4/37/2005
ISSN 0369 - 2086

# Mineralia Slovaca

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava

**Mineralia Slovaca**

Časopis pre regionálnu a environmentálnu geológiu
a aktivity Slovenskej geologickej spoločnosti a geologických asociácií

Vedúci redaktor – Chief editor
**PAVOL GRECULA**
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra
Regionálne centrum Košice
Jesenského 8, 040 01 Košice, Slovakia

REDAKČNÁ RADA – EDITORIAL BOARD

Predseda – Chairman
**MICHAL KALIČIAK**
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava

**Vladimír Bezák**, Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava
**Miroslav Bielik**, Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava
**Jozef Franzen**, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava
**Jozef Daniel**, Uranpres, s. r. o., Spišská Nová Ves
**Peter Hanas**, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava
**Dušan Hovorka**, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
**Pavel Hvožďara**, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
**Juraj Janočko,** Fakulta BERG, TU Košice
**Vlastimil Konečný**, Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava
**Ivan Kraus**, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
**Jozef Lanc**, Geocomplex, a. s., Bratislava
**František Marko,** Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
**Jozef Michalík**, Geologický ústav SAV, Bratislava
**Ľubomír Petro**, Štátny geologický ústav D. Štúra, Košice
**Miroslav Pereszlényi**, SPP-OZ VVNP, š. p., Bratislava
**Martin Radvanec**, Štátny geologický ústav D. Štúra, Sp. N. Ves
**Peter Reichwalder**, Slovenská geologická spoločnosť, Bratislava
**Igor Rojkovič**, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
**Ján Soták,** Geologický ústav SAV, Banská Bystrica
**Dionýz Vass**, Lesnícka fakulta, Technická univerzita, Zvolen
**Ivan Vrubel**, Geospektrum, s. r. o., Bratislava
**Ján Zuberec**, Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava

REDAKCIA – EDITORIAL STAFF

**Vedúca redakcie – Managing editor**
Gabriela Šipošová
**Jazykoví redaktori – Lingual editors**
Pavol Kušnír – Zoltán Németh
**Technická redaktorka – Production editor**
Alena Wolfová
**Redaktorka – Editorial assistent**
Mária Dryjová

Mineralia Slovaca (ISSN 0369-2086) vychádza štyrikrát ročne. Vydavateľ: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Spracované systémom DTP Apple Macintosh. Tlač: ALFAPRINT, Vladimír Čižmárik, Thurzova 16, 036 01 Martin
Predplatné v roku 2005 pre jednotlivcov 200,- Sk, pre členov Slovenskej geologickej spoločnosti 160,- Sk, pre organizácie 250,- Sk. Cena jednotlivého čísla je 50,- Sk, cena dvojčísla je 100,- Sk. Časopis možno objednať v redakcii a v knižnici regionálneho centra v Košiciach.
Adresa redakcie: Štátny geologický ústav D. Štúra – RC Košice (Mineralia Slovaca), Jesenského 8, 040 01 Košice. Telefón: 055/625 00 46, fax: 055/625 00 44, E-mail: mineralia@gssr-ke.sk. E-mail knižnica: velgos@gssr-ke.sk

Mineralia Slovaca (ISSN 0369-2086) is published quarterly by the Geological Survey of Slovak Republic, Bratislava. Text was written, edited and composed on a DTP system using Apple Macintosh computers.
Subscription for 2005 calendar year: 92 USD including postage. Claims for nonreceipt of any issue will be filled gratis. Order send to Štátny geologický ústav D. Štúra – RC Košice (Mineralia Slovaca), Jesenského 8, 040 01 Košice, Slovakia or SLOVART - G.T.C., Krupinská 4, P. O. Box 152, 852 99 Bratislava. Phone: ++421/55/625 00 46, fax: ++421/55/625 00 44, e-mail: mineralia@ gssr-ke.sk, e-mail to library: velgos@gssr-ke.sk.

© Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava

# MINERALIA SLOVACA
## Ročník 37 — 2005
## OBSAH


*Adamcová, R. & Haasová, Z.:* Vybrané fyzikálne vlastnosti bentonitu pre úložisko rádioaktívneho odpadu . . . . . 387
*Adámek, J.:* Geologický vývoj, litostratigrafia a roponosný potenciál jurských sedimentov v podloží flyšového pásma a karpatskej predhlbne . . . . . 470
*Andráš, P., Stankovič, J., Adam, M., Kušnierová, M. & Chovan, M.:* Biodegradácia rudných minerálov ložiska Pezinok . . . . . 471
*Bačo, P., Repčiak, M., Ďuďa, R. & Kotuľák, P.:* Epitermálna mineralizácia vo východoslovenských neovulkanitoch . . . . . 471
*Bačo, P. & Repčiak, M.:* Nerudné nerastné suroviny východoslovenských neovulkanitov . . . . . 472
*Bachňák, M.:* Staré ekologické zátaže Slovenského krasu . . . . . 432
*Baláž, B. & Žec, B.:* Geologické dedičstvo a geoturizmus v Slovenskej republike . . . . . 441
*Balogh, K., Itaya, T., Németh, K., Martin, U., Wijbrans, J. & Thanh, N. X.:* Štúdium kontroverzných K/Ar a $^{40}Ar/^{39}Ar$ vekov z pliocénnych alkalických bazaltov od Hegyestű, Balatonská hornatina, Maďarsko: Etapová správa . . . . . 298
*Beláček, B., Slámová, M. & Jančura, P.:* Význam geológie v problematike typológie krajiny Slovenska . . . . . 463
*Bezák, V., Broska, I., Ivanička, J., Reichwalder, P., Vozár, J., Polák, M., Havrila, M., Mello, J., Biely, A., Plašienka, D., Potfaj, M., Konečný, V., Lexa, J., Kaličiak, M., Žec, B., Vass, D., Elečko, M., Janočko, J., Pereszlényi, M., Marko, F., Maglay, J. & Pristaš, J.:* Tektonická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000 . . . . . 467
*Bezák, V.:* Základné geologické mapovanie a nová edícia prehľadných geologických máp Slovenska v mierke 1 : 200 000 . . . . . 468
*Bezák, V., Hraško, Ľ. & Broska, I.:* Vzťah granitoidných intrúzií k tektonike (Slovenské rudohorie-západná časť) . . . . . 473
*Bizubová, M. & Turanová, L.:* Geologické exkurzie – súčasnosť a budúcnosť . . . . . 452
*Bím, M., Fendek, M. & Remšík, A.:* Zameranie výskumu a prieskumu zdrojov geotermálnej energie na Slovensku . . . . . 100
*Bóna, J., Kováčik, M. & Kobulský, J.:* Výskyt obrnených závalkov v recentnom fluviálnom prostredí pri Mrázovciach (východné Slovensko) . . . . . 335
*Bónová, K.:* Mineralógia, petrológia a P-T podmienky kryštalizácie andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž formácie Lysá stráž – Oblík, východné Slovensko . . . . . 503
*Bónová, K., Jacko, S., Broska, I. & Siman, P.:* Príspevok ku geochémii a geochronológii leukogranitov Braniska . . . . . 349
*Briestenský, M.:* Monitoring tektonických pohybov v dobrovodskej zlomovej zóne . . . . . 490
*Broska, I. & Hrdlička, M.:* Distribúcia allanitu a monazitu v granitoidoch suity typu I a S . . . . . 351
*Bubík, M., Švábenická, L. & Stránik, Z.:* Pestré vrstvy of Blatničky v bielokarpatskej jednotke: Výsledky z prieskumných rýh . . . . . 282
*Buček, S., Janočko, J. & Jacko, S. ml.:* Biostratigrafia podtatranskej skupiny paleogénu severovýchodne od Humenských vrchov . . . 315
*Burčová, M.:* Antropogénne ovplyvnenie kvality podzemnej vody kvartérnych kolektorov v juhovýchodnej časti Košickej kotliny . . . . . 430
*Cieszkowski, M., Golonka, J., Leśniak, T. & Waśkowska-Oliwa, A.:* Paleocénne machovkovo-riasové alodapické vápence – gzerwinské glaukonitické pieskovce – ich geologická pozícia vo flyši podsliezskej jednotky Vonkajších Karpát v Poľsku . . . . . 263
*Čurlík, J.:* Geogénne a antropogénne zdroje kontaminácie pôdy na Slovensku a ich potenciálny negatívny vplyv na životné prostredie . . . . . 435
*Daniel, J.:* Hydrogeotermálne pomery Popradskej kotliny . . . . . 137
*Demko, R. & Olšavský, M.:* Subofitické klinopyroxény bázických subvulkanických telies vo vrchnokarbónskych sedimentoch Západných Karpát . . . . . 477
*Derco, J. & Tuček, L.:* Mastenec a mastencové horniny – možnosti komplexného využívania . . . . . 399
*Ďuďa, R.:* Vývoj mineralógie Slovenska . . . . . 346
*Elečko, M., Vass, D., Konečný, V., Gaálová, K. & Gaál, Ľ.:* Geologicko-náučná mapa Cerovej vrchoviny v mierke 1 : 50 000 . . . . . 456
*Farkašovský, R.:* Mikrostavba mylonitov rolovskej strižnej zóny (veporikum Čiernej hory) . . . . . 227
*Fecková, B.:* Možnosti likvidácie geotermálnych vôd Popradskej kotliny . . . . . 144
*Fendek, M., Remšík, A. & Fendeková, M.:* Metodika vyhľadávania, hodnotenia a bilancovania množstva geotermálnej vody a geotermálnej energie . . . . . 117
*Fendek, M. & Remšík, A.:* Hodnotenie množstva geotermálnej vody a geotermálnej energie Liptovskej kotliny . . . . . 131
*Fendek, M., Brichta, R. & Fendeková, M.:* Využiteľné množstvo geotermálnej vody z vrtu OZ-2 Oravice . . . . . 141
*Ferenc, Š. & Maťo, Ľ.:* Tetraedrit so zvýšeným obsahom Pb z ložiska Cinobaňa – Jarčanisko, Slovenské rudohorie . . . . . 478
*Fordinál, K., Zlinská, A. & Nagy, A.:* Vývoj karpatských sedimentov v severnej časti dunajskej panvy . . . . . 479
*Fulín, M. & Holec, P.:* Poznámky k fosílnym spoločenstvám v bradle pri Beňatine . . . . . 321
*Gajdoš, V. & Wagner, P.:* Spôsob spracúvania údajov z meraní presnej inklinometrie pri monitoringu svahových pohybov . . . . . 563
*Gazdačko, Ľ.:* Litologická náplň a vzťah bôrčanského príkrovu v okolí Markušky a Kobeliarova k ultrabázikám . . . . . 214
*Gazdačko, Ľ. & Kobulský, J.:* Vzťah vrstvovitosti, puklín a strižných pásov v južnej časti magurského príkrovu (oblasť Novej Kelče a Košaroviec) . . . . . 301
*Gemzický, M. & Krajčiová, M.:* Využívanie geotermálnej vody v Aquaparku Tatralandia . . . . . 149
*Giorgadze, N. & Bujalka, F.:* Využívanie geotermálnej vody v Thermal parku Bešeňová . . . . . 147
*Gméling, K. & Pécskay, Z.:* Obsah bóru vo vzorkách miocénnych vápenato-alkalických vulkanitov z regiónu Tiszy (Maďarsko) . . . . . 363
*Grecula, P.:* Spomienka na osobnosti slovenskej geológie pochádzajúce z východného Slovenska a na tých, ktorí sa vedno s nimi zaslúžili o jeho rozvoj . . . . . 165
*Grecula, P. & Radvanec, M.:* Geotektonický model vývoja gemerika . . . . . 193
*Grecula, P. & Kobulský, J.:* Litostratigrafia staršieho paleozoika gemerika: volovská skupina . . . . . 205
*Grecula, P. & Radvanec, M.:* Vek sideritovo-sulfidickej mineralizácie gemerika: variský alebo alpínsky? . . . . . 343
*Halásová, E. & Reháková, D.:* Asociácie vápnitého mikroplanktónu vo vrchnojurskom a spodnokriedovom paleoprostredí Západných Karpát: Nástroj biostratigrafie, paleoekológie a paleooceánografie . . . . . 260
*Hoeck, V. & Ionescu, C.:* Mezozoické ofiolity vo Východných Karpatoch (Rumunsko) . . . . . 475
*Holec, P.: Deinotherium giganteum* Kaup (Proboscidea, Mammalia) z panónskych sedimentov hliniska tehelne v Pezinku . . . . . 551
*Holec, P., Krempaská, Z. & Pomorský, F.:* Zub žraloka druhu *Xiphodolamia eocaena* (Woodward, 1889) v lome Ďurkovec pri Spišských Tomášovciach (Slovensko) . . . . . 83
*Holec, P., Sýkora, M. & Fulín, M.: Sphenodus*? sp. (Chondrichthyes, Vertebrata) z mezozoika niektorých lokalít na Slovensku . . . . . 555
*Holec, P. & Krempaská, Z.:* Nález zuba žraloka *Carcharoides catticus* (Philippi, 1846) (Chondrichthyes, Vertebrata) na Slovensku z lokality Hlinisko v Spišskej Novej Vsi (paleogén) . . . . . 559
*Hovorka, D.:* Atolové granáty . . . . . 87

*Hovorka, D.:* Dva typy „dioritov" v granitoidoch Západných Karpát ... 495
*Hovorka, D. & Spišiak, J.:* Rodingity – zriedkavé horniny. Ako vznikli? ... 579
*Hraško, Ľ.:* Geologická, veková a litologická charakteristika spodnokarbónskych granitoidov kohútskej zóny veporika ... 217
*Hrašna, M. & Holzer, R.:* Svahové deformácie v regióne Vranov nad Topľou – Humenné – Strážske ... 55
*Hrdlička, M., Broska, I., Siman, P. & Košler, J.:* Nové geochronologické údaje granitov kryštalinika Malej Fatry ... 243
*Hroncová, Z. & Vavrová, J.:* Význam analýzy minerálneho zloženia vybraných nerudných surovín pre ich využívanie ... 375
*Hrušecký, I. & Fejdi, V.:* Využívanie reflexnej seizmiky pri odhaľovaní a definovaní hydrogeotermálnych štruktúr ... 111
*Iglárová, Ľ., Wagner, P. & Bartoš, P.:* Metódy monitoringu stabilitného stavu skalného zárezu na príklade lokality Demjata ... 413
*Ionescu, C. & Hoeck, V.:* Ložiská brucitu v pohorí Apuseni (Rumunsko) ... 358
*Ivan, P.:* Geodynamický vývoj Západných Karpát v paleozoiku – pokus o rekonštrukciu z magmatického záznamu ... 185
*Jacko, S.:* Veporikum Braniska a Čiernej hory v kontexte stavby Západných Karpát ... 199
*Jacko, S. ml., Sasvári, T. & Kondela, J.:* Násunové štruktúry silicika v gombaseckom lome ... 246
*Jelínek, R.:* Deterministický prístup pri hodnotení hazardu ľubietovského zosuvu ... 65
*Juhanová, S.:* Aplikácia modelu 3E (environment – ekonomika – etika) pri ťažbe uhoľného plynu, splyňovaní uhlia a využívaní získaného plynu ... 406
*Kaličiak, M. & Franzen, J.:* Geológia na Slovensku, súčasný stav a perspektívy ... 171
*Kernátsová, J. & Vaněková, H.:* Fosílne ekosystémy posledného glaciálu Trnavskej pahorkatiny ... 333
*Kobulský, J.:* Nový návrh litostratigrafického členenia vrchného karbónu v Zemplínskych vrchoch ... 222
*Koděra, P., Huraiová, M., Prochaska, W. & Hurai, V.:* Alternatívne modely vzniku magnezitu v Západných Karpatoch na základe štúdia fluidných inklúzií a stabilných izotopov ... 476
*Kohút, M.:* Geologický vývoj kryštalického komplexu Patrie v Branisku ... 220
*Konečný, V., Lexa, J., Smolka, J., Hurtík, Š., Šinsky, M. & Tončík, M.:* Banskoštiavnický geopark ... 444
*Konečný, P.:* Datovanie monazitu pomocou EMPA ... 479
*Košuth, M.:* Charakteristika biotitických xenolitov z Brestova, Slanské vrchy ... 367
*Kovacs, M. & Fülöp, A.:* Petrologické a vulkanologické dáta z extruzívnych dómov Piatra Rosie a Danesti v pohorí Gutai (Východné Karpaty, Rumunsko) ... 285
*Kovalenker, V. A., Naumov, V. B., Prokofjev, V. J. & Jeleň, S.:* Zloženie magmatických tavenín a evolúcia mineralizujúcich fluíd Au-Ag-Pb-Zn-Cu ložiska Banská Štiavnica – údaje zo štúdia inklúzií v mineráloch ... 338
*Kovaničová, Ľ. & Čechovská, K.:* Sklárske piesky Slovenska ... 378
*Kovaničová, Ľ.:* Horniny s obsahom turmalínu a ich environmentálne využívanie ... 393
*Kováčik, M.:* Príspevok k tektonickej rekonštrukcii západokarpatských magmaticko-sedimentárnych formácií v predvrchnokarbónskom období ... 189
*Kováčik, M. & Bóna, J.:* Sedimentologický charakter spodnej časti paleogénu račianskej jednotky magurského príkrovu pri Mrázovciach (vonkajšie flyšové pásmo, východné Slovensko) ... 310
*Kováčik, M.:* Litostratigrafický vývoj vo východnej časti gelnickej skupiny gemerika ... 481
*Kráľ, J., Hók, J. & Čech, P.:* Geochronológia granitoidných hornín Tribeča ... 482
*Krejčí, O.:* Posudzovanie rizík svahovej nestability vo flyši Západných Karpát (Česká republika) v porovnaní so štandardmi Európskej komisie ... 409
*Kučera, M.:* Analýza tektonických štruktúr jaskýň v masíve Úplazu vo Vysokých Tatrách a ich vplyv na vývoj jaskynných priestorov ... 230
*Kucharič, Ľ., Hraško, Ľ. & Kubeš, P.:* Niektoré poznatky geofyzikálneho výskumu Slovenského rudohoria-západ ... 241
*Lintnerová, O. & Majerčík, R.:* Neutralizačný potenciál sulfidického odkaliska Lintich pri Banskej Štiavnici – metodika a predbežné hodnotenie ... 517
*Lipovská, M.:* Legislatívne aspekty vyhľadávania a využívania zdrojov geotermálnej vody na Slovensku ... 95
*Madarás, J. & Kováčik, M.:* Rekognoskácia geologickej stavby na vybraných profiloch v kryštaliniku Západných Tatier ... 234
*Maďar, D., Grand, T., Džuppa, P., Šefara, J., Remšík, A., Komoň, J., Pašteka, R., Bielik, M. & Weis, K.:* Využívanie ľahkých geofyzikálnych metód pri vyhľadávaní zdrojov geotermálnej vody ... 103
*Malý, K. D. & Cajz, V.:* Kvarcity pod pyroklastickými uloženinami – mineralogické aspekty ... 370
*Marcin, D. & Zakovič, M.:* Hydrogeologická štruktúra minerálnej vody Ľubovnianskych kúpeľov ... 420
*Mariaš, M.:* Prehľad energetických smerníc Európskej komisie zameraných na geotermálnu energiu ... 93
*Mihaliková, J., Oslanec, J., Janočko, J. & Jacko, S. ml.:* Procesy a produkty recentnej sedimentácie na vysokohorských svahoch Tatier – príkladová štúdia z Bielovodskej doliny ... 324
*Michalík, J., Petrík, I., Soták, J. & Plašienka, D.:* Minulosť Zeme – kľúč k budúcnosti ľudstva? ... 175
*Molnár, F.:* Genetický model nízkosulfidačného typu epitermálneho systému v pohorí Tokaj, severovýchodné Maďarsko ... 340
*Molnár, F., Zelenka, T., Pécskay, Z., Bajnócsy, B. & Gatter, I.:* Metalogenéza paleogénnych a neogénnych vulkanických zón v Maďarsku ... 469
*Müller, P., Hanák, J., Boháček, Z., Toul, J., Müllerová, H. & Kovářová, M.:* Prieskum kontaminácie sedimentov vodných nádrží a rybníkov v Českej republike ... 427
*Nagy, A., Baráth, I. & Fordinál, K.:* Sedimentologická a stratigrafická charakteristika sarmatských proximálnych fácií na východnom okraji dunajskej panvy ... 330
*Németh, Z.:* Geodynamická evolúcia gemerika a susediaceho veporika na pozadí dvojštadiálnej divergencie a konvergencie ... 202
*Németh, Z., Radvanec, M., Prochaska, W., Koděra, P., Kováčik, M., Madarás, J. & Hraško, Ľ.:* Ekonomické výskyty magnezitovej a mastencovej mineralizácie na Slovensku – výsledok priaznivej interakcie protolitu a geodynamickej evolúcie ... 249
*Nitoi, E. & Papp, D. C.:* Termická metamorfóza, tavenie a chemická interakcia medzi enklávami a hostiteľskou magmou v subvulkanickej zóne (Východné Karpaty, Rumunsko): Prehľad ... 480
*Nováková, D. & Guevara, R. J. M.:* Hydrogeologická štúdia severnej časti departamentu La Libertad, San Salvador a Cuscatlán (Salvádor) ... 416
*Novotný, L. & Tulis, J.:* Nové geologické objekty v Slovenskom raji ... 91
*Olekšák, S. & Jetel, J.:* Aplikácia nepriamej hydrometrickej metódy odhadu prietočnosti v neovulkanitoch východného Slovenska ... 423
*Olšavský, M.:* Charakter permsko-triasového rozhrania v hroniku na lokalite Šalková (Bystrické podolie) ... 482
*Oszczypko, N.:* Vrchnojurská až spodnomiocénna tektonicko-sedimentárna evolúcia v Magurskom bazéne (Západné Karpaty) ... 257
*Oszczypko-Clowes, M.:* Vápnité nanofosílie z najmladších uložení v tektonickom okne magurského príkrovu (Vonkajšie Západné Karpaty, Poľsko) ... 307
*Papp, D. C. & Nitoi, E.:* Geodiverzita vo Východných Karpatoch: Využitie geologických lokalít pri vzdelávaní a trvale udržateľnom regionálnom rozvoji ... 493

*Paško, V., Abonyi, P., Fronko, M. & Porubčan, J.*: Využívanie geotermálnej vody v Liptovskej Kokave ..... 157
*Pauditš, P., Vlčko, J. & Jurko, J.*: Využívanie štatistických metód pri hodnotení náchylnosti územia na zosúvanie ..... 529
*Pécskay, Z., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J. & Žec, B.*: Datovanie vulkanickej aktivity v horskej reťazi Vihorlatských vrchov, Východné Slovensko ..... 483
*Pécskay, Z., Molnár, F., Zelenka, T. & Itaya, T.*: K-Ar veky vzniku ilitového ložiska na vrchu Korom, Tokajské pohorie, Maďarsko ..... 484
*Pipík, R.*: Vrchnomiocénne sladkovodné lastúrničky (Ostracoda) okrajových sedimentov turčianskeho súvrstvia ..... 27
*Pivko, D.*: Netradičné geologické exkurzie v centrách miest ..... 454
*Pícha, F. J., Stránik, Z. & Krejčí, O.*: Vývoj karpatského flyšového pásma na Morave a Západnom Slovensku ..... 469
*Plašienka, D.*: Tektonický vývoj Západných Karpát počas mezozoika ..... 179
*Polák, M., Bezák, V., Filo, I., Havrila, M., Kohút, M., Kováč, P., Vozár, J., Mello, J., Maglay, J., Elečko, M., Olšavský, M., Pristaš, J., Siman, P., Buček, S., Hók, J., Rakús, M., Lexa, J. & Šimon, L.*: Geologická mapa Starohorských vrchov, Čierťaže a severnej časti Zvolenskej kotliny v mierke 1 : 50 000 ..... 473
*Polc, R.*: Prejavy atmosférickej kontaminácie pôdy v Levočských vrchoch, Branisku a Čiernej hore ..... 438
*Pramuka, S.*: Geochémia riečnych sedimentov povodia Popradu ..... 425
*Prekopová, M. & Janočko, J.*: Depozičný systém v Markušovciach – kuželová delta s dominanciou záplav ..... 327
*Radvanec, M.*: Prehnit-pyroxenit na lokalite Danková ..... 353
*Rajchel, J.*: Horniny Karpát v architektúre Krakova ..... 493
*Rajchel, L. & Rajchel, J.*: Poznámky k vápnitým vodám a vodám s obsahom $CO_2$ v poľských Karpatoch ..... 489
*Rajchel, L., Rajchel, J., Ratajczak, T., & Rzepa, G.*: Mineralogický výskum uložením vápnitých vôd z územia poľských Karpát ..... 488
*Rakús, M. & Hók, J.*: Manínska a klapská jednotka – litostratigrafická náplň, tektonické zaradenie, paleogeografická pozícia a vzťah k váhiku ..... 9
*Rapant, S.*: Návrh environmentálnogeochemickej regionalizácie Slovenskej republiky ..... 1
*Remšík, A., Fendek, M. & Maďar, D.*: Výskyt a rozšírenie geotermálnych vôd v Liptovskej kotline ..... 123
*Salata, D.*: Zloženie granátov z vrchnokriedovo-paleocénnych uložení magurského príkrovu (flyšová zóna Karpát v Poľsku) ..... 486
*Salata, D.*: Ťažké minerály vo vrchnokriedovo-paleocénnych uloženinách magurského príkrovu ..... 486
*Sitášová, E.*: Banské haldy v Slanských vrchoch a v Merníku – geochemické vlastnosti a ich vplyv na vegetáciu ..... 372
*Skawińska, J.*: Vývoj jurského bazéna miechowského trógu na báze analýzy subsidencie a jej vplyvu na paleohydrodynamické podmienky ..... 487
*Ślączka, A.*: Bukovecký chrbát: Kordiliéra vo frontálnej časti Dukelského bazénu (Vonkajšie Karpaty) ..... 255
*Slavkovský, J.*: Postavenie vedy v tvorivej ľudskej činnosti a rozvoj geologického bádania ..... 465
*Soták, J., Biroň, A., Dunkl, I., Lebedev, V., Magyar, J. & Prokešová, R.*: Syntéza poznatkov o iňačovskej jednotke – litostratigrafické, metamorfné, geochronologické a štruktúrno-tektonické dáta ..... 209
*Spišák, Z. & Varga, M.*: Havarijný zosuv v Plavnici a návrh jeho sanácie (abstrakt) ..... 490
*Spišák, Z. & Varga, M. ml.*: Havarijný zosuv v Plavnici a návrh na jeho sanáciu ..... 569
*Spišiak, J. & Hovorka, D.*: Metabazity a metasedimenty z okolia ultrabázického telesa medzi Brezničkou a Kalinovom ..... 47
*Stankovič, J., Gastaldi, D. & Rinaudo, C.*: Ramanova spektroskopia minerálov skupiny serpentínu metaultramafických hornín Západných Karpát ..... 361
*Stankovič, J., Gastaldi, D. & Rinaudo, C.*: Chryzotil z metaultramafického telesa pri Sedliciach (Západné Karpaty) a jeho identifikácia Ramanovou spektroskopiou ..... 513
*Starek, D.*: Sedimentologická analýza vývoja paleogénnych jednotiek centrálnych Západných Karpát ..... 41
*Šimon, L. & Maglay, J.*: Datovanie sedimentov podložia lávového prúdu vulkánu Putikov vrch metódou opticky stimulovanej luminiscencie ..... 279
*Takács, J. & Grell, Š.*: Využívanie geotermálnej vody na vykurovanie v Galante ..... 152
*Teťák, F.*: Sedimentácia glaukonitových a kýčerských pieskovcov zlínskeho súvrstvia v západnej časti magurského bazéna (Javorníky, Kysuce) ..... 304
*Tóth, Cs., Holec, P., Kernátsová, J. & Samuel, M.*: Mamuty *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) zo Salky (južné Slovensko) ..... 539
*Tuček, L.*: Nerastné suroviny efektívnejšie a ekologickejšie ..... 491
*Tuček, L. & Derco, J.*: Mineralogickotechnologické vlastnosti bentonitu zo slovenských ložísk a možnosti jeho využívania ..... 384
*Tuček, L. & Derco, J.*: Nové možnosti využívania slovenského magnezitu ..... 396
*Tuček, L., Stercz, M. & Németh, Z.*: Kontrola správnosti analytických stanovení zložiek v produktoch pri laboratórnej úprave nerastných surovín ..... 492
*Túnyi, I., Márton, E., Žec, B. & Vass, D.*: Paleomagnetizmus neovulkanitov Vihorlatských vrchov ..... 268
*Túnyi, I., Žec, B., Márton, E. & Vass, D.*: Nové paleomagnetické merania v južnej časti Slanských vrchov ..... 288
*Uher, P.*: Granitové pegmatity Západných Karpát vo svetle nových poznatkov ..... 238
*Vaněček, M. & Benčat, M.*: Využívání tepelných čerpadel na Slovensku ..... 161
*Varga, G., Džuppa, P., Fendek, M. & Grand, T.*: Využívanie magnetotelurických meraní pri vyhľadávaní zdrojov geotermálnej vody na Slovensku ..... 107
*Vass, D. & Bublinec, E.*: Stopové a toxické prvky v alginite z ložiska Pinciná (pri Lučenci) ..... 75
*Vass, D., Elečko, M., Janočko, J., Karoli, S., Pereszlényi, M., Túnyi, I., Zlinská, A. & Halásová, E.*: Východoslovenská panva vo svetle nových poznatkov ..... 252
*Vavrová, J. & Janega, A.*: Výskum efektívnej pórovitosti a jej vplyvu na technologické vlastnosti vulkanických hornín ..... 402
*Wójcik-Tabol, P.*: Anorganická geochémia a asociácie foraminifer: Indikácia paleo-redox potenciálu. Príklad z anoxickej udalosti z cenomansko-turónskeho rozhrania v pieninskom bradlovom pásme (Karpaty, Poľsko) ..... 485
*Zlinská, A.*: Nové výsledky štúdia zbudzského súvrstvia vo vrte P-3 (Zbudza) na základe foraminifer (východoslovenská panva) ..... 488
*Zuberec, J.*: Akumulácia ušľachtilých nerastov v klastogénnych sedimentoch kvartéru a neogénu niektorých oblastí Západných Karpát ..... 390
*Zuchiewicz, W.*: Neotektonické štúdiá v poľských Karpatoch ..... 266
*Žec, B., Konečný, P. & Kráľ, J.*: Geologická, vulkanologická a petrologická charakteristika andezitových dajok a nekov pri Ladomirove ..... 272
*Žec, B., Bónová, K., Košuth, M. & Ďuďa, R.*: Nové výsledky zo štúdia andezitových telies formácie Lysá stráž – Oblík ..... 292
*Žec, B., Stercz, M. & Žecová, K.*: Geologické dedičstvo, záujmové lokality a geoturistika vo Vihorlatských vrchoch (Slovensko) ..... 448
*Žec, B., Kaličiaková, E., Žecová, K., Stercz, M., Rovňák, L. & Palko, Ľ.*: Geologicko-náučná mapa Vihorlatských vrchov ..... 459

# MINERALIA SLOVACA
## Volume 37 — 2005
## CONTENT


*Adamcová, R. & Haasová, Z.:* Selected physical parameters of bentonite for the deposit of radioactive waste ..... 387
*Adámek, J.:* Geological development, lithostratigraphy and petroleum potential of the Jurassic sediments in footwal of the Flysch belt and Carpathian Foredeep ..... 470
*Andráš, P., Stankovič, J., Adam, M., Kušnierová, M. & Chovan, M.:* Biodegradation of ore minerals from the Pezinok deposit ..... 471
*Bačo, P., Repčiak, M., Ďuďa, R. & Kotuľák, P.:* Epithermal mineralization in East Slovakian neovolcanites ..... 471
*Bačo, P. & Repčiak, M.:* Nonmetallic raw material of East Slovakian neovolcanites ..... 472
*Bachňák, M.:* Old ecological loads in Slovak Karst ..... 432
*Baláž, B. & Žec, B.:* Geological heritage and geotourism in Slovak Republic ..... 441
*Balogh, K., Itaya, T., Németh, K., Martin, U., Wijbrans, J. & Thanh, N. X.:* Study of controversial K/Ar and $^{40}Ar/^{39}Ar$ ages of the Pliocene alkali basalt of Hegyestű, Balaton Highland, Hungary: A progress report ..... 298
*Beláček, B., Slámová, M. & Jančura, P.:* The significance of geology in the country typology in Slovakia ..... 463
*Bezák, V., Broska, I., Ivanička, J., Reichwalder, P., Vozár, J., Polák, M., Havrila, M., Mello, J., Biely, A., Plašienka, D., Potfaj, M., Konečný, V., Lexa, J., Kaličiak, M., Žec, B., Vass, D., Elečko, M., Janočko, J., Pereszlényi, M., Marko, F., Maglay, J. & Pristaš, J.:* Tectonic map of Slovak Republic 1 : 500 000 ..... 467
*Bezák, V.:* Principal geological mapping and a new edition of general geological maps of Slovakia in the scale 1 : 200 000 ..... 468
*Bezák, V., Hraško, Ľ. & Broska, I.:* Relation of granitoid intrusions to tectonics (Slovak Ore Mts. – western part) ..... 473
*Bizubová, M. & Turanová, L.:* Geological excursions: Recent and future ..... 452
*Bím, M., Fendek, M. & Remšík, A.:* Orientation of research and exploration of geothermal energy resources in Slovakia ..... 100
*Bóna, J., Kováčik, M. & Kobulský, J.:* The occurrence of armored mud balls in the recent fluvial environment near Mrázovce village (Eastern Slovakia) ..... 335
*Bónová, K.:* Mineralogy, petrology and P-T conditions of magma crystallization of the andesite bodies Maliniak and Lysá stráž from Lysá stráž – Oblík formation, Eastern Slovakia ..... 503
*Bónová, K., Jacko, S., Broska, I. & Siman, P.:* Contribution to geochemistry and geochronology of Branisko leucogranites ..... 349
*Briestenský, M.:* Monitoring of tectonic movements in Dobrá Voda fault zone ..... 490
*Broska, I. & Hrdlička, M.:* Distribution of allanite and monazite in granitoid suite of I and S types ..... 351
*Bubík, M., Švábenická, L. & Stráník, Z.:* Variegated beds from Blatnička in the Bílé Karpaty Unit: Results from the test trenches ..... 282
*Buček, S., Janočko, J. & Jacko, S. ml.:* Biostratigraphy of the Subtatran Group of Paleogene north-east of Humenské vrchy hills ..... 315
*Burčová, M.:* Anthropogenic influence on quality of underground water of Quaternary collectors in south-eastern part of the Košice Basin ..... 430
*Cieszkowski, M., Golonka, J., Leśniak, T. & Waśkowska-Oliwa, A.:* Paleocene bryozoan-algal allodapic limestones – Czerwin glauconitic sandstones – their geological position in the flysch of the Subsilesian Unit of Outer Carpathian in Poland ..... 263
*Čurlík, J.:* Geogenic and anthropogenic sources of soil contamination in Slovakia and their potentially negative influence on living environment ..... 435
*Daniel, J.:* Hydrogeothermal conditions in Poprad Basin ..... 137
*Demko, R. & Olšavský, M.:* Subophitic clinopyroxenes of basic subvolcanic bodies in Upper Carboniferous sediments of Western Carpathians ..... 477
*Derco, J. & Tuček, L.:* Talc and talcose rocks: Possibilities of complex use ..... 399
*Ďuďa, R.:* Evolution of Slovakian mineralogy ..... 346
*Elečko, M., Vass, D., Konečný, V., Gaálová, K. & Gaál, L.:* Geological-educational map of the Cerová vrchovina Upland in the scale 1 : 50 000 ..... 456
*Farkašovský, R.:* Fabric of mylonites of the Rolová shear zone (Veporicum of the Čierna hora Mts.) ..... 227
*Fecková, B.:* Options of used geothermal waters disposal in Poprad Basin ..... 144
*Fendek, M., Remšík, A. & Fendeková, M.:* Methods of investigation, evaluation and balancing of the geothermal water and energy amounts ..... 117
*Fendek, M. & Remšík, A.:* Evaluation of the amount of geothermal water and geothermal energy of the Liptov Basin ..... 131
*Fendek, M., Brichta, R. & Fendeková, M.:* Usable amount of geothermal water from the well OZ-2 Oravice ..... 141
*Ferenc, Š. & Maťo, Ľ.:* The Pb-bearing tetrahedrite from the Cinobaňa – Jarčanisko deposit, Slovenské rudohorie Mts., Slovak Republic ..... 478
*Fordinál, K., Zlinská, A. & Nagy, A.:* Development of Karpathian sediments in northern part of Dunaj Basin ..... 479
*Fulín, M. & Holec, P.:* Remarks to fossil assemblages at klippe near Beňatina ..... 321
*Gajdoš, V. & Wagner, P.:* Method of inclinometer data processing at slope movement monitoring ..... 563
*Gazdačko, Ľ.:* Lithological content and relation of the Bôrka nappe to ultrabasics in the surrounding of Markuška and Kobeliarovo villages ..... 214
*Gazdačko, Ľ. & Kobulský, J.:* Relation of bedding, jointing and shear bands in southern part of the Magura nappe (Nová Kelča and Košarovce areas) ..... 301
*Gemzický, M. & Krajčiová, M.:* Utilization of geothermal water in Aquapark Tatralandia ..... 149
*Giorgadze, N. & Bujalka, F.:* Utilization of the geothermal water in Thermal Park Bešeňová ..... 147
*Gméling, K. & Pécskay, Z.:* Boron content of Miocene calc-alkaline volcanic core samples from the Trans-Tisza Region (Hungary) ..... 363
*Grecula, P.:* Remembrance on celebrities of Slovak geology coming from Eastern Slovakia as well as related persons taking important part in development of this region ..... 165
*Grecula, P. & Radvanec, M.:* Geotectonic model of Gemericum ..... 193
*Grecula, P. & Kobulský, J.:* Lithostratigraphy of Lower Paleozoic of Gemericum: Volovec Group ..... 205
*Grecula, P. & Radvanec, M.:* Age of vein siderite-sulphide mineralization in Gemericum: Variscan or Alpine? ..... 343
*Halásová, E. & Reháková, D.:* Associations of calcareous microplankton in Upper Jurassic and Lower Cretaceous paleoenvironments of the Western Carpathians: Tools for biostratigraphy, paleoecology and paleoceanography ..... 260
*Hoeck, V. & Ionescu, C.:* Mesozoic ophiolites in the Eastern Carpathians (Romania) ..... 475
*Holec, P.: Deinotherium giganteum* Kaup (Proboscidea, Mammalia) of Pezinok brickyard pit (Pannonian) ..... 551
*Holec, P., Krempaská, Z. & Pomorský, F.:* Shark tooth of species *Xiphodolamia eocaena* (Woodward, 1889) from Ďurkovec stone quarry near Spišské Tomášovce (Slovakia) ..... 83
*Holec, P., Sýkora, M. & Fulín, M.: Sphenodus*? sp. (Chondrichthyes, Vertebrata) from Mesozoic of some localities in Slovakia ..... 555

*Holec, P. & Krempaská, Z.:* Find of the shark tooth *Carcharoides catticus* (Philippi, 1846) (Chondrichthyes, Vertebrata) in Slovakia of the locality Hlinisko near the town Spišská Nová Ves (Paleogene) ..... 559
*Hovorka, D.:* Atoll garnets ..... 87
*Hovorka, D.:* Two diorite types in the Western Carpathians granitoids ..... 495
*Hovorka, D. & Spišiak, J.:* Rodingites: Seldom rock types: How did they originate? ..... 579
*Hraško, Ľ.:* Geological, age and lithological characteristics of the Lower Carboniferous granitoids in the Kohút zone of the Veporic Unit ..... 217
*Hrašna, M. & Holzer, R.:* Slope failures in the Vranov nad Topľou – Humenné – Strážske region ..... 55
*Hrdlička, M., Broska, I., Siman, P. & Košler, J.:* New geochronological data from granitoids of Malá Fatra crystalline basement ..... 243
*Hroncová, Z. & Vavrová, J.:* The importance of mineral composition analysis for the use of selected industrial minerals ..... 375
*Hrušecký, I. & Fejdi, V.:* Application of reflection seismic method for definition and discovering of the hydrogeothermal structures ..... 111
*Iglárová, L., Wagner, P. & Bartoš, P.:* Methods of monitoring of rock cut stability state: The case of the Demjata locality ..... 413
*Ionescu, C. & Hoeck, V.:* Brucite deposits from the Apuseni Mts. (Romania) ..... 358
*Ivan, P.:* Paleozoic geodynamic evolution of Western Carpathians: Attempt of its reconstruction from magmatic record ..... 185
*Jacko, S.:* Veporicum of the Branisko and Čierna hora mountain ranges in the context of geological setting of Western Carpathians ..... 199
*Jacko, S. ml., Sasvári, T. & Kondela, J.:* Overthrust structures of Silicicum in the Gombasek open pit ..... 246
*Jelínek, R.:* Deterministic approach for hazard assessment in the Ľubietová landslide ..... 65
*Juhanová, S.:* Application of the 3E (environment – economics – ethics) model during exploitation of coal gas, gasifying of coal and use of obtained gas ..... 406
*Kaličiak, M. & Franzen, J.:* Geology in Slovakia: Recent and perspectives ..... 171
*Kernátsová, J. & Vaněková, H.:* Fosil ecosystems of the last glacial in Trnava Upland ..... 333
*Kobulský, J.:* Proposal of a new lithostratigraphic division of Upper Carboniferous in Zemplínske vrchy Hills ..... 222
*Koděra, P., Hurajová, M., Prochaska, W. & Hurai, V.:* Alternative models of magnesite origin in Western Carpathians based on fluid inclusions and stable isotopes studies ..... 476
*Kohút, M.:* Geological evolution of Patria crystalline complex in Branisko Mts. ..... 220
*Konečný, V., Lexa, J., Smolka, J., Hurtík, Š., Šinsky, M. & Tončík, M.:* The Banská Štiavnica Geopark ..... 444
*Konečný, P.:* Monazite dating using EMPA methodology ..... 479
*Košuth, M.:* Characterization of biotite xenoliths from Brestov, Slanské vrchy Mts. ..... 367
*Kovacs, M. & Fülöp, A.:* Petrological and volcanological data of Piatra Rosie-Danesti extrusive Domes in Gutai Mts. (Eastern Carpathians, Romania) ..... 285
*Kovalenker, V. A., Naumov, V. B., Prokofjev, V. J. & Jeleň, S.:* Composition of magmatic melts and evolution of mineralizing fluids of the Au-Ag-Pb-Zn-Cu deposit Banská Štiavnica: Data from the mineral fluid inclusions study ..... 338
*Kovaničová, Ľ. & Čechovská, K.:* Glass sands from Slovakia ..... 378
*Kovaničová, Ľ.:* Tourmaline-bearing rocks and their environmental use ..... 393
*Kováčik, M.:* Contribution to tectonic reconstruction of Western Carpathian magmatic-sedimentary formations in pre-Upper Carboniferous period ..... 189
*Kováčik, M. & Bóna, J.:* Sedimentological character of lower part of Rača Unit Paleogene of Magura nappe at Mrázovce (Outer Flysch Belt, Eastern Slovakia) ..... 310
*Kováčik, M.:* Lithostratigraphic development in the eastern part of Gelnica Group of Gemericum ..... 481
*Kráľ, J., Hók, J. & Čech, P.:* Geochronology of Tribeč granitoid rocks ..... 482
*Krejčí, O.:* Slope instability hazard evaluation in the Flysch Western Carpathians (Czech Republic) in comparison with standards of European Commission ..... 409
*Kučera, M.:* Tectonic structural analysis of caves in massif Úplaz in the High Tatras and their influence on caves area development ..... 230
*Kucharič, Ľ., Hraško, Ľ. & Kubeš, P.:* Some knowledges from geophysical investigation of the Slovak Ore Mts. – western part ..... 241
*Lintnerová, O. & Majerčík, R.:* Neutralization potential of the sulfidic tailing impoundment Banská Štiavnica-Lintich: Methods and preliminary assessment ..... 517
*Lipovská, M.* Legislative aspects of investigation and use of the geothermal water resources in Slovakia ..... 95
*Madarás, J. & Kováčik, M.:* Geological recognition of basement units on the selected profiles in the Western Tatra Mts. (Western Carpathians) ..... 234
*Madar, D., Grand, T., Džuppa, P., Šefara, J., Remšík, A., Komoň, J., Pašteka, R., Bielik, M. & Weis, K.:* Application of light geophysical methods during exploration of the sources of geothermal waters ..... 103
*Malý, K. D. & Cajz, V.:* Quartzites beneath pyroclastic flows – mineralogical aspects ..... 370
*Marcin, D. & Zakovič, M.:* Hydrogeological structure of mineral waters in Lubovňa Spa ..... 420
*Mariaš, M.:* Review of European Commission energy directives concerning geothermal energy ..... 93
*Mihalíková, J., Oslanec, J., Janočko, J. & Jacko, S. ml.:* Processes and products of recent sedimentation on high-mountain slopes of Tatra Mts.: A case study from the Biela voda valley ..... 324
*Michalík, J., Petrík, I., Soták, J. & Plašienka, D.:* Past of the Earth: The key for the future of mankind? ..... 175
*Molnár, F.:* Genetic model for the low sulphidation type epithermal systems of the Tokaj Mts., NE-Hungary ..... 340
*Molnár, F., Zelenka, T., Pécskay, Z., Bajnócsy, B. & Gatter, I.:* Metallogeny of Paleogene and Neogene volcanic belts in Hungary ..... 469
*Müller, P., Hanák, J., Boháček, Z., Toul, J., Müllerová, H. & Kovářová, M.:* Survey of the contamination of reservoir and pond sediments in the Czech Republic ..... 427
*Nagy, A., Baráth, I. & Fordinál, K.:* Sedimentological and stratigraphic characteristic of Sarmatian proximal facies in eastern margin of Dunaj Basin ..... 330
*Németh, Z.:* Geodynamic evolution of Gemericum and neighbouring Veporicum in the frame of two-phase divergence and convergence ..... 202
*Németh, Z., Radvanec, M., Prochaska, W., Koděra, P., Kováčik, M., Madarás, J. & Hraško, Ľ.:* Economic occurrences of magnesite and talc mineralization in Slovakia: The result of favourable interaction of protolith and geodynamic evolution ..... 249
*Nitoi, E. & Papp, D. C.:* Thermal metamorphism, melting and chemical interaction between enclaves and the host magmas in subvolcanic zone (East Carpathians, Romania): An overview ..... 480
*Nováková, D. & Guevara, R. J. M.:* Hydrogeological study of northern part of department La Libertad, San Salvador and Cuscatlán (Salvádor) ..... 416
*Novotný, L. & Tulis, J.:* New geological body in Slovenský raj – National Park ..... 91
*Olekšák, S. & Jetel, J.:* Applying indirect hydrometric method of transmissivity estimate in neovolcanic rocks of Eastern Slovakia ..... 423
*Olšavský, M.:* Character of Permo-Triassic boundary in Hronicum in the locality Šalková (Bystrica valley) ..... 482
*Oszczypko, N.:* Late Jurassic to Early Miocene tectono-sedimentary evolution of the Magura Basin (Western Carpathians) ..... 257
*Oszczypko-Clowes, M.:* Calcareous nannofossil of the youngest deposits from the Magura nappe tectonic windows (Outer Western Carpathians, Poland) ..... 307

*Papp, D. C. & Nitoi, E.:* Geodiversity in the East Carpathians: The use of geological sites in education and sustainable regional development ..... 493
*Paško, V., Abonyi, P., Fronko, M. & Porubčan, J.:* Utilization of the geothermal water in the Liptovská Kokava village ..... 157
*Pauditš, P., Vlčko, J. & Jurko, J.:* Statistical methods in landslide hazard assessment ..... 529
*Pécskay, Z., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J. & Žec, B.:* Timing of volcanic activity in the Vihorlatské vrchy mountain range, Eastern Slovakia ..... 483
*Pécskay, Z., Molnár, F., Zelenka, T. & Itaya, T.:* K-Ar ages for the formation of illite deposit at the Korom Hill, Tokaj Mts., Hungary ..... 484
*Pipík, R.:* Upper Miocene freshwater ostracods (Ostracoda) of the littoral deposits of the Turiec Formation ..... 27
*Pivko, D.:* Unconventional geological excursion in the city centres ..... 454
*Pícha, F. J., Stránik, Z. & Krejčí, O.:* Evolution of the Carpathian Flysch belt in Moravia and Western Slovakia ..... 469
*Plašienka, D.:* Tectonic evolution of the Western Carpathians during the Mesozoic ..... 179
*Polák, M., Bezák, V., Filo, I., Havrila, M., Kohút, M., Kováč, P., Vozár, J., Mello, J., Maglay, J., Elečko, M., Olšavský, M., Pristaš, J., Siman, P., Buček, S., Hók, J., Rakús, M., Lexa, J. & Šimon, L.:* Geological map of Starohorské vrchy Hills, Čierťaž Hills and northern part of Zvolen Basin in the scale 1 : 50 000 ..... 473
*Polc, R.:* Atmospheric soil contamination in Levočské vrchy Mts., Branisko and Čierna hora Mts. ..... 438
*Pramuka, S.:* Geochemistry of Poprad river Basin stream sediments ..... 425
*Prekopová, M. & Janočko, J.:* Depositional system at Markušovce village: Fan delta with flooding dominance ..... 327
*Radvanec, M.:* Prehnite-pyroxenite from the Danková locality ..... 353
*Rajchel, J.:* Carpathian rocks in the architecture of Cracow ..... 493
*Rajchel, L. & Rajchel, J.:* Remarks on carbonated waters and waters containing carbon dioxide in the Polish Carpathians ..... 489
*Rajchel, L., Rajchel, J., Ratajczak, T., & Rzepa, G.:* Mineralogical investigations of carbonated water deposits from the area of Polish Carpathians ..... 488
*Rakús, M. & Hók, J.:* The Manín and Klape units: Lithostratigraphy, tectonic classification, paleogeographic position and relationship to Váhicum ..... 9
*Rapant, S.:* Proposal of the environmental-geochemical regionalization of the Slovak Republic ..... 1
*Remšík, A., Fendek, M. & Maďar, D.:* Occurrence and distribution of the geothermal waters in the Liptov Basin ..... 123
*Salata, D.:* Composition of garnets from the Upper Cretaceous-Paleocene deposits of the Magura nappe (Polish Flysch Carpathians) ..... 486
*Salata, D.:* Heavy minerals of the Late Cretaceous-Paleocene deposits of the Magura nappe (Polish Flysch Carpathians) ..... 486
*Sitášová, E.:* Geochemical conditions of selected mining dumps in the Slanské vrchy Mts. and Merník locality and their influence on vegetation ..... 372
*Skawińska, J.:* Development of Jurassic basin of Miechów Trough on the basis of subsidence analysis and its influence on paleohydrodynamic conditions ..... 487
*Ślączka, A.:* Bukowiec Ridge: A cordillera in front of the Dukla Basin (Outer Carpathians) ..... 255
*Slavkovský, J.:* Place of science in creative human activity and development of geological investigation ..... 465
*Soták, J., Biroň, A., Dunkl, I., Lebedev, V., Magyar, J. & Prokešová, R.:* Synthesis of knowledge about Iňačovce Unit: Lithostratigraphic, metamorphic, geochronologic and structural-tectonic data ..... 209
*Spišák, Z. & Varga, M.:* Emergency landslide in Plavnica village and suggestion of its remedy (abstract) ..... 490
*Spišák, Z. & Varga, M. ml.:* Emergency state of landslide at Plavnica village and suggestion of its remedy ..... 569
*Spišiak, J. & Hovorka, D.:* Metabasites and metasediments from the surrounding area of ultrabasic bodies between Breznička and Kalinovo villages ..... 47
*Stankovič, J., Gastaldi, D. & Rinaudo, C.:* Raman spectroscopy of serpentine-group minerals from metaultramafic rocks in the Western Carpathians ..... 361
*Stankovič, J., Gastaldi, D. & Rinaudo, C.:* Chrysotile of metaultramafic body at Sedlice (Western Carpathians) and its identification by Raman spectroscopy ..... 513
*Starek, D.:* Sedimentological analysis of the Paleogene units development in the Central Western Carpathians ..... 41
*Šimon, L. & Maglay, J.:* Dating of sediments from the footwall of the lava flow of Putikov vrch volcano using method of optically stimulated luminescence ..... 279
*Takács, J. & Grell, Š.:* The utilization of geothermal water for heating in town Galanta ..... 152
*Teťák, F.:* Sedimentation of glauconitic and Kýčera Sandstones of Zlín Formation in the western part of the Magura Basin (Javorníky Mts., Kysuce region) ..... 304
*Tóth, Cs., Holec, P., Kernátsová, J. & Samuel, M.:* Mammoths *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) of Salka (South Slovakia) ..... 539
*Tuček, L.:* Industrial minerals more effectively and more ecologically ..... 491
*Tuček, L. & Derco, J.:* Mineralogical-technological characteristics of bentonite from Slovak deposits and possibilities of its use ..... 384
*Tuček, L. & Derco, J.:* New possibilities of the use of Slovak magnesite ..... 396
*Tuček, L., Stercz, M. & Németh, Z.:* Correctness control of analytical tests of components in products by laboratory methods of ore dressing ..... 492
*Túnyi, I., Márton, E., Žec, B. & Vass, D.:* Paleomagnetism of Neovolcanics of the Vihorlatské vrchy Mts. ..... 268
*Túnyi, I., Žec, B., Márton, E. & Vass, D.:* New paleomagnetic measurements from southern part of the Slanské vrchy Mts. ..... 288
*Uher, P.:* Granitic pegmatites of the Western Carpathians in the light of new knowledge ..... 238
*Vaněček, M. & Benčat, M.:* Heat pumps applications in Slovakia ..... 161
*Varga, G., Džuppa, P., Fendek, M. & Grand, T.:* The use of magnetotelluric measurements for the geothermal water prospecting in Slovakia ..... 107
*Vass, D. & Bublinec, E.:* Trace and toxic elements in alginite of Pinciná deposit at the Lučenec town, Southern Slovakia ..... 75
*Vass, D., Elečko, M., Janočko, J., Karoli, S., Pereszlényi, M., Túnyi, I., Zlinská, A. & Halásová, E.:* East Slovakian Basin in the light of new knowledge ..... 252
*Vavrová, J. & Janega, A.:* Investigation of effective porosity and its influence on technological properties of volcanic rocks ..... 402
*Wójcik-Tabol, P.:* Inorganic geochemistry and foraminiferal association: Paleoredox indicators. Example of the Cenomanian-Turonian boundary anoxic event in the Pieniny Klippen Belt (Carpathians, Poland) ..... 485
*Zlinská, A.:* New results of study of Zbudza Formation in borehole P-3 (Zbudza) based on foraminifers (East Slovakian Basin) ..... 488
*Zuberec, J.:* Accumulation of rare minerals in clastogenic Quaternary and Neogene sediments of some areas of Western Carpathians ..... 390
*Zuchiewicz, W.:* Neotectonic studies in the Polish Carpathians ..... 266
*Žec, B., Konečný, P. & Kráľ, J.:* Geological, volcanological and petrological characteristic of andesite dykes and necks near Ladomirov village ..... 272
*Žec, B., Bónová, K., Košuth, M. & Ďuďa, R.:* New results from study of the Lysá stráž – Oblík Formation andesite bodies ..... 292
*Žec, B., Stercz, M. & Žecová, K.:* Geological heritage, geological sites and geotourism the Vihorlatské vrchy Mts. (Slovakia) ..... 448
*Žec, B., Kaličiaková, E., Žecová, K., Stercz, M., Rovňák, L. & Palko, L.:* Geological-educational map of the Vihorlatské vrchy Mts. ..... 459

# Obsah - Contents

Mineralia Slovaca 37 (2005) • 4

*Hovorka, D.*
**Dva typy „dioritov" v granitoidoch Západných Karpát**
Two diorite types in the Western Carpathians granitoids ..... 495

*Bónová, K.*
**Mineralógia, petrológia a P-T podmienky kryštalizácie andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž formácie Lysá stráž – Oblík, východné Slovensko**
Mineralogy, petrology and P-T conditions of magma crystallization of the andesite bodies Maliniak and Lysá stráž from Lysá stráž – Oblík formation, Eastern Slovakia ..... 503

*Stankovič, J., Gastaldi, D. & Rinaudo, C.*
**Chryzotil z metaultramafického telesa pri Sedliciach (Západné Karpaty) a jeho identifikácia Ramanovou spektroskopiou**
Chrysotile of metaultramafic body at Sedlice (Western Carpathians) and its identification by Raman spectroscopy ..... 513

*Lintnerová, O. & Majerčík, R.*
**Neutralizačný potenciál sulfidického odkaliska Lintich pri Banskej Štiavnici – metodika a predbežné hodnotenie**
Neutralization potential of the sulfidic tailing impoundment Banská Štiavnica-Lintich: Methods and preliminary assessment ..... 517

*Pauditš, P., Vlčko, J. & Jurko, J.*
**Využívanie štatistických metód pri hodnotení náchylnosti územia na zosúvanie**
Statistical methods in landslide hazard assessment ..... 529

*Tóth, Cs., Holec, P., Kernátsová, J. & Samuel, M.*
**Mamuty *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) zo Salky (južné Slovensko)**
Mammoths *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) of Salka (South Slovakia) ..... 539

*Holec, P.*
***Deinotherium giganteum* Kaup (Proboscidea, Mammalia) z panónskych sedimentov hliniska tehelne v Pezinku**
*Deinotherium giganteum* Kaup (Proboscidea, Mammalia) of Pezinok brickyard pit (Pannonian) ..... 551

*Holec, P., Sýkora, M. & Fulín, M.*
***Sphenodus*? sp. (Chondrichthyes, Vertebrata) z mezozoika niektorých lokalít na Slovensku**
*Sphenodus*? sp. (Chondrichthyes, Vertebrata) from Mesozoic of some localities in Slovakia ..... 555

*Holec, P. & Krempaská, Z.*
**Nález zuba žraloka *Carcharoides catticus* (Philippi, 1846) (Chondrichthyes, Vertebrata) na Slovensku z lokality Hlinisko v Spišskej Novej Vsi (paleogén)**
Find of the shark tooth *Carcharoides catticus* (Philippi, 1846) (Chondrichthyes, Vertebrata) in Slovakia in the locality Hlinisko near the town Spišská Nová Ves (Paleogene) ..... 559

OBÁLKA: Pohľad na východ z Kamenického hradu (severne od Lipian). V popredí zvyšky hradu postaveného na jednej z nápadných morfologických elevácií bradlového pásma zastúpeného jurskými krinoidovými, rádioláriovými a hľuznatými vápencami s faunou amonitov. V pozadí západné výbežky Čergova. Foto: Ľ. Petro, jún 2003

COVER: View from the Kamenica castle (north of Lipany village) to the east. In foreground the castle remnants are visible, being built on one of morphologically distinctive elevations of the Klippen belt, consisting of crinoidal, radiolarite and nodular limestones with amonite fauna. In the background the spurs of Čergov mountain range are visible. Photograph: Ľ. Petro, June 2003

*Gajdoš, V. & Wagner, P.*
**Spôsob spracúvania údajov z meraní presnej inklinometrie pri monitoringu svahových pohybov**
Method of inclinometer data processing at slope movements monitoring . . . . . 563

*Spišák, Z. & Varga, M. ml.*
**Havarijný zosuv v Plavnici a návrh na jeho sanáciu**
Emergency state of landslide at Plavnica village and suggestion of its remedy . . . . . 569

ŠKOLA GENETICKEJ PETROGRAFIE – SCHOOL OF GENETIC PETROGRAPHY

*Hovorka, D. & Spišiak, J.*
**Rodingity – zriedkavé horniny. Ako vznikli?**
Rodingites: Seldom rock types; How did they originate? . . . . . 579

*Mineralia Slovaca, 37 (2005), 495–502*

# Dva typy „dioritov" v granitoidoch Západných Karpát

DUŠAN HOVORKA

Fakulta prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa, Trieda A. Hlinku 1, 949 01 Nitra

*(Doručené 16. 12. 2004, revidovaná verzia doručená 6. 2. 2005)*

**Two diorite types in the Western Carpathians granitoids**

Within the mostly Variscan massifs of a granite clan the bodies with elevated content of dark silicates occur. They are prevailingly associated with border zones or zones of intensive hybridization of individual massifs. They have a character of: (a) medium- to coarse-grained dark rocks described in the Western Carpathian literature as diorites, meladiorites, hornblendites and amphibole gabbros. They are mostly of decametres dimensions. Another (b) type represents small (of centimetres to metres dimensions) mainly flat bodies in which dark mica is the leading dark silicate. They are described under denomination "microgranular mafic enclaves" from several core mountains. Based on field spatial relation to the host rocks, as well as characteristic thin sections images, bodies under (a) author considers to be recrystallized amphibolites. Bodies under (b) are by the great majority of authors explained as a product of two magmatic melts mingling.

**Key words:** two types of melanocratic rocks in granite clan massifs, the Western Carpathians

## Úvod

Medzi variskými plutonitmi centrálnej zóny (tatrikum a veporikum) Západných Karpát prevládajú granodiority, trondhjemity, tonality a kremité diority. Zriedka sa v jednotlivých pohoriach vyskytujú aj acidnejšie diferenciáty typu dvojsľudných granodioritov, sporadicky aj granitov. Pre všetky typy je charakteristický výskyt biotitu ako vedúceho tmavého minerálu. Druhým, ale prevažne iba nepodstatne zastúpeným minerálom zo skupiny sľúd je muskovit. Amfibol pri štandardnom mikroskopickom štúdiu výbrusov spravidla uniká pozornosti. Jeho prítomnosť je známa napr. zo sihlianskeho tonalitu (autorovo zistenie), akcesorického modrozeleného Mg hornblendu aj v granitoch typu I (hybridné granodiority) zo skupiny Veľkého Kriváňa (Broska et al., 1997). Amfibol sa vyskytuje aj v tonalitoch Tribeča a v dumbierskom tonalite. Zistil sa aj v drvených umelých šlichoch a v koncentrátoch ťažkých minerálov získaných šlichovou prospekciou v granitových (s. l.) masívoch.

a) Z rozličných variských tonalitov/kremitých dioritov sú známe mafické variety s prevládajúcim amfibolom a lokálne s biotitom. Majú prevažne hrubozrnný až veľkozrnný (1–2 cm) vývoj a minerálne i textúrne nehomogénny charakter. Ich rozmery sú vyjadriteľné v metroch až v prvých hektometroch. Všeobecne sa označujú ako diority – meladiority – gabrá – amfibolovce.

b) V posledných rokoch boli opísané aj mikrogranulárne mafické enklávy (ďalej MME), a to najprv z Tribeča (Petrík a Broska, 1989) a potom aj z ďalších masívov (Határ et al., 1989). Na rozdiel od predchádzajúceho typu sa vyznačujú oveľa menšími rozdielmi telies, väčšou minerálnou i textúrnou homogénnosťou a zrnitosťou, menšou, ako je zrnitosť okolitého horninového prostredia.

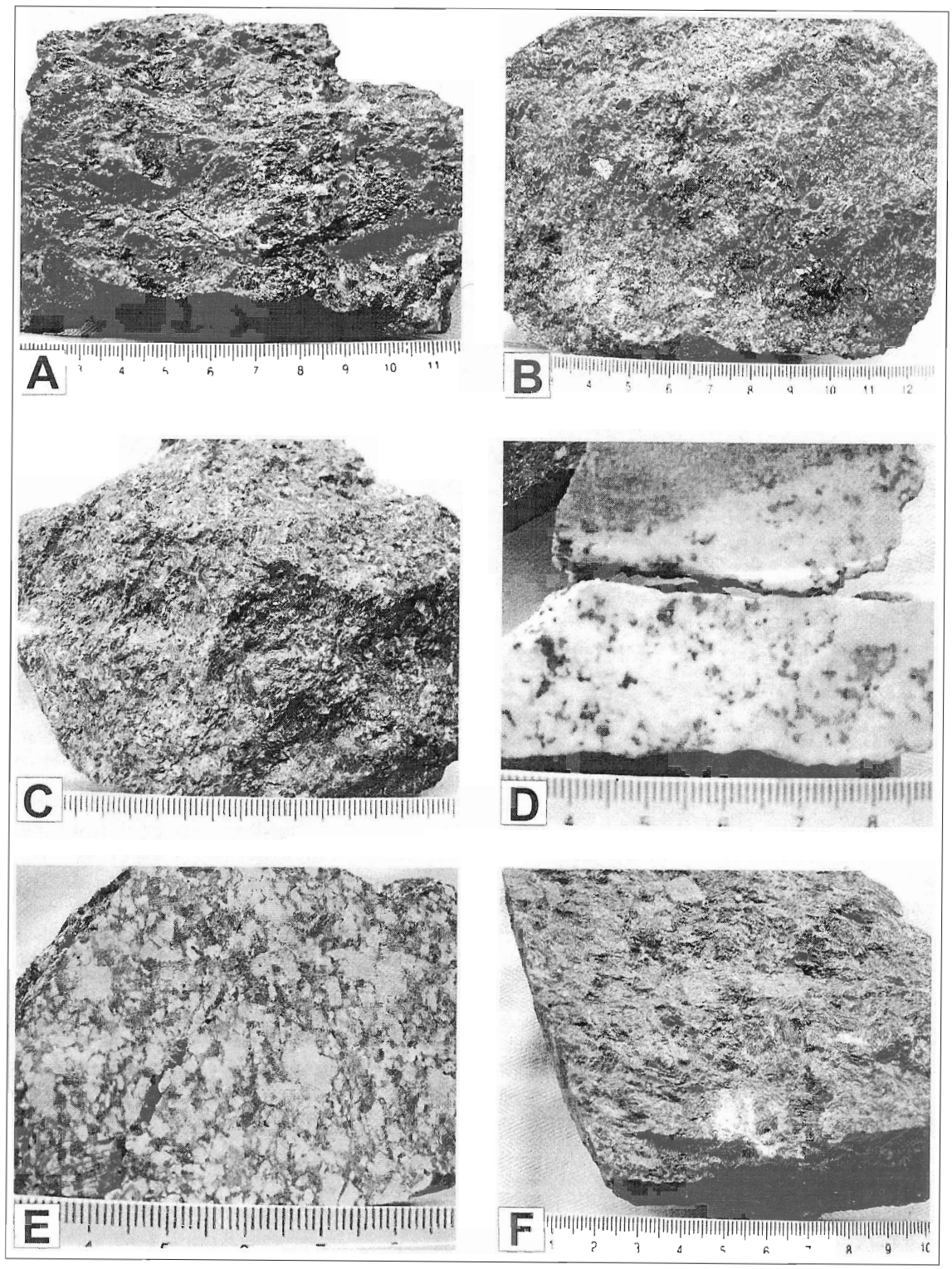
Genéza tmavých telies/šlírov/xenolitov v granitových telesách sa vo svetovej literatúre neinterpretuje jednotne. Najčastejšie sa uvádzajú nasledujúce spôsoby ich vzniku:

1. Uvedené odlišné typy hornín, pričom výrazne prevládajú kyslejšie (granodiorit – tonalit – kremitý diorit) horninové typy nad dioritmi až gabrami, spolu predstavujú produkt interakcie dvoch spomenutých typov magmy. Pritom nenastala ich chemická homogenizácia *(mixing)*, ale iba konvekčným prúdením vyvolané mechanické premiešanie (*mingling:* Bender et al., 1982; Barbarin, 1988; Didier a Barbarin, 1991; Barbarin a Didier, 1992; u nás Petrík a Broska, 1989; Hraško et al., 1998). V takom zmysle vyznela aj najnovšia prehľadná práca Uhera et al. (2001), ktorá obsahuje aj niektoré originálne zistenia.

2. Podľa Chappela a Whita (1991) dioriticko-gabrové telieska v kyslejších (t. j. v podstate granitických) taveninách predstavujú neroztavené relikty spodnokôrových hornín. Tie do súčasného erózneho zrezu vyniesla magma hostiteľských hornín. Bázickejšie xenolity na rozdiel od magmatického prostredia predstavujú nerovnako intenzívne rekryštalizované xenolity prevažne matabazitov (Ermannsdörfer, 1947; Okrusch, 1963; Mehnert a Büsch, 1966; u nás Cambel, 1950; Cambel et al., 1981; Cambel a Vilinovič, 1987).

3. Bázickejšie telesá v prostredí kyslejších magmatitov sú segregáciami/zhlukmi mafických minerálov, t. j. produktov magmatickej diferenciácie v prostredí materskej magmy (Ferštater a Borodina, 1975; u nás napr. Zoubek, 1936a).

Ďalej uvádzam základnú charakteristiku obidvoch uvedených skupín typu a) a b) mafických hornín vystupujúcich




**Tab. 1.** A - amfibolovec, Čierna Lehota. B - amfibolický meladiorit, Poruba (Malá Magura). C - amfibolovec, Petovcovo pri Tisovci. D – amfibolický aplit, priehrada Ružín na Hornáde. E - amfibolický diorit (rezná plocha), Sopotnická dolina na južnom svahu masívu Prašivej v Nízkych Tatrách. F - prechod masívneho (ľavá strana obr.) do usmerneného amfibolovca, Malužinská dolina, opustený lom pri tajchu.

**Pl. 1.** A - hornblendite, Čierna Lehota. B - amphibole meladiorite, Poruba (the Malá Magura Mts.). C - hornblendite, Petovcovo near Tisovec. D - amphibole aplite, dam Ružín on the river Hornád. E - amphibole diorite (cut plane), Sopotnica valley on the southern slope of the Prašivá massif in the Nízke Tatry Mts. F - transition of a massive (left side) to the schistose type hornblendite, Malužina dolina valley, abandoned quarry near small artificial lake.

v prostredí magmatitov granitovej série centrálnej zóny Západných Karpát.

V súvislosti s riešením genézy MME (typ b) tejto práce) v Západných Karpatoch si dovoľujem uviesť toto: Autori, ktorí sa v minulosti venovali problematike MME, pravdepodobne nedocenili niektoré geologické aspekty problematiky, napr. nedokumentovali to, že z dvoch typov magmy (kyslej a bázickej), ktoré sa dostali do interakcie, sú na povrchu známe len rozsiahle masívy granitoidov, kým diority chýbajú, a preto je v súčasnom eróznom zreze a v rozličnom tektonickom zdvihu jednotlivých magmatických telies predpokladaná prítomnosť masívov dioritov (stuhnutej bázickej magmy) logická a očakávaná. Masívy dioritov (za ktoré pokladáme typy opísané v rámci a) približne ekvivalentného veku, ako je vek granitoidov, nie sú však v centralidách Západných Karpát známe. Rozsiahly magmatický rezervoár bázickej magmy od súčasných Malých Karpát po Čiernu horu, ktorého taveniny spolu s granitickými taveninami mali spôsobiť mingling týchto dvoch typov magmy, sa na povrchu vôbec neprejavil. Je otázka, či takáto „náhoda" je v realite možná.

### a) Hrubozrnné až veľkozrnné melanokratné diority až amfibolovce

V Malých Karpatoch sú známe najmä dve oblasti výstupu masívnych plutonických hornín s vysokým obsahom amfibolu – oblasť Hlbokej cesty v Bratislave v bratislavskom granitoidnom masíve, a oblasť Petrklína pri Perneku v modranskom tonalitovom masíve. „Diority" tohto pohoria spomína už práca Kornhubera (1857), Andriana a Paula (1864) a Richtarza (1908; všetky citácie in Cambel et al., 1981). Uvedené údaje, ako aj tematická práca Zoubka (1936) vyzneli jednoznačne v prospech predstavy o dioritoch ako o produktoch magmatickej diferenciácie acidnej, t. j. granitickej magmatickej taveniny.

Diority tohto pohoria uvádza aj práca Cambela a Valacha (1956), a to najmä z Hlbokej cesty v Bratislave, kde študovali najmä ich odkryv v ryhe urobenej v polovici 60. rokov 20. stor., ako aj výskyt z oblasti Petrklína na Z od Pezinka. Tieto aj ďalšie výskyty v Malých Karpatoch stručne komentuje aj práca Cambela a Vilinoviča (1987).

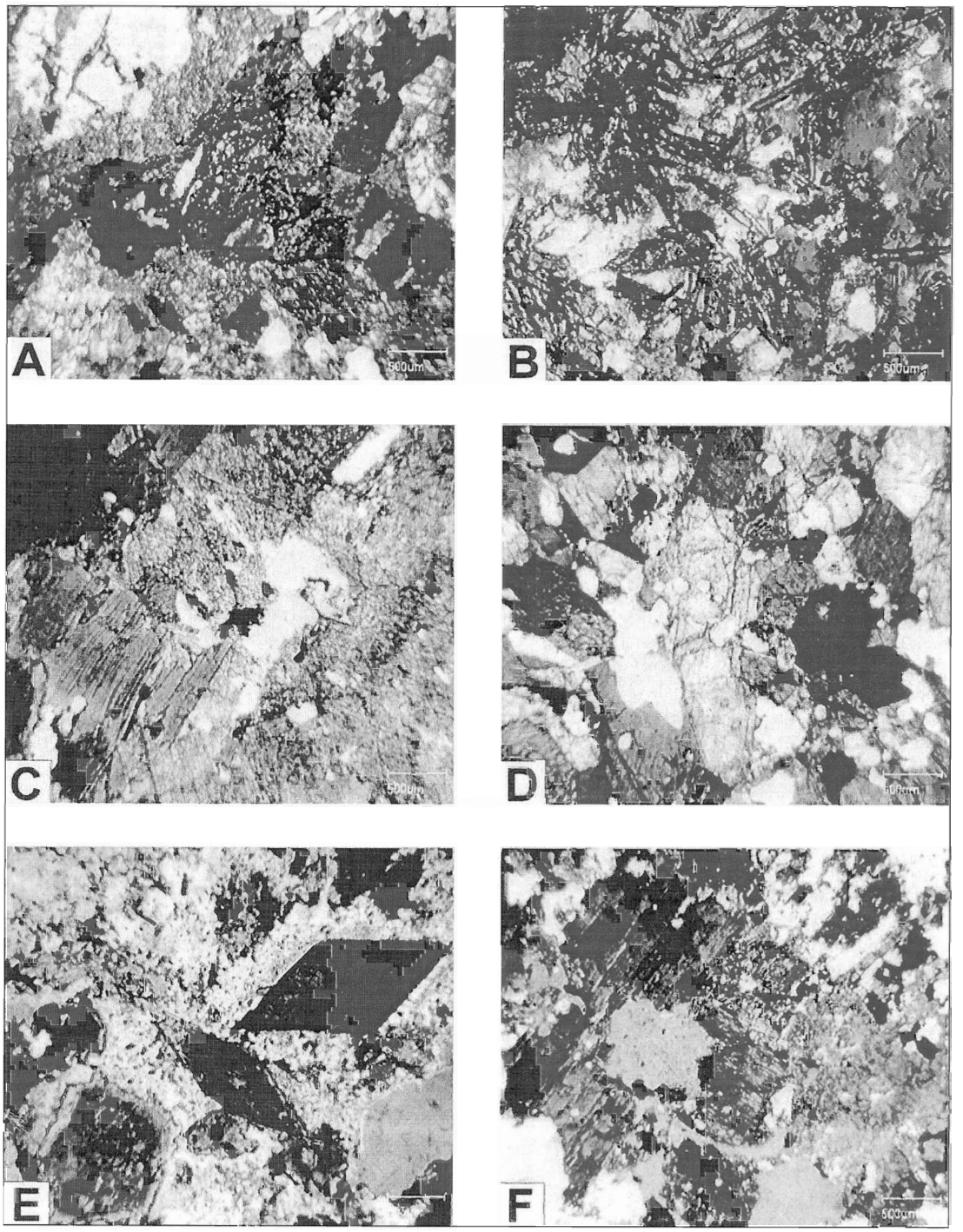
Úplne nové údaje z laboratórneho výskumu malokarpatských dioritov priniesla nepublikovaná práca Pitoňáka (1980), ktorý z križovatky Hlbokej a Čapkovej cesty uviedol výskyt gabroidov. Podľa Cambela (1979, in Bagdasarjan et al., 1977) ide o resorbovaný xenolit hypoabyssálneho bázického magmatitu. Vek amfibolu z týchto hornín je 471 mil. rokov (K/Ar, vzorka A-25; Cambel et al., 1979). Podľa obsahu stopových prvkov amfibol z gabroidnej horniny je zložením blízky amfibolom amfibolitov (Cambel et al., 1981) a odlišuje sa od amfibolov typických dioritov. Títo autori (l. c.) konštatovali prítomnosť *baked margin* ako okrajovej jemnozrnnej fácie medzi dioritmi a gabrami. V jednej vzorke (A-52) sú diopsidy do 0,2 mm uzatvárané prakticky vo všetkých silikátoch. Amfibol I často obrastá hnedé, neostro obmedzené jadrá aktinolitického amfibolu. Amfibol II – opticky blízky amfibolu I – je spravidla menší. Podľa mňa – *per analogiam* so zisteniami z početných telies podobných hornín z rôznych masívov granitoidov Západných Karpát – hnedý amfibol je Hbl I a aktinolitický Hbl II. Staršie horniny sú úplne sekundárne premenené – podľa vysokého podielu Klz bol plagioklas pôvodne bázický, Plg II zložením zodpovedá typu okolo An 30; má časté zrasty podľa albitového a periklínového zákona. Šachovnicový albit je jedným z najmladších minerálov – zatláča Plg i K-ž a genetickým postavením zodpovedá albitu. Prítomný je aj titanit, allanit, epidot a sekundárne minerály. Pitoňák (op. cit.) medzi pôvodne magmatické minerály gabier zaradil Hbl I, Plg I a Tit I, kým ostatné vznikli účinkom granitu na pôvodné metabazity (teda aj Cpx). Autor (l. c.) prezentoval a analyzoval aj obsah oxidov petrogénnych prvkov v dioritoch.

V zmysle Leaka (1978) sú amfiboly aktinolitickými hornblendmi, dve vzorky zodpovedajú tschermakitickým amfibolom a ostatné Mg hornblendom (všetky mokré vážkové analýzy). Pitoňák (l. c.) uviedol aj analýzu biotitov a zaoberal sa ich zložením.

Pitoňák (1980) a potom aj Cambel et al. (1981) v prípade „hrubozrnných gabier" (ktoré títo autori napr. na základe bazicity plagioklasov nedefinovali) predpokladali, že ich protolitom boli intruzívne telesá typu dioritov. Podľa pozorovania, napr. v telese pri Čiernej Lehote (obr. 1), v prípade hrubozrnných (nad 1 cm) melanokratných typov „dioritov" až amfibolovcov sa dokumentuje ich pôvod v intímnej zóne styku amfibolit – žulová tavenina. Nízky až skoro nulový podiel živca v niektorých typoch hornín je dôsledkom „odtavenia" prvého podielu vzniknutej taveniny, ktorá sa vytvorila práve tavením živca.

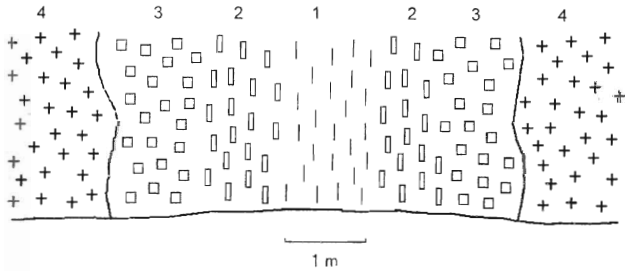
Dovoľujem si konštatovať, že okrem práce Zoubka (1936a), Pitoňáka (1980), a najmä Cambela et al. (1981) a sčasti aj Ulrera et al. (2001) v západokarpatskej literatúre nie sú horniny, ktorými sa zaoberáme, ústrednou témou.

Zmienky o výskyte dioritov sú aj z ďalších jadrových pohorí. Drobný výskyt Bt-Amf dioritu od Liptovskej Lužnej v západnej časti Nízkych Tatier opísal Koutek (1932), ide o hrubozrnnú horninu odkrytú v pôde lesnej cesty v doline na S od obce. Autor uviedol aj výsledky jej chemickej analýzy. Klinec (1958) zmapoval výskyty dioritických hornín v Strážovskej hornatine, Kubiny (1958) opísal diority z prašivského granitu Nízkych Tatier, výskyt biotiticko-amfibolického dioritu z Tatier uviedol Gorek (1956) a podrobnú charakteristiku dioritov z Čiernej hory zverejnil Kamenický (1977). Aj keď sa uvedení (a ďalší) autori problematike genézy týchto hornín osobitne nevenovali, z ich prác vyplýva, že predpokladali magmatickodiferenciačný pôvod týchto hornín, pričom diferenciujúcim sa prostredím boli variské granitické taveniny. Hovorka (1963, in Kuthan et al., 1963) v súlade s prácou Valacha (1955) ako alternatívnu možnosť uviedol telesá v doline Tuhárskeho potoka, ktoré by mohli byť produktom stuhnutia hlbokotrechornej magmy v prívodných kanáloch efuzív. Problematiky „dioritov" v západokarpatských kryštalických komplexoch sa dotkla aj práca Zoubka (1936b), podľa ktorého malé telesá týchto hornín v obklopení granitoidov predstavujú „bázických predchodcov žúl" (fotoatlas 1).




