44/4/2012
ISSN 1338–3523
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

Predseda vydavateľskej rady – Chairman of Editorial Board

BRANISLAV ŽEC
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

Vedecký redaktor – Scientific Editor

ZOLTÁN NÉMETH
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra
Regionálne centrum Košice
Jesenského 8, 040 01 Košice
zoltan.nemeth@geology.sk

REDAKČNÁ RADA – EDITORIAL BOARD

Igor Broska, Geologický ústav SAV Bratislava
Klement Fordinál, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Vlasta Jánová, Ministerstvo životného prostredia SR Bratislava
Milan Kohút, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Martin Kováčik, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Peter Malík, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Jozef Michalík, Geologický ústav SAV Bratislava
Ľubomír Petro, Štátny geologický ústav D. Štúra Košice
Dušan Plašienka, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava
Marián Putiš, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava
Igor Slaninka, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Ján Soták, Geologický ústav SAV Banská Bystrica
Ladislav Šimon, Slovenská geologická spoločnosť Bratislava
Pavel Uher, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava

REDAKCIA – EDITORIAL STAFF

Vedúci oddelenia vydavateľstva ŠGÚDŠ a propagácie – Head of the Department of Promotion and ŠGÚDŠ Publishers

LADISLAV MARTINSKÝ
ladislav.martinsky@geology.sk

Jazykoví redaktori – Lingual editors

Lucia Jasinská – Zoltán Németh
lucia.jasinska@upjs.sk

Technická redaktorka – Production editor

Alena Wolfová
alena.wolfova@geology.sk

Mineralia Slovaca (Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086), EČ 3534/09, vychádza štyrikrát ročne. Vydavateľ a tlač: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava.
Predplatné v roku 2012 vrátane DPH, poštovného a balného pre jednotlivcov 18,00 €, pre členov SGS a geologických asociácií 15,80 €, pre organizácie v SR 22,40 €. Cena jednotlivého čísla je 4,50 € vrátane DPH, poštovného a balného. 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, 055/625 00 43; fax: 055/625 00 44, e-mail: mineralia.slovaca@geology.sk, e-mail knižnica: secretary.ke@geology.sk

Mineralia Slovaca (Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086) is published quarterly by the State Geological Institute of Dionýz Štúr Bratislava, Slovak Republic. Subscription for 2012 calendar year: 34.40 € including VAT, postage and packing cost. Price of one number is 8.60 € including VAT, postage and packing cost. Claims for nonreceipt of any issue will be filled gratis. Order send to address of the Editorial office: Štátny geologický ústav D. Štúra – RC Košice (Library), Jesenského 8, SK-040 01 Košice, Slovak Republic. Phone: +421/55/625 00 46, +421/55/625 00 43; fax: +421/55/625 00 44, e-mail: mineralia.slovaca@geology.sk, library: secretary.ke@geology.sk

© Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

www.geology.sk/mineralia

MINERALIA SLOVACA
Ročník 44 – 2012
OBSAH

Aubrecht, R., Gawlick, H. J., Missoni, S. & Plašienka, D.: Revízia typovej lokality meliatika: potreba opätovného výskumu meliatskej jednotky a redefinície meliatskej melanže 71
Bačo, P., Konečný, V., Bačová, Z. & Konečný, P.: Geologický vývoj ryolitového extruzívneho telesa Borsuk – centrálna časť – zistenia pri razení chodieb vo vínnych pivniciach pri obci Viničky (Zemplínske vrchy, Východné Slovensko) (Geovestník, 1) 21
Bačo, P. & Bakos, F.: Za Ing. Jurajom Knéslom (Geovestník, 2) 10
Bajtoš, P.: Hydrogeochemické modelovanie zvetrávania vyťaženého sideritového ložiska Železník, Slovenské rudohorie 199
Bajtoš, P., Záhorová, Ľ., Rapant, S. & Pramuka, S.: Monitoring geologických faktorov vplyvu ťažby nerastov na životné prostredie v rizikových oblastiach na Slovensku v rokoch 2007 – 2011 375
Baláž, P.: 60 rokov geológie v Spišskej Novej Vsi (Geovestník, 4) 30
Baliak, F. & Stríček, I.: 50 rokov od katastrofálneho zosuvu v Handlovej 119
Barmuta, J. & Golonka, J.: Paleozoická amalgamácia centrálnej Európy – interaktívne modelovanie za pomoci softvéru GPlates 72
Bednárik, M., Putiška, R., Matys, M., Dostál, I., Dunčko, M. & Laho, M.: Príklad integrovanej diagnostiky zosuvov: zosuv v Chmiňanoch 295
Bendík, A.: Amonitová fauna *Harpoceratinae* Neumayr, 1875 z jurských súvrství Janovky a adnetského súvrstvia vo Veľkej Fatre 285
Bodiš, D., Kordík, J. & Slaninka, I.: Variabilita chemického zloženia zimných zrážok na Slovensku za 36 rokov pozorovania 443
Bouzari, S., Konon, A., Koprianiuk, M. & Julapour, A. A.: Trojuholníková zóna Kuh-e-Gachab v centrálnom bazéne iránskeho plató v oblasti Semnan, centrálny Irán 73
Černý, J. & Melichar, R.: Rozdiely v anizotropii magnetickej susceptibility vo vzťahu k rampe v ordovických horninách barrandienu, Česká republika 76
Čerňanský, A., Holec, P., Sýkora, M. & Fordinál, K.: Hippotherium (Perissodactyla: Equidae) – nový nález z vrchného miocénu strednej Paratetýdy 279
Dananaj, I., Klukanová, A. & Liščák, P.: Problematika monitoringu objemovo nestálych zemín a ich vlastností – prípadová štúdia Veselé 461
Danišík, M. & Kohút, M.: Eo-alpínska metamorfóza a „strednomiocénna termálna udalosť" v pohorí Branisko (Západné Karpaty, Slovensko) – výsledky nízkoteplotnej termochronológie 77
Demko, R., Ferenc, Š., Biroň, A., Novotný, L. & Bartalský, B.: Genéza U-Mo ložiska Kurišková 78
Dobeš, P.: Migrácia paleo- a recentných fluíd v granite typu Podlesí, Krušné hory, Česká republika: fraktúry, zóny fluidných inklúzií, otvorené mikrotrhliny 79
Durmeková, T. & Ondrášik, R.: Nerovnorodosť a rozmerový efekt pri stanovovaní pevnostno-deformačných vlastností hornín 149
Ekkertová, P. & Greif, V.: Využitie digitálnej fotogrametrie pri štruktúrnej analýze skalných svahov 157
Fodor, L. I.: Revidovaná evolúcia napäťového poľa v severnej a severozápadnej časti panónskeho bazénu v období od mezozoika po kvartér 80
Fraštia, M.: Laserové verzus optické skenovanie skalných masívov 177
Galamboš, M. & Rosskopfová, O.: E. Chmielewská, T. Reháčová, M. Fendek, P. Fedor a Z. Bedrna: Ochrana a využívanie prírodných zdrojov. EPOS, 349 s. (Geovestník, 3) 7
Gaži, M.: Nové výskyty brekcií typu Záskalie v oravskej časti pieninského bradlového pásma – predbežné výsledky 81
Gluch, A. & Pramuka, S.: Monitorovanie variácií objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí vo vybraných objektoch v rámci územia Slovenskej republiky 393
Głowacka, A.: Tektonika v axiálnej zóne podhálskeho synklinória na Spiši (Slovensko) 82
Głuszyński, A.: Fundament karpatskej predhlbne pri lokalite Pilzno (JV Poľsko) – seizmické dáta 83
Grecula, P.: Ján Kobulský, šesťdesiatročný (Geovestník, 2) 6
Habibou, H., Bouya, N., Ouardi, H. & Mercier, E.: Rampové vrásy a puklinové deformácie v Južnej Rifejskej zóne medzi autochtónnou doménou Atlasu a alochtónnymi súvrstviami Rif kordiliery (Severné Maroko) 65
Hovorka, D.: Mikrometrové rozmery minerálov hornín – je to ešte stále petrografia/petrológia? (Geovestník, 2) 1
Iglárová, Ľ., Pauditš, P. & Drotár, D.: Informačný systém údajov z monitoringu geologických faktorov 473
Ivan, P. & Méres, Š.: Zlatnícka skupina – variské ofiolity pri severnej hranici gemerickej superjednotky 39
Janoušek, V., Navrátil, T., Trubač, J., Strnad, L., Laufek, F. & Minařík, L.: Prvky v mineráloch na príklade vzorky granitu (granit typu Říčany, variský stredočeský plutonický komplex) 84
Jeřábek, P., Lexa, O., Schulmann, K. & Plašienka, D.: Inverzné duktilné stenčovanie a vrásové vykleňovanie v prípade západokarpatského kolízneho klina 85
Kernstocková, M. & Melichar, R.: Paleonapäťová analýza SV časti brnenského masívu – ďalší segment skladačky 86
Knížek, M., Melichar, R. & Šešulka, V.: Rozsiahly variský strižný zlom medzi obcami Kozičín a Řitka, barrandien, Český masív 87
Kobulský, J., Gazdačko, Ľ. & Németh, Z.: Nové poznatky o geologickej stavbe zemplinika v Zemplínskych vrchoch (Geovestník, 1) 16
Kociánová, L. & Melichar, R.: Analýza 3D štruktúr v geografickom informačnom systéme 88
Kohút, M.: Laudatio k 80. narodeninám RNDr. Albína Klinca, CSc. (Geovestník, 2) 2
Kohút, M.: Genéza gemerických granitov vo svetle izotopovej geochémie: fakty a mýty 89
Kordík, J., Slaninka, I. & Bodiš, D.: Monitorovanie riečnych sedimentov na Slovensku 423
Kucharič, Ľ.: Pilotný projekt na ukladanie CO_2 Hontomín, Kastília León, Španielsko (Geovestník, 3) 1
Kusbach, V., Janoušek, V., Hasalová, P., Fanning, C. M., Schulmann, K. & Ulrich, S.: Geochemické a geochronologické argumenty v prospech heterogénnej povahy a komplexného vývoja variskej spodnej kontinentálnej kôry: granulitový masív Náměšť (Český masív, Česká republika) 90
Kotuč, J. & Chytilová, M.: Vplyv prevádzky košickej teplárne na horninové prostredie a podzemnú vodu 315
Kováčik, M.: Geologická stavba a metamorfóza vulkanicko-sedimentárneho pásma na severovýchodnom úpätí Kráľovej hole 241
Ledvényiová, L.: Výskyty a charakteristiky sedimentárneho obalu modranského masívu (Malé Karpaty) 74
Leiter, A.: Vliv odchylek geometrického uspořádání a tvaru vrtů na tepelné vlastnosti geotermálního systému 185
Liščák, P.: Jubileum doc. RNDr. Petra Wagnera, CSc. (Geovestník, 2) 4
Liščák, P., Klukanová, A. & Jánová, V.: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov a jeho odpovede na potreby spoločnosti 325
Łoziński, M., Ludwiniak, M. & Wysocka, A.: Tektono-sedimentárne znaky južného okraja bazénu Orava-Nowy Targ (poľsko-slovenské pohraničie): ich možný vzťah k neskorokenozoickej evolúcie Západných Karpát 91
Ludwiniak, M., Rybak-Ostrowska, B. & Gąsiński, A.: Zlomové horniny v zlomovej zóne Jelešňa (centrálno-karpatský paleogénny bazén, JV Orava, Slovensko) 92
Madarás, J., Fojtíková, L., Hrašna, M., Petro, Ľ., Ferianc, D. & Briestenský, M.: Vymedzenie seizmicky aktívnych oblastí na Slovensku na základe záznamov historických zemetrasení a súčasného monitorovania tektonickej a seizmickej aktivity 351

Madzin, J. & Plašienka, D.: Tektono-sedimentárne brekcie vo vrchnokriedovo-spodnopaleogénnych súvrstviach z východnej časti pieninského bradlového pásma (Západné Karpaty) 116
Machek, M., Kratinová, Z., René, M., Janoušek, V., Staněk, M. & Roxerová, Ž.: Magnetické a geochemické znaky alteračných procesov: príklad z granitového telesa Krudum, západné Čechy 93
Marhanský, T., Sokol, Ľ., Melichar, R. & Nemčok, M.: Tektonika v synklinále Trangošky – predbežné výsledky 94
Marko, F.: Kenozoické napäťové pole a zlomová aktivita severného okraja Dunajskej panvy (Západné Karpaty, Slovensko) 213
Marko, F., Bednarik, M., Gajdoš, V., Rozimant, K. & Vojtko, R.: Morfologické tvary a štruktúrne vyjadrenie muránskeho zlomu v Levočských vrchoch (Západné Karpaty) 95
Mastella, L. & Rybak-Ostrowska, B.: Tektonické pozadie výskytu travertínov v podhaľskom flyši (Vnútorné Karpaty) 117
Márton, E., Bubik, M., Krejči, O., Steininger, F., Budura, J., Tomanová-Petrová, P., Mach, K. & Tokarski, A. K.: Paleomagnetická indikácia možných miocénnych rotácií Českého masívu v smere proti chodu hodinových ručičiek s ohľadom na zvyšok stabilnej Európy 96
Márton, E., Grabowski, J., Plašienka, D., Krobicki, M., Túnyi, I., Haas, J. & Pethe, M.: Paleomagnetizmus vrchnokriedových červených slieňov z pieninského bradlového pásma – tektonické súvislosti 97
Mikita, S.: Monitorovanie a hodnotenie vplyvu antropogénnych sedimentov charakteru environmentálnych záťaží na vodnú zložku prostredia v rámci monitorovania geologických faktorov 365
Németh, Z.: Z činnosti košickej pobočky Slovenskej geologickej spoločnosti v roku 2012 (Geovestník, 4) 22
Németh, Z. & Petro, Ľ.: 10. stretnutie CETeG – Tektonické fenomény východného Slovenska (Geovestník, 1) 2
Németh, Z., Radvanec, M., Gazdačko, Ľ. & Kobulský, J.: Variská tektonická stavba a jej alpínsky prepis v gemeriku (vnútorné Západné Karpaty): ich úloha pri recentnej distribúcii tektonických jednotiek vo východnej časti územia, dokumentovaná na významných lokalitách (Geovestník, 1) 8
Németh, Z., Plašienka, D., Šimon, L., Kohút, M. & Kováčiková, M.: 11. výročný predvianočný seminár Slovenskej geologickej spoločnosti Nové poznatky o stavbe a vývoji Západných Karpát (Geovestník, 4) 1
Németh, Z., Radvanec, M., Kobulský, J., Gazdačko, Ľ., Putiš, M. & Zákršmidová, B.: Alochtónna pozícia meliatika v severogemerickej zóne (vnútorné Západné Karpaty) doložená výsledkami paleopiezometrie 57
Ondrejka, P. & Wagner, P.: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií v období rokov 2002 až 2009 331
Oszczypko-Clowes, M. & Oszczypko, N.: Pozícia grybówskeho príkrovu v poľských vonkajších Karpatoch 75
Ozdínová, S.: Redepozície paleogénnych vápnitých nanofosílií v neogénnych sedimentoch na severnom okraji Dunajskej panvy: zdroj údajov o zdvihu a erózii substrátov 257
Pelech, O., Soták, J. & Hók, J.: Geologická stavba bloku Patrovca v Považskom Inovci, Západné Karpaty 231
Peřestý, V., Lexa, O., Racek, M. & Jeřábek, P.: Polyfázová štruktúrna a metamorfná evolúcia variskej superštruktúry, tepelsko-barrandiénska jednotka, Český masív 99
Pešková, I., Hók, J. & Potfaj, M.: Západná časť pieninského bradlového pásma: príklad uklonenej transpresnej zóny 100
Petro, Ľ., Bóna, J., Košťák, B., Briestenský, M., Stemberk, J., Hók, J. & Bella, P.: 3D monitoring recentnej geodynamiky Západných Karpát 101
Petro, Ľ., Liščák, P. & Ondrejka, P.: Hodnotenie vybraných aktívnych zosuvov na Slovensku v roku 2011 131
Petro, Ľ., Brček, M., Vlčko, J., Šimková, I., Balík, D. & Žilka, A.: Výsledky monitorovania stability vybratých historických objektov na území SR 403
Plašienka, D.: Počiatočné štádiá štruktúrnej evolúcie bradlového pásma (slovenská časť Pienin) 1
Plašienka, D.: Najvýznamnejšie geologické práce za roky 2009 – 2011, ktorým bola udelená Cena Slovenskej geologickej spoločnosti (Geovestník, 4) 20
Plašienka, D., Soták, J., Jamrichová, M., Halásová, E., Pivko, D., Józsa, Š., Madzin, J. & Mikuš, V.: Stavba a vývoj pieninského bradlového pásma podľa zistení na profile medzi obcami Jarabina a Litmanová na Východnom Slovensku 17
Rapant, S.: RNDr. Dušan Bodiš, CSc. – šesťdesiatročný (Geovestník, 2) 5
Rapant, S.: RNDr. Kamil Vrana, CSc. – šesťdesiatročný (Geovestník, 2) 9
Rauch, M., Jankowski, L. & Probulski, J.: Vznik zakrivených stôp na regionálnych prešmykoch a zlomovo-podmienených vrásach v poľských Vonkajších Karpatoch vo svetle analógového modelovania 102
Reháková, D.: Geológ a sedimentológ profesor Michal Kováč oslávil 60 rokov (Geovestník, 3) 4
Reiser, M., Fügenschuh, B. & Schuster, R.: Termotektonická evolúcia pohoria Apuseni (Rumunsko) založená na štruktúrnych a geotermochronologických dátach 104
Rez, J.: Paleostresová analýza v lome Mokrá (moravskosliezska zóna, Česká republika) – dve metodiky, jeden výsledok 103
Rybak-Ostrowska, B., Hałas, S. & Kaproń, G.: Dawsonitové žily podmienené zlomovou tektonikou z preddukelskej prešmykovej zóny (Vonkajšie Karpaty, Poľsko) 98
Stemberk, J.: Recentné tektonické pohyby zaznamenané v Českom masíve 106
Stojkovová, D., Porubská, D., Fendeková, M. & Fendek, M.: Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody a jej rozkyvu v obdobiach meteorologického sucha 191
Śliwiński, W., Senderak, K., Paszkiewicz, M., Rudolf, M., Nawrocki, S. & Raczyński, P.: Pieskovcové vyvýšeniny v rudnom ložisku Lubin-Polkowice-Sieroszowice – výsledok tektoniky alebo sedimentácie? 118
Śmigielski, M., Stuart, F., Persano, C., Krzywiec, P., Sinclair, H., Aleksandrowski, P. & Pisaniec, K.: Postupná exhumácia, pochovanie a exhumácia Tatier doložená zisteniami nízkoteplotnej termochronológie 105
Świerczewska, A., Tokarski, A. K. & Paul, Z.: Pokus o chronostratigrafiu a datovanie maximálneho pochovania bentonitov v kriedovo-paleogénnych sekvenciách vo Vonkajších Karpatoch (Poľsko) 107
Šurka, J., Sliva, Ľ. & Soták, J.: Faciálny vývoj borovského súvrstvia v oblasti Bieleho Potoka pri Ružomberku a Komjatnej 267
Tischler, O., Kotuč, J., Tometz, L. & Chytilová, M.: Efektivita ventingu/bioventingu pri odstraňovaní prchavých ropných látok v Haniske pri Košiciach 303
Tokarski, A. K., Świerczewska, A., Zuchiewicz, W., Starek, D. & Fodor, L.: Kvartérna exhumácia Západných Karpát: záznam z medzihorského bazénu Orava-Nowy Targ 108
Tomaszczyk, M. H. & Tomaszczyk, M.: Vzťah medzi geologickou štruktúrou a orientáciou svahu v kontexte vývoja zosuvu: príklad z horských hrebeňov Lubaň a Gorc (pohorie Gorce, Vonkajšie Karpaty, Poľsko) 109
Trubač, J., Janoušek, V., Vrána, S. & Wiegand, B.: Vlastnosti, tektonická stavba a pravdepodobný spôsob vzniku paleoproterozoických (~2,1 Ga) ortorúl typu Světlík (južné Čechy) 110
Uroda, J.: Klasifikácia deformácie v skolskom prikrove neďaleko lokality Strzyżów (Vonkajšie Karpaty, JV Poľsko) 111
Wagner, P., Ondrejka, P., Balík, D. & Žilka, A.: Hodnotenie výsledkov monitorovacích meraní na zosuvoch 141
Weis, K., Koščová, M., Molokáč, M. & Domarackỳ, D.: Využitie možností fotogrametrie pri výskume priestorového zväčšovania povrchových dobývok 167
Wyglądała, M.: Viaceré úrovne odlepenia v sliezskom príkrove pri lokalite Jasło, Vonkajšie Karpaty v Poľsku 112
Závada, P., Machek, M. & Špičák, A.: Tokové štruktúry a dynamická porozita v pleistocénnej dacitovej láve z vulkánov Three Sisters (pohorie Cascades, USA) 113
Zlinská, A.: Zdravica k významnému životnému jubileu člena – korešpondenta SAV RNDr. Ota Fusána, DrSc. (Geovestník, 4) 33
Zuchiewicz, W.: Neotektonika Karpát: poznatky z tektonickej geomorfológie 115
Żelaźniewicz, A., Tran Trong, H. & Larionov, A.: Strižná zóna Ailao Shan-Červená rieka v SZ Vietname: dlhoveká kontinentálna zlomová zóna v JV Ázii 114

MINERALIA SLOVACA
Volume 44 – 2012
CONTENT

Aubrecht, R., Gawlick, H. J., Missoni, S. & Plašienka, D.: Meliata type locality revisited: Evidence for the need of reinvestigation of the Meliata Unit and redefinition of the Meliata Mélange 71
Bačo, P., Konečný, V., Bačová, Z. & Konečný, P.: Geological evolution of the rhyolite extrusive body of Borsuk – central part – based on documentation of the workings in the wine cellar at the village of Viničky (Zemplínske vrchy Mts., Eastern Slovakia) (Geovestník, 1) 21
Bačo, P. & Bakos, F.: Remembrance of Ing. Juraj Knésl (Geovestník, 2) 10
Bajtoš, P.: Hydrogeochemical modeling of weathering at the exploited Železník siderite deposit, Slovak Ore Mts. (Western Carpathians) 199
Bajtoš, P., Záhorová, Ľ., Rapant, S. & Pramuka, S.: Geological monitoring of mining influence on the environment in risk-bearing Slovak areas in years 2007–2011 375
Baláž, P.: 60 years of geology in Spišská Nová Ves (Geovestník, 4) 30
Baliak, F. & Stríček, I.: 50 years after catastrophic landslide in Handlová (Slovakia) 119
Barmuta, J. & Golonka, J.: Paleozoic amalgamation of Central Europe – interactive modelling with GPlates software 72
Bednárik, M., Putiška, R., Matys, M., Dostál, I., Dunčko, M. & Laho, M.: An example of integrated diagnostics of landslides: Case study of the landslide at the village of Chmiňany 295
Bendík, A.: Ammonite fauna of subfamily *Harpoceratinae* Neumayr, 1875 from Jurassic Janovky and Adnet formations in the Veľká Fatra Mts. (Central Slovakia) 285
Bodiš, D., Kordík, J. & Slaninka, I.: Variability of chemical composition of winter precipitations in Slovakia for 36 years of observation 443
Bouzari, S., Konon, A., Koprianiuk, M. & Julapour, A. A.: The Kuh-e-Gachab triangle zone in the Central Basin of the Iran Plateau in the Semnan area, central Iran 73
Černý, J. & Melichar, R.: AMS Fabric differences in relation to ramp within Ordovician rocks, Barrandian, Czech Republic 76
Čerňanský, A., Holec, P., Sýkora, M. & Fordinál, K.: A new record of *Hippotherium* (Perissodactyla: Equidae) from the Late Miocene of the Central Paratethys region (Slovakia) 279
Dananaj, I., Klukanová, A. & Liščák, P.: Problems of monitoring of volume unstable soils and their properties: A case study Veselé (Slovakia) 461
Danišík, M. & Kohút, M.: Eo-Alpine metamorphism and the "mid-Miocene thermal event" in the Branisko Mts. (Western Carpathians, Slovakia) as revealed by multi-system low-temperature thermochronology 77
Demko, R., Ferenc, Š., Biroň, A., Novotný, L. & Bartalský, B.: The genesis of the Kurišková U-Mo ore deposit 78
Dobeš, P.: Migration of paleo- and recent fluids in the Podlesí granite, Krušné hory Mts., Czech Republic: Fractures, fluid inclusion planes, open microcracks 79
Durmeková, T. & Ondrášik, R.: Heterogeneity and scale effect in determination of rock strength 149
Ekkertová, P. & Greif, V.: The use of digital photogrammetry for structure analysis of the rock slopes 157
Fodor, L. I.: Revised stress field evolution of the northern and south-western Pannonian basin from the Mesozoic to Quaternary 80
Fraštia, M.: Laser vs. optical scanning of rock massifs 177
Galamboš, M. & Rosskopfová, O.: Review of the publication "Protection and use of natural resources" of the authors E. Chmielewská, T. Reháčová, M. Fendek, P. Fedor & Z. Bedrna. EPOS, 349 p. (Geovestník, 3) 7
Gaži, M.: New occurrence of Záskalie Breccia in Orava part of Pieniny Klippen Belt: Preliminary results 81
Gluch, A. & Pramuka, S.: Monitoring of radon volume activity variations in geological surroundings of selected objects in Slovak Republic 393
Głowacka, A.: Tectonics of the axial zone of the Podhale synclinorium in Spiš (Slovakia) 82
Głuszyński, A.: Basement of the Carpathian foredeep at Pilzno (SE Poland) in seismic data 83
Grecula, P.: Ján Kobulský – Greetings to 60th birthday (Geovestník, 2) 6
Habibou, H., Bouya, N., Ouardi, H. & Mercier, E.: Ramp folds and fracturing in the Southern Rifian Ridges between autochthonous Atlasic domain and allochthonous formations of the Rif Cordillera (Northern Morocco) 65
Hovorka, D.: Micrometer sizes of minerals in rocks: Is it still petrography/petrology? (Geovestník, 2) 1
Iglárová, Ľ., Pauditš, P. & Drotár, D.: Information system of geological factors monitoring 473
Ivan, P. & Méres, Š.: The Zlatník Group – Variscan ophiolites on the northern border of the Gemeric Superunit (Western Carpathians) 39
Janoušek, V., Navrátil, T., Trubač, J., Strnad, L., Laufek, F. & Minařík, L.: Residence of elements in minerals of a single granite sample (Říčany granite, Variscan Central Bohemian Plutonic Complex) 84
Jeřábek, P., Lexa, O., Schulmann, K. & Plašienka, D.: Inverse ductile thinning and fold-induced doming in the West Carpathian Cretaceous collisional wedge 85
Kernstocková, M. & Melichar, R.: Paleostress analysis of NE part of the Brno Massif: Another piece of puzzle 86
Knížek, M., Melichar, R. & Šešulka, V.: The large Variscan strike-slip fault between Kozičín and Řitka villages, Barrandian, Bohemian Massif 87
Kobulský, J., Gazdačko, Ľ. & Németh, Z.: New knowledge about the geological setting of Zemplinicum in the Zemplínske vrchy Mts. (Geovestník, 1) 16
Kociánová, L. & Melichar, R.: Analysis of 3D structures in GIS 88
Kohút, M.: Greetings to 80th birthday of RNDr. Albín Klinec, CSc. (Geovestník, 2) 2
Kohút, M.: Genesis of the Gemeric granites in the light of isotope geochemistry: Separated facts from myth 89
Kordík, J., Slaninka, I. & Bodiš, D.: Monitoring of stream sediments in Slovakia 423
Kucharič, Ľ.: Pilot project for CO_2 storing, Hontomín, Kastília León, Spain (Geovestník, 3) 1
Kusbach, V., Janoušek, V., Hasalová, P., Fanning, C. M., Schulmann, K. & Ulrich, S.: Geochemical and geochronological arguments for heterogeneous nature and complex development of Variscan lower continental crust: Náměšť Granulite Massif (Bohemian Massif, Czech Republic) 90
Kotuč, J. & Chytilová, M.: Impact of operation of the Košice heating plant on rock environment and groundwater 315
Kováčik, M.: Geological setting and metamorphism of volcano-sedimentary belt on the north-eastern foothills of the Kráľova hoľa Massif (Western Carpathians, Slovakia) 241
Ledvényiová, L.: Appearance and characteristics of the Modra Massif sedimentary cover (Malé Karpaty Mts.) 74
Leiter, A.: An effect of variations in geometrical arrangement and the shape of boreholes on thermal properties of the geothermal system 185
Liščák, P.: Jubilee of RNDr. Peter Wagner, CSc. (Geovestník, 2) 4
Liščák, P., Klukanová, A. & Jánová, V.: Partial Monitoring System of Geological Factors and Its Responses to the Public Needs 325
Łoziński, M., Ludwiniak, M. & Wysocka, A.: Tectono-sedimentary features of the southern margin of the Orava–Nowy Targ basin (Poland-Slovakia cross-border): Their possible relationship with the Late Cenozoic Western Carpathians evolution 91
Ludwiniak, M., Rybak-Ostrowska, B. & Gąsiński, A.: Fault rocks of the Jelešňa fault zone (Central Carpathian Paleogene Basin, SE Orava, Slovakia) 92
Madarás, J., Fojtíková, L., Hrašna, M., Petro, Ľ., Ferianc, D. & Briestenský, M.: Definition of the seismic active regions in Slovakia based on historical earthquake records and current monitoring of tectonic and seismic activity 351

Madzin, J. & Plašienka, D.: Tectono-sedimentary breccias in the Upper Cretaceous–Lower Paleogene formations from the eastern part of the Pieniny Klippen Belt (Western Carpathians) 116
Machek, M., Kratinová, Z., René, M., Janoušek, V., Staněk, M. & Roxerová, Ž.: Magnetic and geochemical constrains on alteration processes: An example from the Krudum granite body (KGB), western Bohemia 93
Marhanský, T., Sokol, Ľ., Melichar, R. & Nemčok, M.: Tectonics of the Trangoška syncline – preliminary results 94
Marko, F.: Cenozoic stress field and faulting at the northern margin of the Danube Basin (Western Carpathians, Slovakia) 213
Marko, F., Bednarik, M., Gajdoš, V., Rozimant, K. & Vojtko, R.: Landforms and structural expression of the Muráň fault in the Levočské vrchy Mts. (Western Carpathians) 95
Mastella, L. & Rybak-Ostrowska, B.: Tectonic constraints of travertine occurrence in the Podhale Flysch (Inner Carpathians) 117
Márton, E., Bubik, M., Krejči, O., Steininger, F., Budura, J., Tomanová-Petrová, P., Mach, K. & Tokarski, A. K.: Paleomagnetic indication for possible CCW rotation of the Bohemian Massif with respect of the rest of stable Europe during Miocene 96
Márton, E., Grabowski, J., Plašienka, D., Krobicki, M., Túnyi, I., Haas, J. & Pethe, M.: Paleomagnetism of the Late Cretaceous red marls from the Pieniny Klippen Belt: Tectonic implications 97
Mikita, S.: Monitoring and evaluation of the impact of anthropogenic sediment having character of environmental load on the hydrosphere within the monitoring of geological factors 365
Németh, Z.: The activities of the Slovak Geological Society, branch Košice, in 2012 (Geovestník, 4) 22
Németh, Z. & Petro, Ľ.: 10th CETeG 2012 meeting in Slovakia – Tectonic phenomena of the Eastern Slovakia (Geovestník, 1) 2
Németh, Z., Radvanec, M., Gazdačko, Ľ. & Kobulský, J.: Variscan tectonic setting vs. Alpine overprint in Gemericum (Inner Western Carpathians): Their role in the recent distribution of tectonic units in the eastern part of the territory as expressed in significant localities (Geovestník, 1) 8
Németh, Z., Plašienka, D., Šimon, L., Kohút, M. & Kováčiková, M.: 11. Annual Seminar of the Slovak Geological Society New knowledge about geological setting and evolution of Western Carpathians (Geovestník, 4) 1
Németh, Z., Radvanec, M., Kobulský, J., Gazdačko, Ľ., Putiš, M. & Zákršmidová, B.: Allochthonous position of the Meliaticum in the North-Gemeric zone (Inner Western Carpathians) as demonstrated by paleopiezometric data 57
Ondrejka, P. & Wagner, P.: Monitoring of landslides and other slope deformations in the period from 2002 to 2009 331
Oszczypko-Clowes, M. & Oszczypko, N.: Position of the Grybów nappe in the Polish Outer Carpathians 75
Ozdínová, S.: Redepositions of the Paleogene calcareous nannofossils in the Neogene sediments around the northern margin of the Danube Basin: The data source about uplift and erosion of the substrates 257
Pelech, O., Soták, J. & Hók, J.: Geological setting of the Patrovec block in the Považský Inovec Mts., Western Carpathians 231
Peřestý, V., Lexa, O., Racek, M. & Jeřábek, P.: Polyphase structural and metamorphic evolution of Variscan superstructure, Teplá-Barrandian unit, Bohemian Massif 99
Pešková, I., Hók, J. & Potfaj, M.: The western part of the Pieniny Klippen Belt: An example of inclined transpression zone 100
Petro, Ľ., Bóna, J., Košťák, B., Briestenský, M., Stemberk, J., Hók, J. & Bella, P.: 3D recent geodynamics monitoring of the Western Carpathians 101
Petro, Ľ., Liščák, P. & Ondrejka, P.: Assessment of selected active landslides in Slovakia in 2011 131
Petro, Ľ., Brček, M., Vlčko, J., Šimková, I., Balík, D. & Žilka, A.: Stability of selected historical objects in Slovakia: Monitoring results 403
Plašienka, D.: Early stages of structural evolution of the Carpathian Klippen Belt (Slovakian Pieniny sector) 1
Plašienka, D.: The most significant geological publication in 2009–2011 awarded by the Slovak Geological Society (Geovestník, 4) 20
Plašienka, D., Soták, J., Jamrichová, M., Halásová, E., Pivko, D., Józsa, Š., Madzin, J. & Mikuš, V.: Structure and evolution of the Pieniny Klippen Belt demonstrated along a section between Jarabina and Litmanová villages in Eastern Slovakia 17
Rapant, S.: RNDr. Dušan Bodiš, CSc. – Greetings to 60th birthday (Geovestník, 2) 5
Rapant, S.: RNDr. Kamil Vrana, CSc. – Greetings to 60th birthday (Geovestník, 2) 9
Rauch, M., Jankowski, L. & Probulski, J.: Origin of curved traces of the regional thrusts and fault-related folds in the Polish Outer Carpathians in the light of analogue modelling 102
Reháková, D.: Greetings to 60th birthday of Professor Michal Kováč (Geovestník, 3) 4
Reiser, M., Fügenschuh, B. & Schuster, R.: The thermotectonic evolution of the Apuseni Mountains (Romania) based on structural and geothermochronological data 104
Rez, J.: Paleostress analysis in the Mokrá quarries (Moravosilezian Zone, Czech Republic): Two methods, one result 103
Rybak-Ostrowska, B., Hałas, S. & Kaproń, G.: Fault-related dawsonite veins from the Fore-Dukla thrust sheet (Outer Carpathians, Poland) 98
Stemberk, J.: Recent tectonic movements recorded in the Bohemian Massif 106
Stojkovová, D., Porubská, D., Fendeková, M. & Fendek, M.: The groundwater level depth and amplitude changes during the meteorological drought periods 191
Śliwiński, W., Senderak, K., Paszkiewicz, M., Rudolf, M., Nawrocki, S. & Raczyński, P.: Sandstones elevations in Lubin-Polkowice-Sieroszowice ore deposits- result of tectonic or deposition? 118
Śmigielski, M., Stuart, F., Persano, C., Krzywiec, P., Sinclair, H., Aleksandrowski, P. & Pisaniec, K.: Subsequent exhumation, burial and exhumation of the Tatra Mountains constrained by the low temperature thermochronology 105
Świerczewska, A., Tokarski, A. K. & Paul, Z.: An attempt at chronostratigraphic and maximum burial dating of bentonites within the Cretaceous/Paleogene sequence in the Outer Carpathians (Poland) 107
Šurka, J., Sliva, Ľ. & Soták, J.: Facial development of the Borové Formation in the area of Biely Potok at the town of Ružomberok and at Komjatná village (Western Carpathians, Slovakia) 267
Tischler, O., Kotuč, J., Tometz, L. & Chytilová, M.: Effectivity of venting-bioventing for removal of volatile oil substances at the village of Haniska pri Košiciach 303
Tokarski, A. K., Świerczewska, A., Zuchiewicz, W., Starek, D. & Fodor, L.: Quaternary exhumation of Western Carpathians: A record from Orava–Nowy Targ Intramontane Basin, Polish Galicia and Slovakia 108
Tomaszczyk, M. H. & Tomaszczyk, M.: The relation between geological structure and slope orientation as a context of landslide development: An example from Lubań and Gorc ridge (Gorce, Polish Outer Carpathians) 109
Trubač, J., Janoušek, V., Vrána, S. & Wiegand, B.: Nature, tectonic setting and likely origin of the Paleoproterozoic (~2.1 Ga) Světlík orthogneisses (southern Bohemia) 110
Uroda, J.: Decoupling of deformation in the Skole nappe near Strzyżów (Outer Carpathians, SE Poland) 111
Wagner, P., Ondrejka, P., Balík, D. & Žilka, A.: Evaluation of monitoring measurements results on landslides 141
Weis, K., Koščová, M., Molokáč, M. & Domarackỳ, D.: Using the possibilities of aerial photogrammetry for the research of quarry enlargement 167
Wyglądała, M.: Multiple detachment levels in the Silesian nappe near Jasło, Polish Outer Carpathians 112
Závada, P., Machek, M. & Špičák, A.: Flow fabrics and dynamic porosity in Pleistocene dacite lava flows from Three Sisters volcanoes (Cascades, OR, USA) 113
Zlinská, A.: Greetings to significant life jubilee of RNDr. Oto Fusán, DrSc. (Geovestník, 4) 33
Zuchiewicz, W.: Neotectonics of the Carpathians: Lessons learned from tectonic geomorphology 115
Żelaźniewicz, A., Tran Trong, H. & Larionov, A.: The Ailao Shan–Red River Shear Zone, NW Vietnam: A long-lived continental fault zone in SE Asia 114

Obsah – Content

Mineralia Slovaca 44 (2012) • 4

PÔVODNÉ ČLÁNKY – ORIGINAL PAPERS

Liščák, P., Klukanová, A. & Jánová, V.
Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov a jeho odpovede na potreby spoločnosti
Partial Monitoring System of Geological Factors and Its Responses to the Public Needs 325

Ondrejka, P. & Wagner, P.
Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií v období rokov 2002 až 2009
Monitoring of landslides and other slope deformations in the period from 2002 to 2009 331

Madarás, J., Fojtíková, L., Hrašna, M., Petro, Ľ., Ferianc, D. & Briestenský, M.
Vymedzenie seizmicky aktívnych oblastí na Slovensku na základe záznamov historických zemetrasení a súčasného monitorovania tektonickej a seizmickej aktivity
Definition of the seismic active regions in Slovakia based on historical earthquake records and current monitoring of tectonic and seismic activity 351

Mikita, S.
Monitorovanie a hodnotenie vplyvu antropogénnych sedimentov charakteru environmentálnych záťaží na vodnú zložku prostredia v rámci monitorovania geologických faktorov
Monitoring and evaluation of the impact of anthropogenic sediment having character of environmental load on the hydrosphere within the monitoring of geological factors 365

Bajtoš, P., Záhorová, Ľ., Rapant, S. & Pramuka, S.
Monitoring geologických faktorov vplyvu ťažby nerastov na životné prostredie v rizikových oblastiach na Slovensku v rokoch 2007 – 2011
Geological monitoring of mining influence on the environment in risk-bearing Slovak areas in years 2007–2011 . . . 375

Gluch, A. & Pramuka, S.
Monitorovanie variácií objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí vo vybraných objektoch v rámci územia Slovenskej republiky
Monitoring of radon volume activity variations in geological surroundings of selected objects in Slovak Republic . . . 393

Petro, Ľ., Brček, M., Vlčko, J., Šimková, M., Balík, D. & Žilka, A.
Výsledky monitorovania stability vybratých historických objektov na území SR
Stability of selected historical objects in Slovakia: Monitoring results 403

Kordík, J., Slaninka, I. & Bodiš, D.
Monitorovanie riečnych sedimentov na Slovensku
Monitoring of stream sediments in Slovakia 423

OBÁLKA: Pohľad z kóty Ostrá hora (608 m n. m.) na travertínovú kopu so zrúcaninou stredovekého Spišského hradu. Hrad je od roku 1961 národnou kultúrnou pamiatkou a od roku 1993 pamiatkou UNESCO. Hradný vrch sa systematicky monitoruje v rámci úlohy *Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory* od roku 1993. Foto Ľ. Petro (november 1998).

