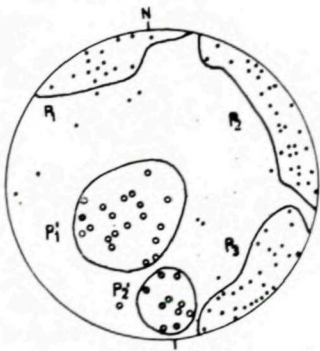
Lokalita Lieskovec — masív granodioritov

Ide o malé teleso granodioritu medzi Lieskovcom a Zolnou v opustenom kameňolome (rozmery 20×80 m). Hornina biotitický granodiorit patrí do formácie variských intruzívnych granodioritov, je čiastočne navetraná a na blokoch sa miestami objavujú kôry zvetrania.

Hornina má sivú až tmavosivú farbu. Štruktúra je kataklasticko-hypidiomorfna, textúra všesmerne zrnitá. Horninu postihla kaolinizácia, sericitizácia a chloritizácia. Základné fyzikálno-me-

Hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností
Values of physico-mechanical parameters

Tab. 1

1 Číslo 1	2 Názov lokality B A D Ľ N	3 Geomorfologická poloha, typ a rozmery, hĺbka odberu, charakter svahu Nižšia hornatina, mierne až stredne strmé svahy Kremnických vrchov; opustený lom, 300×200 m; 30 m; svah nepravidelný, intenzívne rozčlenený											
4 Zaradenie do formácie Formácia postorogénnych neovulkanitov, komplex subsekvntných andezitových neovulkanitov		6 Vzťah k štruktúrnej jednotke Troska lávového priekrovu so stĺpcovitou až vejárovitou odlučnosťou. Základný typ blokovitosti 4											
5 Petrografický typ horniny Pyroxenický andezit													
7a													
Celok	Typ puklín	Interval puklín [cm]	Smer sklonu [°]	Rozptyl	Sklon [°]	Priebežnosť [m]	Roztvorenosť [cm]	Tvar	Povrch	Výplň	Zvodnenie	Poznámka	
I.	P ₁	36,4	160	30	80	2,5	1,1	k	r	—	ss		
	p ₂	36,4	240	40	80	2,5	1,1	k	r	—	ss		
	p ₃	120	320	30	80	2,5	1,1	k	r	—	ss		
II.	p' ₁	50	45	30	40	1,5	1,7	k	d	—	ss		
	p' ₂	50	5	10	70	1,5	1,7	k	d	—	ss		
7b Diagram puklín							7c Blokovitosť [cm×cm×cm]			7d I _{rm} [%]	7e I _{pv} [%]		
													
8 Nerovnorodosť Dva rovnaké celky rovnorodosti; vysoká tvarová variabilita blokov; 3—7-bokové stĺpy; variabilita stupňa puklinovitosti nízka							9 Zvodnenosť Občasne zvodnené, počas zrážkových období cirkuluje po puklinách voda						

chanické vlastnosti horninového materiálu sú $\rho_s = 2,73 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $\rho_d = 2,68 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $n = 2,13$, $N = 0,45$, $\sigma_c = 169 \text{ MPa}$, $\sigma_t = 16,4 \text{ MPa}$, $E = 46,2 \cdot 10^3 \text{ MPa}$, $D = 38,7 \cdot 10^3 \text{ MPa}$. Kód vlastnosti horniny je 4244332.

Tvarová a rozmerová variabilnosť blokov je minimálna, a preto masív zaradujeme do jedného rovnorodého celku (obr. 3). Bloky sú oddelené troma priebežnými systémami, pravdepodobne tektonického pôvodu. Prvý systém je v dĺžke 8 a viac metrov a má pomerne veľký rozptyl v orientácii puklín ($100^\circ/85^\circ$, rozptyl $\pm 20^\circ$). Pukliny sú rozlične roztvorené (2–5 cm). Druhý systém je približne vodorovný, s orientáciou $15^\circ/45^\circ$ a priebežnosťou 3–5 metrov. Pukliny sú roztvorené do niekoľkých mm. Plochy obmedzujúce bloky sú pri oboch systémoch rovné. Menej významné pukliny tretieho systému ($310^\circ/70^\circ$) sú nepriebežné a usporiadané do súboru s veľkým rozptylom smeru sklonu ($\pm 20^\circ$), zväčša však chaoticky priestorovo rozmiestnené. Majú aj tvarové odlišnosti.