**Tab. 2.** A – granoblastická štruktúra amfibolického dioritu, X pol., Dlhá dolina pri Červenej skale, B – agregát stĺpikov klinozoisitu s tendenciou radiálneho usporiadania v plagioklase amfibolického dioritu, X pol., teleso na V od Klenovca, C – zatláčanie amfibolu biotitom v amfibolickom meladiorite, X pol., teleso na SV od Mýtnej, D – granoblastická štruktúra amfibolického dioritu, X pol., strednozrnná fácia telesa pri vyústení doliny Drakšiar pri Beňuši, E – dve generácie amfibolu (Hbl II = svetlý lem v ľavom dolnom rohu na Hbl I) v amfibolickom meladiorite, X pol., Petovcovo pri Tisovci, F – rozpad plagioklasu a amfibolu pri nedokonalej rekryštalizácii amfibolitu, X pol., dolina na S od Čiernej Lehoty.

**Pl. 2.** A – granoblastic pattern of an amphibole diorite, crossed polars, Dlhá dolina valley near Červená skala village, B – columnar aggregate of clinozoisite with radial tendency. Clinozoisite occurs in an amphibole diorite plagioclases. Crossed polars, body to the E of Tisovec town, C – metasomatic replacements of amphibole by biotite in an amphibole meladiorite, crossed pollars, body to the NE of Mýtna village, D – granoblastic pattern of an amphibole diorite, crossed polars, medium-grained facies of the Drakšiar body near Beňuš village, E – two generations of amphibole: Hbl II – light rim in the left low corner on Hbl I in an amphibole diorite, crossed polars, Petovcovo near Tisovec town, F – decompositions of plagioclases and amphiboles as the consequence of incompletely recrystallized amphibolite, crossed polars, valley to the N of Čierna Lehota village.




**Obr. 1.** Profil v záreze lesnej cesty na S od Čiernej Lehoty (Slovenské rudohorie). 1 – jemnozrnný (2 mm) bridličnatý amfibolit, 2 – strednozrnný (2–4 mm) nevýrazne usmernený až masívny metabazit, 3 – hrubozrnný až veľkozrnný (1–2 cm) meladiorit až amfibolovec, 4 – porfyrický granodiorit s častými nerovnako intenzívne rekryštalizovanými xenolitmi biotitických rúl.

**Fig. 1.** Cross-section of the forest road to the N of Čierna Lehota village (the Slovenské rudohorie Mts.). 1 – fine-grained (2 mm) amphibolite, 2 – medium-grained non pronouncedly schistose to massive metabasite, 3 – coarse- to very coarse-grained (1–2 cm) meladiorite/hornblendite, 4 – porphyric granodiorite with numerous and unevenly recrystallized biotite gneisses xenolites.

*Systematiku, a najmä nomenklatúru* holokryštalických hornín nepriaznivo poznačili genetické aspekty. Ináč sa totiž označuje magmatická (z magmy/lávy vykryštalizovaná hornina) v porovnaní s horninou metamorfného pôvodu. Situácia je najzložitejšia v prípadoch, keď má hornina vzhľad magmatickej (holokryštalickej) horniny, no zistené fakty poukazujú na jej metamorfný/ultrametamorfný pôvod.

Do tejto kategórie patria aj masívne holokryštalické horniny tvoriace drobné až malé (prvé desiatky metrov) telesá v prostredí variských magmatitov granitového radu. Ich dominujúcou fázou je amfibol, ktorý v istých prípadoch tvorí až 95 obj. % horniny. Ďalšími fázami (približne podľa klesajúceho obsahu v daných horninách) sú plagioklasy, kremeň, K živec, titanit, klinopyroxén, allanit, apatit, epidotová skupina minerálov a i.

## Hľadiská použité pri riešení genézy dioritov

a) Diority vystupujú v rozličných typoch variských granitov a vždy sú lokalizované v zónach hybridizácie resp. intímneho styku granitických tavenín s ich metamorfovaným plášťom. Z toho zároveň vyplýva, že výskyty hrubozrnných hornín, o ktorých je reč, sa v prostredí granitov viažu na masívy, v ktorých erózny rez nedosiahol úroveň ich homogénnej stavby. V širšom okolí týchto telies sa vždy nachádzajú početné v nerovnakej miere anatekticky alebo rekryštalizačne premenené xenolity metamorfitov, najmä rúl a amfibolitov.

b) Amfibol je v rozsiahlych masívoch variských granitov tatrika a veporika veľmi sporadicky sa vyskytujúcou fázou, a preto sa jeho nahromadenie v malom priestore (prvé desiatky až prvé stovky resp. tisícky $m^3$) gravitačnou a frakčnou kryštalizáciou zdá veľmi nepravdepodobné.

c) V Malých Karpatoch, ale aj v oblasti Petovcova pri Tisovci resp. Hrnčiarok na južných svahoch Slovenského rudohoria pri jeho západnom konci, ale aj v telesách pri priehradnom múre vodnej nádrže Ružín na Hnilci možno pozorovať mnohonásobný prienik graniticko-pegmatitickej taveniny do dioritových telies na jednej a prítomnosť nepravidelných šlírov v granitických pegmatitoch v dioritoch resp. v ich blízkom okolí na druhej strane. Z toho vyplýva ich v podstate synchrónne tuhnutie (vek). Na ich styku je pozorovateľný vývoj zóny intenzívnej biotitizácie amfibolických hornín, ktorá smerom do telesa dioritov vyznieva. Takéto zistenie z Hlbokej cesty v Bratislave uviedol Pitoňák (1980).

d) Telesá dioritov, a to aj keď sú malé, sa vyznačujú výraznou variabilitou zrnitostného vývoja. Pritom v telesách, kde odkrytosť terénu dovoľuje študovať styčnú zónu medzi dioritom a granitom, možno pozorovať výrazne zrnitejší (až veľkozrnný – amfibol do 2 cm) vývoj ako v centrálnej časti týchto telies (zárez lesnej cesty pri Čiernej Lehote a i.).

e) Centrálne časti dioritových telies miestami ešte majú charakter jemno/strednozrnného bridličnatého amfibolitu.

f) V prospech „predgranitového" veku protolitu dioritov svedčia aj ojedinelé geochronologické údaje (teleso Drakšiar vo veporickej časti Nízkych Tatier = 500 mil. rokov, teleso z Malých Karpát = 500 mil. rokov; údaje in Cambel a Král, 1989), resp. niektoré údaje vyššie, ako sú hodnoty okolitých granitoidov (Král, 1997). V posledných rokoch však prevláda mienka, že vysoký vek hornín s podstatným zastúpením amfibolu je výsledkom retencie Ar amfibolmi.

g) V prospech rekryštalizačného (anatektického) pôvodu sledovaných horninových telies svedčia aj nasledujúce stránky ich minerálneho zloženia:

– V niektorých telesách najmä z okolia Tisovca (kohútske kryštalinikum) je prevládajúcim živcom K živec. Asociácia amfibol – K živec je pre kryštalizačnodiferenciačné procesy granitických tavenín atypická.

– V telesách dioritov prakticky chýba ďalší tmavý minerál – biotit. V prípade jeho prítomnosti dokázateľne ide o produkt naložených, po vykryštalizovaní dioritov prebiehajúcich procesov K metasomatózy amfibolov. Okrem toho biotit nie je v inkriminovanej hornine rozptýlený rovnomerne, ale je sústredený do polôh, ktoré sú naň bohaté, a to na styku s granitickou/pegmatitickou taveninou.

– Pre frakcionovanú kryštalizáciu kyslej/intermediárnej magmy je charakteristický vznik svetlozeleného až hnedého hornblendu. Podľa môjho mikroskopického pozorovania v týchto horninách okrem refrktného (jadrá kompozične nehomogénnych kryštálov amfibolov) objemovo prevláda aktinolit, čo je v zhode so zistením Pitoňáka (1980) a Cambela et al. (1981). Pri vzniku amfibolov frakčnou kryštalizáciou z magmatickej taveniny možno očakávať prítomnosť jednej, aj keď možnej zonálnej generácie tohto minerálu. V prípade telies dioritov v granitoidoch centrálnej zóny Západných Karpát sa evidentne vyskytujú dve až tri generácie amfibolu. Tie nemožno čakať v prípade magmatickej diferenciácie v telesách, ktoré neskôr nepostihli alpínske rekryštalizačné procesy.

– Niektoré telesá dioritov Malých Karpát a južného veporika obsahujú akcesorický monoklinický pyroxén. Jeho postavenie v sukcesii fáz dioritov nie je jednoznačné. Prikláňam sa k náhľadu o jeho anatektickorekryštalizačnom vzniku.

– Aj napriek pomerne širokému diapazónu predpokladanej kryštalizačnej/frakčnej kryštalizácie študovaných hornín znaky charakteristické pre kryštalizáciu silikátových fáz z magmatických tavenín (znižovanie euhedrálnosti s postupom kryštalizácie) v telesách nevidno. Vyvinuté sú blastické štruktúry so synchrónnou kryštalizáciou podstatne zastúpených fáz.

## Charakteristické výskyty

Medzi témami, ktoré som v minulosti dlhodobo sledoval, boli aj diority v masívoch variských granitoidov Západných Karpát a z niektorých telies mám aj originálne, ale nepublikované výsledky laboratórneho štúdia.

V Malých Karpatoch sú okrem početných menších telies skúmaných hornín najznámejšie (a zároveň najlepšie preštudované – Koutek a Zoubek, 1936; Zoubek, 1936a; Cambel, 1950; Pitoňák, 1980; Cambel et al., 1981) výskyty z Hlbokej cesty v Bratislave a z jej okolia (bratislavský masív), ako aj z okolia Petrklina (modranský masív). V Strážovskej hornatine sú známe z obidvoch jadier – zo Suchého i z Malej Magury.

V Suchom som na niekoľkých miestach zistil úlomky sledovaných hornín v sutine na svahoch. Predpokladám, že telesá tohto typu nie sú veľké. V Malej Magure v hybridných tonalitoch na svahoch doliny Porubského potoka (na SZ od Poruby: Maheľ, 1981) vystupuje niekoľko dekametrových telies dioritov – meladioritov – amfibolovcov.

Z Malej Fatry sú mi známe úlomky meladioritov až amfibolovcov z východných svahov a z aluvia potokov veľkolúckej skupiny na Z od samoty Lázky pri Martine. Úlomky týchto hornín sa nachádzajú aj na hlavnom hrebeni tejto skupiny na J od televízneho vykrývača.

V Ďumbierskych Tatrách je to najmä Koutkom (1932) opísané teleso od Liptovskej Lužnej, telesá uvedené v geologickej mape na severných svahoch Bôru, no najmä v závere Sopotnickej doliny na južnom okraji prašivského masívu. V tejto oblasti sa veľmi pravdepodobne vyskytujú xenolity obidvoch opísaných typov – a i b.

Z Tatier sú mi známe telesá na východných svahoch masívu Kopy (medzi Tichou a Kôprovou dolinou).

V Slovenskom rudohorí (veporikum) a vo veporiku Nízkych Tatier sú známe mnohé telesá dioritov – meladioritov – amfibolovcov. Vyskytujú sa napr. v oblasti na S od Heľpy, niekoľko ich uvádza geologická mapa v mierke 1 : 50 000 (Klinec, 1976) v oblasti na S od Stolice (kóta 1476). Dobre odkryté je teleso v počve doliny asi 5 km na JV od Červenej skaly asi 1300 m na SZ od kóty Kyprov (1391 m). Pravdepodobne najviac telies študovaných hornín je na južných svahoch Slovenského rudohoria pri jeho západnom konci (oblasť Mýtna – Málinec: Bezák et al., 1999). V geologickej mape od Bezáka et al. (l. c.) je zaregistrované aj veľké (asi 400 x 500 m) dioritové teleso v oblasti Lômika (kóta 1000 m) asi 7,5 km na V od Dobroča. Známe je teleso pri vyústení doliny Drakšiar na SV od Beňuše v doline Hrona – veľmi hrubozrnný amfibolovec s K/Ar datovaním 492 mil. rokov (Bagdasarjan et al., 1977). Iné teleso vystupuje asi 750 m na S od obce Zelené na svahu v opustenom lome s odkrytým granitom a amfibolickým dioritom. Posledný je strednozrnný až hrubozrnný (do 12 mm Hbl), silne zvetraný a s guľovitou odlučnosťou. Podobne 500 m na S od okraja Uhorského je malý lom v amfibolických dioritoch – amfibolovcoch (Hbl do 15 mm).

V masíve Čiernej hory – Sľubice sú dobre odkryté telesá meladioritov až amfibolovcov pri severnom ukotvení priehradného múru na priehrade Ružín.

Výskytov telies amfibolických dioritov – meladioritov – amfibolovcov je vo variských masívoch Západných Karpát podstatne viac. Ako príklad som uviedol len niektoré z nich.

### b) Mikrogranulárne mafické enklávy

V magmatitoch granitovej série centrálnej zóny Západných Karpát (tatroveporikum) sa na rozdiel od prevládajúceho horninového typu toho-ktorého masívu vyskytujú aj odlišné, prevažne jemnozrnné až strednozrnné mafické horninové variety vo forme malých (s rozmermi cm až prvých m) teliesok. Už pri terénnom štúdiu týchto masívov sú najnápadnejšie tmavo sfarbené variety tvoriace enklávy/telesá rozličnej veľkosti a rôzneho tvaru. Už makroskopicky sa odlišujú od uvedených melanokratných horninových typov (typ a). Melanokratné hrubozrnné až veľkozrnné horniny, ktoré sa v tejto práci charakterizujú v skupine hornín a), autori, ktorí sa venovali jemnozrnným magmatickým enklávam (citácie uvádzam ďalej), hrubozrnné až veľkozrnné mafické horniny uvedené v bode a nekomentovali.

Takého uzavreniny sú známe prakticky zo všetkých variských granitových masívov Európy (citácie sú in Broska a Petrík, 1993). V Západných Karpatoch medzi ne možno zaradiť najmä fácie opísané Koutkom (1930) z prašivského typu granitov Nízkych Tatier, mafické skiality/šlíry (rekryštalizované útržky metamorfitov plášťa masívu) z Nízkych Tatier uvedené v práci Siegla (1976), ale aj enklávy v rochovskom telese (Határ et al., 1989).

Genetický aspekt do sledovanej problematiky v západokarpatskej literatúre zaviedol Petrík a Broska (1989), Broska a Petrík (1993) a po nich aj Hraško et al. (1998). Petrík a Broska (1989) genézu študovaných tmavých hornín v allanitovo-magnetitovom (typ I) tribečských tonalitov sledovali najmä v severnej časti Javorovho vrchu. Podľa týchto autorov (l. c.) tmavé horniny v tonalitoch predstavovali pôvodné globuly/kvapky mafickejšej magmy rýchlo stuhnuté (a preto jemnozrnné) v kyslejšom (chladnejšom) magmatickom prostredí. Kontrastné chemické zloženie a rozdielna teplota dvoch odlišných typov magmy podmienili jej nemiesiteľnosť a vykryštalizovanie v priestorovo oddelených telesách. Prakticky totožné závery o genéze mafických enkláv z kriedového rochovského granitu zverejnil Hraško et al. (1998), ktorí na základe výskytu K živca vysvetlili trend kryštalizácie globúl v rade kremitý diorit – monzonit – syenit. Tento trend nereprezentuje magmatický, ale metasomatický (biotitizácia) vývoj mafických globúl v granitovom prostredí. Tak MME majú zreteľný alkalický charakter podmienený prítomnosťou biotitu a K živcov. Autori dokumentovali zloženie biotitu a amfibolu mafických enkláv a zistili

zonalitu amfibolu – Mg hornblend v strede a aktinolit na okrajoch kryštálov. Genézu MME v zmysle uvedeného naposledy uviedol aj Petrík (2000) a Hraško et al. (1999) pri mafických enklávach v sihlianskom tonalite. O ich výskyte v základnom „tatranskom" type západokarpatských tonalitov sa zmieňuje aj Kohút et al. (1999).

Podľa Brosku a Petríka (1993) magmatické enklávy v Tribeči obsahujú 30–40 obj. % tmavých minerálov, zodpovedajú biotitickým a biotiticko-amfibolickým tonalitom a dioritom a sú diskovitého až bochníkovitého tvaru. Títo autori (l. c.) podobné mafické enklávy uviedli aj z tonalitov sihlianskeho typu od Hriňovej a Sihly, z prašivského typu granitu v oblasti Liptovskej Lužnej, z južných svahov masívu v Sopotnickej doline, ale aj z tonalitov Malej Fatry a z masívu Čiernej hory, a preto je logické predpokladať, že sa vyskytujú aj v ďalších masívoch variských tonalitov najmä typu I. Autori (l. c.) prezentovali aj niekoľko analýz enklávy (vrátane obsahu vybraných stopových prvkov) a okolitých tonalitov. Pre enklávy aj okolité tonality uviedli zvýšenú magnetickú susceptibilitu.

## Záver

Prakticky vo všetkých masívoch magmatitov granitovej série (z hľadiska sledovanej problematiky ich členenie na typ I, S a ďalšie nemá podstatnú úlohu) sa v centrálnej zóne (tatrikum a veporikum) Západných Karpát vyskytujú melanokratné uzavreniny rôznej zrnitosti, tvaru, veľkosti a vzťahu k prostrediu, ktoré ich obklopuje. Ich porovnanie v rámci rozličných masívov (pohorí) alebo syntéza ich problematiky doteraz neboli zverejnené.

Melanokratné (biotitické, biotiticko-amfibolické, amfibolické) telesá tvoria dve výrazne geneticky odlišné skupiny a zistenie prezentované v tejto práci možno prirovnať k známemu Readovmu *there are granites and granites...*"

a) Hrubozrnné až veľkozrnné (1–2, ojedinele až 3 cm) diority – meladiority – amfibolovce sa vyskytujú v zónach „hybridizácie", t. j. v okrajových častiach masívov, v ktorých sa okrem týchto telies vyskytujú aj rôzne prepracované xenolity metasedimentov (rúl, migmatitov) so všesmerne orientovanou stavbou aj v rámci jedného bloku a rovnomernou zrnitosťou. V prípade odkrytých väčších (dekametrových) telies sa vyvinuli rozličné zrnitostné fácie týchto hornín, ktoré v rámci dobre odkrytých telies v stredových častiach súčasne prechádzajú do strednozrnných až jemnozrnných bridličnatých amfibolitov. Vznikli zložitými palingénnorekryštalizačnometasomatickými procesmi z metabazitov (prevažne amfibolitov) v prostredí tavenín granitovo-tonalitového zloženia. V prípade až monominerálnych amfibolovcov sa zodpovedajúca živcová zložka v podobe apliticko-pegmatitických tavenín segregovala do hniezd až žíl (fototab. I/D). Telesá tohto typu dosahujú veľkosť metrov, ojedinele až desiatok metrov.

b) Jemnozrnné malé (veľké cm až desiatky cm, len ojedinele vyše 1 m) telesá plochého tvaru (diskovité až bochníkovité), zodpovedajú melatonalitom až kremitým dioritom, v menšej miere až dioritom. Ako tmavé minerály sa v rozličnom pomere vyskytuje biotit a iba v menšom množstve aj amfibol. Pozorovaný vývoj v smere k monzogranitom až syenitom je výsledkom postmagmatických (metasomatických) procesov, najmä biotitizácie a K feldšpatitizácie. Drobné telieska (xenolity) tohto typu predstavujú stuhnuté pôvodné „kvapky" bázickej magmatickej taveniny v prostredí magmy granitovej série (Petrík a Broska, 1989). Podľa Petríka a Brosku (l. c.) odlišné zloženie, teplota a fluidita spôsobili nízku miesivosť magiem a potom stuhnutie bázických porcií magmy vo forme jemnozrnných asociácií.

Aj napriek kontroverznosti K–Ar geochronologickej metódy amfiboly sledovaných hornín typu a) vykazujú spomedzi hornín tatroveporického kryštalinika najvyššie hodnoty (471 My pri amfibole gabra z Malých Karpát; Cambel et al., 1979, 690 My pri amfibole gabroamfibolitu z Malužinej; Cambel et al., 1980, a 492 My pri amfibole z gabra od Beňuše; Bagdasarjan et al., 1977). Podľa analógie s údajmi z literatúry pravdepodobne ide o „čiastočne zdedený" vek protolitu súčasných hrubozrnných hornín.

Výskyt xenolitov typu b) tejto práce vo variských aj alpínskych granitových telesách Západných Karpát dokumentuje v podstate zhodné podmienky ich generovania v spodnej kontinentálnej kôre, a to vo variskom i v alpínskom období.

V publikovaných geologických mapách v mierke 1 : 50 000 sa ako „diority" vyznačujú len niektoré telesá, a to výhradne typu a) tejto práce.

Celkom na záver si dovoľujem uviesť rečnícku otázku klasika petrografie magmatitov O. H. Erdmannsdörfera (1947), ktorú vyslovil na záver svojho štúdia dioritických hornín v Odenwalde: „Nun ist sicher, dass lokal amphibolite, Hornfelse usw. in Diorit umgewaldet werden. Die Frage ist aber: ist aller Diorit umgewaldetes Material?"

## Literatúra


Bagdasarjan, G. P., Cambel, B., Veselský, J., & Gukasjan, R. Ch., 1977: Kalij-argonovyje opredelenija vozrasta porod krystalličeskich kompleksov Zapadnych Karpat i predvariteľnaja interpretacija rezuľtatov. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 28, 2, 219–242.*

Barbarin, B., 1988: Field evidence for successive mixing and mingling between the Piolard diorite and the Saint-Julien-la Vetre monzogranite (Nord-Forez, Massif Central, France). *Canad. J. Geol. Sci., 25, 49–59.*

Barbarin, B., & Didier, J., 1992: Genesis and evolution of mafic microgranular enclaves through various type of interaction between coexisting felsic and mafic magmas. *Trans. Roy. Soc. Earth Sci., Edinburgh, 83, 145–153.*

Bender, J. F., Hanson, G. N., & Bence, A. E., 1982: The Cortland complex: Evidence for large-scale liquid immiscibility involving granodiorite and diorite magmas. *Earth planet. Sci. Lett. (Amsterdam), 58, 3, 330–344.*

Bezák, V., et al., 1999: Geologická mapa Slovenského rudohoria – západná časť, 1 : 50 000. *Bratislava, GÚDŠ.*

Biely, A., et al., 1992: Geologická mapa Nízkych Tatier, 1 : 50 000. *Bratislava, GÚDŠ.*

Broska, I., & Petrík, I., 1993: Magmatické enklávy vo variských granitoidoch Západných Karpát. *Mineralia Slov., 2, 104–108.*

Broska, I., Petrík, I., & Benko, P., 1997: Petrology of the Malá Fatra granitoid rocks (Western Carpathians, Slovakia). *Geol. Carpath., 48, 1, 27–37.*

Cambel, B., 1950: O metamorfizme kryštalinika Malých Karpát. *Geol. Zbor., 1, 167–184.*

Cambel, B., & Valach, J., 1956: Granitoidné horniny v Malých Karpatoch, ich geológia, petrografia a geochémia. *Geol. Práce, Zoš., 42, 115–268.*

Cambel, B., Bagdasarjan, G. P., Veselský, J., & Gukasjan, R. Ch., 1979: Novyje dannyje opredelenija vozrasta porod Slovakii rubidijstroncyjevym i kalij-argonovym metodami i vozmožnosti ich interpretaciji. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 30, 1, 45–60.*

Cambel, B., Bagdasarjan, G. P., Veselský, J., & Gukasjan, R. Ch., 1980: To problem of interpretation of nuclear-geochronological data on the age of crystalline rocks of the West Carpathians. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 31, 1–2, 27–48.*

Cambel, B., Medveď, J., & Pitoňák, P., 1981: Geochemie und Petrogenese dioritischer Gesteine der Kleinen Karpaten. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 32, 2, 189–220.*

Cambel, B., & Vilinovič, V., 1987: Geochémia a petrológia granitoidných hornín Malých Karpát. *Bratislava, Veda, 248.*

Cambel, B., & Kráľ, J., 1989: Isotopic geochronology of the Western Carpathian crystalline complex. The present status. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 36, 6, 683–701*

Didier, J., & Barbarin, B., eds., 1991: Enclaves and granite petrology. *Elsevier, 625.*

Erdmannsdorffer, O. H., 1947: Beiträge zur Petrographie des Odenwaldes. II. Die Diorite des Bergsträsser Odenwaldes und ihre Entstehungsweise. *Heidelberg. Beitr. Mineral. Petrogr., 1, 37–85.*

Ferštater, G. B., & Borodina, N. S., 1975: Petrology of autoliths in granitic rocks. *Int. Geol. Rev. (Washington), 19, 4, 458–468.*

Gorek, A., 1956: Geologická stavba Západných Tatier. *Geol. Zbor., 7, 1, 125–138.*

Határ, J., Hraško, Ľ., & Václav, J., 1989: Hidden granite intrusion near Rochovce with Mo (-W) stockwork mineralization. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 40, 5, 621–654.*

Hovorka, D., 1963: Kryštalinikum veporíd. *In: M. Kuthan et al. (eds.): Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000, list Zvolen, 132.*

Hraško, Ľ., Kotov, A. B., Salnikova, E. B., & Kovach, V. P., 1998: Enclaves in the Rochovce granite intrusion as indicators of the temperature and origin of the magma. *Geol. Carpath., 49, 2, 125–138.*

Hraško, Ľ., Bezák, V., & Broska, I., 1999: Sihla–Ipeľ granite stage in the frame of the Western Carpathian Hercynian magmatism. *Geol. Carpath., 50, Spec. Issue, 103–104.*

Chappell, B. W., & White, A. J. R., 1991: Restite enclaves and the restite model. *In: J. Didier & B. Barbarin (eds.): Enclaves and granite petrology. Elsevier, 375–381*

Kamenický, J., 1977: Geological-petrographical relations of granodiorites from Čierna Hora Mts. *Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol., 32, 81–110.*

Klinec, A., 1958: Kryštalinikum SV časti Malej Magury. *Geol. Práce, Spr., 12, 93–101*

Klinec, A., 1976: Geologická mapa Slovenského rudohoria a Nízkych Tatier, 1 : 50 000. *Bratislava, GÚDŠ.*

Kohút, M., Poller, U., Todt, W., Nabelek, P., & Janák, M., 1999: Na-rich and high-Al granitoid magma in the Tatra Mts. (Western Carpathians, Slovakia): Melting of the amphibolitic lower crust? *Geol. Carpath., 50, Spec. Issue, 107–109.*

Koutek, J., 1930: Geologické studie na severozápadě Nízkych Tater. *Sbor. St. geol. Úst. Čs. Republ., 9, 413–527*

Koutek, J., & Zoubek, V., 1936: Vysvětlivky ke geologické mapě v měř. 1 : 75 000, list Bratislava, 4758. *Knih. St. geol. Úst. Čs. Republ., 18, 150.*

Kráľ, J., 1997: $^{207}Pb/^{206}Pb$ and $^{40}Ar/^{39}Ar$ age data from plutonic rocks of the Strážovské vrchy Mts. basement, Western Carpathians. *In: P. Grecula, D. Hovorka & M. Putiš (eds.): Geological evolution of the Western Carpathians. Mineralia Slov. – Monogr., Bratislava, 253–260.*

Maheľ, M., 1981: Geologická mapa Strážovských vrchov, 1 : 50 000. *Bratislava, GÚDŠ.*

Mehnert, K. R., & Büsch, W., 1966: Dioritbildung durch Remobilisation. *Tschermaks mineral. petrogr. Mitt. TMPM, 11, 3–4, 246–265.*

Okrusch, M., 1963: Bedstandsaufnahme und Deutung dioritartiger Gesteine im südlichen Vorspessart. – Ein Beitrag zum Dioritproblem. *Geol. Bavarica, 51, 107*

Petrík, I., 2000: Multiple sources of the West-Carpathian Variscan granitoids: A review of Rb/Sr and Sm/Nd data. *Geol. Carpath., 51, 3, 145–158.*

Petrík, I., & Broska, I., 1989: Mafic enclaves in granitoid rocks of the Tribeč Mts., Western Carpathians: Geochemistry and petrology. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 40, 6, 667–696.*

Pitoňák, P., 1980: Problém „dioritov" Malých Karpát. [Diplomová práca.] *Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty UK, Bratislava, 86.*

Siegl, K., 1976: The structure of the Low Tatra pluton (West Carpathians). *Geol. Zbor. Geol. carpath., 27, 1, 149–164.*

Uher, P., Petrík, I., Kohút, M., & Ambruž, J., 2001: Dioritic rocks of the Western Carpathians. *In: I. Petrík, M. Kohút & I. Broska (eds.): Granitic plutonism of the Western Carpathians. Guide book to Eurogranites 2001. Bratislava, Veda, 39–43.*

Valach, J., 1955: Petrografické pomery okolia Tuhára. *Geol. Práce, Zpr., 3, 146–150.*

Zoubek, V., 1936a: Diority okolí Bratislavy jako příklad magmatické diferenciace *in situ*. *Věda přír., 17, 222–225.*

Zoubek, V., 1936b: Poznámky o krystaliniku Západních Karpat. *Věst. Stát. geol. Úst., 12, 207–227*

# Two diorite types in the Western Carpathians granitoids

In the magmatite bodies of the granite clan, namely in their external zones (= zones of hybridization) the bodies with the prevalence of dark rock-forming minerals (biotite, amphibole) prevailing over light ones are known to occur in the majority of Variscan as well as Alpine granite bodies. In the publications of authors in the past as well as in present they are described as: (a) diorites, meladiorites, gabbros and hornblendites, or (b) microgranular mafic enclaves (MME).

While the types described as (a) are mostly coarse-grained, massive, often even monomineral bodies of metres until decametres dimensions, the types grouped as (b) are fine-grained, small and their size is smaller than 1, rarely 2 metres. Based on the well observable spatial relation of bodies (a), where in their rims adjacent to granitic host rocks coarse-grained meladiorites/hornblendites are developed, in direction to the central parts they pass gradually to fine-grained schistose amphibolites. Based on this observation and thin sections studies, we rank discussed rocks among products of amphibolite recrystallization. The source of recrystallizations were Variscan and Alpine melts of granitic (s. l.) composition. From the point of cooling and crystallization of mineral associations of enclosing granites as well as melanocratic rocks they are contemporary. MME (type "b" of this paper) we consider to be a product of magma mingling of the intermediate/basic and granitic magmas. Differences in temperature of basic and acid magmas yelded the fine-grained appearance of mafic enclaves.

Mineralia Slovaca, 37 (2005), 503–512

# Mineralógia, petrológia a P-T podmienky kryštalizácie andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž formácie Lysá stráž – Oblík, východné Slovensko

KATARÍNA BÓNOVÁ

Katedra geológie a mineralógie Technickej univerzity Košice, Letná 9, 040 01 Košice
Katarina.Bonova@tuke.sk

*(Doručené 30. 7. 2004, revidovaná verzia doručená 11. 1. 2005)*

**Mineralogy, petrology and P-T conditions of magma crystallization of the andesite bodies Maliniak and Lysá stráž from Lysá stráž – Oblík formation, Eastern Slovakia**

Andesites from Maliniak and Lysá stráž hills (approx. 6 km N from Prešov) belong to Lysá stráž – Oblík Formation (Slanské vrchy Mts.). Four studied samples from these andesite bodies represent two different rock types: a pyroxenic-amphibole andesite with garnet from Maliniak hill and a hyperstene-amphibole andesite from Lysá stráž hill. Chemical composition of rock-forming minerals e. g. pyroxenes, amphiboles, plagioclases and garnet from the samples has been studied. The mineralogical and geochemical studies of these minerals suggest that the fractional crystallization, magma mixing and extensive contamination of mantle-derived magma could have participated on the resulting character of rocks. Intergrowth of rock-forming minerals imply that they are a magmatic equilibrium assemblage and therefore they can be used to quantify the temperature and pressure conditions of magma crystallization in this area. P-T conditions were stated at temperature interval from 810 to 940 °C and the pressure of magma crystallization is more than 8 kbar for Maliniak andesite body. The crystallization temperature is 896–996 °C and the pressure about 6–7 kbar for Lysá stráž andesite body. Obtained results suggest that andesite magma was probably generated at crustal/mantle boundary (locality Maliniak hill). Chemical composition of the primary garnet supports this assumption.

**Key words:** andesite, magma crystallization, geothermometry, Slanské vrchy Mts.

## Úvod

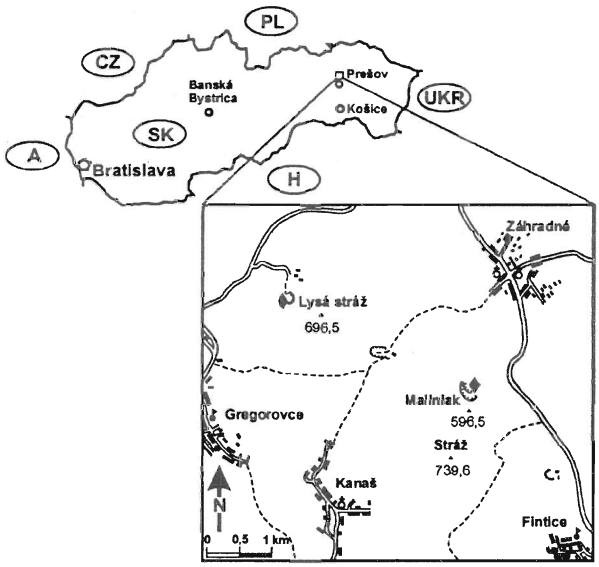
Andezity vulkanického areálu Slanských vrchov sú výsledkom vulkanickej činnosti vrcholiacej v spodnom až vrchnom sarmate na vnútornej strane karpatského oblúka. Podľa Lexu et al. (1993) ich na základe geochemických kritérií, priestorového a časového umiestnenia možno označiť za produkt bazaltovo-andezitového až andezitového vulkanizmu typu ostrovného oblúka. Z geotektonického hľadiska bol vznik vulkanizmu spätý s uzavretím pieninsko-magurského bazéna a s kompresným režimom, ktorý po ňom nasledoval (Lexa et al., 1993; Lexa a Kaličiak, 2000).

Vulkanity tzv. Prešovsko-tokajského pohoria (v súčasnosti nekodifikovaný a už nepoužívaný názov) vrátane andezitu z lokality Záhradné petrochemicky zhodnotil Šalát (1957) a petrograficky ich charakterizoval v roku 1955. Granáty sa detailne skúmali v neovulkanitoch Západných Karpát. Petrograficko-chemickou povahou granatického andezitu zo Záhradného sa zaoberal Zorkovský (1953) a za príčinu vzniku granátu v andezite pokladal autometamorfné procesy kryštalizujúcej magmy. Pôvod granátov v andezitových a ryolitových telesách na Slovensku riešil Brousse et al. (1972) a fyzikálne a chemické vlastnosti granátov aj od Záhradného študovala Iakabská et al. (1973). Distribúciou prvkov a zonálnosťou granátov v andezitových telesách západokarpatských neovulkanitov (vrátane granátov zo Záhradného) sa zaoberala Fediuková (1975a, b) a konštatovala, že kryštalizovali priamo z rodičovskej magmy. Výsledky chemického bádania spätého s morfografickým opisom a výskumom infračerveného spektra z oblasti Veľkého Šariša a Záhradného v súhrnnej práci o vlastnostiach granátov v západokarpatských neovulkanitoch podal Šalát et al. (1979) a dospel k záveru, že kryštalizovali priamo z magmy v nižšej časti kôry alebo vo vrchnej časti plášťa.

Podrobná petrografická charakteristika andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž sa v tejto štúdii spája s výskumom chemického zloženia hlavných minerálnych komponentov hornín (plagioklasu, amfibolu, pyroxénu a granátu) a na jeho základe sa definujú pravdepodobné procesy ovplyvňujúce genézu magmy. Cieľom štúdie je aj prezentácia nových výsledkov o P-T podmienkach kryštalizácie magmy v sledovanom území založenej na koexistencii výrastlíc primárneho granátu (vysoký obsah CaO, a to > 5 hm. %, nízky MnO, < 2 hm. %),na Ca bohatého plagioklasu a amfibolu alebo ortopyroxénu a klinopyroxénu.

## Geologická pozícia

Andezitové teleso Lysá stráž vystupuje asi 2,8 km na Z a Maliniak asi 2 km na JZ od Záhradného resp. 2,5 km na SZ od Fintíc (obr. 1). Obidve telesá sa zaraďujú medzi extruzívne telesá formácie Lysá stráž – Oblík, ktorá má smer ZSZ – VJV a ktorej južný okraj je približne 4 km na SSZ od severného cípu Slanských vrchov.




**Obr. 1.** Schematická mapa okolia andezitového telesa Lysá stráž a Maliniak formácie Lysá stráž – Oblík. ♦ – miesto odberu vzoriek.

**Fig. 1.** Sketch map of surrounding of Maliniak and Lysá stráž hills. ♦ – the sampling site.

Andezitové telesá Maliniak a Lysá stráž vystupujú v prostredí sedimentov vnútrokarpatského paleogénu a často ich výrazne kontaktne metamorfujú a deformujú (Kaličiak et al., 1988). Pre teleso Lysá stráž sú charakteristické extrúzie až lakolity hyperstenicko-amfibolického andezitu a pre Maliniak extrúzie pyroxenicko-amfibolického andezitu s granátom. Forma telies poukazuje na pomerne veľkú viskozitu andezitových tavenín, ktoré vystupovali na povrch pozdĺž zlomových systémov smeru SZ–JV. Mineralogickú a petrografickú charakteristiku hornín formácie Lysá stráž – Oblík podáva Žec (1989), Kaličiak (l. c.) a Kaličiak a Žec in Kaličiak et al. (1991).

## Metodika práce

Vzorky boli odobrané z lomových stien kameňolomov. Z každého telesa sa preštudovali a petrograficky opísali dva výbrusy (Ž-9 a LBŽ-1 z Lysej stráže a MBZ-1 a MBZ-2 z Maliniaka).

Leštené výbrusy sa mikroanalyticky merali v Rakúsku (Karl-Franzens-Universität Graz) elektrónovým mikroanalyzátorom skanovacieho elektrónového mikroskopu JEOL 6310 pri urýchľovacom napätí 15 kV pomocou týchto štandardov: Na – jadeit, Mg a Fe – granát, Mn – rodonit, K – adulár, Al – syntetický korund, Ca, Ti – titanit a Si – kremeň. Na stanovenie chemizmu minerálov sa použila elektrónová mikrosonda Cameca SX 100 (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave) a nasledujúce štandardy: K – ortoklas, Na – albit, Si a Ca – wollastonit, Al – $Al_2O_3$, Mg – MgO, Fe – hematit, Ti – $TiO_2$, Cr – chromit a Mn – rodonit pri urýchľovacom napätí 15 kV. Chemické analýzy minerálnych fáz znázorňuje tab. 1 – 4; analyzovali sa tri vzorky: LBŽ-1, MBZ-1 a MBZ-2.

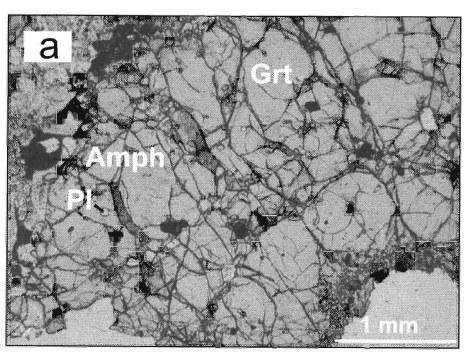
Teplotné podmienky kryštalizácie magmy v sledovanej oblasti sa vypočítali amfibolovo-plagioklasovým (Holland a Blundy, 1994) a dvojpyroxénovým termometrom (Wood a Banno, 1973; Lindsley, 1983). Teoretické hľadisko a spôsob využívania geotermobarometrie uvádza napr. Berman (1991), Bucher a Frey (1994), stručný prehľad geotermobarometrických systémov a aplikáciu geotermobarometrie aj Dyda (1995).

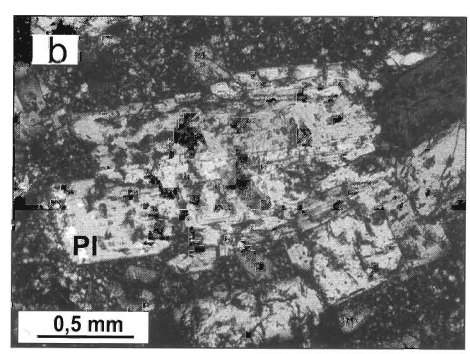
## Petrografická charakteristika

Podľa minerálneho zloženia študovaných andezitov možno rozlíšiť pyroxenicko-amfibolický andezit a pyroxenicko-amfibolický andezit s granátom.

1. *Pyroxenicko-amfibolický andezit* (Ž-9, LBŽ-1) obsahuje porfyrické výrastlice plagioklasu, pyroxénu a amfibolu variabilných rozmerov. Prevláda v ňom plagioklas a amfibol veľký do 2,5 mm a z akcesórií je zastúpený apatit, rutil, ilmenit a magnetit. Kalcit, limonit a chlorit reprezentujú sekundárne minerály. Má porfyrickú štruktúru s holokryštalickou – pilotaxitickou základnou hmotou, ktorú tvoria ihlicovité kryštály plagioklasu, pyroxénu a rudných minerálov.

Výrastlice plagioklasu sú často prerastené pyroxénmi aj amfibolmi, v hornine tvoria približne 25 % z celkového množstva výrastlíc a zložením zodpovedajú andezínu až




**Obr. 2. a** – časť výrastlice granátu s uzavreninami plagioklasu ohraničená reakčnou korónou plagioklasu ± amfibolu (vzorka MBZ-2). **b** – výrastlica plagioklasu so „sitovou" štruktúrou (vzorka MBZ-1).

**Fig. 2. a** – part of phenocryst of garnet with inclusions of plagioclase surrounded by a reaction corona of plagioclase ± amphibole (sample MBZ-2). **b** – phenocryst of plagioclase with "sieved" texture (sample MBZ-1).

labradoritu ($An_{47-58}$). Sú zonálne, idiomorfne až hypidiomorfne obmedzené a postihnuté slabou karbonatizáciou i chloritizáciou, ktorá sa najvýraznejšie prejavuje po plochách štiepateľnosti v strede zŕn. Zrná nie sú väčšie ako 2,5 mm. Výrastlice amfibolu dosahujú 0,6–1,5 mm, tvoria okolo 20 % horniny, sú hypidiomorfné, zriedka idiomorfné a po okrajoch silne resorbované, s výrazným opacitovým lemom. Lem tvoria zrniečka magnetitu. V štiepnych trhlinách, najmä v strede zŕn, sa prejavuje nápadná karbonatizácia a miestami chloritizácia. Pyroxény sú stĺpčekovité, idiomorfné a najčastejšie ich zastupuje hyperstén dorastajúci do veľkosti 1,6 mm. Pozdĺž štiepnych trhlín a po okrajoch sú postihnuté uralitizáciou a obsahujú uzavreniny v podobe rudných minerálov, apatitu a rutilu. V hornine tvoria okolo 10 %.

2. *Pyroxenicko-amfibolický andezit s granátom* (MBZ-1, MBZ-2). Podstatným minerálom je plagioklas, pyroxén a amfibol a v menšej miere je zastúpený granát. Karbonáty, chlorit a limonit sú sekundárne minerály a z akcesórií sa vyskytuje apatit, zirkón, ilmenit a magnetit. Štruktúra je porfyrická s holokryštalickou mikrohypidiomorfne zrnitou základnou hmotou. Nerovnako veľké výrastlice (do 2,7 mm) tvorí plagioklas, pyroxén a amfibol. V základnej hmote prevládajú kryštáliky plagioklasu, pyroxénu a rudný komponent, v menšej miere je zastúpený kremeň a tavenina.

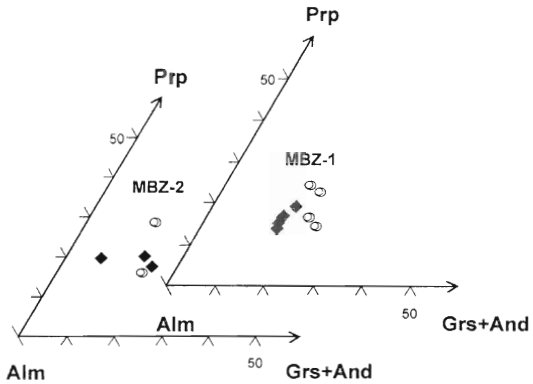
Výrastlice plagioklasu spolu s pyroxénom a amfibolom často vytvárajú glomerofyrické zhluky. Sú zonálne, najčastejšie hypidiomorfné, miestami idiomorfné a zložením zodpovedajú andezínu až labradoritu ($An_{34-53}$). Sú slabo karbonatizované, najvýraznejšie na plochách štiepateľnosti v strede zŕn. Po okrajoch sú pozorovateľné taveninové uzavreniny. Amfiboly sú hypidiomorfné, s výrazným opacitovým lemom. Typická dokonalá štiepateľnosť je významným nositeľom premeny amfibolov na zmes chloritu a karbonátu. Zrná obsahujú uzavreniny rudných minerálov a plagioklasu. Pozorovateľné sú dvojčatné zrasty. Amfiboly dorastajú do veľkosti 1,5 mm a tvoria cca 10 % horniny. Pyroxén zastupuje hlavne hyperstén a v menšej miere augit. Sú stĺpčekovité, s hypidiomorfným aj idiomorfným obmedzením. Veľkosť zŕn je variabilná – od 0,65 do 1,4 mm. Zrná sú výrazne – až do približne 80 % – karbonatizované. Kalcit vypĺňa najmä štiepne trhliny. Niektoré zrná sú v okrajových častiach čiastočne chloritizované, obsahujú uzavreniny rudných minerálov, apatitu a zirkónu a v hornine zaberajú okolo 10 %. Granát v hornine tvorí najväčšie výrastlice (až 5 mm), je intenzívne a nepravidelne rozpukaný a obsahuje uzavreniny ilmenitu, plagioklasov, apatitu a zirkónu. Najväčší (95 %)

Tab. 1
Chemické zloženie granátov andezitového telesa Maliniak (hmot. % oxidov)
Chemical composition of garnet from Maliniak hill (wt. %)

| Granát/Garnet | MBZ-1 | | | | | MBZ-2 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $1_j$ | $1_l$ | $1_j$ | $1_l$ | $1_j$ | $1_l$ | $1_j$ | $1_l$ | $1_j$ | $1_l$ | $1_j$ | $2_j$ | $2_l$ |
| $SiO_2$ | 37.89 | 38.81 | 37.57 | 37.82 | 37.49 | 37.61 | 37.71 | 38.51 | 37.68 | 37.67 | 38.64 | 37.57 | 38.02 |
| $TiO_2$ | 0.36 | 0.34 | 0.38 | 0.34 | 0.57 | 0.54 | 0.26 | 0.39 | 0.10 | 0.37 | 0.05 | 0.42 | 0.32 |
| $Al_2O_3$ | 20.59 | 21.14 | 20.78 | 20.92 | 20.55 | 21.05 | 20.72 | 20.97 | 21.07 | 20.46 | 21.52 | 20.39 | 20.33 |
| FeO | 30.10 | 27.66 | 29.59 | 28.73 | 27.90 | 28.71 | 29.59 | 27.30 | 32.86 | 29.08 | 26.37 | 29.86 | 29.54 |
| MnO | 1.53 | 1.13 | 1.92 | 1.56 | 1.58 | 1.81 | 1.34 | 1.15 | 0.98 | 1.74 | 1.69 | 1.76 | 2.06 |
| MgO | 3.79 | 5.82 | 4.25 | 4.29 | 4.81 | 4.23 | 4.48 | 5.76 | 4.56 | 4.12 | 6.18 | 4.26 | 4.18 |
| CaO | 5.39 | 5.19 | 5.00 | 5.63 | 5.13 | 5.84 | 5.15 | 5.48 | 2.26 | 5.50 | 5.33 | 5.12 | 5.28 |
| $Na_2O$ | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.07 | 0.02 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.09 | 0.06 | 0.04 | 0.03 |
| $K_2O$ | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Suma | 99.71 | 100.13 | 99.54 | 99.36 | 98.06 | 99.84 | 99.3 | 99.61 | 99.55 | 99.04 | 99.83 | 99.42 | 99.77 |
| Vypočítané na základe 12 O/Calculated on the basis 12 O | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 3.018 | 3.033 | 2.991 | 3.006 | 3.014 | 2.979 | 3.001 | 3.024 | 3.009 | 3.011 | 3.014 | 2.997 | 3.023 |
| Al | 1.933 | 1.947 | 1.950 | 1.960 | 1.947 | 1.965 | 1.944 | 1.941 | 1.983 | 1.928 | 1.978 | 1.917 | 1.905 |
| Ti | 0.022 | 0.020 | 0.023 | 0.020 | 0.034 | 0.032 | 0.016 | 0.023 | 0.006 | 0.022 | 0.003 | 0.025 | 0.019 |
| $Fe^{2+}$ | 1.906 | 1.718 | 1.872 | 1.815 | 1.782 | 1.807 | 1.930 | 1.704 | 2.085 | 1.847 | 1.634 | 1.893 | 1.866 |
| $Fe^{3+}$ | 0.100 | 0.090 | 0.098 | 0.095 | 0.094 | 0.095 | 0.040 | 0.090 | 0.110 | 0.097 | 0.086 | 0.099 | 0.098 |
| Mn | 0.103 | 0.075 | 0.129 | 0.105 | 0.108 | 0.121 | 0.090 | 0.076 | 0.066 | 0.118 | 0.112 | 0.119 | 0.139 |
| Mg | 0.450 | 0.678 | 0.504 | 0.508 | 0.576 | 0.499 | 0.532 | 0.674 | 0.543 | 0.491 | 0.719 | 0.507 | 0.495 |
| Ca | 0.460 | 0.435 | 0.427 | 0.479 | 0.442 | 0.496 | 0.439 | 0.461 | 0.193 | 0.471 | 0.445 | 0.438 | 0.450 |
| Na | 0.006 | 0.003 | 0.005 | 0.011 | 0.003 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.005 | 0.014 | 0.009 | 0.006 | 0.005 |
| K | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Suma | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Prp | 15 | 23 | 17 | 17 | 20 | 17 | 18 | 23 | 19 | 17 | 25 | 17 | 17 |
| Alm | 65 | 59 | 64 | 62 | 61 | 62 | 64 | 58 | 72 | 63 | 56 | 64 | 63 |
| Grs | 11 | 10 | 10 | 12 | 10 | 12 | 11 | 11 | 1 | 11 | 11 | 10 | 10 |
| Sps | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| Adr | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 6 | 5 | 4 | 5 | 5 |

Vysvetlivky: j – jadro zrna, l – lem zrna, rovnaké číslo označuje to isté zrno; MBZ-1, MBZ-2, LBŽ-1 vzorky. $Fe^{3+}$ stanovené podľa Knowlesa (1987)

Explanations: j – core of grain, l – rim of grain; the same number represents the same grain. MBZ-1, MBZ-2, LBŽ-1 samples. $Fe^{3+}$ – determined according Knowles (1987)




**Obr. 3.** Chemické zloženie granátov andezitového telesa Maliniak. ♦ – jadro, ○ – lem.

**Fig. 3.** Chemical composition of garnets from Maliniak Hill. ♦ – core, ○ – rim.

podiel v uzavreninách majú plagioklasy, ktoré zložením zodpovedajú labradoritu – bytownitu ($An_{65-76}$). Reakčnú korónu okolo granátu tvorí plagioklas ± amfibol (obr. 2a).

## Chemické zloženie minerálov

### Granát

Zloženie granátu zobrazujú variačné diagramy (obr. 3). Prevládajúcou zložkou je almandín, ktorého obsah sa pohybuje od 58 do 65 % (MBZ-1) a od 56 do 72 % (MBZ-2). Druhý je pyrop s 15–23 (MBZ-1) a 17–25 % (MBZ-2). Na zložení granátov sa zúčastňuje aj grossulár s 10–12 (MBZ-1) a 1–11 % (MBZ-2). Spessartín zaberá 2–5 % a andradit varíruje od 4 do 6 % v obidvoch vzorkách. Z uvedeného vyplýva, že granáty v andezitovom telese Maliniak sú almandínové a ich typickou vlastnosťou je zonálnosť. Jadro granátu je obohatené o Fe zložku (almandín; tab. 1), po okrajoch zrna rastie podiel pyropovej zložky a z jadra smerom k obvodu obsah grossuláru. Nevýrazná, ale nezanedbateľná je prítomnosť Ca zložky v kombinácii s $Fe^{3+}$ v jadre zrna (andradit). Mn zložka je variabilná a všeobecne je bohatšie zastúpená v jadre granátov. Vo vzorke MBZ-2 (dve zrná granátu v rámci výbrusu) na jednej z výrastlíc granátu (granát 2) nie je výrazná zonálnosť pozorovateľná. Fe zložka vedno s Mg zložkou sú zastúpené približne rovnako v jadre aj v periférnych zónach zrna, pričom lem zrna je len mierne obohatený o grossulárovú zložku. Nápadná zonálnosť sa prejavuje v granáte 1 vzorky MBZ-2, v ktorom obsah grossuláru od stredu zrna po okraj rastie od 1 do 11 %. Jadro je bohatšie o Fe zložku a smerom k okraju zrna stúpa podiel pyropového komponentu.

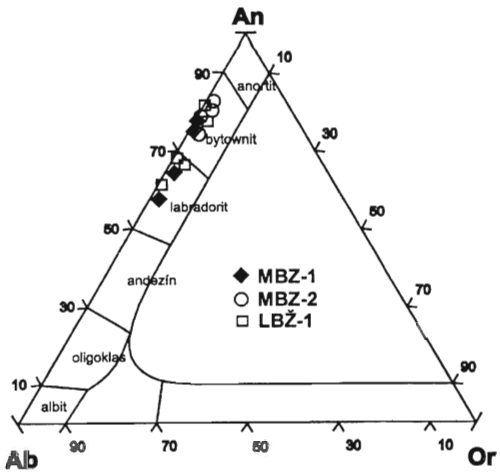
### Plagioklas

Variabilitu zloženia plagioklasov znázorňujú chemické analýzy v tab. 2. Vo vzorke MBZ-1 a MBZ-2 výrastlice plagioklasu zodpovedajú labradoritu až bytownitu v rozsahu $An_{61-77}$. Plagioklas uzavretý v granáte (v jadre i v periférnych častiach zrna) má rovnaké zloženie ($An_{67-76}$).

Tab. 2
Chemické zloženie plagioklasov andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž (hmot. % oxidov)
Chemical composition of plagioclases from Maliniak and Lysá stráž hills (wt. %)

| Plagioklas/Plagioclase | MBZ-1 | | | MBZ-2 | | | | | LBŽ-1 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 v Grt | 2 v Grt | 3 | 1 v Grt | 2 v Grt | 3 v Grt | 4 v mx | 5 | $l_1$ | $l_1$ | $l_1$ | $l_1$ | 2 v mx |
| $SiO_2$ | 50.63 | 47.91 | 51.80 | 50.08 | 49.77 | 48.08 | 47.76 | 47.62 | 46.00 | 47.06 | 50.91 | 50.60 | 54.56 |
| $TiO_2$ | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.06 | 0.00 | 0.05 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| $Al_2O_3$ | 30.50 | 32.19 | 29.23 | 31.48 | 31.77 | 31.23 | 31.48 | 31.43 | 34.41 | 33.14 | 30.65 | 30.93 | 28.33 |
| FeO | 0.18 | 0.22 | 0.62 | 0.34 | 0.60 | 0.28 | 0.05 | 0.06 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.18 | 0.16 |
| MnO | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.07 | 0.00 | 0.08 | 0.06 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 |
| MgO | 0.00 | 0.04 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| CaO | 13.39 | 15.16 | 12.28 | 14.55 | 14.43 | 14.26 | 15.00 | 15.11 | 18.25 | 17.18 | 14.24 | 14.19 | 11.14 |
| $Na_2O$ | 3.55 | 2.55 | 4.23 | 2.68 | 2.58 | 2.60 | 2.35 | 2.47 | 1.38 | 1.84 | 3.44 | 3.39 | 5.04 |
| $K_2O$ | 0.09 | 0.05 | 0.21 | 0.02 | 0.08 | 0.10 | 0.03 | 0.00 | 0.04 | 0.06 | 0.14 | 0.13 | 0.23 |
| Suma | 98.36 | 98.14 | 98.49 | 99.28 | 99.23 | 96.68 | 96.76 | 96.70 | 100.2 | 99.41 | 99.52 | 99.49 | 99.46 |
| Vypočítané na základe 8 O/Calculated on the basis 8 O | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 2.339 | 2.232 | 2.391 | 2.297 | 2.285 | 2.268 | 2.252 | 2.248 | 2.116 | 2.176 | 2.330 | 2.317 | 2.480 |
| Al | 1.660 | 1.767 | 1.590 | 1.702 | 1.719 | 1.736 | 1.749 | 1.749 | 1.866 | 1.806 | 1.653 | 1.669 | 1.514 |
| Ti | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.000 | 0.002 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Fe | 0.007 | 0.009 | 0.024 | 0.013 | 0.023 | 0.011 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.005 | 0.006 | 0.007 | 0.006 |
| Mn | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.002 | 0.000 | 0.003 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mg | 0.000 | 0.003 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.000 |
| Ca | 0.663 | 0.757 | 0.607 | 0.715 | 0.710 | 0.721 | 0.758 | 0.764 | 0.899 | 0.851 | 0.698 | 0.699 | 0.542 |
| Na | 0.318 | 0.230 | 0.378 | 0.238 | 0.230 | 0.238 | 0.215 | 0.226 | 0.123 | 0.165 | 0.305 | 0.301 | 0.443 |
| K | 0.005 | 0.003 | 0.012 | 0.001 | 0.005 | 0.006 | 0.002 | 0.000 | 0.003 | 0.003 | 0.008 | 0.007 | 0.013 |
| Suma | 4.990 | 5.001 | 5.010 | 4.970 | 4.970 | 4.980 | 4.980 | 4.990 | 5.007 | 5.006 | 5 | 5.003 | 4.998 |
| Ab | 32 | 23 | 38 | 25 | 24 | 25 | 22 | 23 | 12 | 16 | 30 | 30 | 44 |
| An | 67 | 77 | 61 | 75 | 76 | 74 | 78 | 77 | 88 | 84 | 69 | 69 | 54 |
| Or | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |

Vysvetlivky: mx – matrix, ostatné skratky ako v tab. 1
Explanations: mx – matrix, the other abbreviations as in Tab. 1




**Obr. 4.** Chemické zloženie plagioklasov andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž.

**Fig. 4.** Chemical composition of plagioclases from Maliniak and Lysá stráž hills.

Labradorit a bytownit sa vyskytujú aj v mikrolitoch základnej hmoty s $An_{65-78}$ zastúpením. Pre vzorku LBŽ-1 je typická prítomnosť zonálnych výrastlíc plagioklasov. Jadrá výrastlíc sú bázickejšie ($An_{84-88}$, t. j. bytownit), ale smerom k okrajom bázicita klesá ($An_{69}$, t. j. labradorit). Mikrolity základnej hmoty zodpovedajú labradoritu ($An_{54}$). Variačný diagram (obr. 4) znázorňuje chemizmus plagioklasov všetkých študovaných vzoriek.

## Amfibol

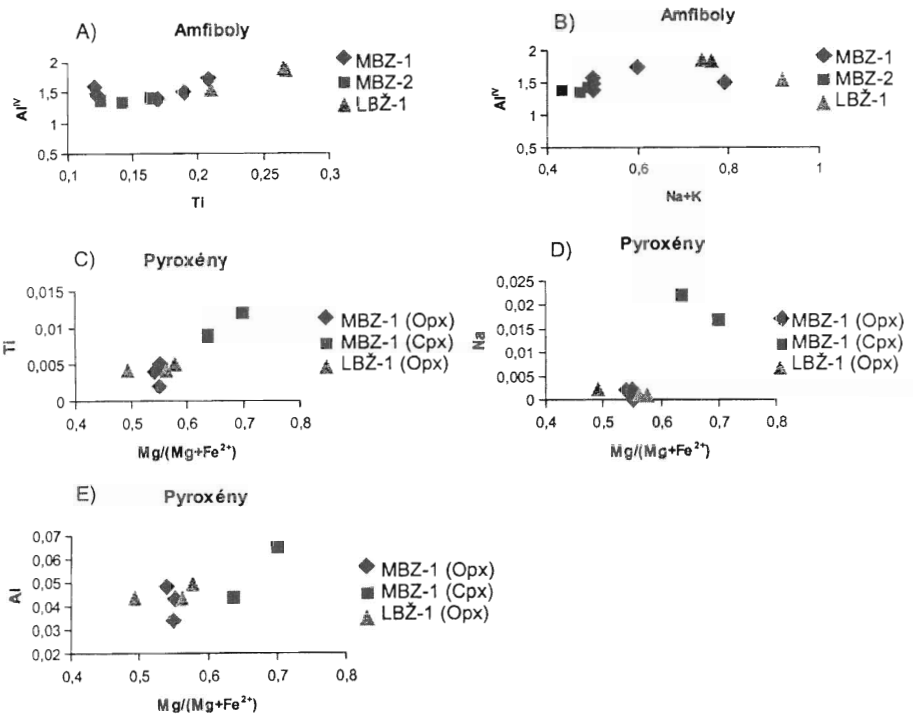
Zloženie amfibolu analyzovaných vzoriek uvádza tab. 3. Podľa klasifikačného kritéria Leaka et al. (1997) možno amfiboly v analyzovanej vzorke MBZ-1 zaradiť medzi vápenaté amfiboly. Obsah (Na + K)A < 0,5, $Ca_B$ > 1,50, Ti = 0,120–0,208, Si = 6,433–6,609 a Mg/(Mg + $Fe^{2+}$) = 0,5762–0,6985 zodpovedá magneziohornblendu, tschermakitu a pargasitu. Vo vzorke MBZ-2 sa zloženie výrazne neodlišuje: $(Na + K)_A$ < 0,5, $Ca_B$ ~ 1,50, Ti = 0,124–0,164. Obsah Si sa pohybuje od 6,623 do 6,672 a Mg/(Mg + $Fe^{2+}$) = 0,6522–0,7104, čiže analyzované amfiboly predstavujú magneziohornblend. Zloženie amfibolu vo vzorke LBŽ-1, kde $(Na + K)_A$ > 0,5, $Ca_B$ > 1,50, Ti = 0,210–0,268, tiež poukazuje na výskyt vápenatých amfibolov v hornine tým, že obsah Si je nižší. Si sa pohybuje v intervale 6,115–6,471 a podiel Mg/(Mg + $Fe^{2+}$) = 0,6496–0,7552 ako vo vzorke MBZ-1 a MBZ-2. Podľa vzťahu $Al^{IV}$ < $Fe^{3+}$ všetky analyzované amfiboly vzorky LBŽ-1 zodpovedajú magneziohastingsitu.

Z diagramov $Al^{IV}$ vs. Ti (obr. 5a) a $Al^{IV}$ vs. Na + K (obr. 5b) rezultuje pozitívna korelácia medzi sledovanými prvkami.

Tab. 3
Chemické zloženie amfibolov andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž (hmot. % oxidov)
Chemical composition of amphiboles from Maliniak and Lysá stráž hills (wt. %)

| Amfibol/Amphibole | MBZ-1 | | | | | MBZ-2 | | | LBŽ-1 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 v mx | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| $SiO_2$ | 42,71 | 42,67 | 42,35 | 44,22 | 42,08 | 44,54 | 44,21 | 43,93 | 41,95 | 43,57 | 42,35 |
| $TiO_2$ | 1,06 | 1,64 | 1,05 | 1,49 | 1,86 | 1,27 | 1,10 | 1,46 | 2,40 | 1,88 | 2,44 |
| $Al_2O_3$ | 11,14 | 11,48 | 11,80 | 10,27 | 13,93 | 10,53 | 10,52 | 10,93 | 12,62 | 9,89 | 12,76 |
| $Cr_2O_3$ | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,10 | 0,10 | 0,11 |
| FeO | 18,76 | 14,53 | 18,66 | 16,46 | 13,36 | 17,40 | 15,53 | 16,88 | 12,20 | 15,51 | 12,10 |
| MnO | 0,38 | 0,18 | 0,40 | 0,21 | 0,16 | 0,31 | 0,32 | 0,31 | 0,19 | 0,27 | 0,15 |
| MgO | 9,51 | 11,34 | 9,52 | 11,54 | 11,67 | 11,18 | 11,98 | 11,00 | 13,71 | 12,52 | 13,79 |
| CaO | 9,06 | 9,89 | 9,16 | 9,33 | 10,05 | 8,28 | 8,97 | 8,97 | 10,94 | 10,51 | 10,93 |
| $Na_2O$ | 1,42 | 2,45 | 1,42 | 1,51 | 1,79 | 1,50 | 1,28 | 1,51 | 2,28 | 2,91 | 2,39 |
| $K_2O$ | 0,42 | 0,34 | 0,43 | 0,34 | 0,39 | 0,20 | 0,32 | 0,29 | 0,49 | 0,42 | 0,47 |
| Suma | 94,45 | 94,51 | 94,78 | 95,34 | 95,29 | 95,20 | 94,22 | 95,28 | 96,89 | 97,56 | 97,47 |
| Vypočítané na základe 23 O/Calculated on the basis 23 O | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,516 | 6,493 | 6,433 | 6,609 | 6,264 | 6,639 | 6,623 | 6,672 | 6,115 | 6,471 | 6,175 |
| $Al^{IV}$ | 1,484 | 1,507 | 1,567 | 1,391 | 1,736 | 1,361 | 1,377 | 1,428 | 1,845 | 1,529 | 1,825 |
| $Al^{VI}$ | 0,518 | 0,550 | 0,544 | 0,417 | 0,706 | 0,488 | 0,48 | 0,498 | 0,336 | 0,200 | 0,366 |
| Ti | 0,122 | 0,188 | 0,120 | 0,168 | 0,208 | 0,142 | 0,124 | 0,164 | 0,265 | 0,210 | 0,268 |
| Cr | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,012 | 0,012 | 0,013 |
| $Fe^{2+}$ | 1,591 | 1,431 | 1,550 | 1,313 | 1,118 | 1,209 | 1,091 | 1,308 | 0,972 | 1,495 | 1,008 |
| $Fe^{3+}$ | 0,803 | 0,418 | 0,821 | 0,745 | 0,545 | 0,960 | 0,855 | 0,805 | 0,525 | 0,431 | 0,468 |
| Mn | 0,049 | 0,023 | 0,051 | 0,027 | 0,020 | 0,039 | 0,041 | 0,039 | 0,024 | 0,034 | 0,018 |
| Mg | 2,163 | 2,572 | 2,156 | 2,571 | 2,590 | 2,484 | 2,676 | 2,453 | 2,999 | 2,772 | 2,997 |
| Ca | 1,481 | 1,612 | 1,491 | 1,494 | 1,603 | 1,322 | 1,440 | 1,438 | 1,720 | 1,672 | 1,707 |
| Na | 0,420 | 0,723 | 0,418 | 0,438 | 0,517 | 0,434 | 0,372 | 0,438 | 0,649 | 0,838 | 0,675 |
| K | 0,082 | 0,066 | 0,083 | 0,065 | 0,081 | 0,038 | 0,061 | 0,055 | 0,092 | 0,080 | 0,687 |
| Suma | 15,229 | 15,584 | 15,233 | 15,038 | 15,381 | 15,117 | 15,139 | 15,198 | 15,592 | 15,744 | 15,608 |
| Mg/(Mg + $Fe^{2+}$) | 0,5762 | 0,6425 | 0,5818 | 0,6619 | 0,6985 | 0,6726 | 0,7104 | 0,6522 | 0,7552 | 0,6496 | 0,7483 |

Vysvetlivky: mx – matrix, ostatné skratky ako v tab. 1
Explanations: mx – matrix, the other abbreviations as in Tab. 1




**Obr. 5.** A – diagram $Al^{IV}$ vs. Ti amfibolov, B – diagram $Al^{IV}$ vs. Na + K amfibolov, C – diagram $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ vs. Ti pyroxénov, D – diagram $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ vs. Na pyroxénov, E – diagram $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ vs. Al pyroxénov

**Fig. 5.** A – $Al^{IV}$ vs. Ti variation diagram for amphiboles, B – $Al^{IV}$ vs. Na + K variation diagram for amphiboles, C – $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ vs. Ti variation diagram for pyroxenes, D – $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ vs. Na variation diagram for pyroxenes, E – $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ vs. Al variation diagram for pyroxenes.

Tab. 4
Chemické zloženie pyroxénov andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž (hmot. % oxidov)
Chemical composition of pyroxenes from Maliniak and Lysá stráž hills (wt. %)

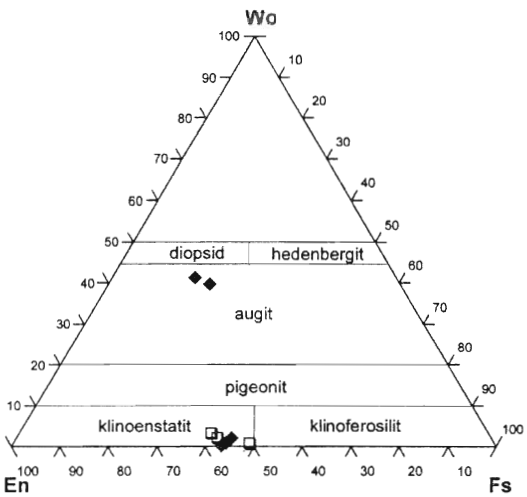
| Pyroxén/Pyroxene | MBZ-1 | | | | | LBŽ-1 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $opx_1$ | $opx_2$ | $opx_3$ | $cpx_{1-1}$ | $cpx_{1-1}$ | $opx_1$ | $opx_2$ | $opx_3$ |
| $SiO_2$ | 50.99 | 51.12 | 51.09 | 53.19 | 51.75 | 51.88 | 51.64 | 50.70 |
| $TiO_2$ | 0.16 | 0.07 | 0.15 | 0.30 | 0.41 | 0.18 | 0.15 | 0.14 |
| $Al_2O_3$ | 0.96 | 0.76 | 1.07 | 0.99 | 1.46 | 1.11 | 0.96 | 0.93 |
| $Cr_2O_3$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.04 | 0.04 |
| FeO | 27.12 | 27.31 | 27.51 | 13.0 | 10.90 | 25.36 | 26.36 | 29.95 |
| MnO | 0.66 | 0.61 | 0.55 | 0.30 | 0.35 | 0.65 | 0.64 | 0.86 |
| MgO | 18.88 | 18.77 | 18.13 | 12.84 | 14.26 | 19.46 | 19.01 | 16.34 |
| CaO | 0.52 | 0.64 | 1.23 | 18.70 | 19.80 | 1.13 | 1.07 | 0.84 |
| $Na_2O$ | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.30 | 0.23 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| $K_2O$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Suma | 99.30 | 99.31 | 99.77 | 99.62 | 99.16 | 99.81 | 99.87 | 99.82 |
| Vypočítané na základe 6 O/Calculated on the basis 6 O | | | | | | | | |
| Si | 1.957 | 1.963 | 1.958 | 2.017 | 1.951 | 1.970 | 1.967 | 1.969 |
| Al | 0.043 | 0.034 | 0.048 | 0.044 | 0.065 | 0.049 | 0.043 | 0.043 |
| Ti | 0.005 | 0.002 | 0.004 | 0.009 | 0.012 | 0.005 | 0.004 | 0.004 |
| Cr | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| $Fe^{2+}$ | 0.871 | 0.877 | 0.882 | 0.412 | 0.344 | 0.805 | 0.840 | 0.973 |
| Mn | 0.021 | 0.020 | 0.018 | 0.010 | 0.011 | 0.021 | 0.021 | 0.028 |
| Mg | 1.080 | 1.075 | 1.036 | 0.726 | 0.801 | 1.102 | 1.080 | 0.946 |
| Ca | 0.021 | 0.026 | 0.051 | 0.760 | 0.800 | 0.046 | 0.046 | 0.035 |
| Na | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.022 | 0.017 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |
| K | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Suma | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.01 | 4 | 4 | 4 |
| Fs | 44 | 44 | 45 | 23 | 18 | 41 | 43 | 50 |
| En | 55 | 54 | 52 | 38 | 41 | 57 | 55 | 48 |
| Wo | 1 | 2 | 3 | 39 | 41 | 2 | 2 | 2 |
| $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ | 0.5536 | 0.5507 | 0.5402 | 0.6380 | 0.6995 | 0.5777 | 0.5625 | 0.4930 |

Vysvetlivky: Skratky pri tab. 1
Explanations: The shorts as in Tab. 1

### Pyroxén

Chemické analýzy pyroxénov (tab. 4) znázorňuje diagram Wo-En-Fs (obr. 6). Pre ortopyroxény je charakteristický vysoký podiel Fe zložky a zložením zodpovedajú hypersténu (MBZ-1 a LBŽ-1). Analýzy klinopyroxénov vo vzorke MBZ-1 poukazuje na prítomnosť augitu. Augit je pomerne bohatý na Mg (podobný obsah Mg majú ortopyroxény), pričom podiel Mg zložky stúpa smerom k okraju.

Z diagramu $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ vs. Ti (obr. 5c) a $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ vs. Na (obr. 5d) vyplýva nízka variabilita obsahu sledovaných prvkov v ortopyroxénoch vo vzťahu k horčíkovému číslu, kým v klinopyroxénoch ich obsah stúpa. V diagrame $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ vs. Al (obr. 5e) možno sledovať iba mierny vzostup Al v klinopyroxénoch v porovnaní s ortopyroxénmi.




**Obr. 6.** Chemické zloženie pyroxénov andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž (v klasifikácii podľa Morimota, 1988). Značky ako pri obr. 4.

**Fig. 6.** Chemical composition of pyroxenes from Maliniak and Lysá stráž hills (classification according to Morimoto, 1988). Symbols like in Fig. 4.

## P-T podmienky

Podmienky kryštalizácie magmy v Slanských vrchoch skúmal Žec (1992). Podľa jeho prepočtov metódami Wooda a Banna (1973) resp. Wellsa (1977) pre rovnovážnu koexistenciu augitovo-hypersténového páru kryštalizácia bazaltoidných andezitov (lávové prúdy stratovulkánu Bogota) prebehla v teplotnom intervale 934–1104 °C. Údaje o tlakových podmienkach kryštalizácie magmy v Slanských vrchoch zatiaľ chýbajú.

Na výpočet teploty sa využívajú vzájomné vzťahy koexistujúcich pyroxénov – augitu (stred zrna) a hypersténu, ktoré sa brali do úvahy na základe relatívne rovnakých časových a tlakových podmienok kryštalizácie. Podľa Wooda a Banna (1973) sa získané údaje pohybujú od 935 do 938 °C a podľa grafického dvojpyroxénového termometra (Lindsley, 1983) kryštalizácia prebehla pri teplote ~940 °C. Tieto numerické odhady reprezentujú teplotu kryštalizácie magmy z lokality Maliniak (MBZ-1, MBZ-2).

Amfibolovo-plagioklasový termometer Hollanda a Blundyho (1994) využíva zloženie plagioklasu $X_{Ab}$ = 0,23–0,32, tlak 8–10 kbar spolu s amfibolom s vysokým podielom $Al^{IV}$, udáva rovnovážnu teplotu 810–894 °C pri vzorke MBZ-1 a 815–890 °C pri MBZ-2. Rovnakým termometrom sa zistila teplota kryštalizácie 896–996 °C pri tlaku 6–7 kbar a zložení plagioklasu $X_{Ab}$ = 0,16–0,30 pri vzorke LBŽ-1.

## Diskusia

### Pôvod granátov vo vulkanických horninách

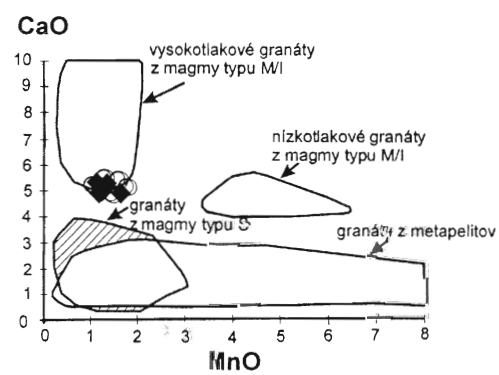
Granáty vo vulkanických horninách môžu byť produktom (1) kryštalizácie z primárnej magmy alebo (2) reprezentujú xenokrysty derivované z okolitých hornín prípadne restit.

Mineralogická a geochemická charakteristika granátov andezitového telesa Maliniak predpokladá ich primárny magmatický pôvod. Obsahujú rovnaké inklúzie ako ostatné výrastlice horniny a plagioklasy vystupujúce v podobe uzavrenín v granáte majú identické zloženie ako výrastlice plagioklasov.

Podľa Greena (1992) magmu s obsahom almandínu možno pokladať za taveninu typu S, I alebo M. Tavenina typu S vzniká anatexiou metapelitických hornín. Almandín sa objavuje aj v magme typu I, kde sa tavenina tvorí parciálnym tavením vyvretých hornín v kôre, a tavenina typu M vzniká vo vrchnom plášti. Almandín s vysokým obsahom CaO (> 5 hm. %) a s nízkym MnO (< 2 hm. %) sa derivuje z plášťovej magmy alebo z magmy typu I. S poklesom tlaku stúpa obsah MnO (> 3 hm. %), kým obsah CaO zostáva relatívne vysoký (> 4 hm. %; l. c.). Zloženie granátu z andezitového telesa Maliniak je konzistentné s kryštalizáciou magmy typu M/I vo vyššom tlaku, pravdepodobne až na hranici plášť/kôra (obr. 7). Vysoký obsah grossuláru (> 10 obj. %) je v súlade s vysokotlakovou (> 7 kbar) kryštalizáciou granátu (Green, 1992). Kryštalizáciu v tomto type magmy rovnako indikuje aj plagioklas bohatý na Ca.

### Procesy ovplyvňujúce genézu magmy

Podľa Gilla (1981) je pokles Al, Ti a Na od augitov (klinopyroxénov) po ortopyroxény typickým fenoménom




**Obr. 7.** CaO vs. MnO diagram (podľa Harangiho et al., 2001) pre granáty andezitového telesa Maliniak. Symboly ako pri obr. 3.

**Fig. 7.** CaO vs. MnO diagram (according to Harangi et al., 2001) for garnets from Maliniak hill. Symbols like in Fig. 3.

súvisiacim s kryštalochemickými procesmi. Nízky obsah Ti a Na v ortopyroxénoch v porovnaní s klinopyroxénmi s týmto faktom úplne korešponduje. Nízky obsah Ti a $Al^{IV}$ v pyroxénoch intermediárnych hornín pravdepodobne spôsobuje frakčná kryštalizácia fáz bohatých na Ti (Bédard et al., 1988). V prípade andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž zrejme korešponduje s kryštalizáciou ilmenitu, ktorý sa zúčastňuje na uzavreninách výrastlíc a zároveň je bohato zastúpený aj v matrixe. Pozitívna korelácia medzi $Al^{IV}$ vs. Ti (obr. 5a) a $Al^{IV}$ vs. Na + K (obr. 5b) v amfiboloch andezitu zároveň indikuje kryštalizáciu v podmienkach klesajúcej teploty a tlaku (Green, 1992).

Na mixing magiem ako na ďalší jav ovplyvňujúci výsledný charakter študovaných hornín poukazuje „sitová" štruktúra v plagioklasoch (obr. 2b) a zonálnosť klinopyroxénov. „Sitová" štruktúra je typická pre veľké výrastlice plagioklasov všetkých vzoriek a v niektorých prípadoch sa objavuje v zónach. Tsuchiyama (1985) ju interpretuje ako nerovnovážny stav medzi výrastlicou plagioklasu a okolitou (horúcejšou) taveninou, ktorej vysoká teplota vedie k vzniku drsného povrchu korodovaného plagioklasu a k tvorbe „sitovej" štruktúry vypĺňanej taveninou. Autor (l. c.) zároveň pripúšťa, že „sitová" štruktúra môže byť výsledkom asimilácie kôrových xenolitov. Prítomnosť takejto štruktúry v plagioklasoch môže vypovedať aj o náhlom výstupe magmy na povrch (Pearce et al., 1987). K takejto alternatíve sa možno prikloniť pri vzorke andezitu z Lysej stráže, lebo iný dôkaz o mixingu magiem v hornine z tejto lokality nie je.

Na narastanie Mg pyroxénu na Fe pyroxén ako na dôkaz mixingu magmy poukázal napr. O'Brien et al. (1988). Pri resorpcii sa zloženie jestvujúceho pyroxénu mení reakciou s magmou v snahe nadobudnúť rovnováhu. Zonálnosťou klinopyroxénov (väčšie Mg číslo na okraji pyroxénu ako v jadre) ako prejavom mixingu magiem sa zaoberá aj Nakagawa et al. (2002).