COVER: View from the Ostrá hora hill (608 m a.s.l.) to the travertine mound with ruins of the medieval Spiš Castle. The Castle was inscribed to the list of the National cultural monuments in 1993 and belongs to the World Cultural Heritage (UNESCO) since 1993. A systematic monitoring of the castle rock started in 1993 in the frame of the national project *Partial monitoring system – geological factors.* Photo Ľ. Petro (November 1998).

Bodiš, D., Kordík, J. & Slaninka, I.
Variabilita chemického zloženia zimných zrážok na Slovensku za 36 rokov pozorovania
Variability of chemical composition of winter precipitations in Slovakia for 36 years of observation 443

Dananaj, I., Klukanová, A. & Liščák, P.
Problematika monitoringu objemovo nestálych zemín a ich vlastností – prípadová štúdia Veselé
Problems of monitoring of volume unstable soils and their properties: A case study Veselé (Slovakia) 461

Iglárová, Ľ., Pauditš, P. & Drotár, D.
Informačný systém údajov z monitoringu geologických faktorov
Information system of geological factors monitoring 473

GEOvestník

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 325 – 330
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov a jeho odpovede na potreby spoločnosti

PAVEL LIŠČÁK[1], ALENA KLUKANOVÁ[1] a VLASTA JÁNOVÁ[2]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
[2]Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Nám. Ľ. Štúra 1, 812 35 Bratislava

Partial Monitoring System of Geological Factors and Its Responses to the Public Needs

Partial Monitoring System of Geological Factors (PMS-GF) is a component of the Monitoring System of the Environment of the Slovak Republic. Its main objective is to provide timely information on the so-called geological hazards – harmful natural or human-induced geological processes, which pose a threat to the environment, including the quality of life of the population. Accounting for an obviously increasing adverse impact of natural forces recently, the Slovak population has experienced a rising number of emergency phenomena, like catastrophic floods and landslides of 2010, but also an effect of degraded quality of hydro-geo-chemical environment with distinct effect upon the health status of the inhabitants, due to, for instance, old environmental burdens or former and recent mining activities. All these issues are in a focus of the PMS-GF with a goal to provide for the decision makers and the wider publics the information inevitable for effective prevention/protection against the geohazards, and to implement the early warning systems, eventually.

Key words: Partial Monitoring System of Geological Factors, environment, geohazard, prevention and protection, early warning systems

Úvod

V zmysle čl. 4 Ústavy Slovenskej republiky sú neživá príroda, vodné zdroje a nerastné suroviny národným bohatstvom. Povinnosťou štátu je tieto zdroje poznať, chrániť a vytvárať podmienky na ich racionálne využitie v prospech rozvoja spoločnosti. Preto je v záujme štátu iniciovať a vytvárať podmienky v oblasti vyhľadávania a prieskumu kvalitných vodných zdrojov, nových zdrojov nerastných surovín a hodnotenia geologických faktorov a tým prispievať ku skvalitňovaniu životného prostredia.

Jednou zo základných úloh spoločnosti z hľadiska zabezpečenia trvalej prosperity je docieliť vysokú kvalitu základných zložiek životného prostredia. Geológia, ktorá sa zaoberá geologickými zložkami životného prostredia, a to vrátane historického aspektu vývoja Zeme, je kľúčom k poznaniu prírodného prostredia. V tomto smere hrá nezastupiteľnú úlohu pri formovaní stratégie trvalo udržateľného rozvoja spoločnosti. Komplexné geologické informácie sú nielen podkladom na pochopenie prírodných procesov a ekosystémov, ale aj nevyhnutným predpokladom hodnotenia a racionálneho využívania obyčajných, minerálnych a termálnych podzemných vôd, ako aj surovinových zdrojov. Geologické informácie sú potrebné z hľadiska optimálneho využívania a ochrany životného prostredia, riešenia problémov ukladania odpadu, hodnotenia geologických rizík a hazardov, hodnotenia územia z hľadiska inžinierskogeologických faktorov, urbanizácie a zakladania veľkých stavieb, hodnotenia stavu znečistenia prostredia nebezpečnými látkami, ako aj hodnotenia vplyvov ľudskej činnosti na životné prostredie, a teda celkový socio-ekonomický dosah geologického prostredia na kvalitu života obyvateľstva.

Systém monitorovania a naň naviazaný informačný systém sú dôležitými nástrojmi na zabezpečenie ochrany a tvorby životného prostredia SR. Efektívny informačný systém vybudovaný na účelnom, koordinovanom a metodicky zjednotenom monitorovacom systéme je nevyhnutným predpokladom fungovania systému riadenia starostlivosti o životné prostredie (Klukanová, 2002). Harmonizáciou jednotlivých monitorovacích aktivít, realizovaných v rámci disponibilných zdrojov, je možné urobiť podstatný krok vpred v kvalite poznania stavu a trendov životného prostredia územia Slovenskej republiky. Samozrejme, do popredia vystupuje tiež otázka informovania nielen orgánov štátnej správy a miestnych samospráv, ale aj slovenskej verejnosti o geologických hazardoch a rizikách s dôrazom na prognózu ich budúceho vývoja, tvorbu systémov včasného varovania a návrhu predchádzania geologickým rizikám.

Monitoring geologických faktorov

Monitorovanie geologických faktorov životného prostredia je dlhodobou úlohou Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (od roku 1993). Vláda Slovenskej republiky vo svojom uznesení č. 623 z 21. 12. 1990 konštatovala, že na Slovensku nie je vybudovaný ucelený monitorovací systém životného prostredia. Vtedajšiemu

predsedovi Slovenskej komisie pre životné prostredie uložila v spolupráci s príslušnými ministrami úlohu vypracovať koncepciu monitorovania životného prostredia Slovenskej republiky vrátane organizačného, technického a finančného zabezpečenia. To vytvorilo podnet na širokú odbornú diskusiu, na základe ktorej vznikla koncepcia schválená vládou Slovenskej republiky uznesením č. 449 z 26. 5. 1992. Následne, uznesením vlády SR č. 620/1993 bolo v ŠGÚDŠ vybudované Stredisko Čiastkového monitorovacieho systému Geologické faktory (ČMS GF), ktoré je súčasťou celoplošného monitorovacieho systému životného prostredia SR. Odborným garantom ČMS GF je sekcia geológie a prírodných zdrojov MŽP SR.

Monitoring životného prostredia pozostáva z 10 systémov, ktoré podľa svojho zamerania patria pod organizácie rezortu životného prostredia a rezortu pôdohospodárstva:

Systém	Garant	Stredisko
Ovzdušie	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav
Meteorológia a klimatológia	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav
Voda	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav
Geologické faktory	MŽP SR	Štátny geologický ústav Dionýza Štúra
Pôda	MP SR	Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy
Biota (fauna a flóra)	MŽP SR	Štátna ochrana prírody
Lesy	MP SR	Lesnícky výskumný ústav
Odpady	MŽP SR	Slovenská agentúra životného prostredia
Cudzorodé látky v požívatinách a krmovinách	MP SR	Výskumný ústav potravinársky
Rádioaktivita životného prostredia	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav

Medzi jednotlivými systémami existujú logické prepojenia a vzájomné väzby. Stačí si uvedomiť vplyv zrážok a ďalších klimatických faktorov na horninové prostredie, či už z hľadiska generovania zosuvov, erózie, formovania zásob podzemnej vody a pod..

Štruktúra monitorovacieho systému geologických faktorov sa počas riešenia úlohy upravovala.

V roku 1993 bol ČMS GF rozdelený na 9 podsystémov, postupnými zmenami sa ich počet zvýšil na 13 (Klukanová, 2002). Na základe zhodnotenia výsledkov monitorovania a reálnych potrieb spoločnosti sa optimalizoval výber používaných metód, reprezentatívnych lokalít a frekvencia zberu dát. V roku 2005 boli na základe „Koncepcie aktualizácie a racionalizácie environmentálneho monitoringu“ niektoré z podsystémov zlúčené a v súčasnosti je funkčných osem podsystémov:

01 Zosuvy a iné svahové deformácie,

02 Tektonická a seizmická aktivita územia,

03 Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych záťaží,

04 Vplyv ťažby na životné prostredie,

05 Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí,

06 Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi,

07 Monitorovanie riečnych sedimentov,

08 Objemovo nestále zeminy.

Okrem každoročného predkladania výsledkov monitorovania na rokovanie vlády (uznesenie vlády SR č. 907/2002) sú všetky dôležité výsledky monitorovania odovzdávané formou ročných správ do sekcie geológie a prírodných zdrojov MŽP SR a výsledky sú zapracúvané tiež do informačného systému civilnej ochrany.

Uznesením vlády SR č. 907 z 21. augusta 2002 bola schválená Koncepcia trvalo udržateľného využívania zdrojov horninového prostredia, v ktorej – okrem iných požiadaviek – vláda SR v ukladacej časti v bode B.3. uložila ministrovi životného prostredia SR k 30. aprílu 2003 a potom každoročne „predkladať na rokovanie vlády SR informáciu o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám“.

Uznesenie vlády SR č. 803 z 12. októbra 2005 uložilo naďalej merať a pozorovať vodohospodárske objekty na stabilizačnom násype v údolí Handlovky a výsledky pozorovaní každoročne zahrnúť do správy o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám.

V septembri 2006 bola podpísaná zmluva o spolupráci pri poskytovaní a využívaní geologických informácií medzi Úradom civilnej ochrany Ministerstva vnútra SR (teraz sekcia krízového manažmentu a civilnej ochrany) a Štátnym geologickým ústavom Dionýza Štúra).

Informovanie štátnej správy a verejnosti

Zosuvy a iné svahové deformácie predstavujú najrozsiahlejší podsystém monitorovania geologických faktorov životného prostredia. Výber monitorovacích metód bol postupne rozširovaný a aktualizovaný so snahou zvýšiť kvalitu monitorovania. Od roku 2005 bola zavedená skúšobná prevádzka varovných systémov v lokalitách Okoličné a Veľká Čausa, inštalované boli kontinuálne hladinomery v lokalitách Okoličné, Veľká Čausa, Handlová--Morovnianske sídlisko, Dolná Mičiná, Fintice, Liptovská Mara a v roku 2009 aj prvý kontinuálny inklinometer (Veľká Čausa). O nepriaznivom stave na monitorovaných svahových deformáciách, ale aj o zhoršovaní stavu sanačných prvkov boli priebežne informované orgány miestnej samosprávy (Wagner et al., 2012). Na základe výsledkov monitoringu

boli realizované viaceré opatrenia, ktoré významne prispeli k stabilizácii potenciálne ohrozených lokalít:

– v lokalite Huty na ceste II. triedy č. 584 bola na základe monitorovacích aktivít, ktoré boli začaté v roku 1997, vykonaná sanácia zárezu v hrubolavicovitých numulitických piesčitých vápencoch (spodný eocén), spočívajúca v ukotvení nestabilných blokov v kombinácii s gabiónovým múrom (Wagner et al., 2002);

– v lokalite Fintice bola po dvoch identifikovaných poruchách vysokotlakového plynovodu (v rokoch 1986 a 1988) spôsobených aktívnym svahovým pohybom trasa plynovodu preložená mimo aktívneho zosuvu (Petro et al., 2001);

– na zosuve pri Bojniciach bola vykonaná kompletná oprava a utesnenie splaškovej kanalizácie s cieľom zamedziť prieniku odpadových vôd do zosuvného telesa (Ondrejka a Wagner, 2008);

– v lokalite Okoličné (Liptovský Mikuláš) prispeli výsledky dlhodobého monitorovania k rozhodnutiu o preložení trasy železnice Žilina – Košice mimo územia trvalo ohrozovaného periodickou aktivizáciou zosuvných hmôt;

– v lokalite Demjata bola vykonaná úprava svahu po vyhodnotení nestability skalných blokov, ohrozujúcich cestu II. triedy č. 545 (Iglárová et al., 2005);

– v Slovenskom raji (v doline Suchá Belá) vzhľadom na potenciálnu nestabilitu skalného bloku, ohrozujúceho turistický chodník, bol na základe opakovaného fotogrametrického zhodnotenia chodník preložený mimo dosahu tohto bloku.

V podsystéme *Tektonická a seizmická aktivita územia* sú od roku 2003 aplikované nové metódy monitorovania. Okrem presnej nivelácie sú pohyby povrchu sledované globálnymi navigačnými družicovými systémami (GPS). Podľa výsledkov meraní pohyb povrchu územia Slovenska smeruje na severovýchod, pričom rýchlosť pohybu v jednotlivých meraných bodoch je rôzna (0,5 až 2 mm za rok) a vyskytujú sa aj odchýlky od generálneho smeru. Ide však o globálny pohyb veľkej časti Európy v rámci eurázijskej litosférickej dosky voči africkej litosférickej doske a na možné regionálne pohyby jednotlivých bodov nemá vplyv. Od roku 2003 sú pohyby pozdĺž zlomov monitorované opticko-mechanickými dilatometrami TM-71. Významnejšie pohyby boli zaznamenané v Demänovskej jaskyni Slobody (Petro et al., 2011) a v lokalite Vyhne (v roku 2008 posun o 0,47 mm). Stálymi seizmickými stanicami v rokoch 2006 – 2009 bolo lokalizovaných 310 zemetrasení s epicentrom na území Slovenska, z nich bolo 13 pozorovaných aj makroseizmicky.

V prieskumnej štôlni tunela Branisko bol potvrdený pretrvávajúci trend narastania šmykového pohybu pozdĺž šindliarskeho zlomu (v smere osi *y*). Napríklad v roku 2012 jeho celková hodnota dosiahla 1,35 mm. Posun už v minulosti spôsobil vznik niekoľkých trhlín po obidvoch stranách zlomu v samotnej tunelovej rúre (Petro et al., 2004). Vzhľadom na významnosť lokality je potrebné ďalšie sledovanie pohybu na zlome. Prevádzkovateľ tunela (Národná diaľničná spoločnosť) je každoročne oboznamovaný s vývojom pohybov na zlome formou krátkej správy. V prípade výrazného zvýšenia pohybovej aktivity bude prevádzkovateľ tunela okamžite informovaný.

V rámci podsystému *Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych záťaží* sú v monitorovaných lokalitách sledované ukazovatele znečistenia. Monitorujú sa zmeny vlastností sedimentov odkalísk pomocou geofyzikálnych meraní a presiometrických skúšok a vykonáva sa postupná pasportizácia odkalísk.

V roku 2010 bola do monitoringu zaradená revízia stavu environmentálnej záťaže – odkaliska Slovinky – Kalligrund a bol vypracovaný návrh na monitorovanie tejto lokality. Význam monitoringu odkalísk vystúpil do popredia vďaka katastrofe na odkalisku červeného kalu v Ajke*.

*Po prudkých dažďoch sa 4. októbra 2010 pretrhla hrádza na odkalisku v maďarskej obci Ajka. Viac ako sedemstotisíc metrov kubických červeného kalu, ktorý zadržovala, sa dostalo do životného prostredia. Toxické bahno priamo zničilo desiatky domov, zasiahlo sedem obcí a miest. Katastrofa si vyžiadala desať obetí a vyše 150 zranených.

Podsystém *Vplyv ťažby na životné prostredie* pomáha identifikovať riziká a odhaliť negatívne trendy súvisiace s vplyvom zostatkov po ťažobnej činnosti. Od roku 2007 sú monitorované najrizikovejšie lokality, prevzaté z ukončenej geologickej úlohy „Systém zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou“ (Vrana et al., 2005). Špecifickým problémom je nebezpečenstvo náhlych prievalov banskej vody z opustených banských diel (Nová Štôlňa v lokalite Pod Tepličkou v Spišskej Novej Vsi v roku 2008) alebo náhlych prepadov nadložia nad vyťaženými priestormi (Vyšná Boca, Kremnica v roku 2010).

V rokoch 2008 – 2009 došlo v lokalite Nová štôlňa, vzdialenej asi 1,6 km juhovýchodne od východného okraja sadrovcovej bane Tollstein, k neočakávaným havarijným udalostiam. Išlo o prievaly banskej vody z Novej štôlne, ktorou sa v minulosti ťažila medená ruda zo žily Gezwäng, lokalizovanej južnejšie v oblasti Hnilčíka, a predtým aj železná ruda z V. grételskej žily prebiehajúcej hrebeňom Grétla. Náhle prevalenie závalu v opustenej štôlni vodou v dôsledku vysokého hydrostatického tlaku spôsobilo vznik extrémnej prietokovej vlny, ktorá po dosiahnutí povrchu zničila ústie štôlne, poškodila cestu vedúcu k Novej štôlni a spôsobila aj škody v záhradách a príbytkoch obyvateľov Tepličky v spádovom povodí Tepličského Brusníka. Takéto prievaly sa opísaným spôsobom opakovali štyrikrát: pri prvom 26. 9. 2008 vytieklo zo štôlne cca 95,8 tis. m^3 vody, pri druhom 7. 12. 2008 72,1 tis. m^3, pri treťom 30. 1. 2009 23,3 m^3 a pri poslednom 17. 2. 2009 až približne 120 tis. m^3 (Daniel a Jančura, 2009).

V uvedenej lokalite organizácia Rudné Bane, š. p., Banská Bystrica realizovala monitorovací vrt MV-1 situovaný do chodby za závalom a postavila protiprievalovú hrádzu pri ústí štôlne s možnosťou voľného odtoku vody. Účelom hrádze je stlmiť účinok prievalovej vlny pri ďalšom vzniku prievalu. Za definitívne riešenie vzniknutej havarijnej situácie sa považuje obnovenie pôvodnej výškovej úrovne

odtoku banskej vody obídením závalu. Neskôr, vzhľadom na závažnosť situácie, boli k dovtedy monitorovaným objektom lokality Novoveská Huta doplnené aj štyri monitorovacie objekty v okolí ústia Novej štôlne: samotné ústie Novej štôlne (T1), zával nad ústím Novej štôlne s výtokom banskej vody (T2), monitorovací vrt MV-1 (T3) a profil miestneho potoka nad ústím Novej štôlne (T4). Na týchto objektoch sú od 3. 12. 2009 merané prietok, merná elektrická vodivosť vody a teplota vody, s frekvenciou 1- až 2-krát týždenne podľa meteorologickej situácie.

Riešenie podsystému *Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí* sa vykonáva v lokalitách s potvrdeným výskytom zvýšeného radónového rizika s cieľom zaznamenať a zhodnotiť jeho zmeny, resp. variácie. Zistený bol výrazný nárast hodnôt objemovej aktivity radónu v lokalite Hnilec. Stredná hodnota meraní dosiahla v roku 2008 až 712 kBq · m^{-3} (absolútne najvyššie namerané hodnoty od roku 2000).

Pre podsystém *Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi* bol v roku 2005 nainštalovaný komplexný kontinuálny monitorovací systém na hrade Devín, ktorý bol v roku 2008 zničený elektrickým skratom počas búrky. V lokalite Strečno bol dilatometrom TM-71 potvrdený trend rozširovania (os *x*) monitorovanej trhliny. Jej celkové rozšírenie dosiahlo v apríli 2012 hodnotu 3,088 mm (Petro et al., 2012). Stabilita skalného previsu nad štátnou cestou I. triedy Žilina – Martin je ohrozená do takej miery, že si vyžaduje sanáciu. Správcovi hradu (Považské múzeum) bol zaslaný list upozorňujúci na vzniknutý stav.

V podsystéme *Monitorovanie riečnych sedimentov* sa v pravidelnej monitorovacej sieti sledujú zmeny kvality aktívnych riečnych sedimentov. Súčasťou podsystému je aj sledovanie kvality tuhých zrážok. Od roku 2004 bola zaznamenaná najvýraznejšia kontaminácia riečnych sedimentov na toku Nitry – lokalita Nitriansky Hrádok a na toku Hrona – lokality Kalná nad Hronom a Kamenica. Z chemických analýz snehovej pokrývky vyplýva, že výsledný efekt antropogénnych aktivít na životné prostredie vedie k dvom základným dosahom/dôsledkom – snehový roztok má kyslý charakter (pH 5,0 – 6,0) v oblasti Bratislavy, Patiniec, Ružomberka, Nitry, Vojan, Handlovej – Novák, alebo pri celkovo vysokých priemerných hodnotách celkovej mineralizácie výrazne alkalický charakter (pH okolo 8,0 – 9,0) spojený predovšetkým s výrobou cementu a spracovaním magnezitu. Sem patria lokality Pezinská Baba, Zádielska dolina a oblasť Jelšavy.

V podsystéme *Objemovo nestále zeminy* boli na území Podunajskej nížiny registrované porušené objekty v 94 obciach, na území Východoslovenskej nížiny v 58 obciach. Za najčastejšiu príčinu porušenia väčšiny kontrolovaných objektov možno považovať objemové zmeny zemín v podzákladí spôsobené vnikaním dažďovej vody do základov v dôsledku jej nevhodného odvádzania zvislými odkvapmi, resp. dodatočným statickým alebo dynamickým zaťažením. K presadnutiu územia dochádza aj na miestach nad porušenými produktovodmi.

Parciálny informačný systém geologické faktory (PIS GF) je integrovaný v informačnom systéme monitoringu (ISM), ktorý združuje informačné zdroje celého Monitorovacieho systému životného prostredia Slovenskej republiky. ISM zabezpečuje prístup k údajom prevádzkovateľov všetkých ČMS cez navzájom prepojené web servery.

PIS GF podáva komplexné informácie o meraniach v monitorovaných lokalitách Čiastkového monitorovacieho systému geologické faktory. Obsahuje databázy primárnych meraní, vygenerovaných výpočtových hodnôt a agregovaných dát potrebných na zhodnotenie aktuálneho stavu geologických faktorov životného prostredia. PIS GF je aj nástrojom na zobrazovanie výsledného hodnotenia monitorovaných procesov. Dostupnosť výsledkov monitorovania je zabezpečená sprístupnením informácií pomocou internetových technológií vo forme tabuliek, grafov, mapových výstupov a textových správ na vlastnej internetovej stránke (http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/), ktorá je prepojená na internetové stránky ŠGÚDŠ (www.geology.sk), a na informačnom portáli rezortu MŽP SR (www.enviroportal.sk).

V roku 2011 sa PIS GF prispôsobil zmenenému stavu siete monitorovaných lokalít. Medzi vybrané monitorované lokality podsystému 01 (Zosuvy a iné svahové deformácie) bolo zaradených 16 zosuvných lokalít, ktoré po povodňovej situácii v roku 2010 ohrozovali životy a majetok ľudí a bol na nich vykonaný orientačný inžinierskogeologický prieskum, a zosuv Handlová – Žiarska ul.. Pre tento podsystém bolo inovované aj užívateľské softvérové prostredie. Do PIS GF boli zavedené nové procesy hodnotenia trendov stavu životného prostredia založené na analýze výsledkov ročného cyklu monitorovania a dlhodobých trendov vývoja monitorovaného geologického faktora.

V roku 2011 bolo vykonané komplexné hodnotenie výsledkov monitorovania za obdobie 2002 – 2009, ktoré iniciovalo návrhy na optimalizáciu siete lokalít a monitorovaných ukazovateľov, ako aj nové prístupy k hodnoteniu údajov. Výsledky komplexného hodnotenia sú spracované v záverečnej správe (Klukanová et al., 2011). Pre verejnosť sú tieto výsledky prístupné v ŠGÚDŠ v archíve Geofondu a na internete.

Záver

Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia sa počas dvoch dekád stal neoddeliteľnou súčasťou monitoringu životného prostredia Slovenskej republiky. Výber podsystémov je účelovo zameraný na tie geologické faktory (geohazardy) a na takú formu výstupov, ktoré poskytujú relevantnú informáciu pri riešení problémov ochrany životného prostredia a optimalizácie využívania geopotenciálov krajiny. Samozrejme, úloha zohľadňuje aktuálny stav lokalít a ich socio-ekonomický význam, čo sa prejavilo aj v optimalizácii a zlučovaní niektorých podsystémov. Ťažisko monitoringu sa pri obzvlášť významných lokalitách presúva do systémov včasného varovania. Pomerne dlhý čas monitorovania vybraných lokalít umožňuje identifikovať aj také zmeny geologického prostredia, ktoré predstavujú reálnu hrozbu pre obyvateľstvo a infraštruktúru. V uvedených prípadoch sú okamžite informované orgány štátnej správy, obce

a ďalšie zodpovedné inštitúcie, spravidla aj s návrhom primeraných preventívnych alebo sanačných opatrení.

V ďalších príspevkoch v tejto publikácii má čitateľ možnosť detailnejšie sa oboznámiť s metódami a výsledkami monitoringu geologických faktorov v rámci jednotlivých podsystémov.

References

Daniel, J. & Jančura, M., 2009: Prípad Nová štôlňa – periodické výrony banských vôd z opustenej bane. *Montanrevue, 2, 18 – 19.*

Iglárová, Ľ., Wagner, P. & Bartoš, P., 2005: Metódy monitoringu stabilitného stavu skalného zárezu na príklade lokality Demjata. *Miner. Slov., 37, 413 – 415.*

Klukanová, A., 2002: Čiastkový monitorovací systém Geologické faktory ako súčasť monitorovacieho systému životného prostredia Slovenskej republiky. *Geol. Práce, Spr., 106, 9 – 14.*

Klukanová, A., Iglárová, Ľ., Wagner, P., Hrašna, M., Cipciar, A., Frankovská, J., Mikita, S., Bajtoš, P., Smolárová, H., Gluch, A., Vlčko, J., Bodiš, D., Ondrášik, M., Ondrejka, P., Liščák, P., Pauditš, P., Petro, Ľ., Dananaj, I., Hagara, R., Moczo, P., Labák, P., Kristeková, M., Ferianc, D., Vanko, J., Kováčiková, M., Záhorová, Ľ., Matys, M., Gajdoš, V., Masarovičová, M., Slávik, I., Vybíral, V., Rapant, S., Greif, V., Brček, M., Kordík, J. & Slaninka, I., 2011: Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory. Správa za obdobie 2002 – 2009. Čiastková záverečná správa. *MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.*

Ondrejka, P. & Wagner, P., 2008: Analýza vývoja stabilitného stavu zosuvného územia. *In: Frankovská, J., Liščák, P. & Ondrášik, M. (eds.): Geológia a životné prostredie. Zbor. vedeckých prác zo 6. slovenskej konferencie s medzinárodnou účasťou. Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 132 – 137.*

Petro, Ľ., Wagner, P. & Polaščinová, E., 2001: Výsledky dlhodobého monitoringu prúdového zosuvu pri Finticiach. *In: Klukanová, A. & Wagner, P. (eds.): Geológia a životné prostredie. Zbor. referátov z 2. konferencie. ŠGÚDŠ, Vyd. D. Štúra, Bratislava, 131 – 135.*

Petro, Ľ., Košťák, B., Stemberk, P. & Vlčko, J., 2011: Geodynamic reactions to recent tectonic events observed on selected sites monitored in Slovakia. *Acta Geodynamica et Geomaterialia, 8, 4, 164, 453 – 467.*

Petro, Ľ., Vlčko, J., Ondrášik, R. & Polaščinová, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. *Engng Geol. (Amsterdam), 74, 1 – 2, 103 – 112.*

Petro, Ľ., Brček, M., Vlčko, J., Šimková, I., Balík, D. & Žilka, A., 2012: Výsledky monitorovania stability vybratých historických objektov na území SR. *Miner. Slov., 44, 4, 403 – 422.*

Vrana, K., Kúšiková, S., Puchnerová, M., Lanc, J., Naštický, J., Vojtaško, I., Žák, D. & Piovarči, M., 2005: Systém zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou, orientačný IGP. *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava.*

Wagner, P., Iglárová, Ľ., Petro, Ľ. & Scherer, S., 2002: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií. *Geol. Práce, Spr., 106, 21 – 42.*

Wagner, P., Ondrejka, P. & Bjel, D., 2006: Systémy včasného varovania na zosuvných územiach. *In: Wagner, P., Klukanová, A. & Frankovská, J. (eds.): Geológia a životné prostredie. Zbor. abstraktov z V. konferencie. Bratislava, 14 s.*

Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, Ľ. & Fraštia, M., 2010: Aktuálne trendy v monitorovaní svahových pohybov. *Miner. Slov., 42, 2, 229 – 240.*

Rukopis doručený 30. 1. 2013
Revidovaná verzia doručená 8. 2. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Partial Monitoring System of Geological Factors and Its Responses to the Public Needs

The creation of the monitoring system of the environment is based on a relatively large number of agreements, treaties and international requirements, first of all those facilitating their harmonisation with the "Acquis" of the Slovak Republic within the European Union. We perceive the monitoring system and information system as the tools of the utmost importance to secure the protection and creation of the SR environment. At the same time the monitoring system provides the groundwork for decisions-making on recent activities and perspectives in the sphere of environment. The monitoring of the environment is a systematic temporal and spatial observation of well-defined characteristics of the environmental compounds or the impacts of geological processes affecting them.

The selection of the environmental compounds within the individual countries depends, naturally, on specific conditions of each country (climatic, hydrologic, geological, etc.). Slovakia is typical of quite dissected morphology and variegated geological setting and the most serious geological hazards are mass movements, seismicity and neotectonics, collapsibility of loess, but also human-induced hazards, e.g. undermining with subsidence as a consequence.

The Partial Monitoring System of Geological Factors is derived from the overall Concept of the Monitoring System of the Environment of the Slovak Republic Territory, which comprises 10 autonomous systems. However, some of these systems are mutually interlinked and for the assessment of geological factors monitoring vital are data from the systems Climate, Meteorology, Water, Wastes, and Radioactivity.

Almost 20 years of the monitoring has already provided immense series of well-justified data, which allow us to identify the outliers in the values of observed characteristics. In several cases these excesses led to informing the respective bodies of state administration, self-governments and other relevant institutions about impeding danger of, for instance, landslides, onrushes of water from abandoned mining works, aggravation of potable groundwater quality, etc. Moreover, in some landslides sites, the early warning systems have been developed (Veľká Čausa and Okoličné; Wagner et al., 2006).

The monitoring data and their interpretation are yearly submitted to the Section of Geology and Natural Resources of the Ministry of Environment in the form of annual reports, which are regularly opposed and after their approval published on the project website http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/. The website is linked with the State Geological Institute of Dionýz Štúr website www.geology.sk and the Slovak Environmental Agency www.sazp.sk.

This monothematic publication presents in detail the methodology and the results of the individual subsystems of the Partial Monitoring System of Geological Factors. Of course the monitoring of the observed factors is carried out at various levels. Some subsystems have reached a level of one-step measurement, with inventories of the factors studied, for instance inventory of tailings. However most of the subsystems have already developed a series of measured results, retrieved with various frequency – landslides and other slope failures, seismicity, radon emanation, snow pack quality, alluvial sediments quality and the others.

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 331 – 350
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií v období rokov 2002 až 2009

PETER ONDREJKA a PETER WAGNER

Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Monitoring of landslides and other slope deformations in the period from 2002 to 2009

Monitoring of landslides and other slope deformations has been systematically carried out as a part of the project "Partial Monitoring System – Geological Factors" since 1993. Presented paper is based on the results of this project research in the period from 2002 to 2009, which were regularly processed and published on the web as reports (e.g. Wagner et al., 2010). In the conclusion of the paper there are presented some essential facts that influenced the project solving after 2009 (extreme rainfall and related extensive occurrence of the slope movements in 2010). During the monitoring period, in addition to basic results characterizing the state of monitored slope failures, obtained knowledge has enabled to improve some methodological parts of monitoring. Therefore, more attention in the present paper is paid to new knowledge and realized methodology updates, as well as to innovative approach in the own monitoring process. In the summary not only the current state of the set of monitored slope failures is characterized in brief, but perspectives of the monitoring of selected, the most significant localities, are discussed.

Key words: monitoring, landslides, creep, rock fall, evaluation of the stability condition

Úvod

V predloženom príspevku sú spracované výsledky monitorovania svahových deformácií, ktoré boli získané v predchádzajúcom období riešenia úlohy, t. j. od roku 2002. Ide najmä o výsledky významne ovplyvňujúce metodickú stránku riešenia úlohy v rámci monitorovania svahových porúch zo skupiny zosúvania a náznakov rútivých pohybov. Vzhľadom na skutočnosť, že v predchádzajúcom období už boli prezentované podrobné informácie o monitorovaných lokalitách (vrátane opisu geologickej stavby s reprezentatívnymi geologickými profilmi), ako aj o metodike ich monitorovania (Wagner et al., 2000, 2002; Klukanová a Liščák, 1998 a ďalšie), v predkladanom príspevku sú len pre zrozumiteľnosť stručne zopakované viaceré základné informácie. Nosná časť príspevku je venovaná niektorým inovatívnym metodickým prístupom, ktoré bolo možné uplatniť pri budovaní systému včasného varovania na zosuvoch, ako aj pri optimalizácii hodnotenia nameraných parametrov. Zároveň sú v predloženom príspevku zosumarizované zmeny, ktoré sa dotkli súboru pozorovaných lokalít v období posledných rokov. V závere, na základe zhodnotenia najdôležitejších výsledkov pozorovania a získaných skúseností, je navrhnutý ďalší postup monitorovania, ktorý z hľadiska súčasných poznatkov možno považovať za optimálny.

V súvislosti s mimoriadnymi zrážkovými úhrnmi, zaznamenanými v roku 2010, ktoré okrem rozsiahlych záplav iniciovali aj vznik a rozvoj viac ako 550 zosuvov na území Slovenska (Liščák et al., 2010), stúpol význam monitorovania nestabilných svahov, a to najmä v oblastiach, kde zosuvy predstavujú priamu hrozbu pre človeka, prípadne pre jeho aktivity. Viaceré z týchto zosuvov boli zaradené do súboru monitorovaných lokalít a od roku 2011 sa v nich už vykonávajú pravidelné monitorovacie pozorovania.

Metodika riešenia

Z metodického hľadiska sa pri riešení úlohy uplatňuje tzv. bodový charakter monitorovania, pri ktorom sa pozorujú vybrané reprezentatívne lokality súborom rôznych monitorovacích metód a namerané hodnoty sa spracovávajú a prezentujú rôznymi spôsobmi. Pôvodným zámerom bolo výsledky získané monitorovaním v určitej lokalite extrapolovať do širšieho územia, ktoré má analogický charakter geologickej stavby a klimatických pomerov. No ukázalo sa, že táto intencia je vzhľadom na nedostatočne hustú sieť monitorovaných lokalít a veľkú premenlivosť geologických i klimatických pomerov nereálna. Z tohto dôvodu sú výsledky monitorovania hodnotené len v rámci jednotlivých lokalít, pričom je snaha odvodzovať vzťahy medzi pozorovanými veličinami. V rámci takéhoto postupu riešenia k základným metodickým krokom patrí výber reprezentatívnych lokalít, ďalej odvodenie optimálnych metód ich monitorovania a výber vhodných spôsobov spracovania a prezentácie získaných údajov.