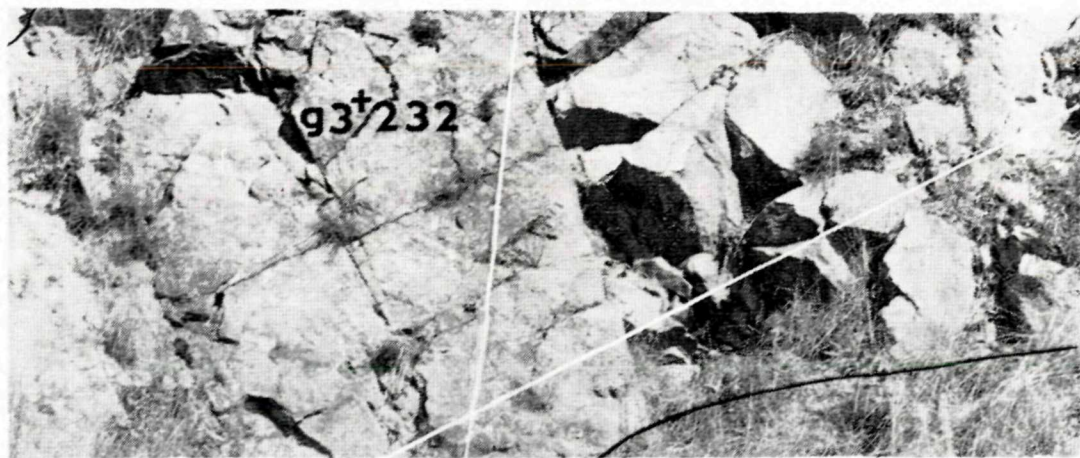
Ostatné nepriebežné a nesystematicky usporiadané pukliny narušajú geo-

metriu základných blokov danú hlavnými systémami, a preto charakter blokovitosti vizuálne celkom nezodpovedá ideálnemu modelu typu 3⁺. Bloky majú skôr polyedrickú formu. Ale pretože vnútornú štruktúru masívu určujú vzájomné vzťahy a rozloženie základných elementov, začleňujeme masív do typu 3⁺. V zásade ide o hrubohranolovitú blokovitost s rozmermi blokov $80 \times 80 \times 100 \text{ cm}$.

Roztvorenosť puklín veľmi kolíše. Z nej vyplývajúca rozvoľnenosť poukazuje na stredne rozvoľnený masív. Podľa celkového počtu puklín s výplňou a približne proporcionálneho zastúpenia súdržného a nesúdržného materiálu výplne pripadá na ílovitú zložku $10\text{--}35\%$, čo zodpovedá $I_{pv} = 2$. Kód masívu je g3⁺232.

Lokalita Mičina — masív vápencov

Sú to svetlé vápence wettersteinského typu v opustenom kameňolome rozmerov $20 \times 50 \text{ m}$. Patria do vápenco-dolomitckej formácie. Stena kameňolomu je v nepravidelnom oblúku výrazne vertikálne a horizontálne členitá.



Obr. 3. Lieskovec — masív granodioritov s rovnorodým celkom g3⁺232 s vyznačením línie merania

Fig. 3. Lieskovec locality, granodiorite rock mass within a single homogenous unit with code number g3⁺232 and indication of measuring lines

Masív je mimoriadne tektonicky porušený (široké dislokácie s červenohnedou hlinito-ílovitou výplňou). Pozdĺž nich sa uplatnili veľmi intenzívne činitele zvetrávania. Okrem toho sa čiastočne prejavili aj krasové procesy vo svojom počiatočnom štádiu (vylúhovaním rozšírené tektonické pukliny a dutiny s rozmermi niekoľko decimetrov).