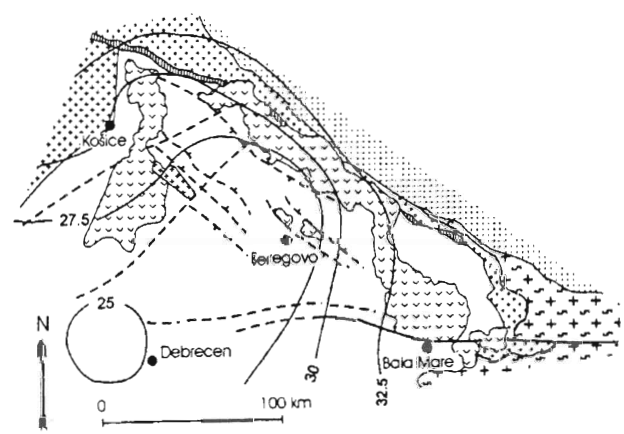
Chemické zloženie vulkanitov formácie Lysá stráž – Oblík (cf. Kaličiak a Žec in Kaličiak et al., 1991) a vzťah A/CNK > 1 poukazujú na peraluminózny charakter týchto hornín. Peraluminózne andezity môže formovať anatexia metapelitov alebo výrazná kontaminácia z plášťa derivovanej magmy. V prípade andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž prichádza do úvahy druhá možnosť – chemizmus granátov (vysoký obsah CaO a nízky obsah MnO) a deficit minerálov príznačných pre magmu typu S. Slabo peraluminózna magma sa môže uvoľňovať z metaluminóznej magmy vysokotlakovou frakcionáciou klinopyroxénu a amfibolu (Conrad et al., 1988). Pri umiestňovaní môže magmu lokálne modifikovať reakcia s okolitou horninou pelitickej povahy, a tak môže nadobudnúť konverznú povahu (Ishihara a Sasaki, 1989).

## P-T podmienky

Chemické zloženie granátov a koexistujúcich minerálov indikuje ich kryštalizáciu pri vysokej teplote a tlaku. Prerastanie týchto minerálov predpokladá ich magmatickú rovnováhu, čím umožňuje stanovovať P-T podmienky, za ktorých kryštalizovali.

Rovnovážne fázy taveniny a aplikované termometre indikujú, že sa granáty vo vulkanitoch andezitového telesa Maliniak spolu s koexistujúcimi minerálmi (amfibolom a plagioklasom) mohli formovať v teplotnom intervale 810–894 °C a pri tlaku vyššom ako 8 kbar. Podľa Greena (1992) je minerálne zloženie granát + plagioklas + amfibol v dacitovej magme stabilné pri 8–13 kbar a teplote 820–920 °C s 5 hm. % obsahom vody. Podľa Conrada et al. (1988) sa prítomnosť plagioklasu, amfibolu a absencia kremeňa v dacitovej magme viažu na obsah vody približne 5 hm. % pri teplote nad 800 °C, pričom vyšší obsah vody bráni kryštalizácii plagioklasu, kým nižší neumožňuje kryštalizáciu amfibolu. Pri $\alpha H_2O$~0,50 a teplote 900 °C sa v magme dacitového zloženia vyskytujú iba ortopyroxény a klinopyroxény. Dvojpyroxénová paragenéza s plagioklasom sa v magme tohto zloženia objavuje pri $\alpha H_2O$~0,25 a pri teplote 950 °C (l. c.). Odhady teploty dvojpyroxénovou termometriou indikujú relatívne skoršiu kryštalizáciu pyroxénov a vysoký obsah Wo zložky v klinopyroxéne a nízky v ortopyroxéne spolu so zvýšeným obsahom FeO v plagioklase (0,62 hm. %) vo vzorke MBZ-1 zároveň indikuje deriváciu spomenutej minerálnej asociácie v relatívne vyšších teplotných podmienkach (cf. Nakagawa et al., 2002).

Získané výsledky korešpondujú s výsledkami Harangiho et al. (2001), ktorí vo výpočtoch využili koexistenciu granátu, amfibolu a plagioklasu a na tomto základe stanovili kryštalizáciu primárneho almandínu vo vulkanitoch panónskeho bazéna na 7–12 kbar, čo zodpovedá hĺbke 25–35 km. Hrúbka kôry pod touto oblasťou varíruje od 28 do 32 km (obr. 8) (cf. Šefara et al., 1996) a táto hĺbka korešponduje s hranicou kôry/plášťa. Použitím amfibolovo-plagioklasového termometra podľa Hollanda a Blundyho (1994) magma kryštalizovala pri teplote 840–940 °C a tlaku 7–8 kbar. Termometer Ferryho a Speara (1978) využíva koexistenciu granátovo-biotitového páru, na základe ktorého sa teplota kryštalizácie magmy stanovila na 730–880 °C. Nižšiu teplotu udáva termometer Holdawaya et al. (1997), využívajúci koexistenciu rovnakého páru (s korekciou pre obsah Mn a Ca v granáte a $Al^{VI}$ a Ti v biotite) v intervale 700–780 °C (l. c).




**Obr. 8.** Hrúbka kôry v km (prevzaté od Šefaru et al., 1996).
**Fig. 8.** Crustal thickness in km (according to Šefara et al., 1996).

Kedže v našom prípade ide o horniny s obsahom granátu, mohli sa formovať v hlbšej časti spodnej kôry až na hranici s plášťom. Pôvod primárnej magmy v tejto časti kôry odráža chemické zloženie granátu. Vysoký obsah CaO (> 5 hm. %) a opačná Fe-Mg zonálnosť odráža kryštalizáciu v pomerne vysokom tlaku.

Oblasť generovania magmy nie je gravitačne stabilná. Takada (1994) navrhuje niekoľko úrovní na umiestnenie rezervoárov silikátovej taveniny. Hlbšiu predstavuje úroveň generovania magmy, plytšia poukazuje na ekvilibrizáciu hustoty medzi magmou a okolím (úroveň neutrálneho vztlaku), pričom rýchlosť výstupu magmy na povrch nie je rovnaká. Reakčná koróna okolo granátu (lokalita Maliniak) je pravdepodobne výsledkom pomalšieho výstupu magmy, s ktorým súvisí aj rozpukanie a resorpcia granátu, ktoré mohli vzniknúť v oblasti s nižším tlakom. Relatívne rýchlejší výstup andezitovej magmy z lokality Lysá stráž pravdepodobne dokumentuje prítomnosť „sitovej" štruktúry v plagioklasoch.

## Záver

Mineralogické a petrologické štúdium hornín andezitového telesa Maliniak a Lysá stráž formácie Lysá stráž – Oblík indikuje, že sa na výslednom charaktere hornín pravdepodobne zúčastňovali (1) procesy frakčnej kryštalizácie (nízky obsah Ti a $Al^{IV}$ v pyroxénoch a prítomnosť na Ti bohatých fáz – ilmenitu), (2) mixing magiem, dokumentovaný prítomnosťou „sitovej" štruktúry v plagioklasoch a zonálnosťou klinopyroxénu, a (3) kontaminácia magmy (peraluminózny charakter hornín).

V závislosti od použitého termobarometra sa stanovili P-T podmienky kryštalizácie magmy v teplotnom intervale 810–940 °C a pri tlaku vyše 8 kbar andezitového telesa Maliniak (s granátom) a relatívne vyššia teplota 896–996 °C a tlak 6–7 kbar telesa Lysá stráž.

Na základe získaných výsledkov možno predpokladať, že andezitová magma (na lokalite Maliniak) pravdepodobne vznikala na rozhraní kôry a plášťa. Svedčí o tom výskyt granátov s vysokým obsahom CaO (> 5 hm. %) a s nízkym MnO (< 2 hm. %), ktorý je príznačný pre kryštalizáciu magmy typu M/I pri vyššom tlaku. Kryštalizáciu v tomto type magmy indikuje aj na Ca bohatý plagioklas.

*Poďakovanie.* Ďakujem prof. Ing. S. W. Faryadovi, CSc., z Karlovej univerzity v Prahe za zhotovenie mikrosondových analýz minerálov a cenné rady, Ing. B. Žecovi, CSc., zo ŠGÚDŠ v Košiciach za pomoc pri odbere reprezentatívnych vzoriek a pripomienky, prof. RNDr. S. Jackovi, CSc., z Katedry geológie a mineralógie FBERG Technickej univerzity v Košiciach za starostlivé preštudovanie rukopisu a pripomienky a Mgr. V. Kollárovej, PhD., zo ŠGÚDŠ v Bratislave za zhotovenie mikrosondových analýz minerálov. Osobitné poďakovanie patrí recenzentovi RNDr. P. Konečnému, CSc., zo ŠGÚDŠ v Bratislave, ktorého rady a pripomienky pomohli skvalitniť túto prácu.

## Literatúra

Berman, R. G., 1991: Thermobarometry using multy-equilibrium calculations: A new technique, with petrological applications. *Canad. Mineralogist, 29, 833–855.*

Bédard, J. H. J., Francis, D. M., & Ludden, J., 1988: Petrology and pyroxene chemistry of Monteregian dykes. The origin of concentric zoning and green cores in clinopyroxenes from alcali basalts and lamprophyres. *Canad. J. Earth Sci., 25, 2041–2058.*

Brousse, R., Bizouard, H., & Šalát, J., 1972. Grenats des andésites et des rhyolites de Slovaquie, origine des grenats dans les séries andésitiques. *Contr. Mineral. Petrol., 35, 201–213.*

Bucher, K., & Frey, M., 1994: Petrogenesis of metamorphic rocks. *Springer – Verlag, Berlin – Heidelberg, 318.*

Conrad, W. K., Nicholls, I. A., & Wall, V. J., 1988: Water-saturated and – undersaturated melting of metaluminous and peraluminous crustal compositions at 10 kb: Evidence for the origin of silicic magmas in the Taupo Volcanic Zone, New Zealand, and other occurences. *J. Petrology, 29, 4, 765–803.*

Dyda, M., 1995: Geotermobarometria. *Bratislava, Vyd. UK, 140.*

Fediuková, E., 1975a: Notes on the distribution on elements in garnets from the Carpathian neovolcanites. *In: O. Fusán & O. Samuel, (eds.), Magmatism, volcanism, metamorphism – Proceedings of the Xth Congress CBGA, section VI, Bratislava, 47–53.*

Fediuková, E., 1975b: Garnets from neovolcanics in Slovakia. *Krystalinikum, 11, 53–62.*

Ferry, J. M., & Spear, F. S., 1978: Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. *Contr. Mineral. Petrology, 66, 113–117.*

Gill, J., 1981: Orogenic andesites and plate tectonics. *Springer – Verlag, Berlin – Heidelberg, 390.*

Green, T. H., 1992. Experimental phase equilibrium studies of garnet-bearing I-type volcanic and high-level intrusives from Northland, New Zealand. *Trans. Edinburgh geol. Soc., 83, 429–438.*

Harangi, S., Downes, H., Kósa, L., Szabó, C., Thirlwall, M. F., Mason, P. R. D., & Mattey, D., 2001: Almandine garnet in calc-alkaline volcanic rocks of Northern Pannonian Basin (Eastern-Central Europe): Geochemistry, Petrogenesis and Geodynamic Implications. *J. Petrology, 42, 10, 1813–1843.*

Holdaway, M. J., Mukhopadhyay, B., Dyar, M. D., Guidotti, C. V., & Dutrow, B. L., 1997: Garnet-biotite geotermometry revised: New Margules parameters and a natural specimen data set from Maine. *Amer. Mineralogist, 82, 582–595.*

Holland, T., & Blundy, J., 1994: Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contr. Mineral. Petrology, 116, 433–447.*

Ishihara, S., & Sasaki, A., 1989: Sulfur isotopic ratios of the magnetite-series and ilmenite-series granitoids of the Sierra Nevada batholith: A reconnaissance study. *Geology, 17, 788–791.*

Jakabská, K., Timčák, G. M., Fiačanová, E., & Činčárová, M., 1973: The relation on microhardness to the physical and chemical properties of garnets from volcanic rocks of the West Carpathians. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 24, 1, 177–190.*

Kaličiak, M., Bañacký, V., Jacko, S., Janočko, J., Karoli, S., Molnár, J., Petro, L., Priechodská, Z., Syčev, V., Škvarka, L., Vozár, J., Zlinská, A., & Žec, B., 1991: Vysvetlivky ku geologickej mape severnej časti Slanských vrchov a Košickej kotliny 1 : 50 000. *Bratislava, GÚDŠ, 231.*

Kaličiak, M., Karoli, S., Molnár, J., & Žec, B., 1988: Pozícia a stavba neovulkanitov v terciérnych sedimentoch severne od Prešova. *Mineralia Slov., 5, 435–453.*

Knowles, C. R., 1987: A basic program to recast garnet end members. *Comput. And Geoscien., 13, 655–638.*

Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., Hawthorne, F. C., Kato, A., Kisch, H. J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J. A., Maresch, W. V., Nickel, E. H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W., & Youzhi, G., 1997: Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *Amer. Mineralogist, 82, 1019–1037.*

Lindsley, D. H., 1983: Pyroxene thermometry. *Amer. Mineralogist, 68, 477–493.*

Lexa, J., & Kaličiak, M., 2000: Geotectonic aspects of the Neogene volcanism in Eastern Slovakia. *Mineralia Slov., 32, 205–210.*

Lexa, J., & Konečný, V., 1998: Geodynamic aspects of the Neogene to Quaternary volcanism. *In: M. Rakús (ed.): Geodynamic development of the Western Carpathians. D. Štúr Publishers, Bratislava, 219–240.*

Lexa, J., Konečný, V., Kaličiak, M., & Hojstričová, V., 1993: Distribúcia vulkanitov karpatsko-panónskeho regiónu v priestore a čase. *In: M. Rakús & J. Vozár (eds.): Geodynamický model a hlbinná stavba Západných Karpát. Bratislava, GÚDŠ, 57–69.*

Lexa, J., Hojstričová, V., Kaličiak, M., Konečný, V., Konečný, P., Macinská, M., & Žec, B., 1993: Vzťah vulkanizmu k vývoju karpatského oblúka a zaoblúkových bazénov. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Košice, 25.*

Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A. K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., & Aoki, G., 1988: Nomenclature of pyroxenes. *Amer. Mineralogist, 73, 1123–1133.*

Nakagawa, M., Hiraga, N., & Furukawa, R., 2002. Formation and evolution of a zoned magma chamber of Tarumai volcano: Implications for a long term prediction of volcanic activity. 3rd Biennial Workshop on Subduction Process emphasizing the Kurile-Kamchatka-Aleutian Arcs. Feirbanks, Alaska, 9-15th June 2002.

Nakagawa, M., Wada, K., & Wood, P., 2002: Mixed magmas, mush chambers and eruption triggers: evidence from zoned clinopyroxene phenocrysts in andesitic scoria from the 1995 eruptions of Ruapehu volcano, New Zealand. *J. Petrology, 43, 12, 2279–2303.*

O'Brien, H. E., Irving, A. J., & McCallum, I. S., 1988: Complex zoning and resorption of phenocrysts in mixed potassic mafic magmas of the Highwood Mountains, Montana. *Amer. Mineralogist, 73, 1007–1024.*

Pearce, T. H., Russell, J. K., & Wolfson, I., 1987: Laser-interference and Normarski interference imaging of zoning profiles in plagioclase phenocrysts from the May 18, 1980 eruption of Mount St. Helens, Washington. *Amer. Mineralogist, 72, 1131–1143.*

Šalát, J., 1955: Príspevok k petrografii vulkanických hornín Prešovsko-Tokajského pohoria a priľahlých oblastí. *Geol. Sbor. SAV, VI, 1–2, 4364.*

Šalát, J., 1957: Petrochémia vulkanitov Prešovsko-Tokajského pohoria. *Geol. Práce, Zošit, 46, 328–352.*

Šalát, J., Rozložník, L., Timčák, G. M., Jakabská, K., & Činčárová, M., 1979: Vlastnosti granátov neovulkanitov Západných Karpát a ich petrologická interpretácia. *In. Sympózium o petrogenéze a geochémii geologických procesov Bratislava, 231–242.*

Šefara, J., Bielik, M., Konečný, P., Bezák, V., & Hurai, V., 1996: The latest stage of development of the lithosphere and its interaction with astenosphere (Western Carpatians). *Geol. Carpath., 47, 339–347*

Takada, A., 1994: Generation, ascent, and magma chamber of felsic magma. *Mem. Geol. Soc. Japan, 43, 1–19.*

Tsuchiyama, A., 1985: Dissolution kinetics of plagioclase in the melt of the system diopside-albite-anortite, and origin of dusty plagioclase in andesite. *Contr. Mineral. Petrology, 89, 1–16.*

Wells, P. R. A., 1977: Pyroxene thermometry in simple and complex systems. *Contr. Mineral. Petrology, 62, 129–139.*

Wood, B. J., & Banno, S., 1973: Garnet-orthopyroxene and orthopyroxene-clinopyroxene relationships in simple and complex systems. *Contr. Mineral. Petrology, 42, 109–124.*

Zorkovský, B., 1953: Petrograficko-chemická povaha granatického andezitu od Záhradného (Sedikart) na východnom Slovensku. *Geol. Sbor. SAV, III, 3–4, 27–40.*

Žec, B., 1989: Petrografia extruzívno-intruzívnych telies komplexu Lysá stráž – Oblík. *In: Teoretické a praktické poznatky výskumu, prieskumu a exploatácie nerastných surovín Západných Karpát. Herľany, 76–77.*

Žec, B., 1992. Petrograficko-petrologická charakteristika vulkanických hornín stratovulkánu Bogota. *Manuskript – archív GÚDŠ Bratislava, 107*

# Mineralogy, petrology and P-T conditions of magma crystallization of the andesite bodies Maliniak and Lysá stráž from Lysá stráž – Oblík formation, Eastern Slovakia

Four studied samples (MBZ-1, MBZ-2, Ž-9, LBŽ-1) from Maliniak and Lysá stráž andesite bodies, located at the northern edge of the Eastern Slovakian neovolcanic chain – the Slanské vrchy Mts., indicate hyperstene-amphibole andesite composition with garnet (Maliniak hill) and/or pyroxene-amphibole andesite composition (Lysá stráž hill). The andesite bodies, surrounded by the Central-Carpathian Paleogene sediments form either extrusions to laccoliths (hyperstene-amphibole andesite of the Lysá stráž hill) or extrusions of pyroxene-amphibole andesite with garnet (Maliniak hill). Samples Ž-9 and LBŽ-1 (Lysá stráž hill) contain plagioclase, amphibole and pyroxene which represent rock-forming minerals. Apatite, rutile, ilmenite and magnetite are accessory minerals. Calcite, limonite and chlorite represent secondary minerals which obviously create at the expense of plagioclases. Plagioclases form mainly phenocrysts but they also occur in the matrix of the rock. Phenocrysts are zoned and automorphically to hypidiomorphically constrained. On the base of chemical analyses they belong to labradorite. Their cores are formed by bytownite. Phenocrysts of amphibole are hypidiomorphically constrained and their rims are strongly resorbed by opacite rims. Analysed amphiboles suggest magnesiohastingsite composition. Pyroxenes are represented by hyperstene. The largest phenocrysts contain ore minerals, apatite and rutile inclusions. Samples MBZ-1 and MBZ-2 from Maliniak hill represent pyroxene-amphibole andesite with garnet. They are mainly composed of plagioclase, pyroxene, amphibole and garnet. Apatite, zircon, illmenite and magnetite belong to the accessory minerals. Secondary assemblage consists of carbonates, chlorite and limonite. The texture of the rock is porphyric with holocrystalline microhypidiomorphic matrix. Plagioclases form phenocrysts and glomerophyric clusters with pyroxenes and amphiboles. Some of them contain glass inclusions in their rims. More basic plagioclases ($An_{74–76}$) form inclusions in garnet other ones form the important part of matrix. Composition of analysed plagioclases refers to labradorite and bytownite. The amphiboles are strongly altered namely along their cleavage set. They obviously contain ore minerals and plagioclase inclusions. The amphiboles are composed of magnesiohorblend, tschermakite and pargasite. Pyroxenes are represented by hyperstene and augite. The grains of pyroxenes are also altered. Cleavage cracks are usually filled by calcite. Pyroxenes contain some inclusions of ore minerals and apatite. Garnet containing some inclusions of ilmenite, plagioclase, apatite and zircon represents the biggest phenocryst in the rock and its grains are strongly and irregularly broken. The maximum of inclusions is composed of plagioclases which usually are hypidiomorphically constrained. According to the chemical analyses garnets from Maliniak andesite body are almandines which are obviously zoned. Their cores are rich of Fe-component (almandine) toward rims gradually passing into Mg-component (pyrope). The amount of Mn-component is variable. It generally increases towards the garnet core.

The mineralogical and geochemical studies of rock-forming minerals suggest (1) the fractional crystallization (low content of Ti and $Al^{IV}$ in pyroxenes and the presence of Ti-bearing phases – e. g. ilmenite), (2) magma mixing (documented by sieved texture in plagioclases and zoning of clinopyroxene phenocrysts) and (3) the extensive contamination of mantle-derived magma could have participated on the resulting character of rocks. Intergrowth of rock-forming minerals imply that they are a magmatic equilibrium assemblage and therefore they can be used to quantify the temperature and pressure conditions of magma crystallization in this area. P-T conditions were stated at temperature interval from 810 to 940 °C and the pressure of magma crystallization is more than 8 kbar for Maliniak andesite body. The crystallization temperature is 896–996 °C and the pressure is about 6–7 kbar for Lysá stráž andesite body. Obtained results suggest that andesite magma was probably generated at crustal/mantle boundary (locality Maliniak hill). Chemical composition of the primary garnet (garnet has high CaO > 5 wt. % and low MnO < 2 wt. %) supports this assumption.

*Mineralia Slovaca, 37 (2005), 513–516*

# Chryzotil z metaultramafického telesa pri Sedliciach (Západné Karpaty) a jeho identifikácia Ramanovou spektroskopiou

JOZEF STANKOVIČ[1], DANIELA GASTALDI[2] a CATERINA RINAUDO[2]

[1]Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, stankovic@fns.uniba.sk
[2]Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Vita, Università del Piemonte Orientale, Via Bellini 25/G, 15100 Alessandria, Italy

*(Doručené 22. 11. 2004, revidovaná verzia doručená 31. 3. 2005)*

**Chrysotile of metaultramafic body at Sedlice (Western Carpathians) and its identification by Raman spectroscopy**

The Western Carpathians geological literature describes more metaultramafic bodies. One of them is situated in the contact zone of Central Carpathians Paleogene Šarišská vrchovina Mts. surround with Mesozoic rocks of Čierna hora – Branisko Mts. north of village Sedlice. We have identified chrysotile by Raman spectroscopy as a dominant serpentine mineral. It confirms its former identification by electron microscopy (SEM, TEM, electron diffraction), X-ray analysis and DTA. The presence of chrysotile and absence of antigorite allowed to integrade studied locality already in the past to group of metaultrabasite bodies originated under lower PT conditions as metaultramafic bodies with dominant antigorite.

**Key words:** Raman spectroscopy, chrysotile, metaultramafic rock

## Úvod

Metaultramafické teleso na severnom okraji Sedlíc je prístupné z cesty Margecany – Prešov. Lokalitou je prirodzený odkryv hornín v chránenej krajinnej oblasti. Teleso je v kontaktnej zóne komplexu bazálnych hornín centrálnokarpatského paleogénu Šarišskej vrchoviny a obklopujú ho obalové sekvencie mezozoika Čierna hora – Branisko. Zo Západných Karpát je známych okolo 50 telies metaultramafických hornín a podľa geologickej pozície a minerálnej asociácie sa rozdeľujú na výskyty v predmezozoických metamorfovaných komplexoch a výskyty spájané s mezozoickými horninami (Hovorka et al., 1977, 1980, 1983, 1985). Podľa geologickej pozície a minerálnej asociácie sedlické teleso patrí do skupiny telies spájaných s horninovými sekvenciami mezozoika (chryzotil a lizardit sú tam determinujúcimi minerálmi skupiny serpentínu) a reprezentujú ho lherzolity s polohami harzburgitu a sporadicky dunitu. Horniny telesa pri Sedliciach však na rozdiel od ostatných výskytov metaultramafitov Západných Karpát postihla serpentinizácia zreteľne nižšieho stupňa, ale sú intenzívne kataklázované a brekciované. Brekcie tmelí karbonát, a preto pôvodné horninotvorné minerály (olivín, pyroxény a spinel) sú len slabo serpentinizované, so zreteľnými tlakovými efektmi, ako je undulóznosť a popraskanosť. Horninotvornými minerálmi sedlického telesa sa zaoberal Cambel (1951), Hovorka et al. (1985), Fejdi a Kolník (1988) a Radvanec (2000) a rudné minerály a minerály skupiny serpentinitu podrobne študoval Kantor (1955), Rojkovič et al. (1978), Hovorka et al. (1982), Rojkovič a Boronichin (1982) a Radvanec (2000). Geofyzikálnymi metódami (Gnojek a Kubeš, 1991) sa výraznejší hĺbkový dosah tohto telesa nezistil.

Kryštalizačná história sa rekonštruovala na spinelovom lherzolite (geobarometriou a geotermometriou) pomocou koexistencie pyroxénov, olivínu a spinelu. Ich chemické zloženie už dávnejšie umožnilo zistiť P-T podmienky horninovej formácie (Fejdi a Kolník, 1988) a vypočítať nasledujúce rovnovážne stavy: kryštalizáciu ortopyroxénov pri 1297 °C a 51 kbar, odmiešanie klinopyroxénu a jeho chemická rovnováha s hostiteľom pri 1098 °C a 19 kbar, dosiahnutie rovnováhy chrómdiopsidu s ortopyroxénom pri 966 °C a 11 kbar, ortopyroxénu so základnou hmotou pri 944 °C a 11 kbar a medzi olivínom a spinelom pri 812 °C.

Najnovšie sa publikoval náhľad o ultravysokom tlaku (vyše 60 kbar) pri formovaní sedlickej metaultramafickej horniny (Radvanec, 2000). Podľa neho bolo teleso ultravysokotlakovo prepracované (ultrametamorfované) a tento proces prebehol po magmatickom štádiu kryštalizácie, ktorého P-T podmienky sa stanovili na teplotu 1150 až 1300 °C a tlak 25 až 31 kbar. Radvanec (l. c.) na sedlickom telese indikoval genézu podmienok postkryštalizačného prekonávania ultravysokého tlaku na základe zistenia chemickej skladby horninotvorných minerálov (olivínu a pyroxénov), uplatnenia sa amfibolitovej fácie metamorfizmu pri exhumácii peridotitu, zistenia antigoritu ako určujúceho serpentínového minerálu, ako aj coesitu v jaklovskom telese.

## Cieľ práce

Po zaradení Ramanovej spektroskopie medzi klasické metódy identifikácie minerálov a jej rozsiahlej aplikácii v kryštalochémii látok sa v súčasnej svetovej geologickej literatúre objavilo viac publikácií nielen o jej používaní pri identifikácii a štúdiu chemického zloženia minerálov, ale aj aspektov geobarotermometrie (Auzende et al., 2004). Pritom sa potvrdilo, že antigorit je spomedzi serpentínových minerálov za rozličných P-T podmienok najstabilnejší.

Hodnoty, ktoré sme namerali, sme porovnali s údajmi radu ďalších autorov (Bard et al., 1997, 2004; Karr, 1975; Lewis et al., 1996; Kloprogge et al., 1999; Rinaudo et al., 2003). Naším cieľom bolo aplikovať ich výsledky pri štúdiu nielen pôvodných horninotvorných minerálov sedlickej lokality (Stankovič et al., 2004), ale aj metamorfných serpentínových minerálov a tým prispieť do objasňovania podmienok ich vzniku.

## Metóda výskumu

Minerály skupiny serpentínu sledovanej lokality sa metódami elektrónovej mikroskopie (SEM, TEM, elektrónovou difrakciou), rtg. analýzou a DTA (Hovorka et al., 1980, 1985) podrobne skúmali už v minulosti. Ako determinujúci a dominantný sa identifikoval chryzotil a akcesorický lizardit, a preto sme sa zamerali iba na metódu, ktorá sa pri identifikácii minerálov skupiny serpentínu na tejto lokalite ešte nepoužila.

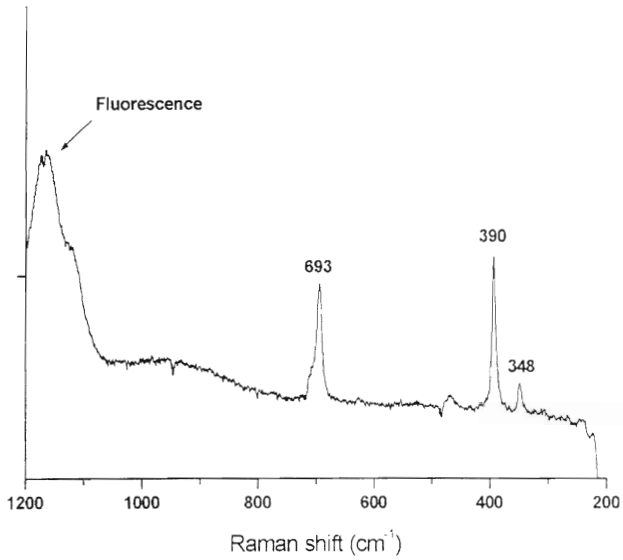
Ramanove spektrá vzorky vláknitého azbestu sa získali Ramanovým spektrometrom typu LabRam HR800 Jobin Yvon, v ktorom je excitačným zdrojom He-Ne 20 mW laser vlnovej dĺžky 632,8 nm v rozsahu frekvencií vlnočtu 200–1200 $cm^{-1}$, na pracovisku univerzity v Alessandrii (Taliansko).

## Experimentálny materiál

Na štúdium sa použila vzorka z výplne mliečnobielej až zelenkastej jemnej žilky serpentínových minerálov kompaktného charakteru a vláknitej odlučnosti z metaultramafického telesa. V minulosti sa z lokality opísal minerál deweylit (Kantor, 1955) a neskôr po reidentifikácii (Hovorka et al., 1980) podľa výsledkov difrakčnej analýzy, zobrazenia v SEM a TEM, ako aj kriviek DTA sa označil za zmes chryzotilu a lizarditu. Snímky z TEM zároveň potvrdili prítomnosť chryzotilu, ako aj akcesorický výskyt lizarditu. Chryzotil tvorí tenké vlákna a lizardit izometrickotabuľkovité častice.

## Výsledky

Zo študovanej vzorky sme snímali Ramanove spektrá v rozsahu vlnočtu 200–1200 $cm^{-1}$. Na nameranom typickom Ramanovom spektre vzorky (obr. 1) možno identifikovať nápadné vibračné pásma pri frekvencii vlnočtu 1105, 693, 390 a 348 $cm^{-1}$, ako aj rad nie takých výrazných, ale pri identifikácii chryzotilu významných prejavov pri 620, 465 a 230 $cm^{-1}$. Zreteľné zvýšenie pozadia v istom pásme spektra (nad 1105 $cm^{-1}$) sa pripisuje fluorescencii (namerané údaje sa na porovnanie aj s niektorými už publikovanými uvádzajú v tab. 1).




**Obr. 1.** Ramanovo spektrum vzorky chryzotilu.
**Fig. 1.** An Raman spectrum obtained for chrysotile sample.

## Diskusia a záver

Na identifikáciu serpentínových minerálov metaultramafického telesa pri Sedliciach sa použila Ramanova spektroskopia vzorky vláknitého charakteru vizuálne hodnotená ako chryzolitový azbest.

Mineralogicky sa na lokalite rtg. a elektrónovou difrakciou, SEM, TEM a DTA už v minulosti ako dominantný identifikoval chryzotil a ako akcesorický lizardit (Hovorka et al., 1980, 1985).

Tab. 1
Namerané údaje vlnočtu ($cm^{-1}$) Ramanovho spektra serpentínovej fázy zo študovanej vzorky [stĺpec A] a jej porovnanie s hodnotami chryzotilu podľa Barda et al. (2004) [stĺpec B], Rinauda et al. (2003) [stĺpec C], Kloproggeho et al. (1999) [stĺpec D], Barda et al. (1997) [stĺpec E], Lewisa et al. (1996) [stĺpec F], Auzendeho et al. (2004) [stĺpec G]
Recorded values of Raman spectrum wavenumber ($cm^{-1}$) of the serpentine phase studied in this work [column A] compared with results on chrysotile published by Bard et al. (2004) [column B], Rinaudo et al. (2003) [column C], Kloprogge et al. (1999) [column D], Bard et al. (1997) [column E], Lewis et al. (1996) [column F], Auzende et al. (2004) [column G]

| A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1105 | 1106 | 1105 | 1102 | 1105 | 1100 | – |
| 693 | 692 | 692 | 692 | 692 | 693 | 694 |
| 620 | 623 | 620 | 620 | 623 | 622 | – |
| 465 | 464 | – | 466 | 465 | 463 | – |
| 432 | 432 | – | 432 | 432 | 432 | – |
| 390 | 390 | 389 | 388 | – | 389 | 391 |
| 348 | 345 | 345 | 345 | 345 | – | – |
| 230 | 232 | 231 | 231 | – | – | 235 |

Absencia metamorfných minerálov, ako je amfibol, chlorit, mastenec, granát a i., nebola ani v minulosti podnetom na úvahy o vyššom metamorfnom stupni vo vývoji tohto telesa, ako sa interpretuje na niektorých iných genetických modeloch západokarpatských telies (Hovorka et al., 1985, 1993, 1994; Korikovsky et al., 1998, 2002, a i.).

Aj keď polia stability P-T podmienok chryzotilu, lizarditu a antigoritu sa sčasti prekrývajú, ich stabilita vo všeobecnosti nie je identická. Pôvod chryzotilu a lizarditu sa spája s hydratáciou pri nižšej teplote (približne do 250 °C), kým antigorit býva stabilný aj pri vyššej teplote (až do 500 °C; Auzende et al., 2004, a i.). Práve odlišná P-T oblasť stability minerálov serpentínovej skupiny, ktorá už v minulosti na tomto základe viedla k rozdeleniu ich výskytov v Západných Karpatoch, aj teraz svedčí v prospech zaradenia sledovaného telesa s dominantným chryzolitom do skupiny telies formovaných pri nižších P-T podmienkach, t. j. medzi telesá mezozoika.

## Literatúra


Auzende, L., Daniel, I., Reynard, B., Lemaire, C., & Guyot, F., 2004: High-pressure behaviour of serpentine minerals: A Raman spectroscopic study. *Phys. Chem. Minerals, 31, 5, 269–277.*

Bard, D., Yarwood, J., & Tylee, B., 1997: Asbestos fibre identification by Raman spectroscopy. *J. Raman Spectroscopy, 28, 11, 803–809.*

Bard, D., Tylee, B., Williams, K., & Yarwood, J., 2004: Use of a fibre-optic probe for the identification of asbestos fibres in bulk materials by Raman spectroscopy. *J. Raman Spectroscopy, 35, 7, 541–548.*

Cambel, B., 1951: Ultrabázická hornina od Sedlíc a hadce najbližšieho okolia. *Geol. Sbor. Slov. Akad. Vied, 2, 91–112.*

Gnojek, I., & Kubeš, P., 1991: Svědectví magnetometrie o ultrabázickém tělese u Sedlic. *Mineralia Slov., 2, 161–164.*

Fejdi, P., & Kolník, B., 1988: Pyroxénová geotermometria a geobarometria ultrabázického telesa pri Sedliciach. *Mineralia Slov., 2, 149–160.*

Hovorka, D., 1977: Geochemistry of the West Carpathian Alpine-type ultramafites. *Náuka o Zemi, Geol., 12. Bratislava, Veda, 148.*

Hovorka, D., 1994: Metaultramafite bodies within the Pre-Carboniferous complexes of the West Carpathians central zone. *Geol. Carpath., 45, 3, 145–149.*

Hovorka, D., Dubíková, K., Gerthofferová, H., Šamajová, E., & Turan, J., 1980: Serpentine-group minerals of the Western Carpathians ultramafics. I – Bodies of the Gemeride Mesozoic. *Mineralia Slov., 6, 481–506.*

Hovorka, D., Ivan, P., Jaroš, J., Kratochvíl, M., Reichwalder, P., Rojkovič, I., Spišiak, J., & Turanová, L., 1985: Ultramafic rocks of the Western Carpathians, Czechoslovakia. *Bratislava, GÚDŠ, 258.*

Hovorka, D., & Méres, Š., 1989: Relikty vysokostupňových metamorfitov v tatroveporickom kryštaliniku Západných Karpát. *Mineralia Slov., 21, 193–202.*

Hovorka, D., & Méres, Š., 1993: Leptynitovo-amfibolitový komplex Západných Karpát – vystupovanie a litologická náplň. *Mineralia Slov., 1, 1–9.*

Hovorka, D., & Méres, Š., 1993: Metamorfóza ultravysokého tlaku – pyropovo-coesitová fácia metamorfizmu. *Mineralia Slov., 6, 466–468.*

Kantor, J., 1955: Deweylit od Sedlic. *Geol. Práce, Spr., 2, 16–24.*

Karr, C. Jr., ed., 1975: Infrared and Raman Spectroscopy of Lunar and Terrestrial minerals. *New York, Academic Press, 375.*

Kloprogge, J. T., Frost, R. L., & Rintoul, L., 1999: Single crystal Raman microscopic study of the asbestos mineral chrysotile. *Phys. Chem., Chem. Phys., 1, 10, 2559–2564.*

Korikovsky, S. P., & Putiš, M., 2002: Olivine-orthopyroxene-amphibole-talc-chlorite metaserpentinites in the medium-temperature metamorphic complex of Northern Veporic, Western Carpathians: Phase relations, metamorphic parameters, comparison with gneiss and amphibolite association. *Petrology, 10, 1, 1–22.*

Lewis, I. R., Chaffin, N. C., Gunter, M. E., & Griffiths, P. R., 1996: Vibrational spectroscopic studies of asbestos and comparison of suitability for remote analysis. *Spectrochimica Acta, A, 52, 315–328.*

Méres, Š., Ivan, P., & Hovorka, D., 2000: Granaticko-pyroxenické metabazity a antigorické serpentinity – dôkaz prítomnosti leptynitovo-amfibolitového komplexu v Branisku. *Mineralia Slov., 5, 479–486.*

Radvanec, M., 2000: P-T dráha exhumácie ultravysokotlakovo metamorfovaného peridotitu nedaleko Jakloviec na severe gemerika a na lokalite Skalka pri Sedliciach na sever od pruhu Branisko – Čierna hora. *Mineralia Slov., 5, 439–458.*

Rinaudo, C., Gastaldi, D., & Belluso, E., 2003: Characterization of chrysotile, antigorite and lizardite by PT Raman spectroscopy. *Canad. Mineralogist, 41, 4, 883–890.*

Rojkovič, I., 1985: Rudná mineralizácia ultramafických telies Západných Karpát. *Bratislava, Veda, 112.*

Rojkovič, I., Hovorka, D., & Krištín, J., 1978: Spinel group minerals in the West Carpathian ultrabasic rocks. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 29, 253–274.*

Rojkovič, I., & Boronichin, V. A., 1982: Sulfidická Ni-Co-Fe mineralizácia v ultrabázických horninách Západných Karpát. *Mineralia Slov., 1, 41–59.*

Spišiak, J., Pitoňák, P., & Petro, M., 1988: Metaultramafity z oblasti Jasenie-Kyslá. *Mineralia Slov., 2, 143–148.*

Spišiak, J., Hovorka, D., & Pitoňák, P., 1998: Basites and ultrabasites in the Ďumbier zone of the Nízke Tatry Mts. Petrologic and metallogenetic aspects. *Mineralia Slov., 1, 15–22.*

Spišiak, J., Soták, J., Magyar, J., & Rojkovič, I., 2000: Ultrabasites from the East Slovakian basin basement. *Mineralia Slov., 3, 305–306.*

Stankovič, J., Kadlečíková, M., & Breza, J., 2004: Zachovalé exsolúcie klinopyroxénu v ortopyroxéne z metaultramafickej horniny pri Sedliciach (Západné Karpaty) a ich identifikácia Ramanovou spektroskopiou. *Mineralia Slov., 2, Geovestník, 9.*


# Chrysotile of metaultramafic body at Sedlice (Western Carpathians) and its identification by Raman spectroscopy

Geological literature of Western Carpathians describes about 50 localities of metaultramafic bodies (Hovorka et al., 1980, 1985). One of them is situated near village Sedlice. Data on the geology, petrography, mineralogy, and geodynamic setting were published also by Cambel (1951), Kantor (1955), Rojkovič (1985), Fejdi and Kolník (1988), Gnojek and Kubeš (1991), Radvanec (2000) and others.

Measuring of asbestos phase was studied under Jobin Yvon HR800 LabRam spectrometer equipped with Olympus BX41 microscope, using He-Ne 20 mW laser working at 632.8 nm and CCD air-cooled detector. In order to balance the signal against noise, 2 cycles from 2 scans were performed. In this work, only the Raman spectroscopic region range corresponding to 200–1200 $cm^{-1}$ was analyzed. Acquired Raman spec-

trum from selected sample of fibrous asbestiform aggregate with silver-white and compact character has strong picks at wavenumbers 1105 $cm^{-1}$; 693 $cm^{-1}$; 390 $cm^{-1}$ and 348 $cm^{-1}$ and also slight expression at 620 $cm^{-1}$; 465 $cm^{-1}$ and 230 $cm^{-1}$ (Fig. 1) that is in coincidence with tubular chrysotile (tab. 1).

Acquired Raman spectra were compared by analogue in literature (Lewis et al., 1996; Bard et al., 1997; Kloprogge et al., 1999; Rinaudo et al., 2003; Auzende et al., 2004). Comparison of the spectra registered under our experimental conditions with data from the literature lead us to conclude that chrysotile is a frequent serpentine mineral of metaultramafic body at Sedlice. Discrepancies in the band intensities may be related to the orientation of the fibres with respect to the incident beam.

# Neutralizačný potenciál sulfidického odkaliska Lintich pri Banskej Štiavnici – metodika a predbežné hodnotenie

OTÍLIA LINTNEROVÁ a ROBERT MAJERČÍK

Katedra ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava, Lintnerova@fns.uniba.sk

(Doručené 8. 11. 2004, revidovaná verzia doručená 31. 3. 2005)

**Neutralization potential of the sulfidic tailing impoundment Banská Štiavnica-Lintich: Methods and preliminary assessment**

Static and kinetic tests were performed to asses acid production (AP), net neutralization potential (NP–NNP) and ions leaching efficiency of the selected samples from the impoundment Lintich. Low-sulfide tailings (< 10 %) from this impoundment are excavated and removed extensively. They are used as construction sand in the region. Chemical composition of drainage water, iron oxyhydroxide precipitates and content of mobile part of metals (Fe, Mn, Pb, Zn, Cu) in 0.5 M HCl extracts of tailing samples were analysed. The same tests were performed on the reference set of samples from the Smolník mine tailings.

The high content of mobile metals (Fe: 3200–5300 mg/kg, Mn: 240 to 3000 mg/kg, Pb: 340 to 970 mg/kg and Zn: 400 to 1060 mg/kg) and the NPP values in the range –81 to +21 $CaCO_3$ kg/t of tailing documented potential environmental risk of the Lintich tailings. Results have shown that the removed tailings away from impoundment could generate a new local source of heavy metal pollution in this old ore-mine district.

**Key words:** acid mine drainage, tailings, neutralization potential, mobile metals, iron oxide precipitates

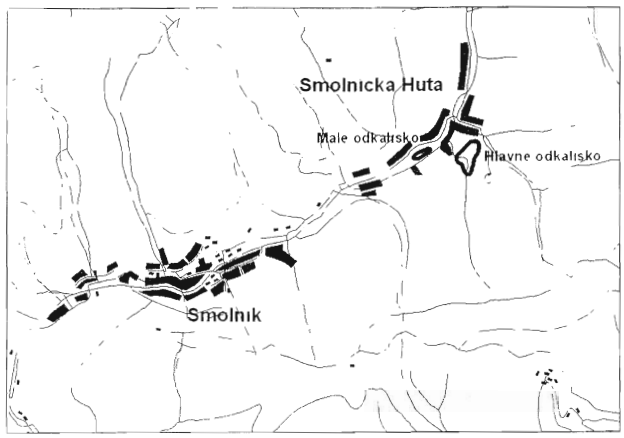
## Úvod

Hlavnou témou nášho výskumu je tvorba kyslej banskej vody a jej vplyv na zložky životného prostredia – pôdu, povrchovú vodu a biosféru. Problematiku študujeme v dvoch ložiskových oblastiach, v Banskej Štiavnici najmä na ložisku Šobov a v regióne opusteného ložiska Smolník v Slovenskom rudohorí (Lintnerová, 1996, 2000, 2002; Lintnerová a Šefčíková, 2002; Lintnerová et al., 1999, 2003; Jaško et al., 1996; Líšková et al., 1999; Rojkovič et al., 2003; Šoltés et al., 2003; Šottník, 2000; Šottník et al., 2002; Šottník a Šucha, 2001; Šucha et al., 1996, a i.). Výskumu kyslej banskej vody (*acid mine drainage* – AMD) sa v posledných dvadsiatich rokoch venuje veľká pozornosť na celom svete, lebo ide o mimoriadne nebezpečný banský odpad (Alpers a Blowes, 1994; Jambor a Blowes, 1994, a i.). Kyslá banská voda sa tvorí oxidáciou pyritu v rudných, nerudných a uhoľných ložiskách a môže mobilizovať mimoriadne vysokú koncentráciu toxických kovov. Vysoké riziko súvisiace s kyslou banskou vodou potvrdila aj inventarizácia banského odpadu v krajinách EÚ (Charbonnier, 2001). Jednoznačne sa ukázalo, že banský odpad, ktorý produkuje kyslú banskú vodu a banské odkaliská s kyanidmi, patrí medzi nebezpečné priemyselné látky (Seveso II). Dá sa očakávať, že sa zhodnotením odkalísk so sulfidmi bude zaoberať aj pripravovaná smernica Európskej komisie o banskom odpade.

Cieľom štúdie je predstaviť metodiku zisťovania acidifikačného a neutralizačného potenciálu odkaliskového materiálu so sulfidmi a ukázať, ako ju možno prakticky využívať. Pri štúdiu sme použili metodiku aplikovanú v rozličných krajinách a prehľadne publikovanú aj v materiáloch Environmentálnej ochrannej agentúry USA (Environmental Protection Agency – ďalej US EPA; Sobek et al., 1978; Lopakko, 1993; Lopakko et al., 1994; Wong et al., 1998; Jennings et al., 2000; US EPA: Acid Mine Drainage Prediction). Poukazujeme aj na to, ako by bolo treba hodnotiť materiál z odkalísk, ak by sa mal používať v praxi, napr. ako stavebný alebo konštrukčný materiál. Preto sme odobrali vzorky z odkaliska Lintich pri Banskej Štiavnici, z ktorého sa už niekoľko rokov ťaží piesok a odváža do okolia. Na porovnanie sme vybrali odkalisko pri Smolníku, na ktorom je odpad z ložiska s najvyšším potenciálom tvoriť kyslú vodu (Jaško et al., 1996; Lintnerová, 2000, 2002).

## Charakteristika odkalísk a hodnotenie environmentálneho rizika

Odkaliská na Slovensku, ktoré vznikli pri ťažbe sulfidických rúd, možno označiť za nízkosulfidické s obsahom sulfidov do 10 %. Z predchádzajúceho štúdia je známe, že vysušené odkaliská v okolí Banskej Štiavnice alebo pri Smolníku majú znaky oxidácie sulfidov a tvoria sa v nich kyslé produkty (Lintnerová, 2000; Líšková et al., 1999;

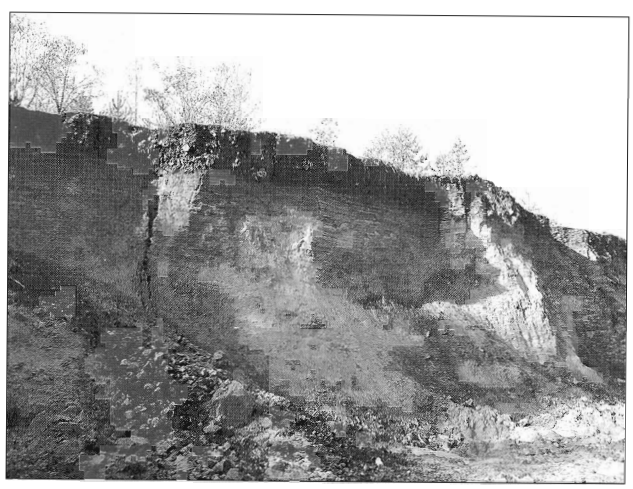



**Obr. 1.** Lokalizácia hlavného smolníckeho odkaliska a tzv. malého odkaliska pri Smolníckej Hute.

**Fig. 1.** Location of the Smolník major and so-called small tailing impoundments near the Smolnícka Huta village.

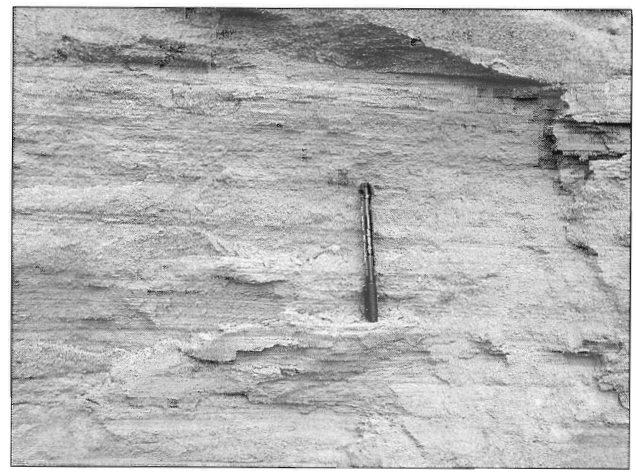
Šucha et al., 1996; Adamcová et al., 1998; Dubíková et al., 2002). Obidve odkaliská majú nízky alebo nijaký obsah karbonátu, ale môžu obsahovať aj technologické látky, najmä vápno a iné flotačné látky. Chemická reakcia flotačného kalu pred uložením bola alkalická (pH 8–11) a rovnakú reakciu možno očakávať aj v hlbších častiach. Obidve odkaliská boli vysušené, rekultivované a zalesňované. Na ich povrchu sa dajú nájsť aj minerálne a organické látky pochádzajúce z rozličného banského alebo iného odpadu z okolia pôvodných ložísk (Smolník – siderit z okolitých ložísk, Lintich – hutnícka troska a i.), ako aj z rekultivačných vrstiev.

V Lintichu na južnom okraji Banskej Štiavnice je na ploche 70 000 $m^2$ uložených okolo 585 000 t jemnozrnného piesku z flotačnej úpravy polymetalických rúd (Adamcová et al., 1998). Odkaliskovým materiálom je prevažne kremeň (70–80 %), v menšej miere svetlá sľuda a íl, najmä illit (Adamcová et al., 1998; Šucha et al., 1996). Obsah sulfidov nie je presne zistený. Separované ťažké frakcie zo vzoriek kalu okrem pyritu obsahovali aj chalkopyrit, sfalerit a galenit (toto hodnotenie je len orientačné, lebo vychádza z náhodne vybratých vzoriek).



**Obr. 2.** Odkalisko Lintich v roku 2003 – zárez v odkalisku na pravej strane pri hrádzi vytvorený odťažením piesku v roku 2000 (?) až 2003.

**Fig. 2.** The tailing impoundment Lintich in 2003 – right side near the dam, where the tailing sand was excavated in 2000 (?) till 2003.



**Obr. 3.** Odkalisko Lintich v roku 2003. Na stene zárezu sú sledovateľné zmeny v zrnitosti materiálu a oxidácia materiálu s vyšším obsahom sulfidov (vrstvičky, laminy, miestami hniezda).

**Fig. 3.** The tailing impoundment Lintich in 2003. Grain size variations and oxidation of tailing portions with high sulfide content could be distinguished on the wall created by sand excavation.

Zalesnenie odkaliska je čiastočné, veľké plochy sú bez vegetácie, hrádza je najviac vysušená a vystavená erózii a oxidácii sulfidov. Voda z drenáže pod odkaliskom je neutrálna až slabo alkalická a vyzrážavajú sa z nej oxyhydroxidové železité zrazeniny. Vyšší obsah kovov (Mn, Pb, Zn a Cu) v zrazeninách dokumentuje, že v odkalisku prebieha ich mobilizácia (Šucha et al., 1996; Lintnerová et al., 1999; Líšková et al., 1999).

Na odkalisku pri Smolníku sú približne tri milióny t materiálu a stupňovitá hrádza je vysoká okolo 80 m. Odkalisko bolo vybudované pri Smolníckej Hute neďaleko bývalého banského závodu Smolník a vzniklo najmä z materiálu vyprodukovaného z bane, v ktorej sa ťažila meď zo stratiformného pyritového ložiska (Bartalský, 1993). Kal/piesok tvoria rozomleté horniny, fylity s prevahou illitu, chloritu a kremeňa a s menším obsahom ďalších minerálov (Ilavský a Bajaník, 1981). Obsah pyritu nie je známy a z povrchových, značne zoxidovaných vzoriek sa objektívne ani nedá určiť. Vysoký acidifikačný potenciál indikuje samotný typ ložiska (kyslá banská voda vytekajúca zo zaplavenej bane), makroskopicky viditeľný pyrit v hlušine a v odkalisku, ako aj presakovanie kyslej banskej vody vo vrchnej časti hrádze. Z drenáže pod odkaliskom vyteká slabo kyslá až neutrálna (pH 6,0–7,2) voda so zvýšeným obsahom najmä Fe a As (Lintnerová, 2000, 2002; Lintnerová et al., 1999).

Bez technických prác sa z odkaliska pri Smolníku nedajú odobrať čerstvé, nezoxidované vzorky flotačného kalu (Lintnerová, 2000, 2003). Na výskum sme odobrali vzorky z povrchu hlavného odkaliska a ďalšie z miesta neďaleko bývalej úpravne medzi potokom Smolník a hlavnou cestou, ktoré sa označuje ako malé odkalisko (obr. 1).

Flotačný materiál v ňom zapĺňa prirodzenú depresiu tesne pri potoku a postupne ho zakrýva komunálny odpad. Potvrdilo sa, že ide o rovnaký materiál ako v hlavnom odkalisku.

## Metodika

### Odber vzoriek odkaliskového kalu

Z Lintichu sa odobrali vzorky z miest, kde sa ťažil piesok (obr. 2 a 3). Z pravej strany od hrádze bol odvezený materiál z plochy približne 70 x 30 m, tak vznikol zárez do odkaliska s výškou steny od 1,5 do 7 m a z nej sme odobrali štyri vzorky z rozličnej výšky v krátkom profile. Piesok sa bagroval a odvážal aj zo stredu odkaliska, ale rozsah ťažby sa nedal hneď zaznamenať. Jamu potom zaviezli, ale odobrali sme z nej štyri čerstvé vzorky počas bagrovania, a to z hĺbky 0,3 až 3,3 m (LIN 1–4). Súbor doplnili vzorky z roku 2000 z kopanej sondy (LIN 2000) a z vŕtaných sond (Z2 a Z3) z povrchu odkaliska. Vzorky sme odobrali ručným vrtákom na odber pôdy.

Hĺbku oxidačných zón na povrchu odkaliska pri Smolníku sme sledovali v roku 2002 (približne 5–6 rokov po rekultivácii – zatrávnení a zalesnení) v štyroch kopaných sondách hlbokých do 120 cm. Vzorky sme odoberali po každých 10 cm alebo podľa meniacich sa vlastností materiálu (Rojkovič et al., 2003). Uvádzame údaje zo sondy S3 a S4 a na zistenie acidifikačného potenciálu sme vybrali vzorky zo sondy S3. Povrchové vzorky z hlavného odkaliska čiastočne ovplyvnila rekultivačná vrstva. V snahe získať pôvodný materiál sme vybrali vzorky z tzv. malého odkaliska pri potoku Smolník (obr. 1) a študovali sme ich z hľadiska potenciálnej kontaminácie potoka (Rojkovič et al., 2003). Išlo zrejme o prechodne alebo príležitostne využívané miesto dlhé okolo 72 a široké 43 až 86 m. Presnú hrúbku sme neurčili, ale podľa morfológie terénu sa pravdepodobne pohybuje od 1 do 3 m. Materiál/piesok je na povrchu tiež zoxidovaný, čo signalizuje jasnožlté sfarbenie a silný sírny zápach, najmä po daždi. Pretože materiál je blízko potoka, v hĺbke pod 0,5 až 0,7 m je nasýtený vodou a sivej (glejovej) farby. Odobrali sme vzorky z troch sond (PPC1–PPC3) ručným vrtákom na odber pôdy do úrovne nasýtenia vodou. Vzorky z PPC2 z hĺbky 0–15, 20–30, 30–40 a pod 50 cm sme použili na vlastné stanovenia.

Všetky vzorky odkaliskového materiálu boli vysušené pri teplote do 60 °C a osievaním vyčistené a homogenizované. Vzorky s pôvodnou zrnitosťou (frakcia jemný piesok – prach) flotačného kalu sa použili na testy a pulverizované vzorky na analýzu kovov a rtg. difrakčnú analýzu.

### Chemická a mineralogická charakteristika kalu

Základné charakteristiky – pH, vodivosť, obsah mobilizovateľných kovov a síranov – sa stanovili vo vodnom a 1M KCl výluhu metodikou používanou pri pôde a zemine. Aktívne a vymeniteľné pH sa meralo v zmesi 10 g vzorky a 25 ml destilovanej vody resp. 1M KCl po dvojhodinovom miešaní vzoriek v horizontálnej miešačke (VanReeuwijk, 1995; Rojkovič et al., 2003). V prefiltrovanom vodnom výluhu sa merala aj vodivosť. Vodný výluh na zistenie síranov a orientačne aj kovov sme získali z 1 g vzorky a 50 ml redestilovanej vody. Po dvojhodinovom miešaní (extrakcii) v horizontálnej miešačke sme extrakt oddelili filtráciou. Vymeniteľné Al sa meralo v 1M KCl extrakte. Zmiešali sme 2 g vzorky s 20 ml roztoku a po dvojhodinovom miešaní v horizontálnej miešačke sme filtráciou oddelili extrakt na analýzu. Obsah síranov, Al a Fe sa zisťoval fotometricky prístrojom Merck Photometer SQ 300. Obsah kovov (Fe, Mn, Cu, Pb, Zn a As) sa stanovoval v 0,5 M HCl extraktoch (1 g vzorky sa zmiešal s 25 ml 0,5 M HCl). Koncentrácia kovov sa zisťovala AAS metódami. Kovy s takýmto obsahom sa v sekvenčných postupoch označujú ako potenciálne mobilizovateľné kovy (Lintnerová et al., 2003a, b; Rojkovič et al., 2003; Sutherland, 2002; Šottník et al., 2003; Wong et al., 1998).

Minerálne zloženie materiálu sa určilo rtg. difrakčnou metódou a prítomnosť sulfidov sa overovala binokulárnou lupou vo vyplavenej ťažkej frakcii vzoriek.

### Odber a analýza vody

V roku 2002 a 2003 sme odobrali aj dve vzorky vody z drenáže odkalísk. Voda sa analyzovala v laboratóriu ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi. Vzorky sa odobrali štandardným postupom do vzorkovníc z laboratória, prefiltrovali sa a podiel na stanovenie kovov sa stabilizoval $HNO_3$ (Rojkovič et al., 2003). Vo vode sa okrem základných fyzikálnych vlastností a hlavných iónov zistili kovy, a to Hg, Zn, Pb, Ag, As, Sb, Se, Ni, Cr, V, Cu a Cd.

### Potenciál odkalísk tvoriť kyslosť

Metodiku sme prevzali z niekoľkých zdrojov, v ktorých sa podrobnejšie uvádzajú výhody a nevýhody jednotlivých postupov a ich praktické používanie (Sobek et al., 1978; Lopakko, 1993; Lopakko et al., 1994; Wong et al., 1998; Jennings et al., 2000; US EPA: Acid Mine Drainage Prediction). Metodiku tvoria jednorazové a dlhodobé testy. Jednorazový test registruje stav vzorky pri jej odbere a v metodike US EPA sa označuje ako statický. Ním sa analyzuje väčšina prírodných vzoriek pôdy, zeminy, hornín a pod. Cieľom dlhodobého testu je zistiť, ako by sa proces (napr. mobilizácia) vyvíjal v čase, a preto ho možno označiť za kinetický (US EPA). V laboratórnych podmienkach sa môžu procesy zrýchľovať a výhodou sú aj stabilné podmienky počas experimentu.

Schopnosť vzorky tvoriť kyslé produkty sa určuje z maximálnej tvorby kyslosti (AP – *acid production*) a z neutralizačného potenciálu (NP – *neutralization potential*) vzorky. AP sa získa násobením percentuálneho obsahu S vo vzorke prepočítavacím koeficientom odvodeným z váhového množstva z rovnovážnej neutralizačnej rovnice

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

$$AP = 31{,}25 \times \%\ S$$

Výsledok informuje o množstve kyseliny, ktoré sa môže vytvoriť v odkalisku zo zisteného obsahu S. Pri použití

tohto koeficienta je už obsah prepočítaný na kg $CaCO_3$, ktorý je potrebný na neutralizáciu vzniknutej kyseliny z 1 t materiálu. Môže sa vyjadriť aj v kg $H_2SO_4$ na tonu materiálu. Hodnota sa dá prerátať aj na celé odkalisko. Obsah S sa stanovuje ako obsah celkovej alebo len sulfidickej S, čo možno zvoliť podľa vlastností odkaliska, možnosti analyzovať alebo podľa iných kritérií (minerálneho zloženia, obsahu síranov, stavu odkaliska a i.).

Neutralizačný potenciál informuje, koľko neutralizačných látok odkalisko obsahuje, a tak automaticky zneutralizuje vznikajúcu kyslosť. Hodnoty NP sa určujú zistením množstva kyseliny, ktorú zneutralizuje materiál odkaliska. Stanovuje sa to jednoduchou acidobázickou priamou alebo spätnou titráciou, čiže pridaním presného množstva kyseliny do vzorky a spätnou titráciou nespotrebovanej kyseliny presným roztokom hydroxidu alebo priamou kyselinovou titráciou vzorky (piesku) do bodu pH 3,5. Znovu sa prepočíta na $H_2SO_4$ alebo na $CaCO_3$ (kg/t).

Čistý neutralizačný potenciál NNP *(net NP)* sa vypočíta podľa

$$NPP = NP - AP$$

Táto hodnota informuje, koľko neutralizačných látok (kg $CaCO_3$) treba pridať do odkaliska, aby sa neokysľovalo.

V šestnástich vzorkách z obidvoch odkalísk sa zistil celkový obsah S. Celková S sa stanovila po oxidácii sulfidov na sírany. Neutralizačný potenciál sa určil spätnou titráciou pridanej 0,1M HCl hydroxidom sodným s použitím fenolftaleínu ako indikátora neutralizačného bodu. Navážili sme 1 g vzorky a do nej pridali 50 ml 0,1M HCl. Vzorka sa po zreagovaní prefiltrovala cez kvantitatívny analytický filtračný papier a alikvotná časť roztoku sa titrovala 0,1M NaOH. Rozdiel objemu sa použil na výpočet NP. Pri každej vzorke sme postup opakovali trikrát.

Metodiku sme pri časti vzoriek doplnili aj orientačným stanovením aktívnej schopnosti tvoriť kyslosť (Wong et al., 1978; US EPA). Vzorka materiálu z odkaliska sa oxidovala 15 % peroxidom vodíka. Zmes vzorky a peroxidu sa nechala reagovať okolo 18 hodín (cez noc) a potom sa nadbytok peroxidu odstránil varom počas jednej hodiny. Hodnota pH zmesi po vychladnutí (kyslé/neutrálne) orientačne ukazuje, či sa sulfidy naozaj vo vzorke oxidovali. Ak vznikla kyselina, potom treba roztok prefiltrovať a množstvo kyseliny stanoviť titračne, napr. 0,1M NaOH. Vzniknutá kyslosť sa môže vyjadriť v kg vzniknutej $H_2SO_4$ na t materiálu alebo množstvom $CaCO_3$ potrebného na neutralizáciu kyslosti.

Nevýhodou kinetických testov je ich dlhé trvanie, rastúca cena za analýzu a pomerne ťažká interpretácia (US EPA). Môžu sa použiť rozličné varianty extrakcie. Vzhľadom na podmienky odkaliska Lintich a predchádzajúce testy vzoriek z odkaliska Sedem žien a Smolník sme zvolili metódu extrakcie materiálu redestilovanou vodou (pH 5,96–6,01) pretekajúcou cez vrstvu materiálu vo valci s možnosťou odberu výluhu na dne valca. 1,7 kg homogénneho materiálu (vzorka 1/2003) sa voľne nasypal do valca s priemerom 8 cm. V ňom sa po uľahnutí materiálu vytvorila vrstva vysoká okolo 25 cm. Materiál vo valci sa počas šiestich týždňov približne každý druhý deň zalial 200 ml vody a po jej pretečení sa vodný extrakt zachytil a analyzoval. Medzitým bol valec otvorený a prístupný vzduchu. Na vylúhovanie sme v prvej etape experimentu použili spolu 3,6 litra vody. V druhej etape sa vylúhovanie zrýchlilo, použili sme až 1000 ml vody a extrakciu sme urobili dovedna desať ráz. Vo výluhu sa meralo pH, vodivosť, obsah síranov, Ca a orientačne aj Fe fotometricky. Obdobne sa v roku 1998 a 1999 vylúhovali vzorky z odkaliska Smolník a doteraz nepublikované výsledky (Líšková a Lintnerová) sme použili ako porovnávací súbor.

## Výsledky

### Charakteristika vzoriek a stanovenie NNP

### Lintich

V tab. 1 sú charakteristiky vzoriek odobraných z odkaliska v rokoch 2000 až 2003. Jednoduchým indikátorom oxidácie je typické žltohnedé až okrové sfarbenie vzoriek, ktoré pochádza zo síranov a oxyhydroxidov Fe, najmä z goethitu. Priamym indikátorom zmien je nízke pH. Sada v tab. 1 obsahuje tri takéto čiastočne zoxidované vzorky z povrchu s pH pod 5. Okyslený piesok alebo vrstvičky v piesku možno nájsť najmä v hrádzi, v najprevzdušnenejšej a najzvetranejšej časti odkaliska, a môžu mať ešte nižšie pH (2–4) ako vzorky uvedené v tab. 1. Tieto vzorky prakticky dokumentujú nízky NP a vysoký AP potenciál časti materiálu a vyskytujú sa lokálne na miestach s vysokým obsahom pyritu. Časté sú vrstvičky alebo hniezda pyritu v kopaných sondách, ale aj v záreze v odťaženej časti odkaliska (obr. 2, 3). Okrem pyritu sa v skúmaných vzorkách vyskytoval aj sfalerit a galenit, v menšom množstve

Tab. 1
Charakteristiky vzoriek z odkaliska Lintich odoberaných v roku 2000 až 2003
Characteristic of the Lintich tailing samples collected in 2000–2003

| Vzorka | Hĺbka cm | Vodivosť µS/cm | pH ($H_2O$) | pH (KCl) | $SO_4^{2-}$ mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|
| LIN Z2-1/2000 (závrt) | 0–20 | 1557 | 7.89 | 7.68 | 6050 |
| LINZ2-2/2000 (závrt) | 30–40 | 2310 | 7.60 | 7.47 | 13750 |
| LINZ3-1/2000 (závrt) | 20–40 | 1631 | 8.13 | 8.11 | 4650 |
| LINZ3-2/2000 (závrt) | 50–60 | 2150 | 7.85 | 7.61 | 8300 |
| LIN-1/2000 (kopaná sonda 1) | 55–65 | 256 | 4,33 | 3.85 | 3650 |
| LIN-2/2000 (kopaná sonda 2) | 15–25 | 2440 | 4.71 | 4.62 | 8350 |
| LIN-1/2002 (ťažba z jamy) | 0–30 | 1290 | 7.49 | 7.70 | 150 |
| LIN-2/2002 (ťažba z jamy) | 30–150 | 259 | 8.20 | 8.11 | |
| LIN-3/2002 (ťažba z jamy) | 150–300 | 1930 | 7.33 | 7.49 | 1950 |
| LIN-4/2002 (ťažba z jamy) | 300–330 | 1643 | 7.28 | 7.41 | 1000 |
| LIN-zárez/2001 | 120–150* | 1802 | 4.59 | 4.36 | 3950 |
| LIN-1/2003, zárez | 500–510* | 1552 | 7.56 | 7.57 | 3700 |
| LIN-2/2003, zárez | 600–620* | 1546 | 7.61 | 7.71 | 3100 |
| LIN-3/2003, zárez | 400–420* | 962 | 7.72 | 7.75 | 2950 |
| LIN-4/2003, zárez | 175–185* | 181 | 7.78 | 7.89 | 1650 |
| LIN-5/2003, zárez | 145–155* | 1479 | 7.70 | 7.85 | 2200 |
| LIN-6/2003, zárez | 160–170* | 1868 | 7.40 | 7.66 | 3950 |

*V zárezе sa merala výška približne od základne vyťaženej plochy. Údaj je len orientačný, lebo vzorky sa neodoberali v jednom profile.

*Heights in cm from the bottom of the excavation wall. They are only informative ones because samples were not collected in the same profile.

**Obr. 4.** Výkvet sekundárneho sadrovca na stene v zárezе vytvorenom ťažbou materiálu. Z obr. je zrejmé, že povrch odkaliska na tomto mieste pokryla metalurgická troska a iba tenká vrstva pôdy.

**Fig. 4.** Secondary gypsum evaporated on the tailing wall uncovered by sand excavation. It can be seen, that beds of metallurgic slag and thin soils were deponed on the tailing in this part of the impoundment.

aj chalkopyrit. Oxidáciu sulfidov indikuje aj typický povlak sekundárnych minerálov (síranov a oxyhydroxidov Fe) na povrchu zŕn. V stene vzniknuvšej odbagrovaním materiálu sú dobre viditeľné zrnitostné rozdiely (v priepustnosti), ktoré sprevádza nerovnaká intenzita oxidácie materiálu. Najmenej zoxidované sú prachové až ílové vrstvičky, často sfarbené domodra. Typická pre odkalisko je aj tvorba sadrovca na povrchu vo forme výkvetu, ktorý dobre vidno aj na odťaženej stene odkaliska (obr. 4). Prítomnosť sadrovca viac ráz potvrdila rtg. difrakčná analýza. Sadrovec ľahko kryštalizuje z vodného výluhu piesku (premývanie materiálu vodou; Lintnerová, 2002). Vo vodnom výluhu všetkých vzoriek sa zistil vysoký obsah síranov (tab. 1).

Tab. 2

Stanovené hodnoty neutralizačného potenciálu (NP), celkovej vytvorenej acidity (AP) a čistého neutralizačného potenciálu (NNP) vo vzorkách z odkaliska Lintich

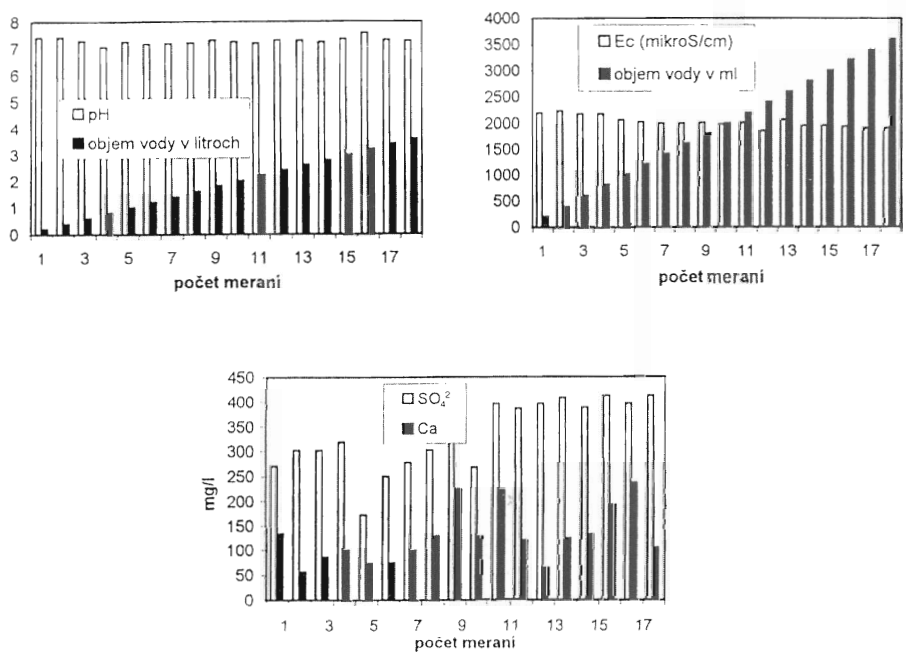
Neutralization potential (NP), total acidity production (AP) and net neutralization potentials (NNP) values determined in the tailing samples from the Lintich impoundment

| Vzorka | pH (pôvodné) | NP $CaCO_3$ kg/t | S % | AP kg/t | NNP kg/t | pH NGA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| LINZ2 1/2000 | 7.89 | 72.00 | | | | |
| LINZ2 2/2000 | 7.60 | 92.50 | | | | |
| LINZ3 1 2000 | 8.13 | 72.50 | | | | |
| LINZ3 2/2000 | 7.85 | 65.00 | | | | |
| LIN 1 2000 | 4.33 | 5.00 | | | | |
| LIN 2/2000 | 4.71 | 5.00 | | | | |
| LIN-1/2002 | 7.49 | 52.00 | 0.91 | 28.34 | 24.16 | 7.23 |
| LIN-2/2002 | 8.20 | 38.00 | 1.01 | 31.56 | 6.44 | 7.17 |
| LIN-3/2002 | 7.33 | 51.50 | 0.95 | 29.68 | 21.82 | 7.28 |
| LIN-4/2002 | 7.28 | 35.75 | 1.42 | 44.37 | –8.62 | 7.02 |
| LIN-1/2003 | 7.56 | 35.00 | 3.36 | 105.00 | –70.00 | 7.41 |
| LIN-2/2003 | 7.61 | 20.00 | 1.11 | 34.69 | –14.69 | 7.32 |
| LIN-3/2003 | 7.72 | 25.00 | 2.13 | 66.56 | –41.56 | 7.13 |
| LIN-4/2003 | 7.78 | 70.00 | 1.86 | 58.13 | 11.87 | 7.27 |
| LIN-5/2003 | 7.70 | 27.50 | 3.50 | 109.37 | –81.87 | 7.01 |
| LIN-6/2003 | 7.40 | 32.50 | 1.50 | 46.86 | –14.36 | 7.12 |

NGA – pH vzoriek po oxidácii peroxidom H

NGA – pH values measured after oxidation of the samples by 15 % hydrogen peroxide solution

V tab. 2 sú výsledky stanovovania NP a AP. Obsah S sa určil v desiatich vzorkách a pri nich sme mohli vyrátať aj NNP. Vzorky obsahovali 0,9 do 3,6 % celkovej S (čo zodpovedá 1,7 až 7 % pyritu) a mali relatívne nízke NP. NPP bolo –81 až +30 kg $CaCO_3$ na t materiálu. Záporné hodnoty hovoria o chýbajúcich neutralizačných látkach, pozitívne o ich prítomnosti. Podľa skúseností z rozličných odkalísk, kde sa táto metodika použila, vzorky



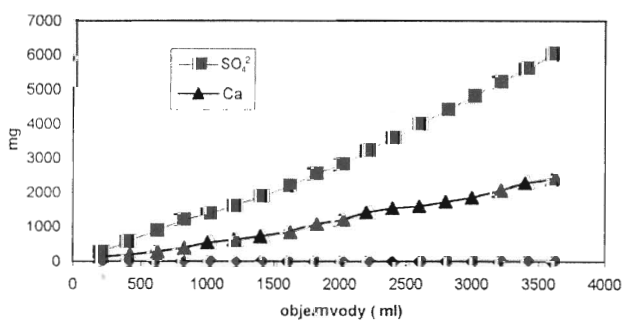

**Obr. 5.** Grafické hodnotenie výsledkov experimentálneho vylúhovania piesku z odkaliska Lintich. Na vylúhovanie sa použila vzorka LIN-1/2003. Koncentrácia $Ca^{2+}$ a $SO_4^{2-}$ je (200 ml) prepočítaná na štandardnú koncentráciu – mg/l.

**Fig. 5.** The graphically visualized results of the long-time leaching experiment performed on the sample LIN-1/2003. The $Ca^{2+}$ and $SO_4^{2-}$ concentration (of the 200 milliliters leach portions) is recalculated on the standard mg/l concentrations.

s nízkym negatívnym NPP sú potenciálne kyslé, ale ani pri pozitívnom NPP nemožno riziko tvorby kyslých produktov úplne vylúčiť. Príčinou môže byť rozličné minerálne zloženie materiálu, spôsob prerastania zŕn a tvorba sekundárnych minerálov, ale aj iné faktory. Rozsah NPP od –20 do +20 kg $CaCO_3$ na t materiálu možno z hľadiska tvorby kyslých látok označiť ako rozsah „neistoty" (metodiky US EPA), pretože sa nedá jednoznačne konštatovať, či sa kyslé produkty budú alebo nebudú tvoriť. Riziko sa znižuje, ak sú hodnoty NPP kladné a vysoké. Na relatívne vyjadrenie rizika možno použiť aj pomer NP k AP. Ak je blízky hodnote 1 : 1, riziko je vysoké, ak sa pomer NP : AP rovná 3 : 1 alebo je väčší riziko je nižšie. Prakticky to značí, že sa na odkalisku s trojnásobne vyšším NP, ako je AP, nemusí riziko tvorby kyslých látok sledovať alebo že sa môže zanedbať.

Testom aktívnej tvorby kyslosti (oxidácia peroxidom vodíka) sa nezistil výraznejší pokles pH v sade vzoriek z roku 2002 ani v starších vzorkách, ktoré sme pri overovaní metodiky použili. To dobre vystihuje pozorovaný stav, t. j. neutrálne až slabo alkalické prostredie hlavnej masy materiálu a zároveň tvorbu kyslých vrstiev na povrchu. Tento zdanlivý nesúlad možno riešiť ďalšími metódami (podľa metodiky US EPA najlepšie kinetickým testom).

Jednoduché vylúhovanie materiálu odkaliska vodou potvrdilo, že odkalisko je veľmi bohaté na sírany a Ca (obr. 5). Výluhy mali aj po šiestich týždňoch (18 meraní) neutrálnu až slabo alkalickú reakciu (pH 7 až 7,6) a vysokú vodivosť (1700 až 2000 µS/cm). 3,6 l cez valec voľne pretekajúcej vody v priebehu testu z 1,7 kg materiálu uvoľnilo spolu 6022 mg síranov a 2292 mg Ca, čo zodpovedá koncentrácii 1673 mg/l $SO_4^{2-}$ a 637 mg/l $Ca^{2+}$ (obr. 6). Pri pomalom vylúhovaní sa hodnoty výraznejšie nemenili a koncentrácia postupne klesala až pri intenzívnejšom vylúhovaní, čo sme zaregistrovali v druhej etape. Vzorka vo valci sa najskôr úplne vysušila. Opätovné nasýtenie vody neviedlo k poklesu pH, ale vodivosť sa zvýšila najprv až na 2600 µS/cm a postupne pri jednorazovom vylúhovaní vzorky 1000 ml vody klesala pod 1700 µS/cm (prvé 4 l) a potom až pod 500 µS/cm (10 l vody).




**Obr. 6.** Kumulatívne krivky obsahu Ca a síranov konštruované podľa výsledkov analýz osemnástich (200 ml) výluhov získaných v priebehu šiestich týždňov zo vzorky LIN-1/2003. Spolu sa použilo 3600 ml vody.

**Fig. 6.** Cumulative curves of the calcite and sulfate concentrations constructed from results of the analyses of the 18 leachates performed during 6 weeks from the sample LIN-1/2003. Totally 3600 ml of water was used in experiment.

Výsledky dokumentujú zasolenie odkaliska najmä sadrovcom a dlhodobý vplyv zasolenia na charakter odtekajúcej drenážnej vody. Sulfidy sa pri experimente neoxidovali, lebo valec bol nasýtený vodou a vzdušný kyslík k nim nemal prístup. Proces simuluje skôr vymývanie v nasýtenej zóne odkaliska. Pri simulácii aj oxidačných procesov na povrchu odkaliska by sa materiál musel prevzdušňovať (miešať) oveľa intenzívnejšie (Dubíková et al., 2002; Schlieker et al., 2001). Nízku kinetiku oxidácie indikujú aj výsledky z oxidácie materiálu peroxidom vodíka (tab. 2).

## Odkalisko pri Smolníckej Hute

V tab. 3 je zoznam skúmaných vzoriek s rovnakými charakteristikami ako na odkalisku Lintich a na ilustráciu sa dopĺňa aj grafmi údajov zo sond z roku 2002 (obr. 7). Zoxidované polohy v sondách dokumentujú acidifikáciu (pH pod 4) materiálu v rozličnej hĺbke. Tieto prejavy sme zaznamenali už pri rekultivácii odkaliska v rokoch 1998–1999 (Lintnerová, 2000). Kyslé oxidačné resp. sekundárne obohatené zóny (hard pan) sme opísali z hĺbky približne 30 až 80 cm (obr. 7, spodný graf). Z týchto meraní jednoznačne nevyplýva, či po rekultivácii materiál ďalej oxiduje na rovnakej alebo na nižšej úrovni ako v roku 1998–1999. Hĺbka oxidačnej zóny je navyše v rôznych častiach odkaliska rozdielna a v štyroch nových sondách bola približne od 50 do 100 cm. To signalizuje, že oxidácia sulfidov pokračuje, ako aj to, že povrch prekýva tenká a pre vzdušný kyslík priepustná rekultivačná vrstva. Jej vplyv v sondách je viditeľný vo vrchných asi 20 cm (obr. 7). Rastúca hutnosť a nepriepustnosť materiálu s hĺbkou a čiastočné nasýtenie vodou difúziu kyslíka a oxidáciu sulfidov spomaľujú (Frind a Molson, 1993; Alpern a Blowes, 1994; Lintnerová, 2000).