Tab. 1
Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2002 až 2009 v jednotlivých lokalitách svahových pohybov
A view of monitoring activities at various slope movement locations since 2002 till 2009

Typ SvP		Monitorovacie metódy											
Por. č.	Lokalita	HPV	HPV_k	Q	GEO	INC	PRN	PEE	TM	DM	FG	MZ	SP
Zosúvanie													
1	Veľká Čausa	P	P	P	P	P	P-06	P	–	–	–	–	–
2	Handlová-Morovnianske sídl.	z03	z03	z03	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	Handlová-Kunešovská cesta	P	–	P	03-07	P	–	P	–	–	–	–	–
4	Fintice	P	z04	–	P	P	–	P	–	–	–	–	–
5	Dolná Mičiná	P	z02	P	–	P	P-03	P	–	–	–	–	–
6	Ľubietová	P	–	P	P-04	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Slanec TP	P	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	Handlová-1960/1961	P	–	P	P-05	P	–	P	–	–	–	–	–
9	Okoličné	P	P	P	P	P	P-06	–	–	–	–	–	–
10	Liptovská Mara	P	z03	P	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11	Bojnice	P	–	–	P	P	–	–	–	–	–	–	–
12	Kvašov	z05	–	–	–	z05	–	–	–	–	–	–	–
13	Hlohovec-Posádka	–	–	–	P	–	–	P	–	–	–	–	–
14	Vištuk	–	–	–	–	–	–	P	–	–	–	–	–
15	Malá Čausa	P-08	–	P-08	–	P-02	P-04	–	–	–	–	–	–
Plazenie													
16	Veľká Izra	–	–	–	–	–	–	–	P	–	–	–	–
17	Sokoľ	–	–	–	–	–	–	–	P	–	–	–	–
18	Košický Klečenov	–	–	–	–	–	–	–	P	–	–	–	–
19	Jaskyňa pod Spišskou	–	–	–	–	–	–	–	z07	–	–	–	–
Prognózy rútenia													
20	Banská Štiavnica	–	–	–	–	–	–	–	–	P	P	z06	–
21	Handlová-Baňa	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	z06	–
22	Demjata	–	–	–	–	–	–	–	–	P	P	z06	–
23	Starina	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	z06	–
24	Slov. raj-Pod večným dažďom	–	–	–	–	–	–	–	–	z06	–	–	–
25	Harmanec	–	–	–	–	–	–	–	–	P	P	–	–
26	Jakub	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	z06	–
27	Bratislava-Železná studnička	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	z06	–
28	Pezinská Baba	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	z06	–
29	Lipovník	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	z06	–
30	Slov. raj-Suchá Belá	–	–	–	–	–	–	–	–	06-07	–	–	–
Iné													
31	Ipeľ – PVE	–	–	–	P	–	–	–	–	–	–	–	P
32	Handlová-Stabilizačný násyp	z05	–	z05	z05	–	–	–	–	–	–	–	z05

Vysvetlivky:
Monitorovacie metódy: HPV – meranie hladiny podzemnej vody; HPV_k – kontinuálne meranie hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom; Q – meranie výdatnosti odvodňovacích zariadení; GEO – meranie posunov geodetickými metódami; INC – meranie deformácií metódou presnej inklinometrie; PRN – meranie napätostného stavu metódou povrchových reziduálnych napätí; PEE – meranie poľa pulzných elektromagnetických emisií; TM – dilatometrické merania prístrojom TM-71; DM – dilatometrické merania meradlom Somet a meradlom posunov; FG – merania širším spektrom fotogrametrických metód; MZ – meranie mikromorfologických zmien na povrchu hornín; SP – špeciálne metódy meraní (napr. merania konvergencie potrubia)
Obdobie monitorovania: P – merania sú vykonávané priebežne (pred rokom 2002 i po roku 2009); P-06 – merania boli vykonávané pred rokom 2002 a ukončené v roku 2006; z03 – merania sa začali realizovať v uvedenom roku (2003); 03-07 – merania sa začali realizovať v roku 2003 a ukončili sa v roku 2007; pomlčkou sú označené merania, ktoré sa v lokalite nevykonávali
Ostatné označenia: SvP – svahová porucha; Por. č. – poradové číslo, ktoré korešponduje s obr. 1

Explanations:
Monitoring methods: HPV – groundwater table levels measuring; HPV_k – continuous measurement of groundwater table level by automatic water stage indicators; Q – measurement of the yield of drainage boreholes; GEO – measuring of displacements by geodetic methods; INC – measurement of deformation by inclinometric method; PRN – measurement of stress-strain state by the method of surface residual stresses; PEE – measuring of the field of pulse electromagnetic emissions; TM – dilatometric measurements by the TM-71 crack-gauge; DM – dilatometric measurements by the portable mechanical crack-gauges (Somet and gauge for displacements); FG – measurement by a wider range of photogrammetric methods; MZ – measurement of micromorphological changes of the rock surface; SP – special methods of measurements (e.g. convergent measurement of the tube)
Monitoring period: P – measurements are performed continuously (before 2002 and after 2009); P-06 – measurements were carried out before 2002 and finished in 2006; z03 – measurements started in that year (2003); 03-07 – measurements started in 2003 and finished in 2007; by dash are marked measurements that are not performed on the locality
Other indications: SvP – slope failure; Por. č. – running number that corresponds to Fig. 1

Výber reprezentatívnych lokalít

Výber lokalít, ktoré sú dostatočne reprezentatívne z viacerých hľadísk, predstavuje prvú a azda najdôležitejšiu podmienku správneho zamerania monitoringu. Pri výbere lokalít bolo nosné kritérium typologické (z ktorého vyplývalo, že v rámci súboru monitorovaných lokalít budú zastúpené základné typy svahových pohybov, t. j. zosúvanie, plazenie a príznaky rútenia), ďalej kritérium regionálnogeologické (na základe ktorého boli do monitorovaného súboru zaraďované lokality charakterizované základnými geologickými jednotkami vystupujúcimi na území Slovenska) a v neposlednom rade kritérium ekonomické (podľa ktorého sa do súboru pozorovaných lokalít vyberali svahové poruchy ohrozujúce významné objekty technosféry). Práve posledné z vymenovaných kritérií v najväčšej miere zapríčiňuje určité zmeny v súbore monitorovaných lokalít. Pri monitorovaní lokalít, ktoré sú dlhodobo úspešne stabilizované, resp. ich pozorovanie stratilo prvoradý celospoločenský význam, sa frekvencia pozorovaní znižuje, resp. sa prechádza na úroveň tzv. udržiavacieho monitoringu, zatiaľ čo do súboru pozorovaných lokalít sa zaraďujú aktuálne svahové pohyby, ohrozujúce ľudí a ich majetok.

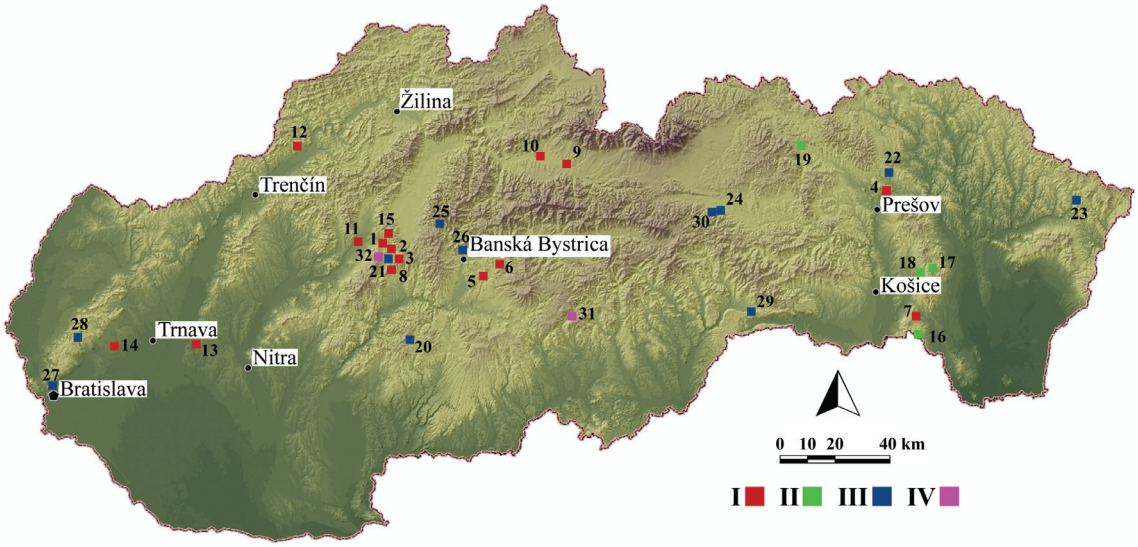
Ako už bolo uvedené, monitorované lokality možno z typologického aspektu rozdeliť do troch skupín (tab. 1) – zosúvanie, plazenie a náznaky rútenia. Lokality so špecifickou problematikou a osobitými postupmi monitorovania sú zhrnuté v samostatnej skupine.

Zosuvné lokality

Prvú a zároveň najväčšiu skupinu svahových pohybov predstavujú lokality zo skupiny zosúvania (obr. 1). V regióne karpatského flyšu, v ktorom je podľa Kopeckého et al. (2008) najväčší výskyt zosuvov v rámci inžinierskogeologických regiónov na území Slovenska, sú monitorované dve lokality, a to Fintice a Kvašov. Lokalita Fintice sa nachádza na kontakte s regiónom neovulkanitov na úpätí severného výbežku Slanských vrchov (severovýchodne od mesta Prešov). Lokalita Kvašov leží v severnej časti Bielych Karpát, 8 km severne od mesta Ilava a do systému monitorovania bola zaradená od roku 2005 po uskutočnení sanácie aktívneho zosuvu. V obidvoch lokalitách je zosuvom ohrozená obecná zástavba, ako aj miestna infraštruktúra.

V regióne neovulkanitov sú monitorované štyri lokality. V celosvetovom meradle je z hľadiska rozvoja výskumu svahových deformácií najvýznamnejšou lokalita katastrofálneho zosuvu z rokov 1960/1961 v Handlovej. Zosuvné lokality Ľubietová a Dolná Mičiná sa nachádzajú v blízkosti Banskej Bystrice – lokalita Ľubietová je vzdialená od krajského mesta 16 km východným smerom a Dolná Mičiná približne 9 km juhovýchodným smerom. Štvrtou lokalitou je zosuvné územie v katastri obce Slanec nachádzajúce sa na spojnici miest Košice – Trebišov. Zosuv vznikol na svahu, v ktorom je uložených päť tranzitných a jeden medzištátny plynovod, dve línie ropovodov, optické a telekomunikačné káble, vysokotlaková odbočka plynu pre obec Slanec, ako aj nadzemné elektrické vedenie. Lokalita bola zaradená do systému monitorovania po uskutočnení komplexnej sanácie svahu.

Najväčšia časť monitorovaných lokalít sa nachádza v regióne neogénnych tektonických vkleslín. Rozsahom i aktivitou pohybu svahových hmôt je významná lokalita Veľká Čausa, nachádzajúca sa na spojnici miest Handlová a Prievidza. Severne od nej leží zosuvná lokalita Malá Čausa. Monitorovanie tejto lokality bolo vzhľadom na uskutočnené sanačné opatrenia a nedostatočný počet zachovaných monitorovacích objektov, po dohode s orgánmi miestnej samosprávy, skončené v roku 2008. V meste Handlová sa okrem katastrofálneho zosuvu monitorujú ďalšie dve



Obr. 1. Rozmiestnenie monitorovaných lokalít na území Slovenska. Čísla lokalít zodpovedajú číslovaniu v tab. 1. I – zosuvy; II – plazivé pohyby; III – rútivé pohyby; IV – špeciálny typ.

Fig. 1. Location of monitored localities in Slovakia. The numbers correspond with the numbering of the sites in Tab. 1. I – landslides; II – creep; III – rock fall; IV – special type.

svahové poruchy – prvá z nich ohrozuje severozápadnú časť relatívne rozsiahlej obytnej aglomerácie Morovnianskeho sídliska, druhá sa nachádza v juhozápadnej časti mesta a nepriaznivo vplýva na zástavbu rodinných domov na Kunešovskej ceste. Zosuvný svah v Bojniciach ohrozuje cestu, ktorá spája mesto s obcou Opatovce nad Nitrou. V Liptovskej kotline sú monitorované dve svahové deformácie – prvá z nich, lokalita Okoličné, sa nachádza v intraviláne mesta Liptovský Mikuláš a priamo ohrozuje prevádzku na hlavnej železničnej trati Žilina – Košice. Druhou lokalitou je veľkomarský zosuv na pravostrannom zaviazaní zemnej hrádze vodného diela Liptovská Mara.

Jedným z najvýznamnejších frontálnych zosuvov (Nemčok, 1982) je rozsiahle zosuvné územie medzi Sereďou a Hlohovcom. Monitorovacie aktivity sa vzhľadom na rozsah tohto územia sústreďujú do oblasti, ktorá priamo súvisí s projektom pripravovaného vodného diela na Váhu (ide o zosuvné územie pri obci Posádka). Poslednou monitorovanou lokalitou v rámci tohto regiónu je frontálny zosuv v obci Vištuk, cca 10 km severovýchodne od Pezinka.

Lokality charakteru rútivých pohybov

Najdlhšie sa monitorovacie merania (od roku 1995) realizujú na cestných zárezoch významných komunikácií, na ktorých hrozilo uvoľňovanie a pád horninových blokov a úlomkov na vozovku. Prvý zárez sa nachádza v strednotriasových dolomitoch na ceste nad Dolným Harmancom v smere na Martin. Druhou monitorovanou lokalitou je cestný zárez v paleogénnom flyšovom súvrství medzi Prešovom a Bardejovom, severne od obce Demjata. Tretiu monitorovanú lokalitu predstavuje zárez cesty nad Banskou Štiavnicou v smere do obce Štiavnické Bane, v neogénnych andezitových vulkanitoch.

Ďalšie dve lokality v rámci tejto skupiny svahových pohybov sa nachádzajú v turisticky navštevovanej oblasti Prielomu Hornádu v Slovenskom raji. Merania v priestore turistického chodníka doliny Suchá Belá sa vykonávali 2 roky (2006 a 2007) a po uskutočnených opatreniach boli skončené. Priebežne od roku 2006 je pozorovaný rozsiahly skalný blok tvorený strednotriasovými vápencami, ktorý ohrozuje turistický chodník v miestach označenej zastávky „Pod večným dažďom".

Špeciálne postavenie v tejto skupine svahových deformácií majú lokality, v ktorých sa sleduje postup zvetrávania na povrchu skalného masívu a boli do skupiny monitorovania náznakov rútivých pohybov zaradené z pôvodného subsystému monitorovania zvetrávacích procesov. Ide v podstate o vykonávanie doplňujúcich meraní, ktorých výsledky podávajú informáciu o vývoji zvetrávania a porušovania skalných a poloskalných hornín. Súbor monitorovaných lokalít sa nachádza v rozmanitých litologických typoch hornín. Treba však poznamenať, že v prostredí citlivejšom na pôsobenie procesov dochádza vplyvom zvetrávania v relatívne krátkom čase k uvoľňovaniu osadených monitorovacích bodov a v dôsledku toho k skončeniu monitorovacích meraní. Merania sa počas prezentovaného obdobia od roku 2006 vykonávali v šiestich lokalitách (Handlová-Baňa, Starina, Jakub pri Banskej Bystrici, Bratislava – železničná zastávka Železná studnička, Pezinská Baba a Lipovník – tab. 1). Vzhľadom na skutočnosť, že metodika práce, ako aj niektoré čiastkové výsledky monitorovania boli uverejnené vo viacerých odborných článkoch (Jánová a Liščák, 2001, 2002), v predloženom článku tejto metóde pozornosť nevenujeme.

Lokality charakteru plazenia

Monitorovanie pomalého plazivého pohybu je realizované v štyroch lokalitách (Petro et al., 1999, 2004). Tri lokality monitorované v priestore Slanských vrchov prevažne od prvej polovice 90. rokov majú charakter blokových rozpadlín. Na prvej z nich, označenej ako Veľká Izra a nachádzajúcej sa v južnejšej časti Slanských vrchov, bol pohyb monitorovaný v dvoch paralelných trhlinách medzi okrajovými blokmi, tvorenými striedajúcimi sa andezitmi a brekciami lávových prúdov s autochtónnymi pyroklastikami, ležiacimi na plastických ílovitých sedimentoch. Druhá lokalita – Sokoľ, sa nachádza severnejšie, vo východnej časti pohoria na okraji centrálnej vulkanickej zóny stratovulkánu Strechový vrch v doline Bačkovského potoka. Plazivý pohyb je monitorovaný v trhlinách medzi okrajovými blokmi budovanými andezitmi lávového prúdu, striedajúcimi sa s autochtónnymi pyroklastikami, ležiacimi na propylitizovaných a silno brekciovitých andezitoch. Na západnej strane pohoria sa v okrajovej časti strato-vulkánu Strechový vrch v prostredí andezitového lávového prúdu nachádza tretia lokalita – Košický Klečenov.

Posledná lokalita je situovaná na severovýchodnom okraji Levočských vrchov, SSV od obce Brutovce. Ide o jaskyňu, ktorá sa vyvinula v paleogénnych pieskovcoch bielopotockého súvrstvia. Lokalita je monitorovaná od roku 2007.

Uvedený prehľad zodpovedá stavu, v akom sa súbor monitorovaných lokalít nachádzal v hodnotenom období rokov 2002 až 2009. Oproti zloženiu súboru, ktorý bol prezentovaný pri hodnotení predchádzajúcej etapy monitorovania do roku 2002 (Wagner et al., 2002), došlo v zastúpení monitorovaných lokalít k viacerým zmenám. Monitorovanie bolo pozastavené v niekoľkých zosuvných lokalitách – Diviaky nad Nitricou (vzhľadom na monitorovaním overený stabilný stav svahu), Harvelka a Klieštiná (v dôsledku poklesu celospoločenského významu lokalít), Oravský Podzámok a obec Slanec (v dôsledku významného poškodenia monitorovacej siete) a Žilina-Dubeň, kde monitorovanie prebrala iná organizácia, ďalej v lokalite cestného zárezu pri obci Huty (kde bola vykonaná sanácia zárezu) a v rámci lokalít charakteru plazenia bolo skončené monitorovanie v lokalite Ľubochňa-Havran (v dôsledku poklesu významu lokality a častých poškodení meracieho prístroja).

Do subsystému Zosuvy a iné svahové deformácie boli zaradené aj lokality monitorovania stabilitného stavu územia projektovanej prečerpávacej vodnej elektrárne Ipeľ a Stabilizačného násypu v Handlovej. Vzhľadom na to, že ide o špecifický charakter lokalít a metód monitorovania, v príspevku sa nimi nezaoberáme (základné informácie

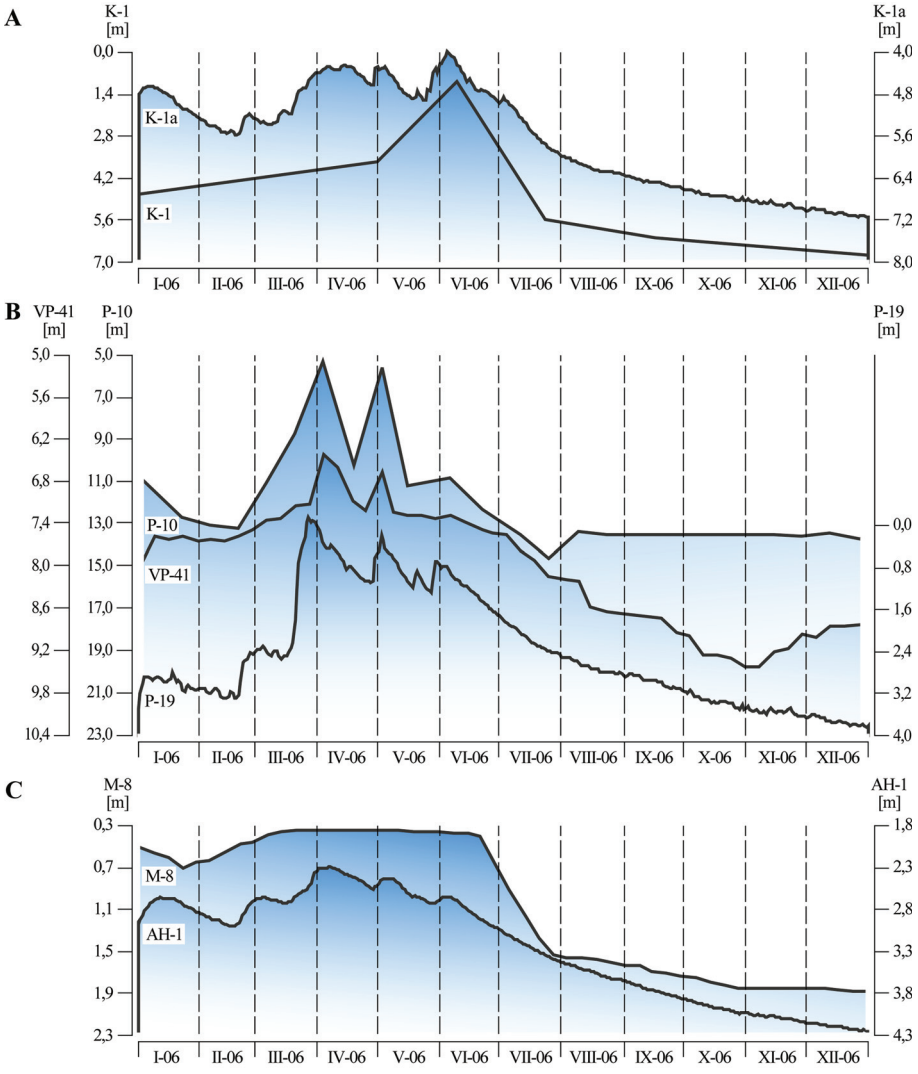
o lokalitách a výsledkoch monitorovacích meraní sú uverejnené v správach dostupných na internete – Wagner et al., 2009).

Metódy monitorovania a aktuálne trendy ich aplikácie

Keďže opis metód monitorovania je uvedený vo viacerých publikáciách (Wagner et al., 1996, 2000), v ďalšej časti sa sústreďujeme iba na charakteristiku novších monitorovacích metód a postupov, zavádzaných do systému monitorovania v posledných rokoch (Wagner et al., 2010).

Režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody

V prípade monitorovania najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora – hĺbky hladiny podzemnej vody – sú významné rozdiely vo frekvencii, s akou je tento parameter na jednotlivých svahových poruchách sledovaný. Začínajúc od občasných nepravidelných meraní (raz za rok, prípadne s ešte dlhším časovým intervalom), ktorých účelom je viac-menej inventarizácia monitorovacej siete a jej aktuálneho stavu (merania takéhoto charakteru sa vykonávajú napríklad v lokalite Handlová-zosuv z roku 1960/1961), sa monitorovacie merania realizujú pozorovateľmi s frekvenciou raz za dva mesiace, mesiac, dva týždne, resp. týždeň. Je pochopiteľné, že v prípade takého významného faktora, akým sú zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, je potrebné zabezpečiť čo najdokonalejšiu informáciu o jeho vývoji. Takúto informáciu nesporne poskytujú automatické hladinomery, ktoré možno nastaviť na ľubovoľný časový interval záznamu údajov (zvyčajne každú hodinu). Z názorného porovnania zaznamenaných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody (obr. 2) vyplýva významný rozdiel v kvalite údajov získavaných pozorovateľom a automatickými hladinomermi. Výsledky prezentované na obrázku sú pritom z vrtov, ktoré sú v rámci zosuvných lokalít situované blízko seba. Je prirodzené, že najväčšie rozdiely sa prejavili pri porovnaní hladín, ktoré boli pozorované s časovým intervalom 2 mesiace a každú hodinu (lokalita Fintice). Počas jedného dvojmesačného obdobia merania boli automatickým hladinomerom s kontinuálnym (hodinovým) záznamom zachytené viaceré významné zmeny. Podobne



Obr. 2. Frekvencia monitorovacích meraní hĺbky hladiny podzemnej vody. **A** – zosuvná lokalita Fintice (K-1a – kontinuálne merania, K-1 – dvojmesačná frekvencia); **B** – zosuvná lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (P-10 – dvojtýždenná frekvencia, VP-41 – týždenná frekvencia, P-19 – kontinuálne merania); **C** – zosuvná lokalita Veľká Čausa (M-8 – jednotýždenná frekvencia, AH-1 – kontinuálne merania).

Fig. 2. The frequency of groundwater level monitoring. **A** – Fintice landslide site (K-1a – continuous measurements, K-1 – two-month frequency); **B** – Handlová-Morovnianske sídlisko settlement landslide site (P-10 – fortnightly frequency, VP-41 – one week frequency, P-19 – continuous measurements); **C** – Veľká Čausa landslide site (M-8 – one week frequency, AH-1 – continuous measurements).

je to aj v prípadoch porovnávania kontinuálnych záznamov s výsledkami meraní vykonávaných v mesačnom a dvojtýždennom intervale. Najlepšie vzájomne súvisia, z pochopiteľných dôvodov, kontinuálne a týždenné merania.

Na základe výsledkov porovnania (obr. 2) sú zosuvné lokality postupne vybavované kontinuálnymi hladinomermi. Od roku 1996 boli hladinomery postupne inštalované do vybraných vrtov vo viacerých zosuvných lokalitách (tab. 2).

V roku 2005 boli na zvýšenie pohotovosti a komplexnosti monitorovania v niektorých zosuvných lokalitách nainštalované automatické hladinomery, ktoré okrem štandardného merania hĺbky a teploty podzemnej vody podávajú informáciu aj o veľkosti zrážkových úhrnov a teplote vzduchu v lokalite. Navyše, opísané zariadenia umožňujú on-line spojenie s operátorom v stredisku monitorovania a zároveň poskytujú možnosť definovania troch limitných úrovní pre hĺbku hladiny podzemnej vody, rýchlosť jej stúpnutia a hodnotu zrážkového úhrnu. Systémy boli nainštalované do novovybudovaných hydrogeologických vrtov v lokalitách Veľká Čausa a Okoličné (tab. 2).

Možnosť nastavenia konkrétnych limitných hodnôt sledovaných parametrov vyvolala viaceré otázky súvisiace s výberom vhodnej metódy na ich odvodenie. Navyše, na zavedenie pripravovaného varovného systému do praxe bolo potrebné overiť odvodené kritické hodnoty pozorovaných parametrov v praktickom riešení. Odvodené úrovne hladiny podzemnej vody bolo možné najlepšie zistiť na základe informácie o tom, akú reakciu (posun hmôt) určitý stav podzemnej vody v zosuvnom území vyvolal.

Merania posunov

Paralelne so skvalitňovaním informácií o režime podzemných vôd sa pozornosť zamerala aj na zvýšenie úrovne monitoringu pohybovej aktivity zosuvných hmôt, ktorá je priamym ukazovateľom aktuálneho stabilitného stavu zosuvného územia. Prvým krokom, ktorý prispel k lepšej porovnateľnosti výsledkov nameraných rôznymi metódami (geodetickými merania posunov bodov a inklinometrickými merania deformácií vrtnej pažnice), bolo časové zjednotenie termínov meraní. Od roku 2004 sú merania vykonávané prevažne na konci jarného obdobia (mesiace jún a júl). Zavedenie tejto zásady umožnilo v rámci jednej lokality porovnať výsledky získané viacerými metódami. Zvolený termín meraní umožňuje zaznamenať vplyv klimatických pomerov jarného obdobia (topenie snehovej pokrývky), v ktorom sú dosahované maximálne úrovne hladiny podzemnej vody spôsobujúce zo stabilitného hľadiska najmenej priaznivý stav zosuvného svahu.

Inštaláciou automatických hladinomerov na sledovanie zmien hladiny podzemnej vody, umožňujúcich definovať jej kritické stavy, vznikla požiadavka aj na zvýšenie frekvencie meraní v prípade pozorovania pohybovej aktivity zosuvných hmôt. Porovnávanie zaznamenaných veľkostí vektorov pohybu pozorovacích bodov za jednoročné, niekedy až dvojročné obdobie, s hodinovými záznamami stavu hladiny podzemnej vody bolo veľmi nepresné. Preto na zahustenie meraní posunov pozorovacích bodov sa popri geodetických meraniach, zabezpečovaných subdodávateľskými organizáciami v prevažne ročnom cykle, začali paralelne vykonávať vlastné merania metódou GNSS, ktorá je

Tab. 2
Obdobia prevádzky automatických hladinomerov s kontinuálnym záznamom hĺbky hladiny podzemnej vody
Periods of automatic water stage indicators operation with a continuous recording of a depth of groundwater table level

Lokalita	Vrt	Obdobie prevádzky	Merané parametre
Veľká Čausa	AH-1	11. október 2005 – do súčasnosti	HPV, T_{voda}, T_{vzduch}, Z (EWS)
	VČ-2	7. november 1996 – do súčasnosti	HPV, T_{voda}
	VČ-8	7. november 1996 – do súčasnosti	HPV, T_{voda}
Okoličné	AH-2	12. október 2005 – do súčasnosti	HPV, T_{voda}, T_{vzduch}, Z (EWS)
	J-1	14. jún 1996 – do súčasnosti	HPV, T_{voda}
	JH-29	14. jún 1996 – 15. február 2002	HPV, T_{voda}
Dolná Mičiná	JM-6	16. apríl 2002 – do súčasnosti	HPV, T_{voda}
	JM-19	16. apríl 2002 – 23. apríl 2009	HPV, T_{voda}
Liptovská Mara	J-5	18. jún 2009 – 23. marec 2012	HPV, T_{voda}
	J-10	15. máj 2003 – 23. marec 2012	HPV, T_{voda}
	J-19	15. máj 2003 – 23. marec 2012	HPV, T_{voda}
Handlová-Morovnianske sídlisko	P-17	21. november 2003 – do súčasnosti	HPV, T_{voda}
	P-19	21. november 2003 – do súčasnosti	HPV, T_{voda}
Fintice	K-1a	27. apríl 2005 – do súčasnosti	HPV, T_{voda}
	K-2a	27. apríl 2005 – do súčasnosti	HPV, T_{voda}

Poznámka: HPV – zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody; T_{voda} – teplota vody v hĺbke umiestnenia sondy; T_{vzduch} – teplota vzduchu; Z – veľkosť zrážkových úhrnov; EWS – zariadenie umožňuje definovanie limitných hodnôt a po ich prekročení vysiela varovnú správu

Notice: HPV – changes of the groundwater table level; T_{voda} – water temperature at a depth of probe setting; T_{vzduch} – air temperature; Z – precipitation totals; EWS – the device allows definition of the limit values and, after their exceeding, transmits a warning message

z hľadiska technickej realizácie pomerne jednoduchá a umožňuje realizovať merania s vysokou presnosťou, postačujúcou na potreby monitoringu. Pilotnou lokalitou, v ktorej sa táto metóda začala realizovať, bola lokalita Veľká Čausa. Základné meranie bolo uskutočnené 17. júna 2008. Samotnému meraniu však predchádzalo zahustenie existujúcej monitorovacej siete novými pozorovacími bodmi, umožňujúcimi sledovať oblasti, ktoré sa v pozorovanom období vyznačovali zvýšenou dynamikou zmien povrchu terénu.

Metóda GNSS je založená na simultánnom meraní dvoch bodov, na základe ktorého je odvodený priestorový vektor (základnica) medzi referenčným a sledovaným bodom. Na dosiahnutie milimetrovej presnosti je využívaná statická metóda, pri ktorej sú prijímače na obidvoch koncoch základnice statické, teda sa nepohybujú. Presnosť určenia základnice závisí od viacerých faktorov, napr. dĺžky spojnice bodov, dĺžky času observácie, počtu simultánne meraných družíc, ich konfigurácie, resp. kvality prijímaného signálu. Jedinou podmienkou úspešnej realizácie merania je nezatienený, podľa možnosti spojitý príjem signálov minimálne zo 4 družíc na meraných bodoch (Ondrejka et al., 2011a). Uvedená podmienka do značnej miery ovplyvnila výber lokalít, v ktorých je možné realizovať tento typ merania. Po úspešnom odskúšaní metódy v lokalite Veľká Čausa sa ako najvhodnejší na aplikáciu merania metódou GNSS javil nezarastený zosuvný svah na území Handlová-Kunešovská cesta. Žiaľ, existujúce referenčné body, nachádzajúce sa vo vzdialenosti do 5 km od lokality, boli z viacerých dôvodov nepoužiteľné (zanedbaná údržba, situovanie pod stromom alebo priamo v poraste), v dôsledku čoho nebolo možné merania v lokalite realizovať.

V súčasnom období sa monitorovanie meraním posunov bodov metódou GNSS realizuje okrem lokality Veľká Čausa (12 bodov) na zosuvnom území medzi Sereďou a Hlohovcom (nová lokalita Vinohrady nad Váhom, časť Paradič – 5 bodov a pôvodná lokalita pri obci Posádka – 7 bodov), v novej lokalite Handlová-Žiarska ulica (1 pozorovací a 1 referenčný bod) a vo Finticiach (5 pozorovacích bodov a 1 referenčný bod). Frekvencia meraní touto metódou dosahuje spravidla 3 etapy merania za rok. Podrobnému opisu uvedeného spôsobu monitorovania pohybovej aktivity, ako aj vyhodnoteniu výsledkov meraní na zosuvnom území nad obcou Veľká Čausa sa venujú Ondrejka et al. (2011a).

Merania deformácií

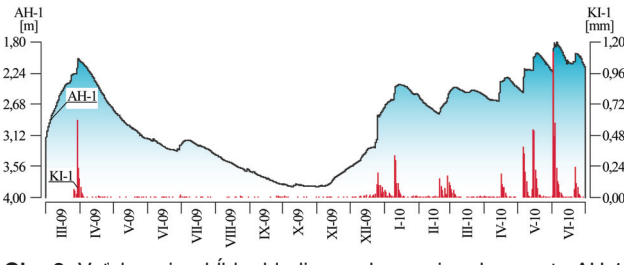
Zvýšenie frekvencie meraní pohybovej aktivity na sieti geodetických bodov do značnej miery prispelo k vytvoreniu lepšej predstavy o vývoji svahového pohybu, avšak pre budovaný varovný systém bolo potrebné zabezpečiť merania, ktoré by boli kompatibilné, resp. z časového hľadiska porovnateľné s meraniami hladiny podzemnej vody v hodinovom intervale. Výrazný progres v monitorovaní pohybovej aktivity bol zabezpečený vďaka ústretovosti konateľa firmy Geoexperts, spol. s r. o., Ing. V. Grófa, PhD., ktorý na účely monitorovania modelovej lokality Veľká Čausa zapožičal našej organizácii stacionárny inklinometer. Prístroj bol inštalovaný v novovybudovanom inklinometrickom vrte (KI-1), v priestore pohybovo najaktívnejšej časti zosuvného územia. Pred samotnou inštaláciou bolo potrebné uskutočniť viacero etáp meraní za účelom jednoznačnej identifikácie hĺbky aktívnej šmykovej plochy. Vyhodnotenie meraní preukázalo existenciu šmykovej plochy v hĺbke 11,5 m od povrchu terénu. Stacionárny inklinometer zaznamenával deformáciu pažnice inklinometrického vrtu v tejto hĺbke v období od marca 2009 do augusta 2010 v intervale 1 deň (na túto frekvenciu záznamov bol prístroj nastavený). Meranie bolo ukončené v dôsledku stabilitne nepriaznivej situácie súvisiacej s mimoriadne vlhkým rokom 2010, keď boli zaznamenané také hodnoty deformácií, ktoré mohli porušiť inklinometrický vrt a v súvislosti s tým poškodiť inklinometrickú sondu (Ondrejka et al., 2011b).

Systémy včasného varovania

Ako už bolo naznačené v predošlej časti, cieľom realizovaných zmien a doplnkov v metódach monitorovania bolo skvalitnenie prognózovania aktivizácie pozorovaných svahových pohybov a s tým súvisiaci prechod na vyššiu formu monitorovania – t. j. vytvorenie spoľahlivých systémov včasného varovania pred svahovými pohybmi. Včasná predikcia aktivizácie svahových pohybov je nesporne dôležitá pre dotknuté obyvateľstvo a môže prispieť k minimalizácii nákladov potrebných na včasnú stabilizáciu zosuvného územia.

V praxi ide o široký okruh problémov, pričom azda najdôležitejším je definovanie relevantného a reálne merateľného zosuvotvorného faktora, pre ktorý možno definovať limitné hodnoty. Samozrejme, dôležitý okruh otázok v procese tvorby varovných systémov súvisí s technikou zaznamenávania, diaľkového prenosu a pohotového vyhodnocovania stavu pozorovaného faktora.

Súčasťou základných otázok tvorby systémov včasného varovania pred zosuvmi je aj problém výberu najvhodnejšej, dostatočne reprezentatívnej lokalizácie varovného systému v rámci monitorovaného zosuvného územia. Konečným článkom v procese uvedenia systému včasného varovania do činnosti je legislatívne zabezpečenie jeho prevádzky, obsahujúce adresár zodpovedných orgánov, postup ich



Obr. 3. Vzťah zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte AH-1 a deformácie zaznamenanej stacionárnym inklinometrom na úrovni šmykovej plochy vo vrte KI-1 v lokalite Veľká Čausa.

Fig. 3. Relationship between groundwater table level changes in the borehole AH-1 and deformation recorded by in-place inclinometer at the slide surface in the borehole KI-1 (Veľká Čausa landslide site).

činnosti a mieru zodpovednosti v prípade oznámenia kritického stavu pozorovaného parametra.

Vzhľadom na široký rozsah problematiky, ktorú je potrebné zvládnuť v súvislosti s budovaním systémov včasného varovania, pozornosť venujeme iba tej zložke, ktorá priamo súvisí s odvodením limitných stavov.

Ako už bolo viackrát uvedené, definovanie limitných hodnôt sa logicky opiera o vzťah medzi zmenou hladiny podzemnej vody a veľkosťou pohybovej aktivity zosuvných hmôt v konkrétnom zosuvnom území počas určitého časového obdobia. Na báze dôkladnej analýzy získaných informácií bola snaha odvodiť také limitné stavy, ktoré by indikovali blížiacu sa nestabilitu svahovej poruchy. Pri samotnom riešení boli použité viaceré postupy, ktoré do značnej miery odrážali technické možnosti aplikovaných monitorovacích metód, hustotu získaných údajov a kvalitu monitorovacej siete. Použité postupy boli založené na rôznych prístupoch – od najjednoduchších empirických hodnotení, pri ktorých sa využívali dlhodobé časové rady údajov o zmenách hladiny podzemnej vody a vyčleňovali sa obdobia jej maximálnych stavov (Ondrejka et al., 2005; Wagner et al., 2006), cez v praxi najčastejšie používané geotechnické riešenia formou stabilitných analýz pri rôznych úrovniach hladiny podzemnej vody (Ondrejka, 2009), až po pomerne komplikované komplexné analýzy väčšieho množstva relevantných parametrov týkajúcich sa režimu podzemnej vody a pohybovej aktivity (Ondrejka, 2010, 2012). Výsledky riešení, teda odvodené limitné hodnoty, boli verifikované na viacerých zosuvoch.

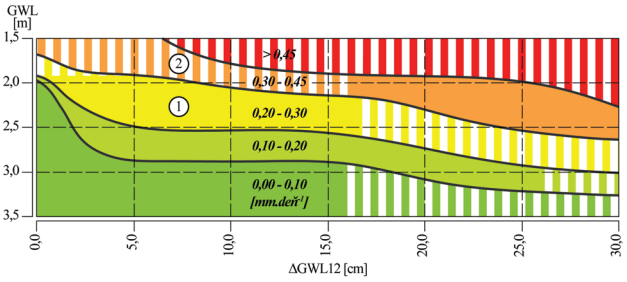
Na použitie v systéme včasného varovania sa preukázali ako najvhodnejšie tie limitné hodnoty, ktoré boli odvodené na základe komplexnej analýzy parametrov režimu podzemnej vody a pohybovej aktivity. V prípade komplexnej analýzy možno zjednodušene limitné hodnoty odvodiť na základe hodnotenia troch nezávislých parametrov. Prvý parameter vyjadruje stav aktuálnej úrovne hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích vrtoch voči určitým limitným hodnotám, ktoré predstavujú maximálne stavy hladiny podzemnej vody v referenčnom období. Druhý parameter vyjadruje výskyt maximálnych hladín podzemnej vody dosiahnutých v predchádzajúcom období (21 predchádzajúcich dní). Tretím parametrom je doba, počas ktorej sa vyskytovali určité (nepriaznivé) stavy hladiny podzemnej vody, klasifikovaná semikvantitatívnym spôsobom. Nevýhodou navrhnutého postupu je, že na odvodenie spoľahlivých limitných hodnôt je potrebný relatívne dlhý časový rad záznamov o režime podzemnej vody a pohybovej aktivite, pričom súbory meraní musia spĺňať prísne kvalitatívne kritériá (Ondrejka, 2012).

Priama korelácia kontinuálneho záznamu zmien hladiny podzemnej vody s kontinuálnym záznamom deformácií umožnila vytvoriť relatívne jednoduchý, no veľmi funkčný dostatočne odôvodnený a prakticky použiteľný systém na definovanie limitných úrovní hladiny podzemnej vody. Tento postup bol odvodený na základe kontinuálnych záznamov z automatického hladinomera a stacionárneho inklinometra. Prístroje boli umiestnené vo dvoch vrtoch, situovaných cca 30 m od seba na vybranej, zo stabilitného hľadiska veľmi citlivej časti zosuvu vo Veľkej Čause.