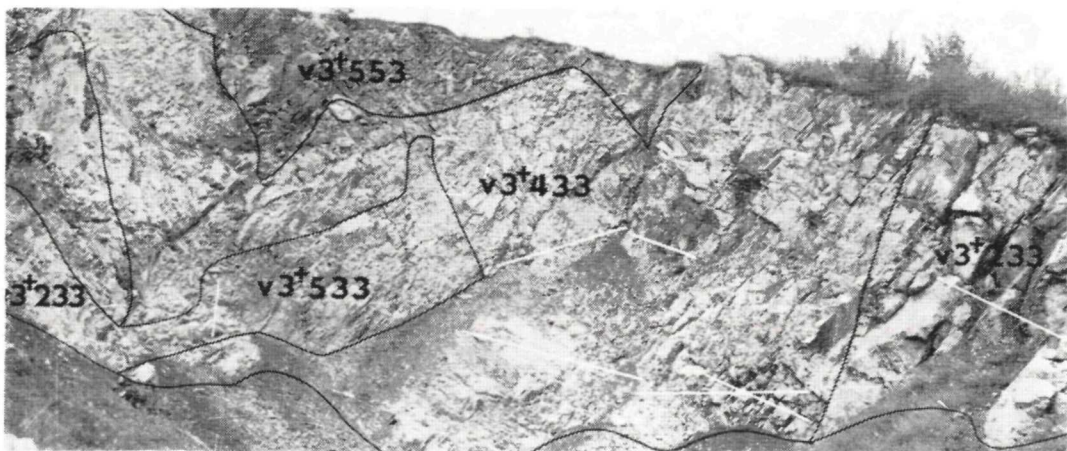
Hornina je chemicky veľmi čistá a má chaoticky usporiadané žilky sekundárneho kalcitu. Navetranie blokov nedosiahlo vysoký stupeň; hornina je sivá a na povrchu má svetlosivú patinu. Štruktúra je jemnomikrokryštalická a textúra všesmerná. Základné fyzikálno-mechanické vlastnosti horninového materiálu sú: $\rho_s = 2,72 \text{ g. cm}^{-3}$, $\rho_d = 2,70 \text{ g. cm}^{-3}$, $n = 0,50 \%$, $N = 0,12$, $\sigma_c = 158 \text{ MPa}$, $E = 87,7 \cdot 10^3 \text{ MPa}$, $D = 87,7 \cdot 10^3 \text{ MPa}$. Kód vlastnosti horniny je 414 až 533.

Dokumentovali sme a merali dva kvázirvnorodé celky. V každom z nich sme uskutočnili merania na dvojiciach línií navzájom približne kolmých. V ostatných neprístupných častiach steny sme analogicky vyčlenili ďalšie celky rovnorodosti (typ v3+233 a typ

v3+553; obr. 4).

Masív rozčleňujú tri systémy diskontinuit. Najvýraznejšia z nich je vrstvitosť, ostatné pukliny sú na ňu približne kolmé a majú tektonický pôvod. Sledujú už spomenuté tektonické dislokácie. Plochy vrstvitosti v orientácii $279^\circ/51^\circ$ s rozptylom $\pm 30^\circ$ tvoria v priestore pomerne neusporiadaný systém, ktorý je výsledkom spolupôsobenia faciálno-genetických podmienok vzniku horniny a tektonického vývoja. Významná je aj variabilnosť hodnôt intervalu diskontinuity. V prvom rovnomerom celku v pravej časti steny má priemernú hodnotu 24,65 cm a v druhom 7,7 cm. Druhý priebežný systém tektonických plôch (orientácia $15/86^\circ$) je prísne usporiadaný. V každom z rovnomerých celkov má inú orientáciu. Priemerný interval je v prvom celku 24 cm, v druhom 6 cm. Tretí systém ($105^\circ/45^\circ$), tiež tektonický, je malým súborom. Má aj nízky rozptyl smeru sklonu.

V prvom rovnomerom celku reprezentuje základný blok drobne hranolovitú, ale aj neizometrickú blokovitú s veľkosťou bloku $25 \times 24 \times 95 \text{ cm}$. V druhom rovnomerom celku ide o veľmi drobnú



Obr. 4. Mičiná — masív vápencov s rovnorodými celkami v 3+433, v3+533, v3+233 a v3+553 a vyznačením línií merania

Fig. 4. Mičiná locality, rock mass of limestone within four homogenous units with code numbers v3+433, v3+533, v3+233 and v3+553 and indication of measuring lines

hranolovitú blokovitost s veľkosťou základného bloku $8 \times 6 \times 7$ cm.