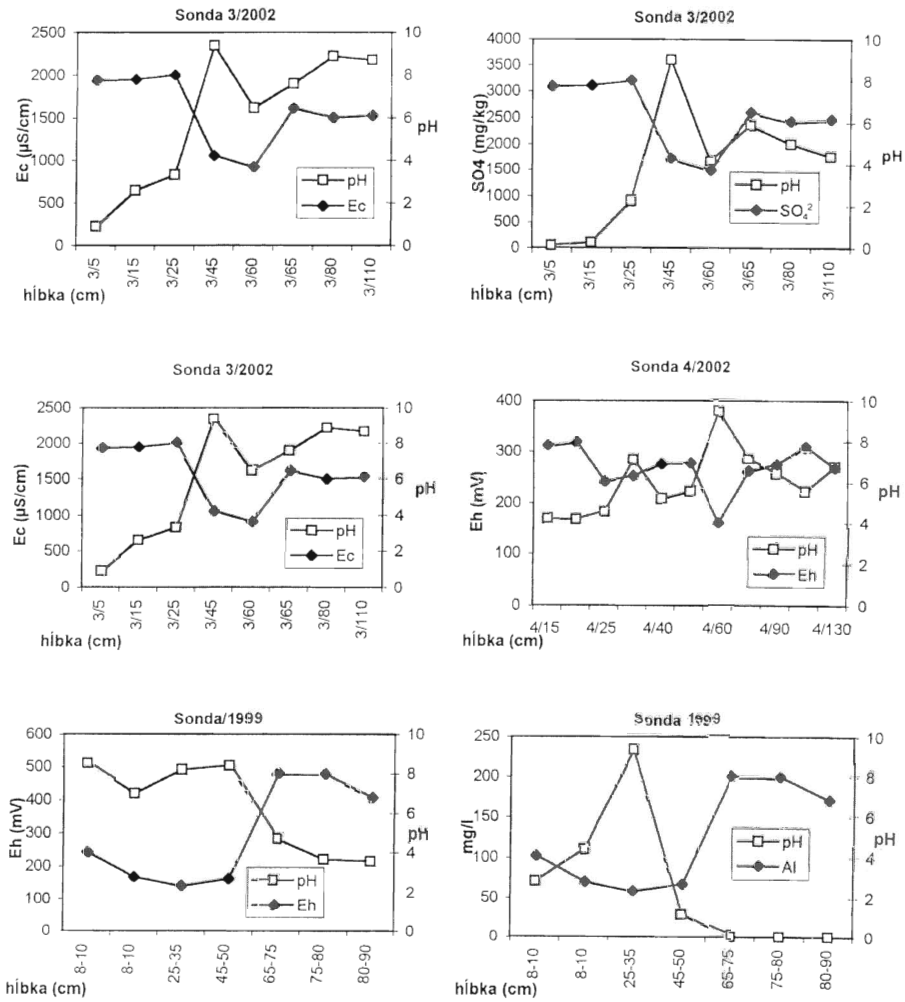
Všetky hodnoty NNP sú negatívne a jednoznačne signalizujú vysoké riziko tvorby kyslých produktov (tab. 4). Je to aj napriek tomu, že sa ich časť z použitých vzoriek už viac-menej vylúhovala, čo indikuje zmena pH a vodivosti, prípadne Eh a obsahu vymeniteľného Al (obr. 7).

Tab. 3
Charakteristiky vzoriek z odkaliska pri Smolníku
The selected characteristics of the Smolník tailing samples

| Vzorka | Hĺbka cm | Vodivosť µS/cm | pH ($H_2O$) | pH (KCl) | $SO_4^{2-}$ [mg/kg] |
|---|---|---|---|---|---|
| HO S3-1 | 10–20 | 646 | 7.78 | 7.99 | 100 |
| HO S3-2 | 20–30 | 823 | 8.00 | 8.17 | 900 |
| HO S3-3 | 40–50 | 2340 | 4.22 | 3.92 | 3600 |
| HO S3-4 | 55–60 | 1615 | 3.65 | 3.52 | 1650 |
| HO S3-5 | 65–70 | 1894 | 6.44 | 6.56 | 2350 |
| HO S3-6 | 75–80 | 2220 | 6.01 | 6.15 | 2000 |
| HO S3-7 | 110 | 2170 | 6.12 | 6.31 | 1750 |
| PPC2-1 | 0–15 | 2360 | 3.44 | 3.38 | 7750 |
| PPC2-2 | 20–30 | 2570 | 6.21 | 6.39 | 5000 |
| PPC2-3 | 30–40 | 2800 | 6.12 | 6.22 | 5250 |
| PPC2-4 | 40–50 | 2000 | 6.38 | 6.55 | 3300 |

HOS3 – hlavné odkalisko, sonda 3, PPC-2 – sonda 2 z tzv. malého odkaliska

HOS3 – main impoundment samples, pit 3, and PPC-2 pit 2 from so-called small impoundment




**Obr. 7.** Zmeny niektorých vlastností vzoriek s hĺbkou v kopaných sondách z hlavného odkaliska Smolník odobraných v roku 2002 a 1999.

**Fig. 7.** The variation of selected characteristics of tailing samples with depth in pits dig in the main Smolník impoundment collected in 2002 and 1999.

Na porovnanie uvádzame nepublikované výsledky dlhodobého vylúhovania zvetraného materiálu z povrchu odkaliska z roku 1998 a 1999. Test, ktorý prebiehal približne 10 mesiacov, ukázal, že povrchový odkaliskový materiál má iné vlastnosti ako v Lintichu (obr. 8). Voda (pH 5,5) vylúhovala zo vzorky najmä sírany, ktorých obsah vzrástol až po pretečení niekoľkých litrov vody. Výluh obsahoval len veľmi málo Ca a jeho obsah sa neskôr tiež mierne zvýšil. Obsah solí stačil na to, aby sa reakcia výluhu udržala ako slabokyslá až slaboalkalická (6,8 až 7,5). Vodivosť výluhu odráža zmeny v množstve sledovaných iónov. Z výsledkov vyplýva, že povrch odkaliska nie je (technologicky) zasolený, ale skôr vylúhovaný a rastúci obsah síranov môže pochádzať z oxidácie sulfidov.

Z metodického hľadiska môžeme potvrdiť, že interpretácia kinetických testov nie je jednoduchá. Na ďalšie využívanie takýchto výsledkov sa treba dôkladne teoreticky pripraviť (Dubíková et al., 2002; Frind a Molson, 1994; Schlieker et al., 2001) a veľkú pozornosť venovať voľbe vzoriek, primárnej charakteristike materiálu, ako aj voľbe extrakčných činidiel a spôsobu analýzy veľkého počtu vzoriek výluhu. Z primárnych charakteristík možno geochemicky modelovať

Tab. 4

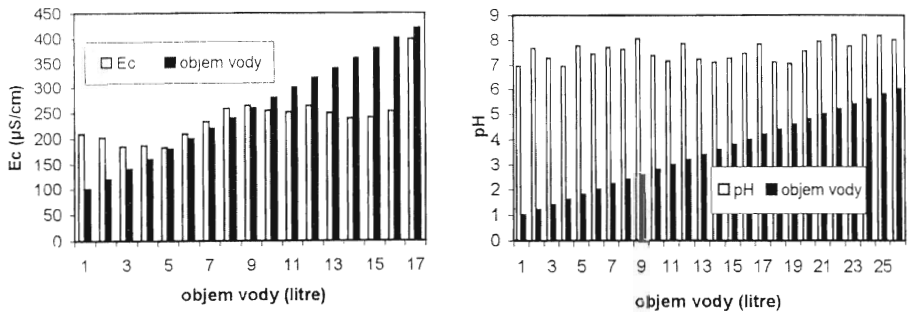
Stanovenie neutralizačného NP, celkovej vytvorenej acidity (AP) a čistého neutralizačného potenciálu NNP vo vzorkách z odkaliska Smolník (HOS3) resp. z tzv. malého odkaliska PPC2

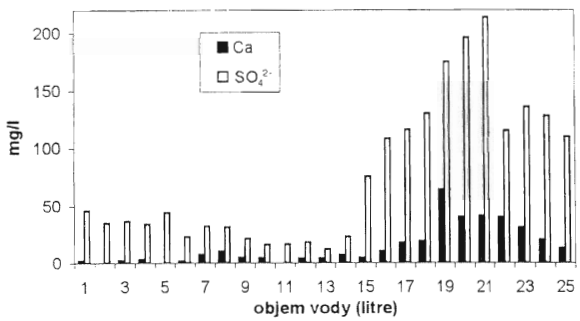
Neutralization potential (NP), total acidity production (AP) and net neutralization potential (NNP) values determined in the tailing samples from the main Smolník (HOS3) impoundment and from the so-called small impoundment

| Vzorka | pH (pôvodné) | NP $CaCO_3$ kg/t | S % | AP kg/t | NNP kg/t | pH NGA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| HO S3-1 | 7,78 | 194,5 | | | | 8,41 |
| HO S3-2 | 8,00 | 137,5 | | | | 8,51 |
| HO S3-3 | 4,22 | –39,00 | | | | 1,94 |
| HO S3-4 | 3,65 | –36,5 | | | | 2,04 |
| HO S3-5 | 6,44 | –29,25 | 1,63 | 50,34 | –79,59 | 2,28 |
| PPC2-1 | 3,44 | –29,25 | | | | 2,26 |
| PPC2-2 | 6,21 | –14,75 | | | | |
| PPC2-3 | 6,12 | –18,75 | 5,56 | 173,75 | –182,4 | 2,23 |
| PPC2-4 | 6,38 | –18,75 | 1,55 | 48,28 | –67,03 | 2,41 |
| SM/6 | 4,21 | –36,5 | 0,34 | 10,53 | –47,03 | 2,58 |

NGA – pH vzoriek po oxidácii peroxidom H

NGA – pH values measured after oxidation of the samples by 15 % hydrogen peroxide solution




**Obr. 8.** Grafické hodnotenie dlhodobého vylúhovania vzorky piesku z hlavného odkaliska Smolník odobratej v roku 1999. Hodnoty sa merali v spojených (kumulovaných) litrových objemoch výluhu (počet l = počet meraní).

**Fig. 8.** Graphic visualization of the long-term (approximately 10 months) leaching of the tailing sample from the main Smolník impoundment sampled in 1999. The presented data were measured in the cumulative leachates with volume of one liter (number of liters = number of measurements).

(predpovedať) očakávaný proces, a tak optimalizovať pripravovaný pokus a detailne definovať ciele dlhodobého pokusu. Takýto systém práce je komplikovaný a nehodí sa na environmentálne alebo prevádzkové hodnotenie neutralizačného alebo acidifikačného potenciálu odkalísk.

## Mobilizácia kovov v odkalisku Lintich

Chemickou analýzou vody možno zistiť významné zmeny v migrácii iónov v odpade v istom čase. Pre banské prostredie s potenciálne vysokou migráciou Fe a kovov je typická tvorba zrazenín v drenáži baní a odkalísk. Preto sme sledovali zmeny chemického zloženia vody a zrazenín, ktoré sa tvoria viac-menej bezprostredne po vytečení vody z podzemia na povrch. Vzhľadom na hodnoty NNP vo vzorkách z Lintichu sme stanovili aj obsah kovov, ktoré by sa mohli v kyslom prostredí vylúhovať a transportovať drenážnou vodou.

### Voda a zrazeniny

Chemické zloženie drenážnej vody z odkaliska Lintich z rokov 2002 a 2003, keď sa v pomerne veľkom rozsahu presúval materiál z odkaliska, je v tab. 5. Porovnávali sme iba koncentráciu niektorých kovov vo vode, lebo z tohto obdobia nemáme úplné analýzy. Z výsledkov vyplýva, že koncentrácia hlavných (ložiskových) kovov – Fe, Pb, Zn, Mn a Cu – v odtekajúcej vode v drenáži pod odkaliskom nebola vyššia, ako stanovuje norma pre povrchové vody ani ako bola v predchádzajúcom období. Vyšší bol len obsah síranov a $Ca^{2+}$. Pre drenážnu vodu sulfidických odkalísk je vyšší obsah síranov typický, a to aj zásluhou neutrálneho pH prostredia, ktoré zvyšuje desorpciu síranov z okrových zrazenín (Lintnerová a Šefčíková, 2002).

Tab. 5
Chemická analýza drenážnej vody z odkaliska Lintich (Lin02, Lin03) a zo spodnej drenáže hlavného odkaliska Smolník
The chemical analyses of drainage water samples from the impoundment Lintich (Lin02, Lin03) and from the Smolník main impoundment drainage

| Vzorka | Lin02 | Lin03 | SMO/PS | SMOD/LS | SMOD H |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | mg/l | | |
| $Al^{3+}$ | <0.03 | 0.105 | 0.05 | <0.03 | 72.8 |
| $Fe_{(tot)}$ | 0.45 | 0.025 | 2.63 | 49.8 | 0.34 |
| $Fe^{2+}$ | 0.11 | nd | 2.34 | 45.60 | |
| $Mn^{2+}$ | 1.17 | 1.65 | 2.49 | 13.20 | 19.40 |
| $Ca^{2+}$ | 83.30 | 161.4 | 34.80 | 205.00 | |
| $Ca^{2+}$ | 12.40 | 21.01 | 29.01 | 173.00 | |
| $K^+$ | 11.60 | 11.70 | 4.53 | 28.90 | |
| $Na^+$ | 9.86 | 13.60 | 2.94 | 13.00 | |
| $Ba^{2+}$ | 0.05 | | 0.04 | 0.02 | |
| $Cl^+$ | 5.10 | | 4.44 | 12.30 | |
| $F^-$ | <1 | | <0.2 | <1 | |
| $SO_4^{2}$ | 236 | 387 | 198 | 1470 | 2080 |
| $HCO_3^{2}$ | 102 | | 21 | 49 | |
| Hg | 0.0001 | | 0.0005 | 0.0002 | |
| Zn | 0.222 | 0.672 | 0.044 | 0.198 | 2.52 |
| Pb | <0.004 | <0.1 | <0.004 | <0.004 | <0.2 |
| Ag | <0.001 | | <0.001 | <0.001 | |
| As | 0.002 | 0.00037 | 0.036 | 0.484 | 0.001 |
| Sb | 0.002 | | 0.001 | <0.001 | |
| Se | <0.001 | | <0.001 | <0.02 | |
| Co | <0.002 | <0.005 | 0.012 | 0.069 | |
| Ni | 0.004 | | 0.023 | 0.061 | |
| Cr | <0.002 | | <0.002 | <0.002 | |
| V | <0.004 | | <0.004 | <0.004 | |
| Cu | 0.01 | <0.005 | 0.007 | 0.006 | |
| Cd | 0.0021 | | <0.0003 | <0.0003 | |
| pH | 6.38 | | 6.35 | 6.28 | 3.45 |

SMO/PS – pravá strana, SMO/LS – ľavá strana, SMOD/H – horná časť hrádze

SMO/PS – right side, SMO/LP – left side drainage on the impoundment base and SMOD/H – upper part of dam

Tab. 6
Obsah kovov vo vzorkách zrazenín z odkaliska Lintich odoberaných v roku 2002 (LIO/02) a 2003 (LIO/03) súčasne so vzorkami vody uvedenými v tab. 5
Metals contents in iron oxyhydroxide precipitate samples collected in the Lintich impoundment drainage in 2002 (LIO/02) and 2003 (LIO/03) together with water samples put in Tab. 5

| | Fe | Mn | Zn | Pb | Cu | Cd | Se | Cr | Co | As | Sb |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vzorka | | % | | | | mg/kg | | | | | |
| LIO/02 | 23.19 | 2.06 | 1.07 | 5168.8 | 1001.7 | 92.6 | 0.3 | 12.8 | 24.9 | 212.6 | 2.5 |
| LIO/03 | 33.78 | 1.39 | 1.22 | 649.8 | 398.9 | 44.2 | 0.3 | | 11.7 | 80.4 | 5.1 |

Hodnoty sú uvedené v mg kovu na 1kg vzorky
Results are expressed in mg of metals in 1 kg of the sample

Zrazeniny – oxyhydroxidy Fe – majú výborné sorpčné schopnosti a v prírodnom prostredí efektívne znižujú obsah rozpustených kovov vo vode. Analyzovali sa už viac ráz (Adamcová et al., 1998; Lintnerová et al., 1999; Rojkovič et al., 2003; Šucha et al., 1996), a preto možno konštatovať, že sa dramaticky nezvýšil ani obsah kovov v okrových zrazeninách pod odkaliskom (tab. 6). Obsah kovov v zrazeninách – najmä Zn a Pb – je relatívne veľmi vysoký a potvrdzuje, že sa kovy z materiálu odkaliska naďalej uvoľňujú. Obsah Mn v zrazeninách bol v minulosti vyšší. Tento kov môže podobne ako Fe reagovať na zmenené redoxné podmienky v odkalisku v dôsledku väčšieho prevzdušnenia. V zrazeninách sa zistil aj zaujímavý obsah Cd, Se, Cr, Co a Ni, čo presvedčivo dokumentuje vysoký akumulačný potenciál zrazenín. Miera koncentrácie je zreteľná po porovnaní obsahu týchto kovov vo vode a v zrazenine.

Obsah kovov v zrazeninách je známy aj z odkaliska Smolník, kde je situácia zložitejšia ako v Lintichu (Lintnerová et al., 1999, 2003a, b; Rojkovič et al., 2003; Šottník et al., 2003; chemizmus banskej vody a jej vplyv na potok Smolník sa spracujú osobitne; v tlači). Údaje v tab. 5 dokumentujú tvorbu kyslých priesakov vo vrchnej časti odkaliska (SMODH) a rozdiely v zložení vody presakujúcej pod odkaliskom. Voda z ľavej a pravej strany pod odkaliskom má odlišné redoxné vlastnosti, čo sa prejavuje nerovnako vysokým obsahom rozpusteného Fe. Na štúdium procesov vyvolávajúcich tieto zmeny by bol potrebný monitoring vody priamo v telese odkaliska zo vzoriek z hydrogeologických vrtov.

Pre toto odkalisko je mimoriadne rizikový vysoký obsah As (Lintnerová et al., 1999, 2003a, b). Zvýšený obsah As je typický pre rudy, sedimenty a pôdu v celej oblasti a As uvoľnený z odkaliska by mohol porušiť ekologickú rovnováhu v lokalite. Túto problematiku však treba hodnotiť aj z hľadiska stability As zlúčenín vo vzťahu k organickým látkam a mikrobiologickým procesom.

## Mobilizovateľné kovy

Na doplnenie poznatkov o odkalisku Lintich sa sledoval obsah potenciálne mobilizovateľných kovov v desiatich vzorkách, v ktorých sa stanovil aj NNP (tab. 7). Analýza ukázala, že podiel kovov rozpustný v 0,5 M HCl je vzhľadom na celkový obsah kovov v odkalisku pomerne vysoký.

Tab. 7
Obsah mobilizovateľných kovov zistených vo výluhu 0.5 M HCl vo vzorkách z odkaliska Lintich a zo sondy PPC-2 z malého odkaliska
Content of labile or mobile phases of metals determined in the 0.5 M HCl (non-selective) leachates of the Lintich tailing samples and the Smolník samples PPC-2 (two samples from small impoundment pit)

| | Fe | Mn | Zn | Pb | Cu |
|---|---|---|---|---|---|
| Vzorka | | | mg/kg | | |
| LIN-1/2002 | 5380 | 2945 | 661 | 491 | 89 |
| LIN-2/2002 | 4270 | 244 | 445 | 336 | 45 |
| LIN-3/2002 | 4900 | 2720 | 394 | 496 | 84 |
| LIN-4/2002 | 4860 | 1512 | 925 | 969 | 41 |
| LIN-1/2003 | 3670 | 1405 | 1063 | 686 | 38 |
| LIN-2/2003 | 2980 | 714 | 883 | 563 | 44 |
| LIN-3/2003 | 3900 | 1398 | 516 | 523 | 54 |
| LIN-4/2003 | 3900 | 2244 | 527 | 689 | 31 |
| LIN-5/2003 | 4060 | 1256 | 403 | 536 | 18 |
| LIN-6/2003 | 3230 | 1855 | 515 | 554 | 33 |
| PPC2-3 | 2720 | 189 | 54 | 25 | 122 |
| PPC2-4 | 3700 | 225 | 9 | 4 | 62 |

Na porovnanie sme použili analýzy celkového obsahu kovov v tomto odkalisku Adamcovej et al. (1998). Sú to bodové analýzy z rozličných miest. Ukázalo sa, že zriedená HCl uvoľnila najviac Fe a Mn a obsah Zn a Pb približne desať – a Cu 100 ráz nižší ako prvých dvoch prvkov (tab. 7). Z výsledkov vyplynulo, že podiel mobilizovateľných kovov je o jeden rád nižší ako celkový obsah (napr. celkový obsah Fe bol 3,5 %, Mn 8350 ppm, Pb je 2900, Zn 5380 a Cu 650 ppm). Sekundárne oxidy Fe a Mn sa relatívne akumulujú v povrchových a zvetraných zónach a zachytávajú aj ostatné kovy. Časť týchto fáz je rozpustná v zriedenej kyseline, lebo ide o nové, často amorfné fázy. Primárne sulfidy Pb, Zn a Cu sa v zriedenej kyseline nerozpúšťajú, ale mohli sa rozpustiť sekundárne sírany, ktoré často obaľovali zrná Pb-Zn sulfidov a spomaľovali rozpúšťanie primárneho minerálu. Tab. 7 uvádza aj analýzy dvoch vzoriek zo sondy PPC2. Prvé informatívne výsledky dokumentujú vyšší obsah Fe, Mn a Cu, čo odráža primárne zloženie ložiskového odpadu. Vzorky z hlavného odkaliska pri Smolníku sa neanalyzovali. Niektoré viac-menej porovnateľné informácie o obsahu kovov v povrchových častiach odkaliska sa už publikovali (Lintnerová, 2000; Lintnerová et al., 1999, 2003; Šottník et al., 2003).

## Diskusia

Naša štúdia prináša nové údaje a poznatky o neutralizačnom potenciáli najmä odkaliska Lintich a ich porovnanie s odkaliskom pri Smolníku. Odkalisko sa vybralo ako typický zástupca vysoko rizikového ložiska (odkaliska) z hľadiska tvorby kyslej vody, čo sa potvrdilo aj pri meraní NPP. Zdôrazňujeme, že ide iba o predbežné či zisťovacie hodnotenie vykonané v rámci diplomovej práce zamerané najmä na vyskúšanie metodiky (Majerčík, 2004), a preto sú hodnoty NPP len orientačné a netýkajú sa celého odkaliska.

Pri hodnotení neutralizačného alebo acidifikačného potenciálu odkaliska je najdôležitejší reprezentatívny výber vzoriek. Odkaliská sú najvhodnejšie na stanovenie NNP, pretože je pri nich objem odpadu presne známy a – na rozdiel od háld alebo baní – ide zásadne o homogénny materiál.

Optimálne je vzorky odoberať z vrtov z niekoľkých hĺbkových úrovní a pri odbere by sa okrem objemových a morfologických mali brať do úvahy aj kvalitatívne (minerálne a zrnitostné zloženie) vlastnosti odkaliska. Dôležitým parametrom je aj stupeň nasýtenia odkalísk vodou, pretože významne ovplyvňuje oxidáciu a migračnú schopnosť látok (Lintnerová, 2002).

Naše výsledky presnejšie vymedzili environmentálne riziká identifikované v teréne a vyplýva z nich, že odkaliskový materiál na mieste, kde sa nachádza, nie je bezprostredným (havarijným) rizikom pre prostredie, hoci má nezanedbateľný potenciál tvoriť kyslosť a významné množstvo mobilizovateľných kovov. Na základe dlhodobého vylúhovania sme čiastočne kvantifikovali zasolenosť odkaliska brániacu celkovému okysleniu drenážnej vody. Vzhľadom na minerálne a zrnitostné zloženie, ako aj stav nasýtenia odkaliska vodou sa vysoká koncentrácia Ca a síranov nedá priamo spájať s oxidáciou sulfidov. Experiment kvantitatívne potvrdil, že tieto ióny musia pochádzať z technologických látok v kale (z vápna a flotačných solí). Výsledky sú v súlade s pozorovanou tvorbou sadrovca na povrchu a tiež so zložením odtekajúcej vody obohatenej o sírany. Sulfidy nesporne oxidujú v povrchových častiach po vyplavení technologických látok, čo sa prejavuje poklesom pH materiálu a tvorbou typických okrových sekundárnych minerálov (Líšková et al., 1999; Lintnerová, 2000, 2001). Tieto závery sme urobili aj na základe porovnania výsledkov zo smolníckeho odkaliska, na ktorom (alebo v jeho časti) je obsah solí nízky, a to zrejme pre inú technológiu spracovania rudy (Bartalský, 1993). Podobné zasolenie ako v Lintichu sa potvrdilo aj na odkalisku Sedem žien (Banská Štiavnica), kde výluh dlhodobo obsahoval viac ako 1000 mg/l síranov a 100 až 400 mg/l $Ca^{2+}$ (Líšková et al., 1999, a nepublikované výsledky experimentálneho lúhovania).

Práve vysoká zasolenosť odkaliska Lintich sa prejavuje negatívne, lebo bráni dobrému rastu stromov a trávy (Šucha et al., 1996; Lintnerová, 2002). Podľa rozmiestnenia stromov možno zistiť, kde je väčšia hrúbka kalu. Korene stromov doň nevnikajú, sú len na povrchu, a ak sú vyššie, vyvracajú sa alebo hynú. Tomu by sa dalo predísť vytvorením hrubšej „úrodnej" vrstvy, ale to by zvýšilo náklady na rekultiváciu. Na druhej strane zasolenie v tomto otvorenom systéme pôsobí proti tvorbe kyslých produktov zo sulfidov a tým aj proti mobilizácii kovov. Podľa NNP a výsledkov kinetického testu je pravdepodobné, že sa drenážna voda nebude v blízkej budúcnosti okysľovať. Odvoz materiálu do okolia a jeho využívanie je však závažnou zmenou v odkalisku, lebo otvára nové cesty vode a vzdušnému kyslíku do odkaliskového materiálu. Na zložení odtekajúcej vody sa tieto zmeny v roku 2002 a 2003 neprejavili. Zrejme to súvisí s fyzikálnymi podmienkami (difúzia plynov a pohyb pórových roztokov) a s vlastnosťami materiálu a podložia (sorpčné vlastnosti vulkanogénnych hornín; Adamcová et al., 1998, 2000; Adamcová, 2002). Akútnou hrozbou sa môže stať premiestnený materiál, ktorý na inom mieste môže byť zdrojom lokálnej kontaminácie prostredia síranmi a kovmi.

## Záver

Štúdium ukázalo, že meranie NNP nie je metodicky zložité a je vhodné na posúdenie vlastností sulfidických odkalísk. Odporúčame používať jednorazové testy, lebo výsledky dlhodobých nie sú operatívne a sú dosť drahé.

Predbežné hodnotenie odkalísk ukázalo, že výskyt technologických látok a nasýtenie vodou sú faktory, ktoré môžu významne ovplyvniť výsledok oxidácie sulfidov v odkalisku a vlastnosti drenážnej vody.

Stanovenie NNP a nová analýza vody zrazenín a materiálu odkaliska Lintich potvrdili potenciálne environmentálne riziko späté s banským odpadom. Prevážanie a rozširovanie materiálu do okolia je nezodpovedné a mohlo by viesť k lokálnej kontaminácii pôdy a vody kovmi. V banskom regióne, akým je Banská Štiavnica, v ktorom je prirodzená kontaminácia kovmi vysoká, môžu dodatočné zdroje kovov environmentálnu alebo ekologickú hladinu únosnú pre ľudí porušiť veľmi rýchlo, a preto by sa o využívaní materiálu zo sulfidických odkalísk na rozličné účely (bez oddelenia sulfidov, čo je zvyčajne ekonomicky neúnosné) nemalo vôbec uvažovať.

*Poďakovanie.* Štúdia vznikla s finančnou podporou Ministerstva školstva SR v rámci projektu *Fyzikálnochemická charakteristika banských odpadov na Slovensku a ich vplyv na životné prostredie* a grantovej agentúry VEGA 1/0010/03 a plnil sa v spolupráci s Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability EC (Ispra Verese, Taliansko). Výsledky boli aj súčasťou záverečnej správy a diplomovej práce.

Za pomoc pri príprave štúdie, prácach v teréne a v laboratóriu ďakujeme kolegom, najmä prof. Rojkovičovi, Dr. Šottníkovi a Mgr. Šoltésovi, ako aj recenzentovi príspevku za cenné pripomienky.

## Literatúra

Adamcová, R., 2002: Retardation capability of mineral lining of waste disposal sites. *Acta geol. Univ. Comen., 57, 5–33.*

Adamcová, R., Šucha, V., Matys, M., Madsen, F. T., & Križáni, I., 1998: Sludge deposits around the mining town of Banská Štiavnica: Environmental and geotechnical problem. GREEN 2. Contaminated and derelict land. T. Telford, London, 150–157

Adamcová, R., Hiller, E., Ottner, F., & Kugler, H., 2000: Assesment and prediction of vertical transport of pollutants in clayey barriers. *In. Proc. of 5th Int. Symp. on Envir. Contam. in Central and East Europe Prague 2000, Tallahassee (Florida): Inst. For Int. Cooperativ. Envir. Research, Florida State Univ. CD Room, DOE/EM-0584*

Alpers, C. N., & Blowes, D. W., 1994: Environmental geochemistry of sulfide oxidation. *Amer. Chem. Soc., Washington DC, Symposium Series 550, 681*

Bartalský, J., ed., 1993: Smolník – mesto medonorudných baní. *Mineralia Slov. – Monogr., Geocomplex, a. s., Bratislava, 368.*

Charbonnier, P., 2001: Management of mining, quaring and ore-processing waste in European Union. BRGM – SERVICE EPI. UNITÉ SIS. BRBM/RP-50319-FR, 130.

Dubíková, M., Cambier, P., Šucha, V., & Čaplovičová, M., 2002. Experimental soil acidification. *Applied Geochemistry, 17, 245–257*

Frind, E. O., & Molson, J. W., 1993: Modeling of mill tailing impoundments. *In. J. L. Jambor & D. W. Blowes (eds.). Environmental geochemistry of sulfide mine-waste. Mineral. Assoc. Canada, Waterloo, 22, 19–58.*

Hlavský, J., & Bajaník, Š., 1981: Petrogenéza bázických vulkanických hornín gelnickej skupiny v okolí Smolníka (Spišsko-gemerské rudohorie). *Západ. Karpaty, Sér. Mineral. Petrogr. Geochém. Metalogen., 9, 83–110.*

Jambor, J. L., & Blowes, D. W., ed., 1994: Environmental geochemistry of sulfide mine-waste. *Mineral. Assoc. Canada, Waterloo, 22, 438.*

Jaško, V., et al., 1996: Smolník, komplexné hydrogeologické a hydrochemické posúdenie ložiska Cu-Fe rúd. Správa Aquipur Bratislava. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 124.*

Jennings, S. R., Dollhopf, D. J., & Inskeep, W. P., 2000: Acid production from sulfide minerals using hydrogen peroxide weathering. *Applied Geochemistry, 15, 235–243.*

Lintnerová, O., 1996: Mineralogy of Fe-ochre deposits formed from acid mine water in the Smolník mine (Slovakia). *Geol. Carpath., Clays, 5, 55–63.*

Lintnerová, O., 2000: Oxidation and acidification of the reclamated mine tailing impoundments, Banská Štiavnica and Smolník mines, Slovakia. *In. Proc. of 5th Int. Symp. on Envir. Contam. in Central and East Europe Prague 2000, Tallahassee (Florida): Inst. for Int. Cooperativ. Envir. Research, Florida State Univ. CD Room, DOE/EM-0584.*

Lintnerová, O., 2002. Vplyv ťažby nerastných surovín na životné prostredie. *Bratislava, PF UK, 160.*

Lintnerová, O., & Šefčíková, B., 2002: Zachytávanie a uvoľňovanie kovov a síranov oxyhydroxidmi železa v sulfidickom banskom odpade. *Mineralia Slov., 3–4, 219–232*

Lintnerová, O., Šucha, V., & Streško, V., 1999: Mineralogy and geochemistry of acid mine Fe precipitates from the main Slovak mining regions. *Geol. Carpath., 50, 395–404.*

Lintnerová, O., Šottník, P., & Šoltés, S., 2003a: Vplyv banského znečistenia na vlastnosti riečnych sedimentov v okolí Smolníka. *In. Zbor. referátov z konferencie Sedimenty vodných tokov a nádrží. Bratislava 15.–16. 4. 2003.*

Lintnerová, O., Šottník, P., & Šoltés, S., 2003b: Stream sediment and soil pollution in the Smolník mining area (Slovakia). *Slov. geol. mag., 9, 2–3, 201–203.*

Líšková, M., Lintnerová, O., & Pauditš, P., 1999: Acidifikácia prostredia na odkalisku Sedem žien pri Banskej Štiavnici. *Mineralia Slov., 2, 131–142.*

Lopakko, K., 1993: Predictive testing for mine waste drainage quality. *In. Mine Operation and Closure. Short course. Sponsored by USA EPA and other. Cincineti, OH*

Lopakko, K., & Antonson, D. A., 1994: Oxidation of sulfide minerals present in Duluth Complex rocks: A laboratory study. *In C. N. Alpers & D. W. Blowes (eds.). Environmental geochemistry of sulfide oxidation. Amer. Chem. Soc. Washington DC, 593–607*

Majerčík, R., 2004: Hodnotenie acidifikačného potenciálu odkaliska Lintich. [Diplomová práca.] *Prírodovedecká fakulta UK Bratislava, 51*

Rojkovič, I., Lintnerová, O., Šottník, P., Banasová, V., Šoltés, S., & Uhlík, P., 2003: Fyzikálnochemická charakteristika banských odpadov na Slovensku a ich vplyv na životné prostredie. Záverečná správa projektu pre MŠ SR. *Manuskript – archív Katedry ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty UK, Bratislava, 112.*

Schlieker, M., Schuring, J., Hencke, J., Mai, H., & Schulz, H. D., 2001: The influence of advective transport on redox fronts in column experiments and their numeric modeling. *Environmental Geology, 41, 17–24.*

Sobek, A. A., Schuller, W. A., Freeman, J. R., & Smith, R. M., 1978: Field and laboratory methods applicable to overbundens and mine soils. *In. U. S. Environmental Protection Agency, Environmental Protection Technology, EPA-600/2-78-054, Cincineti, OH.*

Sutherland, R. A., 2002: Comparison between non-residual Al, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn released by a three-step sequential extraction procedure and dilute hydrochloric acid leach from soil and road deposit sediment. *Applied Geochemistry, 17, 353–365.*

Šoltés, S., Lintnerová, O., & Šottník, P., 2003: Old metallurgic slag near the abandoned Smolník mine (Slovakia) and its impact on the environment. *Slov. geol. mag., 9, 2–3, 197–199.*

Šottník, P., Dubíková, M., Lintnerová, O., Rojkovič, I., Šucha, V., & Uhlík, P., 2002: The links between the physico-chemical character of different mining waste in Slovakia and their environmental impacts. *Geol. Carpath., 53, 227–229.*

Šottník, P., & Šucha, V., 2001: Možnosti úpravy kyslého banského výtoku ložiska Banská Štiavnica-Šobov. *Mineralia Slov., 1, 53–60.*

Šucha, V., et al., 1996: Komplexný model environmentálnych účinkov ťažby rudných nerastných surovín v typových oblastiach Slovenskej republiky. Čiastková záverečná správa. *Prírodovedecká fakulta UK pre MŽP SR, 118.*

United State Environmental Protection Agency (US EPA): Acid mine drainage prediction. Technical Document EPA 530-R-94-036, NTIS PB94-201829, www.epa.gov

Van Reeuwijk, L. P., 1995: Procedures for soil analysis. Technical paper ISRIC, FAO, Netherland.

Wong, J. W. C., Ip, C. M., & Wong, M. H., 1998: Acid-forming capacity of lead-zinc mine tailings and its implications for mine rehabilitation. *Environmental Geochemistry and Health, 20, 149–155.*

# Neutralization potential of the sulfidic tailing impoundment Banská Štiavnica-Lintich: Methods and preliminary assessment

Tailing impoundment in the abandoned ore mine area Banská Štiavnica (central Slovakia, Štiavnické vrchy Mts.) was studied with preliminary determination of a potential of the tailings to generate acidity (respective acid mine drainage-AMD). This study was motivated by an excavation activity in term of the last 3–4 years on the Lintich impoundment. Tailing with sulfides has been used as construction sand in the old mine-town area. It is a environmentally sensitive area with tens potential niches of pollution connected with the long-term mine activity. A principal methodology published in US EPA Technical document: "Acid Mine Drainage Prediction" was adopted in this study and static and kinetic tests on tailings evaluation were used. The neutralization potential (NP), total acid production (AP) and net neutralization potential (NPP) were determined in fresh samples collected from excavation pits. Obtained results –81 to +21 kg $CaCO_3$ per ton of tailing indicated, that the Lintich tailing samples have important potential to produce AMD which could not be neglected. Ability to produce AMD is

masked with a high salt content in the tailing, connected with ore-processing technology. This was documented by kinetic test. Tailing sample were leached by re-distilled water during six weeks. 1673 mg of sulfate and 637 mg $Ca^{2+}$ were removed by one liter of the water from the 1.7 kg tailing sample with low content of sulfide (0.91 % of total S). Sulfide content in Lintich samples can be approximate according determined total content of S in range 0.9 to 3.5 %. High content of Ca, respective salts, must buffer AMD if they form in the tailing. Results are in agreement with field observation of gypsum, which are commonly formed from pore solution due to evaporation. Only in the surface tailing portions intensively leached by meteoric water there are detected acid products with low pH and generated ochre iron oxides.

Obtained results are compared with second – reference set of samples selected on the tailings impoundments from the abandoned Smolník pyrite-Cu deposit, which represented a typical "AMD hot spot area" of Slovakia (Lintnerová, 1996; Lintnerová et al., 1999, 2003; Rojkovič et al., 2003; Šucha et al., 1996). However, only relative oxidized and leached sample could be collected and used for analyses from this reclamated impoundment. Even though high negative NNP values documented high potential of tailings to generate AMD. Previous reclamation effort was not effective enough but air oxygen diffusion decreased due to increasing tailing density and partial water saturation under the surface.

Metals mobilization was observed on the base of the analyses of the water and precipitate samples collected in drainage channels. It has not been documented, that tailing excavation increased metals content in water and in precipitates untill now. However, higher mass of dry tailing (sand), removed from the Lintich impoundment, could be a source of local metal pollution. Low-sulfide tailing could produce acid mine drainages and increased heavy metals mobilization. Potential content of mobile elements was determined in 0.5 M HCl leachates. High content of iron, Mn, Pb and Zn were documented in tailing samples. Main problem is that collected tailing samples are not representative, because they were collected selectively and cannot serve as a base for the whole impoundment evaluation. The environmental evaluation of tailing must be based on standard strategy of impoundment sampling, which accepted general condition (bulk area, thickness, morphology, climate) and specific features (mineralogy, permeability, saturation) of the tailings.

*Mineralia Slovaca, 37 (2005), 529–538*

# Využívanie štatistických metód pri hodnotení náchylnosti územia na zosúvanie

PETER PAUDITŠ[1], JÁN VLČKO[2] a JOZEF JURKO[3]

[1]Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
[2]Katedra inžinierskej geológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava
[3]Research Centre on Landslides, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji, Kyoto 611-0011, Japan

*(Doručené 6. 12. 2004, revidovaná verzia doručená 18. 4. 2005)*

**Statistical methods in landslide hazard assessment**

The authors present the bivariate analysis with weighting factor and modified multivariate conditional analysis with regard to the landslide hazard assessment. The weight parameter is defined from the entropy ($H_i$) and maximum entropy ($H_{imax}$) of the studied system and the instability of the studied system is based upon so-called information coefficient $I_i$. Besides commonly used standard input data (slope, lithology, land use) the authors implemented also rainfall data (as a condition not as a trigger for landslide occurrence) as a multidimensional interpolated yearly average precipitation for long-term period. Finally, the methodology for compilation of landslide susceptibility map is proposed. Advantages or disadvantages of both applied methods are compared.

**Key words:** landslide hazard assessment, statistical analysis, bivariate and multivariate conditional analysis, landslide susceptibility map, GIS, Liptovská kotlina Basin

## Úvod

Svahové pohyby sú významnou environmentálnou hrozbou s veľkými sociálno-ekonomickými dôsledkami v mnohých oblastiach sveta, a preto je jedným z prvoradých záujmov odborníkov čo najpresnejšie definovať podmienky a faktory ich vzniku a vytvoriť prognózu, ktorá by s vysokou pravdepodobnosťou predpovedala ich možný výskyt v budúcnosti. Výsledkom tohto záujmu je vznik a rozvoj radu metód hodnotenia a prognózovania vzniku svahových pohybov, ku ktorým patria aj štatistické (van Westen, 1993; Aleotti a Chowdhury, 1999). Takéto metódy sú založené na porovnávaní a potom štatistickom spracúvaní priestorových vzťahov medzi faktormi ovplyvňujúcimi stabilitu svahov a reálnym výskytom svahových deformácií. Pri analýze a spracúvaní priestorovo distribuovaných údajov je vhodné používať technológie geoinformačných systémov (GIS).

Štatistické metódy hodnotenia náchylnosti územia na zosúvanie sa vyvíjajú od 80. rokov 20. stor., ich prvú aplikáciu v prostredí GIS rozpracoval najmä Carrara (1983, 1988), Brabb (1985) a Jin a Jan (Yin a Yan, 1988) a ich zhrnutie a prehľad je v publikáciách van Westena (1993). Odvtedy – najmä v poslednom desaťročí – sa v súvislosti s dostupnosťou výpočtovej techniky a s množstvom dát publikoval rad odlišných prístupov k tejto problematike. V praxi sa dajú používať najmä postupy, ktoré uvádza Jäger a Wieczorek (1994), Atkinson a Massari (1998), Guzzetti et al. (1999), Dai et al. (2001), Lee a Min (2001), Donati a Turrini (2002), Clerici (2002), Süzen a Doyuran (2004) a i.

Na Slovensku sa metodikou štatistického hodnotenia náchylnosti územia na zosúvanie v Sliačskej pahorkatine zaoberal Vlčko et al. (1980) a v ostatnom období Pauditš a Bednarik (2002) aplikovali bivariačnú metódu s empirickým vážením pri tvorbe mapy náchylnosti územia na zosúvanie v Handlovskej kotline.

V súčasnosti možno štatistické metódy hodnotenia náchylnosti územia na zosúvanie rozdeliť na bivariačné a multivariačné (van Westen et al., 1993; Aleotti a Chowdhury, 1999). Pri bivariačnej analýze sa s distribúciou svahových deformácií (závisle premennej) osobitne porovnáva každý vstupný parameter, pričom možno brať zreteľ aj na príslušnú váhu v hodnotení každého z parametrov. Váha sa dá určiť empiricky alebo exaktne publikovanými postupmi (van Westen, 1993; Vlčko et al., 1980). Multivariačná analýza v širšom slova zmysle sa zakladá na súčasnom porovnávaní všetkých vstupných parametrov, pričom ich kombináciou na základe priestorovej superpozície vznikajú nové – kvázihomogénne územné jednotky (*unique condition units*, UCU – Clerici, 2002). Tieto jednotky sa potom porovnávajú s distribúciou svahových deformácií a na tomto základe sa reklasifikujú do výsledných zón (rajónov) náchylnosti na zosúvanie (podľa legislatívy platnej v SR zvyčajne do troch), a tak vznikne nová prognózna mapa zobrazujúca priestorovú distribúciu týchto rajónov extrapolovanú do celého hodnoteného územia.

Pri hodnotení náchylnosti územia na zosúvanie sme si zámerne vybrali Liptovskú kotlinu, lebo spĺňa dve nevyhnutné podmienky: 1. na Slovensku patrí medzi regióny s najväčším vývojom svahových deformácií a 2. sú z nej

mapové podklady vysokej kvality (Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia regiónu Vysoké Tatry a Ružomberok – Liptovský Mikuláš v mierke 1 : 50 000; Pramuka et al., 1997) a tie nám slúžili ako východisko.

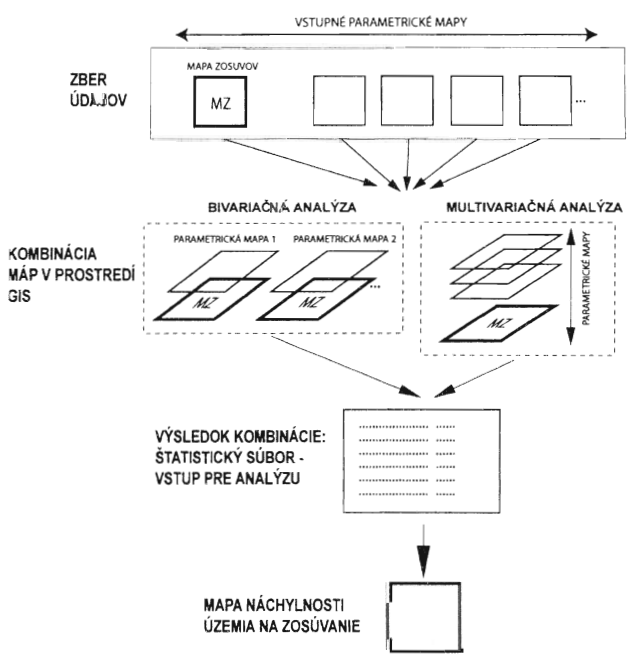
## Metodický postup

Štatistický prístup k hodnoteniu náchylnosti územia na zosúvanie v prostredí GIS vychádza z predpokladu, že svahové deformácie budú vznikať v rovnakých podmienkach ako v minulosti alebo v súčasnosti, čiže prognózy svahových pohybov v doteraz nepostihnutých oblastiach sa zakladajú na hodnotení podobnosti podmienok s postihnutými oblasťami. Z toho vychodí nasledujúci metodický postup (obr. 1):

- inžinierskogeologické alebo účelové mapovanie s osobitným zameraním na svahové pohyby a ďalšie zložky prírodného prostredia generujúce svahové pohyby
- kvantifikácia (parametrizácia) faktorov prírodného prostredia podľa stupňa náchylnosti na vznik svahových pohybov na základe štatistických postupov
- extrapolácia výsledkov v rozsahu celého záujmového územia a zostavenie výslednej prognóznej mapy

V tomto príspevku sa na tvorbu mapy náchylnosti územia na zosúvanie použila bivariačná analýza s použitím váhy parametra ako celku aj modifikovaná multivariačná podmienková analýza (Clerici, 2002; Pauditš, 2003).

Ako prostredie a analytický nástroj na spracovanie priestorových údajov sme použili rastrovo orientovaný GIS GRASS s otvoreným zdrojovým kódom (Neteler a Mitasova, 2002) voľne distribuovaný v rámci licencie




**Obr. 1.** Schéma metodického postupu tvorby mapy náchylnosti územia na zosúvanie štatistickými metódami v prostredí GIS

**Fig. 1.** The procedure of susceptibility map preparation using statistical methods within GIS environment.

GPL (*General Public License;* http://www.gnu.org). Tento systém umožňuje aplikovať celý metodický postup, a to od prípravy údajov a tvorby parametrických máp cez náročné štatistické operácie (v spolupráci so štatistickým softvérom *R-statistical language package;* Bivand, 2000) až po záverečné spracovanie a zostavenie výstupnej prognóznej mapy so všetkými potrebnými kartografickými náležitosťami.

### *Príprava vstupných parametrických máp*

Nevyhnutným predpokladom na spracovanie priestorových dát v GIS sú presné vstupné údaje. Priestorovú distribúciu každého hodnoteného parametra v prostredí GRASS GIS reprezentuje forma rastrovej parametrickej mapy vo forme pravidelnej mriežky buniek – gridu (10 x 10 m) s numerickými hodnotami. Základné technické požiadavky na parametrickú mapu sú:

- *polohová presnosť;* často býva pri rozličných parametroch premenlivá v závislosti od zdroja údajov, kartografickej projekcie, mierky spracovania, spôsobu snímania a pod.
- *korektná vzájomná kartografická superpozícia*
- *korektná topológia* – vzájomné vzťahy na styku medzi jednotlivými entitami v mape (pred jej konverziou do gridu) musia byť bez topologických chýb
- *zhodná geometria gridu* (veľkosť a počet buniek v mriežke) pre všetky parametrické mapy – technicky ju zabezpečuje interný formát GRASS GIS

Na získanie prijateľného počtu kvázihomogénnych celkov (po ich vzájomnej kombinácii podľa polohovej superpozície v prostredí GIS) bolo treba každú vstupnú parametrickú mapu prvotne reklasifikovať do minimálneho počtu tried (kategórií). Ak by sa pri vstupe použili nereklasifikované mapy (napr. geologická mapa s viac ako 100 litostratigrafickými jednotkami), počet výsledných územných jednotiek by neúmerne vzrástol, ale nemal by podstatný vplyv na kvalitu výsledku.

### *Bivariačná analýza s využitím váhy faktora*

Ako sa už spomenulo, v bivariačnej analýze sa osobitne porovnáva každá vstupná parametrická mapa s mapou distribúcie jestvujúcich zosuvov v tvare binárneho gridu (numerická hodnota buniek je iba 1 alebo 0). Výsledkom kombinácie vždy dvoch máp je tabuľka, v ktorej druhé číslo vyjadruje prítomnosť (1) resp. neprítomnosť svahovej deformácie (0). Na základe počtu buniek rastra reprezentujúcich zosuvy formou línií vrchných častí predĺžených odlučných hrán (*main scarp upper edge – MSUE*, pozri obr. 4) prepočítaných na sumárnu hodnotu ich celkovej dĺžky v každej triede parametra v pomere k celkovej ploche triedy parametra ($m.km^{-2}$) sa vypočíta intenzita výskytu (*density*) porušených svahov v príslušnej triede. Vypočítaná intenzita výskytu svahových deformácií vyjadruje zosuvnú aktivitu v danej triede parametra. Na jej základe sa stanovuje stupeň náchylnosti triedy parametra na zosúvanie a slúži na tzv. druhotnú reklasifikáciu – priradenie novej kategórie každej triede podľa reálneho stupňa náchylnosti na zosúvanie.

Nová výsledná mapa vznikne váženým súčtom všetkých sekundárne reklasifikovaných parametrických máp podľa

$$y = \sum_{i=1}^{n} \frac{z}{m_i} * C * W_i \qquad (1)$$

kde
y – výsledný počet kategórií
i – číslo príslušnej parametrickej mapy (1, 2, ...n)
z – počet kategórií v parametrickej mape s najvyšším počtom kategórií
$m_i$ – počet kategórií v príslušnej parametrickej mape
C – hodnota kategórie v druhotne reklasifikovanej parametrickej mape
$W_i$ – váha príslušného vstupného parametra

Pred záverečným súčtom je nevyhnutné určiť váhu každého zo vstupných parametrov, ktorá udáva jeho informačnú hodnotu v stanovení náchylnosti územia na zosúvanie. S cieľom dosiahnuť čo najpresnejší výpočet váhy parametra treba pracovať s čo najväčším počtom vstupných údajov, a preto je vhodné počítať váhu parametra ešte pred prvotnou reklasifikáciou a pred rozdelením do primárnych kategórií.

Použili sme metodiku váženia podľa Vlčka et al. (1980), ktorá je dostatočne vhodná na aplikáciu v prostredí moderných rastrových GIS. Vychodí z princípu bivariačnej analýzy, pri ktorej sa určuje intenzita výskytu svahových deformácií ($p_{ij}$) v jednotlivých triedach vstupných parametrov. Určenie váhy parametra ako celku vychádza z určenia entropie ($H_j$) a maximálnej entropie ($H_{jmax}$) systému podľa vzťahov (Rao, 1978) kde

$$H_j = \sum_{i=1}^{s_j} \left[ p_{ij} * \log_2(p_{ij}) \right] \qquad (2)$$

$H_j$ – entropia
$s_j$ – počet tried v parametrickej mape (j = 1,... n)
$p_{ij}$ – pravdepodobnosť vzniku svahových pohybov v jednotlivých triedach (intenzita výskytu), (i = 1,... $S_j$)

$$H_{jmax} = \log_2 s_j \qquad (3)$$

kde
$H_{jmax}$ – maximálna entropia
$s_j$ – počet kategórií v parametrickej mape (j = 1,... n)

Informačný koeficient $I_j$, vyjadrujúci hodnotu nestability systému, je určený podľa vzťahu
pre j = 1,...n

$$I_j = \frac{H_{jmax} - H_j}{H_{jmax}} \qquad (4)$$

Výsledok má hodnotu 0–1. Čím je bližší hodnote 1, tým vstupný parameter lepšie definuje nestabilitu hodnoteného systému. Hľadanú váhu parametra $W_i$ tvorí súčin informačného koeficienta $I_j$ a priemernej pravdepodobnosti $p_j$ (predstavuje reálne hodnoty pravdepodobnosti pre jednotlivé triedy všetkých parametrov)

$$W_i = I_j * p_j \qquad (5)$$

pre j = 1,...n

Vypočítanú váhu každého parametra možno dosadiť do vzorca (1) ako $W_i$ na stanovenie výsledných kategórií náchylnosti územia na zosúvanie v bivariačnej metóde.

Ďalším nevyhnutným krokom pred záverečným sčítaním je vyrovnanie vstupných hodnôt podľa počtu tried v každej vstupnej parametrickej mape podľa vstupnej mapy s najväčším počtom tried (parameter $z/m_i$) vo vzorci (1). Ak by toto vyrovnanie neprebehlo pred záverečným súčtom, parametrické mapy s menším počtom tried by vstupovali do sčítania so skreslenými alebo podhodnotenými hodnotami, čím by sa vypočítaná váha každého z parametrov čiastočne znehodnotila.

*Multivariačná podmienková analýza*

Multivariačná analýza v širšom slova zmysle sa zakladá na simultánnom porovnávaní všetkých vstupných parametrov súčasne s mapou výskytu svahových deformácií. Pri *podmienkovej analýze* (Carrara et al., 1995; Chung Ch. et al., 1995; Clerici, 2002) sa vzájomnou simultánnou kombináciou všetkých vstupných parametrov získa rozsiahla tabuľka obsahujúca všetky kombinácie kategórií, ktoré sú vo vzájomnej superpozícii vo všetkých vstupných parametrických mapách.

Kombinácie všetkých kategórií v parametrických mapách tvoria vo výslednej mape nové kvázihomogénne územné jednotky. Napr. superpozíciou územia so sklonom svahu 10–15° (trieda 6), ďalej nečlenených deluviálnych sedimentov (trieda 4) a smrekového lesa v mape súčasnej krajinnej štruktúry (trieda 3) sa kombináciou príslušných tried vytvorí výsledná kvázihomogénna jednotka so symbolom 6.4.3 a pod. Ak sa pri súčasnom porovnávaní s mapou výskytu svahových deformácií (dichotomickou premennou) zistí, že sa v tejto kombinácii nachádzajú zosuvy, potom označenie príslušnej kombinácie má tvar 6.4.3.1. Výsledné štatistické hodnotenie má podobu tabuľky a počet záznamov (riadkov) v nej korešponduje s celkovým počtom vzájomných kombinácií.

Pred vstupom do multivariačnej analýzy nie je potrebná nijaká druhotná reklasifikácia ani váženie parametra. „Váha" (relevantnosť, významnosť) parametra (resp. triedy parametra) sa v takom prípade určí „sama" na základe početnosti triedy pri kombinácii jednotlivých parametrických máp. Početnosť opakujúcej sa hodnoty v matici kategórií sa dá stanoviť exaktne známymi štatistickými metódami a postupmi (Student, Chi(X)-square a pod.), ale pri samotnej multivariačnej podmienkovej analýze takto určená „váha" nemá nijaké uplatnenie.

Podobne ako pri bivariačnej analýze intenzita výskytu zosuvov v každej kombinácii vyjadruje celkovú dĺžku

„odlučných hrán" svahových porúch na jednotku plochy danej kombinácie – kvázihomogénneho celku (m.km$^{-2}$).

Výsledná tabuľka má v prvých riadkoch kombinácie, ktoré sú z hľadiska náchylnosti na zosúvanie najnebezpečnejšie, a v posledných sú kombinácie s veľmi nízkou intenzitou výskytu zosuvov.

Výsledkom obidvoch štatistických analýz je nová mapa náchylnosti územia na zosúvanie rozdelená v zmysle smerníc MŽP SR (1999) do troch výsledných rajónov – na stabilné, potenciálne nestabilné a nestabilné územie.

## Charakteristika územia, výber a kategorizácia vstupných parametrov

Ťažiskom našej štúdie je opis metodiky hodnotenia náchylnosti územia na zosúvanie prostredníctvom už uvedeného aparátu, a preto sa pri deskripcii prírodných pomerov modelového územia sústreďujeme iba na podstatné fakty, ktoré uvádza Marsina, Gross a Halouzka (1996, in Pramuka et al., 1997).

### *Sklon svahov*

Liptovská kotlina je orograficky rozsiahla terénna depresia nepravidelného tvaru široká najviac 15 a dlhá asi 50 km (obr. 2). Jej reliéf je mierne modelovaný, pahorkatinný. Ide o tzv. kotlinovú pahorkatinu s charakteristickým striedaním plochých chrbtov po obidvoch stranách údolia Váhu. Váh odvodňuje celú kotlinu a tečie zhruba v jej pozdĺžnej osi v smere V–Z (Gross a Köhler, 1980).

Pri našom hodnotení geomorfologických pomerov sme z morfometrických parametrov reliéfu pokladali za postačujúce hodnotiť iba sklon svahu. Na to bolo treba urobiť rastrový *digitálny model reliéfu* (ďalej DMR) a z neho odvodiť parametrickú mapu sklonu svahov vo forme gridu hodnôt veľkosti gradientov nadmorskej výšky pre každú bunku gridu v stupňoch. Podkladom na DMR bol digitálny vektorový výškopis (vrstevnice) v mierke 1 : 50 000 (SVM–50).

Sklon svahov v záujmovom území býva až 40°, v priemere 6–10° a v zmysle Hrašnu (1986) sa reklasifikoval do šiestich tried (obr. 3). Štatistické hodnotenie sklonu svahov vo vzťahu k rozlohe územia je v tab. 1.

### *Geologická stavba územia*

Litologická skladba horninových komplexov je pri hodnotení náchylnosti územia na zosúvanie základnou vstupnou informáciou. V rámci 46 litologických typov resp. súborov, na ktoré prihliada účelová východisková geologická mapa (Marsina, Gross a Halouzka, 1996, in Pramuka et al., 1997), sme horniny podľa podobnosti litologických a inžinierskogeologických vlastností reklasifikovali a zlúčili do deviatich tried (tab. 1). Ide o maximálne možné zjednodušenie pri zachovaní charakteristickej informácie definujúcej horninové zloženie aj potenciálny vzťah k náchylnosti hornín vymedzenej triedy na vznik svahových porúch.

**Obr. 2.** Lokalizácia záujmového územia.
**Fig. 2.** Location map of Liptovská kotlina Basin.

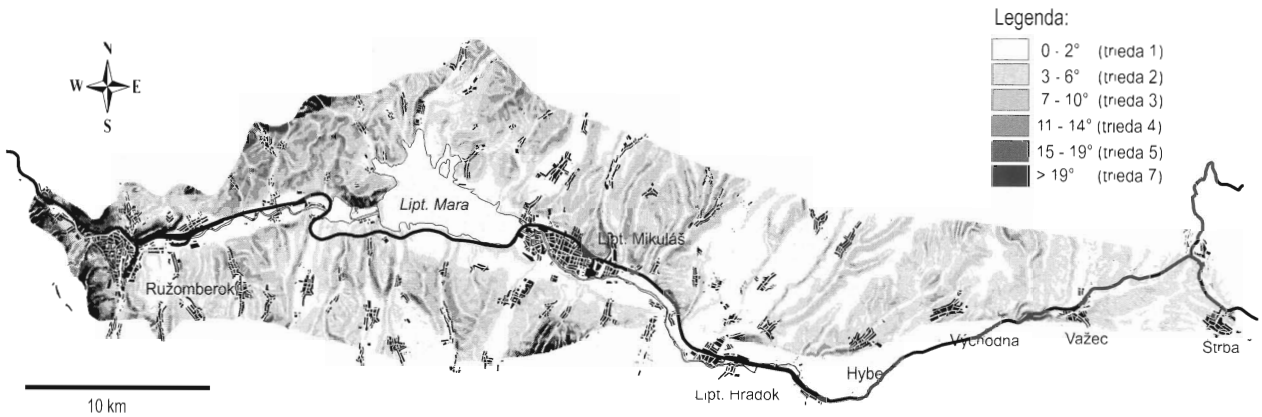
Tab. 1
Triedy vstupných parametrických máp, ich štatistické hodnotenie a reklasifikácia
Input parameter classes, density and ranking gained by bivariate statistical method as displayed on individual parametric maps

| Trieda | Litologická jednotka | Plocha územia [%] | Intenzita výskytu [m.km$^{-2}$].10$^{-3}$ | Nová trieda |
|---|---|---|---|---|
| 6 | flyšové horniny (1 1) | 18.68 | 1.350 | 9 |
| 7 | flyšové horniny s prevahou ílovca | 9.59 | 1.200 | 8 |
| 8 | zlepenec | 2.34 | 0.66 | 7 |
| 5 | deluviálne sedimenty | 22.19 | 0.62 | 6 |
| 3 | glaciofluviálne sedimenty | 17.28 | 0.53 | 5 |
| 9 | mezozoické horniny | 4.75 | 0.25 | 4 |
| 2 | proluviálne sedimenty | 0.51 | 0.24 | 3 |
| 1 | fluviálne sedimenty | 24.53 | 0.01 | 2 |
| 4 | organogénne sedimenty | 0.13 | 0 | 1 |

| Trieda | Sklon svahov (kategórie v °) | Plocha územia [%] | Intenzita výskytu [m.km$^{-2}$].10$^{-3}$ | Nová trieda |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 10–14° | 6.7 | 1.6 | 6 |
| 3 | 6–10° | 18.57 | 1.39 | 5 |
| 5 | 14–19° | 2.01 | 0.91 | 4 |
| 2 | 2–6° | 32.61 | 0.65 | 3 |
| 6 | > 19° | 1.25 | 0.51 | 2 |
| 1 | 0–2° | 38.86 | 0.12 | 1 |

| Trieda | Zrážky (kategórie v mm) | Plocha územia [%] | Intenzita výskytu [m.km$^{-2}$].10$^{-3}$ | Nová trieda |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 721–790 | 35.59 | 0.71 | 5 |
| 2 | 661–720 | 37.65 | 0.7 | 4 |
| 4 | 791–870 | 3.79 | 0.57 | 3 |
| 1 | 600–660 | 22.57 | 0.49 | 2 |
| 5 | > 871 | 0.41 | 0.32 | 1 |

| Trieda | Krajinná pokrývka (druhotná krajinná štruktúra) | Plocha územia [%] | Intenzita výskytu [m.km$^{-2}$].10$^{-3}$ | Nová trieda |
|---|---|---|---|---|
| 2 | lúky a pasienky | 37.39 | 0.97 | 8 |
| 3 | listnaté lesy | 0.55 | 0.89 | 7 |
| 7 | prechodné lesokroviny | 0.89 | 0.62 | 6 |
| 6 | polia a sady | 39.12 | 0.57 | 5 |
| 4 | ihličnaté lesy | 7.58 | 0.56 | 4 |
| 5 | zmiešané lesy | 0.53 | 0.44 | 3 |
| 1 | sídelná a priemyselná zástavba | 9.75 | 0.12 | 2 |
| 10 | vodné plochy | 4.19 | 0 | 1 |




**Obr. 3.** Liptovská kotlina – mapa sklonu svahov zostavená na základe vstupných výškopisných podkladov SVM50. © GKÚ Bratislava.
**Fig. 3.** Liptovská kotlina Basin – slope map compiled from the SVM50 input data. © GKÚ Bratislava.

Liptovskú kotlinu geologicky tvoria najmä paleogénne horniny a horniny kvartérnych pokryvných útvarov, v menšej miere neogénne a mezozoické horniny (chočský a krížňanský príkrov). Naposledy spomenuté litologické typy majú na vznik zosuvov okrajový vplyv, a preto ich opisujeme iba stručne.

*Horniny kvartérnych pokryvných útvarov* sú plošne najrozšírenejšími horninovými typmi, zaberajú bezmála 65 % územia a zahŕňajú viac genetických typov vyznačujúcich sa pestrou litologickou aj petrografickou skladbou (deluviálny, fluviálny, glacifluviálny a sladkovodný vápenec – travertín). Z hľadiska náchylnosti územia na zosúvanie sú najvýznamnejšie svahové (deluviálne) sedimenty.

*Neogénne horniny* sú zastúpené viac-menej iba na lokalite Bežan a reprezentuje ich fluviálny a fluviolimnický, miestami piesčitý štrk s ílovými polohami.

*Paleogénne horniny* patria do tzv. podtatranskej skupiny, tvoria asi tretinu územia Liptovskej kotliny a možno v nich vyčleniť tri základné litostratigrafické jednotky – borovské, hutianske a zuberecké súvrstvie.

*Borovské súvrstvie* je s prevahou hruboklastických sedimentov (karbonatická brekcia, zlepenec, organodetritický až organogénny vápenec.

*Hutianske súvrstvie* tvoria ílovcové až ílosiltovcové polohy, ktoré prevažujú nad pieskovcovými. Miestami dominuje typický flyš.

*Zuberecké súvrstvie* zaberá najväčšiu plochu. Má flyšový charakter a tvoria ho mnohonásobne sa striedajúce pieskovcové a ílovcové lavice, ktorých pomer sa v laterálnom aj horizontálnom smere často mení.

*Mezozoické horniny* chočského a krížňanského príkrovu tvoria málo rozsiahle územia v širšom okolí Ružomberka, Chočských vrchov a Ďumbierskych Tatier. V pomerne pestrej horninovej skladbe prevládajú najmä rozličné variety vápenca, slienitej bridlice a slieňovca.

### *Zrážky*

Napriek tomu, že kauzálny vzťah medzi množstvom zrážok (vyjadreným ich priemerným ročným úhrnom) a nadmorskou výškou je všeobecne známy (Kopecký, 2002), vo väčšine publikovaných prác s touto problematikou sa tento faktor z rozličných príčin nespomína. My sme sa ho pokúsili implementovať do hodnotenia ako jednu z podmienok vzniku zosuvov (nie ako spúšťací faktor) a na interpretáciu zrážok sme využili metódu Hofierku et al. (2002). Títo autori pri tvorbe modelu použili trojrozmernú interpoláciu priemerného ročného úhrnu zrážok zo 435 meteorologických staníc z celého Slovenska za roky 1976–1995, aby sa dosiahla čo najvyššia presnosť pri interpolácii do oblastí, v ktorých je nízka hustota primárnych údajov – zrážkomerných staníc. Najnižší zistený priemerný úhrn zrážok v záujmovom území je 613, najvyšší 1111 a priemerný z predmetného súboru 707 mm.

Priamoúmerný rast zrážok s rastom nadmorskej výšky je zrejmý z prieniku DMR (2D) s gridom 3D interpolovaných hodnôt zrážok a z ich porovnania.

Mapa úhrnu zrážok sa reklasifikovala do piatich tried a ich hranice sa definovali vždy s 10-percentným rastom od hornej hranice predchádzajúcej triedy. Percentuálny plošný podiel tried uvádza tab. 1.

### *Súčasná krajinná štruktúra*

Rozmanitosť geomorfologicko-geologických a klimatických pomerov podmieňuje aj rozmanitosť štruktúry krajiny a jej súčasné využívanie. Na získanie informácií o súčasnej krajinnej štruktúre sme využili údaje o vegetačnej pokrývke spracované v rámci projektu CORINE – Landcover (Feranec a Oťaheľ, 1996) zo zdrojov Slovenskej agentúry životného prostredia v Banskej Bystrici.

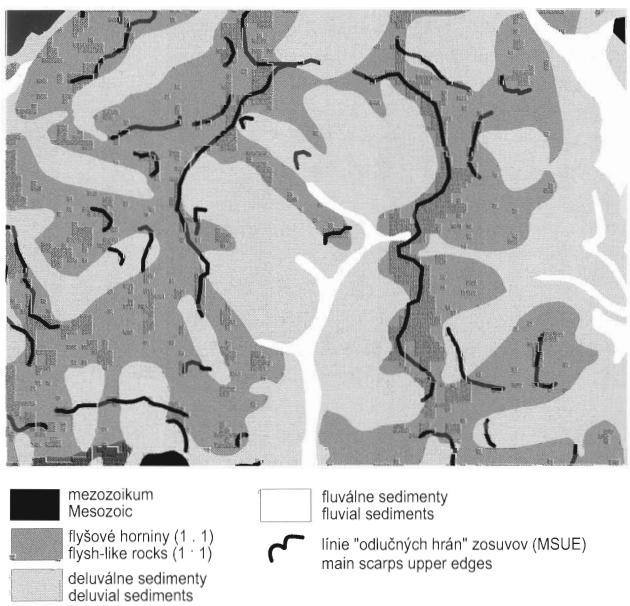
V pôvodnom súbore bolo 17 krajinnoštruktúrnych celkov (Feranec a Oťaheľ, 2001). Na tvorbu parametrickej mapy ako základnej bázy dát sme na základe príbuzných atribútov krajinnoštruktúrne celky reklasifikovali a spojili do ôsmich tried. V tab. 1 je štatistické hodnotenie reklasifikovaných krajinnoštruktúrnych celkov s percentuálnym pomerom z rozlohy záujmového územia.

### *Svahové deformácie*

Posledným rozhodujúcim parametrom vstupujúcim do štatistickej analýzy sú svahové pohyby. Vstupná parametrická mapa sa môže pripravovať viacerými spôsobmi. V súčasnosti sa vo svetovej literatúre najčastejšie používa prezentácia svahových porúch formou línií „odlučných hrán" zosuvov (MSUE predĺžených do transportačných častí telesa zosuvu – *zone of depletion;* Clerici, 2002; Donati a Turrini, 2002; Süzen a Doyuran, 2004, a i.; obr. 4). Aj keď sa takýto spôsob interpretácie porušených svahov môže zdať diskutabilný, podľa nášho názoru umožňuje získať reprezentatívnejšie a objektívnejšie údaje o prírodných pomeroch a o povahe miesta pôvodného porušenia svahu (reálneho miesta vzniku deformácie), a to na rozdiel od prístupov, ktoré pri štatistickej analýze berú do úvahy celkovú plochu svahovej deformácie. Celková plocha zosuvu vrátane akumulačnej časti poskytuje v štatistickej analýze veľmi skreslené a mätúce výsledky, lebo v prírode akumulačná časť telesa zosuvu pomerne často zasahuje do krajinného prostredia, ktoré možno z hľadiska náchylnosti na zosúvanie hodnotiť ako stabilné (napr. aluviálna niva, nízky sklon svahu a pod.). Rozličné spôsoby reprezentácie svahových porúch v štatistickej analýze sú v súčasnosti predmetom diskusie a našej porovnávacej štúdie (ale nie sú súčasťou tohto príspevku).

Ako východiskovú pre parametrickú mapu odlučných hrán zosuvov sme použili mapu relatívnej náchylnosti územia na svahové deformácie Ružomberok – Liptovský Mikuláš v mierke 1 : 50 000 (Baliak et al. in Pramuka et al., 1997).

Celková dĺžka všetkých línií „odlučných hrán" zosuvov, ktoré sa nečlenili na aktívne, potenciálne a stabilizované, je 322,6 km.




**Obr. 4.** Príklad interpretácie svahových deformácií formou línií „odlučných hrán"

**Fig. 4.** Spatial distribution of main scarp upper edges as the most representative feature of slope deformation – an example.

## Hodnotenie náchylnosti územia na zosúvanie a interpretácia výsledkov

### *Bivariačná štatistická analýza*

Ako sme už uviedli, bivariačná štatistická analýza vychádza z vypočítaných údajov intenzity výskytu zosuvov (*density*) v každom vstupnom parametri osobitne. Na základe jej výsledkov sme zostavili zostupné poradie všetkých tried parametrov z hľadiska ich štatisticky zisteného vplyvu na vznik zosuvov. Atribút intenzity výskytu „odlučných hrán" zosuvov slúžil aj na výpočet váhy vstupných parametrov. Pri aplikovanom postupe (Vlčko et al., 1980) dosiahla vypočítaná váha parametrov tieto hodnoty:

| | |
|---|---|
| sklon svahov | 0,940215 |
| litologické jednotky | 2,052395 |
| zrážky | 0,126424 |
| súčasná krajinná štruktúra | 0,613932 |

Podľa intenzity výskytu „odlučných hrán" sa pridelili nové kvantitatívne hodnoty vyjadrujúce reálnu hodnotu náchylnosti triedy parametra na vznik zosuvov (tab. 1), s ktorými vstupovali do záverečného váženého súčtu, a to tak, že najnepriaznivejšia (na zosúvanie najnáchylnejšia) trieda má najvyššiu a najmenej náchylná najnižšiu hodnotu.

V nasledujúcom kroku sa vyrovnal počet tried vstupných parametrov v zmysle rovnice (1), ktorá v našom riešení mala formu

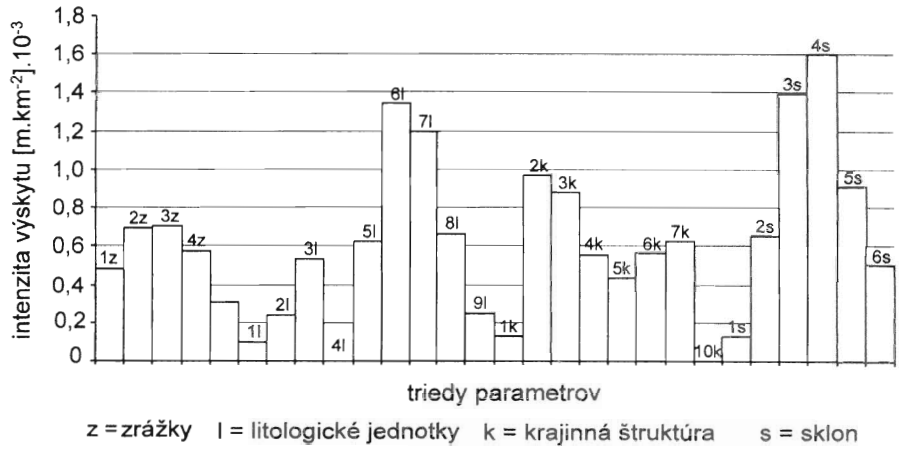
$$y = \frac{9}{9}*lk\_geologia*2.052395+\frac{9}{8}*lk\_landuse*0.613932+\frac{9}{6}*lk\_sklony*$$

$$*0.940215+\frac{9}{5}*lk\_zrazky*0.126424$$

Výsledkom súčtu bol spojitý interval hodnôt od 5,67 do 33,57, ktoré pokrývali všetky bunky rastra záujmového územia. Získaný interval sa rozdelil do troch záverečných tried náchylnosti územia na zosúvanie v zmysle už citovaných smerníc v SR, pričom sa použili nasledujúce kritériá:

1 – nízka, stabilné územie, interval 5–15
2 – stredná, potenciálne nestabilné územie, interval 16–24
3 – vysoká, nestabilné územie, interval 25–34

Bivariačnou štatistickou analýzou (výsledky pozri v tab. 1 a na obr. 5) sme zistili, že najpriaznivejšie podmienky na vznik zosuvov v záujmovom území z hľadiska litologickej stavby (parametra s výrazne vysokou váhou) sú v oblastiach s výskytom flyšových hornín v pomere ílovca a pieskovca 1 : 1 (trieda 6), ako aj v územiach s výskytom flyšových hornín s prevahou ílovca (trieda 7). Z hľadiska sklonu svahu sa ako najnebezpečnejšie ukázali triedy so sklonom 11 až 14° (trieda 4) a 7 až 10° (trieda 3). Priemerný ročný úhrn zrážok s nižšou váhou parametra sa ukázal ako najnebezpečnejší pri hodnote od 721–790 mm (trieda 3), ako aj v intervale 661–720 mm (trieda 2). Z krajinnej štruktúry sa ako najnebezpečnejšie prejavujú lúky a pasienky (trieda 2) a listnaté lesy (trieda 3). Ostatné triedy vytvárajú územné celky so štatisticky vyšším stupňom stability.




**Obr. 5.** Intenzita výskytu zosuvov („odlučných hrán") v jednotlivých triedach vstupných parametrických máp.

**Fig. 5.** Density of main scarps upper edges in individual classes of input parametric maps.

### *Multivariačná podmienková analýza*

V rámci multivariačnej analýzy sme aplikovali modifikovanú metódu tzv. podmienkovej analýzy založenú na simultánnej kombinácii všetkých vstupných parametrov. Pripravené parametre vstupovali do analýzy z rovnakej hodnotovej pozície, a to bez ohľadu na ich váhu.

Výstupom multivariačnej štatistickej analýzy bolo 757 kombinácií tried vstupných parametrov reprezentujúcich kvázihomogénne územné celky. Z nich v 307 sa identifikovala svahová porucha – zosuv.

Na názornejší opis postupu hodnotenia v tab. 2 uvádzame príklady niekoľkých vybraných kombinácií.

Vzniknuté kombinácie vstupných parametrov sú v prvom stĺpci (a). V poradí od prvého po štvrté číslo sú zoradené reklasifikované vstupné parametre – litologické jednotky, súčasná krajinná štruktúra, sklon svahov a zrážky. Prítomnosť alebo neprítomnosť zosuvu v danej kombinácii je označená hodnotou 1 alebo 0 v druhom stĺpci (b). Plocha územia definovaná počtom pixelov, ktorú zaberá každá kombinácia, sa uvádza v stĺpci (c). V stĺpci (d) je počet pixelov odlučných hrán zosuvov nachádzajúci sa v danej kombinácii. Prepočet počtu pixelov kombinácie (c) na plochu v $km^2$ je v stĺpci (e). Dĺžku odlučných hrán zosuvov v m (f) sme stanovili na základe rozmerov pixela (10 x 10 m) a počtu pixelov v odlučnej hrane zosuvu – stĺpec (d). Stĺpec (g) udáva intenzitu výskytu zosuvov ($m.km^{-2}$) v každej kombinácii. Stĺpec (h) uvádza stanovenú hodnotu stupňa náchylnosti na zosúvanie výpočtom na základe hustoty v zmysle Clericiho (2002) rozdelenú do piatich tried.

Finálnu kategorizáciu územia – stĺpec (i) – sme vykonali na základe stanovenia priemernej intenzity výskytu zosuvov ($H_m$), ktorá v podstate reprezentuje strednú hodnotu tretieho intervalu (z celkovo piatich intervalov). Interval rozsahu ďalších tried (X) sa určil podľa vzorca $X = H_m \times 2/5$, a tak bol hľadaný rozsah intervalu tried 260. Spolu 307 spracúvaných kombinácií so zosuvmi sa podľa hodnôt rozdelilo do nasledujúcich piatich tried (v $m.km^{-2}$):

1. 0–260
2. 261–520
3. 521–780
4. 781–1040
5. >1040

Princíp finálnej reklasifikácie do troch výsledných tried náchylnosti územia na zosúvanie (v zmysle smernice MŽP SR) je na obr. 6.

Územie bez zosuvov spolu s 1. triedou intenzity výskytu (0–260) pokladáme za stabilné, triedy 2 až 4 (261–1040) za potenciálne stabilné a triedy 5 (>1040) za nestabilné. Výsledná mapa náchylnosti územia na zosúvanie je na obr. 7.

Tab. 2

Tabuľka výsledných územných jednotiek získaných multivariačnou podmienkovou analýzou (vysvetlivky sú v texte štúdie)
A list of characteristics defining homogeneous territorial units (UCU) delineated by conditional analysis (explanation is in the paper)

| a | b | c | d | e | f | g | h | i |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.6.3.2 | 1 | 40 883 | 377 | 4.0883 | 4 550.39 | 1 113.0274 | 5 | 3 |
| 6.2.2.2 | 1 | 51 863 | 470 | 5.1863 | 5 672.9 | 1 093.8241 | 5 | 3 |
| 9.4.6.2 | 1 | 6 732 | 61 | 0.6734 | 736.27 | 1 093.362 | 5 | 3 |
| 7.6.1.2 | 1 | 25 146 | 223 | 2.5146 | 2 691.61 | 1 070. 3929 | 5 | 3 |
| 3.2.2.3 | 1 | 69 079 | 598 | 6.9079 | 7 217.86 | 1 044.8704 | 5 | 3 |
| 5.7.2.2 | 1 | 1 277 | 11 | 0.1277 | 132.77 | 1 039.7024 | 4 | 3 |
| 6.7.1.3 | 1 | 350 | 3 | 0.0350 | 36.21 | 1 034.5714 | 4 | 3 |
| 1.3.1.2 | 1 | 2 224 | 19 | 0.2224 | 229.33 | 1 031.1601 | 4 | 3 |
| 1.2.5.2 | 0 | 489 | | 0.0489 | | | | 1 |
| 1.2.5.3 | 0 | 147 | | 0.0147 | | | | 1 |
| 1.2.5.4 | 0 | 62 | | 0.0062 | | | | 1 |
| .... | ... | ... | .... | ... | .. | . | .... | . |

1 - stabilné územie
2 - potenciálne nestabilné územie
3 - nestabilné územie

**Obr. 6.** Spôsob finálnej reklasifikácie výslednej mapy v prípade multivariačnej podmienkovej analýzy

**Fig. 6.** The reclassification procedure of the final map with the help of multivariate conditional analysis.

Z porovnania výsledných máp zostrojených obidvoma štatistickými metódami vyplýva, že mapa získaná multivariačnou analýzou v istej miere potvrdzuje aj výsledky bivariačnej analýzy. To značí, že územia, ktoré sú podľa multivariačnej analýzy (jej výsledky v tejto štúdii považujeme za smerodajné – dôvody pozri v diskusii) vysoko náchylné na vznik zosuvov, zodpovedajú miestam najvyššej intenzity zosuvnej aktivity zistenej bivariačnou metódou. Zo štatistického hodnotenia mapy náchylnosti na zosúvanie teda vychodí, že 43,89 % celkovej rozlohy sledovaného územia Liptovskej kotliny tvorí stabilné, 28,04 % podmienečne nestabilné a 28,07 % nestabilné územie.