Záznamy z prevádzky obidvoch prístrojov poukazujú na skutočnosť, že významnejšie deformácie namerané inklinometrickou sondou (desatiny mm za deň) súvisia s výraznejšími režimovými zmenami hladiny podzemnej vody. Vďaka anomálnym klimatickým udalostiam, ktoré boli zaznamenané najmä počas jarného obdobia roku 2010, bolo možné pozorovať aj výrazné zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody. V zosuvnom masíve toto kolísanie podzemnej vody generovalo napätia, ktoré na šmykových plochách spôsobovali zvýšené hodnoty deformácie. V extrémnom prípade nameraná deformácia presiahla hodnotu 1 mm za deň (obr. 3).

Z dvojice kontinuálnych záznamov na obr. 3 vyplýva, že pohybová aktivita úzko súvisí s náhlymi zmenami hĺbky hladiny podzemnej vody. Monitorovaním sa potvrdilo, že rýchle vzostupné zmeny hladiny podzemnej vody sa prakticky okamžite prejavujú zvýšenými hodnotami deformácie inklinometrickej pažnice. Najväčšia deformácia (1,0673 mm · deň$^{-1}$) bola spôsobená stúpnutím hladiny podzemnej vody o 24 cm počas 12-hodinového obdobia (údaje boli zaznamenané 1. júna 2010). Záznamy z prevádzky stacionárneho inklinometra tiež poukázali na skutočnosť, že veľkosť deformácie nie je priamo úmerná veľkosti nameraných náhlych zmien hladiny podzemnej vody, ale je priamo determinovaná aktuálnou hĺbkou podzemnej vody (zaznamenanou pred samotnou náhlou zmenou). Znamená to, že so zmenšujúcou sa hĺbkou hladiny podzemnej vody pod terénom (aj pri rovnakej veľkosti náhleho stúpnutia hladiny podzemnej vody) veľkosť deformácie narastá.

Uvedené skutočnosti vytvorili priestor na definovanie určitých závislostí medzi hĺbkou hladiny podzemnej vody, veľkosťou jej náhlej zmeny a veľkosťou deformácie.



Obr. 4. Vzťah zmien hladiny podzemnej vody a deformácie na šmykovej ploche. **1** – oblasť s overeným vplyvom režimových ukazovateľov na dosiahnutú deformáciu (vyjadrená súvislou farebnou plochou); **2** – oblasť s predpokladaným vplyvom režimových ukazovateľov na dosiahnutú deformáciu (vyjadrená farebnými prúžkami); GWL – hĺbka hladiny podzemnej vody pod povrchom terénu; ΔGWL12 – stúpnutie hladiny podzemnej vody počas dvanástich hodín; 0,00 – 0,10 – očakávaná veľkosť deformácie na šmykovej ploche v mm za 24 hod.

Fig. 4. Relationship between groundwater table level changes and deformation on the slide surface. **1** – an area with a verified impact of the regime indicators on reached deformation (expressed as a continuous coloured area); **2** – area of assumed impact of the regime indicators upon reached deformation (expressed by colour strips); GWL – groundwater table level depth below ground surface; ΔGWL12 – increase of the groundwater table level within the last twelve hours; 0.00 – 0.10 – expected value of deformation on the slide surface in mm per 24 hours.

Z podkladov získaných monitorovaním režimu hladiny podzemnej vody (pretransformovaných do dvanásťhodinových intervalov) a vývoja deformácie pažnice na úrovni šmykovej plochy bolo odvodených päť charakteristických stavov, ktoré umožňujú kvantifikovať orientačnú veľkosť očakávanej deformácie (obr. 4; Ondrejka et al., 2011b).

Okrem definovaných podmienok pre hĺbku a rýchlosť stúpnutia hladiny podzemnej vody, na základe ktorých možno aj po demontáži stacionárneho inklinometra odvodiť predpokladanú veľkosť deformácie na úrovni šmykovej plochy, boli nastavené aj hodnoty pre systém včasného varovania. Systém umožňuje vyslať varovnú správu pri dosiahnutí zadefinovaných podmienok. Varovanie má formu textovej správy a je rozosielané na predvolené telefónne čísla.

Merania napätostného stavu

Jedným z postupov hodnotiacich napätostný stav prostredia, ktorého výsledky sa úspešne uplatnili pri posudzovaní zosuvných území, je meranie zmien aktivity poľa pulzných elektromagnetických emisií (PEE). Metóda vychádza z meraní prirodzeného (impulzného) elektromagnetického vlnenia, ktoré vzniká v určitých častiach horninového prostredia pri jeho deformácii v dôsledku pôsobenia mechanického napätia, vyvolaného prírodnými alebo umelými silami (Vybíral a Wagner, 2002). Merania sa systematicky začali vykonávať v zosuvných lokalitách od roku 1995; v období rokov 2002 až 2009 boli realizované v lokalitách Veľká Čausa, Handlová – zosuv z rokov 1960/1961, Dolná Mičiná, Hlohovec-Posádka, Vištuk a Fintice). Frekvencia meraní sa počas riešenia úlohy menila, postupne sa však ustálila na pravidelnom jarnom a jesennom cykle merania.

Získané výsledky poukazujú na skutočnosť, že namerané hodnoty charakterizujú len aktuálny napätostný stav prostredia v momente merania. V snahe skvalitniť informácie o vývoji zmien napätostného stavu sa uvažovalo o zvýšení frekvencie meraní. Z praktických i ekonomických dôvodov sa hustejšie merania metódou PEE (4- až 5-krát ročne) začali realizovať iba vo vybranej lokalite – na zosuvnom území medzi Sereďou a Hlohovcom, kde boli doterajšie merania poľa PEE (vzhľadom na geologickú stavbu lokality) najviac preukazné. V ostatných lokalitách bol tento typ meraní po roku 2010 pozastavený. Vyššia frekvencia meraní zmien poľa PEE lepšie charakterizuje vývoj napätostného stavu, čo vytvára nové možnosti hodnotenia stabilitného stavu tohto rozsiahleho zosuvného územia v budúcnosti – napr. jeho členenie na menšie celky s rôznym stupňom stability na základe podobnosti hodnôt a vývoja aktivity poľa PEE.

Spôsoby spracovania a prezentácie informácií

Najrozšírenejším spôsobom prezentácie primárnych údajov z monitorovacích meraní je vyjadrenie ich zmien v čase (v čom je vlastne obsiahnutá základná podstata monitorovania). Priebehy zmien pozorovaných parametrov (napríklad premiestnení geodetických bodov, kolísania hladiny podzemnej vody a ďalších) umožňujú analyzovať zákonitosti ich vývoja v čase a odvodzovať trendy, resp. cyklickosť zmien nameraných hodnôt. Prirodzene, že vierohodnosť prognózovania týchto zmien je podstatne vyššia, ak sú potvrdené hodnotami odvodenými z viacerých typov monitorovacích meraní.

Dlhodobé priebehy zmien jednotlivých pozorovaných parametrov sú súčasťou spracovania stabilitného stavu pozorovaných lokalít a z dlhodobého hľadiska vyjadrujú základné (priaznivé alebo nepriaznivé) trendy vývoja tohto stavu.

Hodnotenie výsledkov meraní podľa jednotnej kvantitatívnej hodnotiacej škály

Z hľadiska zrozumiteľnosti a jednoduchého sprístupnenia výsledkov monitorovania pre širokú verejnosť sa primárne údaje zvyčajne účelovo prehodnocujú. Podstatou účelového hodnotenia primárnych (nameraných) údajov je snaha veľmi zjednodušene, ale s dostatočným stupňom odborného zdôvodnenia zodpovedať na otázku, či je nameraný stav daného parametra z hľadiska aktuálneho stupňa stability svahu priaznivý, menej priaznivý alebo nepriaznivý. V súvislosti s tým bola pre každý z meraných parametrov zostavená trojstupňová škála, v ktorej boli účelovo definované hodnoty parametra zodpovedajúce z hľadiska stability jeho priaznivému, prechodnému (s náznakmi nepriaznivých skutočností) alebo nepriaznivému stavu. Definovanie kritérií pre jednotlivé stupne hodnotiacej škály sa postupne vyvíjalo (Jadroň et al., 1998; Wagner a Pauditš, 2002).

Zostavenie kvantitatívnej hodnotiacej škály pre jednotlivé pozorované parametre vychádzalo z presnosti vykonávaných meraní a z nahromadených skúseností a poznatkov o prejavoch aktivity zosuvných hmôt pri určitých hodnotách nameraných posunov a deformácií.

V prípade geodetických meraní sa vychádzalo z presnosti terestrického geodetického merania, vyjadrenej hodnotou dvojnásobku strednej polohovej, resp. výškovej chyby merania (označenej ako σ), ktorej prekročenie vyjadruje 95-percentnú pravdepodobnosť posunu meraného bodu. Vo väčšine dlhodobo monitorovaných lokalít (napr. Veľká Čausa, Fintice, Bojnice, Ľubietová, Hlohovec-Posádka) sa hodnota σ nachádzala na úrovni 20 mm, v lokalite Okoličné pri Liptovskom Mikuláši sa uvažovalo o hodnote 15 mm a naopak, v lokalite katastrofálneho zosuvu v Handlovej až o hodnote 30 mm (Wagner et al., 2012).

Pri zostavovaní kvantitatívnej hodnotiacej škály pre posun geodetických bodov sa za prvý stupeň považovala práve hodnota σ (t. j. do prvého stupňa sa zaradili všetky namerané zmeny, ktoré hodnotu σ nepresiahli, prepočítané na rýchlosť pohybu, vyjadrenú v $mm \cdot rok^{-1}$). Druhý stupeň (charakterizujúci preukázaný posun meraného bodu) sa prisudzoval posunom nachádzajúcim sa v rozmedzí od hodnoty σ po jej trojnásobok (3σ). Tretí stupeň, vyjadrujúci významnú polohovú alebo výškovú zmenu meraného bodu, bol priradený hodnotám meraní presahujúcim 3σ. Merania sa vo väčšine prípadov realizovali jedenkrát

Tab. 3
Škála klasifikačného hodnotenia výsledkov monitorovacích meraní
Scale of classification assessment of the monitoring measurement results

Geodetické merania		Inklinometrické merania		Merania PEE vo vrtoch	
Rýchlosť pohybu [mm · rok^{-1}]	Hodnotenie (váha)	Rýchlosť pohybu [mm · rok^{-1}]	Hodnotenie (váha)	Stupeň aktivity	Hodnotenie (váha)
do hodnoty σ	1 (1)	do 2	1 (1)	BP (1) NZ (2)	1 (1)
σ až 2σ	2 (3)	2 až 5	2 (3)	PN (3) ST (4)	2 (3)
nad 2σ	3 (5)	nad 5	3 (5)	PV (5) VV (6)	3 (4)

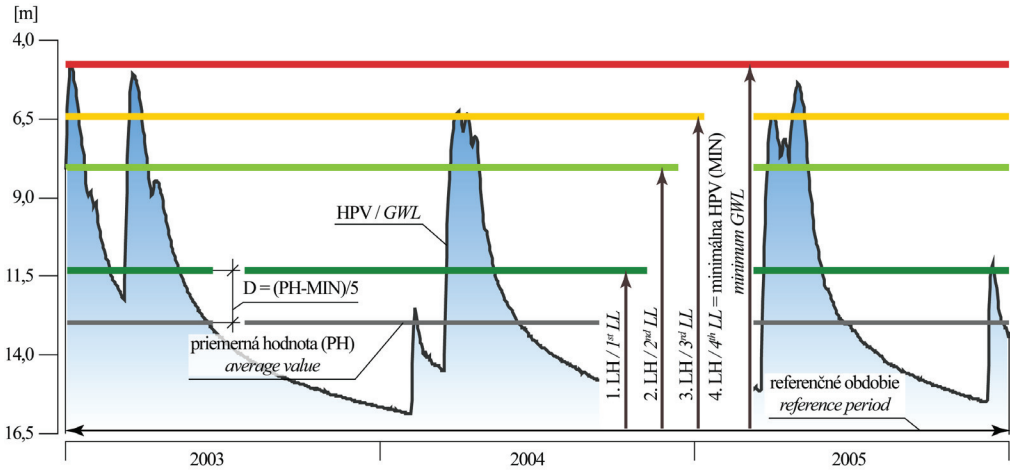
Poznámky: σ – hodnota strednej polohovej a výškovej chyby merania (zvyčajne 15 alebo 20 mm); stupeň aktivity poľa pulzných elektromagnetických emisií (PEE): BP – bez prejavov aktivity, NZ – náznaky aktivity, PN – pomerne nízka, ST – stredná, PV – pomerne vysoká, VV – veľmi vysoká aktivita poľa. Čísla v zátvorkách pri symbole označujú stupeň aktivity prostredia používaný pri podrobnejších hodnoteniach vývoja poľa PEE.

Notice: σ – mean value of the position and elevation measurement error (usually 15 or 20 mm); degree of pulse electromagnetic emissions field activity (PEE): BP – no indications of activity, NZ – indications of activity, PN – relatively low activity, ST – medium, PV – relatively high, VV – very high activity of field. Numbers in brackets next to symbol refer to a degree of activity used in the more detailed assessments of the PEE field development.

za kalendárny rok a prepočet na rýchlosť pohybu sa vykonával v súvislosti s možnosťou porovnávania zistených pohybov meraných bodov v rámci jednej lokality, ale aj porovnania aktivity pohybu v rôznych lokalitách. V prípade hodnotenia priemernej rýchlosti sa samostatne zohľadňoval polohový a vertikálny vektor posunu a v konečnom hodnotení sa počítalo s nepriaznivejšou, teda väčšou hodnotou (Wagner et al., 2012).

S pribúdajúcimi skúsenosťami a reálnymi pozorovaniami zmien stavu zosuvov v jednotlivých lokalitách sa v posledných rokoch kritériá hodnotenia sprísnili a do druhej kategórie sa zaraďovali posuny, ktorých hodnota sa nachádzala v rozmedzí σ až 2σ, a do tretej kategórie hodnoty presahujúce kritérium 2σ.

V prípade inklinometrických meraní sa vychádzalo z empiricky zvolenej hranice presnosti merania, reálne akceptovateľnej pre všetky uskutočňované merania, ktorá predstavuje hodnotu deformácie inklinometrickej pažnice veľkosti 2 mm. Z toho vyplýva, že do prvého stupňa hodnotiacej škály boli zaradené všetky deformácie, ktorých hodnota po prepočte na rýchlosť pohybu (v mm · rok^{-1}) neprekročila 2 mm (bez ohľadu na azimut pohybu). Do druhej skupiny pohybovej aktivity boli zaradené deformácie v rozmedzí 2 – 5 mm · rok^{-1} a do tretej skupiny deformácie nad 5 mm · rok^{-1}. Jednotná škála na hodnotenie výsledkov geodetických a inklinometrických meraní, používaná pri riešení úlohy ČMS GF do roku 2010, je uvedená v tab. 3.



Obr. 5. Postup odvodenia referenčných hodnôt pre semikvantitatívne hodnotenie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, obsiahnuté v tab. 4 (záznam z pozorovania hladiny podzemnej vody vo vrte JM-6 z lokality Dolná Mičiná; vypracované podľa Scherera in Iglárová et al., 2004). HPV – hĺbka hladiny podzemnej vody pod terénom, 1. (2., 3.) LH – prvá (druhá, tretia) limitná hladina, 4. LH – minimálna HPV.

Fig. 5. Procedure for derivation of reference values for the semi-quantitative assessment of changes in the groundwater table level, according to Tab. 4 (observations of the groundwater table level in the borehole JM-6 from the Dolná Mičiná site; the procedure developed by Scherer in Iglárová et al., 2004). GWL – the groundwater table level below the surface, 1st (2nd, 3rd) LL – the first (second, third) limit level, 4th LL – minimum GWL.

Hodnotenie výsledkov monitorovacích meraní pomocou kvantitatívnej hodnotiacej škály umožňovalo porovnávať pohybovú aktivitu meraných bodov v rámci lokality alebo medzi rôznymi lokalitami. Nevýhodou tohto hodnotenia bolo, že neumožňovalo zohľadniť špecifiká jednotlivých monitorovaných bodov.

Hodnotenie výsledkov meraní na základe analýzy vývoja zaznamenaných zmien

Na základe skúseností zo spracovávania výsledkov pravidelných monitorovacích meraní sme dospeli k záveru, že nedostatky kvantitatívneho hodnotenia možno eliminovať na základe analýzy dlhšieho časového radu údajov získaných z jednotlivých metód merania. Z tejto podmienky vyplýva nevyhnutnosť spracovávania dostatočne bohatej informácie o správaní pozorovaného parametra v konkrétnom monitorovanom bode za určitý, pokiaľ možno čo najdlhší časový úsek.

Na hodnotenie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vypracoval Scherer (in Iglárová et al., 2004) postup semikvantitatívnej klasifikácie stavu parametra na základe tzv. referenčných hodnôt. Referenčné hodnoty boli odvodené z výsledkov dlhodobých meraní na konkrétnom pozorovacom vrte pomocou základných štatistických funkcií, ako sú priemerné a maximálne hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody za určité referenčné obdobie (dĺžka obdobia predstavovala 3 roky, v prípade krátkodobejších pozorovaní jeden rok). Semikvantitatívne hodnotenie vychádza zo schémy znázornenej na obr. 5 a kritérií, ktoré sú zhrnuté v tab. 4.

Účelová kvantifikácia výdatnosti odvodňovacích zariadení z hľadiska stupňa „priaznivosti" stabilitného stavu v podstate nie je možná. Zvýšenie výdatnosti objektov nemožno totiž jednoznačne hodnotiť ako priaznivý jav (dochádza k nemu zvyčajne pri zvýšenej zrážkovej činnosti a nasýtení horninového prostredia vodou) a, naopak, zníženie výdatnosti môže znamenať priaznivú i nepriaznivú skutočnosť (suchý rok alebo postupné zanášanie odvodňovacích objektov). Napriek tomu sa na hodnotenie zaviedla trojstupňová klasifikácia, vyjadrujúca priemernú výdatnosť objektu v danom časovom období (priemerná výdatnosť do 1 $l \cdot min^{-1}$, výdatnosť v rozmedzí 1 až 3 $l \cdot min^{-1}$ a výdatnosť nad 3 $l \cdot min^{-1}$), ktorá sa však nevzťahuje na účelové hodnotenie aktuálnej stability svahu na základe stavu tohto parametra.

Podobne ako v prípade hodnotenia zmien úrovne hladiny podzemnej vody, aj pri hodnotení posunov a deformácií sa ukázalo, že jednotné kvantitatívne hodnotenie dostatočne nezohľadňuje špecifiká charakteru každého z pozorovaných bodov – či už z hľadiska ich situovania v rôznych častiach zosuvného územia, charakterizovaných rôznou intenzitou pohybov alebo z hľadiska technickej kvality pozorovaného bodu (predovšetkým spôsobu jeho stabilizácie v prípade geodetických bodov alebo kvality vystrojenia v prípade inklinometrických vrtov). Z tohto dôvodu bol vytvorený nový metodický postup hodnotenia, ktorý vychádzal z analýzy dlhodobých informácií získaných monitorovaním konkrétnych bodov. Princíp spôsobu hodnotenia výsledkov geodetických a inklinometrických meraní vychádza z podobného postupu, aký bol odvodený a aplikovaný na hodnotenie režimových pozorovaní hladiny podzemnej vody. Postup hodnotenia

Tab. 4
Kritériá klasifikačného hodnotenia výsledkov meraní zmien hĺbky hladiny podzemnej vody (podľa Scherera in Iglárová et al., 2004)
Criteria of the classification assessment of the results of the groundwater level table changes (according Scherer in Iglárová et al., 2004)

Základný stupeň	Definovanie hodnotiacich kritérií	Charakteristika z hľadiska stabilitného stavu	Výsledný hodnotiaci stupeň
1.	minimálne hĺbky hladiny podzemnej vody pod terénom (ďalej len MIN HPV) v hodnotenom období neprekročili 1. limitnú hladinu (LH; podľa obr. 5)	priaznivý	1.
2.	MIN HPV v hodnotenom období neprekročili 2. LH		
3.	MIN HPV v hodnotenom období neprekročili 3. LH a počet prekročení 2. LH je menší ako 3	náznaky nepriaznivého	2.
4.	– MIN HPV v hodnotenom období neprekročili 3. LH a počet prekročení 2. LH je väčší alebo rovný 3 alebo – MIN HPV v hodnotenom období neprekročili 4. LH a počet prekročení 3. LH je menší ako 3		
5.	– MIN HPV v hodnotenom období neprekročili 4. LH a počet prekročení 3. LH je väčší alebo rovný 3 alebo – MIN HPV v hodnotenom období prekročili 4. LH jedenkrát	nepriaznivý	3.
6.	MIN HPV v hodnotenom období prekročili 4. LH dvakrát		
7.	MIN HPV v hodnotenom období prekročili 4. LH viac ako dvakrát		
8.	podzemná voda vyteká z vertikálneho vrtu a sekundárne infiltruje do prostredia zosuvu		

možno rozdeliť do viacerých etáp, ktoré sú prehľadne spracované v práci autorov Wagner et al. (2012).

Významnou zmenou, ku ktorej došlo v súvislosti s hodnotením na základe analýzy vývoja zmien pozorovaného parametra, je, že sa vychádza z absolútnych hodnôt nameraných zmien a nie z prepočítaných na priemerné hodnoty posunu (deformácie) za určitú časovú jednotku (zvyčajne rok). Toto rozhodnutie bolo prijaté na základe poznatkov získaných z prevádzky stacionárneho inklinometra (Ondrejka et al., 2011b). Druhá zásadná zmena v hodnotení sa týka počtu klasifikačných stupňov. Primárne sú namerané hodnoty pohybovej aktivity rozdelené do ôsmich stupňov (tab. 5). Základný princíp hodnotenia je taký, že najnižším hodnotám posunov a deformácií, ktoré možno zo stabilitného hľadiska považovať za priaznivé, je priradený prvý stupeň. S narastajúcou hodnotou posunu, resp. deformácie, sa hodnoteným parametrom v daných bodoch priraďujú vyššie stupne až po hodnotu zodpovedajúcu siedmemu stupňu hodnotiacej škály. Špeciálne postavenie v klasifikačnej stupnici má ôsmy stupeň, ktorý predstavuje posun (deformáciu) na hranici aktivizácie svahového pohybu. Okrem detailného osemstupňového členenia pohybovej aktivity je semikvantitatívne hodnotenie generalizované aj do trojstupňovej škály. Vzťah medzi jednotlivými klasifikačnými stupnicami je vyjadrený v tab. 5.

Komplexné hodnotenie stabilitného stavu

V lokalitách s dostatočne hustou sieťou monitorovaných bodov, ktoré boli pozorované s požadovanou frekvenciou, sa vytvoril priestor na to, aby preklasifikované primárne údaje z monitorovacích meraní boli názorne, jednoducho a zároveň zrozumiteľne interpretované vo forme účelového vyjadrenia v mapách. Ako základné nástroje takéhoto spôsobu hodnotenia a interpretácie výsledkov monitorovania boli použité štatistické interpolačné metódy, aplikované v prostredí GIS (Jadroň et al., 1998; Wagner a Pauditš, 2002).

Vzhľadom na skutočnosť, že výsledky režimových pozorovaní zvyčajne vyjadrujú hlavnú príčinu existujúceho stabilitného stavu a merania pohybovej aktivity charakterizujú aktuálny stabilitný stav svahu v určitom období (ako dôsledok pôsobenia zosuvotvorných faktorov, predovšetkým vody), bola interpretácia meraných parametrov rozdelená do dvoch samostatných metodických postupov a vyjadrená vo dvoch paralelných mapových podkladoch.

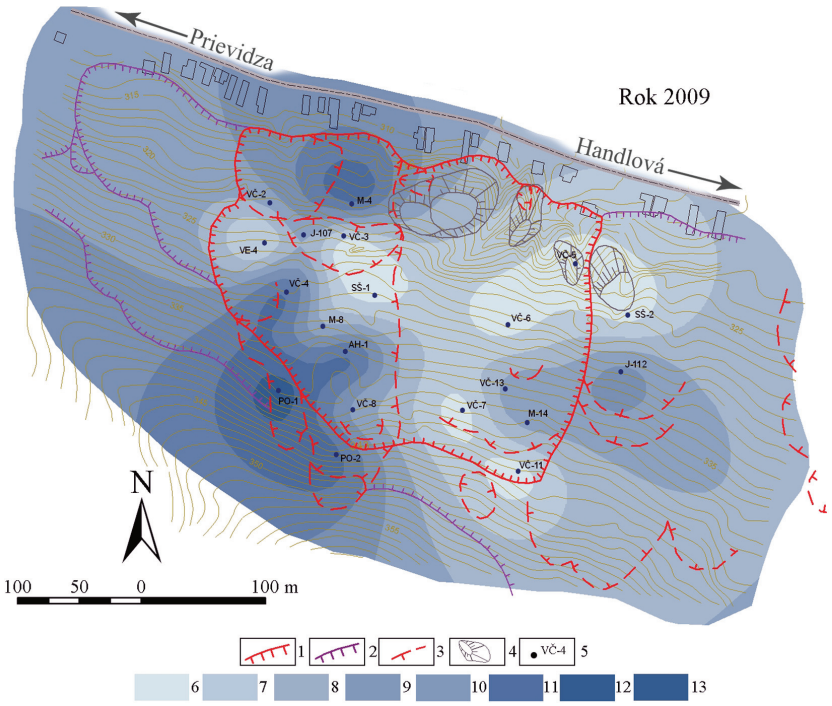
Účelové hodnotenie režimových pozorovaní (teda aktuálneho stavu hydrogeologických pomerov zosuvného územia) bolo po prvýkrát spracované v roku 2007. Na základe štatistickej interpolácie semikvantitatívneho hodnotenia režimových zmien hladiny podzemnej vody

Tab. 5
Kritériá klasifikačného hodnotenia výsledkov monitorovacích meraní pohybovej aktivity (podľa Wagnera et al., 2012)
Criteria of the classification assessment of the results of the movement activity monitoring (according to Wagner et al., 2012)

Základný hodnotiaci stupeň	Hodnotiace kritériá pre výsledky geodetických a inklinometrických meraní	Charakteristika z hľadiska stabilitného stavu	Výsledný hodnotiaci stupeň
1.	výsledný priestor. vektor ($\overrightarrow{xyz}$) v hodnotenom roku neprekročil súčet priem. hodnoty (PH) stanovenej počas refer. obdobia (1997 – 2007) a diferencie *(D = [MAX – PH]/7)*	stabilný stav	1.
2.	$\overrightarrow{xyz}$ v hodnotenom roku je väčší ako *PH* + *D* a zároveň neprekročil *PH* + 2*D*		
3.	$\overrightarrow{xyz}$ v hodnotenom roku je väčší ako *PH* + 2*D* a zároveň neprekročil *PH* + 3*D*	mierne až stredné prejavy aktivity svahového pohybu	2.
4.	$\overrightarrow{xyz}$ v hodnotenom roku je väčší ako *PH* + 3*D* a zároveň neprekročil *PH* + 4*D*		
5.	$\overrightarrow{xyz}$ v hodnotenom roku je väčší ako *PH* + 4*D* a zároveň neprekročil *PH* + 5*D*		
6.	$\overrightarrow{xyz}$ v hodnotenom roku je väčší ako *PH* + 5*D* a zároveň neprekročil *PH* + 6*D*	výrazné prejavy aktivity svahového pohybu vedúce k nestabilite svahu	3.
7.	$\overrightarrow{xyz}$ v hodnotenom roku je väčší ako *PH* + 6*D* a zároveň neprekročil 2(*PH* + 6*D*)		
8.	$\overrightarrow{xyz}$ v hodnotenom roku prekročil 2(*PH* + 6*D*)		

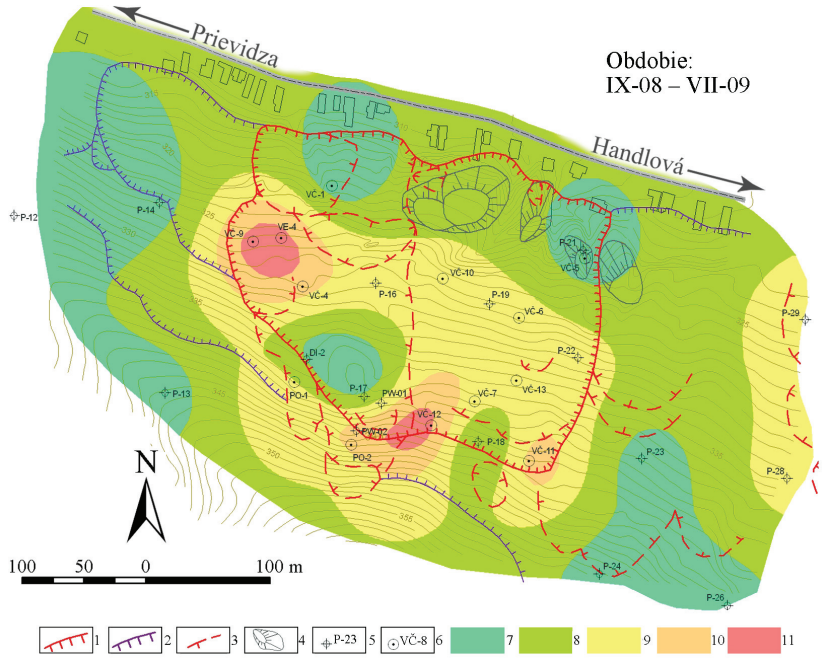
z jednotlivých vrtov konkrétneho zosuvného územia boli vyčlenené územné celky s rôznym stupňom vhodnosti hydrogeologických pomerov na aktivizáciu svahového pohybu. Tento spôsob hodnotenia sa pre vybraté lokality Veľká Čausa (obr. 6) a Okoličné aplikuje od roku 2007 v každom kalendárnom roku.

Pri zostavovaní máp komplexného hodnotenia pohybovej aktivity sa spočiatku vychádzalo zo sumarizácie výsledkov monitorovania štyroch parametrov – išlo o zmeny polohy geodetických bodov, zmeny deformácie inklinometrickej pažnice na úrovni šmykovej plochy, vývoj hodnôt povrchového reziduálneho napätia a zmeny aktivity poľa pulzných elektromagnetických emisií. V závislosti od dôležitosti meraného parametra (resp. použitej monitorovacej metódy) sa pri komplexnom hodnotení jednotlivým stupňom aktivity priraďovala dôležitosť. Najväčší stupeň dôležitosti bol priradený presným geodetickým a inklinometrickým meraniam, ktoré možno z hľadiska posúdenia aktuálneho stabilitného stavu svahu považovať za najdôležitejšie. Nižšie hodnoty váhy



Obr. 6. Schematizované zhodnotenie stavu podzemnej vody v lokalite Veľká Čausa v roku 2009. 1 – ohraničenie aktívnych zosuvov; 2 – ohraničenie potenciálnych zosuvov; 3 – lokálne zosuvy a zátrhy; 4 – premiestnené bloky vulkanických hornín; 5 – piezometrické vrty, v ktorých sa hodnotilo kolísanie hladiny podzemnej vody; 6 až 13 – stupne 1 až 8 hodnotiacej škály (v súlade s tab. 4).

Fig. 6. Schematic assessment of the groundwater state at the Veľká Čausa site in 2009. 1 – border of active landslides; 2 – border of potential landslides; 3 – local landslides and cracks; 4 – displaced blocks of volcanic rock; 5 – piezometric boreholes, in which changes of the groundwater table level were assessed; 6 to 13 – stages from 1 to 8 of rating scale (in accordance with the Tab. 4).



Obr. 7. Komplexné spracovanie výsledkov monitorovacích meraní v lokalite Veľká Čausa (za obdobie september 2008 až júl 2009). 1 – ohraničenie aktívnych zosuvov; 2 – ohraničenie potenciálnych zosuvov; 3 – lokálne zosuvy a zátrhy; 4 – premiestnené bloky vulkanických hornín; 5 – body geodetickej siete; 6 – inklinometrické vrty; 7 – stabilný stav častí územia; 8 – náznaky pohybovej aktivity zosuvu; 9 – mierne aktívny stav; 10 – aktívny stav; 11 – vysoko aktívny stav.

Fig. 7. Complex assessment of the monitoring measurements results at the Veľká Čausa site since September, 2008, till July, 2009. 1 – border of active landslides; 2 – border of potential landslides; 3 – local landslides and cracks; 4 – displaced blocks of volcanic rock; 5 – geodetic points; 6 – inclinometric boreholes; 7 – stable stage of parts of area; 8 – landslide motional activity indications; 9 – slightly active state; 10 – active state; 11 – distinctly active state.

boli priradené výsledkom meraní napätostného stavu prostredia. V prípade, ak boli na jednom monitorovacom objekte vykonané dva alebo viac typov meraní, do úvahy sa bral vždy výsledok, ktorý bol z hľadiska stability svahu menej priaznivý. Záverečné hodnotenie bolo vyjadrené päťstupňovou škálou. Zvolená grafická interpretácia bola založená na „semaforovom" princípe, čo znamená, že farby v odtieňoch zelenej predstavujú stabilné časti územia a, naopak, odtiene červenej nestabilné časti územia. Treba však podotknúť, že semikvantitatívne hodnotenie pohybovej aktivity bolo pôvodne založené na jednotnej kvantitatívnej škále.

Zmena spôsobu hodnotenia výsledkov monitorovacích meraní na základe analýzy vývoja zmien meraných parametrov sa prejavila aj v zmene metodiky komplexného hodnotenia stabilitného stavu. Zásadnou zmenou je vylúčenie údajov o napätostnom stave horninového prostredia zo súboru komplexného hodnotenia. Vychádza sa teda iba z informácií o pohybovej aktivite zosuvných hmôt (teda z výsledkov geodetických a inklinometrických meraní). V súvislosti s tým sa jednotlivým typom meraní už nepriraďuje stupeň závažnosti, čo celkovo zjednodušilo metodický postup komplexného hodnotenia. Vstupnými údajmi pre štatistickú interpoláciu sú výsledky hodnotenia v rámci detailnej osemstupňovej klasifikácie. Výsledok analýzy je však v účelovej mape interpretovaný rovnako ako v pôvodnom metodickom postupe, v rámci päťstupňovej klasifikácie (obr. 7; Wagner a Pauditš, 2002).

Najdôležitejšie výsledky monitorovania za obdobie rokov 2002 až 2009

Konkrétne výsledky riešenia úlohy (vo forme aktuálnych, ako aj dlhodobých hodnotení) sú súčasťou ročných správ, pravidelne uverejňovaných na internete (http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/), ale i viacerých odborných publikácií, resp. konferenčných príspevkov (Wagner et al., 2002, 2009, 2012; Ondrejka et al., 2011b a ďalšie). Z dôvodu limitovaného rozsahu predloženého príspevku sú najvýznamnejšie výsledky riešenia úlohy ČMS GF a stav monitorovaných lokalít v subsystéme 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie zhrnuté v tab. 6.

Napriek tomu, že doterajšie obdobie monitorovania predstavovalo v prvom rade etapu zberu, systematického ukladania rôznych, často empirických spôsobov spracovania a prezentácie veľmi rôznorodých súborov údajov, už v tomto období sa dosiahlo viacero cenných výsledkov. Z najdôležitejších z nich možno spomenúť tieto (Wagner et al., 2010):

– na zosuve pri Bojniciach (Ondrejka a Wagner, 2008) bola vykonaná kompletná oprava a utesnenie splaškovej kanalizácie s cieľom zamedziť prieniku odpadových vôd do zosuvných hmôt, ktorých lokálnu aktiváciu preukázali výsledky monitorovania;

– v lokalite Okoličné v intraviláne Liptovského Mikuláša (Ondrejka, 2009) prispeli výsledky dlhodobého monitorovania k rozhodnutiu o preložení trasy železnice mimo územia, trvalo ohrozovaného periodickými aktivizáciami zosuvných hmôt;

– v lokalite Demjata (Iglárová et al., 2005) bol na základe preukázaných lokálnych prejavov nestability skalných blokov svah upravený a stabilizovaný;

– vzhľadom na potenciálnu nestabilitu skalného bloku, ohrozujúceho turistický chodník v Slovenskom raji (v doline Suchá Belá), bol na základe opakovaného fotogrametrického zhodnotenia (Fraštia, 2007) chodník preložený mimo dosahu tohto bloku do svahu.

Okrem uvedených praktických výsledkov monitorovania svahových pohybov sa v období rokov 2002 až 2009 dosiahlo aj významné skvalitnenie metód monitorovania a spôsobov spracovania a prezentácie výsledkov meraní tak, ako sú opísané v predchádzajúcich častiach príspevku. Všetky uvedené inovácie posúvajú monitoring na vyššiu kvalitatívnu úroveň, ktorá vytvára predpoklady na definovanie kritických hodnôt pozorovaných parametrov pri tvorbe systémov včasného varovania pred aktivizáciou svahových pohybov.

Súčasný stav monitorovania

Aj keď podstatnou náplňou predkladaného príspevku je zhodnotenie monitorovania zosuvov a iných svahových deformácií do konca roku 2009, extrémne vlhký rok 2010 a s tým súvisiaci mimoriadny výskyt svahových pohybov v rokoch 2010 a 2011 sa významne prejavili v rozsahu i náplni monitorovania svahových pohybov v rámci ČMS GF v nasledujúcom období. Považujeme preto za potrebné uviesť aspoň základnú informáciu o týchto skutočnostiach, ktorá predstavuje bázu pre budúce súborné spracovanie výsledkov monitorovania, počínajúc rokom 2010.

Po extrémnych zrážkových udalostiach na prelome mája a júna 2010 sa na Slovensku aktivizovalo, ale aj vzniklo veľké množstvo svahových pohybov. Územne bola najviac postihnutá oblasť východného Slovenska. Na základe systematickej registrácie bolo v letných mesiacoch roku 2010 pracovníkmi ŠGÚDŠ zaregistrovaných 551 nových svahových porúch (Liščák et al., 2010), pričom väčšina z nich nepriaznivo ovplyvňovala životné prostredie, resp. priamo ohrozovala objekty technosféry. Zo spracovaného súboru zaregistrovaných nových svahových pohybov boli vybraté tie, ktoré boli najzávažnejšie z hľadiska celospoločenského významu, a vo vybratých lokalitách (41) bol uskutočnený orientačný inžinierskogeologický prieskum (na prelome rokov 2010/2011). V rámci tohto prieskumu sa realizovalo viacero prieskumných diel, vrátane inklinometrických a hydrogeologických vrtov, a uskutočnili sa úvodné etapy monitorovacích meraní.