Priestorové rozmiestnenie „medzier“ medzi oddelenými blokmi možno označiť ako nerovnomerné. Svedčia o tom rozdiely v lineárnych koeficientoch rozvoľnenosti jednotlivých systémov, ktoré dosahujú pri prvom celku hodnotu 4,56 ‰ a pri druhom 4,20 ‰. Pre obidva celky platí $I_{rm} = 3$, ostatné celky majú $I_{rm} = 5$ a $I_{rm} = 3$.

Výplňový materiál má $I_{pv} = 3$ vo všetkých vyčlenených celkoch. Kódovanie masívu v štyroch vyčlenených rovnorodých celkoch je nasledujúce: $v3+433$, $v3+533$, $v3+233$, $v3+553$.

Lokalita Rakytovce — masív dolomitov

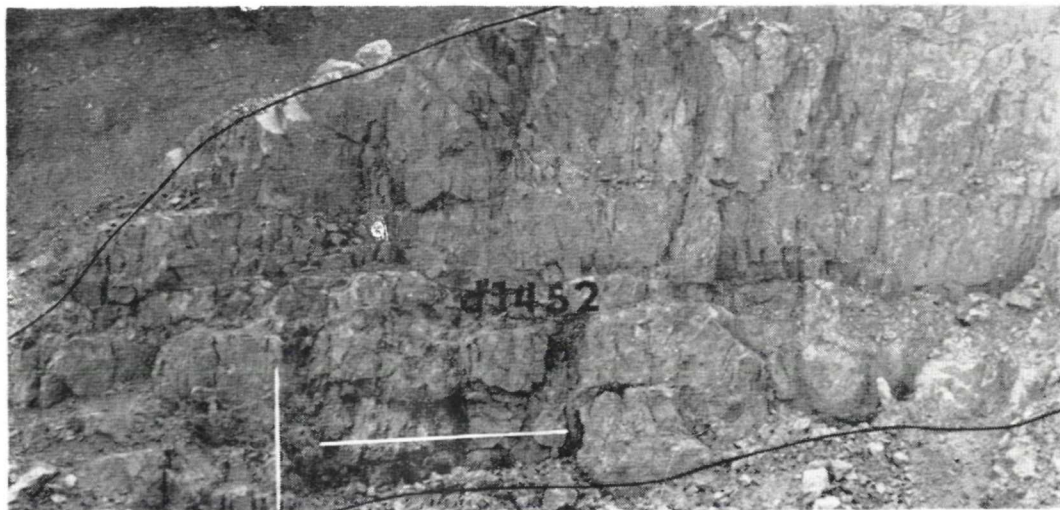
Sú to dolomity karpatského keupra vo východnej časti opusteného kameňolomu rozmerov 6×20 m. Stena masívu je intenzívne vertikálne a horizontálne členitá ako dôsledok značnej rozvoľnenosti a malej súdržnosti masívu (obr. 5). Hornina patrí do pestrej pies-

kovcovo-slieňovcovo-vápencovej formácie. Má hnedosivú farbu, jemnozrnitú až mikrozrnitú štruktúru a všesmernú štruktúru. Intenzita zvetrávania dosiahla vysoký stupeň. Prejavuje sa zhoršenými fyzikálno-mechanickými vlastnosťami horninového materiálu, ako aj zvýšením stupňa rozvoľnenosti. Zjavné je intenzívne tektonické porušenie. Odolnosť hornín v masíve voči zvetrávaniu je rozličná a priamo závisí od znečistenia dolomitov klastickou prímesou a od tektonického porušenia.

V komplexe prevládajú lavice dolomitov, ktoré sú oddelené vložkami bridlic s listkovým rozpadom s mocnosťou 2—5 cm.

Fyzikálno-mechanické vlastnosti horniny sme neurčili, pretože sa zo silne porušeného masívu nedal odobrať monolit na laboratórne spracovanie.