## Diskusia

Aj keď je princíp použitých štatistických metód koncepčne pomerne jednoduchý, ich aplikácia je náročná a vyžaduje bohaté praktické skúsenosti a odborné vedomosti nielen z inžinierskej geológie, ale aj z negeologických odborov – štatistiky a geoinformatiky, ako aj zvládnutie viacerých algoritmov a počítačových programov.

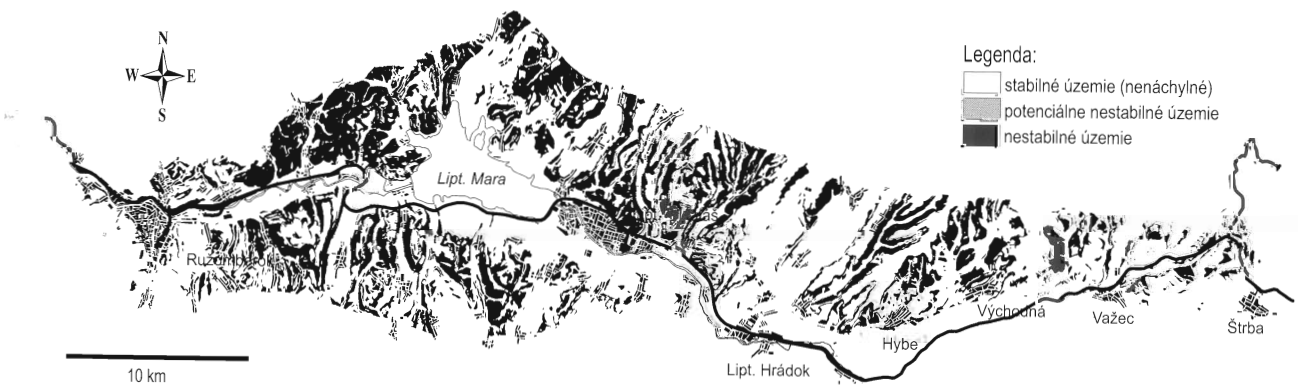
Použité metodické postupy sú veľmi náročné na čas, a to najmä venovaný príprave vstupných parametrických máp, lebo od presnosti v príprave vstupných údajov závisí hodnovernosť celého výsledku. Hodnotiť kvalitu výsledných máp nemožno, ak sa dôsledne nedodržia postupy technickej prípravy vstupných parametrických máp tak, ako ich opisuje metodika v tomto príspevku.

Z praktickej skúsenosti s aplikáciou obidvoch použitých štatistických metód nevyplýva jednoznačná výhoda niektorej z nich. Menšou prednosťou multivariačnej analýzy je sama jej povaha, ktorá vychádza z princípu simultánnej aplikácie všetkých vstupných parametrov (Süzen a Doyuran, 2004). Na druhej strane výhodou bivariačnej analýzy sa zdá byť možnosť aplikácie váhy parametrov, ako aj to, že pri jej používaní, najmä pri korekcii čiastkových výsledkov, sa dá vo väčšej miere uplatniť subjektívny prístup riešiteľa a zužitkovať jeho skúsenosti, kým pri multivariačnej analýze je možnosť subjektívneho vplyvu menšia.

Pri hodnotení náchylnosti územia Liptovskej kotliny na zosúvanie sa ako mierne vhodnejšia ukázala multivariačná metóda. Ňou sa územie rozčlenilo detailnejšie a hranice medzi územnými celkami sa vzhľadom na lokálne zmeny stanovili očividne citlivejšie ako bivariačnou metódou. Prah citlivosti multivariačnej metódy vyplýva z jej podstaty (práca s množstvom a variabilnosťou kombinácií parametrických máp), no závisí aj od prístupu k záverečnému rozdeleniu na zóny náchylnosti.

Z hodnotenia principiálnych výhod (resp. nevýhod) štatistických metód pri prognózovaní náchylnosti územia na zosúvanie s využívaním GIS a z ich porovnania s bežne používaným, prevažne inžinierskogeologickým empirickým postupom možno konštatovať:

- Výhodou kvantitatívnych štatistických prístupov oproti geotechnickým alebo inžinierskogeologickým modelom založeným napr. na analýze dát o fyzikálno-mechanických vlastnostiach je lepšia dostupnosť vstupných údajov, ktorých získavanie nie je technicky ani finančne až také náročné ako pri potrebnom množstve fyzikálnych parametrov. To jednoznačne zvýhodňuje štatistické metódy v regionálnych mierkach.
- Štatistické metódy v prostredí GIS pri dodržaní všetkých uvedených postupov a zásad poskytujú exaktnejšie výsledky. Do analýzy náchylnosti územia na zosúvanie možno exaktne zahrnúť také parametre, ktoré sa pri bežných postupoch zvyčajne hodnotili iba vizuálne a empiricky (napr. sklon svahu) alebo sa nehodnotili vôbec (zrážky, dĺžka svahu a pod.).
- Zraniteľnosť obidvoch použitých štatistických metód vyplýva najmä z možnej nepresnosti vstupných podkladov.




**Obr. 7.** Liptovská kotlina – mapa náchylnosti územia na zosúvanie utvorená na základe multivariačnej podmienkovej analýzy

**Fig. 7.** Liptovská kotlina Basin – landslide susceptibility map compiled with the help of multivariate conditional analysis.

Výsledok veľmi ovplyvňujú mapy rozličnej kvality, zdrojov, mierky a súradnicových systémov, ťažkosti pri ich zosúladovaní a subjektívny (v regionálnych štúdiách vždy) prístup k príprave parametrických máp.

• Aplikované štatistické metódy sú komplikované, a preto náchylné na tvorbu chýb aj pri zodpovednom prístupe k príprave.

• Subjektívny prístup sa pri použitých postupoch obmedzuje na výber vstupných parametrov, kritérií na prvotnú reklasifikáciu parametrických máp, výber štatistickej metódy a pri bivariačnej analýze aj na kontrolu a prípadnú korekciu čiastkových výsledkov. Tým sa odlišujú od klasických postupov, pri ktorých sa individuálny prístup a odborné skúsenosti riešiteľa prejavujú výraznejšie najmä pri tvorbe záverečnej mapy.

Príspevok vznikol v rámci grantu VEGA 1/1028/04 a 1/9159/02.

## Literatúra


Aleotti, P., & Chowdhury, R., 1999: Landslide hazard assessment: Summary review and new perspectives. *Bull. Engineering Geology and Environment, Springer – Verlag, 58, 21–44.*

Atkinson, P. M., & Massari, R., 1998: Generalized linear modeling of susceptibility to landsliding in the central Apennines, Italy. *Computers and Geosciences, 24, 4, 373–385.*

Bivand, R. S., 2000: Using the R statistical data analysis language on GRASS 5.0 GIS database files. *Computers and Geosciences, 26, 1043–1052.*

Brabb, E. E., 1985: Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping. *Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides, Toronto, Canada, 1, 1984, 307–324.*

Carrara, A., 1983: Multivariate models for landslide hazard evaluation. *Mathematical Geology, 15, 3, 403–427.*

Carrara, A., 1988: Landslide hazard mapping by statistical method. A "Black Box" approach. *In: Workshop on Natural Disaster in European Mediterranean Countries, Perugia, Italy. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Perugia, 205–224.*

Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., & Reichenbach, P., 1995: GIS-based techniques for mapping landslide hazard, 1995 (elektronická publikácia na internetovej stránke http://deis158.deis.unibo.it).

Clerici, A., 2002: A GRASS GIS based Shell script for Landslide Susceptibility zonation by the Conditional Analysis method. *Proceedings of the Open source GIS – GRASS users conference 2002, Trento, Italy, 11–13 September, 2002, 17.*

Donati, L., & Turrini, M. C., 2002: An objective method to rank the importance of the factors predisposing to landslides with the GIS methodology. Application to an area of the Apennines (Valnerina, Perugia, Italy). *Engng Geol., 63, 277–289.*

Dai, F. C., Lee, C. F., & Xu, Z. W., 2001: Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau island, Hong Kong. *Environmental Geol., 40, 3, 381–391.*

Feranec, J., & Otahel', J., 1996: CORINE- Landcover. *Bratislava, Geografický ústav SAV.*

Feranec, J., & Otahel', J., 2001: Krajinná pokrývka Slovenska. *Bratislava, Veda, 124.*

Gross, P., & Köhler, E., 1980: Geológia Liptovskej kotliny. *Bratislava, ŠGÚDŠ, 242.*

Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinalli, M., & Reichenbach, P., 1999: Landslide hazard evaluation: A review of current techniques and their application in a multi-case study, central Italy. *Geomorphology, 31, 181–216.*

Hofierka, J., Parajka, J., Mitasova, H., & Mitas, L., 2002: Multivariate Interpolation of Precipitation Using Regularized Spline with Tension. Transactions in GIS, 6., 2, 135–150.

Hrašna, M., 1986: Mapy inžinierskogeologického rajónovania pre účely urbanizácie. *In: zbor. referátov z vedeckej konferencie Progresívne smery v inžinierskogeologickom výskume. Bratislava, Prírodovedecká fakulta UK, 68–82.*

Chung, Ch., Fabbri, A. G., & van Westen, C. J., 1995: Multivariate regression analysis for landslide hazard zonation. *In: A. Carrara & F. Guzetti (eds.): Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 107–142.*

Jäger, S., & Wieczorek, G. F., 1994: Landslide susceptibility in the Tully Valley Area, Finger Lakes region, New York. USGS Open-File-Report 94-615 (on-line version), 13.

Jurko, J., 2003: Mapa náchylnosti územia Liptovskej kotliny na zosúvanie. [Diplomová práca.] *Manuskript – archív Katedry inžinierskej geológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave.*

Kopecký, M., 2002: Influence of climatic and hydrogeologic conditions on the origin of landslides in Slovakia. *In: Proc. of the 1st Europ. Conf., Prague, 367–372.*

Lee, S., & Min, K., 2001: Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korea. *Environmental Geol., 40, 1095–1113.*

Neteler, M., & Mitasova, H., 2002: Open Source GIS: A GRASS GIS Approach. Kluwer Academic Publishers, Boston – Dordrecht – London, 435.

Pauditš, P., & Bednarik, M., 2002: Using GRASS in evaluation of landslide susceptibility in Handlovská kotlina Basin. *Proceedings of the Open source GIS – GRASS users conference 2002, Trento, Italy, 11–13 September, 11.*

Pauditš, P., 2003: Hodnotenie náchylnosti územia na zosúvanie s využitím štatistických metód v prostredí GIS. *Písomná práca k dizertačnej skúške. Katedra inžinierskej geológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave.*

Pramuka, S., et al., 1997: Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia regiónu Vysoké Tatry a Ružomberok – Liptovský Mikuláš v mierke 1 : 50 000.

Rao, R. C., 1978: Lineární metody statistické indukce a jejich aplikace. *Praha, Academia, 666.*

Smernica MŽP SR z. 25. júna 1999, číslo 3/99-3 na zostavovanie inžinierskogeologických máp v mierke 1 : 50 000. *Vestník MŽP SR roč. VII, čiastka 6, 1999, 36–71.*

Süzen, M. L., & Doyuran, V., 2004: A comparison of the GIS based landslide susceptibility assessment methods: Multivariate versus bivariate. *Environmental Geol., 45, 5, 665–679.*

van Westen, C. J., 1993: GISSIZ. Training package for Geographic information systems in slope instability zonation. Part 1: Theory. UNESCO – ITC Project on Geo-Information for Environmentally Sound Management of Natural Resources. Enschede, Netherlands.

Vlčko, J., Wagner, P., & Rychlíková, Z., 1980: Spôsob hodnotenia stability svahov väčších územných celkov. *Mineralia Slov., 12, 3, 275–283.*

Yin, K. L., & Yan, T. Z., 1988: Statistical prediction model for slope of metamorphosed rocks. *In: C. Bonnard (ed.): Proceedings of the 5th International Symposium in Landslides, Lausanne, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 2, 1269–1272.*


# Statistical methods in landslide hazard assessment

From the probabilistic methods evaluating landslide susceptibility (landslide hazard) the quantitative, mostly statistical methods (van Westen, 1993; Aleotti and Chowdhury, 1999) play an important role. They are based on the comparison and subsequent statistical elaboration of territorial dependence among factors influencing the instability with the area affected by landslides. At present the statistical methods applied in landslide hazard assessment are distinguished into two groups: bivariate and multivariate (van Westen et al., 1993; Aleotti and Chowdhury, 1999).

*Bivariate method* is based upon the comparison between landslides (landslide distribution) as the dependent variable

with a number of instability factors (input parameters) separately, this procedure makes possible to calculate the weight of individual input parameter. Weight value is expressed by the entropy index (2), maximum entropy index (3) and information coefficient of system instability (4) (Vlčko et al., 1980). The final susceptibility value is expressed by the sum of all parameter classes ranked according to calculated landslide density for each class (1).

*Multivariate analysis*, in the wide sense of word, is based on the simultaneous combination and comparison of all input parameters (instability factors) with the distribution of landslides. In the case of applying *conditional analysis method*, the new territorial, quasi-homogeneous units delineated on the basis of combination of parameter classes values are found in interrelated geographic superposition. These units are reclassified according to the landslide density into the final landslide susceptibility zones. This method does not require estimating weight value.

As a result of both presented statistical methods, the new landslide susceptibility maps were compiled. Three different zoning units corresponding to Standards of Ministry of Environment of Slovak Republic were delineated: stable, potentially stable and non-stable.

The applied procedure, requiring an intensive operation with irregular data distribution, is perfectly suited for GIS operations. The fundamental condition to enter into GIS operations is the precise and complex input data preparation. Areal distribution of each evaluated parameter is in GRASS GIS (Neteler and Mitasova, 2002) presented in the raster format parametric maps. Fundamental technical request to compile parametric maps is as follow: spatial and cartographic accuracy, correct mutual superposition, correct topology as well as grid geometry.

In the study area of *Liptovská kotlina Basin following* geofactors influencing the stability (input parameters) were evaluated:

*Slopes*. These were calculated from digital elevation model produced from the geographic map 1 : 50 000 (SVN – 50). Slope data, computed in 1-degree step (floating point), were grouped into 6 classes (Fig. 3) according to Hrašna (1986). Statistical evaluation of slope classes within study area is given in Tab. 1.

*Lithology*. Predominantly Paleogene flysch-like rocks and Quaternary soils form the geological setting of Liptovská kotlina Basin. On the basis of similarity in lithology and engineering geological conditions 46 lithostratigraphic units displayed at input geological map (Marsina, Gross and Halouzka, 1996 in Pramuka et al., 1997) were reclassified and grouped into 9 classes (Fig. 4, Tab. 1).

*Rainfall data* were incorporated into evaluation procedure as an important condition for landslide origin (not as a trigger). As far as the input data concerns we used 3D interpolation of mean rainfall data gained by long term monitoring from the whole territory of Slovakia (Hofierka et al., 2002). The precipitation data were reclassified into 5 classes (Tab. 1), while each class threshold was defined by 10 % increase of upper limit of previous class interval.

*Land use*. The land use input data were adopted from the CORINE – Landcover map (Feranec and Otahel, 1996). These data were reclassified into 8 classes (land use units), Fig. 5, Tab. 1.

*Landslides* are the most important parameter (type, distribution) entering into landslide susceptibility assessment procedure. Map of relative landslide susceptibility from the region Ružomberok – Liptovský Mikuláš 1 : 50 000 (Baliak et al. in Pramuka et al., 1997) we used as the source of input data. The scarp's length was adopted as the most representative feature of the landslide regardless the type and the activity.

Applying bivariate statistical method (Tab. 1, Fig. 5) we found out that the most favorable conditions for landslide origin are in the territory formed by flysch-like rocks where sandstones and claystones are in ratio 1 : 1 (class 6), with the slope 11–14° (class 4), with mean annual rainfall (721–790 mm, class 3) and where meadows and pastures (class 2) form the land cover.

Applying multivariate statistical method overall 757 combinations of input parameter classes representing homogeneous units were identified (Tab. 2). Among them, 307 combinations with landslides were recognized. The final zoning based upon landslide density into three zones is displayed at the landslide susceptibility map (Fig. 7).

If we compare both statistical methods we applied, neither of them shows a distinct advantage. The slight favor of conditional analysis is the principle of simultaneous application of all input parameters (Süzen and Doyuran, 2004). On the other hand, the application of the weight parameter as well as the possibility to implement the subjectivity and experience of the researcher into decision process may be the advantage of bivariate statistical method. The former one, due to more detailed land zoning, reflecting the local natural variability, was a bit more desirable in evaluating landslide susceptibility of the Liptovská kotlina Basin.

# Mamuty *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) zo Salky (južné Slovensko)

CSABA TÓTH[1], PETER HOLEC[1], JANA KERNÁTSOVÁ[2] a MARIÁN SAMUEL[3]

[1]Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava
[2]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
[3]Archeologický ústav SAV, Akademická 2, 949 21 Nitra

*(Doručené 24. 11. 2004, revidovaná verzia doručená 26. 4. 2005)*

**Mammoths *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) of Salka (South Slovakia)**

We describe several teeth and some postcranial elements of the mammoth *Mammuthus primigenius* from Salka near Štúrovo, Podunajská nížina lowland. Material is composed from eight molars, two fragments of mandibles and from very fragmentary postcranial skeleton. The finding represents two relative young animals. At molars the parameters were measured and also morphological features were studied. Malacofauna (Gastropods) were separated from loess. They indicated warm oscillation of last glacial. The age on the base of Gastropods was determined to the end of Würm.

**Key words:** *Mammuthus primigenius* (Blumenbach) (Vertebrata, Mammalia), Würm, Slovakia

## Úvod

Na základe oznámenia p. Jozefa Hallóa (Salka č. 159) z 3. októbra 2002 o náleze kostí pri prehĺbovaní vínnej pivnice pracovníci AÚ SAV (M. Samuel, R. Daňo, M. Bilich, P. Štefanka a V. Šima) 9. až 11. októbra 2002 vykonali záchranný výskum a povrchový prieskum v širšom okolí.

Základné údaje: lokalita: Salka (okr. Nové Zámky), poloha: Sovie pivnice, geografické prostredie: úpätie východného svahu kóty 288,8 nad údolím Ipľa, n. v. 135 m, fixácia na mape v mierke 1 : 25 000, L-34-2-A d (Kamenín) 143 : 87 mm (obr. 1), charakter výskumu: záchranný a povrchový prieskum, datovanie: vrchný pleistocén, würm.

Nález je z vínnej pivnice („Sovie pivnice") nachádzajúcej sa necelých 2,5 km na Z od stredu obce vyhĺbenej vo vrstve kompaktnej spraše. Koniec rovnej nadol klesajúcej pivnice dlhej vyše 10 m je v hĺbke takmer 5 m. Pri obhliadke miesta nálezu sme zistili, že porušené kosti sú v stene na konci pivnice väčšinou tesne nad podlahou a čiastočne aj v bočných stenách (obr. 2). V materiáli, ktorý odovzdal majiteľ pozemku, boli fragmenty kostí a tri mamutie zuby. Po rozšírení pivnice približne o 1 m v smere pivnice a sčasti aj do bočných stien sme získali ďalšie fragmenty a takmer úplnú sánku. V ďalšom odkrývaní sme z časových a statických dôvodov nepokračovali. Podľa informácií nálezcu, majiteľa vinohradu, sa zlomky „veľkých" kostí našli už v minulosti pri hĺbení pivnice a jedna z nich sa v stene pivnice blízko portálu zachovala doteraz.

Z profilov stien sme odobrali vzorky spraše na stratigrafické datovanie pomocou malakofauny. Povrchovým zberom na svahu sme získali súbor silicitových úštipkov pestrého petrografického zloženia, ktoré nemožno presnejšie chronologicky zaradiť.

Z katastra Salky sú mamutie zvyšky známe už z minulosti. V roku 1985 sa na polohe „Hankoš" (Strážky?) 2 km na S od lokality, ktorú opisujeme, pri znižovaní terénu počas rekultivácie blízko ohniska s priemerom 140 cm našli dva mamutie kly dlhé 150 cm. Bárta (1985) podľa nálezovej situácie datoval odkryté ohnisko na bázu W3. Osteologický materiál a vzorky spraše boli 21. novembra 2002 odovzdané na ďalšie spracovanie na Katedru geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave.

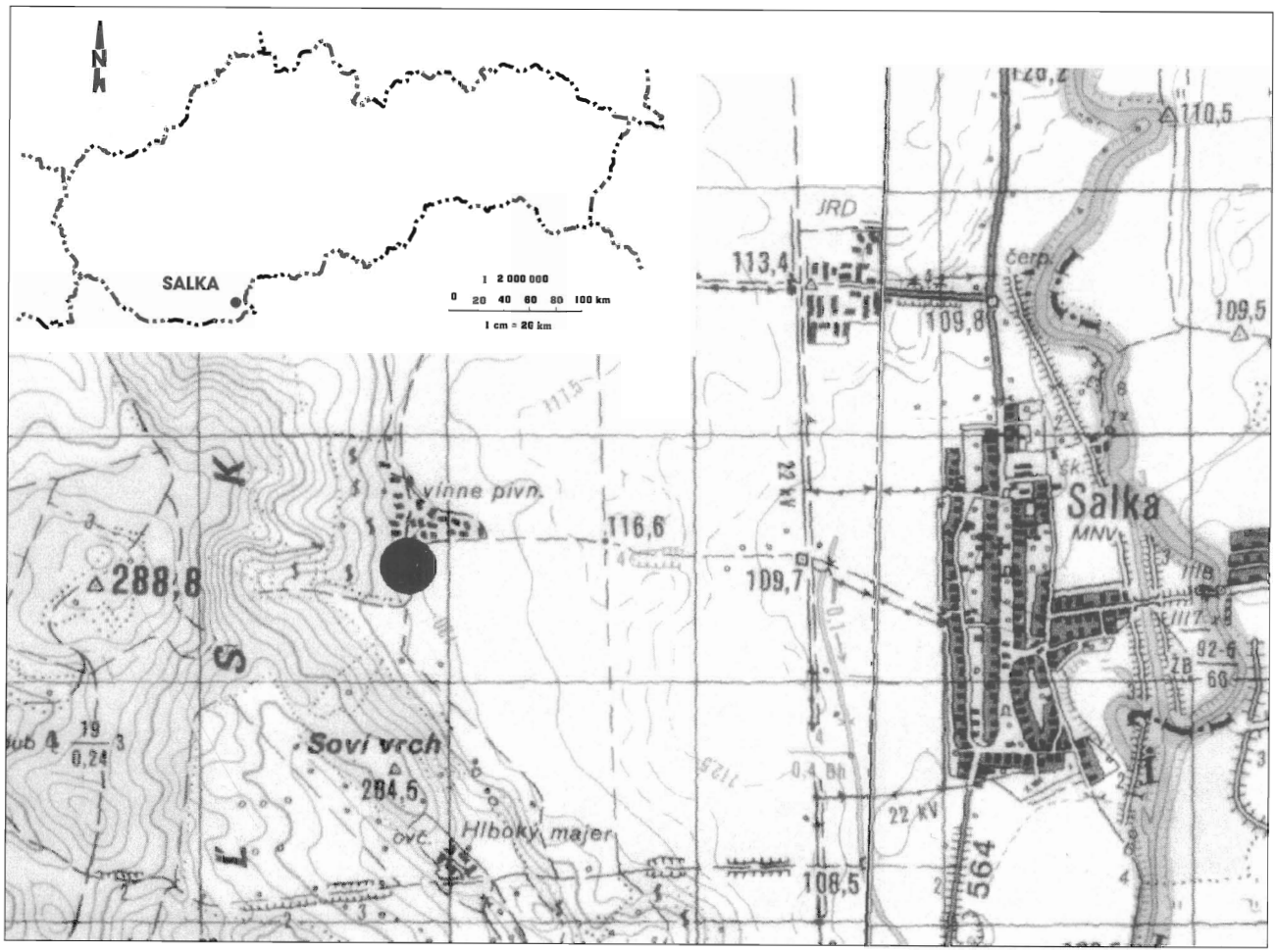
Použité skratky:

SNM – Slovenské národné múzeum v Bratislave
DLQ – dĺžkový lamelový kvocient
DLI – decimetrový lamelový interval

## Geologické pomery

Obec Salka sa nachádza na dolnom Poiplí približne 6 km na SV od Štúrova a na Z od Ipeľskej pahorkatiny (obr. 1).

Dolné Poiplie sa utvorilo ako fluviálnosedimentačný priestor dolného toku Ipľa. Staršiu časť oblasti budujú fluviálne sedimenty a polohy piesčitého štrku, ktorých terasová pravobrežná akumulácia sa v jednotlivých terasách zachovala rozlične (Ipeľský Sokolec, Pastovce a Malé Kosihy). Báza terasy kolíše od 16 do 12 m a hrúbka štrku je približne 2 až 3 m. V piesčitom štrku sú miestami




**Obr. 1.** Schematická mapka Slovenska s vyznačením lokality Salka a jej okolia.
**Fig. 1.** Schematic map of Slovakia with position of Salka locality with its surroundings.

polohy piesku a často aj podiel vulkanického materiálu. Sedimenty staršieho risu na povrch nevystupujú.

Uloženiny mladšieho risu sú z piesčitého štrku a piesku so štrkom. Pravobrežné terasové akumulácie sa zachovali v Pastovciach ako zložito morfologicky formovaná salčianska terasa (Malé Kosihy – Salka). Hrúbka bazálnych sedimentov je variabilná a ich báza je vo výške 0–2 m nad úrovňou hladiny Ipľa. Podobne ako sedimenty staršieho risu nevystupujú na povrch (Vaškovský et al., 1982).

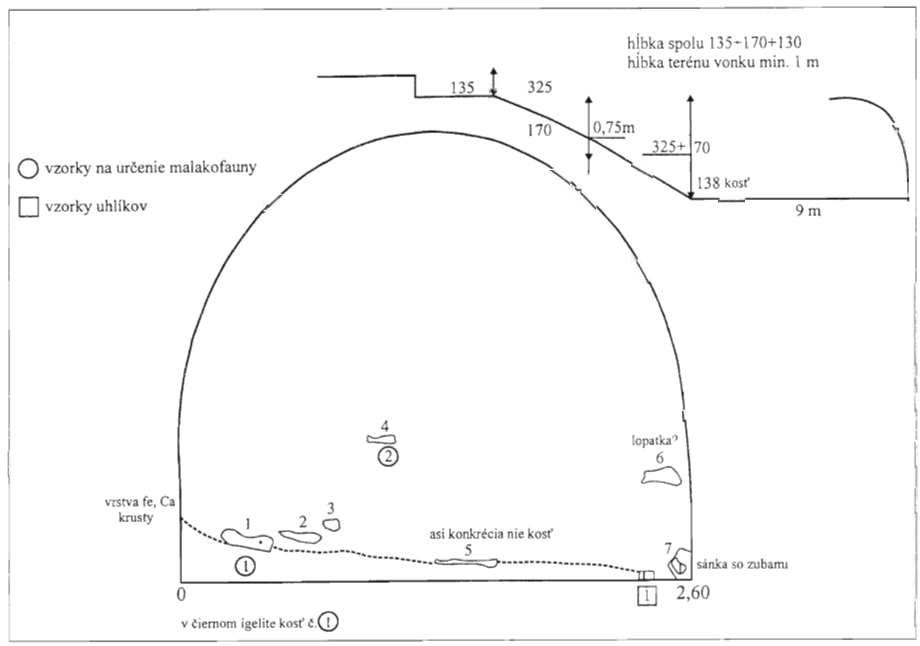
Würmské sedimenty piesčitého štrku tvoria dnovú výplň kolísavej hrúbky a ich báza je 5–6 m pod úrovňou Ipľa. V ostrovných eróznych zvyškoch povrchu dnovej akumulácie (Salka a Malé Kosihy) vystupujú vrchné piesčité členy.

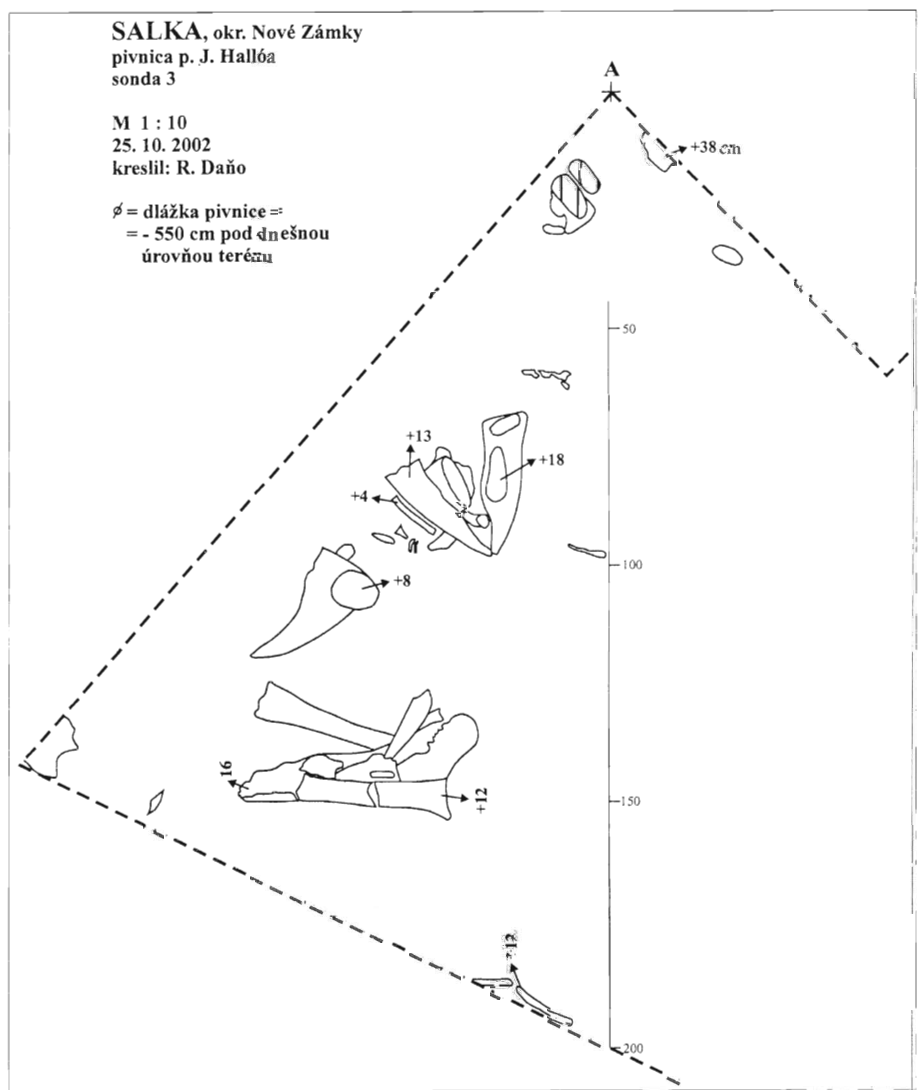
Plošne rozšíreným typom uložení na dolnom Poiplí sú eolitické sedimenty. Zastupuje ich vápnitá spraš a podradne prechodný eoliticko-deluviálny typ sedimentov – sprašová vápnitá hlina. Sprašové série sú vrchnou časťou krytu terás. Na povrch vystupujú iba polohy mladopleistocénnej spraše. Spraš je prevažne subaerická, periglaciálna a často obsahuje spoločenstvá mäkkýšov. Sprašovitá hlina je svetlá, vápnitá s konkréciami a vyskytuje sa na svahoch alebo tvorí výplň úvalín (Vaškovský, 1977). Podľa Halouzku (1966) patrí študovaná spraš medzi spraše salčiansko-kosižskej oblasti rozširujúce sa zo strednej salčianskej terasy na priľahlé svahy Ipeľskej pahorkatiny a sú prevažne vrchnopleistocénneho veku. Takémuto stratigrafickému zaradeniu (vlhkejšia a teplejšia oscilácia alebo teplejšia fáza glaciálu vrchného pleistocénu) zodpovedá aj fauna ulitníkov, ktoré sme určili. Holocénne sedimenty sú z hlinitých, ílovitých a piesčitohlinitých povodňových sedimentov.

## Materiál a metodika

Fosílnym materiálom opisovaným v tejto štúdii je šesť izolovaných molárov, takmer kompletná mandibula s pravým a ľavým molárom *in situ*, fragment sánky a mimoriadne zle zachované fragmenty panvy, stehnovej, lakťovej a holennej kosti. Materiál sa umyl vodou a napustil roztokom disperzného lepidla Hercules v pomere 1 : 2. Fotografie sa zhotovili digitálnym fotoaparátom.

Opis a metrika zubov sa urobili podľa Guenthera (1969), Maglia (1972, 1973) a Musila (1955, 1968). Metrické údaje zubov (dĺžka, šírka, výška a hrúbka sklo-




**Obr. 2.** Situačný náčrtok v pivnici pána Halló a.

**Fig. 2.** Situation sketch of the cellar of Mr. Halló.

viny) a mandibuly sú v mm. Pri determinácii mandibuly sme vychádzali z prác Dubrova (1960) a Garutta (1954, 1964), postkraniálneho skeletu Garutta (1954, 1964) a Najbrta et al. (1980). Pri zisťovaní veku a pohlavia jedincov sme postupovali podľa Averianova (1996), Haynesa (1991), Rotha a Shoshaniho (1988). Moláre sa porovnávali s odontologickým materiálom z lokality Předmostí a s materiálom zo zbierok SNM v Bratislave. Zo spraše sa vyseparovala malakofauna a určovala sa podľa práce Ložka (1964) Materiál je uložený v Archeologickom ústave SAV v Nitre a ešte nemá pridelené evidenčné čísla.

## Systematická časť

Rad: Uranotheria [= Paenungulata SIMPSON, 1945]
MCKENNA, BELL, 1997
Podrad: Tethytheria MCKENNA, 1975
Infrarad: Behemota, MCKENNA, BELL & SHOSHANI, 1997
Parad: Proboscidea ILLIGER, 1811
Nadčeľaď: Elephantoidea GRAY, 1821
Čeľaď: Elephantidae GRAY, 1821
Podčeľaď: Elephantinae GRAY, 1821
Tribus: Elephantini GRAY, 1821
Subtribus: Elephantina GRAY, 1821
Rod: *Mammuthus* BROOKES, 1828
Druh: *Mammuthus primigenius* BLUMENBACH, 1799

Lektotyp: Ľavá spodná M3 zo zbierky Blumenbacha uložená v Zoologickom ústave Univerzity v Göttingene; Osborn (1942) označil mliečny molár z lokality Osterode ako „co-lectotyp".

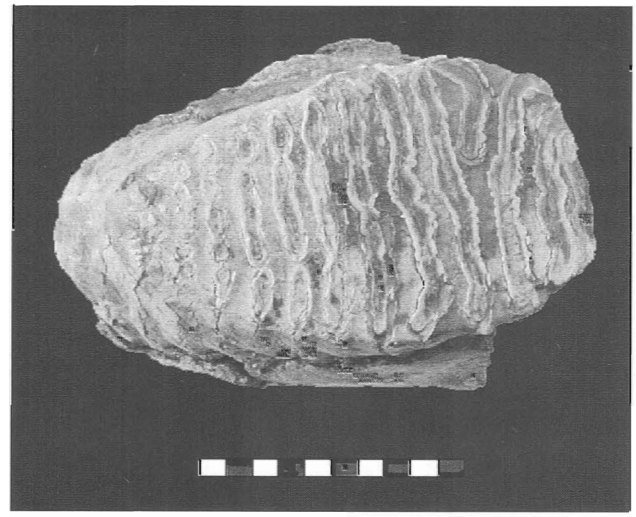
Diagnóza: Hrúbka dentálnej skloviny je 1–2 mm a výška korunky o 50–150 % väčšia ako šírka. Lamely sú extrémne tenké a sú blízko seba – DLI 7 (M1) – 12 (M3). Malý anteriórny koreň molárov a ostatné korene splynuli do jedného celku. Mandibula je krátka a vysoká, rostrum v porovnaní s ancestrálnymi druhmi slabšie vyvinutý (Osborn, 1942; Maglio, 1973; Lister, 1996).

## Opis, porovnanie a diskusia

### *Opis a metrika zubov*

Prvý pravý vrchný trvalý molár $M^1$ dext (zub 1, obr. 3)

Zub je dobre zachovaný, koreň odlomený, zachovala sa len jeho najvrchnejšia časť. Lamelová formula molára je (x) 2 1/2 9 x. Žuvacia plocha je takmer rovná, mediánna oblasť distálnej časti konkávna a smerom dozadu plochá. Medzi II. a III. lamelou sa na bukálnej strane zuba vyvinula pollamela oblúkovito prehnutá tak, že jej bukálna časť smeruje proximálne. Vsunutie pollamely spôsobilo, že bukálna časť predchádzajúcej (II.) lamely je zatočená distálne. Podobné deformácie vidno na III. a IV. lamele, ale na nich sú lingválne časti lamiel zahrnuté proximálne (pri III. lamele miernejšie, pri IV. silnejšie). Okraj lingválnej časti II. lamely je poškodený a časť skloviny a dentínu chýba. Obrazce skloviny sú úzke, pásikovité, sklovina v distálnej časti zuba (I. – IV. lamely) zo žuvacej



**Obr. 3.** Pravý vrchný molár $M^1$ dext. pohľad na žuvaciu plochu.
**Fig. 3.** Right upper molar $M^1$ dext. occlusal surface.

plochy mierne vyčnieva a je slabo zvrásnená. Na distálnom konci zuba je badateľný tlakový účinok – talón je pritlačený k prvej lamele. Splynutie lamiel je najlepšie pozorovateľné na V. až VII. lamele. Typ splynutia je lat. ann. med. lam.

Pri pohľade na lingválnu a bukálnu plochu zuba vidno, že distálne lamely (I. – III.) sú takmer kolmé na žuvaciu plochu, kým lamely nasledujúce za nimi prehnuté tak, že vrchná časť pri korunke je zahnutá mierne distálne. Výška zubnej korunky sa nedala odmerať, lebo bukálnu aj lingválnu stranu zuba obklopovali fragmenty maxily. Metrika zuba je v tab. 1.

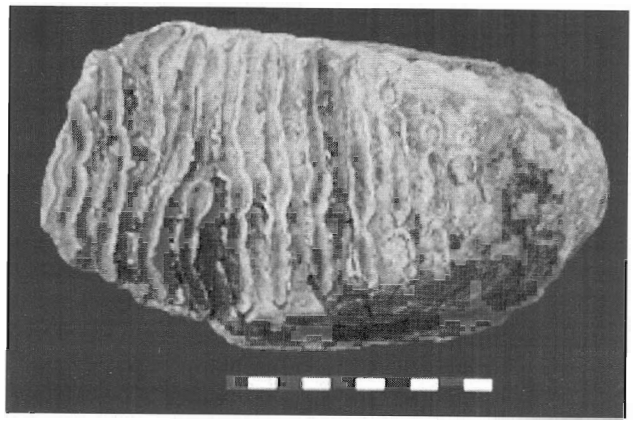
Od nálezu z Předmostia sa zub odlišuje značnou šírkou (71 mm), akú moláre z tejto lokality dosahujú len výnimočne. Hodnota DLQ o niečo prekračuje variačnú škálu zubov z Předmostia.

Prvý ľavý vrchný trvalý molár $M^1$ sin (zub 2, obr. 4)

Zub je dobre zachovaný. Na lingvodistálnej strane je cementový pokryv zuba porušený a sklovina na II. lamele odhalená. Koreňová časť je odlomená. Lamelová formula zuba je (x) 2 1/2 1 1/2 8 x.

Distálna časť žuvacej plochy je široká a pravouhlá, proximálnym smerom sa zužuje a nadobúda oválny tvar. Žuvacia plocha je takmer plochá, v mediáne distálnej časti mierne (konkávne) prehnutá a v proximálnej rovná. Medzi II. a III. lamelou z bukálnej strany a medzi III. a IV. je z lingválnej strany vložená pollamela. Obidve pollamely dosahujú približne polovicu šírky zuba. Bukálna strana pollamely medzi II. a III. lamelou je zahnutá proximálne. Podobné prehnutie vidno aj na lingválnej strane III. lamely aj pollamely medzi III. a IV. lamelou. Takéto deformácie sa označujú za sinuositu lamiel a pokladajú sa za patologický jav.

Spôsob splynutia lamiel je lat. ann. med. lam. Obrazce skloviny sú pásikovité, I. až VII. lamela celistvá, VIII. lamela rozdelená do troch obrazcov, z ktorých mediánny



**Obr. 4.** Ľavý vrchný molár $M^1$ sin. pohľad na žuvaciu plochu.
**Fig. 4.** Left upper molar $M^1$ sin. occlusal surface.

je dlhší a laterálne (bukálny a lingválny) kratšie. Nasledujúce proximálne lamely sa delia na rad stĺpikov.

Tlakom na predchádzajúci zub sa distálny talón pritlačil k I. lamele a z povrchu má odtlačený cement. Metrika zuba je v tab. 1.

Pri detailnom štúdiu zuba sme zistili, že jeho parametre (dĺžka, šírka a počet lamiel), indexy a stupeň abrázie sú veľmi podobné ako pri zube 1, preto je veľmi pravdepodobné, že tieto dva zuby patrili tomu istému jedincovi.

Podobne ako zub 1 aj tento zub celkovou šírkou prekračuje šírku molárov $M^1$ z Předmostia a najširší je na III. lamele.

Tieto dva zuby sme nemohli porovnať s nálezmi zo Slovenska, pretože nijaké údaje o 1. vrchnom molári sa doteraz nepublikovali.

### Prvý pravý spodný trvalý molár $M_1$ dext (zub 3, obr. 5)

Nezachoval sa celý zub. Jeho proximálna časť, ako aj väčšia časť anteriórneho koreňa sú odlomené.

Lamelová formula je (x) 1/2 8-. Žuvacia plocha je v distálnej časti široko oválna a proximálnym smerom sa nepatrne zužuje. Distálna časť žuvacej plochy je mierne konkávna a lingválna strana o niečo vyššia ako bukálna. V distálnej časti na lingválnej strane je zachovaná pollamela a za ňou nasleduje osem lamiel. Lingválny okraj II. lamely je silno zatočený distálne a podobne aj bukálny okraj III. a IV. lamely, ale menej nápadne ako II. lamely. Lamelové obrazce sú tenké, pásikovité. Sklovina na I. až IV. lamele je mierne zvrásnená. Medzi VII. a VIII. lamelou je na bukálnej strane vypadnutý cement a báza bukálnej časti VII. a VIII. lamely odlomená. Spôsob splynutia lamiel je najlepšie pozorovateľný na VI. a VII. lamele a je lat. ann. med. lam.

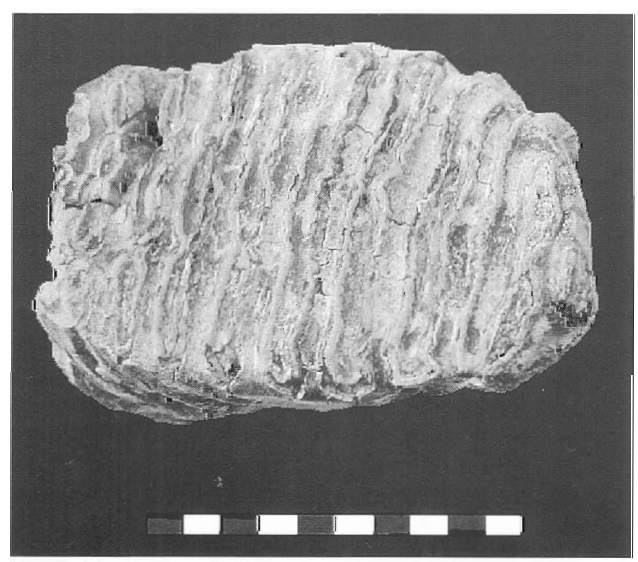
I. až IV. lamela sú takmer kolmé na žuvaciu plochu a nasledujúce mierne prehnuté proximálnym smerom, čo je pre dolné zuby typické. Cement na obidvoch stranách je miestami popraskaný a na niektorých miestach opadaný. Metrika zuba je v tab. 1.

Zub je poškodený, a tak namerané parametre nezodpovedajú vždy skutočnej hodnote. Pri neúplných zuboch treba brať do úvahy všetky možné parametre, aby sa nedeterminovali chybne. Dĺžka, počet lamiel a zistené indexy skúmaného zuba indikujú, že by mohol byť 3. mliečnym molárom. Ale ak sa vezme do úvahy šírka zuba 60 mm a porovná sa s hodnotami Maglia (1973) a Musila (1968), je zrejmé, že 3. mliečny zub takúto šírku nikdy nedosahuje. Indexy sa počítali z fragmentu molára, a preto sú nepresné a mätúce. Pre neúplnosť zuba vychádza vyšší index DLQ, čiže sa musí o istú hodnotu znížiť. A pretože sa nezachovali všetky lamely, DLI vychádza o niečo nižší. Na základe tejto charakteristiky predpokladáme, že ide o 1. pravý trvalý molár $M_1$. Porovnávať ho s materiálom z iných lokalít je problematické, lebo nie je kompletný.

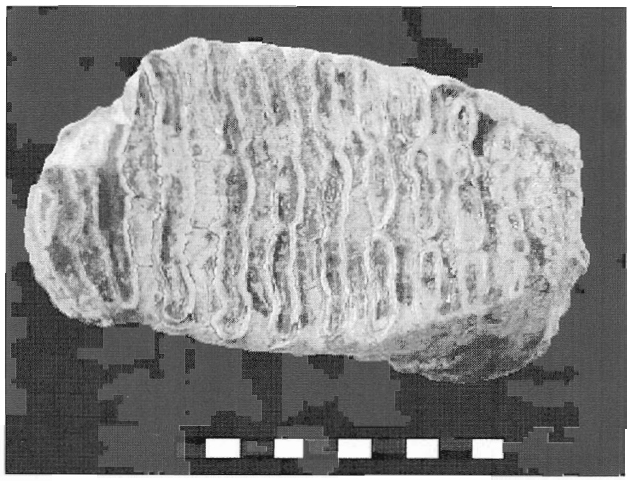
Na Slovensku sa našiel iba jeden spodný pravý molár (depozit SNM, inv. č. Z 14 181, lokalita Malé Leváre; Ďurišová, 1984), ale ani ten nie je úplný, lebo má odlomenú proximálnu časť, a tak sa na porovnávanie veľmi nehodí. Použiteľná je iba šírka 62 mm, no tú dosahuje na VIII. lamele, a to na rozdiel od opisovaného zuba, ktorý je najširší na IV. lamele.

### Prvý ľavý spodný trvalý molár $M_1$ sin (zub 4, obr. 6)

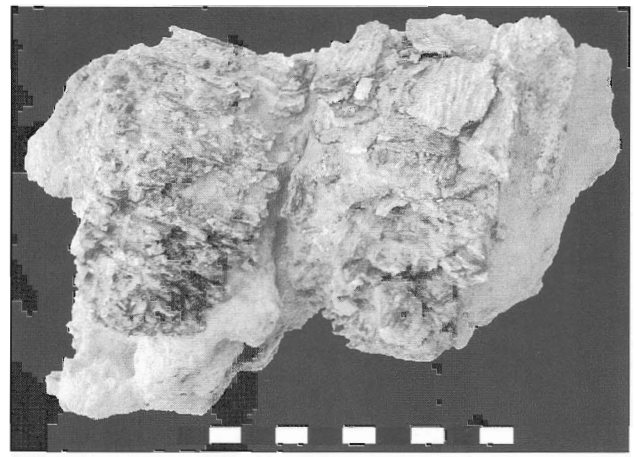
Zub nie je kompletný, má odlomenú proximálnu časť. Jeho lamelová formula je x 11-. Žuvacia plocha je oválna, mierne oblúkovitá a smerom k proximálnej časti sa zužuje. Je zreteľne konkávna a lingválna strana je o niečo vyššia ako bukálna. Lingvodistálna časť je odlomená, chýba približne polovica prvých dvoch lamiel. I. až V. lamela majú pásikovitý tvar, VI. sa v mediálnej časti zuba zužuje, za ňou ležiace lamely (VII. – IX.) sa ostrovčekovito rozdeľujú a všetky ostrovčeky sú pretiahnuté v smere šírky zuba. X. a XI. lamela sa skladajú zo šiestich sklovinou spojených takmer okrúhlych ostrovčekov. Spôsob splynutia lamiel je lat. ann. med. lam. Sklovina je v distálnej časti žuvacej plochy (I. – V. lamela) mierne zvrásnená. Prvých päť distálnych lamiel je šikmo zhryzených.



**Obr. 5.** Pravý spodný molár $M_1$ dext pri pohľade na žuvaciu plochu.
**Fig. 5.** Right lower molar $M_1$ dext. occlusal surface.



**Obr. 6.** Ľavý spodný molár $M_1$ sin. žuvacia plocha.
**Fig. 6.** Left lower molar $M_1$ sin. occlusal surface.



**Obr. 7.** Ľavý a pravý mliečny vrchný zub $dm^4$
**Fig. 7.** Left and right milk molar $dm^4$

a preto sklovina prečnieva nad žuvaciu plochu približne o 1–1,5 mm.

Na lingválnej aj bukálnej stránke zuba sa zachoval miestami popraskaný cement. Na zube nevidno tlakové deformácie ani patologické javy. Metrika molára je v tab. 1.

Ani tento zub nie je celý, a preto o ňom platí to isté ako o zube 3. Výška korunky molára je 110 mm a zodpovedá strednej hodnote výšky molárov z Předmostia. Miery a indexy zuba svedčia o tom, že ide o 1. spodný trvalý molár. Z porovnania so zubom 3 vychodí, že parametre aj celková morfológia zuba a žuvacej plochy sú veľmi podobné, a tak predpokladáme, že zub 3 a 4 boli v tej istej sánke.

Zuby zo sánky a čeľuste pravdepodobne patrili tomu istému jedincovi, no jednoznačnú odpoveď pre neúplné zachovanie spodných zubov nepoznáme. Toto konštatovanie by mohla potvrdiť alebo vyvrátiť šírka zuba. Šírka vrchných molárov je 71 a 74, spodná 60 a 59 mm a indikuje, že by mohlo ísť o toho istého jedinca (vrchné zuby sú širšie ako spodné), ale tvar žuvacej plochy tento predpoklad úplne nepotvrdzuje.

Tretie vrchné? mliečne zuby $dm^4$ sin & dext
(zub 5 a 6, obr. 7)

Ide o mimoriadne zle zachovaný ľavý a pravý molár. Zuby nie sú v anatomickej polohe, chýba podnebná kosť – *os palatinum* – a predná časť obidvoch zubov je odlomená.

$dm^4$sin (zub 5)

Počet lamiel 7, dĺžka 62 mm, šírka na III. lamele 49 mm. Na I. lamele vidno, že sklovina je mierne zvrásnená a mimoriadne tenká.

$dm^4$dext (zub 6)

Počet lamiel 8, dĺžka 78 mm, šírka (IV. lamely) 47 mm. Lamelová formula zuba je -8 (x). Žuvacia plocha na obidvoch zuboch je hlboko zvetraná, lamely nepravidelne vyčnievajú na povrch a sú nerovnako polámané. Metrika molárov $dm^4$ sin & dext je v tab. 1.

Determinácia zubov bola pre značné poškodenie fosílneho materiálu náročná. Podľa približných nameraných hodnôt a z nich vyplývajúcich parametrov sme tieto zuby zaradili ako 3. mliečne moláre. Neúplný počet lamiel pre porušenie zuba myslí, indikuje zub $dm^3$, ale údaj o celkovej dĺžke zuba takýto predpoklad vyvracia. Dĺžka frag-

Tab. 1
Metrické údaje molárov
Metrical data of molars

| Molár | LF | PL | D | S | V | HS | D/Š | DLQ | DLI | PJ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M^1$dext | (x) 2 1/2 9 x | 11 | 147 | 71 | 31* | 1.1 | 2.0 | 10.5 | 9.4 | + |
| $M^1$sin | (x) 2 1/2 1 1/2 8 x | 11 | 145 | 74 | 32* | 1.2 | 1.9 | 10.8 | 9.2 | + |
| $M_1$dext | (x) 1/2 8- | 8 | 94 | 60 | 98 | 1.2 | 1.6 | 11.7 | 8.5 | + |
| $M_1$sin | x 11- | 11 | 119 | 59 | 102 | 1.3 | 2.0 | 10.8 | 9.2 | – |
| $dm^4$dext | -8 (x) | 8 | 78 | 47 | – | 0.5 | 1.7 | 11.2 | 9.3 | ? |
| $dm^4$sin | -7 (x) | 7 | 62 | 49 | – | – | 1.3 | 8.9 | 11.2 | ? |
| $dm^4$dext | x 9 x | 9 | 80 | 36 | 30* | 1.0 | 2.2 | 8.8 | 11.2 | – |
| $dm_4$sin | x 10 x | 10 | 92 | 40 | 28* | 1.0 | 2.3 | 9.2 | 10.8 | – |

Vysvetlivky: LF – lamelová formula, PL – počet lamiel, D – dĺžka zuba (mm), S – šírka zuba (mm), HS – hrúbka skloviny (mm), D/Š – dĺžkový/šírkový index, DLQ – dĺžkový lamelový kvocient, DLI – decimetrový lamelový interval, PJ – patologické javy, * – merateľný údaj

Explanations: LF – lamellar formula, PL – number of lamella, D – molar length (mm), S – molar width (mm), HS – thickness of enamel (mm), D/Š – length/width index, DLQ – length/lamellar quotient, DLI – decimeter lamellar interval, PJ – pathological effects, * – measurable data

mentov molárov dosahuje na vrchnej hranici dĺžky zuba hodnoty $dm^3$, ale po pridaní chýbajúcich častí ich značne prekonáva, a preto tieto fragmenty molárov spĺňajú kritériá $dm^4$. Indexy vypočítané z nameraných hodnôt nie sú presné, DLI obidvoch molárov je vysoký a DLQ nízky.

Podobne ako pri predchádzajúcich neúplných opisovaných zuboch je na porovnávanie vhodný údaj o maximálnej šírke zuba. Šírka opisovaných zubov je približne v strednej hodnote intervalu šírky molárov z Předmostia. Zub zo zbierok SNM (inv. č. 14351 lokalita Malé Leváre, Ďurišová, 1984), ktorý sa zachoval úplný, je široký 65 mm, čiže oveľa širší, ako majú opisované zuby (36 a 40 mm). DLQ a DLI dosahujú porovnateľné hodnoty.

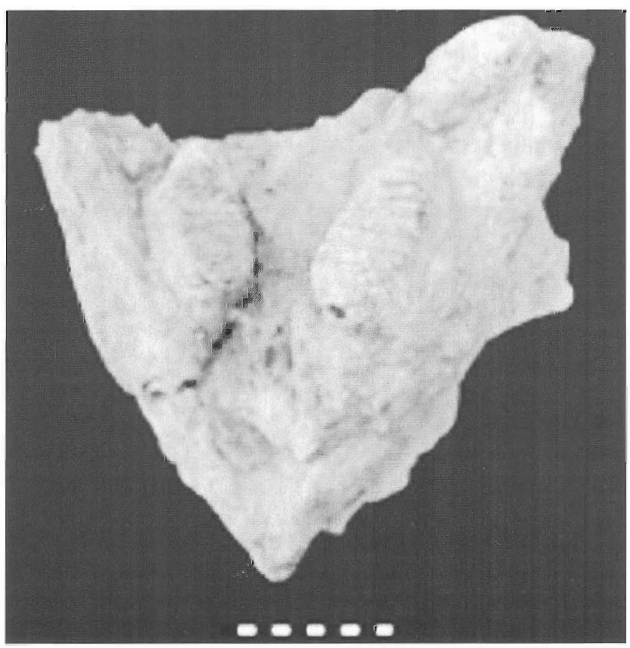
## Opis a metrika mandibuly a postkraniálneho skeletu

### Mandibula 1

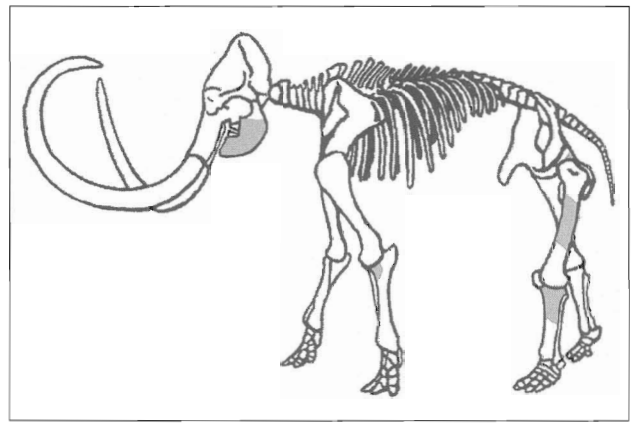
Zachovala sa anteriórna časť mandibuly. Ľavá vetva tela sánky je o niečo dlhšia ako pravá (pre poškodenie sánky sa presné miery nezisťovali). V prednej časti je dobre viditeľná ventrálne zahnutá masívna symfýza. Koronoidný a artikulárny výbežok sú odlomené na obidvoch stranách mandibuly. Pravá strana sánky – *corpus mandibulae* – je poškodená a posunutá z pôvodnej pozície ventromediálne. *Foramen mentale* nie je pozorovateľný. Celú sánku zo spodnej strany a priestor medzi vetvami mandibuly vypĺňa spraš, ktorú sme z obavy pred ďalším rozrušením mandibuly neodstránili (obr. 9).

### Metrika mandibuly

Pretože je sánka poškodená, nezisťovali sa všetky parametre. Údaje označené * vyjadrujú približnú hodnotu.



**Obr. 9.** Sánka 1, pohľad spredu.
**Fig. 9.** Mandible 1 anterior view



**Obr. 8.** Kostra mamuta. Sivou farbou sú označené kosti nájdené v Salke.
**Fig. 8.** Skeleton of Mammoth. Bones and elements which have been found are marked by grey colour

Tab. 2
Metrika mandibuly 1
Metrical data of mandibula 1

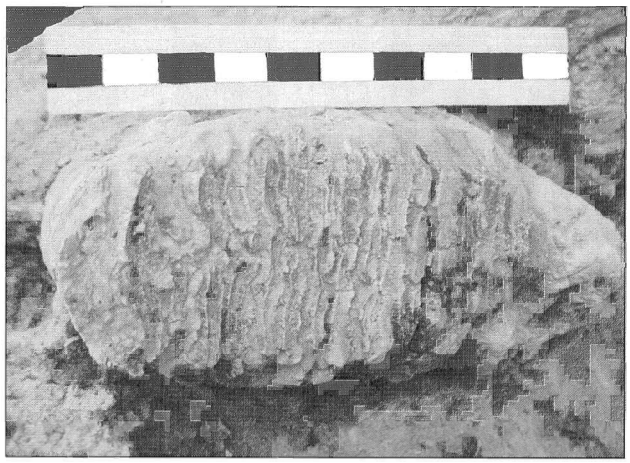
| | |
|---|---|
| 1 – dĺžka mandibuly | 279* |
| 2 – výška mandibuly | – |
| 3 – šírka mandibulárnych kĺbov | – |
| 4 – šírka sánky v proximálnej časti molárov | 262* |
| 5 – šírka ľavej vetvy mandibuly | – |
| 6 – šírka pravej vetvy mandibuly | – |
| 7 – šírka sánky v oblasti mandibulárnych kĺbov | 85* |
| 8 – dĺžka podbradovej časti mandibuly | – |
| 9 – dĺžka symfýzového žliabku | 69 |
| 10 – šírka symfyzálneho žliabku | 24 |
| 11 – veľkosť uhla medzi vetvami sánky | 75° |

### Mandibulárne moláre

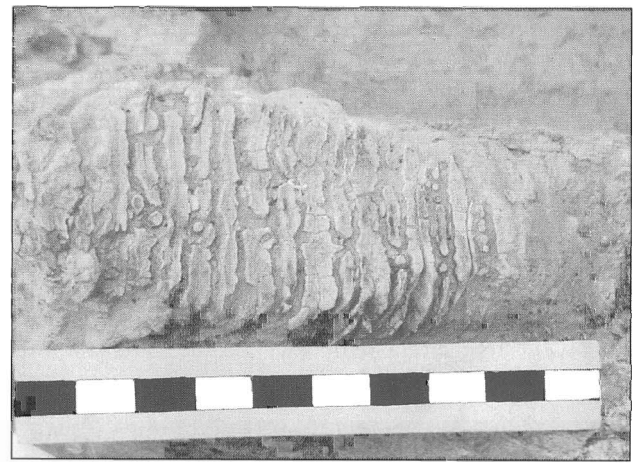
V sánke sú *in situ* umiestnené moláre (obr. 6.7.A). Majú svetlookrovú farbu, tmavohnedý dentín, svetlejší cement a mliečnobielu sklovinu.

#### Štvrtý pravý spodný mliečny molár $dm_4$ dext (zub 7, obr. 10)

Ako dôsledok porušenia pravej vetvy sánky je zub posunutý z pôvodnej polohy. V proximálnej časti je poškodený a medzi VI. a VII. lamelou je úzka hlboká ryha. Lamelová formula zuba je x 9 x. Žuvacia plocha je rovná, oválna, približne rovnako široká po celej dĺžke zuba a v proximálnej časti veľmi mierne zúžená. Zvláštnosťou zuba je, že v oblasti proximálnych lamiel sú cementové intervaly širšie ako pásiky dentínu, čo najlepšie vidieť medzi V. a VII. lamelou. Medzi II. a III. lamelou mierne bukálne od mediánnej časti zuba sú dva sklovinové stĺpiky. Sklovina nie je zvrásnená. Splynutie lamiel je najlepšie pozorovateľné na VI. a VII. lamele a je lat. ann. med. lam. Cement aj sklovina na zube sú na viacerých miestach vypadnuté, a preto dentín vystupuje zo žuvacej plochy. Na distálnej časti zuba sú lamely mierne popre-



**Obr. 10.** Pravý molár $dm_4$ dext zub 7, pohľad na žuvaciu plochu.
**Fig. 10.** Right molar $dm_4$ dext number 7, occlusal view.



**Obr. 11.** Ľavý spodný molár $dm_4$ sin, zub 8, pohľad na žuvaciu plochu.
**Fig. 11.** Left molar $dm_4$ sin number 8, occlusal view

hýbané (hlavne I. a II.), kým ostatné sú takmer rovné. Metrika zuba je v tab. 1.

Zub sa determinoval ako 3. mliečny molár $dm_4$, aj keď s takýmto zaradením nie sú v zhode všetky údaje. Počet lamiel (9) indikuje, že by mohlo ísť o 2. mliečny molár, ale šírka zuba značne prekračuje uvádzané hodnoty tohto zuba. Podobne je príliš vysoká aj hodnota DLQ zuba $dm_3$. Na druhej strane DLI je veľmi nízky a nedosahuje ani spodnú hranicu variačnej šírky DLI 2. spodného mliečneho molára.

V porovnaní so zubami z Předmostia sa tento zub odlišuje hlavne nízkym počtom lamiel, ktorých je v Předmostí 10–12. Opisovaný zub je veľmi malý, a jeho rozmery sa približujú iba k spodnej hranici variačnej šírky zubov z Předmostia.

### Štvrtý ľavý spodný mliečny molár $dm_4$ sin (zub 8, obr. 11)

Lamelová formula zuba je x 10 x

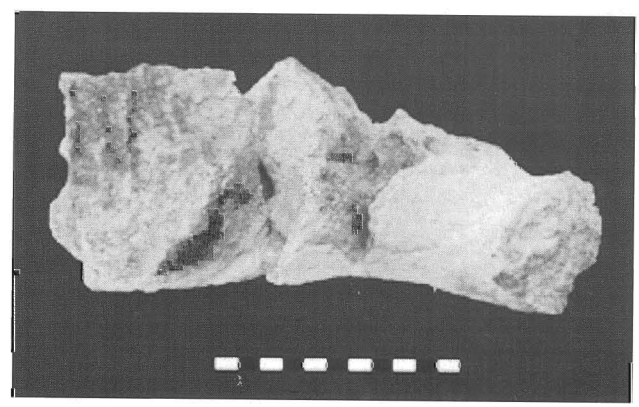
Tvar žuvacej plochy je distálne hruškovitý. Zub je takmer rovnako široký po celej svojej dĺžke, len v najproximálnejšej časti sa mierne zužuje. Žuvacia plocha je takmer rovná a bukálna strana o niečo vyššia. Podobne ako na pravom zube sú cementové pásiky širšie ako pásiky dentínu, čo najlepšie vidno v oblasti medzi IV. a VI. lamelou. Na I. lamele v mediánnej časti je sklovina vyklenutá v podobe kruhovitého stĺpika proximálnym smerom. Na II. lamele je pozorovateľný podobný jav, ale vyklenutie má opačný smer (distálny) ako pri predchádzajúcej lamele. Sklovina aj cement sú na viacerých miestach poškodené a na mnohých chýbajú úplne. Metrika molára je v tab. 1.

Zub je o niečo väčší ako predchádzajúci molár, a preto je DLQ vyšší a DLI nižší ako pri pravom molári. Tieto hodnoty úplne súhlasia s publikovanými parametrami molárov $dm_4$ Musila (1968) a Maglia (1973), aj keď počet lamiel je nižší ako pri uvedených autoroch. Tieto údaje potvrdzujú aj správnosť zaradenia opisovaného zuba (7). Aj tento príklad jasne ukazuje, že zuby v ľavej a pravej vetve sánky sa môžu značne odlišovať nielen morfologicky, ale aj rozmermi.

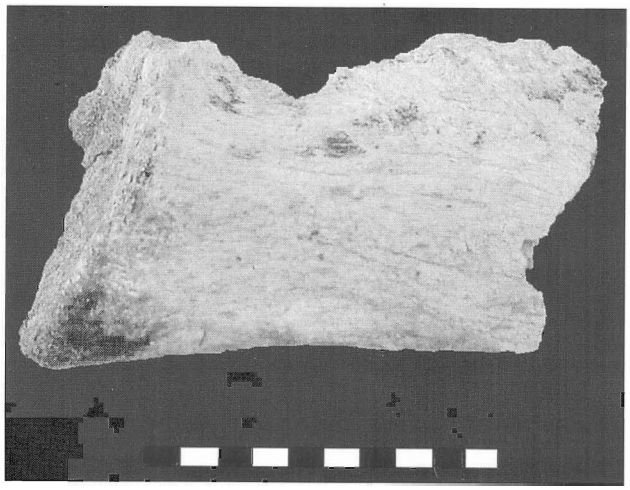
Horné a spodné zuby majú podobné rozmery (pre veľké poškodenie vrchných zubov vychádzame hlavne zo šírky zuba). Horné zuby sú širšie, ale ich prisúdenie jednému jedincovi treba pre nedostatočnú možnosť skúmať morfológiu žuvacej plochy horných molárov brať s rezervou.

### Fragment mandibuly 2

Zachovala sa ľavá strana tela mandibuly – *corpus mandibulae*, ktorá bola pôvodne rozlomená na tri časti, kým kaudálna časť a vetva mandibuly sa odlomili. Rostrum je veľmi poškodené. Zachovala sa z neho len veľmi malá časť. Výška mandibuly v symfyzálnej časti je 61 mm. Smerom dozadu sa telo sánky zvyšuje. Najvyššie je v mieste zubného lôžka – 103 mm. V mediálnej časti v mieste alveoly je sánka odlomená a na laterálnej ploche sú zreteľné odtlačky po prvých siedmich lamelách zuba. V mediálnej časti bázy mandibuly je veľký cievny vyživovací otvor sánky – *canalis mandibulae* – pre zubné



**Obr. 12.** Fragment mandibuly 2, pohľad na lingválnu plochu ľavej strany tela mandibuly 2.
**Fig. 12.** Fragment of mandible 2, view on lingual side of the body of mandible 2.



**Obr. 13.** Ľavá lakťová kosť, laterálna plocha kraniomediálneho výbežku.
**Fig. 13.** Left ulna, lateral surface of craniomedial spur

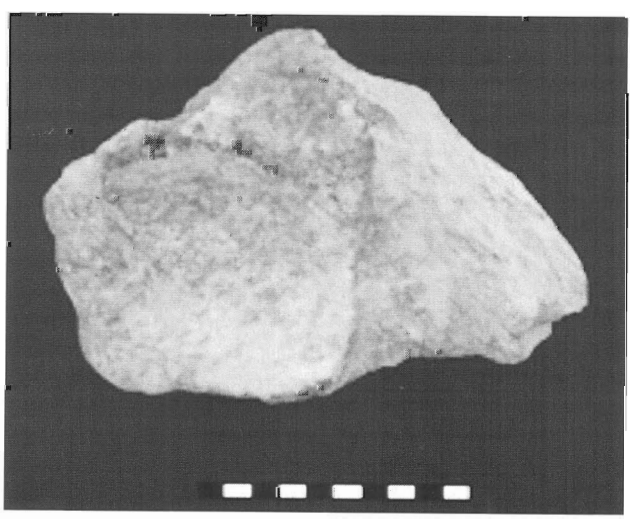
korene, ktorý vyúsťuje na dorzálnolaterálnej strane otvorom – *foramen mentale*. Ventrálna časť fragmentu sánky má konvexný priebeh.

Sánka je značne poškodená, neúplná, a preto sa ďalšie presné rozmery nedali zistiť.

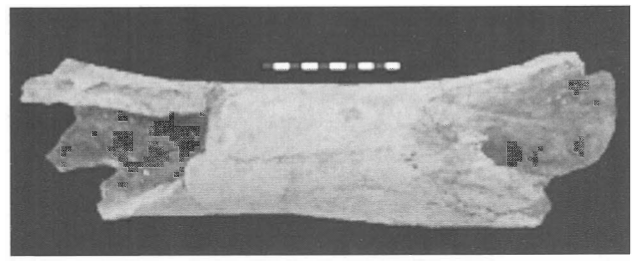
## Postkraniálny skelet

### Lakťová kosť – *ulna*

Zachoval sa úlomok proximálneho konca ľavej lakťovej kosti. Ide o fragment kraniomediálneho výbežku – *processus coronoideus lateralis* – so zachovanou kĺbovou plôškou na skĺbenie ramennej kosti – *humerus* (obr. 13). Na úlomku sa nedali odmerať nijaké parametre.



**Obr. 14.** Panva, fragment laterálnej časti ľavej sedacej kosti a kĺbovej jamky
**Fig. 14.** Pelvis, fragment of lateral part of left ischii and acetabulum.



**Obr. 15.** Fragment diafýzy ľavej stehnovej kosti
**Fig. 15.** Fragment of diafysis of left femur

### Panva – *os coxae*

Z kosti sa zachoval veľmi malý fragment laterálnej časti ľavej strany tela sedacej kosti – *corpus ossis ilii* – a časť kĺbovej jamky – *acetabulum* – s takmer kruhovou obvodovou jamou (obr. 14). Na fragmente neboli merateľné nijaké parametre.

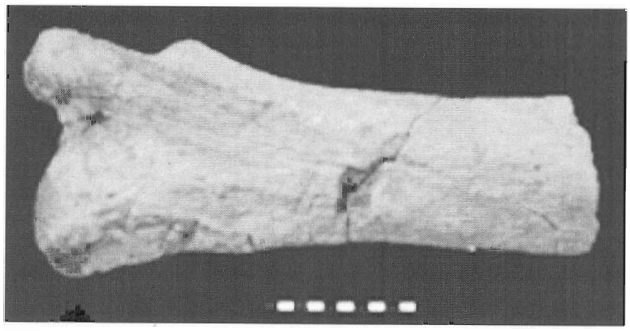
### Stehnová kosť – *femur*

Zachovala sa diafýza ľavej stehnovej kosti. Proximálna aj distálna časť kondylov sú zničené. Kosť je mierne sploštená s jednou výraznou hranou – *labium mediale*, ktorá sa smerom k distálnemu koncu fragmentu vytráca a prechádza do rovnej, mierne oblej plochy – *facies aspera* (obr. 15).

Na fragmente sa odmeral len minimálny obvod diafýzy – 261 mm, ale podrobnejšie sa pre značné poškodenie a neúplnosť kosti nedal metricky spracovať.

### Holenná kosť – *tibia*

Zachoval sa proximálny fragment ľavej holennej kosti, laterálna – *condylus lateralis* – a mediánna – *condylus medialis* – kĺbová plocha sú odlomené (obr. 16). Laterálny kondyl bol vyvinutý mohutnejšie a mediálny bol menší. Kosť má trojuholníkovitý prierez. Anteromediálnym smerom vyčnieva drsnatina holennej kosti – *tuberositas tibiae* – a jej kraniálny okraj sa mierne vytáča laterálne. Telo holennej kosti – *corpus tibiae* – je priame, laterálna plocha – *facies lateralis* – široká a hladká. Výživovací otvor – *foramen nutritivum* – nie je pozorovateľný. Mediálna plocha – *facies medialis* – je o niečo užšia ako laterálna a je od nej oddelená kraniálnou hranou – *margo cranialis*. Táto hrana sa stráca smerom na spodný okraj fragmentu. Zadná (kaudálna) plocha – *facies caudalis* – je od laterálnej oddelená mierne zaostreným laterálnym okrajom – *margo lateralis*. Kaudálna plocha pod kondylárnou časťou je hlboko konkávna. Na celej kaudálnej ploche sú pozorovateľné pozdĺžne svalové čiary – *lineae musculares*, ktoré sa začínajú pri laterálnom kondyle a rozbiehajú sa po celej kaudálnej ploche. Na laterálnej, ale aj na mediálnej ploche sú pozorovateľné stopy po mechanickom poškodení.



**Obr. 16.** Fragment ľavej holennej kosti, pohľad na kaudálnu plochu
**Fig. 16.** Fragment of the left tibia, view of the caudal surface

## Determinácia veku a pohlavia

Pri určovaní veku a pohlavia jedincov sme vychádzali z údajov Musila (1968), Haynesa (1991) a Averianova (1996).

V študovanom fosílnom materiáli sa zachovali pozostatky dvoch až štyroch jedincov.

### Určenie veku podľa molárov

Pri prvom jedincovi sme zistili moláre M1 (zub 1 a 2, možno 3 a 4), ktoré sa do fázy žuvania dostávajú vo veku približne 10 rokov a sú funkčné asi do 22. roku života. Zuby opisovaného jedinca nie sú príliš zožuté, aj keď sa do žuvania zapojili takmer všetky lamely. Výška zubnej korunky spodných molároch mierne prekračuje strednú hodnotu údajov, ktoré uvádza Musil (1968) a Maglio (1973). Na proximálnych koncoch zubov nie sú pozorovateľné tlakové javy. Podľa týchto údajov predpokladáme, že jedinec (jedinci), ktorému (ktorým) tieto zuby patrili, mohol (mohli) mať približne 15–16 rokov.

Mliečne zuby dm4 sa na žuvaní začínajú zúčastňovať vo veku približne dvoch rokov a ich funkcia sa končí vo veku 13 rokov, keď ich úplne nahrádza prvý trvalý molár. Podľa značného zožuvania zubov možno predpokladať, že jedinec (jedinci), ktorému (ktorým) tieto moláre patrili, mohol (mohli) mať asi 10–11 rokov. Ak vrchné a spodné moláre nepatrili tomu istému jedincovi, vek exemplára, ktorému patrili vrchné zuby, sa nedá určiť.

### Určenie pohlavia podľa tvaru mandibulárneho rostra

Podľa Averianova (1996) možno pohlavie jedincov určiť na základe tvaru a dĺžky mandibulárneho rostra. Rozlišujú sa dva typy mandibúl. Nižšie telo mandibuly, s úzkou anteriórnou časťou, dlhým a tenkým symfyzálnym výbežkom, patrí samcom, kým sánka s vysokým a širokým telom, s úzkym a krátkym symfyzálnym výbežkom je charakteristická pre samice.

Anteriórna časť rostra mandibuly 1 (obr. 9) má symfyzálny výbežok úzky a krátky, a preto predpokladáme, že sánka patrila samici. Jednoznačne to však určiť nemožno, lebo opisovaná sánka patrila mladému jedincovi a rozlišovacie znaky samčích a samičích mandibúl vyplývajú zo štúdia mandibúl adultných jedincov.

Tab. 3
Systematické postavenie mäkkýšov z lokality Salka
Systematic position of malacofauna at Salka locality

| | | |
|---|---|---|
| Classis | | *Gastropoda* |
| Superordo | | **Basommatophora** |
| | **Lymnaeidae** | *Galba truncatula (O. F. Muller)* |
| | **Planorbidae** | *Gyraulus acronicus (Ferussac)* |
| Superordo | | **Eupulmonata** |
| | **Cochlicopidae** | *Cochlicopa lubrica (O. F. Muller)* |
| | **Pupiliidae** | *Pupilla muscorum densegyrata Ložek* |
| | | *Pupilla bigranata (Rossmässler)* |
| | | *Pupilla triplicata (Studer)* |
| | **Valloniidae** | *Vallonia pulchella (O. F. Muller)* |
| | **Vertiginidae** | *Columella columella (Martens)* |
| | | *Vertigo genesii (Gredler)* |
| | **Clausiliidae** | *Clausilia dubia Draparnaud* |
| | **Succineidae** | *Oxyloma elegans (Risso)* |
| | | *Succinella oblonga Draparnaud* |
| | **Zonitidae** | *Vitrea crystallina (O. F. Muller)* |
| | **Limacidae** | |
| | **Agriolimac.** | |
| | **Arionidae** | *Arion sp.* |
| | **Hygromiidae** | *Pseudotrichia rubiginosa (A. Schmidt)* |
| | | *Trichia hispida (Linné)* |
| | **Helicidae** | *Arianta arbustorum (Linné)* |

### Určenie veku podľa postkraniálneho skeletu

Pri zisťovaní veku jedincov pomocou dlhých kostí končatín sa používajú hlavne údaje o celkovej dĺžke diafýzy a fúzie proximálnej a distálnej epifýzy (Haynes, 1991). Keďže študované kosti sú veľmi poškodené a fragmentárne, nedá sa presne určiť, ktorému jedincovi patrili.

## Stručný opis malakofauny

Zo vzoriek sivohnedej pevnej a pórovitej spraše sa vyplavilo a určilo 18 taxónov fosílnych mäkkýšov v celkovom počte 105 kusov (tab. 4) a zaradili sa do troch čeľadí.

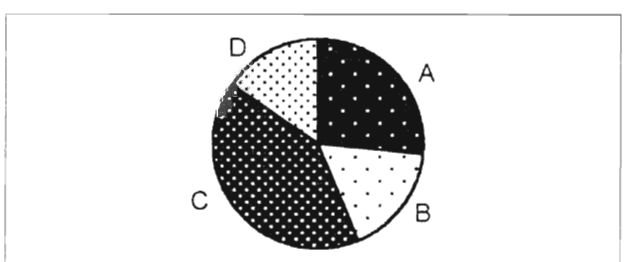
Z hľadiska zoogeografického rozšírenia ide prevažne o taxóny eurosibírskych, stredoeurópskych a eurychorných areotypov doplnené taxónmi alpských, meridionálnych a karpatských areotypov (graf 2). Je to väčšinou spoločenstvo mezofilných druhov s rozdielnymi nárokmi na vlhko, vodných, lesných druhov, ako aj druhov otvorenej krajiny a stepi (graf 1).

## Rekonštrukcia ekológie na základe malakofauny

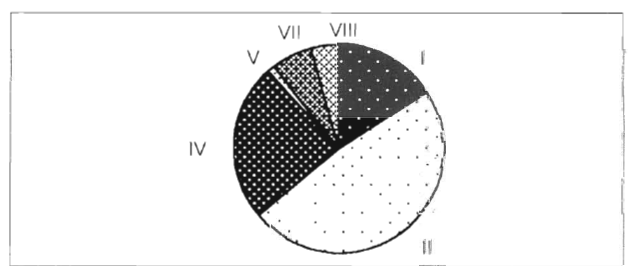
Spoločenstvo mäkkýšov tvorili prevažne indexové až príležitostne sa vyskytujúce sprašové prvky. Priemerná júlová paleoteplota dosahovala 15,8 °C. Štúdiom malakofauny sa zistilo, že študovaný osteologický materiál približne spadá do teplejšieho výkyvu posledného glaciálu würmu. Spoločenstvo malakofauny indikuje ekosystém lužných hájov a mokradí.