Vzhľadom na nevyhnutnosť pokračovania priebežného vyhodnocovania meraní (smerujúceho v konečnom dôsledku k výberu tých lokalít, na ktorých je potrebné čo najskôr uskutočniť sanačné opatrenia), boli v roku 2011 do súboru monitorovaných lokalít zaradené viaceré svahové pohyby aktivizované v roku 2010 a zhodnotené inžinierskogeologickým prieskumom. Celkovo išlo o 16 zosuvov. Väčšina z nich sa nachádza v Prešovskom samosprávnom kraji (9 zosuvov; tab. 7), šesť zosuvných lokalít je v Košickom samosprávnom kraji a jeden zosuv sa nachádza v obci Šenkvice (v Bratislavskom

samosprávnom kraji). Ešte v roku 2010 bol realizovaný inžinierskogeologický prieskum aktívneho zosuvu v južnej časti katastra mesta Handlová na Žiarskej ulici. V súvislosti s priamym ohrozením významnej dopravnej komunikácie bol aj tento zosuv (v roku 2011) zaradený do riešeného súboru. V rámci lokality Hlohovec bolo vyčlenené zosuvné územie pri obci Vinohrady nad Váhom (časť Paradič) a po dobudovaní monitorovacej siete v roku 2010 sa začalo pravidelne pozorovať.

Výrazné zvýšenie počtu monitorovaných zosuvov vyvolalo aj viacero praktických problémov. V prvom rade bolo potrebné riešiť otázku zabezpečenia monitorovania na významne rozšírenom súbore monitorovacích bodov. Najmä v prípade aktívnych zosuvov z roku 2010 je potrebné pravidelne realizovať merania metódou presnej inklinometrie. Finančná náročnosť týchto meraní neumožňovala zabezpečiť ich použitie v potrebnej frekvencii prostredníctvom subdodávateľov, a preto bolo nutné hľadať iné riešenia. Vďaka ústretovosti pracovníkov Ministerstva životného prostredia SR a vedenia ŠGÚDŠ bola zaobstaraná inklinometrická sonda, čo umožnilo vykonávať inklinometrické merania s frekvenciou trikrát za rok priamo pracovníkmi oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ.

Režimové merania na novovzniknutých zosuvoch sú zabezpečované prevažne terénnym meraním pozorovateľmi. Na územiach s bezprostredným ohrozením objektov s vysokou socioekonomickou hodnotou boli inštalované automatické hladinomery s kontinuálnym záznamom. V máji roku 2011 boli 2 takéto prístroje nainštalované v lokalite Šenkvice, kde zosuv bezprostredne ohrozuje dva rodinné domy. V máji roku 2012 bol v tejto lokalite nainštalovaný i tretí automatický hladinomer. Vďaka takémuto usporiadaniu prístrojov možno v súčasnosti pozorovať zmeny hladiny podzemnej vody v reprezentatívnom profile, vedenom pod ohrozeným objektom. S podobným zámerom bol automatický hladinomer umiestnený aj v lokalite Prešov--Horárska ulica v októbri 2012.

V roku 2012 bolo v subsystéme 01 „Zosuvy a iné svahové deformácie“ ČMS GF monitorovaných 43 lokalít (tab. 7), čo je oproti roku 2009 nárast o 13 lokalít. Súčasne, vzhľadom na výrazný nárast monitorovacích aktivít, bolo v roku 2011 potrebné monitorovanie v niektorých lokalitách pozastaviť – išlo o zosuvné lokality Liptovská Mara (monitorovanie v plnom rozsahu prebral Technicko-bezpečnostný dozor vodného diela) a Vištuk (nedostatočná aplikovateľnosť viacerých monitorovacích metód podmienená stavom monitorovacej siete). Zo súboru lokalít, v ktorých sú sledované náznaky rútivých pohybov, boli merania pozastavené v lokalite Harmanec (problematická aplikácia novších monitorovacích metód v danom horninovom prostredí). Znížila sa aj frekvencia monitorovania v lokalitách monitorovania zvetrávacích procesov.

V súčasnosti sa pozornosť sústreďuje na výsledky realizovaných prieskumov, ale aj sanácií uskutočnených v roku 2012. Počas týchto prác pribudli na zosuvných územiach viaceré nové monitorovacie objekty, ktoré je potrebné zabezpečiť pokračujúcimi monitorovacími meraniami. Naďalej pretrváva snaha o budovanie systémov včasného varovania na zosuvoch a ich zdokonaľovanie. Z tohto hľadiska sa logicky najväčšia pozornosť sústreďuje na rozsiahle zosuvy v obciach Nižná Myšľa a Kapušany, ktoré spôsobili vážnu ujmu obyvateľstvu, sprevádzanú mimoriadne veľkými hospodárskymi škodami, a po katastrofálnom handlovskom zosuve sú najväčšími zosuvnými katastrofami na našom území.

Záver

Systematický monitoring zosuvov a iných svahových deformácií, vykonávaný od roku 1993, prešiel v hodnotenom období rokov 2002 až 2009 do ďalšej vývojovej etapy. Možno konštatovať, že v tomto období sa z hľadiska metodiky dotvoril základný súbor používaných monitorovacích metód, ku ktorým aktuálne pribúdajú nové. Ustálili sa metódy zálohovania údajov, ako aj operácie s dátami za účelom prezentácie výsledkov monitorovania.

V lokalitách, ktorých dôležitosť z celospoločenského hľadiska poklesla, sa postupne zmenšuje rozsah ich monitorovania, či už z hľadiska počtu používaných metód alebo frekvencie meraní (až na úroveň pozastavenia meraní). Všetky údaje z predchádzajúcich meraní však zostávajú uložené v databáze a ich monitorovanie môže byť kedykoľvek v plnom rozsahu obnovené. Naopak, v lokalitách, v ktorých bola v posledných rokoch zaznamenaná aktivizácia zosuvných javov, boli monitorovacie aktivity rozšírené. Ide najmä o zosuvné územie medzi Hlohovcom a Sereďou. Špeciálne postavenie majú územia, na ktorých došlo k vzniku nových zosuvov, resp. zosuvný pohyb sa reaktivoval. V týchto prípadoch bolo potrebné dobudovať monitorovaciu sieť a vytvoriť systém pozorovania.

Z prehľadu vyplýva, že monitorovanie v doterajšej i kvalitatívne vyššej úrovni treba vykonávať predovšetkým v lokalitách Nižná Myšľa a Kapušany, ale aj na zosuvoch Ďačov, Varhaňovce, Šenkvice, Prešov-Pod Wilec hôrkou a Horárska ulica, Košice-Krásna a sídlisko Dargovských hrdinov, ako aj v dlhodobo monitorovaných lokalitách Veľká Čausa, Fintice a Okoličné. Práve v lokalitách Veľká Čausa a Okoličné boli na monitorovanie vyššej kvalitatívnej úrovne vytvorené predpoklady po inštalácii základných varovných systémov na sklonku roku 2005, ktoré sa postupne zdokonaľujú odvodením presnejších limitných úrovní pozorovaného parametra. Do budúcnosti by bolo reálne dosiahnuť vyššiu kvalitu monitorovania v celospoločensky významných lokalitách Nižná Myšľa a Kapušany inštaláciou kontinuálnych hladinomerov, ako aj zaradením pravidelných geodetických meraní s dostatočnou frekvenciou do súboru monitorovacích pozorovaní.

Pre rozsiahlu skupinu pozorovaných lokalít navrhujeme v zásade rovnaký charakter monitoringu vzhľadom na ich aktuálny stabilitný stav a celospoločenský význam. Ide o lokality Dolná Mičiná, Ľubietová, Slanec-TP, Hlohovec--Posádka a Paradič, Lenartov, Lukov, Pečovská Nová Ves, Nižná a Vyšná Hutka, Vyšný Čaj, Handlová-Žiarska ul., Košický Klečenov, Jaskyňa pod Spišskou, Banská Štiavnica, Demjata, Handlová-Baňa, Starina, Jakub, Bratislava-Železná studnička, Pezinská Baba, Lipovník

Tab. 6
Prehľad najvýznamnejších výsledkov monitorovacích meraní v období rokov 2002 až 2009
Overview of the most important results of the monitoring measurements in the period from 2002 to 2009

Lokalita	Hodnotenie stavu monitorovaných svahových deformácií
Veľká Čausa	Stav zosuvu možno označiť ako neuspokojivý. Dochádza k zanášaniu odvodňovacích rigolov, v dôsledku čoho voda vytekajúca z vrtu (PO-1) s pozitívnou vztlakovou hladinou podzemnej vody (HPV) spätne infiltruje do zosuvného prostredia. V odlučnej časti sa prehlbuje bezodtoková depresia. Zvýšená pohybová aktivita je sústredená najmä do centrálnej a severozápadnej časti svahovej poruchy.
Handlová--Morovnianske sídlisko	Monitorovacie merania sú zamerané len na pozorovanie zmien režimu podzemných vôd. Z hľadiska stability malo veľký význam prečistenie odvodňovacích vrtov v roku 2002, ktoré sa prejavilo výrazným stúpnutím výdatnosti odvodňovacích zariadení. Podľa výsledkov monitorovania výdatnosti však postupne klesajú. Najmä počas jarných mesiacov vo viacerých prípadoch dochádza k stúpnutiu HPV až nad úroveň terénu.
Handlová--Kunešovská cesta	Zosuvné územie možno hodnotiť ako stabilizované. Počas monitorovacích meraní neboli preukázané výraznejšie prejavy pohybovej aktivity (okrem geodetických meraní, ktoré však museli byť v dôsledku poškodenia meracích bodov skončené). Problematické je odvádzanie podzemnej vody z drenážneho systému; časť vody sa stráca v prostredí od vtoku do kanalizácie až po vyústenie do potoka.
Fintice	V zosuvnom území neboli vykonané žiadne sanačné opatrenia. Najvyššou pohybovou aktivitou sa vyznačuje JV časť, v ktorej zosuv pretína štátnu cestu II. tr. a ohrozuje dva stožiare vysokého napätia. V týchto miestach boli porušené dva inklinometrické vrty, preto je pohybová aktivita v strednej a čelnej časti zosuvu monitorovaná iba geodeticky.
Dolná Mičiná	Výsledky monitorovacích meraní preukazujú vcelku uspokojivý stabilitný stav lokality. Dlhodobým problémom v povrchovej časti zosuvu je výrazná erózia materiálu, ktorý bol použitý počas sanácie zosuvu pri terénnych úpravách. Z hľadiska dlhodobej stability možno za nepriaznivé považovať starnutie a zanášanie odvodňovacích zariadení a v dôsledku toho aj pokles nameraných výdatností.
Ľubietová	V dôsledku starnutia monitorovacích objektov sú viaceré vertikálne vrty nepriechodné. Voda vytekajúca zo skupiny odvodňovacích vrtov v odlučnej oblasti priamo infiltruje do telesa zosuvu alebo sa hromadí vo forme bezodtokových zamokrenín. Nízka frekvencia meraní neumožňuje zachytiť dynamiku zmien hladiny podzemnej vody v plnom rozsahu.
Slanec-TP	Do súboru monitorovaných lokalít bol zosuv zaradený v roku 2003. Na zosuvnom svahu sa nachádza extrémne množstvo produktovodov a diaľkových vedení. V rámci dlhodobého kolísania HPV boli jej najvýraznejšie stúpnutia zaznamenané v jarných, ale i jesenných mesiacoch (maximálne hodnoty boli namerané v rokoch 2004 a 2005). Pomalý (plazivý) pohyb hmôt na svahu (i keď sanovanom) prispel k havárii medzištátneho vysokotlakového plynovodu v úseku pri západnom okraji monitorovaného územia na jar roku 2008.
Handlová (1960/1961)	Katastrofálny zosuv vďaka stabilizačnému násypu na jeho päte má ako celok na základe meraní postačujúcu stabilitu. Avšak vo vyššie položených častiach svahu sú pravidelne zaznamenávané zvýšené prejavy pohybovej aktivity zosuvných hmôt. Zásadným nedostatkom z hľadiska aktuálneho stabilitného stavu územia je starnúca a neudržiavaná sieť sanačných a monitorovacích objektov. Táto skutočnosť sa prejavuje progresívnym porušovaním povrchových odvodňovacích rigolov, ako aj znižovaním výdatnosti až úplným upchatím horizontálnych vrtov.
Okoličné	Výsledky monitorovania poukazujú na to, že trvalo nepriaznivý stabilitný stav je v centrálnej oblasti zosuvu. Z vrtov s pozitívnou vztlakovou hladinou vyteká podzemná voda, ktorá hneď spätne infiltruje do zosuvného telesa. Z hľadiska pohybovej aktivity bolo zaznamenaných niekoľko období, keď vektory posunov geodetických bodov dosiahli hodnoty až v intervale 50 – 100 mm (roky 2006 a 2007). V čele zosuvu sa na nespevnenej ceste pri trati a na odvodňovacom rigole, umiestnenom paralelne so železničnou traťou, prejavuje výrazná deformácia.
Liptovská Mara	Systematický monitoring je orientovaný na režimové pozorovania zmien HPV a výdatnosti odvodňovacích objektov. Stabilitný stav možno teda posudzovať len nepriamo. Na zvýšenú pohybovú aktivitu zosuvných hmôt v oblasti kontaktu svahovej deformácie s vodným dielom poukazujú poruchy miestnej komunikácie, vedenej po obvode vodnej nádrže.
Bojnice	V roku 2003 došlo k vzniku menšieho zosuvu vo východnej časti monitorovanej lokality. Geodetické merania poukazujú na zvýšené hodnoty pohybovej aktivity povrchového horizontu predovšetkým v centrálnej časti zosuvného územia. Naopak, inklinometrickými meraniami neboli zaznamenané žiadne výraznejšie deformácie v hlbších polohách zosuvu.
Kvašov	Po realizácii rozsiahlej sanácie prúdového zosuvu v roku 2004 bol inklinometrickými meraniami zaznamenaný pokles pohybovej aktivity zosuvných hmôt. Vážnym nedostatkom monitorovania je skutočnosť, že sa vykonáva iba na jedinom vhodnom pozorovacom objekte.
Hlohovec--Posádka	Monitorovacie merania pohybovej aktivity nepreukázali významnejšie polohové a výškové zmeny pozorovaných bodov. Dlhodobým sledovaním aktivity poľa pulzných elektromagnetických emisií sa potvrdila predstava o existencii troch samostatných celkov územia, odlišujúcich sa charakterom aktivity poľa PEE, pričom najvýraznejšie prejavy nestability sú zaznamenávané v severnom celku monitorovaného územia.
Vištuk	Vzhľadom na veľmi nízku frekvenciu monitorovacích meraní a jedinú aplikovanú metódu (merania poľa PEE) je problematické charakterizovať dynamiku vývoja zosuvného procesu i aktuálny stabilitný stav lokality. Z výsledkov meraní

	vyplýva, že v telese frontálneho zosuvu prebieha pokračujúce dotvarovanie, predovšetkým počas jarných mesiacov po nasýtení zosuvných hmôt vodou.
Malá Čausa	Vzhľadom na neúplnú sanáciu zosuvu zostáva spodná časť svahu trvalo zamokrená. Z viacerých vertikálnych vrtov vyteká pretlaková voda a infiltruje do telesa zosuvu. Zosuv v JZ časti územia sa stále dotvára a dochádza k lokálnym prejavom pohybovej aktivity zosuvných hmôt. Po zhodnotení celospoločenského významu lokality a v rámci optimalizácie siete monitorovacích lokalít boli pozorovania v roku 2008 v lokalite skončené.
Veľká Izra	Na základe výsledkov meraní možno konštatovať, že pohyb blokov po plastickom ílovitom podloží, zaznamenaný v hodnotenom období, mal prevažne plynulý charakter. Výraznejší bol najmä priestorový pohyb nižšie situovaného monitorovaného bloku; aktivita vyššieho bloku bola podstatne nižšia.
Sokoľ	Na základe výsledkov meraní možno očakávať odtrhnutie monitorovaného bloku od masívu. V posledných rokoch hodnoteného obdobia však došlo k preukázateľnému spomaleniu pohybu, a teda hrozba odtrhnutia bloku nie je akútna.
Košický Klečenov	Dva prístroje TM-71 preukazujú kontinuálny vertikálny pohyb blokov voči sebe i masívu. Najpravdepodobnejším vysvetlením recentnej aktivity oboch blokov je kombinovaný vplyv tektoniky (zdvih masívu pozdĺž S – J okrajového zlomu) a plazivého pohybu blokov. Taktiež nemožno vylúčiť vplyv zmien v plastickom podloží, vyvolávajúcich nerovnomerné zabáranie, resp. vytláčanie blokov. V absolútnom ponímaní obidva bloky klesajú, vyšší blok však o niečo rýchlejšie.
Jaskyňa pod Spišskou	Doterajšími meraniami (2007 – 2009) boli zistené niektoré náznaky pohybov. Dôkladnejšia interpretácia bude možná až po dlhšom období pozorovania pri pokračujúcom pravidelnom odčítavaní hodnôt na inštalovanom dilatometri TM-71.
Banská Štiavnica	V častiach svahu (profiloch), ktoré sú monitorované fotogrametrickými metódami, zmeny súvisia prevažne s narastaním suťových akumulácií, prípadne s uvoľnením, resp. vypadnutím blokov horniny. Podľa výsledkov časového radu dilatometrických pozorovaní sa prejavuje určitý trend pomalých posunov. V dôsledku vypadnutia skalného bloku boli v roku 2009 skončené merania mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny.
Handlová-Baňa	V rámci celého sledovaného profilu je ústup povrchu horninového masívu (postup zvetrávania) relatívne rovnomerný.
Demjata	V častiach zárezu (profiloch) meraných fotogrametricky, ale aj dilatometricky neboli zaznamenané významnejšie zmeny. Selektívne zvetrávanie a rozvoľňovanie masívu však pokračuje, o čom svedčia výsledky časového radu dilatometrických pozorovaní, ako aj výsledky merania mikromorfologických zmien.
Starina	Namerané hodnoty mikromorfologických zmien indikujú rozdielnu rýchlosť procesu zvetrávania flyšového súvrstvia. Podstatne väčší ústup masívu je zaznamenávaný v prostredí ílovcového litotypu.
Slovenský raj-Pod večným dažďom	Vzhľadom na to, že merania v lokalite sa vykonávajú pomerne krátku dobu, z ich výsledkov zatiaľ nevyplývajú žiadne výraznejšie trendy pohybu skalných blokov.
Slovenský raj--Suchá Belá	Meranie prebiehalo veľmi krátke obdobie, avšak aj na základe jeho výsledkov bol turistický chodník, ohrozovaný nestabilným skalným blokom, preložený mimo dosahu tohto bloku, do svahu.
Harmanec	Najvýraznejšie zmeny zaznamenané fotogrametrickými meraniami súviseli prevažne s prejavmi erózie, čo v spodných častiach svahu spôsobuje nárast osypových kužeľov. Vo vyšších častiach svahu ojedinele dochádza k uvoľneniam skalných úlomkov a blokov.
Jakub	Okrem pozorovaného pomalého procesu chemického zvetrávania povrchu skalnej steny zárezu sa sporadicky vyskytujú aj prejavy mechanického zvetrávania – uvoľnenie až náhle vypadnutie úlomkov zo skalnej steny.
Bratislava-Železná studnička	Granitoidný horninový masív zvetráva relatívne rovnomerne, čo zrejme súvisí s vysokou homogenitou horninového prostredia v rámci monitorovaného profilu. Výraznejšie zmeny boli v roku 2009 zaznamenané iba v centrálnej časti monitorovaného profilu.
Pezinská Baba	V roku 2004 bola lokalita znehodnotená vypadnutím celého bloku horniny. V roku 2005 bolo vybudované nové stanovisko, ku ktorému v októbri roku 2006 pribudlo ďalšie. Vzhľadom na krátkosť monitorovacieho obdobia sú zatiaľ hodnoty mikromorfologických zmien v rámci jednotlivých meracích profilov dosť rozdielne.
Lipovník	Z výsledkov dlhodobého monitorovania vyplýva možnosť pokračujúceho uvoľňovania úlomkov zo skalnej steny. Zatiaľ však ide o úlomky relatívne malých rozmerov.
Handlová--Stabilizačný násyp	Všetky realizované merania poukazujú na dostatočnú stabilitu monitorovaného vodohospodárskeho diela. Nedostatkom je starnúca monitorovacia sieť, ako aj absencia údržby pravostrannej priekopy medzi štátnou cestou I/50 a okrajom Stabilizačného násypu. V súvislosti so starnutím odvodňovacích zariadení a znižovaním ich funkčnosti vzniká oprávnená obava z hromadenia vody v telese násypu.
Ipeľ-PVE	Monitoring bol sústredený prevažne na sledovanie pohybovej aktivity siete geodetických bodov. Zaznamenané pohyby neboli výrazné, avšak ich intenzita v rôznych častiach územia bola veľmi rozdielna, pričom svah s projektovanými objektmi hydraulického obvodu prečerpávacej vodnej elektrárne (PVE) bol dlhodobo dostatočne stabilný. Vzhľadom na charakter zaznamenaných zmien bola lokalita navrhnutá na preradenie do subsystému 02 – Tektonická a seizmická aktivita územia.

Tab. 7
Lokality monitorované v subsystéme 01 Zosuvy a iné svahové deformácie po roku 2009
Sites monitored in the subsystem 01 Landslides and other slope deformation after 2009

Typ svahového pohybu	Geologická stavba	Celospoločenská dôležitosť	Lokality
Zosúvanie	Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi	Veľmi významná	1. Veľká Čausa 2. Handlová-Morovnianske sídlisko 3. Handlová-Kunešovská cesta 4. Fintice 5. Nižná Myšľa 6. Handlová-Žiarska ul.
		Významná	7. Dolná Mičiná 8. Ľubietová 9. Slanec-TP 10. Handlová (1960/1961)
	Sedimenty flyšového charakteru	Veľmi významná	11. Okoličné 12. Bojnice 13. Bardejovská Zábava 14. Ďačov 15. Chmiňany 16. Lenartov 17. Lukov 18. Pečovská Nová Ves 19. Prešov-Horárska ul. 20. Prešov-Pod Wilec Hôrkou
		Významná	21. Kvašov
	Neogénne sedimenty	Veľmi významná	22. Košice-Dargovských hrdinov 23. Košice-Krásna 24. Nižná Hutka 25. Varhaňovce 26. Vyšný Čaj 27. Vyšná Hutka 28. Šenkvice
		Významná	29. Hlohovec-Posádka
Plazenie	Neogénne vulkanity	Významná	30. Veľká Izra 31. Sokoľ 32. Košický Klečenov
	Sedimenty flyšového charakteru	Významná	33. Jaskyňa pod Spišskou
Rútenie	Neogénne vulkanity	Významná Menej významná	34. Banská Štiavnica 35. Handlová-Baňa
	Sedimenty flyšového charakteru	Významná	36. Demjata
		Menej významná	37. Starina
	Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku	Významná	38. Slovenský raj-Pod večným dažďom
		Menej významná	39. Jakub 40. Bratislava-Železná studnička 41. Pezinská Baba 42. Lipovník
Špeciálne		Veľmi významná	43. Handlová-Stabilizačný násyp

Poznámka: V lokalite Chmiňany boli monitorovacie merania ukončené v roku 2011. V roku 2013 je plánované zaradiť do monitorovacieho systému lokality Čirč, Čadca, Kapušany, Petrovany, Ruská Nová Ves a Vinohrad nad Váhom.

Notice: Monitoring measurements at the locality Chmiňany were finished in 2011. In 2013 we intend to include localities Čirč, Čadca, Kapušany, Petrovany, Ruská Nová Ves and Vinohrady nad Váhom into the monitoring system.

a Stabilizačný násyp v Handlovej. Monitorovanie všetkých týchto lokalít má predovšetkým celospoločenský význam, no je dôležité aj z odborno-metodického hľadiska.

Do poslednej skupiny zaraďujeme lokality, pri ktorých sa domnievame, že v rámci monitorovacích aktivít možno znížiť frekvenciu ich pozorovania (lokality Handlová – zosuv z rokov 1960/1961 a Kunešovská cesta, Bojnice, Slovenský raj-Pod večným dažďom, Veľká Izra a Sokoľ). Samozrejme, uvedené rozdelenie dôležitosti monitorovania lokalít vystihuje aktuálny stav z konca roku 2012 a bude sa priebežne spresňovať. Lokalita PVE Ipeľ bola vzhľadom na charakter monitorovanej problematiky v roku 2011 zaradená do subsystému 02 Tektonická a seizmická aktivita územia.

V závere možno konštatovať, že vďaka dlhodobému systematickému monitorovaniu boli získané bohaté praktické skúsenosti v postupoch merania aj spracovania údajov a bola vytvorená bohatá databáza výsledkov primárnych meraní. Uvedené skutočnosti sú nevyhnutným predpokladom pre objektívne odvodenie kritických úrovní rôznych meraných parametrov, čo je zasa podmienka pre správne nastavenie systémov včasného varovania. Z doterajšieho priebehu monitorovania vyplýva, že najväčší progres v tomto smere sa dosiahol pri stacionárnych meraniach pohybovej aktivity prostredníctvom inklinometrickej sondy spolu s režimovými pozorovaniami zmien úrovne hladiny podzemnej vody v hodinovom intervale. Vďaka týmto informáciám bolo možné nastaviť kritické úrovne hlavného zosuvotvorného faktora – podzemnej vody. Nevyhnutným krokom pre ďalšie skvalitnenie monitoringu je preto naďalej zvyšovať frekvenciu inklinometrických a geodetických meraní (s perspektívou kontinuálneho získavania údajov) a hľadať spoľahlivé závislosti medzi stavom hladiny podzemnej vody a pohybovou aktivitou zosuvu.

Uvedený okruh problémov, súvisiaci s budovaním a nastavením systémov včasného varovania, je náplňou ďalšieho vývojového štádia monitorovania zosuvov a iných svahových deformácií.

Poďakovanie. Autori príspevku vyjadrujú vďaku MŽP SR za umožnenie publikovať čiastkové výsledky riešenia úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory, subsystém Zosuvy a iné svahové deformácie.

References

Fraštia, M., 2007: Pozorovanie stability skalného bloku v doline Suchá Belá, Slovenský raj. Geodetická dokumentácia. *Manuskript. Archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 11 s.*

Iglárová, Ľ., Wagner, P., Scherer, S., Drotár, D. & Caltík, M., 2004: Postup spracovania údajov z monitorovania zosuvov. *In: Klukanová, A. & Frankovská, J. (eds.): Geológia a životné prostredie. Zbor. vedeckých prác zo 4. slovenskej konferencie s medzinárodnou účasťou. Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 81 – 85.*

Iglárová, Ľ., Wagner, P. & Bartoš, P., 2005: Metódy monitoringu stabilitného stavu skalného zárezu na príklade lokality Demjata. *Miner. Slov., 37, 413 – 415.*

Jadroň, D., Wagner, P., Pauditš, P. & Vybíral, V.,1998: Evaluation of slope movement activity based on the results of monitoring. *In: Moore, D. P. & Hungr, O. (eds.): Engineering Geology – a global view from the Pacific rim. Proceed. of 8th Int. Congress of IAEG, Vancouver; Balkema, Rotterdam/Brookfield, 1 653 – 1 659.*

Jánová, V. & Liščák, P., 2001: Súčasné metódy monitoringu procesov zvetrávania. *In: Klukanová, A. & Wagner, P. (eds.): Geológia a životné prostredie. Zbor. referátov z 2. konferencie. Vyd. D. Štúra, ŠGÚDŠ, Bratislava, 136 – 140.*

Jánová, V. & Liščák, P., 2002: Monitorovanie procesov zvetrávania. *Geol. Práce, Spr., 106, 35 – 60.*

Klukanová, A. & Liščák, P., 1998: Monitoring of geological hazards of the Slovak Republic. *In: Moore, D. P. & Hungr, O. (eds.): Engineering Geology – a global view from the Pacific Rim. Proceed. of 8th Int. Congress of IAEG, Vancouver; Balkema, Rotterdam/Brookfield, 1 113 – 1 120.*

Kopecký, M., Martinčeková, T., Šimeková, J. & Ondrášik, M., 2008: Atlas zosuvov – výsledky riešenia geologickej úlohy. *In: Frankovská, J., Liščák, P. & Ondrášik, M. (eds.): Geológia a životné prostredie. Zbor. vedeckých prác zo 6. slovenskej konferencie s medzinárodnou účasťou. Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 105 – 110.*

Liščák, P., Pauditš, P., Petro, Ľ., Iglárová, Ľ., Ondrejka, P., Dananaj, I., Brček, M., Baráth, I., Vlačiky, M., Németh, Z., Záhorová, Ľ., Antalík, M., Repčiak, M. & Drotár, D., 2010: Registration and evaluation of newly evolved slope failures in Prešov and Košice regions in 2010. *Miner. Slov., 42, 393 – 406.*

Nemčok, A., 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. *Veda, Bratislava, 319 s.*

Ondrejka, P., 2009: Analýza vzťahu medzi vypočítaným stupňom stability a pohybovou aktivitou na príklade zosuvu pri Okoličnom. *Miner. Slov., 41, 3, 213 – 224.*

Ondrejka, P., 2010: Systémy včasného varovania na zosuvoch. [Dizertačná práca.] *Katedra inžinierskej geológie PriF UK, Bratislava, 180 s.*

Ondrejka, P., 2012: Kritické úrovne pre systémy včasného varovania na zosuvoch. *Geol. Práce, Spr., 119, 67 – 78.*

Ondrejka, P., Maas, P. & Wagner, P., 2005: Odvodenie kritického stavu hladiny podzemnej vody v zosuvnom území. *In: Geotechnika v urbanizovanom prostredí. 7. medzinárodná geotechnická konferencia – Geotechnika v urbanizovanom prostredí. Svf STU, Bratislava, 105 – 110.*

Ondrejka, P. & Wagner, P., 2008: Analýza vývoja stabilitného stavu zosuvného územia. *In: Frankovská, J., Liščák, P. & Ondrášik, M. (eds.): Geológia a životné prostredie. Zbor. vedeckých prác zo 6. slovenskej konferencie s medzinárodnou účasťou. Vyd. D. Štúra, ŠGÚDŠ, Bratislava, 132 – 137.*

Ondrejka, P., Liščák, P., Pauditš, P. & Papčo, J., 2011a: Use of GNSS Technology in Engineering Geology in Slovakia. *Miner. Slov., 43, 2, 111 – 120.*

Ondrejka, P., Wagner, P. & Gróf, V., 2011b: Využitie stacionárneho inklinometra na tvorbu systémov včasného varovania na zosuvoch. *Geotechnika, Praha, 1 – 2, 19 – 23.*

Petro, Ľ., Košťák, B., Polaščinová, E. & Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybov v Slanských vrchoch. *Miner. Slov., 31, 549 – 554.*

Petro, Ľ., Vlčko, J., Ondrášik, R. & Polaščinová, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. *Engng Geol. (Amsterdam), 74, 103 – 112.*

Vybíral, V. & Wagner, P., 2002: Interpretácia výsledkov meraní pola PEE pri monitorovaní svahových deformácií. *In: Klukanová, A. & Hrašna, M. (eds.): Geológia a životné prostredie. Zbor. vedeckých prác z 3. slovenskej konferencie. Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 31 – 34.*

Wagner, P., Krippel, M. & Jelínek, R., 1996: Monitorovanie svahových pohybov na vybraných lokalitách Slovenska. *In: Wagner, P. (ed.): Výskum, prieskum a sanácia zosuvných území na Slovensku. Zbor. referátov z konf., Nitrianske Rudno. SAIG, Bratislava, 146 – 154.*

Wagner, P., Iglárová, Ľ. & Petro, Ľ., 2000: Methodology and some results of slope movement monitoring in Slovakia. *Miner. Slov., 32, 359 – 367.*

Wagner, P., Iglárová, Ľ., Petro, Ľ. & Scherer, S., 2002: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií. *Geol. Práce, Spr., 106, 21 – 42.*

Wagner, P. & Pauditš, P., 2002: Complete evaluation of landslide activity. *In: Michalík, J., Šimon, L. & Vozár, J. (eds.): Proc. of the XVII. Congress of CBGA. Geol. Carpath., 53, Spec. issue (CD-ROM, 6 s.).*

Wagner, P., Ondrejka, P. & Bjel, D., 2006: Systémy včasného varovania na zosuvných územiach. *In: Wagner, P., Klukanová, A. & Frankovská, J. (eds.): Geológia a životné prostredie. Zbor. abstraktov z V. konferencie. Bratislava, s. 14 (CD nosič 13 s.).*

Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, Ľ. & Fraštia, M., 2010: Aktuálne trendy v monitorovaní svahových pohybov. *Miner. Slov., 42, 229 – 240.*

Wagner, P., Ondrejka, P., Balík, D. & Žilka, A., 2012: Hodnotenie výsledkov monitorovacích meraní na zosuvoch. *Miner. Slov., 44, 141 – 148.*

Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, Ľ., Petro, Ľ., Liščák, P., Jelínek, R., Drotár, D., Pauditš, P., Magalová, D. & Okoličányiová, K., 2009: Hodnotenie monitorovania za rok 2008. Zosuvy a iné svahové deformácie. http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/download/spravy/Hodnot_monitor_za_rok_2008/CMSGF_01_ZOS__2008/Text_fin_2008.pdf

Rukopis doručený 7. 1. 2013
Revidovaná verzia doručená 14. 1. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Monitoring of landslides and other slope deformations in the period from 2002 to 2009

The results of the subsystem "Landslides and other slope deformations" research during the period since the beginning of the project (1993) till the year 2001 were presented in the paper by the authors Wagner et al. (2002). In this paper, the methodological procedures of the project research, as well as achieved results were characterized. Therefore, in the present article, general research principles are mentioned only marginally and the principal attention is given to the new methods of monitoring and data processing, as well as to the results, obtained during the solution of the project in the years 2002 – 2009.

At a collection of representative localities for monitoring of landslides and other slope deformations there occurred a number of changes during the years 2002 to 2009 – some actual sites were added and some were discarded from the system (in most cases because of the loss of public interest or serious damage of the monitoring network). The current state of monitored sites in the evaluated period is expressed in Fig. 1 and in Tab. 1, together with an overview of monitoring methods used at each site.

The important innovation occurred in the monitoring methods during the evaluated period. Within the regime observations of the groundwater table level changes, an increase in the frequency of measurements was realized. In the most important sites this trend is manifested in automatic water stage indicators installation. A list of automatic water stage indicators, installed at selected landslide sites is in Tab. 2. A comparison of continuous record of groundwater table level changes with measurements of various frequencies is shown in Fig. 2.

Although the regime observations provide very important information about the state of the most important factor for prediction of landslide activity, it is necessary to know the kinetic reaction of ground masses to the state of groundwater table level. This information can be obtained from the measurements of the geodetic points displacements on the surface or the borehole casing deformation measurements in the depth of a landslide. In the evaluated period, the traditional terrestrial methods of the geodetic measurements were extended on GNSS measurement method, which may be applied with greater frequency. Significant progress in the measurement of the borehole casing deformation by the inclinometer method has brought the installing of the stationary inclinometer at the model landslide site Veľká Čausa village. A comparison of the continuous records of automatic water stage level indicators and stationary inclinometer, situated in the boreholes distant about 30 m (Fig. 3), has enabled to derive the characteristic groundwater table level states that allow quantify the magnitude of the expected deformation in space (Fig. 4). This relationship is essential for the development of early warning systems for landslides (Ondrejka et al., 2011b; Ondrejka, 2012).

A significant change occurred in the way of the monitoring results assessment. The established way of the monitoring results processing according to a single quantitative rating scale (Tab. 3) was replaced by the evaluation on the basis of development of observed changes. The groundwater table level changes were evaluated by semiquantitative method, shown in Fig. 5, according to the criteria summarized in Tab. 4. Kinetic activity of landslide based on the inclinometric and geodetic measurements was assessed analogically to principles processed in Tab. 5 (Wagner et al., 2012).

The evaluation of the monitoring results allows to present the stability conditions of selected sites complexly on the maps (Wagner and Pauditš, 2002). The presentation usually consists of expressing the main landslide factor – groundwater (Fig. 6) and the measured kinetic activity of landslide masses (Fig. 7). Different parts of the landslide areas with various degrees of susceptibility and symptoms of landslide movement are expressed by independent colours (according to traffic lights principle).

The most important results and the current state of monitoring sites, observed in the period 2002–2009, are summarized in Tab. 6.

Due to extreme rainfall events in the late May and early June 2010, a large number of slope movements in Slovakia were activated (Liščák et al., 2010). Lots of new, important sites of slope movements asked for an extension of a number of monitored sites. A view of the current state of the sites monitored since 2011, is in Tab. 7.

In the summary, the monitored sites are grouped according to their importance, and the perspectives of the further development of slope movements monitoring are discussed.

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 351 – 364
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Vymedzenie seizmicky aktívnych oblastí na Slovensku na základe záznamov historických zemetrasení a súčasného monitorovania tektonickej a seizmickej aktivity

JÁN MADARÁS[1], LUCIA FOJTÍKOVÁ[2, 3], MIROSLAV HRAŠNA[4], ĽUBOMÍR PETRO[5], DUŠAN FERIANC[6] a MILOŠ BRIESTENSKÝ[2]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava; jan.madaras@geology.sk
[2]Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8, Česká republika
[3]Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 28 Bratislava
[4]Líščie nivy 8, 821 08 Bratislava
[5]Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum, Jesenského 8, 040 01 Košice
[6]Geodetický a kartografický ústav, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava

Definition of the seismic active regions in Slovakia based on historical earthquake records and current monitoring of tectonic and seismic activity

Region of the Western Carpathians in Slovakia can be characterized as an area with a moderate seismic activity. On the basis of the study of historical earthquake records from historic documents and seismic catalogues, as well as current monitoring of tectonic and seismic activity, accompanied with regional geological and geophysical research it was possible to allocate the seismic active regions and fault zones.

Key words: seismic monitoring, recent tectonic activity, seismic active region, fault zone, Western Carpathians, Slovakia

Úvod

Územie Slovenska môžeme charakterizovať ako oblasť s miernou seizmickou aktivitou (Moczo et al., 2002). Posledné stredne silné zemetrasenia s magnitúdou nad 5,0 s epicentrom na našom území (Dobrá Voda a okolie) boli v roku 1906 (Réthly, 1907) a v roku 1930 (Zátopek, 1940). Územie Západných Karpát však stále vykazuje znaky neotektonickej a recentnej aktivity; náhle uvoľnenie akumulovaného napätia v zemskej kôre v podobe silnejšieho zemetrasenia môže prísť prakticky kedykoľvek a kdekoľvek. Záznamy historických, ale najmä súčasných makro- a mikroseizmických javov umožňujú čoraz presnejšie vzťahovať ich lokalizáciu na konkrétne seizmoaktívne oblasti, resp. širšie zlomové zóny. Okrem monitorovania seizmickej aktivity má pri štúdiu a vymedzení seizmicky aktívnych oblastí a recentných tektonických pohybov významnú úlohu aj monitorovanie pohybov povrchu systémami globálneho určenia priestorovej polohy Zeme v hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch. Pohyby pozdĺž zlomov sú monitorované vo vybratých lokalitách pomocou dilatometrov typu TM-71.

Príspevok sumarizuje časť výsledkov výskumu úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky, subsystému 02 Tektonická a seizmická aktivita územia.