Štruktúru masívu charakterizuje prevládajúci systém plôch vrstvitosti s orientáciou $185^\circ/8^\circ$ a intervalmi rozsahu 20—80 cm. Tvar plôch je rovný, miestami s miernym zvlnením. Morfológiu plôch komplikujú tvarové osobi-



Obr. 5. Rakytovce — masív keuperských dolomitov s rovnorodým celkom d1452 a vyznačením línií merania

Fig. 5. Rakytovce locality, Carpathian Keuper dolomite within a single homogenous unit with code number d1452 and indication of measuring lines

tosti vyvolané úložnými pomermi sedimentárných hornín (zväčšovanie, stenčovanie, vyklňovanie vrstiev). Tri systémy nepriebežných tektonických puklín s orientáciou $202^{\circ}/87^{\circ}$, $169^{\circ}/85^{\circ}$ a $67^{\circ}/70^{\circ}$ sú približne kolmé na vrstvovitost a zvierajú medzi sebou kosé uhly. Intervaly majú hodnoty približne 15 cm. Podľa základných charakteristík diskontinuity a ich vzájomného vzťahu prevláda nepravidelný neizometrický tvar bloku, typ 14, s rozmerom základného bloku $15 \times 15 \times 10$ cm.

Výrazná je premenlivosť roztvorenosti tektonických puklín, a to od zavretých po pukliny šírky 5 cm. Podľa vysokého stupňa rozčlenenosti masívu a veľkej roztvorenosti puklín ide o mimoriadne rozvoľnený masív. Podiel otvorených puklín v objeme masívu je 17,35 %, teda $I_{rm} = 5$. Vysoký stupeň rozvoľnenosti možno pripísať spolupôsobeniu troch faktorov: a) intenzívnemu tektonickému prepracovaniu, b) vysokému stupňu zvetrania, c) činnosti človeka v súvislosti s ťažbou materiálu.

Podľa vizuálneho hodnotenia podielov výplne na ílovitú zložku pripadá 10–35 %. Index puklinovej výplne $I_{pv} = 2$. Kód masívu je d1452.

Lokalita Urpín (Banská Bystrica) — masív slienitých vápencov

Slienité vápence neokómu patria do pestrej pieskovcovo-slieňovcovo-vápenčovej formácie a sú odkryté na svahu Urpína v prirodzenom odkryve (obr. 6). Masív tvoria intenzívne zvrásnené lavice hornín. Vyskytujú sa tu priame a ležaté vrásky s rozmermi niekoľko metrov. Morfológia stien je členitá, tvoria ju mnohé výklenky a stupne.

Vápence čiastočne postihla metamorfóza s náznakom zbridľňatenia. Hornina má svetlosivú farbu a jednotlivé bloky sú na povrchu navetrané. Štruktúra je kalová, textúra slabo plošne usmernená. Základné fyzikálno-mechanické vlastnosti horniny sú: $\rho_s = 2,69 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $\rho_d = 2,66 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $n = 0,99 \%$, $N = 0,36$, $\sigma_c = 158 \text{ MPa}$, $E = 39,5 \cdot 10^3 \text{ MPa}$ a $D = 39,5 \cdot 10^3 \text{ MPa}$.

V masíve prevláda jeden systém diskontinuity — plochy vrstvovitosti s orientáciou $37^{\circ}/15^{\circ}$. Intervaly sú veľmi premenlivé (priemer 27 cm). Z histogramu a krivky pravdepodobnosti vyplýva, že reprezentatívna hodnota intervalu diskontinuity je vyššia ako hodnota triedy s najvyšším počtom javov.