Tab. 4
Ulitníky zo Salky
Gastropods of Salka

| Hlavná ekol. skupina | Ekologická charakt. a biostrat. údaje | Areotyp | Druh | Počet jedincov | Paleoteplota °C |
|---|---|---|---|---|---|
| A | L(M) (+) | Ivd | 1 – *Arianta arbustorum (L.)* | 23n | 15 ± 1 |
| | L(V) (+) | Iie | 2 – *Vitrea crystallina (Mull.)* | 5 | |
| | S+ | VIIIa | 3 – *Pupilla triplicata (Stud.)* | 2 | 20 ± 2 |
| | S(+) | VIIIc | 4 – *Pupilla bigranata (Ross.)* | 2 | |
| B | O++ | VIf | 5 – *Columella columella (Mart.)* | 3 | 15 ± 1 |
| | O++ | X | 6 – *Pupilla muscorum densegyrata Lžk.* | 10 | |
| | OG | Ib | 7 – *Vallonia pulchella (Mull.)* | 1 | |
| | M (+) | Ib | 8 – *Cochlicopa lubrica (Mull.)* | 1n | |
| | M (+) | Ib | 9 – *Limacidae/Agriolimacidae* | 3 | |
| C | M | | 10 – *Arion* sp. | 1 | |
| | M+ | IIe | 11 – *Trichia hispida (L.)* | 7n | 15 ± 1 |
| | RL (+) | Vc | 12 – *Clausilla dubia Drap.* | 1n | 16 ± 1 |
| | VS+ | IIe | 13 – *Succinella oblinga Drap.* | 30 | 16 ± 1 |
| | B | Ic | 14 – *Oxyloma elegans (Riss.)* | 3 | |
| | B | VIf | 15 – *Vertigo genesii (Gred.)* | 3 | |
| D | B | IIa | 16 – *Pseudotrichia rubiginosa (A. Sch.)* | 3 | |
| | PD – SV | Ib | 17 – *Gyraulus acronicus* | 1n | |
| | PDt-SV (+) | Ib | 18 – *Galba truncatula (Mull.)* | 6 | |
| | | | Spolu | 105 | 15.86 |




**Graf 1.** Biotopová analýza na lokalite Salka.
Biotopical analysis at Salka locality.




**Graf 2.** Zoogeografické rozšírenie na lokalite Salka.
Zoogeographical distribution of malacofauna at Salka locality

Vysvetlivky k tab. 4 a grafu 1 a 2:/Explanatory notes to Tab. 4 and graphs 1, 2.

*Hlavná ekologická skupina.* A – les, B – otvorená krajina bez lesa, C – les aj krajina bez lesa, D – mokrade, vodné prostredie.

*Main ecological group.* A – woodland, B – open area without forest, C – both forest and open area, D – wetlands, water environment.

*Ekologická charakteristika.* L (M) – les, miestami aj stredne vlhké stanovištia bez lesa, L(V) – les, miestami aj vlhké stanovištia bez lesa, S – step, xerotermné skaly, O – otvorená krajina, M – stredne alebo nerovnako vlhké stanovištia (mezofilné druhy), RL – stredne vlhké skaly, kmene stromov v lese, VS – vlhšie lesné aj bezlesné stanovištia, B – brehy a mokrade, PD – zarastajúce mokrade a močiare, PDt – zarastajúce mokrade a močiare periodického charakteru, SV – stojaté vody, rybníky, priekopy

*Ecological characteristic:* L (M) – forest, somewhere also medium wet habitat without forest, L(V) – forest, somewhere also wet habitat without forest, S – steppe, xerothermic rocks, O – open habitat, M – medium or unequally humid habitat (mesofilic species), RL – medium humid rocks, wood trunks in forest, VS – more humid forest and places without forest, B – river banks and wetlands, PD – perfoliated wetlands and swamps, PDt – perfoliated wetlands and periodical swamps, SV – backwater, pools and ditches.

*Biostratigrafické údaje:* ++ – indexový sprašový druh, + – sprašový druh, (+) – miestne alebo príležitostne sprašový druh, G – druh prežívajúci glaciál mimo sprašovej zóny

*Biostratigraphical data:* ++ – index loess species, + – loess species, (+) – local or occasional loess species, G – glacial species surviving out of the loess zone.

*Areotypy:* I – skupina eurychorných areotypov Ib – holarktický, Ic – palearktický, II – skupina eurosibírskych areotypov, IIa – eurosibírsky, IIe – európsky, IV – skupina stredoeurópskych areotypov, IVd – stredoseveroeurópsky, V – skupina karpatských areotypov Vc – alpsko-západokarpatský, VI – skupina alpských areotypov VIf – boreoalpínsky, VIII – skupina meridionálnych areotypov VIIIa – stredoeurópsko-meridionálny, VIIIc – atlanticko-meridionálny, X – skupina areotypov vymretých taxónov

*Areotypes:* I – group of eurychorical areotypes: Ib – Holarctical, Ic – Palearctical, II – group of Eurosiberian areotypes IIa – Eurosiberian, IIe – European, IV – group of Mideuropean areotypes, IVd – Midnortheuropean, V – group of Karpatian areotypes: Vc – Alpine-Westkarpatian, VI – group of Alpine areotypes: VIf – Boreoalpine, VIII – group of Meridional areotypes, VIIIa – Mideuropean–Meridional, VII – Atlantic–Meridional, X – group of areotypes of extinct taxons.

## Záver

V štúdii je opísaný fosílny materiál, zuby a kosti mamutov nájdené v spraši v obci Salka. Materiál sa skladá z ôsmich molárov, dvoch fragmentov mandibúl a z ďalších fragmentov kostí končatín.

Podľa morfológie a parametrov skúmaných molárov sme zistili, že osteologický materiál patril aspoň dvom mamutom *Mammuthus primigenius*. Vek obidvoch bol nízky, v prvom prípade neprekročil 10–11 a v druhom 15–16 rokov.

Pretože obidve mandibuly boli neúplné a chýbal nám aj vhodný porovnávací materiál, z dostupných morfologických znakov sa nedali urobiť detailnejšie závery. Podľa tvaru symfyzálneho žliabku predpokladáme, že sánka (1) patrila samici mamuta.

Postkraniálny skelet, skladajúci sa z niekoľkých fragmentov lakťovej, stehnovej, holennej a panvovej kosti, bol veľmi zle zachovaný, a preto porovnávanie úlomkov so zachovaným fosílnym materiálom z iných lokalít, ako aj meranie parametrov kostí bolo veľmi komplikované a vo väčšine prípadov nemožné.

Štúdiom malakofauny sa zistilo, že študovaný osteologický materiál spadá do teplejšieho výkyvu posledného glaciálu. Spoločenstvo fauny indikuje ekosystém lužných hájov a mokradí.

*Poďakovanie.* Vyjadrujeme úprimnú vďaku a uznanie pánu J. Hallóovi za to, že nález ohlásil archeológom, ktorí ho potom poslali nám. Archeologickému ústavu SAV v Nitre ďakujeme za požičanie materiálu na odborné spracovanie a zhotovenie situačného náčrtku.

## Literatúra

Averianov, A. O., 1996: Sexual dimorphism in the mammoth skull, teeth and long bones. *In: J. Shoshani & P. Tassy (eds.): The Proboscidea. Evolution and Paleoecology of elephants and their relatives. Oxford University Press, 260–267.*

Bárta, J., 1985: Salka. *Nál. spr. AÚ SAV, 11390/85.*

Dubrovo, I. A., Drevnije slony. Trudy paaleontologiceskogo instituta, 85. *Moskva, Izd. Akad. Nauk CCCP.*

Ďurišová, A., 1984: Nálezy slonovitých chobotnáčov v mladopleistocénnej terase rieky Moravy pri Malých Levároch, okres Senica. *Acta rerum naturalium Musei slovenici, Bratislava, 30, 7–25.*

Garutt, W. E., 1954: Južnyj slon *Archidiskodon meridionalis* (NESTI) iz pliocena severnogo pobrežija Azovskogo morja. *Trudy Kom. Izuč. četvert. Per. (Leningrad), 10, 2, 76.*

Garutt, W. E., 1964: Das Mammut. Neue Brehm-Bucherei 331. A. Ziemsen Verlag, Wttenberg Lutherstadt.

Guenther, E. W., 1969: Die Elefantenmolaren aus den Kiesen von Süssenborn bei Weimar. *Paläont. Abh., A, Berlin, 3, 3, 4, 711–734.*

Harčár, J., & Schmidt, Z., 1965: Kvartér v okolí Strekova na Hronskej pahorkatine. *Geol. Práce, Spr., 34.*

Harčár, J., 1967: Geologický výskum kvartéru Hronskej pahorkatiny a údolia Žitavy. *Manuskript – archív GÚDŠ Bratislava.*

Haynes, G., 1991: Mammoths, mastodonts & elephants. Biology, behavior and fossil record. *New York, Cambridge University Press.*

Lister, A., 1996: Evolution and taxonomy of Eurasian mammoths. *In J. Shoshani & P. Tassy (eds.). The Proboscidea. Evolution and Paleoecology of elephants and their relatives. Oxford University Press, 203–213.*

Ložek, V., 1964: Quartärmollusken der Tchechoslowakei. *Rozpr. Ústř. Úst. geol., Praha, 31.*

Maglio, V. J., 1972: Evolution of mastication in the Elephantidae. *Evolution, 26, 4, 638–658.*

Maglio, V. J., 1973: Origin and evolution of the Elephantidae. *Trans. Amer. Philosoph. Soc. Philadelphia, n. s., 63.*

McKenna, M. C., & Bell, S. K., eds., 1997: Classification of mammals. Above the species level. *New York, Columbia University Press.*

Musil, R., 1955: Nález elephantida v cihelně na Úvoze v Brně. *Čas. Morav. Mus., 40, 28–59.*

Musil, R., 1968: Die Mammutmolaren von Předmostí. *Paläontologische abhandlungen. Abteilung 4 (Paläozoologie), Band III, Heft 1. Akademie Verlag, Berlin.*

Najbrt, R., et al., 1980: Veterinární anatomie 1. *Praha, Státní zemědelské nakladatelství.*

Osborn, H. F., 1942: Proboscidea: A monograph of the discovery, evolution, migration and extinction of the mastodonts and elephants of the world. Vol. 2: Stegodontoidea, Elephantoidea. *New York, Amer. Mus. Press.*

Toepfer, V., 1957: Die Mammutfunde von Pfänerfall im Geiseltal. *Veröff. Landesmus. Vorgeschichte in Halle, 16.*

Roth, V. L., & Shoshani, J., 1988: Dental identification and age determination in Elephas maximus. *J. zoology, 214, 567–588.*

Vaškovský, I., 1977: Kvartér Slovenska. *Monogr. Bratislava, GÚDŠ.*

Vaškovský, I., 1982: Vysvetlivky ku geologickej mape juhovýchodnej časti Podunajskej nížiny 1 : 50 000. *Bratislava, GÚDŠ.*

Vaškovský, I., & Halouzka, R., 1976: Geologická mapa Podunajskej nížiny – Juhovýchodná časť. *Bratislava, GÚDŠ.*

Mineralia Slovaca, 37 (2005), 551–554

# *Deinotherium giganteum* Kaup (Proboscidea, Mammalia) z panónskych sedimentov hliniska tehelne v Pezinku

PETER HOLEC

Katedra geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

*(Doručené 8. 11. 2004, revidovaná verzia doručená 20. 1. 2005)*

***Deinotherium giganteum* Kaup (Proboscidea, Mammalia) of Pezinok brickyard pit (Pannonian)**

The third left upper molar of *Deinotherium giganteum* have been found in the clay pit of the brick kiln in Pezinok town (Figs. 2 and 3). The clay pit of the brick kiln is located about 1 km southeast of the railway station in Pezinok (Fig. 1). The finds of deinoter remnants are known from several localities in the Slovak region. They belong to the species *Deinotherium laevius* (locality Sandberg), *Deinotherium bavaricum* (locality Borský Mikuláš) and *Deinotherium gigantissimum* (locality Madunice). The fossil record of species *Deinotherium giganteum* indicates warm and humid conditions in Upper Miocene-Pannonian Age.

**Key words:** *Deinotherium giganteum*, (*Proboscidea*, *Vertebrata*), Upper Miocene (Pannonian), Pezinok, Slovakia

## Úvod

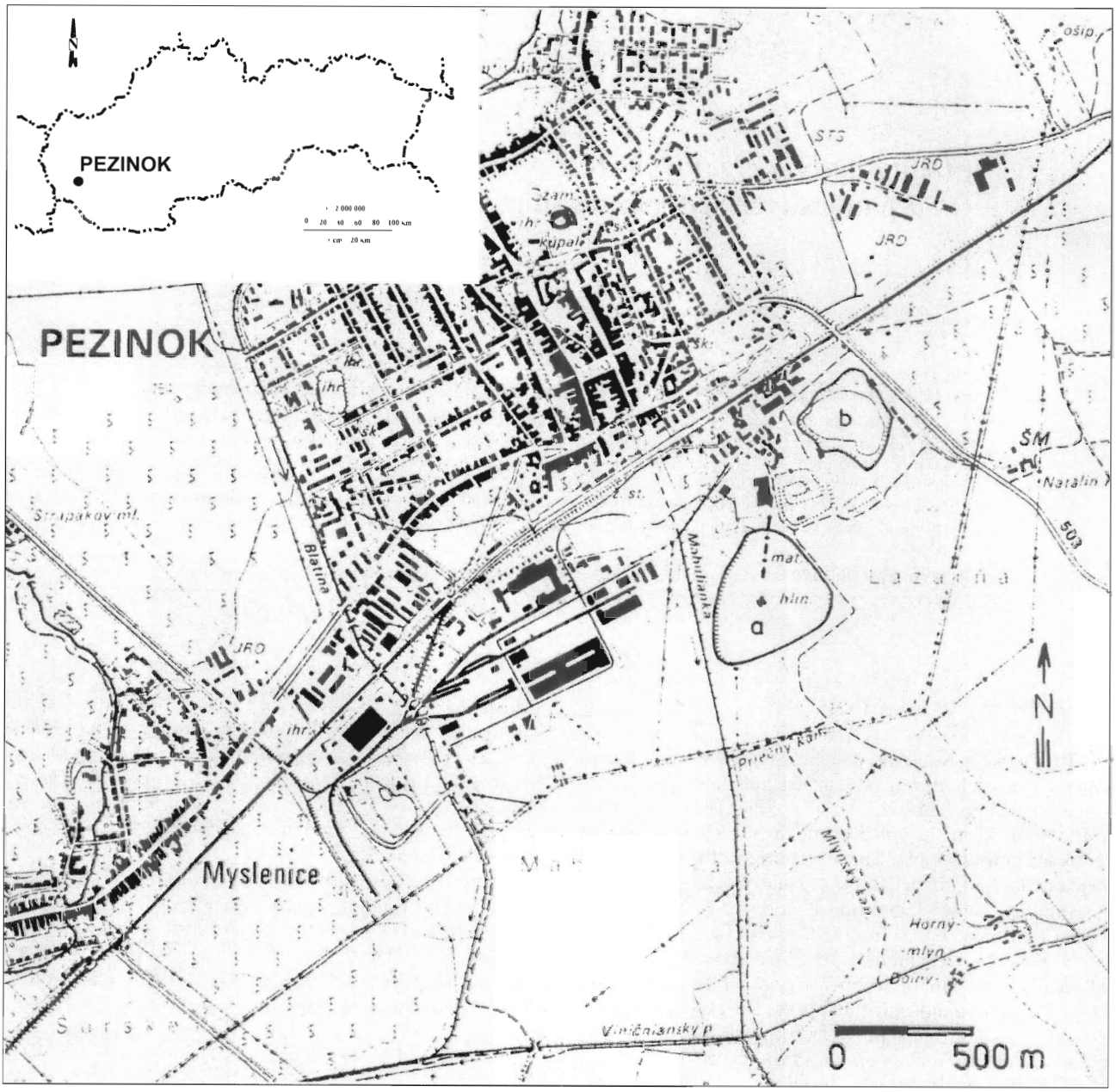
Pán Vavák z Malokarpatského múzea v Pezinku mi oznámil, že v ich múzeu sa nachádza zub deinotéria. Tento vzácny nález pochádza zo starej ťažobnej jamy pri tehelni v Pezinku, ktorá je ani nie 500 m na SV od dnešnej ťažobnej jamy (obr. 1). Ťažba v starom hlinisku tehelne sa skončila v 50. rokoch 20. stor. Nálezy deinotérií na Slovensku sú vzácne. Jeden opísal Schmidt (1969) z Borského Mikuláša. Išlo o fragment pravej sánky so zubom $M_1$ a $M_2$ dext. (spodné) a o dva ľavé spodné zuby, a to $M_1$ a $M_2$ sin. Patrili druhu *Deinotherium bavaricum* H. v. Mayer a sú uložené v SNM. Pia a Sickenberg (1934) vo svojom katalógu nálezov fosílnych stavovcov ako nálezisko *Deinotherium sp.* uvádzajú aj Devínsku Novú Ves (Neudorf an der March). Thenius (1952) podáva súpis nálezov cicavcov na lokalite Sandberg a uvádza aj *Deinotherium laevius* Jourd. Zapfe (1949) zo Štokeravskej vápenky okrem iných uvádza aj *Deinotherium bavaricum* H. v. Mayer. Tieto nálezy patria medzi najstaršie stratifikované nálezy deinotérií. Zuby sa našli v stratigrafickej pozícii „B" horizontu „helvétu" a podľa nového výskumu sa zaraďujú do spodného bádenu. Ďalšie zvyšky zo Slovenska opísal Musil (1959) od Maduníc a patrili druhu *Deinotherium gigantissimum* Stefanescu. Našli sa pri stavebných prácach na hydrocentrále. Lebka bola v hĺbke 19 m pod úrovňou terénu a pravá čeľusť (maxila) s premolármi a molármi ležala na povrchu štrkopiesku, nad ktorým bol piesok s hrdzavými polohami a s rovnobežným hrdzavým horizontom a v nadloží sivozelený íl s hrdzavými preplástkami. Z hľadiska zachovanosti sa tento nález zaraďuje na druhé miesto za nálezmi v Rumunsku. Musil (1959) podáva aj náčrt vývoja deinotérií na základe morfológie ich zubov a uvádza, že v Európe bol najstarší druh *D. bavaricum*, z ktorého sa už na rozhraní spodného a stredného miocénu odštiepoval *D. levius*. Na hranici stredného a vrchného miocénu sa z *D. bavaricum* vyvíjal *D. giganteum* a vo vrchnom miocéne z *D. levius D. gigantissimus*.

Históriu zaraďovania deinotéria do systému a rekonštrukcie jeho vzhľadu spracoval Augusta (1938). Správna podoba tohto zvláštneho chobotnatca sa rekonštruovala až podľa nálezu takmer celej kostry pri Opatove v Čechách. Nešlo o jediný nález v Čechách. Ďalší bol z údolia Hornej Vsi pri Františkových Lázňach.

## Geologické pomery

Pezinok leží na západnom okraji Podunajskej nížiny pri jej styku s Malými Karpatmi. Tehelňa spolu so starou (v súčasnosti zasypanou) aj s novou ťažobnou jamou je na V za železničnou traťou z Pezinka do Trnavy.

Neogén Podunajskej nížiny sa vyvinul v závislosti od miestnych tektonických pomerov. Pezinská oblasť patrí medzi západné okrajové kryhy pozdĺž Malých Karpát (Fordinál, 1986). Transgreduje tu až vrábeľské súvrstvie sarmatského veku (Vass, 2002) zastúpené sedimentmi brakického vnútrozemského mora. Litologicky ho možno rozdeliť na okrajový a panvový vývoj. Okrajový reprezentujú hlavne polohy svetlosivého kremitého piesku, často spevnené vápnitým tmelom na vápnitý pieskovec. V panvovej časti prevládajú hlavne piesčité pelity. Hrúbka sedimentov sarmatského veku je premenlivá, a to od 100 až do 400 m. V nadloží je ivanovské súvrstvie panónskeho




**Obr. 1.** Mapka Slovenska s vyznačením lokality Pezinok a - miesto nálezu v starej ťažobnej jame (b) (podľa Fordinála, 1997)

**Fig. 1.** Schematic map of Slovakia and location of the clay pit for the brick kiln in Pezinok a - new clay pit b - old clay pit recently covered (after Fordinal 1997)

veku s veľmi premenlivým vrstvovým sledom. Bazálne vrstvy tvorí sivý vápnitý íl, miestami s pieskom a štrkom, a ich hrúbka neprekračuje 50 m. V ich nadloží vystupuje 130 až 170 m hrubé piesčité a pieskovcové súvrstvie s vložkami štrku a podradne ajílu a v jeho nadloží sú polohy modrosivého prachovitopiesčitého ílu a vápnitého ílu. Hrúbka tohto súvrstvia je 50 až 180 m. Najvyššie vrstvy panónskeho veku patria uhoľnej a modrej sérii a je v nich pestrý vápnitý íl s malým množstvom piesku pomerne bohatým na uhoľný íl a slojky lignitu. Celková hrúbka panónu je od 400 do 1000 m (Buday et al., 1962).

V nadloží panónu sú pontské sedimenty s dosť monotónnym litologickým vývojom. Hlavnou horninou je pestrý a menej často vápnitý íl s piesčitými polohami.

Lastúrniky a ulitníky z tejto lokality určoval Fordinál (1997). Podarilo sa mu zistiť 29 druhov resp. poddruhov ulitníkov a 18 druhov lastúrnikov. Podľa identifikovaných druhov sú sedimenty panónskeho veku.

Presnú polohu nálezu zuba deinotéria na lokalite nepoznáme, a tak iba predpokladáme, že mohol byť vo vrchnej časti panónskych sedimentov, ktoré sa ťažili a vystupovali aj v starej ťažobnej jame, dnes už zakrytej navážkou.

## Systematická časť

Rad: **Proboscidea** Illiger, 1811
Čeľaď: **Deinotheriidae** Bonaparte, 1845
Rod: ***Deinotherium*** Kaup, 1829

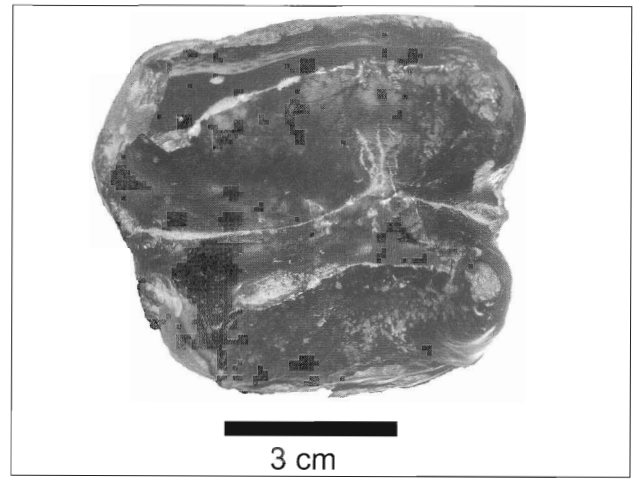
### *Deinotherium giganteum* Kaup, 1829
(obr. 2–3)

1976 *Dinotherium giganteum* – F. Bachmayer et H. Zapfe – Ein bedeutender Fund von Dinotherium etc., p. 150, Tab. 4
1989 *Deinotherium giganteum* Kaup – V. Codrea – New Complements on Deinotherium etc. p. 775, Tab. 1, Figs. 1–3

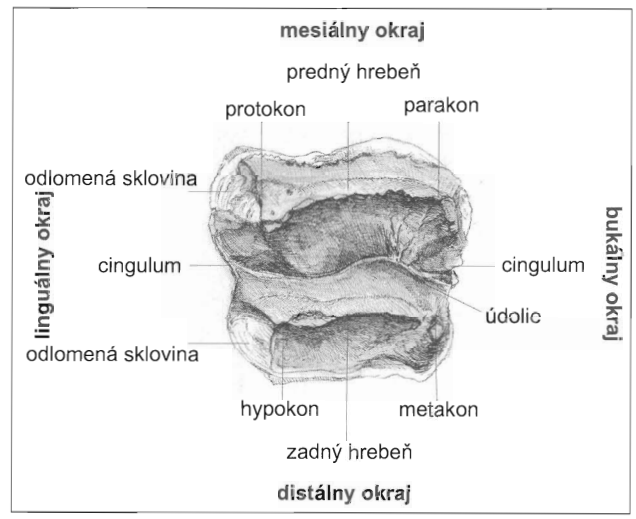
$M^3$ (tretia ľavá horná stolička) je uložená v Malokarpatskom múzeu v Pezinku (obr. 2, 3). Dentín zuba je hnedý a sklovina čierna. Koreňová časť je takmer po zubný krček odlomená. Zubná korunka má poškodenú sklovinu na lingválnom aj bukálnom okraji obidvoch priečnych koreňov, čiastočne aj na distálnej stene zadného hrebeňa a nesie dva priečne hrebene, z ktorých predný *(protoloph)* je širší a vyšší ako zadný *(metaloph)*. Hlavné predné hroty (protokón aj parakón) sú spojené plynule prebiehajúcim mierne dopredu (mesiálne) vyklenutým hrebeňom a podobne aj zadné hroty (hypokón a metakón) kratším a nižším, tiež mierne dopredu vyklenutým zadným hrebeňom. Hrebene oddeľuje priečne údolie a priečne hrebene sú mierne vyklenuté dopredu (mesiálne). Aj dno priečneho údolia sa v laterálnej časti smerom k bukálnej polovici stáča dopredu (mesiálne). Z parakónu aj metakónu mediálne a šikmo do údolia zbiehajú krátke zadné hrebienky a z metakónu aj predný hrebienok. Na lingválnej strane z protokónu je zadný hrebienok iba naznačený a pri hypokóne, ktorý je poškodený (odlomený), nevidno predný ani zadný hrebienok. Na lingválnej strane priečneho údolia je nízke cingulum a nepatrný zvyšok sa zachoval aj na bukálnej strane. Na bukálnej strane parakónu aj metakónu je sklovina odlomená tak, že dobre vidno jej hrúbku. Na prednej hrane predného aj zadného hrebeňa je viditeľná dlhá páskovitá oklúzna plocha a rovnakou plochou je postihnutý aj zadný šikmý hrebienok zbiehajúci z parakónu. Z toho možno usudzovať, že ide o zub pomerne mladého zvieraťa, lebo sklovina je málo zožuvaná.

Rozmery (mm): dĺžka = 70,0, šírka na prvom hrebeni = 79,5 * (* = zub sa nedal presne zmerať, lebo v tejto časti chýba sklovina), šírka na druhom hrebeni = 66,0, hrúbka skloviny meraná na rôznych miestach zuba = 4,7, 6,0, 6,4, 7,3 a 7,5.

Na základe porovnania nálezov zubov deinotérií v depozite aj v expozícii Slovenského národného múzea s chrupom *Deinotherium giganteum*, ktorý zobrazil Burkhart et al. (1996), sme určili, že zub patrí druhu *Deinotherium giganteum* Kaup. Náš nález z Pezinka sa s ním zhoduje morfologicky, ale nie celkom rozmermi, lebo je trocha menší. Morfologicky sa najviac približuje zobrazenému zubu *Deinotherium giganteum* z lokality Veles v Macedónsku uloženému v múzeu v Skopje, ktorý uvádza Garevski (1976), ale on zobrazuje druhý horný molár.




**Obr. 2.** *Deinotherium giganteum* – tretia ľavá horná stolička ($M^3$ sin.), pohľad na žuvaciu plochu.
**Fig. 2.** *Deinotherium giganteum* – the third right upper molar, occlusal view.




**Obr. 3.** Morfológia zubnej korunky ($M^3$ sin.).
**Fig. 3.** Morphology of tooth crown ($M^3$ sin.).

## Poznámky

Deinotériá boli rozšírené v miocéne a pliocéne paratetydnej a mediterránnej oblasti a rozšírili sa aj do tropickej Ázie. Objav zuba deinotéria je vzácny. Tieto veľké chobotnatce nikdy neprenikli do Severnej Ameriky cez Beringov prieliv, ako sa to podarilo mastodontom a neskôr aj mamutom. Boli teplomilné a živili sa bohatou vegetáciou najmä vodných tokov a jazier. Podľa Augustu (op. cit.) ich najstarší nález pochádza z Indie, odkiaľ bol zo spodnomiocénnych vrstiev opísaný druh *Deinotherium indicum* Lyddeker var. *gajense* Pilgrim. Z Afriky je najmenší známy druh *D. hobleyi*. V spodnom a strednom miocéne žili v Európe pomerne malé druhy *D. bavaricum* a trocha väčší *D. levius* a vo vrchnomiocénnych vrstvách (v pliocéne)

obrovský druh *D. giganteum*. Codrea (1989) uvádza deväť lokalít s výskytom *Deinotherium giganteum* z vrchného miocénu Rumunska. Na lokalite Supuru de Sus sa zvyšky tohto druhu našli v sedimentoch panónskeho až pontského veku, podobne ako je to v prípade nášho nálezu z Pezinka. Posledným, výnimočne veľkým druhom bol *Deinotherium gigantissimum* Stef., ktorého zvyšky sa našli v ešte mladších sedimentoch ako pri predchádzajúcom druhu.

## Záver

Z hľadiska štúdia paleoklimatických podmienok, ako aj stratigrafie sú zvyšky suchozemských cicavcov, ktoré nie sú vo vrchnomiocénnych sedimentoch Západných Karpát príliš časté, veľmi cenné. Spomedzi nich sú mimoriadne zaujímavé nálezy veľkých cicavcov – chobotnatcov. Vzácne sú nálezy mastodontov, no ešte vzácnejšie deinotérií, ktoré mali vyvinuté kly iba v sánke a boli ohnuté nadol. Práve takýto je nález zo sedimentov vrchnomiocénneho, panónskeho veku staršej ťažobnej jamy na ťažbu ílu pre pezinskú tehelňu. Našla sa tam tretia ľavá horná stolička chobotnatca *Deinotherium giganteum*. Ide iba o štvrtý nález tohto rodu z územia Slovenska a indikuje v tejto oblasti pomerne teplé a vlhké klimatické podmienky s bohatou vegetáciou. Rod *Deinotherium* sa objavil v spodnom miocéne a na niektorých miestach prežil až do začiatku spodného pleistocénu (Burkhart et al., 1996).

*Poďakovanie.* Ďakujem kurátorke paleontologických zbierok Slovenského národného múzea v Bratislave Dr. Anne Ďurišovej za umožnenie porovnať náš nález s nálezmi deinotérií v múzeu, p. Némethovej za nakreslenie lokality a pánovi M. Hyžnému za nakreslenie obrázka zuba (obr. 3).

## Literatúra

Augusta, J., 1938: Stará zpráva o nálezu Dinotheria u Opatova v Čechách a několik poznámek k českým nálezům vůbec. *Čas. Nár. Muz. (Praha), Ř. přírodověd., 112, 32–48.*

Buday, T., Cambel, B., & Maheľ, M., 1962: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000. Wien – Bratislava. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 249.*

Burkhart, E., Fejfar, O., & Major, P., 1996: Das Mammut und seine ausgestorbenen Verwandet. *Naturhistorisches Museum Basel, 20, 187.*

Codrea, V., 1989: New complements on *Deinotherium giganteum* Kaup from the Brusturi Pontian (Bihor District). Complexul Muzeal Judetean Bihor, Extras din Crisia XIX, Oradea, 773–783.

Fordinál, K., 1997: Mollusc (Gastropoda, Bivalvia) from the Pannonian deposits of the western part of Danube Basin (Pezinok-clay pit). *Slov. geol. mag., 3, 4, 263–283.*

Garevski, R., 1976: Ein weittere beitrag zur Kenntnis der Pikermifauna Mazediniens. *Fragmenta Balcanica, Musei Macedonici Scientiarum Naturalium, Skopje, Tom. 10, 3, 21–25.*

Musil, R., 1959: První nález druhu *Deinotherium gigantissimum* Stefanescu, 1892 na našem území. *Čas. Morav. Mus. (Brno), Vědy přír., 44, 81–88.*

Pia, J., & Sickenberg, O., 1934: Katalog der in den Österreichischen Sammlungen befindlichen Sägetierreste den Jungtertiärs Österreichs und der Randgebiete. Denkschriften des Naturhistorisches Museums in Wien, Band 4, Geologisch-Palaeontologische Reihe (Leipzig).

Schmidt, Z., 1969: Deinotherioidea karpatských nížin na Slovensku. *Manuskript – archív Geofond Bratislava.*

Thenius, E., 1952: Die Säugetierfauna aus dem Torton von Neudorf an der March (ČSR). *Neu. Jb. Geol. Paläont., Abh., Mh., 96, 1, 27–136.*

Vass, D., 2002: Litostratigrafia Západných Karpát: neogén a budínsky paleogén. *Bratislava, ŠGÚDŠ, 202.*

Zapfe, H., 1949: Eine mittelmiozäne Säugetierfauna aus einer Spaltenfüllung bei Neudorf an der March (ČSR). *Anz. Österr. Akad. Wiss., 86, 7, 173–181.*

*Mineralia Slovaca, 37 (2005), 555–558*

# *Sphenodus*? sp. (Chondrichthyes, Vertebrata) z mezozoika niektorých lokalít na Slovensku

PETER HOLEC[1], MILAN SÝKORA[1] a MIROSLAV FULÍN[2]

[1]Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava
[2]Východoslovenské múzeum, Hviezdoslavova 3, 041 36 Košice

*(Doručené 29. 11. 2004, revidovaná verzia doručená 26. 4. 2005)*

***Sphenodus*? sp. (Chondrichthyes, Vertebrata) from Mesozoic of some localities in Slovakia**

We have found some teeth from shark of genus *Sphenodus*? sp. from the Mesozoic localities: Horné Srnie, Jarabina, Rajecká Lesná and Beňatina. This genus firstly appeared in Lower Jurrasic and disappeard in Lower Paleocene. Nearly all of teeth are fragmentary and their roots and basal part of crown were broken.

**Key words:** *Sphenodus*? (Chondrichthyes, Vertebrata), Mesozoic, Slovakia

## Úvod

Na lokalite Horné Srnie, Jarabina, Rajecká Lesná a Beňatina (obr. 1) sa našli veľmi štíhle dlhé a úzke zubné korunky žraločích zubov alebo ich fragmenty bez zreteľnej koreňovej časti. Ich neúplné zachovanie veľmi sťažuje až znemožňuje ich presné určenie, lebo nositeľom mnohých diagnostických znakov je práve koreňová časť zuba, no podľa tvaru zachovaných častí zubných koruniek a náznakov koreňovej časti niektorých zubov predpokladáme, že by mohlo ísť o rod *Sphenodus*? sp. Podľa Capettu (1987) sa tento rod vyznačuje veľmi štíhlymi až 4 cm dlhými zubami. Nálezy, ktoré uvádzame, majú ostrý mesiálny aj distálny kýl, sú priame a takmer všetkým chýba krčková aj koreňová časť. Takmer celé sú iba dva zuby z Beňatiny a vidno na nich krčkovú časť a čiastočne aj zvyšok koreňa.

## Lokality

**Horné Srnie.** Lokalita je na hornej etáži veľmi aktívneho kameňolomu cementárne Horné Srnie. Odkryté súvrstvie patrí do czorsztynskej jednotky bradlového pásma. Kontakt albských sedimentov s ich podložím sa pozoroval na jz. okraji najvyššej etáže lomu a jeho pokračovanie sa našlo v spodnej časti lomu. Geologické pomery lokality opisuje Aubrecht et al. (in press). Žraločie zuby pochádzajú zo zóny brekcií na rýchlo spevnenom vápencovom dne medzi vrstvami žltkastosivého krinoidového vápenca dogeru a červenkastého jemnozrnného vápenca s foraminiferami albu. Zuby sa získali pri rozpúšťaní vápenca v kyseline octovej, ktorý obsahoval dierkavce albu.

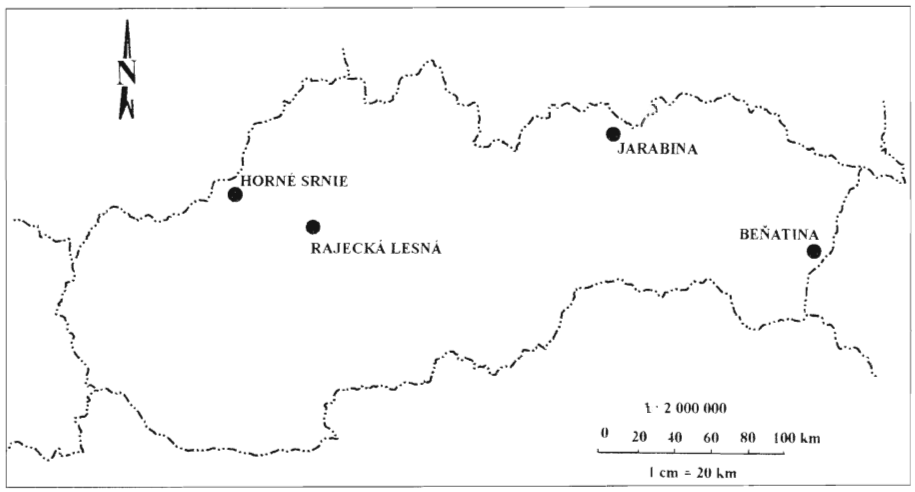
**Jarabina.** Na SZ od Jarabiny pri Starej Ľubovni je lom v krinoidovom vápenci. Potôčik tečúci od SZ vytvára v bradlách známy Jarabinský kaňon. Zuby sa našli v červenkastom vápenci s fosfátmi albského veku, ktoré miestami obsahujú aj malé kvarcitové obliaky. Medzi makroskopické fosílie patria zuby rýb a výliatky amonitov. Podrobnejšie sa geologickými pomermi lokality zaoberá Aubrecht et al. (in press).

**Rajecká Lesná.** Lokalita sa nachádza na V od Rajeckej Lesnej a patrí sekvencii ďurčinského príkrovu – plytkovodnejšiemu vývinu krížňanského príkrovu (Rakús, 1993). Zub je súčasťou drobnozrnného organodetritického až krinoidového červeného vápenca patriaceho do súvrstvia toarkského až batského veku.

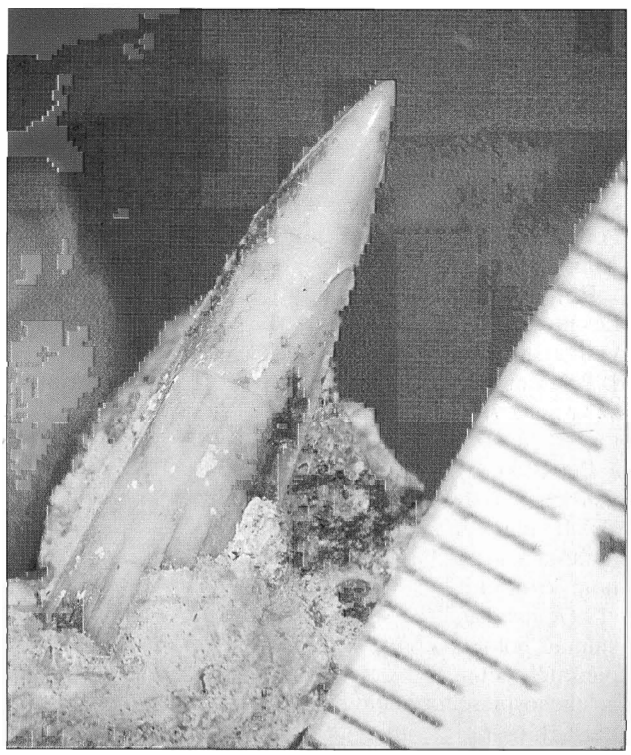
**Beňatina.** Lokalita je na najvýchodnejšom okraji slovenskej časti bradlového pásma a na sv. okraji Vihorlatských vrchov medzi stratovulkánom Diel na Z a Popriečnym na V (obr. 1). Zuby sa našli v ílovitom svetlozelenom krinoidovom vápenci álenského veku. Žec et al. (1997) uvádzajú, že v nadloží allgäuského súvrstvia vystupujú polohy červeného, niekedy laminovaného jemne piesčitého ílu až ílovca. Nad nimi je niekoľko lavíc sivozeleného piesčitokrinoidového vápenca a ílovca. Litológiou, biostratigrafiou a paleontológiou tejto lokality sa zaoberá Schlögl et al. (in press). Na lokalite sa našlo 53 fragmentov zubných koruniek väčšinou bez koreňovej časti.

## Systematická časť

Trieda: **Chondrichthyes** Huxley, 1880
Podtrieda: **Elasmobranchii** Bonaparte, 1838
Kohorta: **Euselachii** Hay, 1902
Podkohorta: **Neoselachii** Compagno, 1977
Nadrad: **Squalomorphii** Compagno, 1973
Rad: **Hexanchiformes** Buen, 1926
Podrad: **Hexanchoidei** Garman 1913
Čeľaď: **Orthacodontidae** Beaumont, 1960
Rod: ***Sphenodus*** Agassiz, 1843
Druh: ***Sphenodus*** sp.




**Obr. 1.** Schematická mapka Slovenska s vyznačením lokalít
**Fig. 1.** Schematic map of Slovakia showing the localities



**Obr. 2.** Horné Srnie. *Sphenodus* sp. pohľad na lingvalnu plochu
**Fig. 2.** Horné Srnie. *Sphenodus* sp., lingual side

**Obr. 3.** Jarabina. *Sphenodus* sp. pohľad na labiálnu plochu
**Fig. 3.** Jarabina. *Sphenodus* sp., labial side

Diagnóza: Je to zub so štíhlou úzkou korunkou s jemným kýlom na mesiálnom aj distálnom okraji. Korunka sa tesne nad krčkom rozširuje. Koreň je nízky, jeho báza plochá a rozšírená.

Opis: Niektoré zvyšky zubov sú dlhé vyše 17 mm (Horné Srnie, Rajecká Lesná; jeden zub z Beňatiny je dlhý až 22 mm). Podľa Capettu (1987) môžu byť zuby dlhé až 40 mm. Geologicky staršie sú kratšie a v priebehu vývoja sa predlžujú. Sú štíhle, po celej dĺžke majú takmer rovnakú šírku a smerom k špičke sa mierne zužujú, až tvoria špičku. Smerom ku koreňovej časti sa zužujú len tesne nad zubným krčkom. Pri niektorých dobre zachovaných zuboch z Beňatiny vidno pri báze korunky na labiálnej ploche krátke pozdĺžne zhrubnutia skloviny. Koreňová časť zubov chýba, len pri dvoch zuboch z Beňatiny sa zachovala malá časť koreňa. Korunky sú priame, a preto nemožno určiť, či sú z ľavej alebo pravej polovice čeľuste alebo sánky.

Diskusia: Zástupcovia rodu *Sphenodus* žili od liasu do spodného paleocénu (dánu, De Beaumont, 1969). Ich zuby sa postupom času zväčšovali. V jure boli pomerne malé smerom k paleogénu ich veľkosť rástla. Boli to veľmi progresívne typy žralokov a pravdepodobne uprednostňovali pelagický spôsob života. Na konci kriedy nastala veľká radiácia radu *Lamniformes*, ktorí silne konkurovali aj rodu *Sphenodus*, ktorý pravdepodobne aj preto v spodnom paleocéne vyhynul (Capetta, 1987). Ich zuby sa našli v Európe, v krajinách bývalého Sovietskeho Zväzu a vo východnej aj západnej Afrike. Zuby sme porovnávali aj s druhom *Carcharias cuspidata*, ale ten má zubné korunky pri báze oveľa širšie a navyše známe len od oligocénu do miocénu.

**Obr. 4.** Rajecká Lesná. Squalomorphii gen. et sp. indet., pohľad na lingválnu plochu.

**Fig. 4.** Rajecká Lesná. Squalomorphii gen. et sp. indet. lingual side.

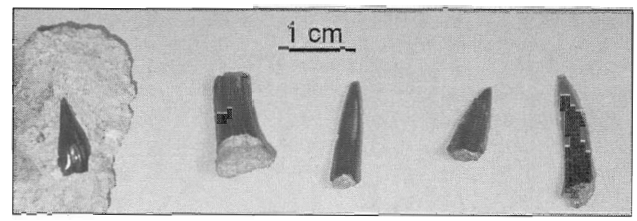
Materiál: Horné Srnie: jeden zub v hornine + 14 izolovaných drobných fragmentov zubov, 1 voľný lepšie zachovaný, ale aj poškodený širší zub *Sphenodus*? sp. Zub aj ostatné fragmenty zubov sú uložené na Katedre geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava.

Zub v hornine je „prilepený" labiálnou plochou v hornine, pričom asi štvrtina jeho vrcholu z horniny vyčnieva (obr. 2). Zub je v pozdĺžnej osi (mediáne) najhrubší, smerom k mesiálnej a distálnej strane sa stenčuje a jeho okraj tvoria ostré kýly. Miestami je kýl vyštrbený, čo vyzerá, akoby bol okraj zuba zúbkovaný, no ide o mechanické poškodenie kýlu. Zub ma žltohrdzavú farbu.

Voľný poškodený zub je trochu širší a kýl tvoriaci ostrú rezaciu hranu je zreteľný. Zub je pozdĺžne odlomený, takže z neho zostala len polovica. Rovnako ako pri ostatných zuboch mu chýba aj koreňová časť. Vrchol zuba je naklonený labiálne.

Jarabina. Ide o jediný zub pevne „vrastený" do horniny. *Sphenodus*? sp. Je uložený na Katedre geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava. Je štíhly, špicatý, hnedožltý, s kýlmi a jeho špic je naklonený labiálne (obr. 3). Zub je takmer zhodný so zubom v hornine z Horného Srnia.

Rajecká Lesná. Je to jediný zub ponorený do horniny. Je ťažko určiteľný, ale veľmi podobný zubom *Sphenodus*? sp. z ostatných lokalít. Je uložený na Katedre geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava. Zub je mimoriadne štíhly a dlhý. V hornine leží labiálnou plochou, kýl na viditeľnej strane je vyvinutý a tiež vidno prehnutie špičky zuba labiálnym smerom (obr. 4).




**Obr. 5.** Beňatina, niekoľko zubov *Sphenodus*? sp. a - lingválna, b - labiálna strana

**Fig. 5.** Beňatina, some teeth of *Sphenodus*? sp. a - lingual, b - labial side

Beňatina. *Sphenodus*? sp. 53 fragmentov zubných koruniek väčšinou bez koreňovej časti, ale niektoré zuby sú takmer celé. Jeden zub je v kúsku horniny a je pozorovateľná len jeho labiálna plocha (obr. 5). Jeden fragment je hnedý, ostatné čierne. Zuby a ich fragmenty sú uložené vo Východoslovenskom múzeu v Košiciach, Hviezdoslavova 3, 041 36 Košice.

## Záver

V príspevku sú opísané zuby žraloka rodu *Sphenodus*? z mezozoika bradlového pásma (s výnimkou lokality Rajecká Lesná). Materiálom je viac izolovaných, väčšinou neúplných zubných koruniek alebo ich fragmentov. Sú v tvrdých horninách, v ktorých sa koreňové časti zuba alebo nezachovali, alebo ich nevidno, a preto sa nedajú presne druhovo určiť. Niektoré sa vyseparovali pomocou zriedenej kyseliny octovej. Ide o prvý nález zubov tohto rodu na Slovensku. Zub z Rajeckej Lesnej sa pre jeho čiastočné prekrytie horninou a celkové slabé zachovanie nedal presne identifikovať, a tak ho do rodu *Sphenodus* zaraďujeme iba podmienečne.

*Poďakovanie.* Ďakujeme pánu Wegmuellerovi zo Švajčiarska za potvrdenie správnosti určenia zubov, pani Némethovej za zhotovenie mapky Slovenska s vyznačením lokalít a za úpravu obrázkov.

## Literatúra

Aubrecht, R., Krobicki, M., Sýkora, M., Mišík, M., Boorová, D., Schlögl, J., Šamajová, E., & Golonka, J., 2004 (v tlači): Early Cretaceous hiatus in the Czorsztyn Succession (Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians): Submarine erosion or emersion? *Ann. Soc. geol. Pol., Krakow, in press.*

Beaumont, G., de, 1960: Contribution á l'étude des genres *Orthacodus* Woodw. Et *Notidanus* Cuv. (Selachii). *Schweiz. paläont. Abh., 77: 1–46.*

Capetta, H., 1987: Chondrichthyes II. Mesozoic and Cenozoic Easmobranchii. *In. H. P. Schultze (ed.). Handbook of Paleoichthyology, 3B, 148 Abb., (G. Fischer) Stuttgart, New York, 193.*

Rakús, M., 1993: Geologická mapa Lúčanskej Malej Fatry 1 : 50 000. *Bratislava, GÚDŠ.*

Schlögl, J., Rakús, M., Krobicki, M., Matyja, B. A., Wierzbowski, A., Aubrecht, R., Sitár, V., & Józsa, Š., 2004: Beňatina klippe: Lithostratigraphy, biostratigraphy, paleontology of the Jurassic and Lower Cretaceous deposits (Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians, Eastern Slovakia). *Slov. geol. Mag., 10, 4, 241–262.*

Žec, B., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J., Jacko, S., Baňacký, V., Karoli, S., Potfaj, M., Rakús, M., Petro, L., Spišák, Z., Bodnár, J., Jetel, J., Boorová, D., & Zlinská, A., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Vihorlatských a Humenských vrchov 1 : 50 000. *Bratislava, GSSR, 254.*

Mineralia Slovaca, 37 (2005), 559–562

# Nález zuba žraloka *Carcharoides catticus* (Philippi, 1846) (Chondrichthyes, Vertebrata) na Slovensku z lokality Hlinisko v Spišskej Novej Vsi (paleogén)

PETER HOLEC[1] a ZUZANA KREMPASKÁ[2]

[1]Katedra geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava
[2]Múzeum Spiša, Letná 50, 052 01 Spišská Nová Ves

(Doručené 29. 9. 2004, revidovaná verzia doručená 20. 1. 2005)

**Find of the shark tooth *Carcharoides catticus* (Philippi, 1846) (Chondrichthyes, Vertebrata) in Slovakia in the locality Hlinisko near the town Spišská Nová Ves (Paleogene)**

A tooth of shark of *Carcharoides catticus* (Philippi, 1846) was found in the Central-Carpathian Paleogene in locality Hlinisko, near the town Spišská Nová Ves. The remnants of the sharks are relatively rare not only in this locality, but also in the whole Central Carpathian Paleogene sediments. The remnants of the echinoids, bivalves, gastropods and crabs are relative frequent. The stratigraphical range of *Carcharoides catticus* is Middle Oligocene to Middle Miocene according to Capetta (1984). By this finding it was possible to specify the upper boundary of the Tomášovce Member at least as the Middle Oligocene.

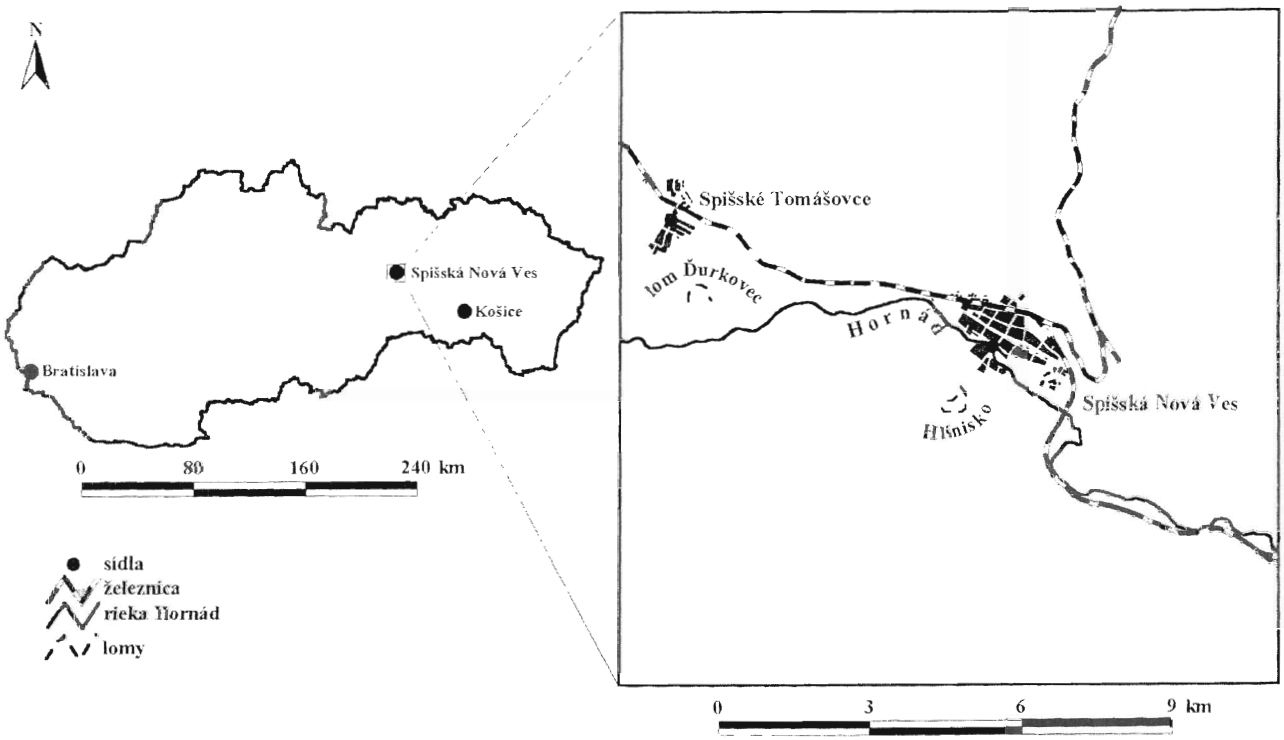
**Key words:** *Carcharoides catticus* (Chondrichthyes, Vertebrata), Oligocene, Spišská Nová Ves

## Úvod

V piesčitom íloveci (siltovci) na lokalite Hlinisko našla Dr. Zuzana Krempaská zub žraloka *Carcharoides catticus*. Je to druhý nález tohto druhu žraloka na území Slovenska.

## Geologické pomery

Lokalita Hlinisko sa nachádza v centrálnokarpatskom paleogéne v Hornádskej kotline asi 1,5 km na JZ od Spišskej Novej Vsi blízko chatovej osady Košiarny briežok (obr. 1). Sz. ohraničenie v teréne je výrazné a tvorí ho jama, ktorá vznikla pri ťažbe tehliarskej hliny (odtiaľ názov Hlinisko; obr. 2). Ložisko tvoria kvartérne sedimenty, prevažne subhorizontálne uložená piesčito-íloviitoprachovitá eluviálna a deluviálna hlina, v hrúbke od 0,0 do 12,0 m. Sedimenty ležia na paleogénnych horninách vystupujúcich na povrch v opisovanej lokalite. Geologická stavba širšieho okolia ložiska je pestrá a zúčastňujú sa na nej útvary mladšieho paleozoika, mezozoika, terciéru a kvartéru. Lokalitou je okolo 50 m dlhý odkryv paleogénnych vrstiev zo sedimentov podtatranskej skupiny (v zmysle členenia paleogénu Grossa, Köhlera a Samuela, 1984). Paleogén je v tejto časti zastúpený borovským súvrstvím (predtým bazálna transgresívna litofácia), v rámci ktorého sa opísali jednotky nižšieho radu – hornádske, chrastnianske a tomášovské vrstvy (Gross et al., 1999; Filo et al., 1994). V odkryve vystupujú tomášovské vrstvy, ktoré sú najvyšším členom borovského súvrstvia a predstavujú štruktúrne a mineralogicky nezrelé sedimenty neritickej zóny geneticky späté s príbrežnými (transgresívnymi a deltovými) fáciami (Gross et al., 1999). Petrograficky ich reprezentujú pieskovcové a siltovcové vrstvy. Tmel je prevažne kalcitický. Veľmi časté sú pyritizované konkrécie a nátek Fe oxidov. Horniny sú silne zvetrané, nepravidelne vrstvovito, lokálne až bridličnato rozpadavé. Tento rozdiel je zreteľný v porovnaní so stratotypovou lokalitou tomášovských vrstiev v lome Ďurkovec, ktorá je asi 6 km na ZSZ od Hliniska. Tomášovské vrstvy možno zaradiť do vrchného priabónu až spodného oligocénu (Samuel in Filo et al., 1994; Samuel in Gross et al., 1995). Vývojom centrálnokarpatského paleogénneho bazéna s komplexným tektonickým a sedimentologickým výskumom sa zaoberal Janočko (2002). Nález zuba žraloka druhu *Carcharoides catticus* sme zaznamenali v spodnejšej časti odkryvu v sutinovitom materiáli, a tak sa presná poloha vrstvy, z ktorej zub pochádza, nedala identifikovať (obr. 2). Pracovníci Múzea Spiša robia intenzívnejší paleontologický výskum Hliniska od roku 1996, ale nález zuba je jedinýmtohto druhu z tejto lokality a druhým na Slovensku. Jedinečným nálezom z okolia lokality (približne 1 km na JZ od Hliniska) bol odtlačok ryby *Serranus budensis* (Gregorová a Krempaská, 2000). Na lokalite sa zaznamenali najpočetnejšie výskyty bezstavovcov – ježoviek, lastúrnikov, ulitníkov a krabov. Hojné sú odtlačky listov, plodov a stoniek paleogénnej flóry.




**Obr. 1.** Situačný náčrtok lokality.
**Fig. 1.** Situation sketch of locality

## Systematická časť

Trieda: **Chondrichthyes** Huxley 1880
Nadrad: **Galeomorphi** Compagno 1973
Rad: **Lamniformes** Berg 1958
Čeľaď: **Lamnidae** Müller et Henle 1838
Rod: ***Carcharoides*** Ameghino 1901
Druh: ***Carcharoides catticus*** (Philippi, 1846) (obr. 3)

1975 *Lamna cattica* M. Bosch, M. C. Cadée, A. V. Jansen: Lithostratigraphical and biostratigraphical etc., s. 162, tab. 21, obr. 10–13
1987 *Carcharoides catticus* H. Capetta: Chondrichthyes II etc., s. 94, obr. 83 E-H
2001 *Triaenodon obesus* R., W., Purdy et al. – The Neogene Shark, Rays etc., s. 156, obr. 57, k–m

Materiál: Jediný zub, uložený v Múzeu Spiša v Spišskej Novej Vsi.

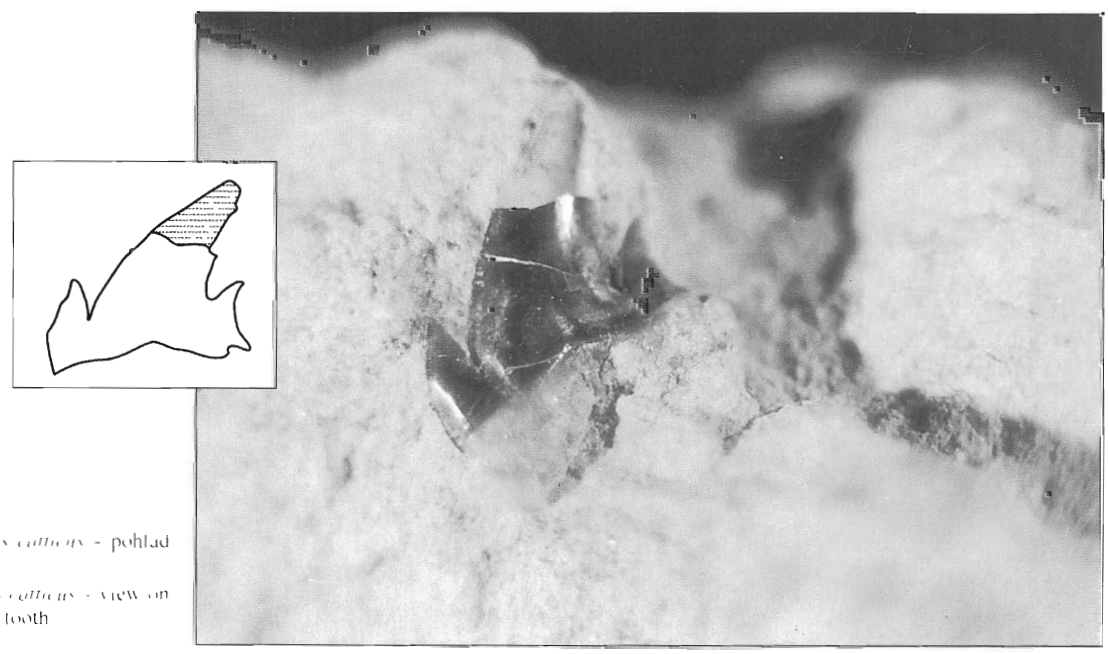
Našiel sa horný pravý bočný zub. V hornine leží tak, že ho vidno len z labiálnej strany. Koreň je nízky a vráskavý, jeho ramená krátke a dosť dobre od seba oddelené. Mesiálne je dlhší ako distálne. Korunkovú časť tvorí hlavný hrot, z ktorého je asi tretina odlomená, ale dá sa približne odmerať, lebo chýbajúca časť je odtlačená v hornine. Rezné hrany hlavného hrotu sú hladké, čo je determinačný znak tohto druhu (Capetta, 1987). Hlavný hrot je pri báze pomerne široký a celkovo plochý. Lingválnou stranou je prilepený k hornine. Tesne k báze hlavného hrotu prilieha výrazný mesiálny a distálny bočný hrot. Obidva hroty sú ostré, dlhé a zahnuté mesiálnym smerom. Mesiálny hrot je štíhlejší a dlhší ako distálny (pozri obr. 3a, b).
Podľa Capettu (1987) bol tento druh rozšírený v Európe od stredného oligocénu do stredného miocénu.

Rozmery: celková výška zuba 18,3* mm (* znamená, že sa zvyšok nedá úplne presne zmerať)
výška korunky na strednom hrote 14,5* mm
výška mesiálneho hrotu 7,0 mm
výška distálneho hrotu 5,8 mm
dĺžka koreňa zuba 16,0 mm
výška mesiálneho apexu (ramena) koreňa 6,0 mm (distálny chýba)

## Záver

Horniny paleogénneho veku nie sú veľmi bohaté na skameneliny stavovcov, preto akékoľvek fosílie sú vítané, najmä tie, ktoré majú jasnú výpovednú biostratigrafickú hodnotu. Nález žraločieho zuba druhu *Carcharoides catticus* patrí medzi ojedinelé nálezy zvyškov stavovcov zo skúmanej lokality a je to zároveň druhý výskyt tohto druhu na Slovensku. Prvý nález pochádzal z morských miocénnych sedimentov juhoslovenskej panvy egenburského veku od Mučína (Holec et al., 1995). Na jeho základe treba uvažovať o možnosti, že horná hranica tomášovských vrstiev spadá minimálne do obdobia stredného oligocénu. Inak sme v Hornádskej kotline z fosílnych stavovcov zaznamenali len výskyt odtlačku ryby

**Obr. 2.** Pohľad na lokalitu Hlinisko
**Fig. 2.** View on the locality Hlinisko



**Obr. 3.** *Carcharoides catticus* – pohľad na labiálnu plochu
**Fig. 3.** *Carcharoides catticus* – view on the labial face of the tooth

*Serranus budensis* a na lokalite Ďurkovec zraločieho zuba druhu *Xiphodolamia eocaena*, čo je prvý nález tohto druhu žraloka na Slovensku.

*Poďakovanie* Ďakujeme p. V. Némethovej za zhotovenie obr. 1 a 2.

## Literatúra

Bosch, M., van den Cadée, M. C., & Janssen, A. W., 1975: Lithostratigraphical and biostratigraphical subdivision of Tertiary deposits (Oligocene-Pleistocene) in the Winterswijk – Almelo region (Eastern part of the Netherlands). *Scripta Geologica, Leiden, 29, 168.*

Capetta, H. Ch., 1987: Chondrichthyes II. Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii. *In*: H. P. Schultze (ed.): *Handbook of Paleoichthyology, 3B. Stuttgart, New York, 193.*

Filo, I., Maglay, J., Mello, J., Vozár, J., Jetel, J., Ráková, J., Samuel, O., Siráňová, Z., & Snopková, P., 1994: Vysvetlivky ku geologickým mapám 1 : 25 000, list M-34-113-B-a Hranovnica, M-34-113-B-b Hrabušice, M-34-114-A-a Spišská Nová Ves. *Manuskript – archív GSSR, Bratislava.*

Filo, I., & Siráňová, Z., 1996: Tomášovské vrstvy – nová litostratigrafická jednotka podtatranskej skupiny. *Geol. Práce, Spr., 102, 10.*

Gregorová, R., & Krempaská, Z., 2000: Serranus budensis (Heckel, 1856) – Prvý nález fosílnej rybej fauny vo vnútrokarpatskom paleogéne. *Natura Carpatica, 41, 33–38.*

Gross, P., Köhler, E., & Samuel, O., 1984: Nové litostratigrafické členenie vnútrokarpatského paleogénu. *Geol. Práce, Spr., 81, 103–117.*

Gross, P., Papšová, J., & Köhler, E., 1973: Sedimentológia a stratigrafia vrchnej časti bazálnej litofácie centrálnokarpatského paleogénu od Šarišskej vrchoviny po Liptovskú kotlinu. *Manuskript – archív GSSR, Bratislava.*

Gross, P., Ďurkovič, T., Jetel, J., Kováčik, M., Samuel, O., Žecová, K., & Túnyi, I., 1995: Vysvetlivky ku geologickej mape 1 : 25 000, list Ľubické kúpele, Torysky, Levoča a Jablonov. *Manuskript – archív GSSR, Bratislava.*

Gross, P., Buček, S., Ďurkovič, T., Filo, I., Maglay, J., Halouzka, R., Karoli, S., Nagy, A., Spišák, Z., Žec, B., Borza, V., Lukáčik, E., Janočko, J., Jetel, J., Kubeš, P., Kováčik, M., Žáková, E., Mello, J., Polák, M., Siráňová, Z., Samuel, O., Snopková, P., Raková, J., Zlinská, A., Vozárová, A., & Žecová, K., 1999: Vysvetlivky ku geologickej mape 1 : 50 000, Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny. *Bratislava, GSSR, 239.*

Holec, P., Hornáček, M., & Sýkora, M., 1995: Lower Miocene shark (Chondrichthyes, Elasmobranchii) and whale faunas (Mammalia, Cetacea) near Mučín, Southern Slovakia. *Geol. Práce, Spr., 100, 37–52.*

Janočko, J., 2002: Centrálnokarpatský paleogénny bazén – vývoj a depozičné systémy. *Mineralia Slov., 3–4, 159–180.*

# Spôsob spracúvania údajov z meraní presnej inklinometrie pri monitoringu svahových pohybov

VOJTECH GAJDOŠ[1] a PETER WAGNER[2]

[1]Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava
[2]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

(Doručené 3. 1. 2005, revidovaná verzia doručená 28. 2. 2005)

**Method of inclinometer data processing at slope movements monitoring**

One of the methods that is used at slope movements monitoring is inclinometer measurements in special equipped boreholes. These measurements enable to identify a slip surface of landslide and to derive a movement activity. The paper presents various methods of inclinometer data visualization – from description of measured values displacements to the vector analysis and spatial presentation of crookedness of the borehole.

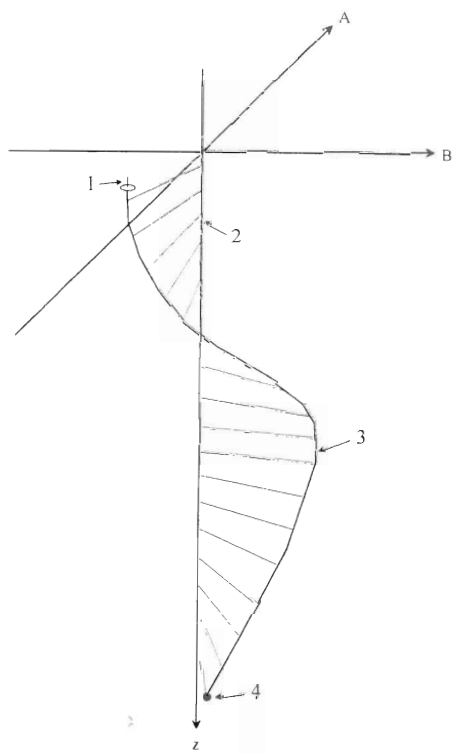
**Key words:** inclinometer, data processing and visualization, slip surface, history of landsliding

## Úvod

Inklinometria patrí do základnej skupiny karotážnych metód a slúži na zisťovanie priestorového priebehu (zakrivenia) vrtu (obr. 1). Používa sa počas vŕtania, aby sa zistilo, či sa vrt hĺbi podľa projektu (takéto meranie je aktuálne hlavne pri šikmých vrtoch) a v prípade potreby sa postup upravuje tak, aby sa projektovaný priebeh vrtu dodržal čo najpresnejšie (Mareš et al., 1983). Možnosti inklinometrie sa využívajú aj pri technických vrtoch (napríklad pri injektáži podzemných stien) a jednou z jej aplikácií je aj pozorovanie vývoja pohybu svahovej hmoty. V poslednom prípade síce ide o metódu *post factum* (t. j. informujúcu o stave systému po udalosti), ale jej nesporná výhoda (napr. oproti geodetickému meraniu) je v tom, že prináša priestorové informácie, t. j. informácie o polohových zmenách v rozličnej hĺbke sledovaného vrtu. Prívlastok „presná" sa pri pozorovaní svahových pohybov uvádza preto, lebo na to používaná aparatúra je schopná zaregistrovať približne o rád menšie polohové zmeny ako pri bežnej inklinometrii, ktorá sa aplikuje napr. pri ložiskovom prieskume (Bláha, 1993).

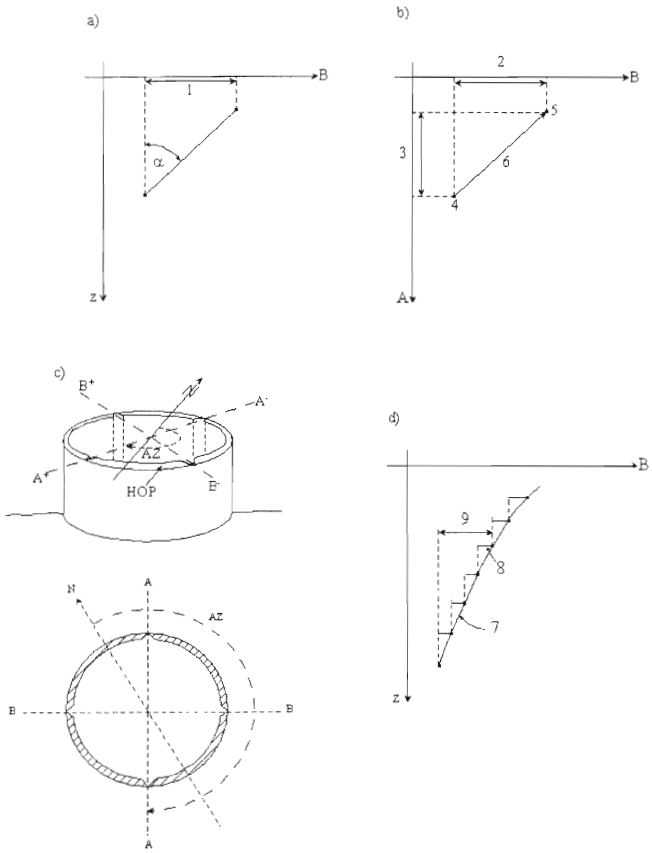
## Základná predstava o veličinách meraných presnou inklinometriou

Pri konštrukcii inklinometra sa využíva možnosť zmerať sklon osi vrtu (v zvolenom segmente pažnice; dĺžka segmentu závisí od požiadaviek riešiteľa) v jeho vybranom bode (zvyčajne na hornom okraji segmentu – obr. 2a) a z neho vypočítať horizontálnu zložku posuvu okrajov segmentu (obr. 2b). Meria sa v dvoch navzájom kolmých vertikálnych rovinách (Az a Bz) rezistormi (rezistor – elektronická súčiastka meracieho prístroja) umiestnenými v meracej sonde. Vertikálne roviny sú fixované drážkami špeciálne upravenej pažnice vrtu (obr. 2c), do ktorého sa sonda inklinometra spúšťa, a preto pri meraní treba zaznamenať orientáciu (azimut) spojníc navzájom kolmých drážok voči severu, aby sa namerané údaje mohli zobrazovať v jednotnej geografickej zobrazovacej sústave.



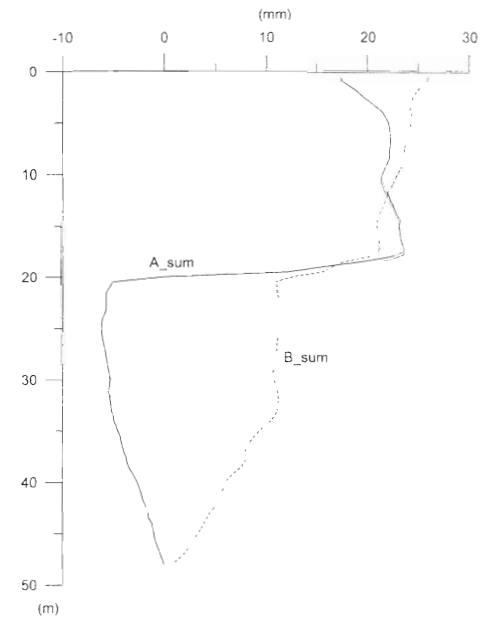

**Obr. 1.** Všeobecná predstava o zakrivení vrtu. 1 – ústie vrtu, 2 – ideálne vertikálny vrt, 3 – reálny vrt, 4 – dno vrtu, A, B, z – súradnicová sústava.

**Fig. 1.** General scheme of crookedness of the borehole. 1 – top of the borehole, 2 – ideal vertical borehole, 3 – substantial borehole, 4 – toe of the borehole, A, B, z – coordinates system.




**Obr. 2.** Princíp inklinometrického merania. a – posuv horného okraja segmentu pažnice vo vertikálnej rovine, b – priemet posuvu horného okraja segmentu pažnice do horizontálnej roviny, c – orientácia referenčných línií (A, B) voči severu, d – sumárny posuv osi vrtu skladajúci sa z posuvov segmentov. 1 – horizontálny posuv horného okraja segmentu pažnice v rovine Bz, α – uhol sklonu priemetu i-tého segmentu pažnice vrtu do roviny Bz, 2 – B zložka horizontálneho posuvu horného okraja i-tého segmentu pažnice, 3 – A zložka horizontálneho posuvu horného okraja i-tého segmentu pažnice, 4 – horný okraj i-tého segmentu pažnice v čase $t_1$, 5 – horný okraj i-tého segmentu pažnice v čase $t_2$, 6 – horizontálna zložka posuvu horného okraja i-tého segmentu pažnice, 7 – priemet osi vrtu do roviny Bz, 8 – horizontálny posuv štvrtého segmentu pažnice ($B_4$) v rovine Bz (segmenty sa počítajú od dna vrtu), 9 – sumárny posun štyroch segmentov pažnice $|B\_sum|_{k=4}$ v rovine Bz: A, B – referenčné línie, AZ – azimut osi $A^+$, HOP – horný okraj pažnice vrtu, $A^+$, $A^-$ – os drážok pažnice, $B^+$, $B^-$ – druhá os drážok pažnice.

**Fig. 2.** Principle of inclinometric measurements. a – displacement of upper edge of casing segment in vertical plane, b – horizontal plan of upper edge of casing segment displacement, c – orientation of the reference lines (A, B) towards the north, d – total displacement of the borehole axis consists of the displacements of individual segments. 1 – a horizontal displacement of the upper end of casing segment in the Bz plane, α – projection of an angle of i-th' casing segment dip to Bz plane, 2 – B component of horizontal displacement of i-ts'casing segment top end, 3 – A component of horizontal displacement of i-ts' casing segment top end, 4 – i-ts' casing segment top end in $t_1$ time, 5 – i-ts' casing segment top end in $t_2$ time, 6 – horizontal displacement component of i-ts' casing segment top end, 7 – projection of the hole axis to the Bz plane, 8 – horizontal displacement of the 4th casing segment ($B_4$) in the Bz plane (the segments are considered from the bottom of the borehole), 9 – total displacement of four casing segments $|B\_sum|_{k=4}$ in the Bz plane: A, B – the reference lines, AZ – azimuth of $A^+$ centre line, HOP – top margin of borehole casing, $A^+$, $A^-$ – an axis of grooves of casing, $B^+$, $B^-$ – second axis of grooves of casing.




**Obr. 3.** Priebeh kumulatívnych súčtov posuvov osi vrtu v rovinách Az (A_sum) a Bz (B_sum).

**Fig. 3.** Course of accumulative totals of the hole axis displacements in Az (A_sum) and Bz (B_sum) planes.

Inklinometrom sa meria tak, že sa sonda pri zachovaní rovnakej orientácie ($A^+ - A^-$, $B^+ - B^-$, pričom ide o horizontálne osi referenčných, navzájom kolmých rovín – obr. 2c) zavedie do drážok pažnice a spustí sa na dno vrtu. (Základnou požiadavkou pri aplikácii tejto metódy na pozorovanie svahových pohybov je, aby dno vrtu zasahovalo do imobilného, teda stabilného podložia. Ak táto požiadavka nie je splnená, inklinometrické meranie na pozorovanie svahového pohybu v takomto vrte nemá zmysel.) Samotné meranie (rovnako ako pri ostatných karotážnych meraniach) sa vykonáva pri vyťahovaní sondy z vrtu (okrem iného aj preto, aby sa skontrolovala priechodnosť vrtu až po dno). Sonda sa vyťahuje s požadovaným krokom merania (pol metra alebo meter) a pri každej meranej hĺbke sa odčíta hodnota $A^+$, $A^-$, $B^+$ a $B^-$. Tieto hodnoty reprezentujú posun horného okraja meraného dĺžkového elementu voči jeho začiatku (vo všeobecnosti je to posun horného ukončenia i-tého dĺžkového elementu voči hornému ukončeniu i-1 dĺžkového elementu) – obr. 2d.

Meracie zariadenie – napr. prístroj firmy SINCO Digital DataMate, používaný v INGEO–ighp, spol. s r. o., Žilina, udáva pre každú vertikálnu rovinu dve hodnoty posuvu pažnice v smere osi A a B v jednotlivých meraných hĺbkových úrovniach vrtu. Všetky ďalšie hodnotiace operácie sú odvodené z uvedených vstupných údajov.

## Spôsoby spracúvania nameraných údajov

Prvé meranie v zabudovanom inklinometrickom vrte sa označuje ako základné ($A_z$) a všetky ďalšie (opakované) sa porovnávajú s ním a určuje sa diferencia (D) medzi nameranými hodnotami ($A_i$) a hodnotami základného merania ($A_z$). V smere A sa diferencia vypočíta podľa vzťahu

Tab. 1
Vstupné údaje z merania presnej inklinometrie (vrt GI-1)
Input data obtained from the inclinometry measurements (borehole GI-1)

| Hĺbka vo vrte (depth in hole) (m) | $A^-$ (mm) | A (mm) | $A_z = (A^- - A^+)$ (mm) | $B^-$ (mm) | $B^+$ (mm) | $B_z = (B^- - B^+)$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ↓ | | | | | | |
| 7.5 | 8.93 | –8.79 | 17.720 | 7.25 | –7.20 | 14.450 |
| 8 | 8.62 | –8.49 | 17.110 | 7.13 | –7.05 | 14.180 |
| ↓ | | | | | | |

$DA_i = A_i - A_z$ a analogicky v smere B podľa vzťahu $DB_i = B_i - B_z$. Príklad výpočtu je v tab. 1 a 2.

Pretože sa pri meraní postupne zisťujú diferenciálne horizontálne posuvy na vybraných (polmetrových alebo metrových) úsekoch línie vrtu (obr. 2b a 2d), na zobrazenie celého priebehu vrtu ich treba postupne sumarizovať, a preto ďalším krokom pri spracúvaní nameraných údajov je výpočet kumulatívnych súčtov v smere A i B (A_sum a B_sum). Pri *k*-tej meranej hĺbke sa dostane

$$|A\_sum|_k = \sum_{i=1}^{k} DA_i$$

$$|B\_sum|_k = \sum_{i=1}^{k} DB_i$$

Ako sa už uviedlo, meranie sa začína na dne vrtu, a tak sumarizácia vzhľadom na hĺbku postupuje od dna vrtu na povrch (pri jeho ústí je nulová hĺbka). Ak by sa používala nadmorská výška, postup by bol od nižších hodnôt (od dna vrtu) k vyšším. Sumarizáciou sa potom zistí, ako sa voči imobilnému dnu vrtu mení jeho priebeh. Príklad výsledných hodnôt je v tab. 3 (údaj 2-1 v hlavičke stĺpcov tabuľky znamená, že sa porovnávajú hodnoty z prvého, t. j. základného, a druhého, t. j. prvého opakovaného merania). Zobrazením kumulatívnych súčtov sa získa zdanlivý priemet osi vrtu do každej z meraných rovín (obr. 3). Atribút zdanlivý značí, že nejde o znázornenie skutočného priebehu vrtu, ale o priebeh rozdielu medzi stavom vrtu pri prvom opakovanom meraní oproti stavu pri základnom meraní. Skutočným by bol priebeh vrtu vtedy, ak by bol vrt pri zabudovaní (a pri základnom meraní) priamy a vertikálny.

Tab. 2
Porovnanie základného a vybraného opakovaného merania
Comparison between basic and selected repeated measurements

| Hĺbka (depth) | Az (mm) | Bz (mm) | $A_i$ (mm) | $B_i$ (mm) | $DA_i$ (mm) | $DB_i$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ↓ | | | | | | |
| 7.5 | 17.720 | 14.450 | 17.740 | 14.480 | 0.020 | 0.030 |
| ↓ | | | | | | |

Tab. 3
Výpočet kumulatívnych súčtov hodnôt deformácie osi vrtu v referenčnej rovine A a B
Calculation of cumulative sums of values of the borehole axis deformation in reference planes A and B

| Hĺbka (depth) od povrchu (OP) (m) | Hĺbka (depth) nadmorská výška (m n. m.) | A_sum 2-1 (mm) | B_sum 2-1 (mm) |
|---|---|---|---|
| 0.5 | 652.1 | 9.22 | 0.14 |
| 1 | 651.6 | 9.01 | 1.05 |
| 1.5 | 651.1 | 8.81 | 0.1 |
| ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |

OP – from the surface, m n. m. – height above the sea level

Z tab. 3 (A_sum a B_sum) možno odvodiť viac rozličných informácií, ktoré vychádzajú alebo iba z analýzy veľkosti posuvov (bez ohľadu na ich smer), alebo z analýzy vektorov posuvov či z priestorového vyjadrenia nameraných deformácií. Prehľad možností prezentácie údajov z inklinometrického merania ilustrujeme hodnotami z merania reprezentatívneho vrtu GI-1, ktorý je v odlučnej oblasti katastrofálneho handlovského zosuvu.