Metodika

Nepretržitá registrácia seizmických javov je vykonávaná na staniciach Národnej siete seizmických staníc (NSSS), ktorej prevádzkovateľom je Geofyzikálny ústav SAV. Národná sieť seizmických staníc je tvorená 12 seizmickými stanicami – *Bratislava-Železná studnička* (ZST), *Modra – Piesok* (MODS), *Šrobárová* (SRO), *Iža* (SRO1), *Moča* (SRO2), *Hurbanovo* (HRB), *Vyhne* (VYHS), *Liptovská Anna* (LANS), *Kečovo* (KECS), *Červenica* (CRVS), *Kolonické sedlo* (KOLS) a *Stebnícka Huta* (STHS) (obr. 1). Všetky stanice sú registrované v International Seismological Centre (ISC) vo Veľkej Británii. Seizmické stanice kontinuálne zaznamenávajú rýchlosť seizmického pohybu pôdy a poskytujú zaznamenané údaje dátovému centru v reálnom čase (okrem HRB, ktorá je v prevádzke viac-menej z historických dôvodov). Dátové a spracovateľské centrum NSSS je v GFÚ SAV Bratislava. Centrum v reálnom čase zhromažďuje zaznamenané údaje zo staníc národnej siete a z vybraných staníc okolitých krajín. Celkovo sú v reálnom čase k dispozícii údaje z cca 55 seizmických staníc tvoriacich Regionálnu virtuálnu seizmickú sieť GFÚ SAV. Dátové a spracovateľské centrum vykonáva automatické lokalizácie, ktoré sú k dispozícii do 10 minút po zaznamenaní seizmického javu. V ďalšom kroku je vykonávaná manuálna analýza, v rámci ktorej sú pre každý seizmický jav určené

časy príchodov jednotlivých druhov seizmických vĺn (fáz) a pre vybrané zemetrasenia sú určené amplitúdy a periódy vybraných fáz, vypočítané magnitúdy a vykonaná lokalizácia (Cipciar a Kristeková, 2012).

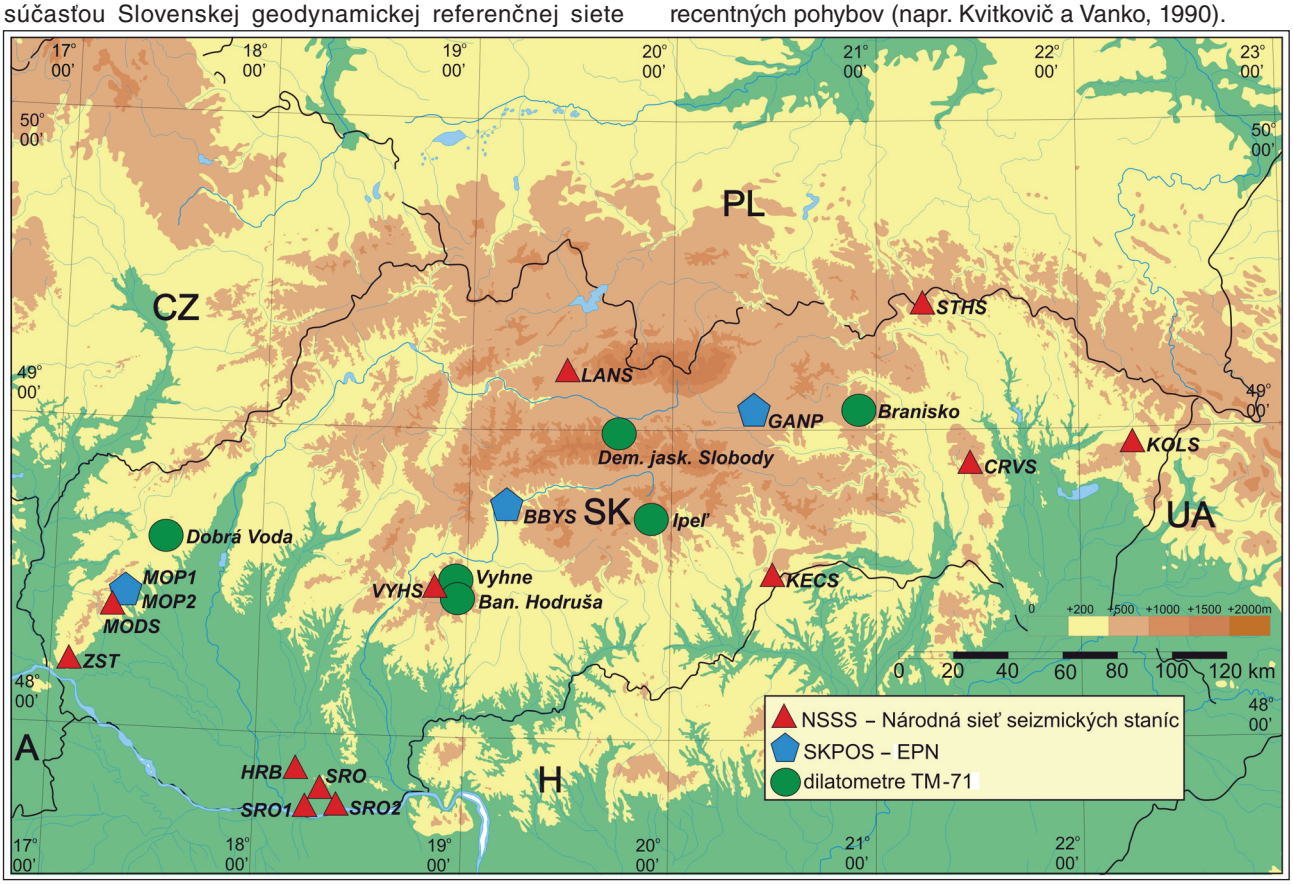
V oblasti monitorovania seizmických javov je veľmi prínosná spolupráca so spoločnosťou Progseis a Fakultou matematiky, fyziky a informatiky UK Bratislava. Spoločnosť Progseis prevádzkuje lokálne seizmické siete v okolí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice. FMFI UK Bratislava prevádzkuje lokálnu seizmickú sieť na východnom Slovensku.

Pri monitorovaní pohybov povrchu sa na presné určenie lokalizačných parametrov bodov v referenčných súradnicových systémoch využívajú geodetické merania, a to najmä technológia na určovanie priestorovej polohy bodov pomocou globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS), geometrická nivelácia a relatívne i absolútne určenie tiažového zrýchlenia.

Z pohľadu monitorovania geodynamických zmien je dôležité najmä permanentné meranie priestorovej polohy bodov pomocou GNSS na hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch, ktoré vylučujú rad chýb zo stabilizácie bodu. Technológia GNSS sa využíva na geodetické meranie v geodetických bodoch, ktoré sú súčasťou Slovenskej geodynamickej referenčnej siete (SGRN). Epochové kampane meraní boli vykonávané od roku 2001 statickou metódou v dvojročnom intervale a posledné meranie bolo v cca 40 geodetických bodoch v roku 2009. Rozvojom technológie sa prešlo najmä k permanentným meraniam GNSS, čoho výsledkom bolo zriadenie siete permanentných staníc v geodetických bodoch a spracovanie meraní v podobe Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS).

SKPOS bola spustená do prevádzky koncom roka 2007. Momentálne je tvorená sieťou 26 geodetických bodov (referenčných staníc), 5 z nich je stabilizovaných až do hĺbky 10 m. Je predpoklad, že po viacročnom permanentnom meraní na staniciach by sa mali získať spoľahlivé údaje o rýchlostnej charakteristike týchto bodov.

Výškové zmeny môžeme interpretovať z opakovaných nivelačných meraní. V rokoch 1997 – 2003 bolo vykonané meranie nivelačnej siete 1. rádu, ktorý má nivelačné ťahy dlhšie ako 3 300 km a v nich je určených vyše 11 000 bodov. Od roku 2011 sú vykonávané opakované merania v sieti 2. rádu. Na dosiahnutie milimetrovej presnosti určenia výšky je potrebné viesť nivelačné ťahy po spevnených komunikáciách a to limituje profily, ktoré je možné vyhodnotiť. Opakované nivelačné merania boli v minulom storočí predmetom vyhodnotenia a zostavovania máp recentných pohybov (napr. Kvitkovič a Vanko, 1990).



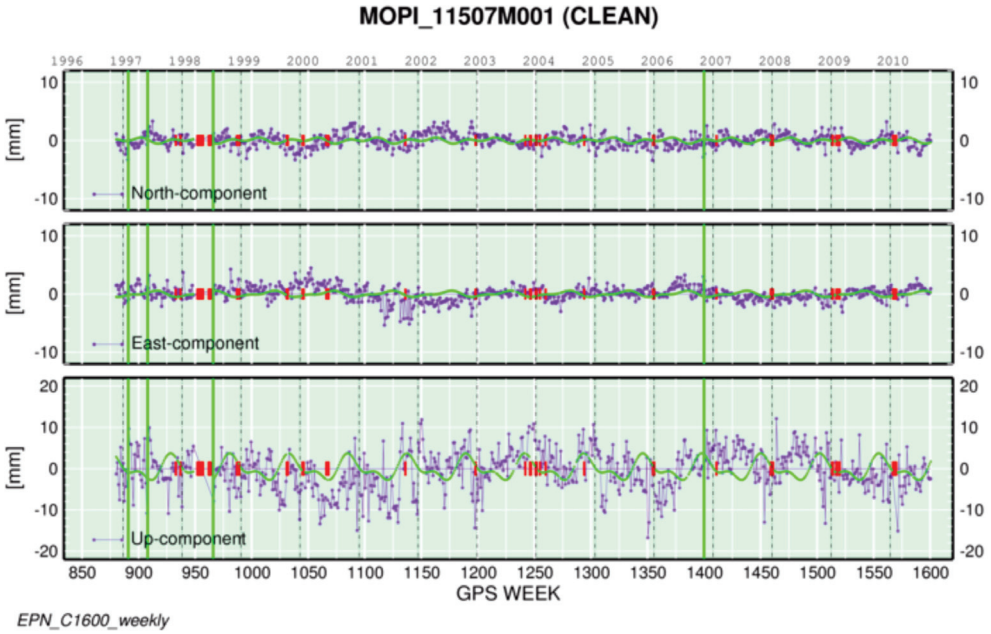
Obr. 1. Schéma rozmiestnenia lokalít na Slovensku monitorovaných v rámci geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR, subsystému 02 Tektonická a seizmická aktivita územia.

Fig. 1. Scheme of monitoring sites location on the territory of Slovakia in the geological project Partial Monitoring System – Geological Factors, subsystem 02 Tectonic and Seismic Activity of the Territory: NSSS (National Network of Seismic Stations; SKPOS – EPN (Slovak Space Observing Service – Euref Permanent Network); TM-71 extensometers.

Merania aktivity vybratých neotektonických porúch na území Západných Karpát (SR) pomocou opticko-mechanických dilatometrov typu TM-71 začali v roku 2000. Prístroj využíva moiré efekt (vytvorenie rušivého efektu v podobe pruhov alebo kruhov) a je schopný zaznamenávať pomalé pohyby a rotácie v dvoch na seba kolmých rovinách (3D) s presnosťou 0,01 mm, resp. 0,01 gr. (Košťák, 1969).

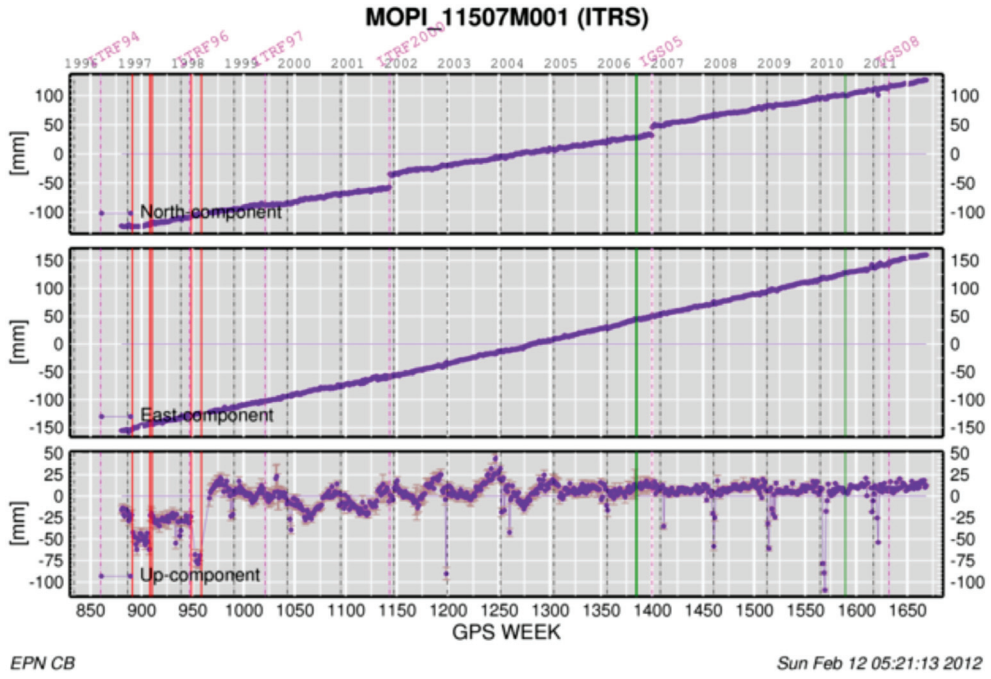
Permanentné merania na hĺbkovo stabilizovaných bodoch

Dôsledkom dlhodobého monitorovania je vyhodnotenie výsledkov meraní z troch staníc: *Modra – Piesok* (MOP1, MOP2), *Gánovce pri Poprade* (GANP) a *Banská Bystrica-Sásová* (BBYS) (obr. 1). Dosahovaný odhad presnosti



Obr. 2. Znázornenie rýchlostného trendu (CLEAN) bodu MOP1.

Fig. 2. Illustration of the velocity trend (CLEAN) at the Modra – Piesky (MOP1) Point.



Obr. 3. Znázornenie pohybu bodu MOP1 v ITRS.

Fig. 3. Illustration of the motion at the Modra – Piesky (MOP1) Point; International Terrestrial Reference System (ITRS).

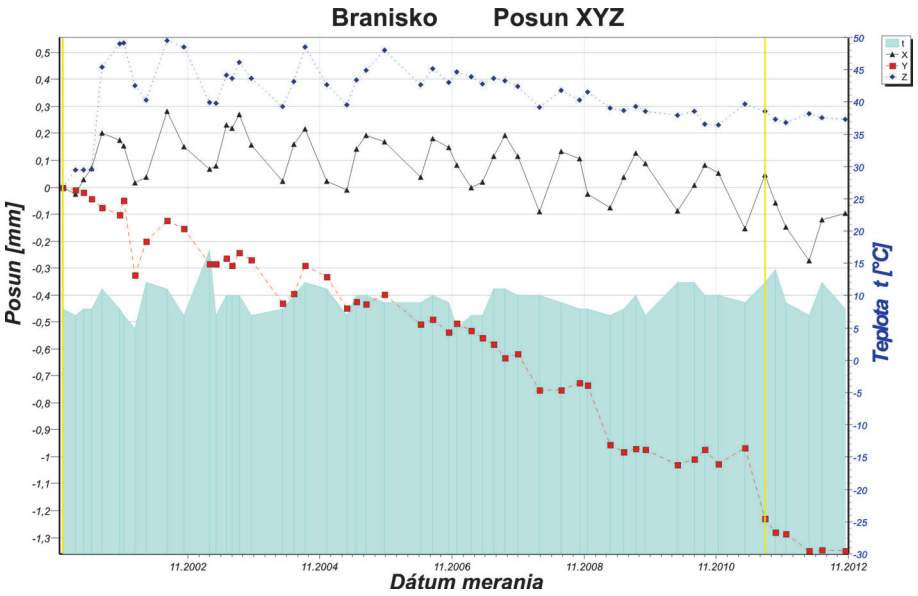
v polohových zložkách (*x, y*) je na úrovni milimetrov, ale vo výškovej zložke (*z*) je to asi trojnásobok.

Body MOP1, MOP2, GANP a BBYS sú aj súčasťou európskej permanentnej siete (EPN – Euref Permanent Network), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF), pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (IAG). EPN dnes spracováva údaje cca 250 staníc GNSS. Za reprezentatívne výsledky monitorovania môžeme považovať najmä globálne rýchlosti (rýchlostný trend pohybu) z permanentných meraní GNSS s príjmom z družíc amerického systému NAVSTAR GPS a ruského GLONASu. Výsledky monitoringu pre jednotlivé body EPN boli spracované vzhľadom na Medzinárodný (svetový) terestrický referenčný rámec (ITRS, resp. ITRF2005), Európsky terestrický referenčný rámec (ETRF89) ako voľné (merané) údaje (RAW), upravené v súlade s rýchlostným trendom (CLEAN). Zmeny polohy bodu (stanice) sa merajú v smere zemepisných osí sever (N) – juh (S); východ (E) – západ (W) a vo výške (U) (obr. 2, 3).

Z upravených údajov sú v EPN odhadnuté rýchlosti pohybu pre body – stanice GPS. V rámci jednotlivých riešení je odhadnutá rýchlosť k epoche, do ktorej sú zahrnuté kumulatívne údaje v smere zemepisných osí sever (N) – východ (E) a vo výške (U).

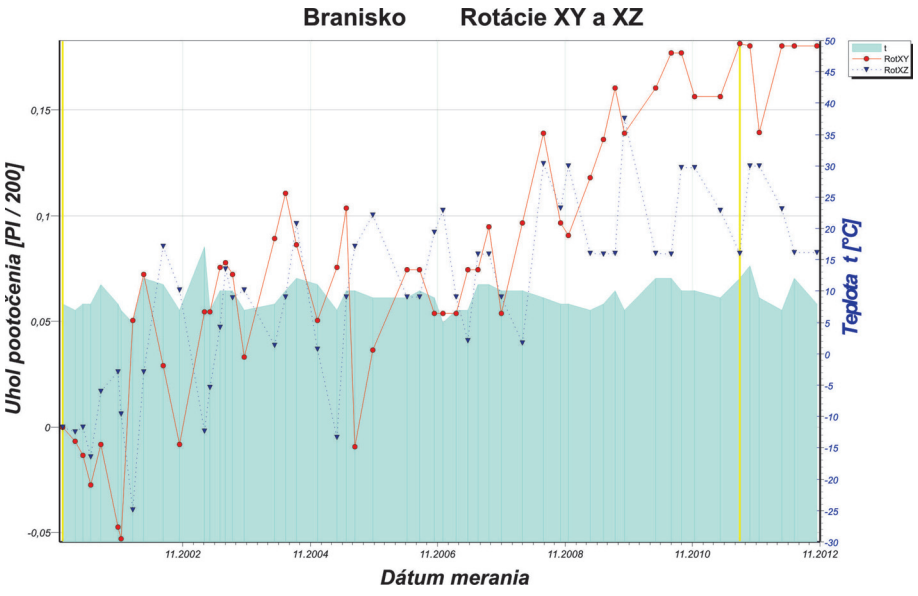
Na ilustráciu sme vybrali znázornenie rýchlostného trendu v bode MOP1, ktorý má zaznamenanú najdlhšiu epochu kontinuálnych meraní (od roku 1997, obr. 2). V prípade bodu MOP2 sú k dispozícii kontinuálne merania od polroka 2008, GANP od 2004 a BBYS od 2007. Vo všetkých bodoch je trend pohybov veľmi podobný a nedosahuje výraznejšie odchýlky od mediánu.

V rámci rýchlostného trendu (CLEAN) v meraných bodoch (staniciach) neboli zaznamenané významnejšie odchýlky v polohových zložkách a vo výškovej zložke oproti



Obr. 4a. Posun tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu zaznamenaný dilatometrom TM-71 v lokalite Branisko (úniková štôlňa diaľničného tunela) za obdobie 2000 – 2012.

Fig. 4a. Displacements of tectonic blocks along the Šindliar fault detected by the TM-71 extensometer at the Branisko site (emergency highway tunnel) during the period 2000–2012.



Obr. 4b. Rotácie tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu zaznamenané dilatometrom TM-71 v lokalite Branisko (úniková štôlňa diaľničného tunela) za obdobie 2000 – 2012.

Fig. 4b. Rotations of tectonic blocks along the Šindliar fault detected by the TM-71 extensometer at the Branisko site (emergency highway tunnel) during the period 2000–2012.

dlhoročným hodnotám. V referenčnom rámci ITRS na všetkých staniciach pretrvával permanentný pohyb bodov na severovýchod rýchlosťou cca 2 – 3 cm za rok (obr. 3). Je to však globálny pohyb veľkej časti Európy v rámci euro-ázijskej tektonickej platne oproti africkej platni a na možné regionálne pohyby jednotlivých bodov nemá vplyv.

Monitorovanie aktivity vybraných neotektonických porúch

V rokoch 2000 – 2005 bolo inštalovaných 5 opticko-mechanických dilatometrov typu TM-71 v lokalitách *Branisko* (šindliarsky zlom v únikovej štôlni diaľničného tunela, 2000), *Demänovská jaskyňa slobody* (jalovecký zlom v Čarovnej chodbe), *Ipeľ* (muránsky zlomový systém v opustenej prieskumnej štôlni Izabela), *Dobrá Voda* (trhlina na severnom okraji obce), *Vyhne* (zlomová porucha v opustenej Banskej štôlni sv. A. Paduánskeho) a *Banská Hodruša* (križovanie dvoch zlomov v starej štôlni Všechsvätých) (obr. 1). Monitoring lokality Dobrá Voda bol zriadený a vedený spolu s pracovníkmi Ústavu štruktúry a mechaniky hornín Českej akadémie vied v Prahe. Vo väčšine uvedených lokalít boli namerané hodnoty odčítavané (vizuálne alebo fotograficky) 1- až 6-krát za rok. Výnimkou bola lokalita Dobrá Voda, v ktorej sa odčítania realizovali 7- až 19-krát za rok (tab. 1).

Výsledky niekoľkoročného monitorovania potvrdili aktívny pohyb vo všetkých vybratých zlomových poruchách. Posuny v smere osi *x* (otváranie alebo zatváranie trhliny) sa pohybovali v intervale 0,02 – 0,30 mm, v smere osi *y* (šmykový posun pozdĺž zlomových plôch) 0,00 – 1,35 mm, v smere osi *z* (pokles jedného z blokov rozdelených zlomom) 0,10 – 0,45 mm. Rotácie monitorovaných blokov neboli výrazné a vo vodorovnej (*xy*) ani vertikálnej (*xz*) rovine neprekročili hodnotu 0,3 gr.

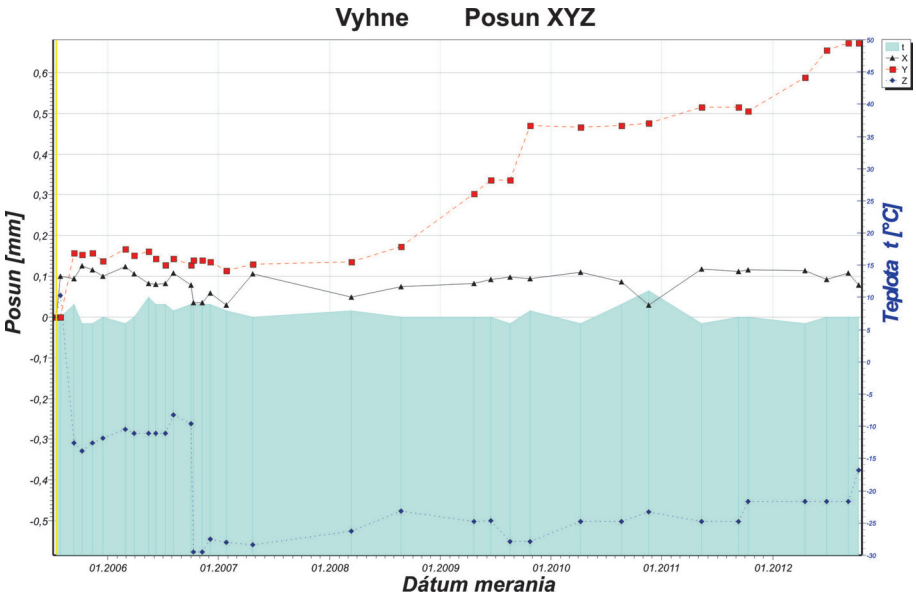
Za najvýznamnejšie treba považovať výsledky meraní v lokalite Branisko a Vyhne. V prvej z nich sa jednoznačne preukazuje nepriaznivý trend narastania šmykového posunu pozdĺž šindliarskeho zlomu (obr. 4a). Do konca roku 2012 dosiahol tento pohyb hodnotu 1,35 mm. Vzhľadom na zistený slabý pokles jedného z blokov (0,17 mm) a slabé rozšírenie trhliny (0,30 mm), ako aj pozíciu monitorovanej poruchy je priestorový pohyb interpretovaný ako mierne šikmý pravostranný pokles juhovýchodného bloku (tzv. hanging wall). Pohyb je natoľko významný, že už v apríli 2004 spôsobil porušenie betónovej výstuže hlavnej tunelovej rúry niekoľkými trhlinami po obidvoch stranách zlomu. Z rotácií je zaujímavý pohyb po vodorovnej rovine (*xy*), ktorý koncom roku 2012 dosiahol hodnotu 0,18 gr (obr. 4b).

V lokalite Vyhne bol zistený významnejší pohyb v smere osi *y*, ktorý dosiahol 0,67 mm (obr. 5). V kombinácii s celkovým poklesom západného tektonického bloku ide o ľavostranný šikmý posun.

Výsledky z piatich monitorovaných lokalít (s výnimkou lokality Dobrá Voda) podrobne interpretovali Petro et al. (2012, under review). Interpretácie zahŕňajú smery osí maximálnej recentnej extenzie σ_3 a ich porovnanie s recentným napäťovým poľom v jednotlivých neotektonických

Tab. 1
Prehľad monitorovaných lokalít zahŕňajúci celkový počet meraní do konca roku 2012 dilatometrami TM-71, počet ich prestavení a doba inštalácie
Overview of TM-71 extensometers monitoring sites including the total number of measurements by the end of 2012, the number of resetting and installation time

Lokalita	Celkový počet meraní	Celkový počet prestavení	Inštalácia
Branisko	53	1	december 2000
Demänovská jaskyňa	36	0	august 2001
Ipeľ	37	2	august 2002
Dobrá Voda	83	1	máj 2004
Vyhne	34	0	júl 2005
Banská Hodruša	29	0	júl 2005



Obr. 5. Posun tektonických blokov pozdĺž zlomu prechádzajúceho opustenou Banskou štôlňou sv. A. Paduánskeho vo Vyhniach zistený dilatometrom TM-71 za obdobie 2005 – 2012.

Fig. 5. Displacements of tectonic blocks along the fault crossing the St. Antonius de Padua abandoned mining gallery (near Vyhne village), detected by the TM-71 extensometer during the period 2005–2012.

regiónoch Západných Karpát a sú odvodené na základe analýzy neotektonických puklín, travitoniky (tektonika v travertínoch) a morfotektoniky (Hók et al., 2000, 2007; Kováč et al., 2002; Pešková and Hók, 2008; Hlavnová et al., 2008; Vojtko et al., 2008; Pešková et al., 2011), fokálneho mechanizmu zemetrasenia (Pospíšil et al., 1992), výsledkov kremenného extenzometra (Mentes, 2008) a GPS meraní (Pospíšil et al., 2007; Hefty et al., 2010).

Výsledky dlhodobého 3D monitorovania vybratých neotektonických porúch na území Západných Karpát dilatometrami typu TM-71 preukázali recentnú pohybovú aktivitu vo všetkých lokalitách. S výnimkou Dobrej Vody ide o pohyby vyvolané napätiami medzi jednotlivými neotektonickými blokmi aseizmického pôvodu. V prípade Dobrej Vody bol preukázaný priamy súvis s recentným zemetrasením (Briestenský et al., 2007).

Historická seizmická aktivita

Historickú seizmickú aktivitu na území Slovenska alebo v jeho blízkom okolí dokumentujú ojedinelé zápisy v stredovekých a novovekých kronikách miest a obcí, ktoré sú však často poznačené značnou dávkou nepresnosti a subjektivity, pretože záznamy boli spísané dodatočne aj niekoľko rokov až desaťročí po udalosti. Takým je napr. záznam z roku 1501 v Mestskej knihe Banskej Štiavnice o zemetrasení, ktoré postihlo stredoslovenské banské mestá 5. 6. 1443 (Moczo et al., 2002; Roguľová, 2002), ale aj pomerne podrobná informácia v obecnej kronike Dobrej Vody z roku 1935 o pozorovaniach zemetrasení s epicentrom v okolí Dobrej Vody v rokoch 1906 a 1930 (kópia zápisu z kroniky poskytnutá Obecným úradom v Dobrej Vode). Známe sú napr. zápisy o účinkoch zemetrasenia v r. 1443 (epicentrum v oblasti Banskej Štiavnice a Kremnice), o zemetraseniach z 5. 6. 1643 a 9. 8. 1662 s epicentrami v regióne severného Spiša a o pozorovaní účinkov zemetrasenia s epicentrom v okolí Košíc 28. októbra 1656 v knižnom spracovaní levočskej kroniky Gašpara Haina (Bal et al., 1910 – 1913). Zrútenie štítu a časti klenby Kostola sv. Juraja v Spišskej Sobote na deň sv. Bartolomeja – 13. augusta 1813, ktoré je zaznamenané v latinčine na nápisovej tabuli v kostole, sa tiež spomína v súvislosti so zemetrasením (Glatz et al., 2006). Je však pravdepodobnejšie, že súvisí s výdatným dažďom, búrkou, víchricou a povodňou, ktorá v ten deň katastrofálne postihla oblasť Tatier, Oravy a horného Považia (Koreň in Bezák et al., 2011). Aj opis pádu meteoru (resp. meteorického dažďa) z 5. januára 1615, zaznamenaný v Čechách, Nemecku (Durínsku a Vestfálsku), Rakúsku a Uhorsku, kde ho spomína kronikár Zavodszky (in Kornhuber, 1858), bol dávaný do súvisu s hromobitím a zemetrasením. Ďalším príkladom je pozorovanie silného zemetrasenia v Tisovci zo 14. januára 1810 s epicentrom pri meste Mór v severnom Maďarsku (Kozák a Prachař, 2010), pričom v kronike je chybne uvedený rok 1809 (Hutka a Uhrin, 2011). Čo sa týka starších udalostí (najmä do druhej polovice 18. storočia), prvé katalógy a štúdie o jednotlivých zemetraseniach zostavené na základe historických prameňov mohli a môžu obsahovať aj viaceré nepresnosti – napr. Réthlyho katalóg, Kárníkov katalóg, Pagaczewského katalóg (cf. Réthly, 1952; Kárník et al., 1957, 1981; Pagaczewski, 1972). Miera neurčitosti miesta epicentra zemetrasenia je pri údajoch do polovice 18. storočia veľmi vysoká; zo sporadických historických dokumentov často nie je možné určiť ani len presný dátum pozorovaného prírodného javu. Ak bolo zemetrasenie zaznamenané napr. v historických análoch mesta Levoča, neznamená to, že malo epicentrum v jeho blízkom okolí. Môžeme sa len domnievať, že takáto udalosť sa vzťahuje na územie Vysokých Tatier alebo severného Spiša, čo predstavuje mieru neurčitosti epicentra aj na viac ako 50 km v okolí mesta. Spoľahlivejšou informáciou o lokalizácii sú záznamy o opakovaných zemetraseniach počas kratšieho časového obdobia (mesiac, rok) z rovnakej oblasti. Po katastrofálnom zemetrasení v roku 1763 v okolí Komárna registrujeme väčší záujem obyvateľstva o zemetrasenia. Zvyšujúci sa počet záznamov nemusí znamenať väčšiu seizmickú aktivitu, je len odrazom zvýšeného záujmu o dianie v prírode. Cenné informácie o zemetraseniach v Uhorsku (s väčším dôrazom na Horné Uhorsko, t. j. dnešné Slovensko) prináša Kornhuber (1858), ktorý sa v ďalšom texte detailne venuje najmä účinkom zemetrasenia z 15. 1. 1858 v okolí Žiliny.

Kvantitatívne, ale najmä kvalitatívne novou kapitolou je začiatok pravidelného prístrojového monitorovania seizmickej aktivity územia dnešného Slovenska – v našom prípade zriadenie seizmickej stanice v roku 1902 v Ógyalle (dnešnom Hurbanove), neďaleko Komárna. Od tohto míľnika sa začala odvíjať moderná seizmológia na Slovensku. Postupné rozširovanie a modernizácia siete seizmických staníc od 20. stor. umožňovali čoraz presnejšiu lokalizáciu zemetrasení (c. f. Moczo et al., 2002; Madarás et al., 2008).

Katalógy zemetrasení

Podrobnejší prehľad starších deskriptívnych a parametrických katalógov uvádza Labák (2000), Moczo et al. (2002) a Hrašna (2002). V polovici 90. rokov 20. storočia bol v Geofyzikálnom ústave SAV zostavený nový katalóg makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska (Labák a Brouček, 1996). Katalóg zachytáva základné údaje o zemetraseniach s epicentrami na Slovensku alebo v jeho blízkom okolí, prípadne vzdialenejšie silné zemetrasenia pozorované na Slovensku. Za zmienku stojí, že vo verzii katalógu z roku 1996 je za obdobie od roku 1034 zdokumentovaných 580 makroseizmicky pozorovaných zemetrasení s epicentrom na území Slovenska, z ktorých viac ako 550 sa vyskytlo po komárňanskom zemetrasení 28. 6. 1763. Za predchádzajúcich 700 rokov bolo možné spoľahlivejšie verifikovať len necelých 30 zemetrasení. Akékoľvek nové, resp. spresňujúce údaje o zemetraseniach spred 1. polovice 18. storočia sú preto vítané, aj keď na kvantitatívnu, resp. kvalitatívnu úroveň katalógu nemajú zásadnejší vplyv. Od roku 1996 je Labákov a Broučkov katalóg každoročne dopĺňaný o nové údaje. V súčasnosti je preto vhodnejšie slovenský katalóg zemetrasení citovať v publikáciách ako kolektívne dielo pracovníkov Geofyzikálneho ústavu SAV

(napr. Cipciar et al., 2009). Nevýhodou je, že slovenský katalóg nie je voľne prístupný štúdiu, k nahliadnutiu je potrebné dohodnúť sa s pracovníkmi oddelenia seizmológie GFÚ SAV. Zemetrasenia však neberú ohľad na štátne hranice; niektoré katalógové informácie susedných seizmologických pracovísk sú spracované aj s ohľadom na makroseizmické javy s epicentrom na území Slovenska. Je to napr. publikácia Gutercha et al., 2005; Gutercha, 2009; Malytskyyho, 2006, alebo čiastkové katalógy vo výročných správach maďarských (napr. Tóth et al., 2011), českých (napr. Zedník, 2012), rakúskych (napr. ZAMG, 2008) a poľských seizmologických pracovísk. Archivované a on-line údaje o silnejších javoch, ktoré by sa týkali aj územia Slovenska (zemetrasenia s magnitúdou nad 2,0 z Európy a nad 4,0 zo sveta), sú vo veľmi dobrej užívateľskej forme prístupné napr. na stránke Európskeho mediteránneho seizmologického centra EMSC (www.emsc-csem.org.).

Na účely ŠGÚDŠ – Strediska čiastkového monitorovacieho systému (ČMS) – subsystému 02 (Tektonická a seizmická aktivita územia) Hrašna zostavil katalóg makroseizmicky pozorovaných zemetrasení v rámci vymedzených epicentrálnych oblastí. Tabuľky javov sú kompilované z vyššie spomenutých dostupných katalógov a sú dopĺňané z každoročných správ monitorovania seizmických javov stálymi seizmickými stanicami Geofyzikálneho ústavu SAV, ktoré sú taktiež súčasťou publikovaných správ ČMS (c. f. Cipciar a Kristeková, 2012) dostupných na internetovej stránke Strediska ČMS (http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/cmsgf_publikacie.html).

Seizmicky aktívne oblasti na území Slovenska

Seizmicky aktívne oblasti, resp. seizmogénne, zdrojové alebo ohniskové (epicentrálne) zóny, sú oblasti so zvýšeným seizmickým ohrozením. V Západných Karpatoch a priľahlých oblastiach boli v minulosti derivované z geofyzikálne interpretovaných zlomových zón. Na Slovensku boli prvýkrát definované Fusánom et al. (1979, 1981, 1987). Pionierskym bol krok Šefaru et al. (1998) v spojitosti seizmogénnych zón s novodefinovanými neotektonickými blokmi v Západných Karpatoch. Na základe geologického štúdia tektonických zón (základných alpínskych oceánskych alebo intrakontinentálnych sutúrnych zón), interpretácie refrakčných (DSS) a reflexných (CDP) seizmických profilov, gravimetrie a epicentier makroseizmicky pozorovaných zemetrasení (z katalógu Labáka a Broučka, 1996) vyčlenili Šefara et al. (l. c.) v západnej časti Slovenska nasledujúce seizmogénne zóny:

A) ***Váhická sutúra.*** Zahŕňa západnú časť Slovenska v smere SV – JZ od Bratislavy cez Dobrú Vodu po Žilinu. Hlavné krehké zlomové štruktúry, ktoré generujú zemetrasenia, sú v línii Mur – Mürz – Leitha (pokračujúcej na Slovensko z východoalpskej oblasti), v Dobrovodskom a Považskom zlomovom systéme. Maximálna epicentrálna intenzita I_{max} = 8° – 9° MSK-64, predpokladaná hĺbka hypocentier je do 15 km.

B) ***Čertovická sutúra.*** Hlavnou krehkou štruktúrou, ktorá generuje zemetrasenia, je Hronský zlomový systém (okolie Banskej Bystrice). Maximálna epicentrálna intenzita potenciálnych zemetrasení I_{max} = 7° – 8° MSK-64, predpokladaná hĺbka hypocentier je menej než 10 km.

C) ***Meliatska sutúra.*** Je situovaná v južnej časti Slovenska, pozdĺž V – Z orientovaného zlomového systému Hurbanovo – Diósjenö. Túto seizmogénnu zónu charakterizuje maximálna epicentrálna intenzita I_{max} = 9° MSK-64 a predpokladaná hĺbka hypocentier viac než 15 km.

Hrašna (1997, 2002) zostavil prvú seizmotektonickú mapu Slovenska. Mapa zobrazuje priebeh významnejších geofyzikálne a geologicky zdokumentovaných tektonických línií a seizmické oblasti s predpokladanou maximálnou intenzitou zemetrasenia 6°, 7°, 8° a 9° MSK-64. Podľa Hrašnu (l. c.) najvýznamnejšie seizmotektonické pásmo na území Slovenska sa tiahne pozdĺž hlbinného peripieninského lineamentu od Záhoria cez Trenčín, Žilinu a južné Poľsko až po Humenné a hranicu s Ukrajinou (sleduje prakticky priebeh bradlového pásma). V západnej časti tohto pásma sa vyskytujú zemetrasenia s epicentrálnou intenzitou do 8° MSK (Dobrá Voda, Žilina) a vo východnej do 7° MSK (Prešov – Humenné).