Obr. 6. Urpín — Banská Bystrica — masív slienitých vápencov s rovnorodým celkom v1333 a vyznačením línií merania

Fig. 6. Urpín hill in Banská Bystrica town, Neocomian marly limestone within a single homogenous unit with code number 1333 and indication of measuring lines

Spôsobuje to veľký rozsah mocnosti lavíc, ale aj veľký počet lavíc s mocnosťou 5–10 cm. Zjavný je pomerne veľký rozptyl hodnôt smeru sklonu, ktorý je však len zdanlivý a spôsobila ho chyba meraní kompasom na približne vodorovných plochách. Tvar puklín je rovný, menšie zvlnenie s maximálnymi amplitúdami na intervale 6 m zapríčinila tektonická deformácia vrstvom lavíc. Iba sporadicky masív porušujú tektonické pukliny, orientované približne kolmo na vrstvitosť, a ich priebežnosť nepresahuje jednotlivé lavice, v ktorých sa nachádzajú. Ich veľmi riedky a nepravidelný výskyt spôsobil, že ich nezachytila ani jedna línia merania. Preto sú rozmery reprezentatívneho bloku pre kódový zápis určené jedinou dimenziou (27 cm).

Masív (4,59 %) je v strednom stupni rozvoľnenosti — $I_{rm} = 3$. Vyplnenosť puklín a jej stupeň $I_{pv} = 3$ je určený 35–65 % podielom ilovitej zložky. Kód masívu je *v1333*.

Zhodnotenie skúmaných masívov

V závere stručne hodnotíme niektoré štruktúrne charakteristiky študovaných masívov (tvarová a rozmerová premenlivosť blokov), ich rovnorodosť, ďalej fyzikálne a technologické vlastnosti hornín, ktoré ich budujú, a konečne prihliadneme aj na použiteľnosť hornín v stavebnej výrobe.

Pripomíname, že sme skúmali iba masívy odkryté na povrchu, teda bez špeciálne vykonaných umelých odkryvov (šachtíc, štôlní a pod.), a že sa fyzikálno-mechanické vlastnosti horninového materiálu hodnotili len z lokality Badín, Lieskovec, Mičiná a Urpín, lebo na lokalite Rakytovce nebolo možno použiť metodiku aplikovať, ani odoberať monolity na laboratórne spracovanie (tektonicky podrvené dolomity).

Kvázirovnorodosť. S prihliadnutím

na blokovitost', rozvoľnenosť a ostatné znaky možno skúmané masívy všeobecne hodnotiť v tomto poradí: najväčšiu kvázirvnorodosť podľa stálosti rozmerov a početnosti charakteristického bloku majú masívy granodioritov lokality Lieskovec a andezitov lokality Badín, lebo ich blokovitost' je viac-menej rovnorodá. Rozmery charakteristického bloku sú pri granodioritoch $80 \times 80 \times 100$ cm a pri andezitoch $50 \times 50 \times 80$ cm. Tvarová a rozmerová odlišnosť ostatných blokov je od charakteristických minimálna. Súčasne stupeň rozvoľnenosti I_{rm} kolíše minimálne a má v celom rozsahu študovaných častí masívu vysoké hodnoty: pri granodioritoch 3,0 % a andezitoch 5,7–6,1 %. Stupeň vyplnenosti puklín súdržnou výplňou obidvoch masívov je nízky a kolíše v rozmedzí 0–10 %, veľmi ojedinele do 25 %.

Do stredného stupňa kvázirvnorodosti zaraďujeme dolomity lokality Rakytovce, ktoré sa od predchádzajúcich odlišujú väčšou tvarovou a rozmerovou premenlivosťou blokov v rámci celého vyčleneného celku. Tvar blokov sa nemení a ich veľkosť kolíše od $10 \times 15 \times 15$ cm do $20 \times 20 \times 40$ cm. Sú výrazne tektonicky postihnuté a prípadný rozpad základných blokov na menšie úlomky v kompletnom celku rovnorodosť masívu nenarúša. Vyznačujú sa extrémne vysokým stupňom rozvoľnenosti v celom masíve — 17,35 %, pričom roztvorené pukliny sekundárne rovnomerne vyplňa 10–35 % súdržnej výplne.