## Analýza veľkosti posuvov

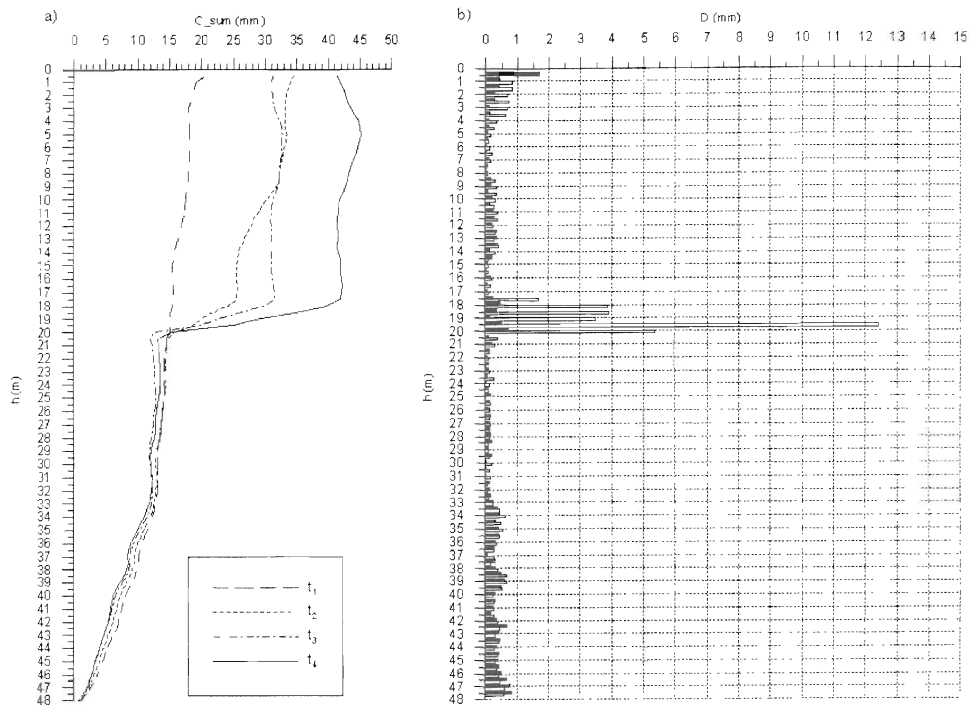
Ide o najjednoduchší spôsob spracúvania údajov z merania presnej inklinometrie. Najčastejšie sa používajú nasledujúce metódy prezentácie výsledkov:

a) Údaje A_sum a B_sum sú zložky náhodne orientovanej súradnicovej sústavy (v smere A a B), a preto v prvom kroku treba zistiť skutočné hodnoty posuvu v jednotlivých častiach (v hĺbkových úrovniach) vrtu voči základnému stavu vrtu (pri jeho zabudovaní). Tento údaj sa vypočíta pomocou Pythagorovej vety

$$|C\_sum|_k = (|A\_sum|^2_k + |B\_sum|^2_k)^{1/2}$$

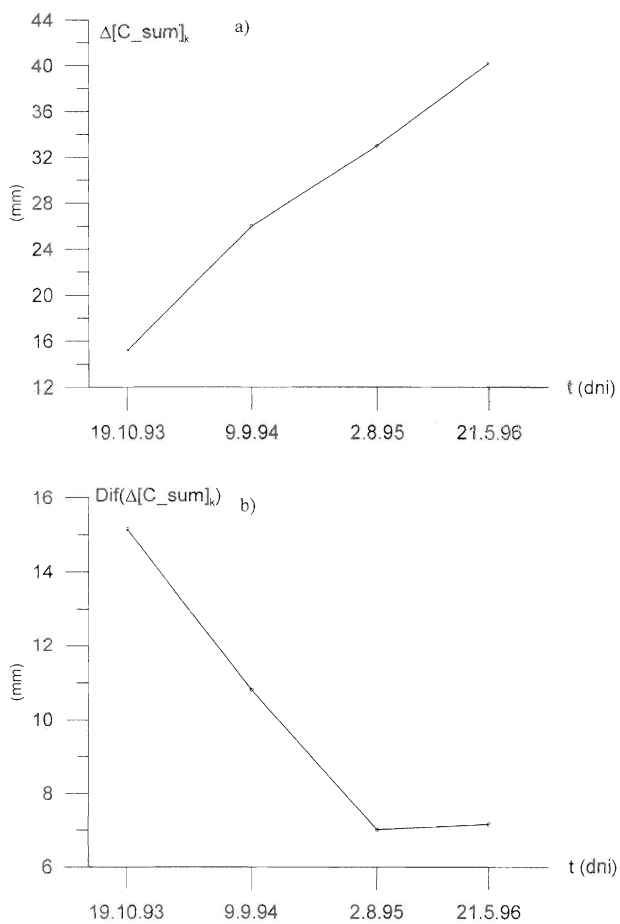
Výsledok výpočtu je na obr. 4a. Zobrazené sú absolútne odchýlky osi vrtu pri *k*-tom opakovanom meraní voči priebehu osi vrtu po jeho zabudovaní. Z praktického hľadiska najväčšie hodnoty C_sum identifikujú hĺbkové úrovne, v ktorých sa v danej etape merania pažnica deformovala najvýraznejšie. Ide zvyčajne o hĺbku aktívnych šmykových plôch, na ktorú sa sústreďuje prvoradá pozornosť pri ďalšom spracúvaní údajov (zdôrazňujeme, že sa pri tomto spôsobe vyjadrovania veľkosti posuvov neberie do úvahy ich smer).

b) Pri spracúvaní časového vývoja pohybu pozdĺž aktívnych šmykových plôch je vhodné používať aj hodnoty prírastku posuvu v jednotlivých hĺbkových úrovniach (k) pri opakovanom meraní. Na toto vyjadrenie sa používajú




**Obr. 4.** Analýza veľkosti posuvov. a – priebeh absolútnych odchýlok osi vrtu (C_sum) pri opakovaných meraniach ($t_1$ až $t_4$) od polohy osi vrtu po jeho zabudovaní, b – prírastky posuvu (absolútny diferenciálny posuv D) v jednotlivých hĺbkových úrovniach (porovnanie merania $t_1$ – svetlou farbou s meraním $t_3$ – tmavou farbou), h – hĺbka v metroch, $t_1$ – meranie dňa 19. 10. 1993, $t_2$ – 9. 9. 1994, $t_3$ – 2. 8.1995, $t_4$ – 21. 5. 1996.

**Fig. 4.** Analysis of displacements size. a – Course of values of absolute deviations of the borehole axis (C_sum) during repeated measurements ($t_1$ till $t_4$) towards the course of the borehole axis after its realization, b – Increase of displacements (absolute differential displacement D) in individual depth levels (comparison between $t_1$ – black and $t_3$ – white colour measurements), h – depth in meters, $t_1$ – measurement at 19. 10. 1993, $t_2$ – 9. 9. 1994, $t_3$ – 2. 8. 1995, $t_4$ – 21. 5. 1996.




diferencie čiastkového posunu v jednotlivých hĺbkových úrovniach (rátaných od dna vrtu)

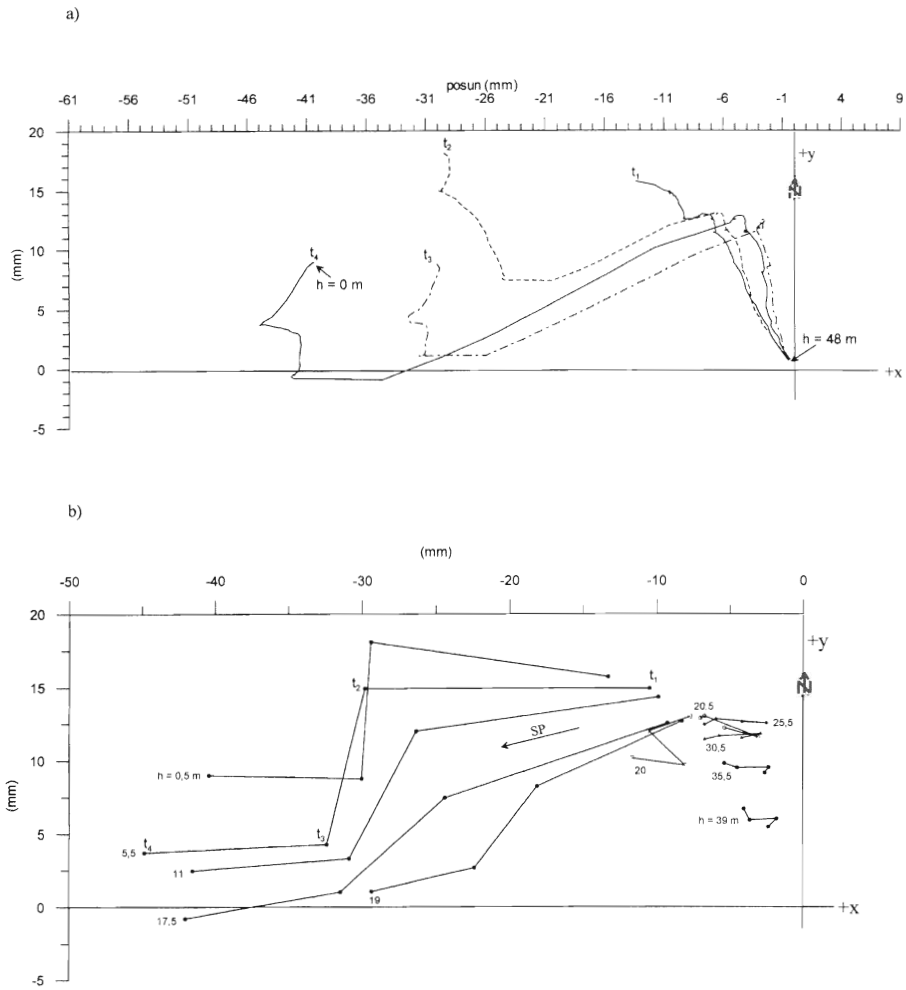
$$D_k = [C\_sum]_k - [C\_sum]_{k-1}$$

Príklad zmien čiastkových diferencií pozdĺž vrtu je na obr. 4b. Z matematického hľadiska je priebeh diferencií čiastkového posuvu gradientom priebehu celkového posuvu. Pri praktickej analýze výsledkov meraní najväčšia hodnota $D_k$ identifikuje hĺbku, v ktorej nastal najvýraznejší posuv od posledného merania (je to napr. pokračujúca výrazná pohybová aktivita pozdĺž známej šmykovej plochy alebo identifikácia novej aktivizácie pohybu v určitej hĺbke masívu).

c) Časovú závislosť vývoja pohybu vo zvolenej hĺbke iba na základe jeho absolútnej veľkosti (prípadne prepočítanej na rýchlosť pohybu) znázorňuje obr. 5. Veľkosť pohybu v rôznych časových intervaloch možno vyjadriť rozlične – súčtovou krivkou dĺžky posuvov horného okraja segmentu pažnice (obr. 5a) alebo dĺžkou posuvov horného

**Obr. 5.** Znázornenie časového priebehu vývoja deformácie vrtu v hĺbke k = 19 m. a – súčtovou krivkou dĺžky posuvov horného okraja segmentu pažnice $\Delta[C\_sum]_k$, b – hodnotami dĺžky posuvov horného okraja segmentu pažnice vyjadrujúcimi zrýchlenie alebo spomalenie pohybu medzi meraniami Dif $\Delta[C\_sum]_k$), t – časová os s dátumom vykonaných meraní.

**Fig. 5.** Description of time development of borehole deformation in the depth k = 19 m. a – by a cumulative curve of the lenght of displacements of the upper edge of casing segment $\Delta[C\_sum]_k$, b – by the values of the upper edge of casing segment displacements, express to acceleration or deceleration of movement among the stages of measurements Dif $\Delta[C\_sum]_k$), t – time axis with the dates of realized measurements.




**Obr. 6.** Analýza vektorov posuvov. a – horizontálny priemet osi vrtu štyroch opakovaných meraní, b – priebeh premiestnení osi vrtu vo vybraných hĺbkových úrovniach počas tých istých etáp merania. h – hĺbka (h = 48 m – dno vrtu), $t_1$ – meranie 19. 10. 1993, $t_2$ – 9. 9. 1994, $t_3$ – 2. 8. 1995, $t_4$ – 21. 5. 1996, SP – smer pohybu.

**Fig. 6.** Analysis of displacements vectors. a – horizontal projection of borehole axis in four repeated measurements, b – course of the borehole axis displacement in the same stages of measurements. h – depth (h = 48 m – the bottom of borehole), $t_1$ – measurement at 19. 10. 1993, $t_2$ – 9. 9. 1994, $t_3$ – 2. 8. 1995, $t_4$ – 21. 5. 1996, SP – movement direction.

okraja segmentu pažnice (obr. 5b), vyjadrujúcou zrýchlenie alebo spomalenie pohybu medzi meraniami. Uvedenými spôsobmi znázorňovania možno identifikovať kritické časové úseky vo vývoji pohybu (obdobia pohybovej aktivizácie zosuvu).

## Analýza vektorov posuvov

Informácie o veľkosti pohybu dávajú prvú dôležitú predstavu o charaktere a vývoji zosuvu, ale bez údajov o smere pohybu nie sú úplné a v niektorých prípadoch môžu viesť aj k mylným záverom (napr. ak sa smer veľkosťou výrazného pohybu odlišuje od generálneho smeru pohybu zosuvného telesa), a preto je analýza vektorov pohybu nevyhnutnou súčasťou spracúvania výsledkov inklinometrických meraní.

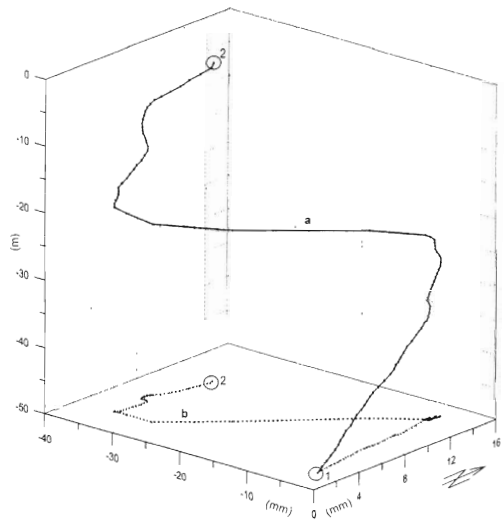
d) Smer posuvu možno získať výpočtom polohy smerových vektorov pohybu meraných úsekov vrtu. Ich výpočet sa interpretuje do svetovej súradnicovej sústavy (aby sa navzájom mohli porovnať smerové pohybové aktivity častí zosuvu, v ktorých sú umiestnené inklinometrické vrty) pomocou hodnôt A_sum, B_sum a azimutu osi $A^+$ (označuje sa symbolom AZ) daného vrtu. Výpočtom sa získajú hodnoty súradníc (x, y), pričom súradnica $x^+$ smeruje na východ a $y^+$ na sever.

$$x = -|A\_sum|\cos(AZ) - |B\_sum|\sin(AZ)$$

$$y = -|A\_sum|\sin(AZ) + |B\_sum|\cos(AZ)$$

Ak sa robí výpočet v programe EXCEL, treba údaj azimutu v stupňoch ($AZ_{st}$) transformovať na grády vzťahom $AZ = AZ_{st} \times \pi/180$. Zo zistených smerových vektorov možno zostrojiť horizontálny priemet vrtu jednotlivých meraní (oddelene alebo spolu). Príklad spoločného zobrazenia niekoľkých etáp merania je na obr. 6a. Možno z neho identifikovať postupný vývoj zakrivovania vrtu, prebiehajúci najvýraznejšie v hĺbke aktívnych šmykových plôch.

e) Na základe smerových vektorov sa dá podrobnejšie analyzovať aj pohyb v zvolenej hĺbkovej úrovni (zvyčajne v úrovni šmykovej plochy) v jednotlivých etapách merania. Príklad takéhoto zobrazenia v horizontálnych rovinách zodpovedajúcich rozličnej hĺbkovej úrovni uvádza obr. 6b. V hodnotenom príklade sa významný pohyb vo všetkých etapách zaznamenával od hĺbky okolo 19 m, ktorá predstavuje úroveň šmykovej plochy zosuvu.




**Obr. 7.** Priestorové zobrazenie tretieho opakovaného merania (2. 8. 1995) priebehu vrtu. a – línia 3D osi vrtu, b – horizontálny priemet línie osi vrtu, 1 – dno vrtu, 2 – ústie vrtu.

**Fig. 7.** A space scheme of 3rd repeated measurement (2. 8. 1995) of the borehole course. a – 3D borehole course, b – a horizontal projection of borehole course, 1 – the bottom of borehole, 2 – the top of borehole.

f) Zo smerových vektorov možno napokon zostaviť obraz 3D priebehu osi vrtu jednotlivých opakovaných meraní (jeho príklad je na obr. 7). Nespornou výhodou tohto spôsobu vyjadrovania zakrivenia vrtu je jeho názornosť, ktorá umožňuje získať presnú priestorovú predstavu o stave zakrivenia vrtu pri konkrétnom meraní, a tak lepšie porozumieť spomenutým spôsobom zobrazenia.

## Záver

V príspevku sme sa pokúsili zhrnúť a na príklade konkrétneho merania vo vybranom vrte ilustrovať možnosti interpretácie výsledkov meraní presnej inklinometrie pri hodnotení aktivity svahových pohybov. Kým najjednoduchšie analýzy veľkosti nameraných pohybov umožňujú identifikovať hĺbkové úrovne najvýraznejších deformácií (teda úrovne aktívnych šmykových plôch) a zmeny pohybovej aktivity v nich v jednotlivých časových intervaloch, analýza vektorov posuvov poskytuje informácie aj o smere zaznamenaného pohybu v ľubovoľnej hĺbke hodnoteného masívu. Ide teda o údaje obsahom analogické napr. výsledkom geodetického merania na povrchu územia, ale zistené pre ľubovoľnú hĺbku v dosahu inklinometrického vrtu. Výsledky merania presnej inklinometrie umožňujú vyjadriť aj priestorový priebeh zakrivenia vrtu. Treba opätovne zdôrazniť, že všetky interpretačné možnosti vychádzajú zo spracovania iba troch nameraných súborov hodnôt – z deformácie vrtu v smere A a B a z príslušnej hĺbkovej úrovne. Načrtnuté spôsoby spracúvania týchto údajov vychádzajú z úsilia maximálne využiť informačný obsah meraní.

Zo skúseností získaných pri aplikácii rozličných spôsobov vizualizácie výsledkov meraní vyplýva, že použité formy spracúvania sú nesporným prínosom do poznania vývoja svahového pohybu najmä preto, že umožňujú vytvoriť priestorovú predstavu o pohyboch v jednotlivých hĺbkových úrovniach horninového masívu, ako aj o vývoji týchto pohybov v čase.

*Poďakovanie.* Ďakujeme firme INGEO-ighp, spol. s r. o., Žilina za láskavé poskytnutie údajov z inklinometrických meraní a pracovníkom tejto firmy – RNDr. D. Jadroňovi, Ing. L. Bučekovi a Ing. M. Lenkovej – za konzultácie a cenné pripomienky pri spracúvaní príspevku.

## Literatúra

Bláha, P., 1993: Geofyzikální metody při výzkumu svahových deformací. *Brno, Praha, Geotest Brno, edice GEODA, 19–21*

Mareš, S., Karous, M., Landa, I., Mazáč, O., Müller, K., & Müllerová, J., 1983: Geofyzikální metody v hydrogeologii a inženýrské geologii *Praha, SNTL/ALFA, 198.*

# Method of inclinometer data processing at slope movements monitoring

Inclinometry is a method, which is an essential part of a complex of logging methods and is used for detection of crookedness of the borehole (Fig. 1). This method is often used in the investigation and monitoring of landslide development.

A principle objective of the method is to identify a dip of borehole casing segments of a persistent length (Fig. 2a) and to derive a displacement of the projection of the edge of casing segment in the horizontal plane (Fig. 2b). A measurement is realized in two perpendicular vertical planes fixed by grooves of specially adapted borehole's casing. The orientation (azimuth) of lines, fixed by grooves towards North has to be registered (Fig. 2c). During the measurement the inclinometric probe is fished from borehole in required interval and in each depth the values of deformation are registered (Fig. 2d). An inclinometer registers for each mesured point two values of deformation (in direction A and B). An example of their processing is in Tab. 1

The first measurement in inclinometric cased hole is regarded as the basic one. The results of all further (repeated) measurements are compared with this basic measurement and the difference (D) between measured (Ai) and basic (Az) values is detected. An example of differences determination is in Tab. 2.

The whole course of the borehole may be determined after summarizing of differential values. Therefore calculating of cumulative deviation in the A and B directions (A_sum and B_sum) is the next step of primary data processing. An example of resulted values is in Tab. 3. Based on this data several information may be derived:

– apparent projection of borehole axis to the Az and Bz planes – Fig. 3,

– a course of absolute values of borehole axis displacement (C_sum) in repeated measurements towards the basic state after borehole casing – Fig. 4a and values of lateral deviation (D) in individual depth levels – Fig. 4b,

– time dependence of a movement development based on its absolute values by a cumulative curve of the length of displacements of the upper edge of casing segment – Fig. 5a or values of the upper edge of casing segment displacements, express the acceleration or deceleration of movement among the stages of measurements – Fig. 5b,

– a horizontal projection of the borehole for the several stages of measurement – Fig. 6a and a movement in selected depth levels (usually in the level of slip surface) in various phases of measurement – Fig. 6b,

– three-dimensional scheme of the borehole axis course – Fig. 7.

It can be stated that used methods of processing are indisputable contribution in the process of knowledge of a slope movement development. The methods enable to create space model of differential movements in various depth levels of the borehole as well as to obtain information about development of these movements in time.

Mineralia Slovaca, 37 (2005), 569–578

# Havarijný zosuv v Plavnici a návrh na jeho sanáciu

ZOLTÁN SPIŠÁK[1] a MILOŠ VARGA ml.[2]

[1]MontanA, spol. s r. o., Čárskeho 3, 040 01 Košice
[2]Technická univerzita v Košiciach, fakulta BERG, katedra geológie a mineralógie, Letná 9, 040 01 Košice

(Doručené 17. 2. 2005, revidovaná verzia doručená 9. 5. 2005)

**Emergency state of landslide at Plavnica village and suggestion of its remedy**

Frequent occurrence of landslides in areas built up by Paleogene flysch sediments is well known in the Western Carpathians. Because of extreme precipitation during last years a lot of dormant landslides located in flysch uplands have been reactivated. Landsliding was often connected with the damage of local infrastructure. A partial damming of Šambronka stream near Plavnica village has been caused by the accumulation zone of active landslide located on right side of the valley after the extreme precipitation in spring 2001. The total damming of mountain stream resulted in the danger of flood disaster. Situation has been declared as an emergency state and immediate remedial works were inevitable.

**Key words:** engineering geological zoning map, slope movements, calculation of slope stability, remedial works

## Úvod

Vznik, aktivizáciu a rozvoj svahových deformácií hlavne typu zosúvania v západokarpatských regiónoch budovaných flyšovými horninami okrem prírodných podmieňujú aj antropogénne faktory. Z prírodných sú v súčasnosti rozhodujúce atmosférické zrážky, ktoré v zosuvmi porušených svahoch flyšovej pahorkatiny a vrchoviny zvyšujú hladinu podzemnej vody, jej vztlakový účinok, degradujú fyzikálno-mechanické vlastnosti zeminy zosuvných delúvií najmä na šmykových plochách a vedú k celkovému priťaženiu svahu. Pri extrémnych zrážkach sa zvyšuje prietok miestnych povrchových tokov a ich priľahlé brehy erodujú. V miestach, v ktorých bočná erózia povrchového toku zasahuje do akumulačných častí potenciálnych alebo aktívnych zosuvov, sa často zväčšuje sklon svahov a oslabujú sa pasívne sily pôsobiace proti svahovým pohybom a ich aktivizácii.

Po extrémnych zrážkach v roku 2001 sa na mnohých miestach Staroľubovnianskeho okresu aktivizovali svahové pohyby a ich dôsledkom boli rozsiahle škody hlavne na cestnej sieti, ohrozenie miestnej infraštruktúry a majetku obyvateľov. Medzi takto postihnuté lokality patrí aj aktivizovaný zosuv na okraji intravilánu Plavnice na pravej strane vodného toku Šambronka. Uznesením mimoriadnej havarijnej komisie sa vzniknutý stav vyhlásil za havarijný, potenciálne ohrozujúci životy, zdravie a majetok obyvateľov obce. Prieskum havarijného zosuvu s návrhom na jeho sanáciu, ktorý v roku 2002 vykonala spol. s r. o. MontanA Košice (Spišák et al., 2002), bol financovaný z rozpočtovej kapitoly Ministerstva životného prostredia SR (obr. 1).

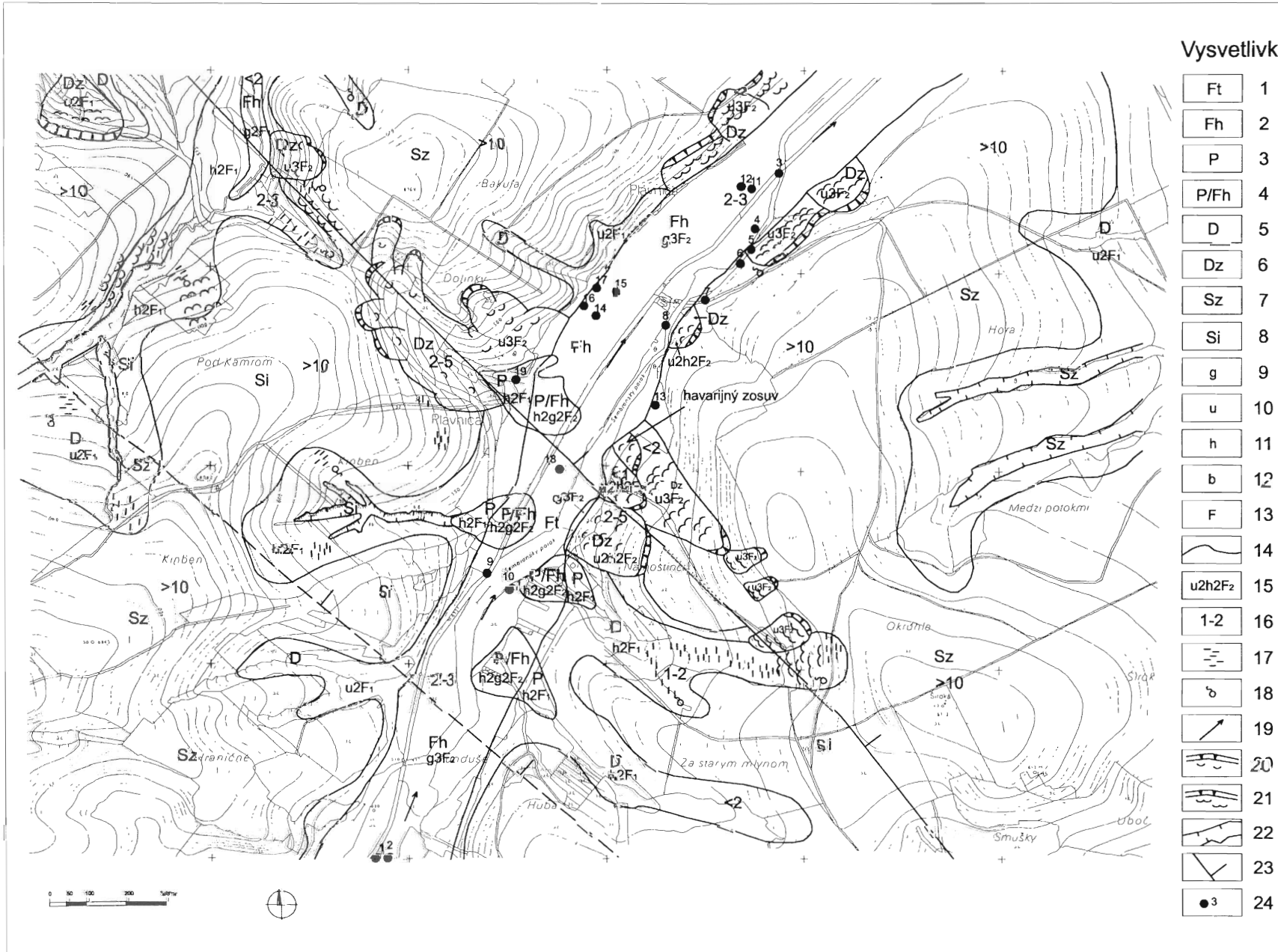
## Geomorfologické pomery územia

Podľa geomorfologického členenia Slovenska (Mazúr a Lukniš, 1980) záujmové územie patrí do provincie Západné Karpaty, subprovincie Vonkajšie Západné Karpaty, Podhoľsko-magurskej oblasti, do celku Spišsko-šarišského medzihoria a oddielu Ľubotínskej pahorkatiny.

Reliéf nivy a terás rieky Poprad tvorí rovina a mierne zvlnená rovina na fluviálnych riečnych sedimentoch – riečnom štrku holocénneho až pleistocénneho veku. Nadmorská výška územia sa pohybuje od 490 do 520 m a samotná niva leží vo výške 490–500 m n. m.

Reliéf centrálnokarpatského paleogénu vytvára pestrú mozaiku chrbtov, svahov a údolí pahorkatinného až vrchovinového charakteru na flyšovom a pieskovcovom podloží. Údolia miestnych vodných tokov a priľahlé svahy sú najčlenitejšími časťami územia. Svahy sú erózneho

**Obr. 1.** Schematická mapka Slovenska s vyznačením miesta prieskumu.
**Fig. 1.** Schematic map of Slovakia with location of exploration place.


Vysvetlivky
Ft 1
Fh 2
P 3
P/Fh 4
D 5
Dz 6
Sz 7
Si 8
g 9
u 10
h 11
b 12
F 13
14
u2h2F2 15
1-2 16
17
18
19
20
21
22
23
24
havarijný zosuv
Pod Kamrom
Kinben
Plavnica
Dolinky
Bakuľa
Hora
Medzi potokmi
Okrúhle
Za starým mlynom
Huba
Smušky
Uboč
Širok
Kraničné
Sz
Si
Fh
P/Fh
P
D
Dz
Ft
u2F1
u3F2
h2F1
g3F2
u2h2F2
h2g2F2
g2F
2-3
2-5
1-2
<2
>10

pôvodu, vyvinuli sa ako výsledok hĺbkovej a bočnej erózie vodných tokov. Poriečne nivy sú úzke, na niektorých miestach minimálne vyvinuté. Osobitným fenoménom tohto typu reliéfu je náchylnosť na vznik a vývoj svahových deformácií typu zosúvania. Mierne svahy a chrbty paleogénnej pahorkatiny až vrchoviny prevládajú v území, na ktorého geologickej stavbe sa zúčastňujú hlavne ílovcové a flyšové fácie paleogénu. Strmšie svahy paleogénnej vrchoviny erózneho pôvodu vystupujú najmä vo vyššie položených častiach územia s prevahou pieskovca a konglomerátov alebo tvoria strmšie svahy údolia Šambronky v intraviláne Plavnice.

## Geologická stavba územia

Širšie okolie havarijného zosuvu geologicky budujú paleogénne súvrstvia podtatranskej skupiny a kvartérne sedimenty. Paleogénne súvrstvia sú zastúpené flyšovými horninami zubereckého a hutianskeho súvrstvia a kvartérne sedimenty fluviálnymi, proluviálnymi a deluviálnymi sedimentmi a sedimentmi zosuvných delúvií.

Zuberecké súvrstvie (vrchný eocén – oligocén) reprezentujú horniny typického flyšu, v ktorom je pomer pieskovca a ílovca od 2 : 1 do 1 : 2. Pieskovcové lavice sú bežne hrubé od 10 do 100 cm, ílovcové miestami aj viac. Pieskovcové vrstvy zubereckého súvrstvia sú najčastejšie doskovité, pieskovec na čerstvom lome modrosivý až zelenosivý, po navetraní hrdzavohnedý. Bežne býva premenlivo vápnitý, často s hojnou ílovou prímesou, s muskovitom a so zuhoľnatenou rastlinnou drvinou. Prevláda homogénne a gradačné zvrstvenie, najmä jemnozrnné variety pieskovca sú v celej hrúbke zvrstvené laminovane. Ílovec je tenkobridličnato až lístkovito rozpadavý, zelenosivý až hnedý, premenlivo vápnitý, s bežnou siltovou až piesčitou prímesou. Na vrstvových plochách a puklinách je častý povlak oxidov Mn, v menšej miere Fe (Gross et al., 1999).

Hutianske súvrstvie (vrchný priabón – spodný oligocén) sa v širšom okolí vyskytuje v dvojakom litofaciálnom vývoji. Ílovcové a ílosiltovcové vrstvy v absolútnej prevahe nad pieskovcovými tvoria úzky pás smeru SZ–JV a s opísaným zubereckým súvrstvím sa stýkajú na tektonickej línii. Ide o vrstvy premenlivo vápnitého ílovca, ílovca s laminami siltovca alebo ílosiltovca, ktoré výrazne prevažujú nad tenkými, niekoľko cm až dm hrubými lavicami väčšinou jemnozrnného homogénne zvrstveného pieskovca s polohami pelokarbonátov alebo do 50 cm hrubými lavicami jemnozrnného až strednozrnného polymiktného zlepenca. Bežne sú sivožlté, sivé až zelenosivé s charakteristickým bridličnatým, lístkovitým alebo s lastúrnatým rozpadom. Na odlučných ílovcových plochách je častý, zhodne s vrstvovitosťou orientovaný muskovit, inde jemný rozptýlený uhoľný detrit. Na odlučných plochách a na puklinách bežne býva povlak oxidov Fe a Mn. V nezvetranom stave sú ílovcové telesá zdanlivo kompaktné, masívne, ale už po niekoľkomesačnom zvetrávaní sa v nich začína objavovať paralelná odlučnosť, typický rozpad a neskôr celková deštrukcia na vysokoplastickú a nepriepustnú zeminu. Ílovec zvyčajne prevláda nad pieskovcom v pomere 5 : 1 až 10 : 1, extrémne až 20 : 1.

Druhým litofaciálnym členom hutianskeho súvrstvia v sledovanom území sú šambronské vrstvy, ktoré od ílovcových súvrství oddeľuje tektonická línia smeru SZ–JV. Šambronské vrstvy sú v tzv. hromošsko-šambronskom chrbte a podľa najnovšieho výskumu je to hruboklastická proximálna fácia vyvinutá vnútri hutianskeho súvrstvia preukázateľne spodnooligocénneho veku (Gross et al., 1999). Ílovec v šambronských vrstvách je dominantnou zložkou a prevažuje nad pieskovcom. Prevládajúcim pieskovcovým typom je jemnozrnný drobový pieskovec až siltovec a charakteristickým znakom šambronských vrstiev sú decimetrové až 10 m hrubé polohy polymiktného zlepenca.

Kvartérne sedimenty v širšom okolí prieskumného územia reprezentuje fluviálna, proluviálna a deluviálna zemina.

Fluviálne sedimenty sú zastúpené holocénnymi až mladopleistocénnymi náplavami Šambronky, pričom ide o štrkovité až piesčitoštrkovité sedimenty úzkej aluviálnej nivy. Štrk tvoria suboválne až subangulárne prevažne pieskovcové, zlepencové a mikrokonglomerátové obliaky.

Proluviálnymi sedimentmi sú holocénne náplavy menších postranných tokov a hlbokých erózných rýh ústiacich do alúvia Šambronky. Morfologicky ide o mierne vyvýšený konkávny reliéf charakteristického vejárovitého tvaru. Proluviálne sedimenty charakteru súdržnej a nesúdržnej zeminy sedimentovali a prekryli holocénne fluviálne náplavy Šambronky. Sú hrubé od 2 do 5 m.

Deluviálne sedimenty sú z kvartérnych sedimentov plošne najrozšírenejšie. Ide prevažne o súdržnú zeminu s premenlivým obsahom ílovcových a pieskovcových úlomkov. Hrubšie sú na území, na ktorom sú podložné paleogénne sedimenty prevažne z ílovca a ílosiltovca. Deluviálne sedimenty tvoria povrchovú vrstvu hlavne v hladko modelovaných úvalinách, dolinkách a v spodnej časti mierne sklonených svahov. Tam, kde prevažuje

**Obr. 2.** Účelová mapa inžinierskogeologickej rajonizácie. 1 – rajón pleistocénnych riečnych terás, 2 – rajón náplavov horských tokov, 3 – rajón proluviálnych kužeľov a plášťov, 4 – rajón proluviálnych kužeľov a plášťov na náplavoch horských tokov, 5 – rajón deluviálnych sedimentov, 6 – rajón zosuvných delúvií, 7 – rajón pieskovcovo-zlepencových hornín, 8 – rajón flyšoidných hornín, 9 – štrkovitá zemina, 10 – úlomkovitá zemina, 11 – jemnozrnná zemina, 12 – balvanitá zemina, 13 – flyšoidné horniny prekvartérneho podkladu, 14 – hranice rajónov, 15 – označenie podrajónov, 16 – hĺbka hladiny podzemnej vody, 17 – zamokrené miesta, 18 – pramene, 19 – smer prúdenia podzemnej vody, 20 – aktívne zosuvy, 21 – potenciálne zosuvy, 22 – erózne ryhy a výmole, 23 – zlomové línie, 24 – archívne prieskumné vrty

**Fig. 2.** Special engineering geological zoning map. 1 – zone of Late Pleistocene fluvial terraces, 2 – zone of mountain stream fluvial sediments, 3 – zone of Holocene alluvial fan sediments, 4 – zone of Holocene alluvial fan sediments overlying mountain stream fluvial sediments, 5 – zone of deluvial sediments, 6 – zone of deluvial sediments of landslides, 7 – zone of sandstone-conglomerate rocks, 8 – zone of claystone-mudstone rocks, 9 – gravelly soil, 10 – debris soil, 11 – fine-grained soil, 12 – bouldery soil, 13 – flysch rocks of pre-Quaternary basement, 14 – boundaries of zones, 15 – sign of subzones, 16 – ground water level, 17 – wet areas, 18 – springs, 19 – direction of ground water flow, 20 – active landslides, 21 – dormant landslides, 22 – washout channels, 23 – faults, 24 – archive boreholes.

pieskovec, majú povahu hlinito-kamenitej až kamenitej sutiny. Do skupiny deluviálnych sedimentov možno zaradiť aj súdržnú zeminu s premenlivým percentuálnym obsahom pieskovcových úlomkov zosuvných území, miestami charakteru hlinito-kamenitej sutiny z rozvoľnených a rozpadnutých blokov flyšového pieskovca a mikrozlepenca (zosuvné deluviá).

## Účelová mapa inžinierskogeologickej rajonizácie

V rámci orientačného inžinierskogeologického prieskumu havarijného zosuvu sa na požiadanie MŽP SR urobila účelová mapa inžinierskogeologickej rajonizácie širšieho okolia sledovanej lokality v mierke 1 : 5000 (obr. 2). Je výsledkom podrobného terénneho mapovania územia s plochou 5,6 km$^2$. Pri jej tvorbe sa zužitkovali údaje z technických prác, z archívov a zo špeciálnej inžinierskogeologickej mapy v mierke 1 : 10 000 (Kováčik et al., 1988).

V rámci hornín predkvartérneho podložia sa v mape vyčlenili dva rajóny.

*Rajón pieskovcovo-zlepencových hornín – Sz*

Rajón tvoria polohy lavicovitého až masívneho strednozrnného až hrubozrnného pieskovca a mikrozlepenca s ílovcovými a ílosiltovcovými polohami hrubými do 20 až 30 cm. V pripovrchovej zóne zvetrávania sú tieto flyšové súvrstvia silne zvetrané, tektonicky porušené a rozvoľnené. Pieskovec je hnedý až hrdzavohnedý, zvetraný ílovec okrovohnedý. Súvrstvia sa dajú dobre zdokumentovať v hlboko zarezaných eróznych ryhách a na pravej strane Šambronky v intraviláne Plavnice. Morfologicky tvoria najvyššie časti flyšovej vrchoviny s pomerne strmým sklonom eróznych svahov. Na tektonickej línii smeru SZ–JV sa pieskovcová litofácia stýka s hutianskym súvrstvím. V okrajových častiach hlboko zarezaných údolí sú časté prejavy zosúvania zeminy povrchovej zóny zvetrávania, a to zväčša po rovinných šmykových plochách súhlasných s priebehom plôch vrstvovitosti.

*Rajón flyšoidných hornín – Sf*

Územie rajónu tvoria ílovcové a ílosiltovcové vrstvy hutianskeho súvrstvia s polohami tenkolavicovitého pieskovca (do 5–8 cm). V teréne vytvárajú mierne modelovaný reliéf flyšovej pahorkatiny až vrchoviny s častými svahovými deformáciami a eróznymi ryhami a výmoľmi. V dolinkách a úvalinách ich prekrývajú deluviálne a fluviálne sedimenty. Samotné ílovcové súvrstvie v nezvetranom stave sa v mapovanom území nezachytilo. V zóne zvetrávania sedimenty zväčša rýchlo degradujú a menia sa na sivú až oceľovosivú ílovitú zeminu. Sú náchylné na vznik a rozvoj svahových deformácií, najmä typu zosúvania. V jz. časti mapovaného územia sa hutianske súvrstvie na tektonickej línii smeru SZ–JV stýka s flyšovým vývojom šambronských vrstiev.

V rámci kvartérnych sedimentov sa v účelovej mape inžinierskogeologickej rajonizácie vyčlenilo šesť rajónov.

*Rajón pleistocénnych riečnych terás – Ft*

Rajón je zastúpený úzkym pásom sedimentov mladopleistocénnej riečnej terasy v päte zosuvného svahu na pravej strane Šambronky. Terasu tvorí hrubozrnný piesčitý až ílovitopiesčitý štrk s absolútnou prevahou suboválnych pieskovcových a mikrozlepencových obliakov. Pri zosuvnom pohybe sa tieto štrkovité sedimenty na čele zosuvu čiastočne zdeformovali a boli vyčlenené do holocénnej aluviálnej nivy alebo ich aktivizovaný pohyb úplne degradoval a tok Šambronky odplavil. Mladopleistocénne fluviálne terasové akumulácie odčlenené od holocénnych náplavov oddelil terénny stupeň vysoký od 1,0 až 1,5 m. Podľa archívnych údajov z prieskumných vrtov v alúviu Šambronky sa v rajóne vyčlenil jeden podrajón označený g3F$_2$, v ktorom akumulácia štrku je hrubá 6,0 až 7,0 m.

*Rajón náplavov horských tokov – Fh*

Rajón zastupujú náplavy Šambronky a bezmenného potoka na severnom okraji mapovaného územia. Alúvium Šambronky sa vyvinulo na obidvoch stranách toku a dosahuje šírku okolo 250 m. Fluviálne náplavy hrubé 5,0 až 7,2 m tvorí prevažne nesúdržná, štrkovitá zemina s ílovitopiesčitou prímesou, pričom štrkovými obliakmi sú suboválne až subangulárne pieskovcové a mikrozlepencové úlomky. Aluviálne náplavy bezmenného potoka tvorí hlinitý štrk v hrúbke 2,5 až 3,0 m. Podľa premenlivej hrúbky sa v rajóne vyčlenili dva podrajóny – g3F$_2$ a g2F$_1$. Fluviálny štrk je dobrým kolektorom podzemnej vody s medzizrnovou priepustnosťou. V archívnych prieskumných vrtoch bola hladina podzemnej vody nazretá v hĺbke 2,0 až 3,0 m pod terénom.

*Rajón proluviálnych kužeľov a plášťov – P*

Rajón reprezentujú holocénne naplaveniny menších postranných potokov ústiacich do výraznej aluviálnej nivy Šambronky z priľahlých doliniek a úvalín, resp. pri vyústení väčších eróznych rýh. Naplaveniny sedimentovali priamo na paleogénne podložie. Ide prevažne o súdržnú ílovitú a ílovitopiesčitú zeminu s premenlivým obsahom úlomkov zvetraného podložia. Podľa morfológie terénu a dokumentovaných odkryvov je predpokladaná hrúbka týchto sedimentov 2,9 až 4,9 m.

*Rajón proluviálnych kužeľov a plášťov na náplavoch horkých tokov – P/Fh*

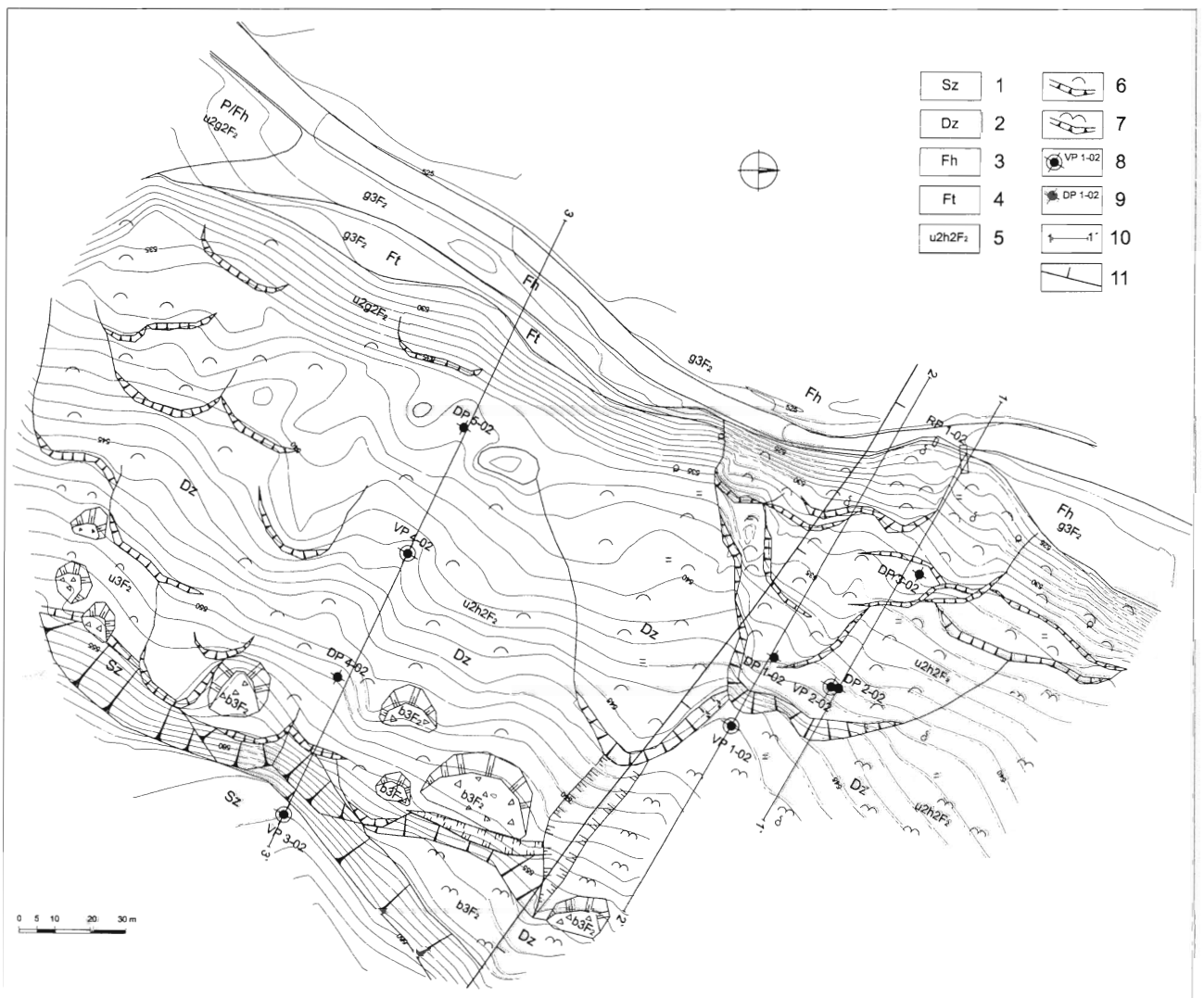
Kombinovaný rajón proluviálnych kužeľov a plášťov na náplavoch horských tokov sa nachádza pri vyústení hlboko zarezaných eróznych rýh do aluviálnej nivy Šambronky, kde vyplavovaný materiál sedimentoval na štrkovité sedimenty aluviálnej nivy. Vyplavovaná zemina je podobnej povahy ako v predchádzajúcom rajóne. Štrkovité sedimenty dnovej výplne Šambronky sú zastúpené rovnakými typmi zeminy ako v rajóne náplavov horských tokov. V rámci tohto kombinovaného rajónu sa vyčlenil jeden podrajón s označením h2g2F$_2$.

*Rajón deluviálnych sedimentov – D*

Rajón je na hodnotenom území plošne najväčší a vyčlenil sa hlavne v spodnej časti morfologických úvalín a doliniek pahorkatinného až vrchovinného reliéfu alebo na úpätí svahov. Je v ňom prevažne hnedá až hrdzavohnedá \degradovaných hornín flyšových súvrství s premenlivým obsahom úlomkov prevažne jemnozrnného a strednozrnného pieskovca a zlepenca. V oblastiach, v ktorých podloží vystupujú ílovcové a ílosiltovcové vrstvy hutianskeho súvrstvia, je podiel pieskovcových úlomkov nižší. Na úpätí svahov budovaných pieskovcovými a zlepencovými vrstvami zubereckého súvrstvia možno pozorovať podstatný rast obsahu ostrohranných úlomkov degradovaného podložia a deluviálne sedimenty majú miestami povahu ílovito-kamenitej sutiny s úlomkami kameňov až balvanov. Na základe litologickej premenlivosti sa v rajóne vyčlenili dva podrajóny. Pre podrajón $h2F_1$ je charakteristická prevažne hlinitá zemina s nižším obsahom úlomkov a pre $u2F_1$ zemina s vysokým podielom pieskovcových až mikrozlepencových úlomkov.

*Rajón zosuvných delúvií – Dz*

Rajón sa vyčlenil na svahoch flyšovej pahorkatiny a vrchoviny s výskytom svahových deformácií typu zosúvania, kde sa ako dôsledok zosuvných pohybov deformovala zemina pripovrchovej, silne zvetranej a rozvoľnenej zóny flyšových súvrství. Zemina zosuvných delúvií granulometricky odráža zloženie hornín predkvartérneho




**Obr. 3.** Účelová inžinierskogeologická mapa svahových deformácií. 1 – rajón pieskovcovo-zlepencových hornín, 2 – rajón zosuvných delúvií, 3 – rajón náplavov horských tokov, 4 – rajón pleistocénnych riečnych terás, 5 – označenie podrajónov, 6 – aktívne zosuvy, 7 – potenciálne zosuvy, 8 – inžinierskogeologický vrt, 9 – dynamická penetračná sonda, 10 – línia rezu, 11 – zlomové línie.

**Fig. 3.** Special engineering geological map of slope deformation. 1 – zone of sandstone-conglomerate rocks, 2 – zone of deluvial sediments of landslides, 3 – zone of mountain stream fluvial sediments, 4 – zone of Late Pleistocene fluvial terraces, 5 – marking of subzones, 6 – active landslides, 7 – dormant landslides, 8 – engineering geological borehole, 9 – dynamic penetration test, 10 – cross-section line, 11 – faults.

podložia a charakter svahovej deformácie. V oblasti havarijného zosuvu na pravej strane Šambronky sa vyčlenili tri typy zeminy a podľa premenlivého obsahu pieskovcových úlomkov a povahy súdržnej zeminy dva podrajóny. Pre podrajón $b3F_2$ je charakteristická hruboúlomkovitá zemina pod odlučnou hranou zosuvu. Ide o odčlenené a zosunuté pieskovcové bloky zubereckého súvrstvia, ktoré majú povahu ílovito-kamenitej až ílovito-balvanitej sutiny. Podrajón $u2h2F_2$ sa vyčlenil podľa výsledkov terénneho prieskumu a odráža hĺbkovú zmenu litologického zloženia zosuvných delúvií v aktívnom zosuve. V pripovrchovej vrstve do 3,5 až 5,0 m ide o úlomkovitú zeminu s ílovitým tmelom s overeným vysokým podielom úlomkov zvetraného pieskovca a mikrozlepenca, miestami s balvanmi veľkými 30–60 cm. Postupne do hĺbky až po úroveň šmykovej plochy sa zistila súdržná zemina ílovej povahy s nízkou až strednou plasticitou a s nižším obsahom úlomkov. Podobnú zeminu, ale s vyšším obsahom úlomkov možno predpokladať aj pri ostatných registrovaných zosuvoch, kde sme vyčlenili samostatný podrajón $u3F_2$.

## Účelová inžinierskogeologická mapa svahových deformácií

Účelová inžinierskogeologická mapa svahových deformácií sa vytvorila na základe výsledkov technických prác a detailného terénneho mapovania územia v mierke 1 : 500 ako mapa inžinierskogeologickej rajonizácie s plošným vymedzením aktívnych a potenciálnych zosuvov (obr. 3).

Technické práce zahŕňali hĺbenie inžinierskogeologických prieskumných vrtov, dynamické penetračné sondy a prieskumnú kopanú ryhu. Štyri prieskumné vrty overili zloženie zeminy zosuvného delúvia, priebeh šmykových plôch a rozvoľnenú zónu paleogénneho podložia do hĺbky 12 m pod terénom. Vrty boli vystrojené ako monitorovacie na sledovanie zmien hladiny podzemnej vody aktívneho zosuvu. Dynamické penetračné sondy boli v zosuvnom svahu situované na miestach ťažko dostupných pre vrtnú techniku a poskytli doplnkové informácie k inžinierskogeologickým vrtom. Na lokalite sa urobilo päť dynamických penetračných sond do hĺbky 7,0 až 10,5 m. Kopaná prieskumná ryha bola navrhnutá v päte aktívneho zosuvu na okraji Šambronky na zistenie priebehu šmykovej plochy v akumulačnej časti zosuvu do hĺbky 4,2 m.

Detailným mapovaním sa vymedzil plošný rozsah aktívneho zosuvu, jeho hlavné odlučné časti, otvorené ťahové trhliny a bočné obmedzenie. V telese zosuvu sa zistili zamokrené miesta, jazierka a ojedinelé výstupy podzemnej vody vo forme sutinových prameňov.

Podľa používanej klasifikácie svahových pohybov (Nemčok et al., 1974) sledovaný havarijný zosuv zaraďujeme do skupiny zosúvania s rotačnoplanárnym priebehom šmykových plôch. Vznikol reaktivizáciou pohybu v spodnej časti svahu staršieho, potenciálneho zosuvu (obr. 2). Zosúva sa pripovrchová, tektonicky porušená, rozvoľnená a zvetraná časť hutianskeho súvrstvia, ktoré prevažne tvoria ílovcové a ílosiltovcové vrstvy s pieskovcovými polohami, pričom ílovcové vrstvy výrazne prevažujú nad pieskovcovými. Pri prieskumných prácach v období s extrémnymi zrážkami v roku 2002 sa čelo zosuvu posunulo do Šambronky zhruba o 1,0 až 1,5 m, čím sa zúžilo koryto potoka za obecným úradom približne na 1,5 m a vzniklo riziko, že sa potok úplne prehradí a potom vybreží.

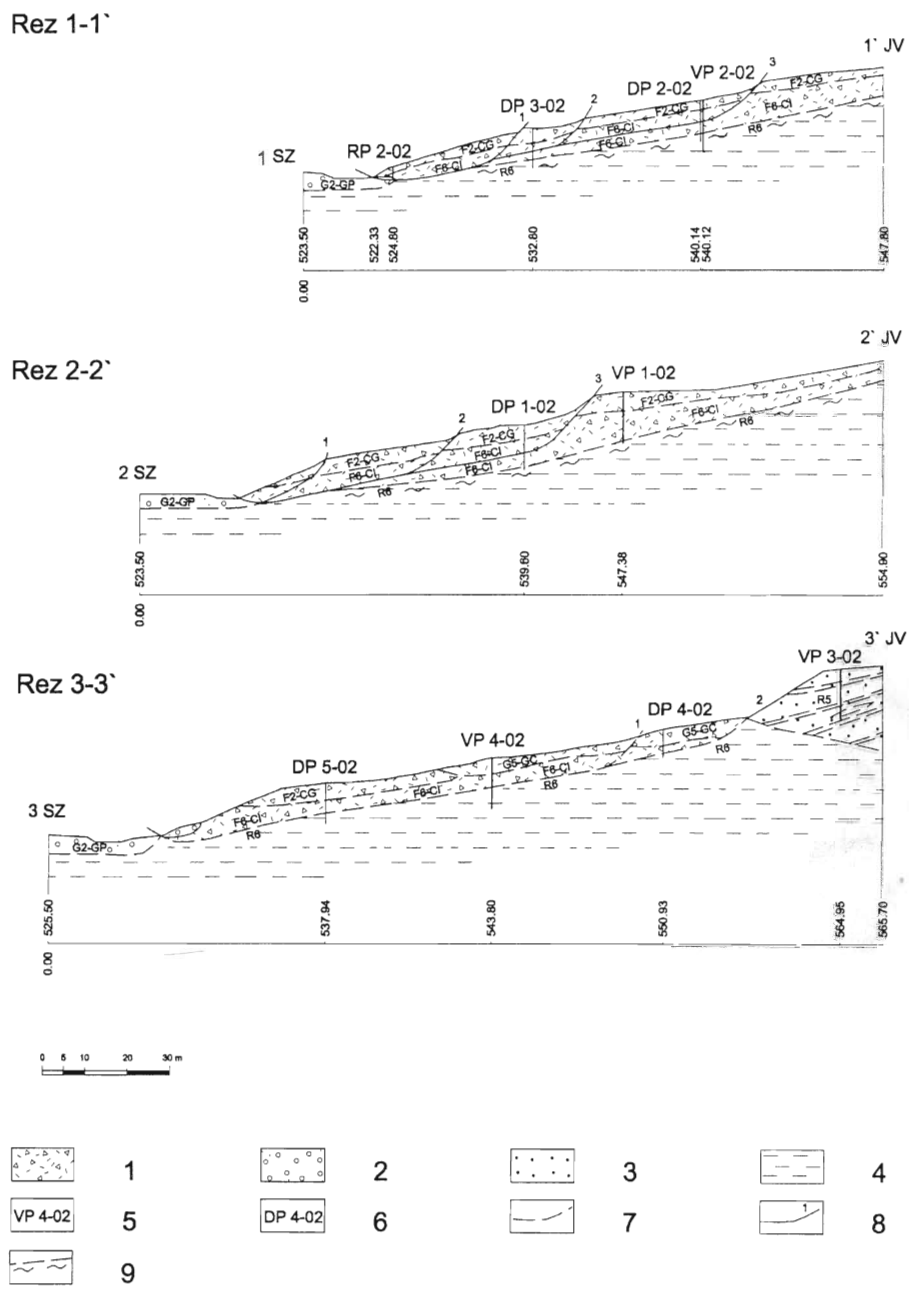
Zemina zosuvného delúvia overená prieskumnými vrtmi a dynamickými penetračnými sondami sa podľa STN 73 1001 zaradila medzi súdržné a nesúdržné zeminy. Zemina v telese aktívneho zosuvu sa vyznačuje variabilným obsahom zvetraných úlomkov paleogénneho pieskovca a ílovca a podľa výsledkov laboratórnych skúšok sa zaradila do triedy F2, symbol CG – íl štrkovitý, F4, symbol CS – íl piesčitý, a triedy F6, symbol CI – íl so strednou plasticitou. Ide o zeminu tuhej a pevnej konzistencie. Zemina s oveľa vyšším percentuálnym obsahom ostrohranných úlomkov paleogénnych hornín má charakter nesúdržnej zeminy triedy G5, symbol GC – štrk ílovitý.

V neporušenej, ale silne zvetranej zóne telies paleogénneho ílovca a pieskovca je poloskalná hornina a na základe makroskopického opisu vrtného jadra sa zaradila do triedy R5 a R6.

Tab. 1
Vypočítané hodnoty stupňa stability aktívneho zosuvu na šmykových plochách
Calculated values of stability degree of active landslide on slip surfaces

| Parameter | Rez 1-1 Hodnoty stupňa stability F na šmykových plochách | | | Rez 2-2 Hodnoty stupňa stability F na šmykových plochách | | | Rez 3-3 Hodnoty stupňa stability F na šmykových plochách | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| $u_o$ | 2,03 | 1,68 | 1,95 | 1,22 | 1,31 | 1,31 | 1,51 | 1,55 |
| $u_1$ | 0,84 | 0,98 | 0,95 | 0,82 | 0,75 | 0,77 | 1,01 | 1,19 |
| $u_2$ | 1,05 | 1,30 | 1,30 | 0,93 | 1,14 | 1,19 | 1,45 | 1,49 |
| $u_2 + N_{opt}$ | 1,44 | 1,59 | 1,49 | 1,92 | 1,58 | 1,46 | | |
| $u_2 + P + N_{opt}$ | | | | 1,82 | 1,56 | 1,44 | | |
| $u_2 + P$ | | | | | | | 1,36 | 1,37 |

$u_o$ – svah bez podzemnej vody, $u_1$ – svah s polovičnou výškou hladiny podzemnej vody, $u_2$ – svah s maximálnou výškou podzemnej vody, $N_{opt}$ – pritaženie stabilizačným násypom, P – náhodné pritaženie svahu
$u_o$ – slope without groundwater, $u_1$ – slope with half level of groundwater, $u_2$ – slope with maximum level of groundwater, $N_{opt}$ – additional load of stabilizing fill, P – random load of slope




**Obr. 4.** Inžinierskogeologické rezy 1 – zemina zosuvného delúvia, 2 – štrkovitá zemina fluviálnych sedimentov, 3 – pieskovcové vrstvy zubereckého súvrstvia, 4 – ílovcové vrstvy hutianskeho súvrstvia, 5 – označenie prieskumného vrtu, 6 – označenie dynamickej penetračnej sondy, 7 – hranica litologických typov zeminy zosuvného delúvia, 8 – šmykové plochy aktívneho zosuvu, 9 – šmykové plochy potenciálneho zosuvu.

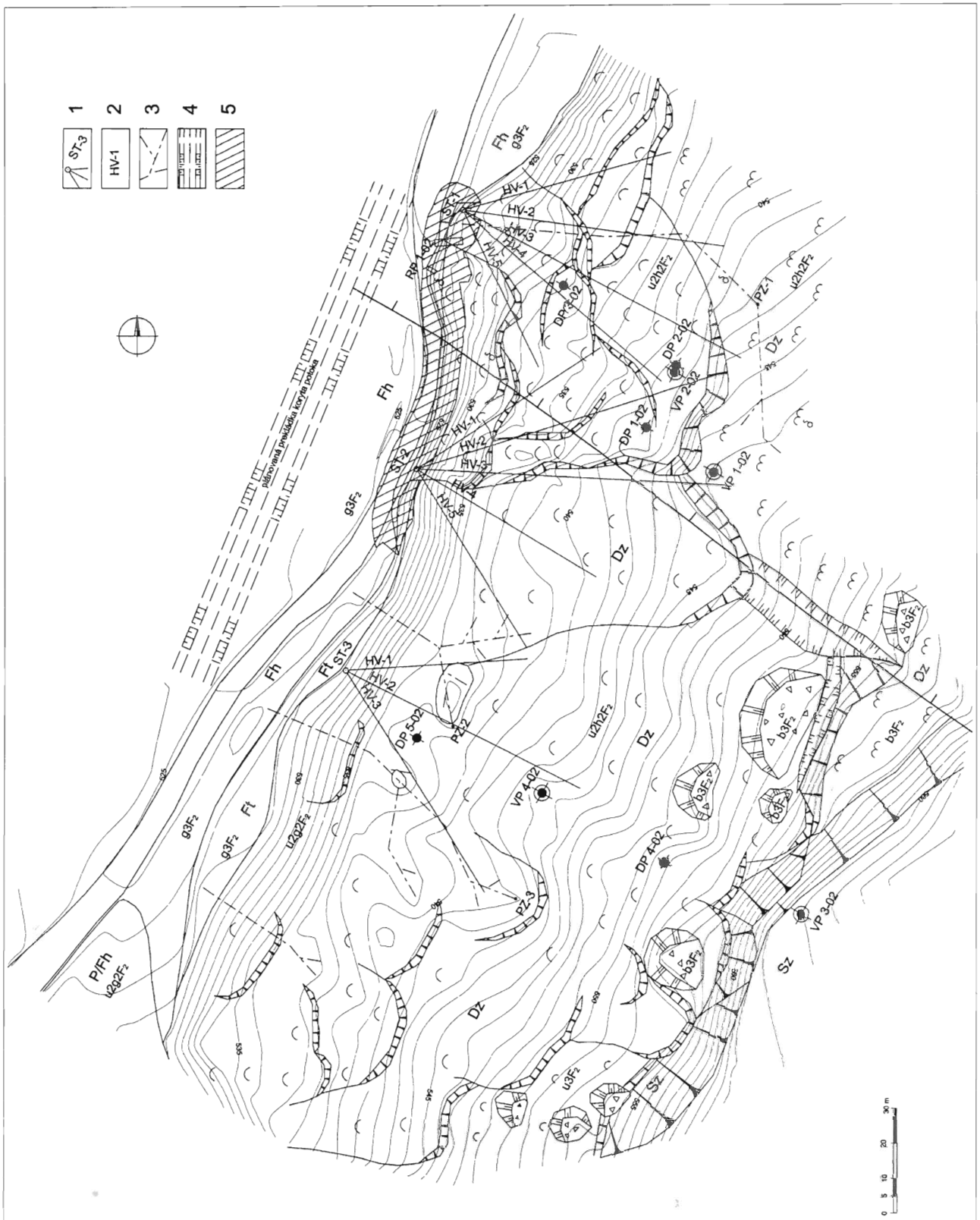
**Fig. 4.** Engineering geological cross-sections. 1 – landslide soils, 2 – gravelly soils of fluvial sediments, 3 – sandstones of Zuberec Formation, 4 – claystones of Huty Formation, 5 – number of investigation borehole, 6 – number of dynamic penetration probe, 7 – lithological boundaries of landslide soil, 8 – slip surfaces of active landslide, 9 – slip surfaces of dormant landslide.

Zemina na čele aktívneho zosuvu na okraji úzkej aluviálnej nivy Šambronky prekryla štrkovité akumulácie dnovej výplne.

Podľa výsledkov vrtov, laboratórnych prác a terénneho mapovania (Spišák et al., l. c.) sa v zostavených inžinierskogeologických rezoch vykreslili šmykové plochy aktívneho a potenciálneho zosuvu (obr. 4). Ich priebeh v severnej časti zosuvného svahu (rez 1-1 a 2-2) poukazuje na hlbší priebeh šmykových plôch potenciálneho zosuvu, pričom šmykové plochy aktivizovaného havarijného zosuvu sú v zosuvnom delúviu potenciálneho zosuvu a iba v spodnej časti svahu je ich priebeh zhodný s jeho bazálnou šmykovou plochou. Zostavený rez v južnej časti zosuvného svahu (rez 3-3) poukazuje na priebeh šmykových plôch aktívneho zosuvu na rozhraní zosuvného delúvia a silne zvetranej zóny paleogénneho podložia v hĺbke cca 5.0 až 6.0 m pod povrchom terénu.

Na výpočet stability svahu havarijného zosuvu sa použil program GEO 4 STABILITA na polygonálnych šmykových plochách metódou Sarmu. Pri šmykových parametroch zeminy aktívneho zosuvu sme vychádzali z výsledkov laboratórne stanovených reziduálnych parametrov, pričom hodnoty reziduálneho uhla vnútorného trenia $\varphi_{rez} = 17°$ a reziduálnej súdržnosti $c_{rez} = 0$ kPa sú reálne a zodpovedajú súčasnej aktivite zosuvu pri priemernej hodnote objemovej tiaže zemín zosuvného delúvia $\gamma = 21{,}0$ kN.m$^{-3}$.

Pri výpočte stupňa stability aktívneho zosuvu na šmykových plochách sa brala do úvahy zistená úroveň hladiny




**Obr. 5.** Návrh sanačných prác. 1 – stanovisko odvodňovacích vrtov, 2 – označenie odvodňovacieho vrtu, 3 – plytká podpovrchová drenáž, 4 – projektovaná prekládka koryta potoka, 5 – stabilizačný štrkovitý násyp.

**Fig. 5.** Proposal of remedial works. 1 – site of drainage boreholes, 2 – number of drainage borehole, 3 – shallow underground drainage system, 4 – designed river realignment, 5 – gravelly stabilizing fill.

Tab. 2
Návrh parametrov subhorizontálnych odvodňovacích vrtov
Designed parameters of drainage boreholes

| St-1, ústie vrtu 524.5 m n. m. | | | ST-2, ústie vrtu 525.0 m n. m. | | | ST-3, ústie vrtu 528.0 m n. m. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vrt | Dĺžka (m) | Sklon (°) | Vrt | Dĺžka (m) | Sklon (°) | Vrt | Dĺžka (m) | Sklon (°) |
| HV-1 | 60 | 7 | HV-1 | 60 | 7 | HV-1 | 50 | 8 |
| HV-2 | 75 | 7 | HV-2 | 90 | 7 | HV-2 | 75 | 9 |
| HV-3 | 90 | 8 | HV-3 | 90 | 10 | HV-3 | 75 | 7 |
| HV-4 | 75 | 8 | HV-4 | 60 | 10 | | | |
| HV-5 | 50 | 8 | HV-5 | 60 | 10 | | | |

podzemnej vody v prieskumných vrtoch pri ich hĺbení vyjadrená parametrom $u_1$ – svah nasýtený vodou, resp. modelové situácie výpočtu pri svahu bez vplyvu podzemnej vody vyjadrené parametrom $u_0$ – svah bez vody, a pri znížení hladiny podzemnej vody na polovičnú výšku hladiny podzemnej vody zistenej pri prieskumných vrtoch vyjadrenú parametrom $u_2$ – svah so zníženou hladinou vody. Zo zisteného stupňa stability na šmykových plochách v troch zostavených inžinierskogeologických rezoch (tab. 1) je zreteľný vplyv výšky hladiny podzemnej vody v zosuvnom svahu na jeho celkovú stabilitu a zo zisteného stupňa stability F za kritické považujeme hodnoty $F \leq 1,0$, pričom v zmysle STN 73 6101 za stabilitne nedostatočné treba pokladať hodnoty $F \leq 1,1–1,2$. Pri modelovom výpočte stupňa stability s polovičnou výškou hladiny podzemnej vody a s priťažením päty svahu stabilizačným násypom, vyjadreným parametrom $N_{opt}$, ktoré berú do úvahy účinnosť stabilizačných opatrení aktívneho zosuvu, sa dosiahli hodnoty stupňa stability F na šmykových plochách od 1,44 do 1,92. Z hľadiska dlhodobej stability svahu pri dodržaní parametrov navrhovaných stabilizačných opatrení sú uvedené hodnoty stupňa stability dostatočné. Vplyv náhodného priťaženia svahu snehovou pokrývkou vo výpočtoch vyjadrený parametrom P sa na dosiahnutých hodnotách stupňa stability prejavuje iba minimálne.

## Návrh sanácie zosuvu

Návrh sanácie aktívneho zosuvu vychádzal z výsledkov prieskumu na lokalite a z dosiahnuteho stupňa stability. Ako optimálny variant sanácie svahu sa navrhol systém podpovrchového odvodnenia subhorizontálnymi vrtmi a odvedenie povrchovej vody systémom plytkej podpovrchovej drenáže. V severnej časti havarijného zosuvu bol v päte svahu navrhnutý stabilizačný násyp z hrubého lomového kameňa (obr. 5).

Systém stabilizácie svahu pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov je založený na vejárovite usporiadaných vrtoch z jedného vrtného stanovišťa, pričom počet stanovíšť a vejárovite usporiadaných vrtov na každom stanovišti zodpovedá rozsahu porušeného územia a zisteným hydrogeologickým pomerom územia. Sklon vrtov sa volil tak, aby zachytili zvodnené časti podložia. Počet navrhovaných subhorizontálnych vrtov z jednotlivých stanovíšť a ich navrhované parametre sú v tab. 2. Spolu sa na lokalite navrhlo 910 m subhorizontálnych odvodňovacích vrtov.

Na odvodnenie zamokrených bezodtokových depresií a jazierok v telese zosuvu odporúčame použiť systém plytkej podpovrchovej hydromelioračnej drenáže v kombinácii s pramennými záchytkami. V zosuvnom svahu sa navrhli tri pramenné záchytky v najmokrenejších miestach terénu a odvedenie zachytenej vody plytkou hydromelioračnou drenážou až po zaústenie do aluviálnych náplavov Šambronky. Celková dĺžka navrhovanej plytkej hydromelioračnej drenáže je 440 m.

Na zabezpečenie dlhodobej stability svahu sa na základe zistenia stupňa stability v severnej časti aktívneho zosuvu navrhol stabilizačný násyp z hrubého lomového kameňa. Vzhľadom na to, že správca toku Šambronky v uznesení okresnej havarijnej komisie jednoznačne trvá na vrátení koryta potoka do pôvodnej nivelety, v päte svahu po jeho preložení vznikne na vybudovanie navrhovaného násypu dostatočný priestor.

Po realizácii uvedených sanačných prvkov sa navrhla úprava zosúvaním porušeného terénu nad potokom niekoľkými terasovite usporiadanými stupňami, pričom by upravené stupne rešpektovali dnešnú konfiguráciu terénu. Súčasne sa navrhlo na celom svahu vysadiť vhodné dreviny resp. kroviny s vysokou schopnosťou transpirácie podzemnej vody a so spevňujúcim účinkom koreňového systému. Takto upravený povrch zosuvného svahu sa dá využiť aj ako oddychová zóna na okraji intravilánu so zaujímavou panorámou obce a jej okolia.

## Záver

Rozsah a postup prác orientačného inžinierskogeologického prieskumu havarijného zosuvu v Plavnici (Spišák et al., l. c.) vychádzal zo schváleného projektu geologickej úlohy financovanej z prostriedkov štátneho rozpočtu SR. Zostavená účelová mapa inžinierskogeologickej rajonizácie v mierke 1 : 5000 dokumentuje existenciu aktívnych a potenciálnych zosuvov v širšom okolí obce a to, že ich výskyt je priamo podmienený geologickou stavbou a tektonickým vývojom územia. Detailným mapovaním aktívneho zosuvu na pravej strane Šambronky a technickými prácami sa vymedzil jeho plošný rozsah, priebeh šmykových plôch a bazálne šmykové plochy staršieho,

potenciálneho zosuvu. Prieskumné inžinierskogeologické vrty boli doplnené dynamickými penetračnými sondami a podľa priebehu kriviek špecifického dynamického odporu na hrote penetračného súčyčia bolo možno jednoznačne identifikovať priebeh šmykových plôch aktívneho a potenciálneho zosuvu na rozhraní zeminy zosuvného delúvia a paleogénneho podložia. Vypočítaný stupeň stability jednotlivých šmykových plôch poukazuje na to, že na stabilitu zosuvného svahu má rozhodujúci vplyv výška hladiny podzemnej vody. Podľa výsledkov prác sa navrhla optimálna sanácia havarijného zosuvu systémom hĺbkového odvodnenia svahu subhorizontálnymi vrtmi, povrchovým odvodnením zamokrených častí územia plytkou drenážou a vybudovaním stabilizačného násypu v päte aktívneho zosuvu. Celkové náklady na sanačné práce predstavujú zhruba osem miliónov korún.

## Literatúra


Gross, P., Buček, S., Ďurkovič, T., Filo, I., Maglay, J., Halouzka, R., Karoli, S., Nagy, A., Spišák, Z., Žec, B., Vozár, J., Borza, V., Lukáčik, E., Janočko, J., Jetel, J., Kubeš, P., Kováčik, M., Žáková, E., Mello, J., Polák, M., Siráňová, Z., Samuel, O., Snopková, P., Raková, J., Zlinská, A., Vozárová, A., & Žecová, K., 1999: Vysvetlivky ku geologickej mape Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny. *Manuskript – archív GSSR Bratislava.*

Kováčik, M., & Kováčiková, M., 1988: Špeciálna inžinierskogeologická mapa 1 : 10 000 údolia Popradu (úsek Stará Ľubovňa – štátna hranica PĽR). *Manuskript – archív GSSR Bratislava.*

Mazúr, E., & Lukniš, M., 1980: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. *Bratislava, Vyd. Slov. kartografie.*

Nemčok, A., Pašek, J., & Rybář, J., 1974: Členení svahových pohybu. *Sbor. geol. věd, ř. HG, 77–97*

Spišák, Z., Varga, M., & Petercová, A., 2002: Plavnica – havarijný zosuv pôdy *Manuskript – archív GSSR Bratislava, 51*


# Emergency state of landslide at Plavnica village and suggestion of its remedy


In the recent geomorphological and climatic conditions in regions built by flysch rocks the rainfall represents one of main natural factors of origin and activation of slope movements of the landslide type. The rainfalls in slopes being disturbed by landsliding cause the increase of underground water level with negative upward force effects, next they cause the additional load on the slope by saturation of soil of sliding deluvium as well as the degradation of physical-mechanical conditions along the slip planes. The increase of flow capacity of surface streams causes the erosion of accumulation parts of landslides reaching the stream channel which decompresses the slope toe and diminishes the passive shear forces restraining the slope movement.

In 2001 after the extreme rainfalls in several parts of the Stará Ľubovňa district the numerous landslides were activated and the local infrastructure was damaged. At the margin of internal settlement of the Plavnica village at the right side of the Šambronka stream the old potential landslide was activated partially damming the stream which consequently leaved its original channel. The originated situation was acclaimed as emergency state and for the realization of engineering-geological survey the financial sources from the state budget of the Slovak Republic were allocated.

The geological setting of the wider surrounding of emergency landslide is built by the Paleogene formations of Subtatric Group and Quaternary sediments. The Paleogene formations are represented by flysch rocks of the Zuberec and Huty Formations, Quaternary sediments are represented by fluvial, proluvial and deluvial sediments as well as the sediments of landslide deluvium.

In the frame of realized survey of wider surrounding of the emergency landslide the purpose map of engineering-geological zoning was compiled in the scale 1 : 5000 (Fig. 2), describing the particular zones and existing slope deformations. The purpose engineering-geological map of slope deformations in the scale 1 : 500 was based on results of realized technical works and detail field mapping (Fig. 3). The course of slip planes of active landslide was verified by core drills and dynamic penetration probes. In verified slip planes in three cuts of landslide slope the stability degree was computed, modelling various levels of underground water in slope, its possible loading and the loading of slope toe by stabilizing fill. Accounting the results of realized works the remediation of emergency landslide was suggested by the deep slope dewatering by subhorizontal drills, by dewatering of fen places by shallow drainage and building the stabilizing fill on the landslide toe.

Mineralia Slovaca, 37 (2005), 579–582

ŠKOLA GENETICKEJ PETROGRAFIE

# Rodingity – zriedkavé horniny. Ako vznikli?

DUŠAN HOVORKA[1] a JÁN SPIŠIAK[2]

[1]Fakulta prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa, Trieda A. Hlinku 1, 949 01 Nitra
[2]Geologický ústav SAV, Severná 5, 974 01 Banská Bystrica

(Doručené 26. 11. 2004)

**Rodingites: Seldom rock types; How did they originate?**

Presented paper is of a review type. In the Western Carpathians the rodingites occur in different geological positions (Hovorka et al., 1985) and in the following stratigraphical ranking: a) rodingites associated with antigorite serpentinite bodies located within metamorphic complexes, and b) rodingites associated with lizardite-chrysotile serpentinites of the Mesozoic ranking. The authors present the nowadays information dealing with the size and shape of rodingite bodies, their internal structure, mineral composition as well as ideas of their origin.

In the set of rodingite bodies of the b) category, the body at Danková near Dobšiná is known for its polymetalic (Fe-Cu-Pb-Zn) mineralization (Háber and Hovorka, 1981). The mentioned body we consider to be the pilot mineralized rodingite body

**Key words:** rodingite, review of the problematic, Danková – pilot mineralized rodingite body

## Úvod

V súlade so zmenou názorov na spôsob prieniku ultrabázických vrchnoplášťových hmôt do vrchnej časti kontinentálnej kôry, najmä do ultramafických masívov, ktoré sú súčasťou ofiolitových komplexov, sa postupne menili aj predstavy o procesoch sprevádzajúcich ich hydratáciu. Súčasne sa všeobecne prijíma tektonické umiestňovanie (obdukcia) ofiolitových komplexov na kontinentálnu kôru, pričom niektoré z nich svojou kinetickou a podmienene aj termickou energiou (frikčné teplo) ovplyvnili podložné horninové komplexy ako horúca žehlička. Tieto javy sú známe napr. z Venezuely (McKenzie, 1960), z oblasti masívu Brezovica v Srbsku (Karamata, 1968) a z iných ofiolitových masívov. Ďalšie príklady uvádza napr. monografia Colemana (1977). Tieto typy vniku metamorfitov granulitovej fácie s prechodom do nižšie temperovaných metamorfných fácií, pričom ich vzájomný prechod je pozorovateľný na vzdialenosť prvých resp. prvých desiatok metrov, sa v posledných decéniách jednoznačne odlišujú od hornín tvorených nízkoteplotnými minerálnymi asociáciami. Nízkoteplotné minerálne asociácie vznikli metasomatickými procesmi na periférii serpentinizovaných ultramafických masívov alebo priamo v nich. Predstavy o ofiolitoch vychádzajúce z koncepcie platňovej tektoniky poskytujú nové aspekty, vyplývajúce najmä z vývoja spodných častí kompletne vyvinutých ofiolitových komplexov.