Maglay et al. (1999) zostavili neotektonickú mapu Slovenska v mierke 1 : 500 000, ktorá okrem významných neotektonických zlomových štruktúr znázorňuje aj výzdvihové a poklesové tendencie tektonických blokov v najmladších etapách vývoja geologickej stavby územia Slovenska.

Bus et al. (2000) vyčlenili v maďarskej časti Panónskej panvy 14 seizmogénnych zón. Štyri z nich: č. 12 Mur – Mürz, č. 1 Hurbanovo – Diósjenö, č. 5 Ostoros a č. 14 Érmelek (Satu Mare) zasahujú na územie juhozápadného, južného a juhovýchodného Slovenska.

Hók et al. (2000) študovali neotektonický charakter Slovenska. Pod termínom neotektonika pre územie Slovenska a Západných Karpát definujú v zhode s Hrašnom (1998) také tektonické udalosti a procesy, ktoré sa odohrali od konca miocénu po recent. Tento časový úsek zahŕňa približne posledných 5,4 miliónov rokov. Hók et al. (l. c.) na základe mapy zlomov a zlomových systémov na území Slovenska, mapy recentného napäťového poľa, mapy izolínií recentných vertikálnych pohybových tendencií, hrúbky kôry, tepelného toku a mapy epicentier makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska zostavili mapu neotektonických oblastí Slovenska, kde vyčlenili a charakterizovali šesť regiónov:

1. flyšové pásmo,
2. bradlové pásmo,
3. západné Slovensko,
4. stredoslovenské neovulkanity,
5. stredné Slovensko,
6. východné Slovensko.

Aktívne zemetrasné oblasti zahrnuli do troch zón:

A) ***bradlové pásmo,***

B) ***čertovická zóna,***

C) ***zóna Rába – Hurbanovo.***

Kováč et al. (2002) na základe údajov z katalógu Labáka a Broučka (1996) vyčlenili na Slovensku 6 epicentrálnych oblastí:

1. Komárno,
2. Malé Karpaty,

3. Dobrá Voda,
4. Žilina,
5. stredné Slovensko,
6. Slanské vrchy.

Tie patria do štyroch seizmicky aktívnych zón:

A) ***Pieninské bradlové pásmo*** (Žilina, Slanské vrchy--sever),

B) ***čertovická zóna*** (Stredné Slovensko, Slanské vrchy--juh),

C) ***hurbanovská zóna*** (Komárno),

D) ***zóna Mur – Mürz – Leitha*** (Malé Karpaty, Dobrá Voda).

Členenie na neotektonické regióny (bloky) je rovnaké ako u Hóka et al., 2000.

Hrašna (2002) v rámci prezentácie výsledkov monitorovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska vytvoril databázu takmer 200 aktívnych zlomov na Slovensku (v mierke 1 : 200 000), čiastočne inovoval seizmotektonickú mapu Slovenska z roku 1997 a zostavil Mapu seizmotektonickej rajonizácie. Rajonizácia vychádza zo základného členenia Západných Karpát na vnútorné a vonkajšie Karpaty, a bradlové pásmo, ktoré sa odlišujú rozdielnym geotektonickým vývojom a majú zrejme rozdielny tektonický vývoj aj v súčasnosti. Pri ďalšom členení na jednotky nižšieho rádu bola kritériom jednak orientácia vertikálnych pohybov (podľa nej boli vyčlenené základné oblasti), jednak rýchlosť pohybov (podľa nej boli vyčlenené časti). Hranice medzi vyčlenenými územnými jednotkami tvoria spravidla významné zlomy, resp. zlomové pásma. Rajonizácia aj princípy vyčlenenia jednotlivých oblastí a ich častí sú z väčšej časti totožné alebo takmer rovnaké ako členenie Hóka et al. (2000) na neotektonické oblasti. Hrašna (l. c.) člení územie Slovenska na štyri základné oblasti a bradlové pásmo.

Vnútorné Západné Karpaty:

1. ***západná oblasť:*** časti 1A, 1B, 1C, 1D (podľa rýchlosti pretrvávajúcich poklesov),
2. ***centrálna oblasť:*** časti 2A, 2B, 2C (podľa rýchlosti pretrvávajúcich výzdvihov, alebo viac-menej stability),
3. ***východná oblasť:*** časti 3A, 3B (podľa rýchlosti pretrvávajúcich poklesov).

Vonkajšie Západné Karpaty:

4. ***flyšové pásmo:*** časti 4A, 4B, 4C (prevládajúce výzdvihy),
5. ***bradlové pásmo*** (poklesy aj výzdvihy).

Všetci autori spomenutých členení vychádzali v rámci dokumentovaných seizmických javov z údajov pred modernizáciou seizmického monitorovania a mohli sa opierať väčšinou len o makroseizmické údaje z minulosti. Vďaka detailnejšiemu monitorovaniu Slovenska stanicami NSSS (výrazná modernizácia v roku 2004), lokálnym seizmickým sieťam Jaslovské Bohunice (monitorovanie makro- a mikrozemetrasení od roku 1985), Mochovce (monitorovanie od roku 1992) a Východné Slovensko (začiatok zberu údajov v roku 2007) môžeme dnes s oveľa väčšou presnosťou lokalizovať nielen makro-, ale aj mikrozemetrasenia (zväčša obyvateľmi nepocítené).

Na základe archívnych katalógov, správ, publikácií a spresnených údajov zo seizmologických správ Geofyzikálneho ústavu SAV, ktoré sú súčasťou publikovaných správ Strediska čiastkového monitorovacieho systému ŠGÚDŠ od roku 1993 (http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/cmsgf_publikacie.html), Hrašna et al. (2011) zostavili podrobnú charakteristiku a schematické mapové vymedzenie 16 epicentrálnych oblastí na území SR:

južná časť Malých Karpát – ***1. okolie Bratislavy; 2. oblasť Pernek – Modra;***

severovýchodná časť Malých Karpát – ***3. oblasť Dobrá Voda;***

stredné Považie – ***4. oblasť Trenčianske Teplice; 5. oblasť Žilina;***

severné Slovensko západne od Tatier – ***6. Chočské vrchy; 7. severná Orava;***

severné Slovensko východne od Tatier – ***8. oblasť Spišská Stará Ves; 9. oblasť Kežmarok – Spišská Belá; 10. oblasť Levoča – Spišská Nová Ves;***

východné Slovensko – ***11. oblasť Humenné – Vranov nad Topľou; 12. oblasť južne od Vihorlatu;***

stredné Slovensko – ***13. oblasť Banská Bystrica; 14. oblasť Banská Štiavnica; 15. oblasť Krupina;***

južné Slovensko – ***16. oblasť Komárno.***

Madarás et al. (2008), Madarás a Fojtíková (2009) v súvislosti so seizmickou aktivitou na Slovensku vo vzťahu k tektonike navrhli vyčleniť nasledujúce ohniskové oblasti a seizmicky aktívne zóny:

A) ***oblasť Komárna a priľahlé časti severného Maďarska pri Dunaji;***

B) ***oblasť Malých Karpát od Bratislavy po Vrbové*** s podoblasťami:
– Bratislava;
– Pernek – Modra;
– Dobrá Voda;

C) ***oblasť od Trenčína po Žilinu;***

D) ***oblasť Tatier, poľského Podhalia, severného a stredného Spiša;***

E) ***oblasť Zemplína;***

F) ***oblasť stredného Slovenska v okolí Banskej Bystrice;***

G) ***ostatné oblasti*** (s pravdepodobnou väzbou na konkrétne zlomové línie).

Modifikované vymedzenie seizmicky aktívnych oblastí a ich charakteristika

V nadväznosti na predchádzajúce prehľady navrhujeme mierne zjednodušenú modifikáciu seizmicky aktívnych oblastí vyčlenených Madarásom et al. (2008); Madarásom a Fojtíkovou (2009) a Hrašnom et al. (2011) tak, aby boli aj v súlade s aktualizovanou mapou seizmického ohrozenia Slovenska (Franek et al., 2011), ktorá je publikovaná v Zmene 2 národnej prílohy STN EN 1998-1/NA Eurokód 8. Podobne ako nová mapa seizmického ohrozenia SR,

aj naše členenie na seizmicky aktívne oblasti vychádza zo zhodnotenia epicentier a hĺbok zemetrasení z katalógu zemetrasení GFÚ SAV, historických údajov a údajov o zemetrasnej aktivite v okolitých štátoch – podrobnejšie spomenutých v predchádzajúcom texte, geologických, tektonických a geofyzikálnych údajov. Na základe kritickej analýzy historických seizmických udalostí z katalógov zemetrasení, doplnených relevantnými údajmi monitorovania seizmických javov na území Slovenska, najmä za ostatných 20 rokov, je možné jasnejšie definovať seizmicky aktívne oblasti a zóny s väzbou na konkrétne zlomové línie. Modifikované členenie s dôrazom na názvoslovie širších geografických celkov, miest a všeobecne známych historickogeografických regiónov je aj ľahšie zapamätateľné – viac ako prílišné zdôrazňovanie geologickej a tektonickej príslušnosti a terminológie.

V redefinovanej verzii preto navrhujeme nasledujúce členenie (obr. 6):

A) ***Oblasť Južné Slovensko*** s podoblasťami:
– Komárno,
– Štúrovo.

Prvé písomné zmienky o zemetraseniach v severnom Maďarsku sú už z 11. – 12. storočia. Z Komárna sú prvé zmienky o zemetraseniach z konca 16. a začiatku 17. storočia, ale najmä z 18. – 19. storočia. Opakované zemetrasenia sa vyskytli v rokoch 1755 – 1785, 1803 – 1822, 1841 až 1857, 1862 – 1866. Najsilnejšie zemetrasenia boli v roku 1763, 1783, 1806, 1822 – s makroseizmickou intenzitou I_0 = 7,5° – 8,5° EMS 98 a lokálnou magnitúdou M_L = 5,1 až 5,8. Aj v súčasnosti sú v oblasti takmer každoročne slabé makroseizmické javy. Pre oblasť je charakteristická pomerne veľká hĺbka hypocentier zemetrasení (20 – 30 km). Príčiny zemetrasení môžeme pravdepodobne hľadať v hlbokom tektonickom rozhraní smeru V – Z medzi karpatským a panónskym blokom zemskej kôry – v sutúrnej zlomovej zóne Rába – Hurbanovo – Diósjenö (1) a jej križovaní so S – J orientovanou zlomovou zónou od Komárna až po Berhidu pri Balatone (c. f. Madarás et al., 2011).

B) ***Oblasť Západné Slovensko*** s podoblasťami:
– Záhorie,
– Pernek – Modra,
– Dobrá Voda.

Pohorie Malé Karpaty predstavuje horskú hrasťovú štruktúru medzi Viedenskou a Podunajskou panvou. Širšie okolie Dobrej Vody je najaktívnejšou seizmickou oblasťou v 20. storočí. Prvé písomné informácie o zemetraseniach sa viažu na Trnavu (1515, 1586, 1660, 1860, 1873) a Dobrú Vodu (1805, 1815 a koniec 19. storočia). Najsilnejšími v epicentrálnej oblasti Dobrej Vody boli zemetrasenia v rokoch 1906 a 1930 s intenzitou 8,5° a 7,5° EMS 98, odvodenou M_L = 5,7, resp. 5,0. Pre podoblasť Pernek – Modra sú známe najmä zemetrasenia z druhej polovice 19. storočia, rok 1914 a zemetrasný roj v roku 1976. Z okolia Bratislavy sú záznamy o zemských otrasoch najmä z 18. a 19. storočia (1700, 1727, 1781, 1788, 1791, 1806, 1856, 1862, 1864, 1868, 1891 – 1893, 1953, 1977, 1991 – 1992). Všetky určenia však vykazujú vysokú mieru neurčitosti (± 20 – 50 km), preto je pravdepodobné, že vo veľkej miere boli registrované aj zemetrasenia, ktoré sa oblasti samotného mesta dotýkali len okrajovo a mali epicentrá skôr v seizmicky veľmi živom území blízkeho Burgenlandu a Dolného Rakúska, v zóne rozhrania medzi Východnými Alpami a Západnými Karpatmi a v línii Mur – Mürtz – Leitha s predĺžením na litavské zlomy v slovenskej časti Viedenskej panvy. Jedným z možných pokračovaní tohto systému zlomov smeru SV – JZ je aj malokarpatský zlom (2). Príkladom zemetrasenia pocíteného v Bratislave, ktoré malo epicentrum v okolí Spital am Semmering, bol jav z 7. 5. 2009 (M_L = 4,1). Zemetrasnú aktivitu najmä okolia Dobrej Vody môžeme prisudzovať hlboko založeným zlomom a plytko ukloneným tektonickým rozhraniam – vejárom strižných zón vo vrchnej kôre v hĺbkach 5 – 15 km v priebehu dobrovodského (3) zlomu a jeho paralelných odnoží (c. f. Marko et al., 1991; Fojtíková et al., 2010). Väčšina hypocentier je v hĺbke 10 – 20 km.

C) ***Oblasť Stredné Považie*** s podoblasťami:
– Trenčín,
– Žilina.

V okolí Žiliny boli písomne zaznamenané otrasy v priebehu 17. – 19. storočia, ale najmä zemetrasný roj v roku 1858, ktorý mal makroseizmickú intenzitu 7,5° EMS-98 a odvodenú M_L = 5,1. Pocítené boli aj otrasy v rokoch 1947 a 1992. Podľa lokalizácie zemetrasení v údolí Váhu paralelne s priebehom bradlového pásma by ich zdrojom mohla byť sutúrna zóna styku vnútorných a vonkajších Karpát v zóne bradlového pásma, avšak z obrazu isoseist zemetrasenia v Žiline v roku 1858 (Jeitteles, 1859; Schmidt, 1859) sa ako možný zdroj javí skôr zlom strečnianskeho prielomu (5). V oblasti Trenčína (okolie Trenčianskych Teplíc, Dubnice, Strážovských vrchov) by ako možný zdroj zemetrasení pripadal hlboko založený jastrabiansky zlom (4) – napr. zemetrasenie 9. 3. 2006 (M_L = 1,6 a 2,3) a 20. 7. 2011 (M_L = 1,6). V okolí Trenčína sa hĺbka hypocentier pohybuje okolo 15 km.

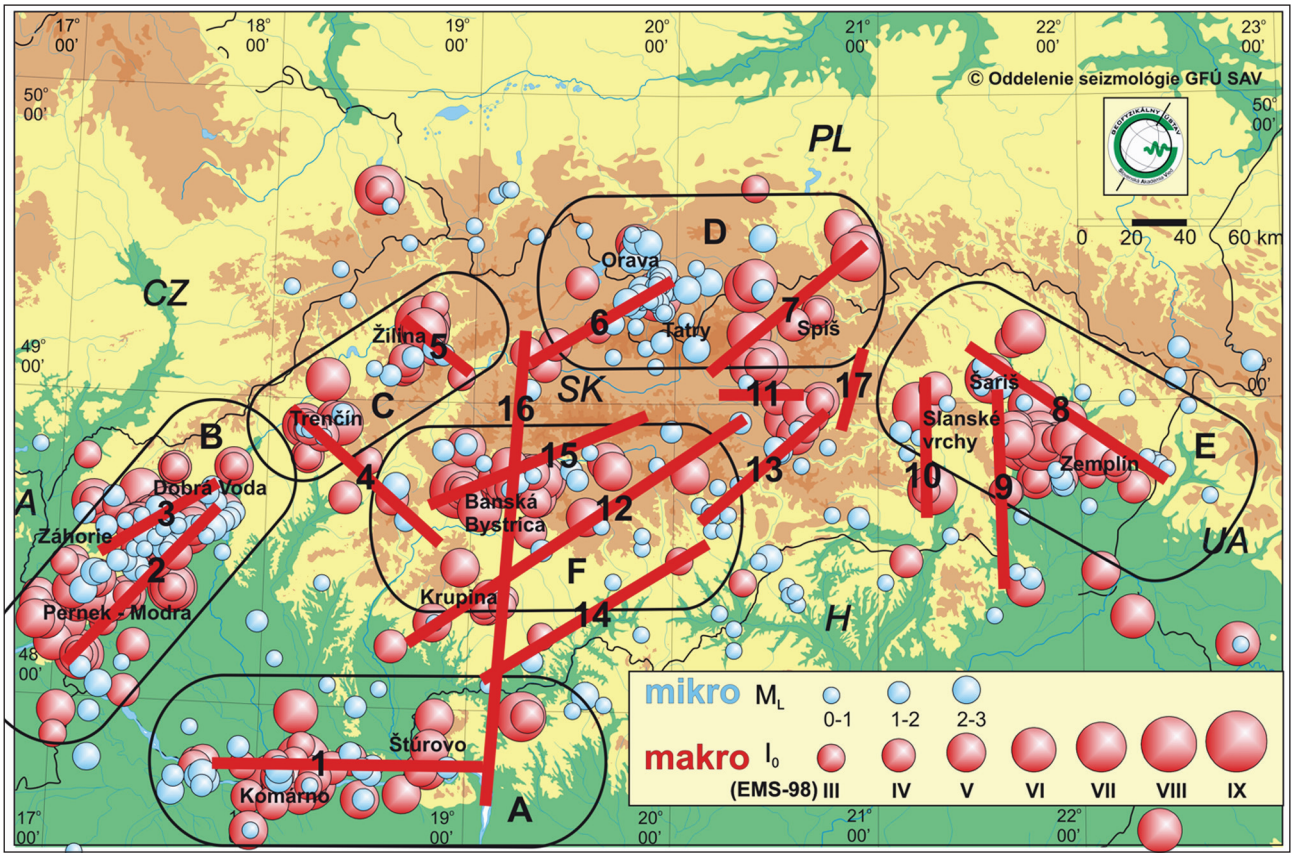
D) ***Oblasť Severné Slovensko*** s podoblasťami:
– Orava,
– Tatry,
– Spiš.

Zemetrasenia v poľskom Podhalí boli zaznamenané už v rokoch 1258, 1259, 1433 a 1528. Podobne ako zápisy z Kežmarku a Levoče z rokov 1643, 1650, 1662, 1683, 1724 a 1840 majú značnú mieru neurčitosti epicentra. Dôkazom, že musíme uvažovať aj o tejto ohniskovej oblasti, je zemetrasný roj v rokoch 1992 – 1993 pri poľskej Krynici (M_L = 4,2 – 4,7; Dębski et al., 1997) a séria otrasov 30. 11. – 9. 12. 2004 s max. M_L = 4,4 v poľskej časti Oravy, ktoré sú ešte v živej pamäti, keďže nasledovali nedlho po katastrofálnej veternej smršti v Tatrách. Otrasy v podhorí Tatier môžeme dávať do súvislosti s relatívne rýchlym kvartérnym výzdvihom Tatier a poklesovou tektonikou v sedimentárnych bazénoch,

ktoré Tatry obklopujú. Relatívne veľkým množstvom mikro-, ale aj makroseizmických javov je zaujímavý chočský zlom (6). Javy na severnom Spiši by mohli mať súvis s priebehom ružbašského zlomu (7). Hĺbka hypocentier zemetrasení sa pohybuje medzi 10 – 20 km.

E) ***Oblasť Východné Slovensko*** s podoblasťami:
– Zemplín,
– Šariš,
– Slanské vrchy.

Najvýchodnejšie situovaná zemetrasná zóna je geologickou križovatkou rôznych rozhraní: stýkajú sa tu vonkajšie flyšové Karpaty s bradlovým pásmom (8), neovulkanitmi Slanských vrchov, Vihorlatu a Popričného, východoslovenským výbežkom Panónskej panvy. S – J orientované hornádske zlomy oddeľujú podľa niektorých štúdií západokarpatský a východokarpatský blok (9, 10). Hľadať príčiny pomerne častých zemetrasení v tejto oblasti je veľmi zložité, ale vďaka lokálnej seizmickej sieti Východné Slovensko (od roku 2007) v budúcnosti riešiteľné. Záznamy o makrootrasoch na Zemplíne pochádzajú z rokov 1778 – 1780, 1890 – 1893, 1917, 1932, 1941. Otrasy, ktoré spôsobili aj menšie materiálne škody v okolí Humenného, boli v rokoch 2001 – 2004 a najmä v roku 2003 s makroseizmickou intenzitou $I_0 = 6,5°$ EMS-98



Obr. 6. Redefinované seizmicky aktívne oblasti na Slovensku, pôvodne vyčlenené Madarásom a Fojtíkovou (2009). Epicentrá makro- a mikrozemetrasení od r. 1258 do r. 2006 sú z katalógu zemetrasení GFÚ SAV. **A – F** – seizmicky aktívne oblasti: A) oblasť Južné Slovensko, podoblasti: Komárno, Štúrovo; B) oblasť Západné Slovensko, podoblasti: Záhorie, Pernek – Modra, Dobrá Voda; C) oblasť Stredné Považie, podoblasti Trenčín, Žilina; D) oblasť Severné Slovensko, podoblasti Orava, Tatry, Spiš; E) oblasť Východné Slovensko, podoblasti: Zemplín, Šariš, Slanské vrchy; F) oblasť Stredné Slovensko, podoblasti Banská Bystrica, Krupina; G) seizmicky aktívne a potenciálne aktívne zlomové zóny: zlom Rába – Hurbanovo – Diósjenö (1); malokarpatský zlom (2); dobrovodský zlom (3); jastrabiansky zlom (4); zlom strečnianskeho prielomu (5); chočský zlom (6); ružbašský zlom (7); okrajový zlom bradlového pásma na východnom Slovensku (8); okrajové zlomy Slanských vrchov – hornádske zlomy (9, 10); vikartovský zlom (11); muránsko-divínsky zlom (12); zdychavská línia (13); rapovsko-lysecká zóna (14); čertovická línia (15); stredoslovenské zlomové pásmo (16); šindliarsky zlom (17).

Fig. 6. Redefined seismic active regions in Slovakia, originally allocated by Madarás and Fojtíková (2009). Epicenters of macro and micro earthquakes since 1258 to 2006 have been retrieved from the Earthquake Catalog of Geophysical Institute of the Slovak Academy of Sciences. **A – F** – seismic active regions mentioned in the text: A) South Slovakia region – Komárno, Štúrovo subregions; B) West Slovakia region – Záhorie, Pernek – Modra, Dobrá Voda subregions; C) Central Váh river valley – Trenčín, Žilina subregions; D) North Slovakia region – Orava, Tatry, Spiš subregions; E) East Slovakia region – Zemplín, Šariš, Slanské vrchy Mts. subregions; F) Central Slovakia region – Banská Bystrica, Krupina subregions; G) Seismic active and potentially active fault zones: Rába – Hurbanovo – Diósjenö fault (1); Malé Karpaty Mts. fault (2); Dobrá Voda fault (3); Trenčianske Jastrabie fault (4); Strečno fault (5); Chočské vrchy Mts. marginal fault (6); Ružbachy fault (7); The East Slovakian Klippen Belt marginal fault, (8); Slanské vrchy Mts. marginal faults (Hornád river faults) (9, 10); Vikartovce fault (11); Muráň-Divín fault (12); Zdychava line (13); Rapovce-Lysec zone (14); Čertovica line (15); Central Slovakian fault zone (16); Šindliar fault (17).

a M_L = 3,7. Slabé otrasy s M_L okolo 2,0, ktoré boli pocítené na Zemplíne, najmä vo Vranove nad Topľou a v okolitých obciach, boli zaregistrované 20. 10. 2008. Makroseizmické javy v slovensko-ukrajinskej hraničnej oblasti s M_L pod 2,0 boli registrované v decembri 2008 – novembri 2009. Z ostatných silných zemetrasení boli 4 makroseizmicky pocítené zemetrasenia južne od Vihorlatu v roku 2010 (4. 4. – M_L = 2,3; 25. 7. – M_L = 1,7; 19. 11. – M_L = 1,5 a 1,4).

F) ***Oblasť Stredné Slovensko*** s podoblasťami:
– Banská Bystrica,
– Krupina.

V okolí Banskej Bystrice (Kremnica – Banská Štiavnica) bolo prvýkrát písomne zaznamenané silné zemetrasenie na našom území v roku 1443. Jeho intenzita sa odhaduje na 8° EMS-98, M_L okolo 5,9 (Brouček, 1978). Okrem jednotlivých záznamov zemetrasení v priebehu 16. – 19. storočia bolo registrovaných aj niekoľko zemetrasných rojov v rokoch 1854 – 1855, 1861 – 1862, 1869, 1946 – 1947, 1964 a významnejšie aj v rokoch 1988 – 1989 a 23. 9. 2004 (M_L = 3,6). Okolie Banskej Bystrice leží na križovaní S – J orientovaného stredoslovenského zlomového systému (16) a sv.-jz. prebiehajúceho plytkého tektonického rozhrania – čertovickej línie (15). Charakteristická je plytká hĺbka hypocentier (do 10 km), čo aj pri relatívne slabšom zemetrasení môže vyvolať pocitovo silnejšie účinky. Napr. zemetrasenie 2. 5. 2008 východne od Banskej Bystrice bolo veľmi plytké (do 2 km) a slabé (M_L = 0,9), ale napriek tomu bolo makroseizmicky pocítené. Pri Krupine bol zaznamenaný zemetrasný roj v roku 1999 (max. M_L = 4,2).

G) ***Seizmicky aktívne a potenciálne aktívne zlomové zóny.***

Makro- a mikroseizmické javy boli registrované aj mimo seizmicky aktívnych oblastí. Niektoré dosiahli znepokojivú úroveň a ich prejav môže byť viazaný na významné zlomové rozhrania – napr. vikartovský zlom (11), muránsko-divínsky zlom (12), zdychavská línia (13), rapovsko-lysecká zóna (14), šindliarsky zlom (17) a iné. Vzhľadom na optimalizáciu lokalizácie epicentier zemetrasení zaznamenaných seizmickými stanicami, mikroseizmickú analýzu, poľnými seizmickými meraniami *in situ*, merania tektonickej aktivity v zlomoch a presné geodetické merania vyplýva do blízkej budúcnosti nádej, že sa podarí presnejšia identifikácia týchto recentne tektonicky aktívnych rozhraní. Ako príklad zemetrasení viazaných na tektonickú zónu je možné spomenúť dve slabé zemetrasenia z 31. 5. a 1. 6. 2012, M_L = 2,7 a 2,1, s epicentrami medzi Vernárom a Hranovnicou s jasnou väzbou na muránsky zlom (12).

Vývoj a prognóza tektonickej a seizmickej aktivity na území Slovenska od začiatku monitorovania

Analýzou historických makroseizmických javov a prístrojovým meraním cca od začiatku 20. storočia bolo možné na Slovensku vyčleniť oblasti zvýšenej seizmickej aktivity (obr. 6). Naďalej platí, že najaktívnejšou seizmickou zónou je oblasť Malých Karpát a Záhoria (c. f. Fojtíková et al., 2010). Seizmická činnosť v širšej oblasti Malých Karpát a Záhoria sa viaže na geologicky komplikovaný kontakt Východných Álp, Západných Karpát a Českého masívu vo Viedenskej panve. Oblasť je súčasťou veľkého zlomového systému, ktorý sa tiahne z východného Rakúska cez najzápadnejšiu časť Slovenska, tzv. tektonická línia Mur – Mürz – Leitha, s predĺžením do seizmicky najaktívnejšej oblasti na Slovensku – okolia Dobrej Vody. Aj keď sa seizmická energia v tejto oblasti uvoľňuje v súčasnosti v podobe slabých zemetrasení, fakt, že posledné silné zemetrasenie v oblasti Dobrej Vody bolo v roku 1906, naznačuje, že po vyše 100 rokoch môže v oblasti narastať tektonické napätie, ktoré sa môže prejaviť aj silným zemetrasením so škodami na infraštruktúre. To isté môžeme konštatovať aj v ohniskovej oblasti okolia Komárna: posledné silné zemetrasenia tam boli v 18. a prvej polovici 19. storočia, odvtedy je oblasť v štádiu relatívneho útlmu. Zvýšenú seizmickú aktivitu však môže naznačovať zemetrasenie z 29. 1. 2011 s epicentrom v severnom Maďarsku – M_L= 4,7, I_0 = 6 a 1 745 hlásení o jeho pozorovaní zo Slovenska (Madarás et al., 2011; Cipciar a Kristeková, 2012), alebo zemetrasenie s epicentrom pri Kolárove (17. 1. 2013; M_L = 2.9; k 21. 1. 2013 127 hlásení o pozorovaní).

V ostatných ohniskových zónach je trend uvoľňovania seizmickej energie viac-menej stabilizovaný. Stredne silné zemetrasenia (s lokálnou magnitúdou M_L = 4 – 4,5) sa vyskytli v poslednom dvadsaťročí mimo územia Slovenska, avšak v jeho relatívnej blízkosti (Krynica – 1992 – 1993 – Dębski et al., 1997; Zakopané 30. 11. 2004 – Wiejacz a Dębski (2005); Zakarpatská oblasť – Berehovo 23. 11. 2006, Spital am Semmering 7. 5. 2009). Na Slovensku boli epicentrá posledných silnejších zemetrasení v okolí Krupiny (1999), Vihorlatu (2003), prípadne Vrbového (13. 3. 2006). Zaujímavý je však trend nárastu makroseizmicky pocítených slabých zemetrasení s M_L do 2,0. Vo väčšine prípadov ide o zemetrasenia, ktoré mali plytkú hĺbku hypocentra (max. niekoľko km pod povrchom). Takéto slabé zemetrasenia sa vyskytujú v okolí Banskej Bystrice, Trenčína (Strážovské vrchy, Považský Inovec) a – najmä od roku 2008 – na Zemplíne. Veľmi dobrým rozhodnutím bolo zriadenie lokálnej seizmickej siete Východné Slovensko (LSSVS, prevádzkuje FMFI a GFÚ SAV od konca roku 2007), kde je jasný trend nárastu registrovaných seizmických javov. Či tento jav súvisí s prerozdeľovaním tektonických napätí a seizmickej aktivity alebo s novou možnosťou registrácie slabých zemetrasení v oblasti, ktorá doteraz nebola adekvátne monitorovaná, je v tejto chvíli predčasné tvrdiť. Podobne to platí aj o možnom náraste trendu uvoľňovania seizmickej energie z celkového počtu registrovaných seizmických javov na území Slovenska. Zatiaľ čo v roku 2004 bolo na Slovensku seizmometricky zaznamenaných 31 zemetrasení, v rokoch 2005 a 2006 to bolo vyše 50, v roku 2007 vyše 70 a v rokoch 2008 až 2010 vyše 80 (Moczo et al., 2011). Aj keď je tento trend spôsobený zvýšeným počtom seizmických staníc a zdokonalením ich prístrojového vybavenia, je možné, že v súčasnosti

registrujeme aj celkový nárast uvoľňovanej seizmickej energie. Pozitívnym javom je, že seizmická energia sa aj v seizmických oblastiach, v ktorých sa v minulosti častejšie vyskytovali silnejšie makrootrasy, uvoľňuje v súčasnosti početnejšími slabšími otrasmi. Pri takomto trende by ani v blízkej budúcnosti nemalo na Slovensku dochádzať k silným zemetraseniam.

Poďakovanie. Práca vznikla v rámci geologickej úlohy č. 207 Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky, subsystému 02 Tektonická a seizmická aktivita. Niektoré časti vznikli s podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja, projektu APVV-0158-06 (NEOTACT). Autori ďakujú RNDr. Pavlovi Liščákovi, CSc., za cenné pripomienky a revíziu anglických textov a doc. Mgr. Rastislavovi Vojtkovi, PhD., za recenzné posúdenie.

References

Bal, J., Förster, J. & Kauffman, A., 1910 – 1913: Hain Gáspár Löcsei krónikája. Löcse (Levoča), Reiss Józs. *T. könyvnyomó intézete, 558 s.*

Bezák, V. (ed.), Fleischer, P., Hanzel, V., Chovancová, B., Koreň, M., Kyselová, Z., Madarás, J., Maglay, J., Ostrožlík, M., Pavlarčík, S., Reichwalder, P., Bohuš, I., Čurlík, J., Ferenc, Š., Michalík, D., Soják, M., Kucharič, Ľ., Olšavský, M., Gross, P., Sýkora, M., Borecká, A., Danel, W., Derkacz, M., Gaździcka, E., Iwanow, A., Piotrowska, K. & Zabielski, R., 2011: Sprievodca ku geologickej mape Tatier 1 : 50 000. *MŽP SR, Št. Geol. Úst. D. Štúra; Štátne lesy TANAP-u; Państwowy Institut Geologiczny – Państwowy Institut Badawczy. 100 s.*

Biely, A., Bezák, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, I., Mello, J., Nemčok, J., Potfaj, M., Rakús, M., Vass, D., Vozár, J. & Vozárová, A., 1995: Geologická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000. *MŽP SP – GS SR, Bratislava.*

Briestenský, M., Stemberk, J. & Petro, Ľ., 2007: Displacements registered around the 13 March 2006 Vrbové earthquake M = 3.2 (Western Carpathians). *Geol. Carpath., 58, 487 – 493.*

Briestenský, M., Košťák, B., Stemberk, J., Petro, Ľ., Vozár, J. & Fojtíková, L., 2010: Active tectonic fault microdisplacement analyses: A comparison of results from surface and undeground monitoring in Western Slovakia. *Acta Geodyn. Geomater., 7, 4, 160, 387 – 397.*

Brouček, I., 1978: Intensity distribution of June 5, 1443 earthquake. *In: Procházková, D. and Kárnik, V. (eds.): Atlas of isoseismical maps Central and Eastern Europe. Geophysical Institute of the Czechoslovak Academy of Sciences, Prague.*

Bus, Z., Szeidovitz, G. & Vaccari, F., 2000: Synthetic seismogram based deterministic seismic zoning for the Hungarian part of the Pannonian Basin. *Pure appl. Geophys. Birkhäuser Verlag, Basel, 157, 205 – 220.*

Cipciar, A., 2001: Analýza údajov o zemetraseniach v seizmickej zdrojovej zóne Dobrá Voda. Rigorózna práca. *Manuskript. Archív FMFI UK, Bratislava, 50 s.*

Cipciar, A., Fojtíková, L., Bystrický, E., Kristeková, M., Franek, P., Gális, M., Kristek, J., Moczo, P. & Pažák, P., 2009: Slovak Earthquakes Catalogue, Version 2010. *GFÚ SAV, Bratislava.*

Cipciar, A. & Kristeková, M., 2011: Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami Geofyzikálneho ústavu SAV v roku 2010. *Manuskript. Archív Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava, 28 s.*

Cipciar, A. & Kristeková, M., 2012: Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami Geofyzikálneho ústavu SAV v roku 2011. *Manuskript. Archív Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava, 14 s.*

Dębski, W., Guterch, B., Lewandowska-Marciniak, H. & Labák, P., 1997: Earthquake sequences in the Krynica region, Western Carpathians, 1992–1993. *Acta geophys. pol., 45, 255 – 290.*

Fojtíková, L., Vavryčuk, V., Cipciar, A. & Madarás, J., 2010: Focal mechanisms of micro-earthquakes in the Dobrá voda seismoactive area in the Malé Karpaty Mts. (Little Carpathians), Slovakia. *Tectonophysics, 492, 1 – 4, 213 – 229.*

Franek, P., Kysel, R., Moczo, P. & Kristek, J., 2011: Aktualizácia mapy seizmického ohrozenia pre územie Slovenska. *Manuskript. Archív Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava.*

Fusán, O., Ibrmajer, J. & Plančár, J., 1979: Neotectonics blocks of the West Carpathians. *In: Babuška, V. & Plančár, J. (eds.): Geodynamic investigation in Czechoslovakia. Final Report. Veda, Bratislava, 187 – 192.*

Fusán, O., Ibrmajer, J., Kvitkovič, J. & Plančár, J., 1981: Block dynamic of the West Carpathians. *In: Zátopek, A. (ed.): Geophys. syntheses in Czechoslovakia. Final Report. Veda, Bratislava, 153 – 157.*

Fusán, O., Plančár, J. & Ibrmajer, J., 1987: Tektonická mapa podložia terciéru vnútorných Západných Karpát. *In: Fusán, O. et al. (ed.): Podložie terciéru vnútorných Západných Karpát. ŠGÚDŠ, Bratislava, 123 s.*

Glatz, A. C., Zubko, P. & Jiroušek, A., 2006: Kostol sv. Juraja v Spišskej Sobote. *Agentúra SÁŠA, Košice.*

Guterch, B., Lewandowska-Marciniak, H. & Niewiadomski, J., 2005: Earthquakes recorded in Poland along the Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians. *Acta geophys. pol., 53, 1, 27 – 45.*

Guterch, B., 2009: Sejsmiczność Polski w świetle danych historycznych (Seismicity in Poland in the light of historical records.). *Przegl. geol., 57, 513 – 520.*

Hefty, J., Hipmanová, L., Gerhátová, Ľ., Igondová, M. & Droščák, B., 2010: Recent geokinematics of Slovakia based on homogenized solutions of permanent and epoch GPS networks. *Acta Geodynamica et Geomaterialia, 7, 159, 303 – 315.*

Hlavnová, A., Hók, J. & Pešková, I., 2008: The Quaternary stress orientation changes related to the origin of the Demänová cave system. *In: Németh, Z. (ed.): 7th Annual Seminary of Slovak Geological Society – New knowledge about geological setting and evolution of Western Carpathians. Miner. Slov., 40, 3 – 4, Geovest., p. 220.*

Hók, J., Bielik, M., Kováč, P. & Šujan, M., 2000: Neotektonický charakter územia Slovenska. *Miner. Slov., 32, 5, 459 – 470.*

Hók, J., Marko, F., Vojtko, R. & Kováč, M., 2007: Pukliny v granitoch pohoria Tribeč (Západné Karpaty). *Miner. Slov., 39, 283 – 292.*

Hók, J., 2010: Čo nám hrozí z podzemia? Geovedy pre každého. *Manuskript. Archív PF UK, Bratislava, 6 s.*

Hrašna, M., 1997: Seizmotektonická mapa Slovenska. *Miner. Slov., 29, 427 – 430.*

Hrašna, M., 1998: Tektonická a seizmická aktivita územia Slovenska. *In: Wagner, P. & Durmeková, T. (eds.): Geology & Environment. Dionýz Štúr Publ., Bratislava, 107 – 109.*

Hrašna, M., 2002: Monitorovanie tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska. *Geol. Práce, Spr., 106, 103 – 114.*

Hrašna, M., Ferianc, D. & Petro, Ľ., 2011: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky. Tektonická a seizmická aktivita územia. Subsystém 02. Správa za obdobie: rok 2010. *Manuskript, Archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 9 s.*

Hutka, D. & Uhrin, M., 2011: Zaujímavé prírodovedné záznamy z kroník mesta Tisovec. *Reussia, 6, 1 – 2, 111 – 122.*

Jeitteles, L. H.,1859: Das Erdbeben am 15. Jänner 1858 in den Karpathen und Sudeten. *Sitz.-Ber. K. Akad. Wiss., math.--naturwiss. Kl. (Wien), 35, 511 – 592.*

Kárník, V., Michal, E. & Molnár, A., 1957: Erdbebenkatalog der Tschechoslowakei bis zum Jahre 1956. *Práce Geofyz. Úst. Čs. Akad. Věd, 69, 411 – 598.*

Kárník, V., Procházková, D. & Brouček, I., 1981: Catalogue of Earthquakes for the Territory of Czechoslovakia for the Period 1957–1980. *Travaux Géophis., Praha, XXIX, 555, 155 – 186.*

Kostak, B., 1969: A new device for in-situ movement detection and measurement. *Experimental Mechanics. SESA (American Society for Experimental Stress Analysis) Journal, 9, 374 – 379.*

Kornhuber, G. A., 1858: Das Erdbeben vom 15. Jänner 1858. Mitgetheilt in de Versammlung des Vereins für Naturkunde zu Presburg am 12. April 1858. 23 – 54.