Podľa hlavných znakov možno najnižšiu rovnorodosť pripísať masívom slienitých vápencov lokality Urpín a masívom vápencov lokality Mičiná. Blokovitost' obidvoch masívov je veľmi nerovnomerná a dosahuje tieto hodnoty: pri slienitých vápencoch od $5 \times 10 \times 10$ cm do $90 \times 90 \times 100$ cm a pri vápencoch $2 \times 2 \times 2$ cm do $60 \times 35 \times 135$ cm. Aj tvarová premenlivosť je veľká od doskovitých po hranolovité bloky. Hodnota

indexu rozvoľnenosti je veľmi vysoká a dosahuje pri slienitých vápencoch 4,59 ‰, pri vápencoch kolíše od 4,20 do 4,56 ‰. Vyplnenosťou puklín sa tieto masívy od predchádzajúcich podstatne odlišujú, zastúpenie súdržnej výplne je 35–65 ‰ na oboch lokalitách. Treba poukázať na značnú nerovnomernosť v rozvoľnosti a vyplnenosti, ktoré sa pomerne často z miesta na miesto menia.

Blokovitost možno v masíve hodnotiť najmä podľa tvaru a rozmerov blokov. Premennivosť v tvare a rozmeroch blokov aj v rámci toho istého kvázirvnorodého celku závisí od variabilnosti jednotlivých dimenzií (normálových intervalov) individualizovaných blokov horniny. Rozmerovú variabilnosť blokov možno približne určiť zo vzájomného vzťahu priemernej, maximálnej a minimálnej hodnoty rozmeru bloku.

Veľká premenlivosť rozmerov blokov, resp. nepravidelnosť výskytu blokov s extrémnymi rozmermi v masíve, je nepriaznivým javom a často môže skomplikovať vyčleňovanie kvázirvnorodých celkov v masíve.

Je úlohou ďalšieho výskumu overiť, či je správne pokladať za reprezentatívne bloky, ktorých rozmery sme zistili z priemerných, resp. extrémnych intervalov diskontinuity. Ako vhodnejšie sa ukazuje vyjadrovať ich z rozmerov (intervalov) najväčšej početnosti. Pri určovaní rozmerov reprezentatívnych blokov je najvhodnejšie vychádzať z histogramu najčastejšie sa vyskytujúcich normálových vzdialeností diskontinuit v jednotlivých systémoch. Podľa toho možno zostaviť takéto približné poradie masívov: granodiorit, andezit, dolomit, slienitý vápenec a vápenec. Variabilnosť vzájomného vzťahu jednotlivých rozmerov podmieňuje izometrickú tvarovosť blokov. Podľa tvarovej stálosti blokov možno urobiť nasledujúce poradie masívov: andezit, granodiorit, dolomit, vápenec a slienitý vápenec. Podľa

rozmerovej stálosti možno masívy zoradiť takto: granodiorit, andezit, slienitý vápenec, vápenec a dolomit.

Tvarová premenlivosť sa môže v praxi prejavovať ako nepriaznivý faktor. Zaradením masívu do príslušného modelového typu blokovitosti nemožno ešte vylúčiť výskyt iných geometrických tvarov, t. j. blokov, ktoré tomuto zaradeniu nezodpovedajú. Tvar blokov je niekedy v rozpore so základným modelovým typom blokovitosti (určeným na základe počtu a priebehu dominantných systémov diskontinuit), pretože ho ovplyvňuje aj výskyt a priebeh podružných plôch deliteľnosti ako napr. pri masívoch granodioritov alebo dolomitov. V prípade masívov vápencov, andezitov a slienitých vápencov je tvar prakticky stály a zodpovedá určenému modelovému typu blokovitosti.

Vhodnosť hornín budujúcich masívy možno na základe fyzikálno-mechanických vlastností hornín zistených laboratórnymi skúškami, ako aj na základe pozorovania in situ vyjadriť takýmto poradím: andezit, granodiorit, vápenec, slienitý vápenec a dolomit.

Podľa *ťažiteľnosti* (ČSN 733050) je poradie hornín v masívoch nasledujúce: andezit a granodiorit (7. trieda), vápenec a slienitý vápenec (6. trieda) a napokon dolomity, ktoré patria do 4. až 5. triedy ťažiteľnosti.

Získané údaje poskytujú informáciu aj o využiteľnosti hornín ako materiálnej bázy projektovanej výstavby mestskej aglomerácie Banská Bystrica—Zvolen. Ako stavebný materiál na výrobu obrubníkov, lomového kameňa a dreveného kameniva možno využiť najmä andezity z Badína a granodiorit z Lieskovca. Dolomity a vápence sú vhodné ako prírodné alebo drvené kamenivo namiesto piesku a štrku, ako aj na niektoré iné účely.