Medzi aktuálne otázky ofiolitov patrí aj problematika vápenatosilikátových hornín, ktoré sa v minulosti označovali rozlične. Tieto sa v posledných desaťročiach všade vo svete označujú ako rodingity.

Ďalej podávame stručný prehľad problematiky ich geologického vystupovania, minerálneho obsahu a z neho vyplývajúceho chemického zloženia resp. aj ich vzniku.

## Rodingit – pôvod a obsah termínu

Termín rodingit prvý použil Bell et al. (1911, in Coleman, 1967) na pomenovanie hornín z oblasti Roding Pass resp. z hornej časti údolia rieky Roding na Novom Zélande vystupujúcich v exokontakte serpentinizovaného peridotitového telesa. Podľa opisu z tejto klasickej lokality ide o horniny tvorené Ca-Al a Ca-Mg silikátovými minerálmi, najmä grosulárom a hydrogrosulárom, vezuviánom, diopsidom, minerálmi epidotovo-zoisitovej skupiny, chloritom, prehnitom a i. V nasledujúcom období sa názov rodingit neujal a opätovne sa začal používať až v období predstáv o globálnej tektonike a s ňou súvisiacimi teóriami obdukcie oceánskej litosféry resp. litosféry zaoblúkových bazénov alebo nezrelých ostrovných oblúkov na kôru kontinentov. Podľa v súčasnosti prevládajúcich predstáv kôra a najvrchnejšia časť vrchného plášťa spomenutej proveniencie predstavujú vertikálne stratifikovaný kompletný ofiolitový komplex.

Najmä v minulosti boli rozličné, v podstate synonymné názvy hornín zahŕňaných súčasne do skupiny rodingitov. Najčastejšie sa používali názvy (Bloxham, 1954; Bilgrami a Howie, 1960; Coleman, 1967, a i.): granaticko-vezuviánové rohovce, granatizované gabrá, skarny, kontaktno-metasomatické silikátovo-vápenaté rohovce a i.

Podľa súčasných predstáv (Thayer, 1966; Coleman, 1977; Schandl et al., 1989; Mittwede a Schandl, 1992;

Dubińska, 1995) sú rodingity horniny vzniknuvšie metasomatickými procesmi, ktoré sa geneticky viažu na serpentinizačné procesy. Ako ich protolit sa opísali rozličné typy sedimentov (droba, vápenec, bridlica), ako aj eruptív – gabier, doleritov, bazaltov, granitov a i. Sú to spravidla jemnozrnité až hrubozrnité na Ca bohaté a Si nedosýtené prevažne všesmerne orientované (masívne) horniny priestorovo aj geneticky späté so silne serpentinizovanými peridotitmi až serpentinitmi. Pre genézu rodingitov je dôležité zistenie Bilgramiho a Howieho (1960), že telesá gabier lokalizované v serpentinizovaných peridotitoch sú rodingitizované, kým lokalizované v peridotitoch sú nepremenené. Charakteristická je ich minerálna i textúrna inhomogenita, variabilnosť sfarbenia, často pozorovaná polyfázovosť vzniku výslednej minerálnej asociácie horniny a i. Rodingity sa vyskytujú aj na súčasnom dne svetového oceána (Honnorez a Kirst, 1975) a sú známe aj zo serpentinizovaných peridotitov/serpentinitov vystupujúcich v archaických (Anhaeusser, 1970) až mladokenozoických horninových sekvenciách.

## Forma rodingitových telies

– Rodingity majú najčastejšie tvar doskovitých telies hrubých desiatky cm až prvých metrov vystupujúcich priamo v telesách serpentinizovaných peridotitov (serpentinitov).

Okrem uvedených foriem sú známe nasledujúce výskyty:

– Rodingitové telesá tvaru prevažne oválnych uzavrenín (xenolitov) v serpentinitoch v objeme niekoľkých $dm^3$ až prvých $m^3$. Aj v takom prípade je ich styk s obklopujúcimi serpentinitmi ostrý, miestami neskôr tektonizovaný. Pri väčších uzavreninách v nich miestami možno pozorovať znaky textúrnej resp. minerálnej zonálnosti, pričom sa v centrálnej časti xenolitov zachovali ešte reliktné textúrne znaky alebo relikty minerálnej asociácie eduktu rodingitu, t. j. peridotitov.

– Rodingity sa vykytujú aj v podobe lemu na exokontakte serpentinizovaných peridotitov. V takom prípade často vidno postupné zmeny ich minerálneho zloženia, miestami až do zloženia pôvodných hornín. Ani pri rodingitových výskytoch tohto typu ich hrúbka neprekračuje prvé metre.

V zóne medzi serpentinitom a rodingitom býva často vyvinutá *blackwallová* zóna, ktorú tvorí tremolit, mastenec, Mg chlorit a i., spravidla iba centimetrovej hrúbky.

## Súčasné predstavy o genéze rodingitov

I. 1. Jednou z podstatne zastúpených minerálnych fáz v peridotitoch ofiolitových komplexov je klinopyroxén. Na jeho zložení sa zúčastňuje aj oxid vápenatý. Pri serpentinizácii/hydratácii minerálnych fáz peridotitov – procese, ktorý má selektívny priebeh (Ol → Opx → Cpx), na úkor uvedených „suchých" silikátov vzniká lizardit, chryzotil a magnetit alebo aj brucit a mastenec. Ani jeden z týchto produktov hydratácie peridotitu neobsahuje Ca, ktorý je v tomto procese „nadbytočným" katiónom. Ca pri hydratácii peridotitových masívov roztoky vynášajú na okraje alebo do okolitých hornín. Na svojej ceste reaguje s minerálmi jestvujúcich hornín za vzniku minerálov prevažne s vysokým obsahom Ca. Priebeh tohto procesu dokumentuje aj často pozorovaná zonálna výplň metasomaticky menených hornín, v ktorých smerom od zdroja intenzita Ca metasomatózy klesá. V exokontaktoch sa ešte miestami zachovali relikty pôvodných minerálov resp. textúrnych znakov. Hydratácia peridotitov môže prebiehať v rozličných štádiách ich umiestňovania vo vrchnej časti kontinentálnej kôry. Hydratácia je v mnohých prípadoch dokumentovateľne polyfázový proces, ale môže prebiehať aj synchrónne s tektonickým transportom ofiolitových komplexov. Preto na styku serpentinizovaných telies ofiolitov často vidieť „oddeľovanie" na exokontakte vzniknutých rodingitov. V takom prípade sú telesá serpentinoitov v priamom styku s okolitými nemetamorfovanými sedimentmi alebo metamorfitmi.

II. Osobitným prípadom vzťahu medzi serpentinitovým telesom a okolitými metamorfovanými horninami je, keď sa ultrabázické teleso (po uplatnení sa serpentinizačných procesov) metamorfovalo spolu s horninovým prostredím. Vtedy na leme ultrabázických telies vznikala reakčno-metasomatická zóna označovaná ako *blackwall*. Podľa panujúcich pT podmienok metamorfnej rekryštalizácie sa táto zóna vyznačuje charakteristickou minerálnou náplňou a zonálnou stavbou s postupným vyznievaním do okolitého prostredia.

Túto problematiku u nás detailne rieši práca Hovorku (1965), v ktorej sú aj ďalšie zdroje informácií.

III. 2. Časť autorov (najmä v minulosti), napr. De (1972) a Hall a Ahmed (1984), uznávala predpoklad, že pri vzniku rodingitov boli najmä zdroje Ca mimo ultrabázických telies.

Proti takejto interpretácie svedčia nasledujúce zistenia:

IV. – Niektoré šošovkovité telesá rodingitov vystupujú priamo v serpentinitových telesách. Prípadný prínos Ca do prostredia serpentinitu by sa v ňom musel prejaviť zónami intenzívnej postserpentinizačnej vápnitej metasomatózy, a to aj prípadným vznikom Ca silikátových minerálov. Ale takéto javy sme v západokarpatských telesách serpentinitov rozličnej geologickej pozície nikde nezistili.

V. – Keď sa rodingity vyskytujú v exokontaktoch serpentinitových telies, intenzita vápnitej metasomatózy klesá od serpentinitu do okolitého prostredia. V prípade „vonkajšieho" zdroja Ca by nastal opačný jav – najintenzívnejšie by sa premenili vonkajšie (exokontaktné) polohy telesa rodingitu.

VI. – Procesy Ca metasomatózy v okolitých horninách vo väčšej vzdialenosti od serpentinitových telies (a to ani v prípade ich pozície *in situ* v danom horninovom prostredí) sa vo svetovej literatúre nikdy nespomínajú.

VII. 3. Pred vznikom novej globálnej tektoniky niektorí autori rodingity opísali ako kontaktnometasomatické rohovce. Takúto predstavu v západokarpatskej literatúre detailne rozpracoval J. Kamenický (1957) pri rodingitoch v telese na Dankovej. Naše mikroskopické štúdium základné zistenia tohto autora (l. c.) o minerálnom zložení inkriminovaných hornín potvrdilo, ale odlišne interpretujeme vznik týchto hornín (Háber a Hovorka, 1981; Hovorka et al., 1985) a pokladáme ich za typické rodingity.

## Minerálne zloženie rodingitov

Rodingity sú prevažne makroskopicky afanitické alebo veľmi jemnozrnité horniny. Charakteristická pre ne je inhomogenita v zastúpení prítomných minerálnych fáz, čo miestami spôsobuje nehomogénne, spravidla políčkovité alebo škvrnité (celkovo však svetlé) sfarbenie týchto hornín.

Intenzita serpentinizácie a s ňou späté množstvo migrujúceho (v roztoku odnášaného) Ca (ktorého množstvo v prvom rade závisí od obsahu klinopyroxénu v serpentinizovanej hornine) spolu s panujúcimi pT podmienkami tvoria aj výslednú minerálnu asociáciu rodingitov. V rodingitoch sa spravidla vyskytujú:

– Reliktné fázy pôvodnej horniny eruptívneho, metamorfného resp. sedimentárneho pôvodu (kremeň, plagioklasy, tmavá sľuda, zirkón, rutil, serpentínové minerály, magnetit a i.). V prípade vyvinutej alebo pozorovanej zonality rodingitových telies sa tieto reliktné minerály koncentrujú najmä v centrálnej časti rodingitov a/alebo sa priestorovo viažu na vonkajšie časti rodingitových telies typu c. Pritom je kvantitatívny podiel medzi reliktnými a novotvorenými fázami výrazne variabilný.

– Asociáciu metasomatických novotvarov reprezentuje najmä vezuvián, hydrogrosulár, klinopyroxén, minerály epidotovo-zoisitovej skupiny, chlorit, amfibol, prehnit a i. Pri niektorých rodingitových telesách možno pozorovať niekoľko etáp tvorby výslednej minerálnej asociácie. Minerálne fázy najmladšej genézy tvoria výplň spravidla monominerálnych žiliek, ktoré pretínajú samotný rodingit alebo aj pokračujú do okolitého horninového prostredia.

– Osobitným typom rodingitov sú ich zrudnené variety, známe napr. z Dankovej pri Dobšinej (Háber a Hovorka, 1981). Rudnú asociáciu reprezentujú najmä sulfidy Fe, Cu, Pb a Zn, s ktorými na žilkách vystupuje aj kalcit, chlorit a i. Podľa týchto autorov (l. c.) bol zdrojom kovov prekurzor (protolit = slienitý vápenec, vápenec) rodingitov, v ktorom sa pri rodingitizácii mobilizovali a lokálne preskupili rudné prvky za vzniku nepravidelných hniezd až žiliek so zvýšeným obsahom minerálov uvedených kovových prvkov. Týmto zistením sa rodingit z Dankovej stal prototypom zrudneného typu rodingitu (l. c.).

Táto práca vznikla za finančnej podpory grantového projektu VEGA 0203 a 3179.

## Literatúra


Anahaeusser, C. R., 1970: Rodingite occurrences in some Archean ultramafic complexes in the Barbetorton Mountain Land, South Africa. *Precambrian Res., 8, 49–76.*

Bilgrami, S. A., & Howie, R. A., 1960: The mineralogy and petrology of a rodingite dyke, Hindubagh, Pakistan. *Amer. Mineralogist, 45, 791–801*

Bloxham, T. W., 1954: Rodingite from the Girvan-Ballantrae Complex, Ayrshire. *Mineral. Mag., 30, 227 525–528.*

Coleman, R. G., 1967: Low-temperature reaction zones and Alpine ultramafic rocks of California, Oregon and Washington. *Geol. Surv Bull. (Washington), 1247 49.*

Coleman, R. G., 1977: Ophiolites. *Springer, 229.*

De, A., 1972. Petrology of dykes emplaced in the ultramafic rocks of southeastern Quebec and origin of rodingite. *Geol. Soc Amer. Memoir, 132, 489–501*

Dubińska, E., 1995: Rodingites of the eastern part of the Jordanów-Gogolów serpentinite massif, Lower Silezia, Poland. *Canad. Mineralogist, 33, 585–608.*

Háber, M., & Hovorka, D., 1981 Ore mineralization on the contact of an Alpine-type ultrabasic body (Danková, Spišsko-gemerské rudohorie Mts., West Carpathians). *Geol. Zbor Geol. carpath., 32, 1, 91–111*

Hall, A., & Ahmed, Z., 1984: Rare earth content and origin of rodingites. *Chem. d. Erde, 45–56.*

Honnorez, J., & Kirst, P., 1975: Petrology of rodingites from the Equatorial mid-Atlantic fracture zones and their geotectonic significance. *Contr Mineral. Petrology, 49, 233–257*

Hovorka, D., 1965: Serpentinity kohútskeho kryštalinika a ich metamorfné produkty. *Acta geol. geogr Univ Comen., Geol., 9, 91–140.*

Hovorka, D., Ivan, P., Jaroš, J., Kratochvíl, M., Reichwalder, P., Rojkovič, I., Spišiak, J., & Turanová, L., 1985: Ultramafic rocks of the Western Carpathians, Czechoslovakia. *Bratislava, GÚDŠ, 258.*

Kamenický, J., 1957: Serpentinity, diabázy a glaukofanické horniny triasu Spišsko-gemerského rudohoria. *Geol. Práce, Zoš., 45, 3–71*

Karamata, S., 1968: Zonality in contact metamorphic rocks around the ultramafic mass of Brezovica (Serbia, Yugoslavia) *IGC 23rd, Proc 1, 197–208, Praha.*

McKenzie, A. B., 1960: High-temperature Alpine-type peridotite from Venezuela. *Geol. Soc. Amer Bull., 71 303–318.*

Mittwede, S. K., & Schandl, E. S., 1992: Rodingites from the southern Appalachian Piedmont, South Carolina, USA. *Eur. J. Mineral., 4, 7–16.*

Schandl, E. S., O'Hanley, D. S., & Wicks, F. J., 1989: Rodingites in serpentinized ultramafic rocks of the Abitibi greenstone belt, Ontario. *Canad. Mineralogist, 27 579–591*

Thayer, T. P., 1967: Chemical and structural relations of ultramafic and feldspathic rocks in Alpine intrusive complexes. *In: P. J. Wyllie (ed.): Ultramafic and related rocks, Wiley, 222–238.*


# Rodingites: Seldom rock types; How did they originate?


Ophiolite complexes became one of the most important aspects of the new global tectonics. Concentrated effort of geoscientists of various specialities just on the problematic of ophiolites yielded to description of different processes genetically bounded to the ophiolites. Among accompanying problems the calcium-silica rocks spatially connected with the serpentinized ultramafic horizons of the ophiolite complexes became intensively studied.

After the introduction of the rock-name rodingite (Roding river, New Zealand: Bell et al., 1911 in Coleman, 1977) consequently it was not used. It starts to be frequently used just in connection with ophiolites problematic.

Rodingites occur: a) as the bodies in serpentinized peridotites/serpentinites, or b) they form exocontact zones of mentioned massifs. Thickness of individual rodingite bodies is mostly small, it varies between several centimetres and first metres. Characteristic feature is that they occur only in strongly/totally serpentinized peridotites, never in fresh ones.

Nowadays the majority of authors dealing with the problematic reached opinion, that rodingites are products of metasomatic processes, namely migration of Ca liberated from serpentinized clinopyroxenes and amphiboles. Calcium reacts with various rodingite protoliths, which are greywackes, gabbros, dolerites, basalts, and even limestones and granites.

Based on the intensity of calcium metasomatism and character of rodingite protoliths the association of vesuvianite, Ca-garnet, diopside, epidote-group minerals, prehnite, chlorite, etc., originates. Quantitative proportions of mentioned phases and relic phases of the protolith significantly vary. So resulted mineral associations based on their quantitative proportions should be classified in broad spectrum of names.

Rodingites occur also in the Western Carpathians. They are bound to lizardite-chrysotile serpentinites being integral part of the Mesozoic Meliata Unit of the Inner Western Carpathians as well as bodies located within antigorite serpentinite bodies of the Carboniferous age (Háber and Hovorka, 1981; Hovorka et al., 1985). Rodingites within serpentinite bodies at Danková near Dobšiná town are characterized by their polymetallic (Fe-Cu-Pb-Zn) mineralization of disseminated as well as veiny types. So the Danková rodingite occurrence seems to be the type locality of the polymetalic ores bearing rodingite.

GeoVestník

Informačný spravodajca pre geológiu, baníctvo, upravníctvo a životné prostredie

Príloha časopisu Mineralia Slovaca, ročník 37, číslo 4

## Obsah

Úvaha o vede ..... 1
Komu a čomu prispieva lobing v geológii ..... 3
Syntetická výroba kuprorivaitu ($CaCuSi_4O_{10}$) v staroveku ..... 5
Medzinárodné sympózium o ostrakódach ISO 15 v Berlíne ..... 7
Geochémia 2005 ..... 7
Erráta ..... 8

# Úvaha o vede

**(vedec, vedecký výskum, etika vo vede, prezentácia výsledkov, popularizácia vedy)**

DUŠAN HOVORKA

Prírodovedecká fakulta UK, Katedra mineralógie a petrológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

## Úvod

Každá ľudská činnosť – duševná aj fyzická – sa posudzuje podľa jej výsledkov. Po rokoch už nikoho nezaujíma, za akých podmienok a ako dlho a ťažko sa nová myšlienka, skutočnosť či objav rodili alebo ako a pri akých nákladoch sa istá naplno funkčná unikátna stavba pripravila a postavila. Ústna či písomná prezentácia výsledkov vedeckého bádania v kontexte ostatnej ľudskej tvorivej činnosti má aj isté špecifiká a niektoré z nich v tomto príspevku uvádzam. Pri ich výbere a formulovaní som sa v prvom rade oprel o svoje takmer polstoročné pôsobenie na Univerzite Komenského v Bratislave.

Nasledujúcu úvahu o niektorých aktuálnych otázkach uvedených v záhlaví adresujem v prvom rade mladým adeptom vedy, ktorí sa svojou budúcou vedeckovýskumnou činnosťou a publikovaním jej výsledkov zaradia medzi ostatných autorov. Všetkým želám, aby sa im štart vydaril.

## Okruhy problematiky

I. Osobnostné predpoklady pracovať vo vedeckom výskume
II. Príprava na vedeckú prácu
III. Vedec – člen vedeckej komunity
IV Prezentovanie výsledkov

## I. Osobnostné predpoklady pracovať vo vedeckom výskume

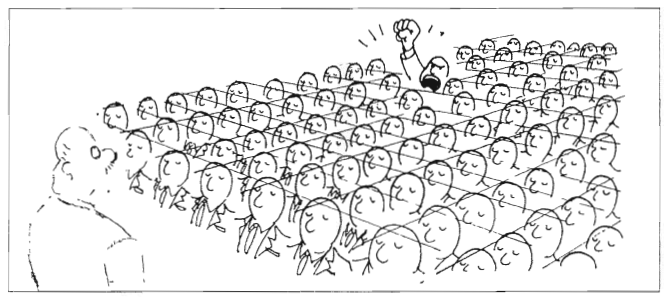
Na dosiahnutie nadpriemernej úrovne v každej ľudskej činnosti je nevyhnutné dlhodobé úsilie jednotlivca. Platí to všeobecne a ešte vo väčšej miere vo vedeckovýskumnej oblasti. To musí mať na pamäti každý adept takejto činnosti, ktorá väčšinou býva nielen celoživotným zamestnaním, ale zároveň aj poslaním. „Celoživotnosť" pôsobenia podčiarkujem osobitne, lebo ťažko si možno predstaviť, aby sa do vedeckej práce perspektívne pustil napr. 45-ročný, dovtedy úspešný pracovník z administratívy. Dlhodobá príprava na vedecký výskum a jeho vykonávanie s najväčším osobným nasadením je prvým, no zároveň absolútne nevyhnutným predpokladom úspechu. Ďalšie uvádzam heslovite. Je to najmä

- úprimný záujem pracovať vo vedeckom výskume
- húževnatosť a vytrvalosť
- invencia/nápaditosť – schopnosť vybrať si „pravú" (aktuálnu) tému
- sebadisciplína (vtedy, „keď to nejde")
- schopnosť definovať osobné maximálne (dosiahnuteľné) ciele
- schopnosť objektívne posudzovať javy vo výskume aj vo vedeckej komunite
- dobrá fyzická kondícia, psychické zdravie a odolnosť
- schopnosť sebareflexie – vedieť vyvodiť dôsledky z prípadného neúspechu
- kompetentnosť a jednoznačnosť pri zaujímaní stanovísk
- komunikatívnosť
- schopnosť akceptovať protinázor (uniesť „porážku")
- schopnosť správať sa asertívne
- schopnosť dlhodobo udržiavať pozitívne vzťahy

## II. Príprava na vedeckú prácu

Už v stredoveku si cechmajstri sústavne a cieľavedome pripravovali svojich nástupcov a osvedčilo sa to. Preto je logické, že mentálne

(aj fyzicky) mimoriadne náročná vedecká práca vyžaduje, aby do nej vstupovali všestranne pripravení jedinci. Najmä v posledných desaťročiach sa vo vedeckovýskumnej oblasti akcentuje cieľavedomá príprava a zvládnutie radu veľmi náročných mentálnych činností. Jej základom je tretí stupeň univerzitného vzdelávania, ktoré má vo svete rozličnú podobu. Je príznačné, že vedec v takej miere ako azda v nijakej inej ľudskej činnosti si musí celý život dopĺňať a prehlbovať vedomosti, rozširovať si prehľad o odbore, ktorý si vybral, lebo v opačnom prípade sa nemôže stať majstrom vo svojej profesii, zostane na úrovni učňa alebo nanajvýš tovariša vedy. Adepti vedy by si mali uvedomiť, že sú dôležité



- bohaté a hlboké vedomosti v odbore – až potom špecializácia
- jazyková príprava
- zvládnutie práce s osobným počítačom
- stanovenie priorít osobných úloh a ich dodržiavanie
- presnosť v práci
- tvorba databáz – základných citácií
  - adries partnerov, internetových adries
  - separátov vedeckých prác a pod.
  - zložitých cudzojazyčných výrazov
  - fyzického študijného materiálu atď.

## III. Vedec – člen vedeckej komunity

Vedec je človek ako každý iný člen spoločnosti. Máva osobné starosti aj radosti. Tie druhé sa pri úspechoch v profesii vnímajú osobitne emotívne, lebo v nich býva zúročená nadštandardná iniciatíva, dlhodobá a veľmi intenzívna mentálna práca, ktorej vedec vo väčšine prípadov podriaďuje všetku ostatnú osobnú činnosť.

Ale adept vedy musí mať aj trocha šťastia, aby profesionálnu kariéru začal v priaznivom prostredí inštitúcie s výraznými vedeckými osobnosťami, ktoré všestranne ovplyvňujú denný život inštitúcie a jej členov. V kolektívoch, v ktorých vládne „diktatúra priemeru", sa jednotlivcom do celoštátnej či – čo je ešte želateľnejšie – medzinárodnej špičky podarí preniknúť iba výnimočne. Záujemcom o vstup do vedy ponúkam na zamyslenie nasledujúce okruhy:

- priority osobnej a odbornej činnosti v čase
- etika vo vede (nezabúdať na predchodcov), citovať aj opačné náhľady; ten, kto ich má, nie je osobný nepriateľ
- „komplexnosť" vedeckej osobnosti (pozri: Literárny (dvoj)týždenník, 2005, 1, zo 4. januára 2005)
- ochota zúčastňovať sa na organizovaní vedeckého života doma aj na medzinárodnej úrovni
- ochota a schopnosť pracovať individuálne, ako aj v tíme

## IV. Prezentovanie výsledkov

– publish or perish (publikovať alebo zahynúť – myslené obrazne)
– work – finish – publish (pracovať – skončiť – publikovať)
– nezverejnený výsledok nie je výsledok

Motto kapitoly v troch uvedených modifikáciách vystihuje podstatu prieniku výsledku vedeckej práce do povedomia odbornej komunity alebo aj populácie krajiny či krajín. Táto záverečná etapa spravidla završuje dlhodobý a často aj nepriaznivými okolnosťami sprevádzaný vedecký výskum, a preto je logické, že potenciálny autor zverejnenia výsledku v akejkoľvek forme býva vyčerpaný, unavený, v nejednom prípade nepríaznou aj najbližšieho prostredia frustrovaný a tak sa mu do písania veľmi nechce. Lenže práve v tejto etape musí prejaviť svoje osobnostné kvality, povznieť sa nad nežičlivé okolnosti a výsledky svojho – často viacročného úsilia – sformulovať čo najpresnejšie a najvýstižnejšie. Pri písaní treba mať ustavične na mysli niekoľko zásad.

Aj pri publikovaní výsledkov výskumu je nevyhnutná dobrá priebežná príprava. Mladý, začínajúci vedec by nemal svoju „spisateľskú aktivitu" otvárať knižnou monografiou, lebo sa mu zámer nemusí podariť, a tak by mohol dokonca aj na roky stratiť chuť a odvahu zverejňovať výsledky svojho bádania.

Základné požiadavky na publikovanie

### A) Ústna prezentácia

- rešpektovať úroveň a zameranie adresáta
- vystúpenie si pripraviť na papieri, no nečítať ho; aspoň bloky hovoriť voľne
- na vnútroštátnej úrovni referovať v materinskom, na medzinárodnej vo svetovom jazyku (v angličtine a pod.)
- rozlišovať, či sa referuje špecialistom alebo širšiemu okruhu (tzv. občianskemu plénu)

*„Desatoro" ústnej prezentácie*

- oslov predsedajúceho (*chairman/chairperson*) podľa hierarchie – od najvyššie postaveného po najnižšieho: Vaša Excelencia, Magnificencia, Spektabilita, Honorabilita, kolegyne a kolegovia...
- pozdrav auditórium (ak ťa neuviedol predseda, predstav sa)
- uveď tému a jej členenie
- pamätaj, že prvé vety prejavu vzbudia alebo nevzbudia pozornosť; negatívny ohlas sa počas referovania asi ťažko zmení
- chcú ťa počuť všetci prítomní – artikuluj zreteľne, hovor nahlas a neodbiehaj od mikrofónu
- prednášaj auditóriu, nie tabuli
- ťažšie slovné spojenia si rozmysli vopred; „nemeľ ako verkeľ"; zárukou úspechu je premyslená štylizácia
- dodrž vymedzený čas; na prestížnej medzinárodnej konferencii ťa predsedajúci zastaví aj uprostred vety
- názorný diagram je lepší ako slovný opis; značky v diagrame musia byť dostatočne veľké
- nepredkladaj tabuľky údajov, ale preferuj štatistické parametre ($\bar{x}$ – štandardná odchýlka)
- v diagramoch netvor „hviezdne nebo", ale krivkou (šípkou) vyznač trend vyplývajúci z výsledkov
- v jednom diagrame prezentuj jednu stránku problematiky
- nezabúdaj, že sa jeden diagram komentuje priemerne 1–2 minúty
- zosumarizuj prezentáciu (urob záver) a poďakuj auditóriu za pozornosť
- v diskusii buď pripravený aj na „nepríjemné otázky"; keď nerozumieš otázke (napr. v angličtine), požiadaj o jej zjednodušenie

*Prezentácia obrazovej dokumentácie prednášky.*

- diapozitívy
- priesvitky; vyber si jeden spôsob, nemiešaj typy prezentácie
- používaj obmedzený počet diagramov
- Power point

**B) Písomná reprezentácia**

• v materinskom alebo vo svetovom jazyku

• prácu napíš a nechaj „odležať"

– pri písaní rešpektuj úroveň adresáta (domáci - zahraniční odborníci)

– zhodnoť kvalitu publikácie podľa vlastného názoru a výber si periodikum (CC non CC, tzv. karentované, t. j. v najrozšírenejšej svetovej databáze - Current Contents - zahrnuté časopisy a monografie; domáce časopisy

– uprednostni periodikum pred príležitostným zborníkom

– pamätaj na to, že štandardná medzinárodná úroveň písomnej (aj ústnej) prezentácie dokumentuje „zdravie" komunity, z ktorej autor pochádza

– zvoľ krátky, výstižný a príťažlivý názov (titul) práce (štúdie a pod.), ale nie žurnalisticky ohromujúci, bombastický; neuvádzaj, čo sa robilo, ale výsledky; názov nech má čo najviac nosných slov

– abstrakt píš ako posledný, neopakuj v ňom údaje z názvu práce

– sú dva základné typy abstraktu:

a) štrukturalizovaný (podľa kapitol)

b) neštrukturalizovaný (tvorí jeden odsek)

– maj na pamäti, že vhodné obrázky a tabuľky majú vyššiu výpovednú hodnotu ako text; v texte neopakuj/nekomentuj to, čo je v tabuľke

– dodrž redakciou požadovaný rozsah práce (vrátane bibliografie, obrázkov, tabuliek a pod.)

– bibliografiu píš podľa zvyklostí v príslušnom periodiku – pozri si niekoľko jeho posledných čísiel: pri citáciách sa používa a) hardvardský kód (mená sa uvádzajú priamo v texte) alebo b) vancouverský kód (v texte sa priebežne uvádzajú čísla na odkazy v zozname)

– dbaj na komplexnosť citácií (nezabúdaj na citácie pod obrázkami a tabuľkami)

– nezabudni na poďakovanie za finančnú podporu od agentúry (VEGA, KEGA); pri rezortných výskumných úlohách uveď názov alebo aj číslo úlohy a zodpovedného riešiteľa

• *Posterová prezentácia*

– presne dodržiavaj organizátorom zverejnené rozmery posteru

– nepreplňuj plochu P, striedaj slovné a grafické vyjadrenie - bloky

– voľ primeranú veľkosť písma a textu k obrázku (majú byť čitateľné z 3 m)

– dbaj na farebné ladenie abstraktu

– po konferencii prezentuj poster na pracovisku (štandardná stena)

• *Vystríhaj sa*

– chybného kroku, lebo sa napráva (ak sa vôbec dá napraviť) ťažko

– plagizovania výsledkov hocikoho (aj autora z najneznámejšej krajiny)

– falšovania/upravovania výsledkov; je to najnebezpečnejší, neprijateľný a trestuhodný postup

– striktne dodržiavaj zásadu priority objavu/výsledku výskumu

– nepublikuj viac ráz to isté alebo veľmi podobné

**C) Vedecko-popularizačná činnosť** – komplexná vedecká osobnosť

– používaj „nevedecký jazyk"

– prispôsob ústny a písomný prejav úrovni maturanta

– rešpektuj osobitosti prípadného detského publika (detská univerzita)

– prispôsob sa tretej sfére účinkovania univerzít (popularizácii vedy) vo svete (u nás doteraz chýba)

Ďalší (aj úsmevný) pohľad do problematiky nájdete najmä v nasledujúcich publikáciách:


Meško, D., & Katuščák, D., et al., 2004: Akademická príručka. *Martin, Osveta, 316.*

Kimlička, Š., 2002: Ako citovať a vytvárať zoznamy bibliografických odkazov. *Bratislava, Stimul, 81.*

Šesták, Z., 2000: Jak psát a přednášet o vědě. *Praha, Academia, 204.*

Mišík, M., 1990: Štafeta vedy. *Bratislava, Obzor, 366.*

Kondelík, P., 1990: Jak (ne)dělat vědu. *Praha, SNTL, 83.*

Dévényi, T., 1981: Kariéra Dr. Gézy Tamhletoho, aneb vědci a hlodavci. *Praha, Mladá fronta, 177.*


# Komu a čomu prispieva lobing v geológii


ĽUDOVÍT KUCHARIČ

Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava


*Tým, ktorí klopú kvalifikovane, bude otvorené.*

Anglické slovo *lobby* vo svojom pôvodnom význame a vzhľadom na predmet tohto príspevku značí vestibul či predsieň britského parlamentu, v ktorej sa novinári, záujmové skupiny a napokon aj ostatní návštevníci môžu stretávať s poslancami a presvedčať ich, aby za niečo alebo proti niečomu hlasovali, nastoľovali/nenastoľovali isté otázky atď. To sa odzrkadlilo aj v jazyku, a tak anglické sloveso *to lobby* značí „ovplyvňovať niekoho, aby prijal isté rozhodnutie."

V súčasnosti *lobbing* alebo v zdomácnenej podobe **lobing**, **lobovanie** alebo aj **lobizmus** znamená vplyv nielen na poslancov parlamentu, ale aj na volených zástupcov samosprávy rozličného stupňa a v širšom význame na predstaviteľov štátnej moci vôbec, úradníkov a ľudí, ktorí majú právo o niečom rozhodovať a rozhodnúť. Môcť a vedieť predvídať, pozmeniť, meniť či zmeniť alebo pružne prispôsobiť rozhodnutia týkajúce sa podnikania, legislatívy, získať potrebné povolenia, súhlas, certifikát, mať prehľad o pripravovaných zákonoch a právnych normách, osobne poznať významných ľudí a pod. je nevyhnutná podmienka strategického prístupu vo všetkých oblastiach spoločenského života.

Lobing je dlhodobá a nie vždy lacná činnosť vyžadujúca cieľavedomý, koncepčný a strategický prístup a je užitočný nie iba pre subjekty, v záujme ktorých sa vykonáva. Potrebujú ho napr. aj „zákonodarcovia", napr. poslanci parlamentu, lebo prijímajú veľa a rôznorodých zákonov a, prirodzene, nemôžu byť odborníkmi

vo všetkých oblastiach, a tak su pre nich analýzy a návrhy cenným zdrojom odborných informácií a rozličných pohladov na príslušnú problematiku. Lobing teda prinaša do rozhodovacieho procesu viac rozmerov a jeho podstatou je poskytnúť „zákonodarcom" dôkladnú analýzu istej problematiky vrátane všetkých možných výsledkov aj prípadných dôsledkov. Riadiace články nepoužívajú lobing a lobistov iba na prípravu alebo na podporu legislatívny, ale aj na oponentúru iniciatívy rozličného druhu.

Na Slovensku sa slovu lobing vo väčšine prípadov pripisuje pejoratívny význam a často sa chápe len ako eufemistickejšie synonymum korupcie. Škandály, v ktorých pozadí sú vplyvné ekonomické záujmové skupiny a bývalí alebo aj súčasní politickí exponenti stávajúci sa do pozície lobistov v prospech mocných úzkoskupinových záujmov, sú príčinou toho, že postoj verejnosti k lobizmu je na škále od cynizmu cez sarkazmus až po úplné odmietnutie. Lobisti sa vnímajú skôr ako ľudia korumpujúci verejných činiteľov, ako úplatkári ľudom zvolených zástupcov, zradcovia záujmov voličov, ako spreneverovatelia verejných prostriedkov a pod. Hoci takáto povesť v mnohom zakrýva to dobré, čo lobing prináša, v istej miere je oprávnená. V niektorých prípadoch nie je hranica medzi lobingom a korupciou dosť ostrá, lebo ide o ich vzájomnú interferenciu, a tak závisí od uhla pohľadu a od lobujúcej skupiny, ako vie využiť legislatívne nepokrytý – alebo iba sčasti pokrytý – priestor na nezriedka aj časovo limitujúce zámery, no v konečnom výsledku vždy prinášajúce želateľný finančný efekt.

Lobizmus je v každej vyspelej konsolidovanej pluralitnej demokracii legitímnym doplnkom zastupiteľského systému a bez neho by sa mnohé celospoločenské otázky vôbec nedostali do politickej agendy alebo by sa do nej dostali neskôr, keď by sa už riešili ťažšie a s väčšími dôsledkami pre spoločnosť.

Je pochopiteľné, že aj v krajinách s dlhou tradíciou lobingu vznikajú extrémy, napr. presadzovanie úzkoskupinových záujmov na úkor veľkých skupín a často aj celej spoločnosti, ale napriek tomu lobing ako inštitucionalizovaný nástroj legislatívne zakotvený do politického systému tento systém výrazne stabilizuje a zefektívňuje.

V našom súčasnom „ranom" kapitalizme sa lobing používal a používa – lepšie povedané využíva – bez toho, aby sa uvedomovala jeho pôvodná podstata, spôsoby a formy jeho aplikácie. Cieľ je stále rovnaký – zreteľne načrtnutý – získať v prospech spoločnosti alebo firmy, za ktorej činnosť zodpovedáme – bez ohľadu na to, či je štátna alebo súkromná – v donátorskej alebo exekutívnej organizácii prácu, ktorá by aspoň na istý čas zabezpečila relatívnu stabilitu tomu, v prospech koho sa lobuje. Na tom nie je nič nezvyčajné a vonkoncom nie zlé. Takáto činnosť napokon bola bežná aj v predchádzajúcom spoločenskom zriadení, len mala trocha iný názov. Úsilie dosiahnuť výsledný produkt bolo vlastne úplne rovnaké, no vtedajšia legislatíva zabezpečovala právo na prácu, a tak sa zámery presadzovali relatívne ľahšie, lebo v konečnom výsledku išlo o prácu pre vtedajšiu hybnú silu spoločnosti. Peniaze predsa len boli trocha iné, naozaj len papierové alebo figurujúce iba na papieri fakturačných elaborátov.

Celkový útlm v geológii, ktorý sa začal v polovici 80. rokov uplynulého storočia, u nás presmeroval hlavnú líniu zmenšením kapacít od prevládajúceho akcentu na surovinovú základňu na riešenie hydrogeologických a geotechnických úloh s postupne rastúcim zreteľom na všetky zložky životného prostredia, na environment, čím kopíroval transformáciu vo vtedajších vyspelých krajinách Západu.

V prechodnom období kvasenia – v 90. rokoch 20. stor., keď sa dovtedy monopolné prieskumné a aj niektoré výskumné organizácie takmer samovoľne rozdrobili na menšie subjekty, odnášajúc si v batôžku ako darček na neznámu a často azda aj dobrodružnú cestu do súkromného sektora väčší či menší diel projektov, vlastne pretrvávali „staré väzby" a konexie z predchádzajúceho režimu. Pri nástupe mladšej generácie a postupným vyčerpaním „exportovaných projektov" do nových spoločností bolo jasné, že predĺžiť ekonomicky život nových geologických súkromných subjektov môže iba účinný lobing. A práve v období, keď sa pomerne malý trhový priestor odrazu zaplnil nebývalým množstvom potenciálnych kapacít, keď naozaj išlo o to kto z koho, bolo – podľa nášho náhľadu – treba nášmu rezortu ako celku hodiť záchrannú kotvu.

Je pochopiteľné, že po viac ako jednom decéniu je aj hodnotenie spomenutého obdobia oveľa realistickejšie. V ňom boli manažmenty firiem príliš zamestnané najzákladnejšou otázkou – ako prežiť. Niektoré sa pokúšali diverzifikovať svoju činnosť a orientovať ju aj na iné odvetvia, ale väčšinou narážali na už vybudované reťazce vzťahov, ktoré už nebolo možno pretrhnúť alebo na ktoré sa už nedalo napojiť, lebo to vyžadovalo veľké finančné prostriedky. Tak sa museli vrátiť na pôvodné pole pôsobnosti a tam bolo nevyhnutné vyvíjať mimoriadne úsilie pri zapájaní sa do množstva verejných súťaží na geologickom poli v pevnej viere, že firmu už v predkole nevyradia pre formálne nedostatky a že bude úspešná aj v záverečných kolách súťaže. Pri takejto horúčkovitej činnosti – v ktorej sa využívali všetky možné staré aj nové konexie – sa začal využívať lobing, často s črtami macciavelizmu.

Možno konštatovať, že sme napriek všeobecne sa zhoršujúcej pozícii geologických vied v spoločenskej deľbe práce ako geológovia nevyužili alebo málo zúročili situáciu, keď vo vrcholných legislatívnych orgánoch ČSR a po jej rozdelení aj SR pôsobili tri až štyri osobnosti zo Slovenska, jedna vo funkcii ministra životného prostredia, do ktorého kompetencie prešiel bývalý SGÚ. V tom období sa mal vyvinúť maximálne možný tlak na zastavenie alebo aspoň na pribrzdenie marginalizácie geológie. Je však celkom možné, že to vtedy situácia nedovoľovala.

Nepokladám sa za arbitra povolaného hodnotiť tento proces, chcem iba zo svojho subjektívneho pohľadu upozorniť na fakt, že pri lobingu vo vnútri geológie sa možno pozabudlo na jej lobing smerom von, a to ako na nezastupiteľný prvok v rade odvetví celého hospodárskeho systému, ako aj na potrebu tento systém presvedčiť, že dominantná množina získaných výsledkov geológie ako vedy nie je iba salónnou diskusiou vybraných celebrít o prakticky neoveriteľných akademických vývodoch, ale že tieto výsledky – a nielen ony – a ich praktická aplikácia sú potrebné, ba nevyhnutné v rozličných odvetviach expandujúceho a transformujúceho sa hospodárstva. Na praktických prípadoch bolo treba dokumentovať, že prostriedky vynaložené na geológiu sú efektívne zužitkovateľné a často rozhodujúcim spôsobom pomáhajú aj pri riešení havarijných situácií bežného života. Tým máme na mysli nielen činnosť pri veľkých investičných stavbách, ale aj pri drobných pohľadávkach. Príkladom môže byť aj fakt, že sa do legislatívy zdĺhavo presadzovalo meranie radónového rizika pri výstavbe rodinných domov, hoci aj z pohľadu súkromníka ide o neveľkú sumu. V ČR sa to – zrejme aj vďaka účinnému lobingu – dosiahlo a veľa súkromných podnikateľských subjektov z geologickej oblasti z tejto činnosti, ktorá má nesporne pozitívny priamy vplyv na zdravie obyvateľstva, dosiahlo slušný zisk.

Ako problematický sa ukazuje aj spôsob, akým sa stanovujú podmienky verejných súťaží na prieskum líniových stavieb, keď finančný objem alebo počet bodov či profilov určuje projektant stavbár bez hlbších geologických poznatkov o území, na ktorom sa má stavať. Havárie sa často riešia „okrídleným vyhlásením" v médiách masovej komunikácie, že sa zmenila geologická situácia. Verejnosť si potom našu geologickú pospolitosť prirovnáva iba ak k producentom vydarených prognóz počasia, no asi len my vieme, čo by sa stalo, keby sa zmysel citovaného výroku naplnil. Pravdou je,

že odstraňovanie havárie býva niekoľkonásobne drahšie ako náklady na primeraný výskum alebo prieskum, ktoré by odhalili možné riziko a upozornili na nevyhnutné opatrenia. Podmienky však stále diktuje stavebná „loby", tej sa musíme podriadiť, lebo inak riskujeme neúspech. Z toho vychodí, že ak chce byť geologická firma uchádzajúca sa o prácu úspešná, musí splniť limitujúce podmienky, aj keď empiricky predpokladá, že vzhľadom na geologické prostredie, veľkosť územia a finančný limit splní úlohu iba náznakovo.

Dokonca sú známe výroky tunelárskych „kapacít", že pri využívaní raziaceho štítu sa razenie tunelov zaobíde bez detailných geologických poznatkov. Ak nebodaj nastane zával, vinníkom je *vis major*. Také a podobné tvrdenia nás geológov vyplavujú až na plytčinu spoločenského diania.

Podobne možno hodnotiť aj skutočnosť, že pri budovaní stavieb takéhoto typu, často obsluhovaných súkromnými spoločnosťami, sa zisťujú dôležité nové informácie o geologickej stavbe, ktoré môže príslušná spoločnosť v súlade s legislatívou utajiť na dlhší čas, a tak priamo negatívne zasiahnuť do pokroku v geologických vedách. Tým iba poukazujeme na fakt, že sa štát za peniaze, ktoré vynakladá, nedostáva ku všetkým poznatkom využiteľným na stimuláciu vedeckého napredovania. Preto je veľmi žiaduce, aby pri stavbách veľkých investičných celkov bola štátna geologická kontrola, a to prostredníctvom legislatívnych opatrení zabezpečujúcich prísun relevantných informácií tam, kde sa s nimi zodpovedne narába a kde sa využívajú na prospech vedeckého poznania.

Ako veľmi slabý sa ukazuje účinok odborných asociácií pri vypracúvaní stanovísk k projektovaným zámerom. Aj keď sa asociácie ku geologickej legislatíve môžu vyjadrovať, je zrejmé, že asi nemajú páky ani podmienky, ba možno ani prístup na dôraznejšie presadzovanie svojho odborného postoja. Často sa totiž stáva, že niektorý účastník v súťaži nasadí dumpingovú cenu, ktorá pri dodržaní jestvujúcej legislatívy nemôže zaručiť požadovanú kvalitu úlohy. A práve projekty takého typu by sa mali podrobiť odbornému atestu, ktorý by poskytol fundované stanovisko resp. odporúčanie, či sa dá úloha za uvedenú cenu splniť. Preto by asociácie mali byť jedným z hlavných motorov presadzovania prednosti geológie navonok. Treba však priznať, že niektoré konkrétnu aktivitu ani nevyvíjajú.

Po rozpade ČSR zostali všetky zahraničné kontakty v Čechách a v novom štáte – v SR – zrazu nebola pre slovenského geológa práca, ktorá je – napriek rizikovému pozadiu – vítaným stimulom a lákadlom pre mladšiu generáciu s nezanedbateľným finančným dosahom. Lenže opäť chýbala príslušná (finančná) sila na obnovu stratených kontaktov, hoci za „socialistickej éry" sa rozličnou formou v zahraničí uplatnili desiatky geológov zo Slovenska, pričom, ako sme už spomenuli, bol domáci trh preplnený, a tak by externá činnosť isto bola vítaným ventilom uvoľňujúcim interný pretlak.

V poslednom období sa napr. v rámci geofaktorov životného prostredia už spracovali niektoré regióny, v ktorých boli symptómy o vážnom antropogénnom narušení environmentu. Z istých príčin – vraj pre nevyužívanie výsledkov kompetentnými orgánmi – sa plnenie úloh takéhoto druhu zastavilo, hoci je jasné, že ide o rýdzo praktický výsledok poukazujúci na priamy vplyv na investičné zámery, ako aj na zdravotný stav populácie. Opäť treba presvedčať príslušné orgány – dokonca aj v rámci nášho rezortu, že nejde o samoúčelné exhibionistické cvičenie. Výsledky pravdepodobne nie sú dostatočne stráviteľné pre negeologické orgány. A tak je naša úloha jasná – treba lobovať na vhodných miestach.

Takých a podobných prípadov je naozaj veľa. Uviedli sme z nich len niekoľko a iba z nášho subjektívneho pohľadu.

17. júna 2005 bol do NR SR predložený vládny návrh zákona o lobingu. Upravuje podmienky jeho výkonu, práva a povinnosti lobistu, ako aj pôsobnosť orgánov verejnej moci týkajúcu sa lobingu. Návrh zákona definuje lobing a lobistický kontakt ako legitímny spôsob účasti na rozhodovacích procesoch verejnej moci, osobitne v legislatívnom procese.

Myslíme si, že slovenská geologická obec má niektoré aktívne profesiové asociácie, SGS, geologickú radu, ako aj dostatok osobností schopných spoločne hodiť záchrannú kotvu v podobe príslušnej aktualizovanej alebo aj novej legislatívy, vhodného súhlasu, certifikátov a kontaktov tak, aby to nebolo ušité na mieru iba určitej organizácii, ale slovenskej geológii ako celku. Takže ak treba lobing – ten naozaj treba, tak nie iba v rámci geológie, ale intenzívne aj smerom von, teda do odvetví, ktoré výsledky geológie potrebujú resp. by mali potrebovať a v praxi aj zužitkúvať. Ak tam nie je ochota a vôľa, je na nás, aby sme kompetentné inštitúcie presvedčili o zmysluplnej potrebe tieto výsledky efektívne využívať.

Na záver v zmysle názvu nášho príspevku podčiarkujeme: Ak lobing, tak nielen pre niekoho alebo niekomu, ale hlavne pre niečo a to niečo je vlastne samotná geológia. Ak chceme jej postavenie v celospoločenskom meradle zachovať aspoň na skromných pozíciách, je to mimoriadne dôležitá úloha pre všetkých nás.

# Syntetická výroba kuprorivaitu ($CaCuSi_4O_{10}$) v staroveku

PETER ANDRÁŠ
Geologický ústav Slovenskej akadémie vied, Severná 5, 974 01 Banská Bystrica

Egypťania väčšinou používali anorganické farby, ktoré pretrvali tisícročia. Najslávnejšia z nich je podivuhodná *egyptská modrá (irtiu, sbedj)*, ktorá je veľmi stálym pigmentom variabilnej intenzity. Jej odtieň závisel od zloženia zmesi a od výrobného postupu a u Asýrčanov, ktorí do nej pridávali aj purpur, bol fialkastý (Riederer, 1974). Je to jedna z najstarších farieb vyrábaných človekom. Nie je toxická, výborne kryje, nerozpúšťa sa ani vo viacich kyselinách, nepodlieha oxidácii a tisícročia si zachováva pôvodnú intenzitu a sviežosť. Osvedčila sa pri maľovaní fresiek, no nehodí sa do temperových a olejových farieb ani na využívanie pri enkaustických maliarskych postupoch (Tite et al., 1984).

Modrá farba sa v starovekom Egypte začala používať okolo roku 2550 pred Kr. a tmavomodrá bola symbolom vody a života. V kozmickom význame pripomínala modré nebesia a Fénix, symbol znovuzrodenia a prazáplavy, sa zobrazoval ako modrá volavka. Boha Amona často maľovali s modrou tvárou, ktorá mala symbolizovať jeho úlohu pri stvorení sveta (Chase, 1971; Faulkner, 1972; Fitzhugh, 1997). Egyptskí bohovia alebo vládcovia boli zobrazovaní so zlatými svalmi, striebornými kosťami a s modrými vlasmi (Wilkinson, 1998).

Červená a žltá farba sa vyrábali celkom jednoducho, ale modrá zložitejšie, lebo modré minerály sú zriedkavé. Lazurit *(lapis lazuli)* – (Na, Ca)$_8$[($SO_4$, S, Cl)$_2$/($AlSiO_4$)$_6$], modrý polodrahokam

z Afganistanu, bol vzácny a drahý, pri výrobe farby sa ani nedal použiť no napriek tomu paleta egyptských umelcov obsahovala taký žiarivý modrý farbu, akou bol povestný práve lazurit.

Podľa povesti, ktorú uvádza grécky filozof zo 4. stor. pred Kr. Teofrastos z Efezu, výrobu *egyptskej modrej* objavil ktorýsi zo starogyptských panovníkov, ale archeológovia právom pochybujú o tom, že farbu objavili Egypťania, a úplne vylučujú, že to bol niektorý egyptský panovník. Oveľa pravdepodobnejšie je, že tajomstvo jej výroby odhalili Sýrčania alebo Mezopotámčania azda ako vedľajší produkt pri výrobe modrých fajansových artefaktov v Mezopotámii okolo roku 4500 pred Kr. (Wilkinson, 1998), ale vo veľkej miere farbu začali používať až Egypťania. V staroveku sa vyrábala vo veľkom a z Egypta sa vyvážala do celého Stredomoria. Egypťania recept na jej výrobu nezanechali a starorímsky architekt Vitruvius v diele *De Architectura* jej prípravu opísal, no jej podstatné zložky neuviedol.

Po zániku Rímskej ríše sa *egyptská modrá* používala iba veľmi zriedka. Posledná zmienka o tom je z roku 636 po Kr. od Isidora Sevilla a okrem toho je známych iba jej niekoľko stredovekých nálezov na stropných maľbách (Riederer, 1974; Bayer a Wiedemann, 1975, 1976).

Opísanú farbu si neslobodno zamieňať s modrou klenotníckou pastou. Farba sa používala aj v Knosse a v Mykénach, v starogréckych chrámoch a pri výzdobe rímskych víl. Okolo roku 900 po Kr. sa tajomstvo jej výroby stratilo.

Záujem o podstatu pigmentu sa obnovil až po vykopávkach v Pompejach. Sir Davy Humphry (1778–1829), anglický chemik, ich navštívil začiatkom 19. stor. a napísal: *„Počas vykopávok v máji 1814, pri ktorých som bol, sa našla nádobka s bledomodrým farbivom."* Preto sa *egyptská modrá* niekedy volá aj *pompejská modrá*. Mimoriadne intenzívna modrá farba ho zaujala, na výskum jej získal dosť zo spomenutej nádobky a z niekoľkých kúskov modrej farby zoškrabanej nechtami zo starorímskych fresiek. Vzorky odviezol do svojho londýnskeho laboratória a tam ich chemicky analyzoval. Zistil, že sa vyrábala z kriedy, piesku a Cu, lenže keď sa tieto ingrediencie pokúsil zmiešať, nevzniklo tajomné farbivo starých Egypťanov, ale iba nepoužiteľná modrastá hmota.

Tajomstvo o 75 rokov neskôr rozlúštil francúzsky geológ Ferdinand Fouque. Farbivo se vyrábalo v taviacich peciach v dielňach pripomínajúcich sklárne. Hlavnou surovinou bol sklársky piesok zmiešaný s vápnom (alebo s karbonátmi, sulfátmi aj hydroxidmi) a s Cu minerálmi (malachitom alebo s kovovou Cu) v pomere 4 : 1 : 1. Zmes sa zahriala a potom udržiavala pri teplote 800 až 1000 °C 27 hodín. Pridávali sa do nej aj bližšie neurčené alkalické látky, ktorých zdrojom mohol byť nátron (soľ používaná pri vysúšaní tela zosnulých pred mumifikáciou) alebo popol z kostí zvierat. Nemožno vylúčiť, že alkálie boli súčasťou pieskovej suroviny, ktorú starí Egypťania používali. Rozhodujúce bolo presné dávkovanie prísad. Pokiaľ sa napríklad pridalo mnoho alkálií, namiesto farby vznikla látka podobná sklu bez krycích vlastností. Ak bol pomer prísad a teplota správne, v taviacej peci vznikol pevný modrý materiál z piesku, kúskov zelenomodrého skla a kryštálov *egyptskej modrej*. Tieto kryštály sú syntetickou formou prírodného kuprorivaitu – $CaCuSi_4O_{10}$, objaveného v roku 1938 (Minguzzi, 1938), ale je taký vzácny, že nemohol byť farbivom pre starovekých umelcov. Výrobný postup pigmentu sa dá vyjadriť rovnicou

$$Cu_2[(OH)_2CO_3] + 8SiO_2 + 2CaCO_3 \rightarrow 2CaCuSi_4O_{10} + 3CO_2 + H_2O$$

Presný odtieň a žiarivosť farby záviseli od skúseností výrobcu, pomeru prísad a od detailov výrobného procesu. Veľké kryštály dávali intenzívnu tmavú modrú farbu, menšie svetlejšiu (Lánik a Cikra, 2001). Pre kvalitu a odtieň bol dôležitý aj spôsob drvenia a rozotierania kryštálov na prášok. Farba bola stála pri akomkoľvek odtieni a v pôvodnej žiarivej podobe odolávala žeravému egyptskému slnku, prežila mnohé storočia, ale aj celé tisícročia.

Národy, ktoré výrobu *egyptskej modrej* prevzali, možno používali trochu odlišné prísady. Vitruvius uvádza, že ich súčasťou bolo aj jemné kovové plnidlo. Výsledky najnovších analýz naznačujú, že najčastejšie išlo o staré bronzové predmety alebo zlomky rozličných zliatin Cu.

Pages-Camagna a Colinart (2003) v parížskom Louvri rtg. difrakčnou analýzou, transmisnou, skanovacou elektrónovou a ramanovou mikroskopiou, ako aj UV spektroskopiou skúmali 50 vzoriek zelených staroegyptských pigmentov, aby zistili rozdiely medzi nimi a *egyptskou modrou*. Takmer súčasne s nimi Farges a Etcheverry (2005) v laboratóriách univerzity v Berkeley v USA detailne skúmali dva modré pigmenty. Prvá vzorka *egyptskej modrej* bola z chrámu v Karnaku z obdobia 1500 pred Kr., druhá zo stredovekej fresky z 1. stor. po Kr. v kostole v Saint. Romain-en-Gal vo Francúzsku. Obidve vzorky najprv podrobili optickému mikroskopickému a SEM výskumu a potom rtg. difrakčnej analýze, študovali ich aj EDS-SEM neutrónovou aktivačnou analýzou a katodoluminiscenčnou a termoluminiscenčnou analýzou a zistili, že sa Cu vo farbive vyskytuje v dvoch odlišných formách.

Prvá, sklovitá na Cu bohatá zložka farbiva obsahuje málo Sn, takže je zrejmé, že sa pri výrobe do pigmentu ako zdroj nepridával Cu bronz, druhá fáza vznikla oxidáciou pôvodnej sklovitej hmoty a zodpovedá nedokonalej tenoritovej fáze. Jej podiel je podstatne menší ako sklovitej zložky, tvorí oxidačné zóny pigmentových zŕn a jej zloženie odporuje predstave, že sa ako základná Cu obsahujúca minerálna zložka použil malachit – $Cu_2[(OH)_2/CO_3]$, ktorý sa zvyčajne vyznačuje prímesou Cr. Pomerne vysoký obsah Ni a Cr v tejto fáze (Zn a Pb sú zastúpené len v stopovej koncentrácii) poukazuje na ultrabázický zdroj Cu.

Ni prednostne tvorí hydrosilikáty v ofiolitových horninách (napr. v nikelantigorite – $[Mg_6(OH)_8/Si_4O_{10}]$ s obsahom nad 2,8 % NiO; Hemley a Mogessie, 2001). Pravdepodobným zdrojom Cu mohla byť prekambrická intrúzia Gabbro Akarem vo Východnej púšti. Intrúzia sa vyznačuje koncentrickou zonálnou stavbou. Jej centrálnu časť tvorí dunit, ktorý obklopuje lherzolitovo-klinopyroxenitová zóna, a okraj telesa hornblendit (Helmy a Mogessie, 2001). Na dunitové dajky v centrálnej zóne sa viaže Cu-Ni-PGE mineralizácia s pyrotínom – FeS, pentlanditom – $(Ni, Fe)_9S_8$ a chalkopyritom – $CuFeS_2$. Zrudnenie tvorí na povrchu ľahko dobývateľné gosany (Niazy et al., 1999).

Podobné Cu-Ni-PGE ložiská sú aj v oblasti Abu Swayel, El Genena a Gena Gharbya. Na ložisku Abu Swayel sa rudná mineralizácia (Cu sulfidy a Pd bizmutoteluridy) vyskytuje v konformných šošovkovitých polohách ultramafických hornín v metasedimentoch metamorfovaných v zóne amfibolitovej fácie pri teplote 550 až 650 °C a tlaku 4–5 kbar. Na ložisku Gena Gharbya možno rozlíšiť impregnačné Cu zrudnenie v peridotite a masívne polohy v hornblenditovom pyroxenite. Okrem pyrotínu – FeS, chalkopyritu, pentlanditu a pyritu – $FeS_2$ sa akcesoricky vyskytuje aj molybdenit – $MoS_2$ a kobaltit – CoAsS (Hemley a Mogessie, 2001).

## Literatúra


Bayer, G., & Wiedemann, H. G., 1976: Ägyptisch Blau, ein synthetisches Farbpigment des Altertums, wissenschaftlich betrachtet. *Sandoz-Bulletin, 40, 20–39.*

Fitzhugh, E. W., ed., 1997: Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics, 3. Oxford University Press, 23–45.

Farges, F. A., & Etcheverry, M. P., 2005: Speciation and taceology of copper in two selected "Egyptian blue" pigments. A combined μ-XRF and μ-XAFS study. *Geophys. Research, 7, 08448, 1048.*

Faulkner R. O. 1972: The Ancient Egyptian Book of the Dead. Austin University of Austin Press, 213.
Hemley M. H. & Mogessie, A. 2001: Gabbro Akarem, Eastern desert, Egypt. Cu-Ni-PGE mineralization in a concentrically zoned mafic-ultramafic complex. *Mineralium Deposita (Berlin) 36, 58–71.*
Chase W. T., 1971: Egyptian Blue as a Pigment and Ceramic Material. *In: R. H. Brill (ed.): Science and Archaeology. Cambridge, MIT Press, 80–90.*
Lanik, J. & Cikrt, M., 2001: Dvě tisíciletí vápenictví a cementářství v českých zemích. Svaz výrobců cementu a vápna Čech, Moravy a Slezska (Praha), 195.
Minguzzi, C., 1938: Cuprorivaite. Un nuovo minerale. *Period. Mineral. 9, 3, 333–345.*
Niazy, F. A., Shalaby, I. M. & Daib, M. B., 1999: Sulphide-silicate mineral interrelations of Gabbro Akarem Ni-Cu mineralization, Eastern Desert, Egypt, 211–221.
Pages-Camagna, S. & Colinart, S., 2003: The Egyptian green pigments: its manufacturing process and links to Egyptian blue. *Archaeometry, 11, 45, 4, 637–658(22).*
Riederer, J., 1974: Recently identified Egyptian pigments. *Archaeometry, 102–109.*
Wilkinson, R., 1998: Symbol and Magic in Egyptian Art. Oxford Encyclopedia of Ancient Egypt, 414.
Tite, M. S., Bimson, M. & Cowell, M. R., 1984: Technological Examination of Egyptian Blue. Archaeological Chemistry III. American Chemical Society (Washington), 215–420.

# Medzinárodné sympózium o ostrakódach ISO 15 v Berlíne

V septembri 2005 sa v Berlíne uskutočnilo 15. medzinárodné sympózium o ostrakódach ISO 15. Jeho hostiteľom bol Inštitút geologických vied Freie Universität Berlin. Keďže ostrakóda v súčasnosti študuje rad prírodovedných disciplín, sympózium sa konalo pod názvom *Ostrakodológia – spojenie medzi bio- a geovedami.*

150 účastníkov z 36 krajín malo možnosť vypočuť si počas štyroch dní príspevky o evolúcii, biogeografii, biodiverzite a ekológii lastúrničiek. Referáty boli zamerané aj na metódy a aplikácie, anatómiu, histológiu a molekulárnu biológiu.

Mladí doktorandi a študenti magisterského štúdia na sympóziu súťažili o Cenu prof. Petra Sylvestra-Bradleyho, významného ostrakodológa, ktorú udelili v kategórii najlepšia prednáška a najlepší poster.

Dr. Martens z Belgicka, najaktívnejší účastník kongresu a nový predseda Medzinárodnej výskumnej skupiny ostrakód (International Researche group on Ostracoda – IRGO), poukázal na nerovnakú rýchlosť evolúcie nadčeľade *Myodocopa* a *Podocopa* a zároveň predstavil svoj medzinárodný vedecký tím, zložený predovšetkým z mladých vedcov, ktorý sa v nasledujúcich rokoch v rámci 6RP zameria na výskum sexuálneho rozmnožovania a partenogenézy. Dr. Siveter z Anglicka demonštroval možnosti 3-D rekonštrukcie mäkkého tela a schránky silúrskych myodokopíd a poukázal na ich evolučnú stázu v posledných 450 miliónoch rokov. Zaujímavý bol príspevok Dr. Nagorskej z Bieloruska, ktorá študovala lastúrničky z oblasti ovplyvnenej černobyľskou katastrofou. Vyplynulo z neho, že hlavným činiteľom ovplyvňujúcim štruktúru spoločenstiev sú prírodné faktory, nie rádioaktivita. Tradične vedecky silný tím prišiel z Japonska. Prof. Danielopol z Rakúska s Dr. Baltanásom zo Španielska predviedli na seminári možnosti programu Morphomatica, ktorý je zameraný na morfometrickú analýzu obrysu schránok.

Na sympóziu sa predvádzal aj softvér Auto Montage, ktorým možno získavať vysoko rozlíšiteľné optické snímky.

Na slávnostnom zasadaní IRGO sa rozhodlo, že sympózium v roku 2009 bude v Brazílii.

Súčasťou sympózia boli aj exkurzie zamerané na mezozoické lastúrničky Nemecka, strednopaleozoické a neskoropaleozoické lastúrničky Durínska a na recentné morské lastúrničky Severného mora. Veľmi zaujímavou bola exkurzia k Baltickému moru zameraná na recentné a fosílne sladkovodné a brakické lastúrničky. Organizátori, ako aj účastníci exkurzie demonštrovali rozličné spôsoby odberu vzoriek z prameňov, riek a morského dna a priamo na lodi mali možnosť študovať zmeny spoločenstiev v závislosti od salinitného gradientu. Vo vzťahu k Panónskemu jazeru bolo veľmi poučné pozorovať, že výskyt dvoch odlišných spoločenstiev lastúrničiek žijúcich pri salinite 7,5 ‰ silne ovplyvňuje nie iba salinita, ale aj iné abiotické faktory.

Zborník abstraktov a exkurzný sprievodca boli publikované v Berliner paläobiologische abhandlungen. V súvislosti s uverejňovaním príspevkov z konferencie sa najmä mladej vedeckej generácii pripomenula nevyhnutnosť publikovať v špičkových svetových časopisoch.

*R. Kyška Pipík*

# GEOCHÉMIA 2005

## Bratislava 8. decembra 2005

Už sa stalo tradíciou, že Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave v spolupráci s oddelením geochémie životného prostredia ŠGÚDŠ a so Slovenskou asociáciou geochemikov každý rok začiatkom decembra usporadúva odborný seminár venovaný geochémii. Rovnako to bolo aj v roku 2005, keď sa konal už ôsmy ročník tohto užitočného a úspešného podujatia.

Hlavným cieľom seminára bolo poskytnúť širokému okruhu odborníkov – osobitne mladým – z rozličných oblastí geochémie možnosť prezentovať najnovšie výsledky vedeckovýskumnej práce, ako aj naznačiť hlavný smer vývoja geochémie ako vedy, jej disciplín a aplikácie doma, ako aj v celosvetovom meradle.

Na seminári sa zúčastnilo 72 odborníkov zo Slovenska aj z Čiech. Otvoril ho riaditeľ odboru geológie a geologických faktorov životného prostredia geologickej sekcie Ministerstva životného prostredia SR RNDr. P. Hanas. V príhovore načrtol pestrú a širokú škálu aktuálnej geologickej a environmentálnej problematiky, ktorou sa geochémia v súčasnosti zaoberá alebo ktorú pomáha riešiť.

Organizačný výbor na zabezpečenie vysokej odbornej úrovne seminára požiadal popredných českých a slovenských vedcov o odborné referáty alebo prednášky tematicky pokrývajúce väčšiu časť spektra geochemickej problematiky, ktorej sa dnes na Slovensku venuje sústredená pozornosť, ako aj niektoré globálne geochemicko teoretické témy zaujímajúce svet.

Vyžiadané odborné referáty a prednášky:

I. BROSKA: Akcesorický titanit v granitoidoch Tribeča

P. MÜLLER: Kontaminace sedimentů a eutrofizace ve vodní nádrži Brno

J. ZEMAN: Geochemický model důlních vod

Na programe bola aj zaujímavá prednáška o Marse:

J. BABČAN: Minulosť, prítomnosť a budúcnosť planéty Mars (pre úraz prednášateľa sa nekonala)

Na seminári sa predniesli 32 referátov alebo prednášok a prezentovalo 11 posterov. Príspevky sú publikované v zborníku Geochémia 2005 (Konferencie, sympóziá, semináre. ŠGÚDŠ, Vyd. D. Štúra, editori: O. Ďurža a S. Rapant).

Veľmi potešiteľná bola veľmi vysoká účasť mladých vedeckých pracovníkov, ktorí predniesli 12 referátov či prednášok a predstavili 5 posterov. Už tradične prebiehala súťaž o najlepšiu prednášku (Cena B. Cambela) a o najlepší poster (Cena S. Gazdu) pre pracovníkov do 35 rokov. Cenu B. Cambela získala I. Zemanová a E. Hiller, Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave, a Cenu S. Gazdu K. Krčmová, Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave, a M. Gregor, Geologický ústav Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave.

Odmenené vystúpenia:

L. ZEMANOVÁ a E. HILLER: Štúdium sorpcie herbicídov v pôde a jeho využívanie pri posudzovaní potenciálneho rizika kontaminácie podzemných vôd

K. KRČMOVÁ a M. GREGOR: Cestné sedimenty mestskej aglomerácie Bratislava – geochemická a mineralogická charakteristika

V súlade s dobrou tradíciou boli na seminári opäť aktívni doktorandi z brnianskej aj bratislavskej prírodovedeckej fakulty.

Prednesené referáty, prednášky a postery priniesli nové informácie zo širokého okruhu problematiky, ktorou sa geochémia v súčasnosti zaoberá, a to od geochemických informácií o oceánskej kôre cez modernú endogénnu a exogénnu geochémiu až po analytickú, izotopovú a environmentálnu geochémiu a geomedicínu.

Poďakovanie organizačného výboru za veľmi úspešný priebeh seminára patrí v prvom rade autorom referátov, prednášok a posterov, sponzorom (ŠGÚDŠ Bratislava, EL spol., s. r. o., Spišská Nová Ves, HYDEKO-KV Bratislava, GEOPRODUKT Banská Bystrica) a ostatným účastníkom.

Organizačný výbor oznamuje geochemickej pospolitosti, že sa aj v roku 2006 dodrží tradícia a v mikulášskych dňoch (okolo 6. decembra) bude odborný seminár GEOCHÉMIA 2006 (už 9. ročník). Srdečne naň pozýva všetkých a dúfa, že výzvu prijmú mnohí odborníci venujúci sa geochemickej problematike. Osobitne sa obracia najmä na mladých vedeckých pracovníkov na geochemickom poli, prosí ich o bohatú účasť, a najmä o prípravu a prednes hodnotných príspevkov.

Organizačný výbor po veľmi priaznivom ohlase opätovne vypíše súťaž o najlepšiu prednášku (Cena B. Cambela) a o najlepší poster (Cena S. Gazdu) pre vedeckých pracovníkov do 35 rokov a víťazov odmení hodnotnými cenami.

*O. Ďurža a S. Rapant*

---

# ERRÁTA

Prosíme čitateľov, aby si opravili znenie vety v článku J. BÓNA, M. KOVÁČIK a J. KOBULSKÝ: **Výskyt obrnených závalkov v recentnom fluviálnom prostredí pri Mrázovciach (východné Slovensko)** uverejneného v Mineralii Slovaca č. 3/2005 na strane 336, v ľavom stĺpci v posledných dvoch riadkoch. Zámena vznikla vinou redakcie, ktorá sa autorom i čitateľom ospravedlňuje.

***Klasty tvoriace pancier boli veľké niekoľko mm, ale v najväčšom závalku až 11 cm (obr. 4).***

# Rady autorom

Každý autor sa usiluje, aby jeho článok bol nielen obsahovo, ale aj graficky na vysokej úrovni. Vaše ilustrácie budú kvalitné, ak presne dodržíte naše inštrukcie.

Už pri príprave obrázka treba zvážiť, či sa umiestni na jeden stĺpec alebo na dva stĺpce, resp. na celú tlačenú stranu. Vhodne upravený obrázok (veľkosť písmen, hrúbka čiar) možno reprodukovať aj v pomere 1:1 alebo odporúčame urobiť kresby (perovky) väčšie, ako sa predpokladá ich veľkosť po vytlačení. Perovky majú byť zhotovené sýtym čiernym tušom. Pri obrázkoch urobených na počítači treba redakcii poslať originálne obrázky (nie xeroxové kópie) vytlačené na pauzovacom papieri - *tlač laserovou tlačiarňou v kamerálnej podobe pri vysokom rozlíšení (min. 300 DPI).* Pri zostavovaní obrázkov redakcia odporúča pracovať s programami vo vektorovom zobrazení (napr. Corel Draw — TIFF). Neodporúčame používať veľmi tenké čiary (tzv. vlasovej hrúbky) ani na obrysy, ani vo výplni.

Úmerne k predpokladanému zmenšeniu treba zvoliť hrúbku čiar, veľkosť písma, čísiel, hustotu šrafovania a pod. Text možno napísať väčším aj menším písomom (nie verzálkami - veľkými písmenami), a to podľa toho, čo sa má zvýrazniť. Optimálna veľkosť písma v časopise po zmenšení je pri veľkých písmenách a číslach 2 mm a pri malých písmenách 1,6 mm.

## Všeobecne

1. Rukopis v dvoch exemplároch a originál obrázkov s jedným odtlačkom musia byť vyhotovené podľa inštrukcií pre autorov časopisu Mineralia Slovaca. V opačnom prípade redakcia článok vráti autorovi pred jeho zaslaním recenzentovi.
2. Ak je možnosť, pošlite text článku na diskete 3,5", spracovaný v editore T602 (WinText602, Ami Pro, MS Word, WordPerfect; PC) alebo MS Word, QuarkXPress (Mac) v norme Kamenických alebo Latin2. S disketou zašlite aj jeden výtlačok textu na papieri.
3. Rozsah článku je najviac 20 rukopisných strán včítane literatúry, obrázkov a vysvetliviek. Uverejnenie rozsiahlejších článkov musí schváliť redakčná rada a ich zaradenie do tlače bude zdĺhavejšie.
4. Články sa uverejňujú v slovenčine, češtine, angličtine, resp. ruštine. Abstrakt a skrátené znenie článku (resumé) je obyčajne anglické (ak je článok v angličtine, potom resumé je v slovenčine).
5. Súčasne s článkom treba redakcii zaslať autorské vyhlásenie. Obsahuje meno autora (autorov), akademický titul, rodné číslo, trvalé bydlisko.

## Text

1. Úprava textu včítane zoznamu literatúry prispôsobte súčasnej úprave článkov v časopise.
2. Text sa má písať s dvojitou linkovou medzerou (riadkovačom 2), na strane má byť 30 riadkov, šírka riadku je asi 60 znakov.
3. Abstrakt aj s nadpisom článku sa píše na samostatný list. Obsahuje hlavné výsledky práce (neopakovať to, čo je už vyjadrené nadpisom), nemá obsahovať citácie a jeho rozsah nemá byť väčší ako 200 slov. (Abstraktu treba venovať náležitú pozornosť, lebo slúži na zostavovanie anotácií.)
4. Text má obsahovať úvod, charakteristiku (stav) skúmaného problému, resp. metodiku práce, zistené údaje, diskusiu a záver.
5. Zreteľne treba odlíšiť východiskové údaje od interpretácií.
6. Neopakovať údaje z tabuliek a obrázkov, iba ich komentovať a odvolať sa na príslušnú tabuľku, resp. obrázok.
7. Text treba členiť nadpismi. Hlavné nadpisy písať do stredu, vedľajšie na ľavý okraj strany. Voliť najviac tri druhy hierarchických nadpisov. Ich dôležitosť autor vyznačí ceruzkou na ľavom okraji strany: 1 - hierarchicky najvyšší, 2 - nižší, 3 - najnižší nadpis.
8. V texte sa uprednostňuje citácia v zátvorke, napr. (Dubčák, 1987; Hrubý et al., 1988) pred formou ... podľa Dubčáka (1987). Ani v jednom prípade sa neuvádzajú krstné mená.
9. Umiestnenie obrázkov a tabuliek sa označí ceruzkou na ľavom okraji rukopisu, resp. stĺpcového obťahu.
10. Grécke písmená použité v texte treba identifikovať na ľavom okraji slovom (napr. sigma).
11. Pri písaní starostlivo odlišujte pomlčku od spojovníka.
12. Symboly, matematické značky, názvy skamenelín, slová a pod., ktoré treba vysádzať kurzívou, autor v rukopise podčiarkne vlnovkou.
13. K článku treba pripojiť kľúčové slová.
14. Abstrakt, resumé, vysvetlivky k obrázkom a názvy tabuliek predloží autor redakcii aj v angličtine.

## Ilustrácie

1. Musia byť vysokej kvality. Majú dokumentovať a objasňovať text. Originál (pred zmenšením) môže mať rozmer najviac 340 x 210 mm. Maximálny rozmer ilustrácie vytlačený v časopise je 170 x 230 mm. Skladacie ilustrácie treba úplne vylúčiť.
   V prípade ilustrácií vytvorených na počítači prosíme o ich zaslanie na diskete 3,5" vo formáte CorelDraw (PC), Adobe Illustrator (PC, Mac) alebo Aldus FreeHand (Mac).
2. Ilustrácie pripravovať s vedomím, že sa budú zmenšovať (zvyčajne o 50 %) na šírku stĺpca (81 mm) alebo strany (170 mm). Podľa toho pripravovať ich veľkosť a formu, resp. ich zoskupenie.
3. Voliť takú veľkosť písma a čísel, aby najmenšie písmená po zmenšení boli veľké aspoň 1,2 mm. Úmerne zmenšeniu voliť aj hrúbku čiar
4. Obrázky popisovať šablónou, nie voľnou rukou.
5. Všetky ilustrácie včítane fotografií musia obsahovať grafickú (metrickú) mierku.
6. Zoskupené obrázky, napr. fotografie, diagramy, musia byť pripravené (nalepené) ako jeden obrázok a jeho časti treba označiť písmenami (a, b, c atď.). Takto zoskupené obrázky sa citujú ako jeden obrázok. Zoskupené fotografie treba starostlivo upraviť a nalepiť na biely kriedový papier
7. Fotografie musia byť ostré, čiernobiele, kontrastné a vyhotovené na lesklom papieri. Je vhodné, aby sa zmenšovali minimálne o 50 %.
8. Na všetkých obrázkoch sa na okraji (na fotografiách na zadnej strane) ceruzkou uvedie číslo obrázku a meno autora. Na fotografiách sa šípkou doplní aj orientácia obrázku.
9. Na mapách a profiloch voliť jednotné vysvetlivky, ktoré sa uvedú pri prvom obrázku.
10. Názvy obrázkov a vysvetlivky sa píšu strojom na osobitný list.
11. Všetky ilustrácie sa musia citovať v texte.
12. Ilustrácie sa zasielajú redakcii už imprimované, teda pri korektúre ich už nemožno opravovať a dopĺňať.
13. Farebné ilustrácie sú vítané, ale náklady na ich tlač hradí autor

## Tabuľky

1. Tabuľky sa píšu na osobitný list. Ich rozsah a vnútornú úpravu treba voliť tak, aby sa tabuľka umiestnila do stĺpca alebo na šírku strany. Rozsiahlejšie tabuľky sa neprijímajú.
2. Údaje zoraďujte do tabuľky iba vtedy, ak sa nedajú uviesť v texte.
3. Nadpis tabuľky a prípadný sprievodný text sa píše strojom na osobitný list (úpravu nadpisov pozri v časopise).
4. Vertikálne čiary v tabuľkách nepoužívať.
5. Tabuľky sa číslujú priebežne a uverejňujú sa v číselnom poradí.

## Literatúra

1. V zozname literatúry sa v abecednom poriadku uvádza iba literatúra citovaná v danom článku. Citácia označená „v tlači" sa môže uviesť v zozname, len ak je z citovaného článku aspoň stĺpcová korektúra. Citácie s doplnkom „v prípade", „zadané do tlače" sú neplnohodnotné a nemajú sa používať ani v texte. Citácia „osobná informácia" sa cituje iba v texte (Zajac, os. informácia, 1988).
2. Používať nasledujúci spôsob uvádzania literatúry

   **Kniha**

   Gazda, L. & Čech, M., 1988: Paleozoikum medzevského príkrovu. Alfa Bratislava, 155.

   **Časopis**

   Vrba, P., 1989: Strižné zóny v komplexoch metapelitov. Mineralia Slov., 21, 135 - 142.

   **Zborník**

   Návesný, D., 1987: Vysokodraselné ryolity. In: Romanov V. (red.): Stratiformné ložiská gemerika. Špec. publ. Slov. geol. spol., Košice, 203 - 215.

   **Manuskript**

   Radvanský, F., Slivka, B., Viktor, J. & Srnka, T., 1985: Žilné ložiská jedľoveckého príkrovu gemerika. Záverečná správa z úlohy SGR-geofyzika. Manuskript—archív GP Spišská Nová Ves, 28.
3. Pri článku viac ako dvoch autorov sa v texte cituje iba prvý autor s dodatkom et al., ale v zozname literatúry sa uvádzajú všetci.
4. Ak sa v článku (knihe) cituje názov, údaje a pod. iného autora, ktorý nie je spoluautorom publikácie, potom sa v texte cituje vo forme (Gerda in Kubka, 1975), ale v zozname literatúry sa uvádza iba Kubka, J., 1975.