Recenzoval M. Slivovský

LITERATÚRA

- Berta, K. 1978: Typizácia skalných horninových masívov vo Zvolenskej kotline a priľahlom území. [Diplomová práca.] *Archiv — Katedra inž. geol. PFUK Bratislava*. 69 s.
- Maheľ, M. et al. 1967: Regionální geologie ČSSR. Díl 2. Sv. 1. Praha, ČSAV, 496 s.
- Matula, M. 1961: Regionálna inžiniersko-geologická charakteristika Zvolenskej kotliny. [Výskumná správa.] *Archiv — Katedra inž. geol. PFUK Bratislava*. 86 s.
- Matula, M. — Holzer, R. 1976: Návrh metodiky inžiniersko-geologickej typizácie horninových masívov. *Acta geol. Univ. Comen.* 29, s. 29—57.
- Ondrášik, E. et al. 1978: Metódy hodnotenia fyzického stavu horninových masívov. [Etapová správa za roky 1976—1977.] *Archiv — Katedra inž. geol. PFUK Bratislava*. 43 s.
- Rac, M. V. — Černyšev, S. N. 1970: Treščinovanost i svojstva treščinovatých gorných porod. Moskva, Nedra. 160 s.
- Slivovský, M. 1979: Kvantitatívne hodnotenie diskontinuity horninových masívov. [Kandidátska dizertačná práca.] *Archiv — VSD Žilina*, s. 96—121.
- Vysvetlivky ku geologickej mape ČSSR 1 : 200 000, 1962: List Banská Bystrica a list Zvolen. Bratislava, Geofond. 132 s.

Classification of solid rock masses in the Zvolen basin

RUDOLF HOLZER — KAROL BERTA

The present contribution describes practical use of methods applicable to the typological classification of solid rock masses occurring under natural conditions for engineering-geological purposes. The Zvolen basin and the adjoining area represent a suitable environment for the verification of general and current application of the proposed method owing to the varied nature of the engineering-geological conditions. In the applied procedure, some progressive technique was used, e. g. the measurement of discontinuity parameters realized along a measuring line and the use of computerized processing of data. In determining the nature of block segmentation within solid rock masses, the data were completed by histograms and probability curves evaluating this parameter.

Data on solid rock masses within the whole basin were processed according to a unified method assuming the selected localities (M. Matula — R. Holzer 1976). The characterization and the semiquantitative evaluation of basic properties (nature and physical state of the rock material, block segmentation, loosening and joint infilling) used for classification purposes yielded a base according to which quasi-homogenous units covering single rock masses and the practical efficiency of the respective rock material etc. have been determined. Final results from single outcrops are then plotted into respective passportization sheets and completed by a concise photographic documentation. Besides fundamental data of ge-

neral importance, these passports contain also values characterizing the rock properties and discontinuities within the rock mass together with further attributes of the rock mass in question expressed by a simplified record code. The data related to properties of the rock mass material, to the characteristics of single discontinuity plane systems and to the resulting code of the rock mass are so recorded in a concise form.

In the area investigated, the method allows to determine and describe the following rock masses as typical representatives of solid rocks:

- 1) the rock mass of andesite developed in a single homogeneous unit at the Badín locality with code number *a4341*,
- 2) the rock mass of granodiorite present in a single homogeneous unit at the Lieskovec locality with code number *g3+232*,
- 3) the rock mass of limestone with four homogeneous units at the Mičina locality with code numbers *v3+433*, *v3+533*, *v3+233* and *v3+553*,
- 4) the rock mass of Carpathian Keuper dolomite within a single homogeneous unit at the Rakytovce locality with code number *d1452*,
- 5) the rock mass of marly limestone (Neocomian) composing a single homogeneous unit at the Urpin hill in Banská Bystrica with code number *v1333*, and
- 6) the rock mass of dolomite (Middle Triassic) in a single homogeneous unit at the Rakytovce locality with code number *d0552*.