Kováč, M., Bielik, M., Hók, J., Kováč, P., Kronome, B., Labák, P., Moczo, P., Plašienka, D., Šefara, J. & Šujan, M., 2002: Seismic activity and neotectonic evolution of the Western Carpathians. *In: Cloeting, S. D. P. L., Horváth, F., Bala, G. & Lankreijer, A. C. (eds.): Neotectonics and surface processes: the Pannonian Basin and Alpine/Carpathian System. EGU Stephan Mueller Special Publication Series, 3, 167 – 184.*

Kozák, J. & Prachař, I., 2010: First macroseismic map in transalpine Europe (1810 Mór earthquake in the Pannonian Basin). *Stud. Geophysica et Geodaetica, 54, 2, 339 – 341.*

Kvitkovič, J. & Vanko, J., 1990: Recentné vertikálne pohyby Západných Karpát pre epochu 1951 – 1976. *Geogr. Čas. Slov. Akad. Vied, 42, 4.*

Labák, P. & Brouček, I., 1996: Katalóg makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska od roku 1034. (Verzia 1996). *Manuskript. Archív Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava.*

Labák, P., 2000: Pravdepodobnostný výpočet charakteristík seizmického ohrozenia pre lokalitu atómových elektrární Bohunice. [Dizertačná práca.] *Manuskript. Archív Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava, 120 s.*

Madarás, J., Pažák, P., Kristeková, M., Fojtíková, L., Labák, P. & Cipciar, A., 2008: Zemetrasenia na Slovensku. *Enviromagazín, MŽP SR a SAŽP, Banská Bystrica, 13, 5, 4 – 7, príloha s. 5 – 7.*

Madarás, J. & Fojtíková, L., 2009: Seizmická aktivita na Slovensku vo vzťahu k tektonike. *In: Zbor. abstraktov Spoločného geologického kongresu Slovenskej a Českej geologickej spoločnosti. ŠGÚDŠ, Bratislava, 120 – 121*.

Madarás, J., Pažák, P., Franek, P. & Fojtíková, L., 2011: Tektonická interpretácia zemetrasenia v severnom Maďarsku 29. januára 2011. *Miner. Slov., 43, 2, 157 – 162.*

Maglay, J., Halouzka, R., Baňacký, V., Pristaš, J. & Janočko, J., 1999: Neotektonická mapa Slovenska 1 : 500 000. *ŠGÚDŠ, MŽP SR, Bratislava.*

Malytskyy, D., 2006: Seismicity of the Carpathian region. *International Journal of Physical Sciences, 1, 2, 85 – 92.*

Marko, F., Fodor, L. & Kováč, M., 1991: Miocene strike-slip faulting and block rotation in Brezovské Karpaty Mts. *Miner. Slov., 23, 201 – 213.*

Mentes, G., 2008: Observation of recent tectonic movements by extensometers in the Pannonian Basin. *J. Geodynamics, 45, 169 – 177.*

Moczo, P. & Labák, P., 2000: Zemetrasenia a seizmické ohrozenie. *Manuskript. Archív Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava, 24 s.*

Moczo, P., Labák, P., Cipciar, A., Kristek, J., Kristeková, M., Bielik, M., Šajgalíková, J. & Režuchová, D., 2002: 100 rokov seizmológie na Slovensku/100 Years of Seismology in Slovakia. *Geofyzikálny ústav SAV a Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Bratislava, 106 s.*

Moczo, P., Bielik, M., Kristek, J., Kristeková, M., Gális, M., Fojtíková, L., Cipciar, A., Franek, P. & Bystrický, E., 2011: Seismological and integrated geophysical research in Slovakia 2007–2010. *Contributions to Geophysics and Geodesy, 41, special issue, 83 – 111.*

Pagaczewski, J., 1972: Catalogue of earthquakes in Poland in 1000–1970 years. *Publs. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sc., 51, 3 – 36.*

Pešková, I. & Hók, J., 2008: Quaternary dynamics of the Liptovská kotlina Basin inferred from the travertine deposits disruption and Váh River terraces asymmetry. *In: Németh, Z. (ed.): 7th Annual Seminary of Slovak Geological Society – New knowledge about geological setting and evolution of Western Carpathians. Miner. Slov., 40, 3 – 4, Geovest., p. 220.*

Pešková, I., Hók, J. & Sklenková-Hlavnová, A., 2011: The integration of the brittle structures analysis, river terraces asymmetry and travitonics: An approach to detect the Quaternary tectonics (Liptov region, Western Carpathians). *Travaux Géophysiques, 40, 60.*

Petro, Ľ., Bóna, J., Košťák, B., Hók, J. & Bella, P., 2012: Investigations into recent geodynamic activity of selected tectonic structures in the Western Carpathians (Slovak Republic). *Engineering Geology, under review.*

Pospíšil, L., Buday, T. & Fusán, O., 1992: Neotektonické pohyby v Západních Karpatech. *Západ. Karpaty, Sér. Geol., 16, 65 – 84.*

Pospíšil, L., Mikšová, J. & Kováčik, M., 2007: Oblasti karpatské litosféry se zvýšeným rizikem a geodynamickou aktivitou. *Acta Montanistica Slovaca, 12 (Spec. Issue), 105 – 114.*

Réthly, A., 1907: Az 1906 évi Magyarországi földrengések. Die Erdbeben in Ungarn im jahre 1906. *M. Kir. Orsz. Meteorológiai és Földmágnességi Intézet, Budapest.*

Réthly, A., 1952: A Kárpátmedencék földrengései (455–1918). *Akadémiai Kiadó, Budapest, 510 pp.*

Roguľová, J., 2002: Keď sa trasie zem. Historická seizmická aktivita na Slovensku. *História, Revue o dejinách spoločnosti, Historický ústav SAV, Bratislava, 2, 1, 36 – 38.*

Schmidt, J., 1858: Untersuchungen ueber das Erdbeben am 15. Jänner 1858. *Mitt. Geogr. Gesell. II. Jahrgang. II. Heft, Wien, 1 – 72.*

Šefara, J., Kováč, M., Plašienka, D. & Šujan, M., 1998: Seismogenic zones in the Eastern Alpine-Western Carpathian-Pannonian junction area. *Geol. Carpath., 49, 4, 247 – 260.*

Tóth, L., Mónus, P., Zsíros, T., Bus, Z., Kiszely, M. & Czifra, T., 2011: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin – 2010 GeoRisk – MTA GGKI, Budapest, 140 oldal.

Vojtko, R., Hók, J., Kováč, M., Sliva, Ľ., Joniak, P. & Šujan, M., 2008: Pliocene to Quaternary stress field change in the western part of the Central Western Carpathians (Slovakia). *Geol. Quart., 52, 19 – 30.*

Wiejacz, P. & Dębski, W., 2005: Podhale, Poland, Earthquake of November 30, 2004. *Acta Geophysica, 57, 2, 346 – 366.*

Zamg (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), 2008: Jahrbuch 2008, Seismische Beobachtungen.

Zátopek, A., 1940: Zemětřesná pozorování na Slovensku a bývalé Podkarpatské Rusi 1923–1938. Erdbebenbeobachtungen in der Slowakei und in ehem. Karpaterussland 1923–1938. *Spec. Práce, 2, Publikace Geofysikálního ústavu v Praze. Specialarbeit Nr. 2, Prag, Inst. f. Geophysik. 79 s.*

Zedník, J., 2012: Bulletiny seismických jevů, zaregistrovaných stanicemi České regionální seismické sítě. (Od r. 1976).

Rukopis doručený 21. 1. 2013
Revidovaná verzia doručená 24. 1. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Definition of the seismic active regions in Slovakia based on historical earthquake records and current monitoring of tectonic and seismic activity

Region of the Western Carpathians in Slovakia can be characterized as an area with a moderate seismic activity. Study of historic data about earthquakes, current seismic and tectonic monitoring (Fig. 1) by National Network of Seismic Stations (data from Geophysical Institute of the Slovak Academy of Sciences), geodetic data from permanent measurements in deep stabilized points (Slovak Space Observing Service – Euref Permanent Network – Figs. 2 and 3) and recent tectonic fault activity measurements by TM-71 extensometers (Figs. 4 and 5), as

well as geological and geophysical studies, have allowed to allocate the seismic active regions and fault zones (Fig. 6):

A. ***South Slovakia region*** – *Komárno, Štúrovo subregions.* The strongest earthquakes in the region occurred in the 18th and 19th centuries. The region is characterized by relatively large depth of earthquakes hypocentre (20–30 km). The causes of earthquakes are probably in the deep tectonic interface between Carpathian and Pannonian Earth´s crust blocks – E–W oriented Rába – Hurbanovo – Diósjenö suture fault zone (1), crossing with N–S oriented fault zone from Komárno to Berhida near Balaton Lake.

B. ***West Slovakia region*** – *Záhorie, Pernek – Modra, Dobrá Voda subregions.* The Malé Karpaty Mts. range represents a mountain horst structure between the Vienna and Danube basins. The area of the Dobrá Voda village is the most active seismic area in the 20th century. Historically felt earthquakes around Bratislava show the high degree of uncertainty (± 20 – 50 km); likely the strong earthquakes have been registered from the seismic very active area close to Burgenland and Lower Austria in the interface zone between the Eastern Alps and Western Carpathians – the tectonic line Mur – Mürtz – Leitha with the extension on Litava (Leitha) faults in the Slovak part of the Vienna Basin. One of the possible continuations of this system of faults of the NE–SW directions is Malé Karpaty Mts. fault (2). Seismic activity particularly around the Dobrá Voda village can be attributed to deep and low angle tectonic interfaces – flower structure in the upper crust at depths of 5–15 km of the Dobrá Voda fault (3) and its parallel rootstock. The majority of hypocentres is located in the depths of 10–20 km.

C. ***Central Váh river valley*** – *Trenčín, Žilina subregions.* According to the localization of earthquakes in the Váh river valley, parallel with the course of the Pieniny Klippen Belt, their source could be a suture zone between Internal and External zone of the Western Carpathians. The isoseist image of the earthquake in Žilina area in 1858 indicates as its possible source a Strečno fault (5). The earthquakes source around Trenčín is probably Trenčianske Jastrabie fault (4). In the vicinity of Trenčín the hypocenter depth is around 15 km.

D. ***North Slovakia region*** – *Orava, Tatry, Spiš subregions.* The frequent earthquakes in the foothills of the Tatry Mts. we can relate to the relatively rapid Quaternary uplift of the Tatry Mts. block and subsidence tectonics in the surrounding sedimentary basins. Relatively numerous micro, and macroseismic events are an interesting phenomena along the Chočské vrchy Mts. fault (6). The phenomena in the Northern Spiš region could be linked to the Ružbachy fault (7). Depth of the earthquakes´ hypocentres ranges between 10–20 km.

E. ***East Slovakia region*** – *Zemplín, Šariš, Slanské vrchy Mts. subregions.* The easternmost seismogenic area is a kind of "crossroads" of different geological interfaces: contact area between external Carpathians Flysch Belt with eastern part of the Pieniny Klippen Belt (8), Neogene volcanics range of the Slanské vrchy Mts., Vihorlat Mts., Popričný Mts., eastern part of the Pannonian Basin. The N–S oriented Slanské vrchy Mts. fault, or Hornád river faults (9, 10) separate – according some studies the Western and Eastern Carpathians blocks. To decipher the causes of relatively frequent earthquakes in this area is therefore very difficult, but thanks to the Local Seismic Network of Eastern Slovakia (since 2007) we will resolve this issue in the near future.

F. ***Central Slovakia region*** – *Banská Bystrica, Krupina subregions.* The surrounding of the town of Banská Bystrica (with first historically described strong earthquake in 1443) is located in the crossing of N–S oriented Central Slovakian fault system (16) and E–W oriented shallow tectonic interface – Čertovica line (15). Characteristic is shallow hypocenter depth of earthquakes (up to 10 km); relatively weaker earthquakes can cause more sensible effects (such as an earthquake on 2nd May 2008, East of Banská Bystrica, which was very shallow (up to 2 km) and weak (local magnitude 0.9) but nevertheless macroseismically felt. Near Krupina town there was recorded an earthquake swarm in 1999 (max. local magnitude 4.2).

G. ***Seismic active and potentially active faults zones.*** The phenomena, which are located outside the described seismic active areas but the intensity of the earthquakes has reached the level of concern (e.g. Vikartovce fault (11), Muráň – Divín fault (12), Zdychava line (13), Rapovce – Lysec zone (14), Šindliar fault (17) and others). Through the optimization of the epicentre localization recorded by seismic stations, microseismic analysis, seismic field measurements in situ, recent tectonic measurements on active faults and precise geodetic measurements in the near future we can expect more accurate identification of these recently active tectonic interfaces.

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 365 – 374
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Monitorovanie a hodnotenie vplyvu antropogénnych sedimentov charakteru environmentálnych záťaží na vodnú zložku prostredia v rámci monitorovania geologických faktorov

SLAVOMÍR MIKITA

Štátny geologický ústav D. Štúra, oddelenie hydrogeológie, geotermálnej energie a geochémie, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava; slavomir.mikita@geology.sk

Monitoring and evaluation of the impact of anthropogenic sediment having character of environmental load on the hydrosphere within the monitoring of geological factors

The Subsystem 03, being a part of monitoring of geological factors, provides monitoring and evaluation of the effects of selected anthropogenic sediments with character of environmental loads (ASCHEL) on the hydrosphere. Subsystem has been developed since 1998 and has undergone several changes, especially related to development issues and social requirements in this area. From 2005 up to the present, the activities of the subsystem have targeted to specific sites in Slovakia, having typical contaminant spreading patterns in different geological environments. The Subsystem is running like long-term monitoring applied within specific purpose on given locality and is set up with minimum expenses. A large amount of data in different site conditions can be obtained so the main mechanism for the contaminants spreading in specific bedrock can be described more precisely. Obtained knowledge can be used on other sites with similar geological conditions, so more efficient approach can be applied. Part of Subsystem 03 is a preliminary impact assessment. It is used for evaluation and quantification of the influence from ASCHEL to hydrosphere.

Key words: monitoring, environmental loads, ground water, surface water, contaminants, impact assessment

Úvod

Súčasťou monitorovania geologických faktorov životného prostredia v Štátnom geologickom ústave D. Štúra je podsystém 03, ktorého nosnú časť predstavuje monitorovanie a hodnotenie vplyvu antropogénnych sedimentov charakteru environmentálnych záťaží (ASCHEZ) na vodnú zložku prostredia.

Problematika vysporiadania sa s environmentálnymi záťažami je na Slovensku mimoriadne aktuálna (napr. „Štátny program sanácie environmentálnych záťaží“ z r. 2010). Vodná zložka patrí ku kvalitatívne najcitlivejším činiteľom životného prostredia. Preto je potrebné zabezpečiť jej prioritnú ochranu tak, aby boli splnené viaceré požadované ciele vyplývajúce z medzinárodných dohôd (napr. „Rámcová smernica o vodách“ z r. 2000 a jej tzv. „Dcérska smernica“ z r. 2006).

Objektívne posúdenie vplyvu ASCHEZ na okolie si vyžaduje disponovať optimálnym množstvom reprezentatívnych informácií o stave a vývoji situácie v danej lokalite. Je dôležité poznať procesy prebiehajúce v systéme zdroj znečistenia – horninové prostredie – voda (Fetter, 1999). Ide o pomerne komplexné a zároveň špecifické procesy, dynamicky sa meniace s trvaním často desiatky až stovky rokov (Vaníček, 2002). Mechanizmus transportu väčšiny kontaminantov je podmienený v prvom rade pohybom vodnej zložky v horninovom prostredí a následne samotnými vlastnosťami kontaminantov, ktoré sú v nej rozpustené (Christensen et al., 2001).

Situovanie ASCHEZ je na Slovensku zviazané s veľmi rozdielnym horninovým prostredím, z čoho vyplývajú aj rôzne formy prejavov šírenia znečisťujúcich látok v ich okolí. V praxi sa ukázalo, že zaužívané monitorovacie systémy sú často nastavené univerzálne a neumožňujú získavať reprezentatívne údaje vzhľadom na reálnu situáciu v lokalite. Dôsledkom toho je potom nesprávne posúdenie vplyvu environmentálnych záťaží na prírodné prostredie. Ako prínosné sa ukazuje využitie koncepčných modelov vypracovaných na základe riešenia komplexnejších prieskumov a cieleného monitoringu s dlhodobejším trvaním (napr. Vybíral et al., 2005).

Prístup založený na koncepčných modeloch sa využíva aj v podsystéme 03. Uplatňuje sa pri ňom dlhodobý, účelový a zároveň finančne nenáročný spôsob monitorovania vplyvu z ASCHEZ rôzneho charakteru na podzemnú vodu a povrchovú vodu viazanú na horninové prostredie, v ktorom sú environmentálne záťaže (EZ) na Slovensku najčastejšie situované. Takýto spôsob umožňuje efektívnejšie a reálnejšie charakterizovať dominantný mechanizmus šírenia kontaminantov v lokalite a faktory, ktoré ho ovplyvňujú. Získavané poznatky a skúsenosti sú široko využiteľné pri ich aplikovaní na riešenie problémov

pri ostatných EZ s podobnými podmienkami šírenia kontaminantov.

Charakteristika podsystému 03

Účelom podsystému 03 je:

• dostatočne charakterizovať aktuálnu situáciu v lokalite a tiež predpovedať jej možné dôsledky na životné prostredie,

• kvantifikovaním vplyvu EZ na podzemnú vodu a povrchovú vodu objektívne posúdiť vážnosť – riziko jej ohrozenia,

• využívať nové poznatky a skúsenosti z predmetnej oblasti a ich účelným aplikovaním na reálne problémy hľadať racionálnejšie spôsoby ich riešenia.

Podsystém sa vyvíja od roku 1998, pričom prešiel viacerými zmenami, ktoré súvisia najmä s vývojom problematiky a so spoločenskými požiadavkami v predmetnej oblasti. Od roku 2005 po súčasnosť sa aktivity v rámci podsystému zameriavajú na ***monitoring vybratých lokalít, ktoré predstavujú významné riziko ohrozenia jednotlivých zložiek geologického prostredia a zároveň reprezentujú typové prejavy šírenia kontaminantov v geologickom prostredí Slovenska***.

Monitorované sú nasledujúce lokality: *Bojná, Devínska nová Ves-Srdce, Dunajská Streda, Hrabovčík, Modra, Myjava-Surovín, Myjava-Holičov vrch, Krompachy-Halňa, Poša, Prakovce, Šaľa, Šulekovo-Fe kaly, Uzovská Panica, Zemianske Kostoľany* (obr. 1).

Zaradenie ASCHEZ do podsystému 03 je podmienené tiež rôznorodosťou zdroja kontaminácie z hľadiska:

• zastúpenia jednotlivých kontaminantov – skládky komunálneho odpadu, skládky priemyselného odpadu, odkaliská,

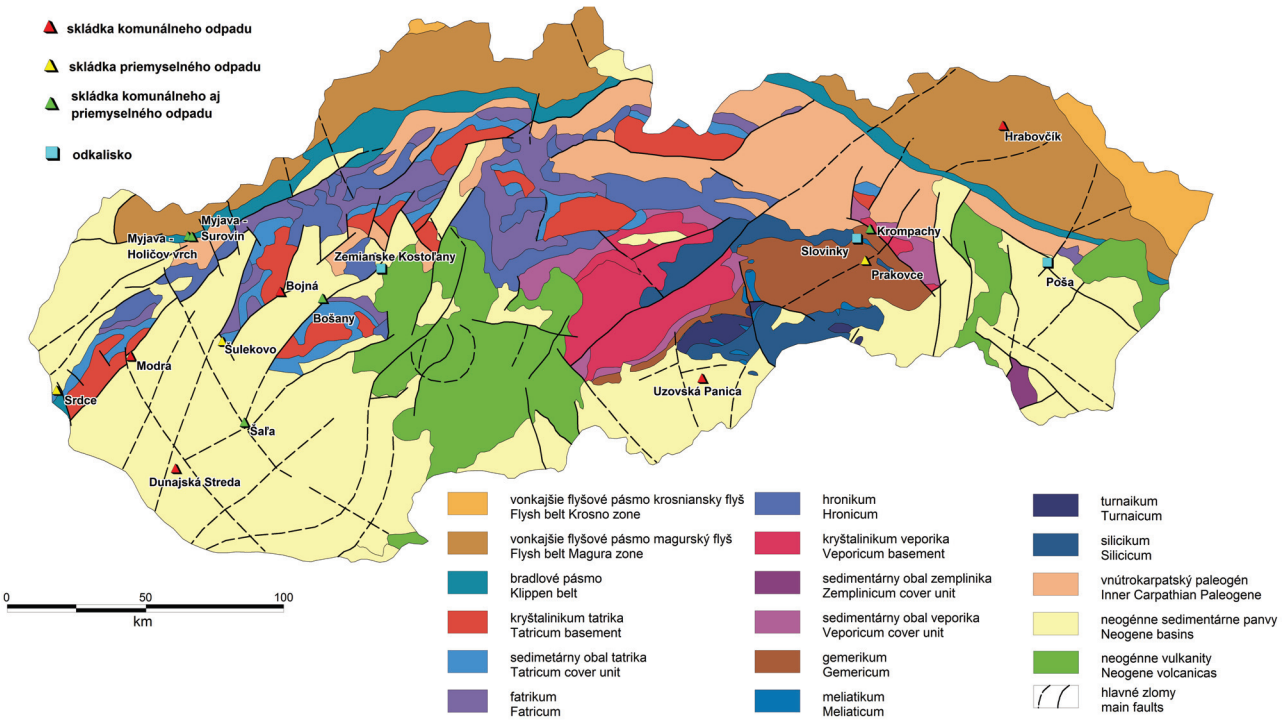
• obmedzenia možného šírenia znečistenia do prostredia – zdroj znečistenia je izolovaný technickými opatreniami alebo bez nich (nepriepustné podložie, pokryvná nepriepustná vrstva, podzemná tesniaca stena, stabilizácia čela skládky a pod.),

• veku uloženého odpadu – obyčajne s časom dochádza k degradácii materiálu, čím sa zmierňuje aj jeho vplyv na prostredie.

Ďalším z kritérií výberu lokalít je, že k nim existuje väčšie množstvo dostupnejších a komplexnejších informácií z prieskumu alebo monitoringu. Charakteristika monitorovaných lokalít je stručne vyjadrená v tab. 1.

Systém monitoringu EZ

Systém monitoringu EZ je postavený najmä na chemickom analyzovaní vôd v prostredí kontaminovanej lokality a jej blízkeho okolia. Jeho účelom je v priestore a čase identifikovať zastúpenie a mieru sledovaných parametrov tak, aby bolo možné vyhodnotiť, k akým zmenám dochádza v zóne interakcie, teda v smere prúdenia vôd medzi A – pozaďovou oblasťou (kontamináciou nezasiahnutou), B – zdrojom znečistenia, C – oblasťou zasiahnutou kontamináciou (obr. 2).



Obr. 1. Poloha monitorovaných lokalít (zostavené podľa Bieleho et al., 1996).

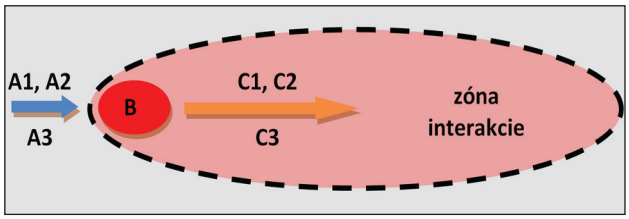
Fig. 1. Location of monitoring sites (compiled after Biely et al., 1996). Red triangle – municipal waste dump; yellow triangle – industrial waste dump; green triangle – municipal and industrial waste dump; blue square – settling pit.

Tab. 1
Charakter lokalít a frekvencia ich monitorovania
Type of sites and frequency of their monitoring

Monitorované lokality	Charakter lokality	Koncepčný model	Frekvencia monitorovania – ročne ŠGÚDŠ/externé zdroje
Bojná	Stará a nová STKO	A + B – rôzne generácie zdrojov znečistenia	1/4
Devínska Nová Ves--Srdce	Ropné látky (gudróny) v starom vápencovom lome	E	1 x za 5 rokov/0
Dunajská Streda	Rekultivovaná STKO	C	1 x za 5 rokov/0
Krompachy-Halňa	Rekultivovaná SPO	B – inundačná oblasť	1 x za 5 rokov/2
Modra	Rekultivovaná STKO	A – klimatický vplyv	1/1
Myjava-Surovín	Rekultivovaná STKO a SPO	A – zmiešavacie procesy	1/1
Poša	Odkalisko a kontaminované fluviálne náplavy	A + B	1 x za 5 rokov/1
Prakovce	Rekultivovaná SPO	B – inundačná oblasť	1 x za 5 rokov/1
Šaľa	Rekultivovaná STKO a SPO s PTS	B + D – 2 zvodnence	1/2
Šulekovo – železité kaly	SPO s PTS	B + D – zmena smeru prúdenia podzemnej vody, inundačná oblasť	1/2
Zemianske Kostoľany	Odkalisko a kontaminované fluviálne náplavy	B	1 x za 5 rokov/2
Myjava-Holičov vrch	Rekultivovaná STKO a SPO	A – klimatický vplyv, zmiešavanie, rozdielne horninové prostredie	1 x za 5 rokov/0
Hrabovčík	Rekultivovaná STKO	A – klimatický vplyv, zmiešavanie	1 x za 5 rokov/1
Uzovská Panica	Čiastočne rekultivovaná STKO	A – zmiešavacie procesy	1 x za 5 rokov/0

Poznámka: STKO – skládka komunálneho odpadu; SPO – skládka priemyselného odpadu; PTS – podzemná tesniaca stena

Notice: STKO – municipal waste landfill; SPO – industrial waste landfill; PTS – groundwater containment wall



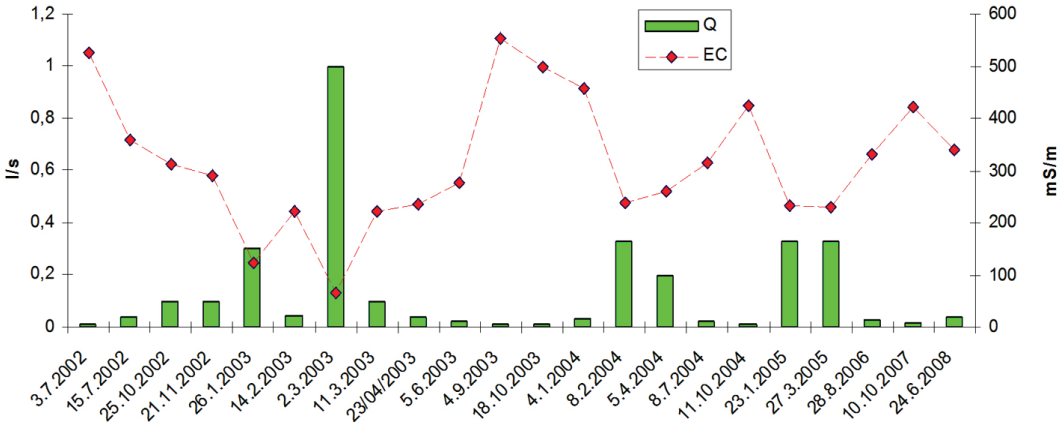
Obr. 2. Schematický model šírenia znečistenia v horninovom prostredí a rozmiestnenie monitorovaných miest vzhľadom na šírenie znečistenia.

Fig. 2. Schematic model of the contamination spreading in the rock environment and distribution of monitoring sites according to the spread of contamination.

Monitorovací systém v lokalite vychádza z dominantného mechanizmu šírenia znečistenia v danom horninovom prostredí. ASCHEZ sú v podsystéme 03 systematicky zaradené na základe mechanizmu šírenia znečistenia v horninovom prostredí SR do 5 základných typov (A – E):

A – hĺbka nepriepustného podložia je tesne pod zdrojom znečistenia, obyčajne v prostredí s dynamickejšou morfológiou terénu, hladina podzemnej vody býva nespojitá, šírenie znečistenia je silne závislé od klimatických podmienok (používa sa tiež označenie tzv. údolný typ).

Závislosť zmien mernej elektrickej vodivosti priesakovej kvapaliny od klimatických podmienok sa dá dobre sledovať napr. v lokalite Holičov vrch (obr. 3).



Obr. 3. Zmeny množstva priesakovej kvapaliny a jej mernej elektrickej vodivosti.

Fig. 3. Changes in the amount of leachate and its electrical conductivity measuring.

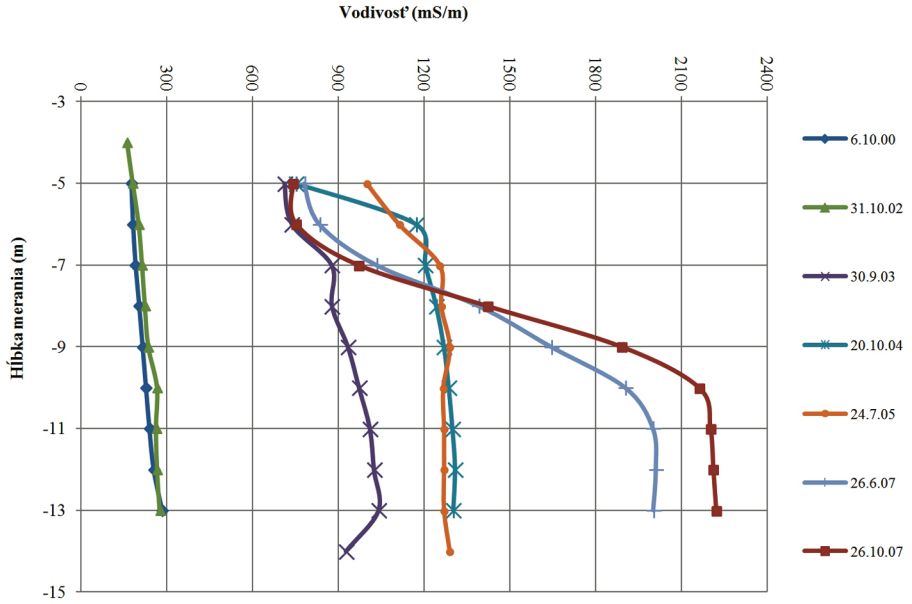
B – hĺbka nepriepustného podložia sa nachádza do cca 20 m pod zdrojom znečistenia, šírenie znečistenia prebieha v prvom zvodnenci s voľnou hladinou podzemnej vody, smer prúdenia podzemnej vody býva často ovplyvňovaný väčším povrchovým tokom (používa sa tiež označenie tzv. inundačný typ).

Na obr. 4 sa dá pozorovať, ako sa mení v lokalite Šulekovo situácia v indikačnom monitorovacom vrte vplyvom zmien prúdenia podzemnej vody, ktorá je v hydraulickom kontakte s riekou Váh.

C – hĺbka nepriepustného prostredia sa nachádza v hĺbke viac ako 20 m pod zdrojom znečistenia, šírenie znečistenia prebieha v priepustnom zvodnenom horninovom prostredí, pohyb kontaminantov býva kontrolovaný najmä regionálnym prúdením podzemnej vody a charakterom kontaminantov.

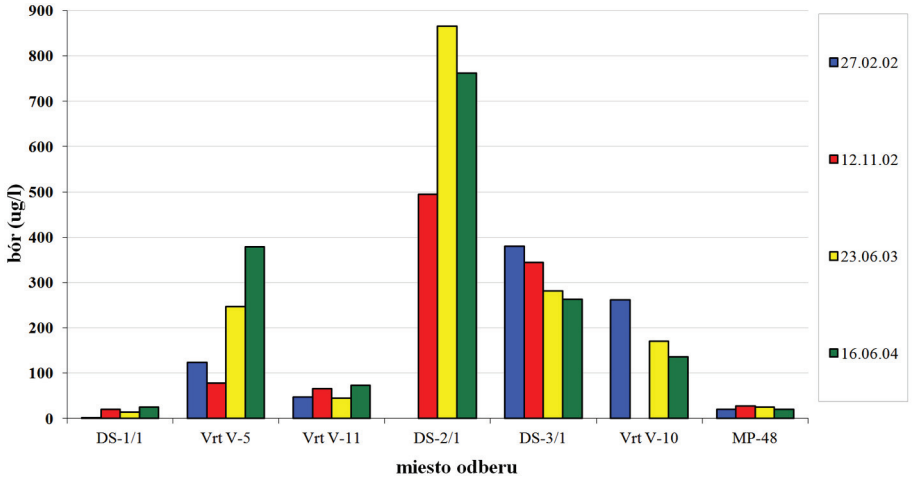
Na príklade z lokality Dunajská Streda sa dá pozorovať, ako v smere prúdenia vody dochádza vo vrtoch DS-3/1, V-10 a MP-48 k zníženiu obsahu bóru, ktoré je podmienené predovšetkým zaklesávaním kontaminačného mraku do podložia (obr. 5). Táto skutočnosť je dôsledkom vyššej hustoty unikajúcej priesakovej kvapaliny z EZ, ako má okolitá neznečistená voda.

D – zdroj znečistenia je ohraničený podzemnou tesniacou stenou (PTS), ktorá predstavuje umelú bariéru oproti prirodzenému prúdeniu podzemnej vody, resp. šíreniu znečistenia v danom prostredí.



Obr. 4. Zmeny vodivosti vody v indikačnom monitorovacom vrte podmienené zmenami smeru prúdenia podzemnej vody.

Fig. 4. Changes of water conductivity values along monitoring borehole influenced by changes in the direction of the groundwater flow.



Obr. 5. Hodnoty bóru namerané na monitorovaných miestach situovaných v smere prúdenia podzemnej vody.

Fig. 5. Boron values measured at monitoring points located in the direction of the groundwater flow.

Na obr. 6 je zdokumentované súbežné kolísanie hladiny podzemnej vody vnútri skládky aj za PTS v lokalite Šaľa, čo poukazuje na nefunkčnosť sanačných opatrení.

E – hladina podzemnej vody nie je v dosahu monitorovacích objektov, šírenie znečistenia prebieha cez nesaturovanú zónu.

Monitorovanie tohto typu ASCHEZ je zabezpečované najmä geofyzikálnymi meraniami. Uplatnenie majú najmä geoelektrické odporové merania: odporové profilovanie – OP, odporové sondovanie – VES, multielektródové usporiadanie – MES (Putiška, 2005). V prípade prítomnosti prirodzených vývervov v širšom okolí zdroja znečistenia, ktoré súvisia s predpokladaným smerom šírenia kontaminantov, sa dajú aplikovať klasické hydrogeologické a hydrogeochemické metódy.

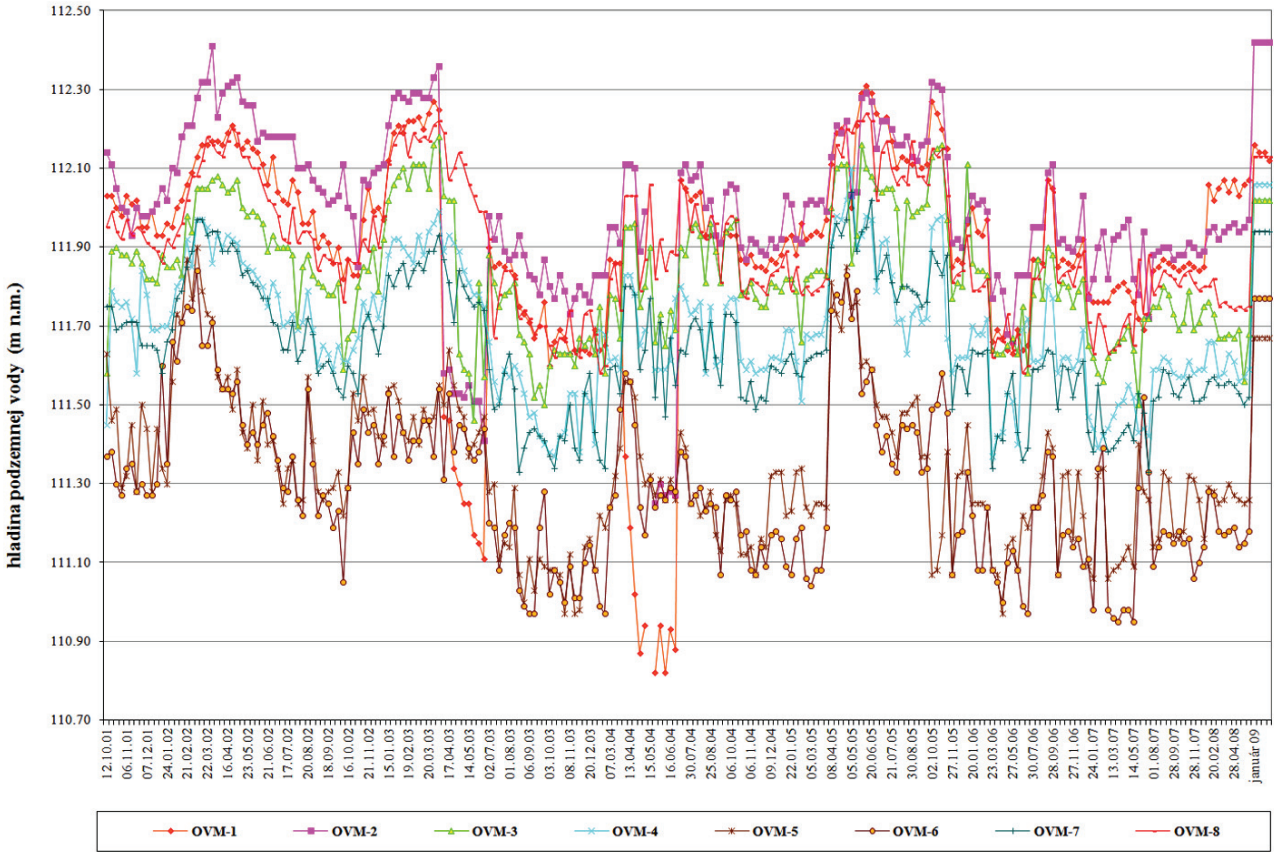
Jednotlivé typy mechanizmov šírenia znečistenia v horninovom prostredí sú bližšie opísané a zobrazené vo forme koncepčných modelov vo viacerých dokumentoch (napr. Vybíral et al., 2005; Mikita, 2010).

Aj keď každá z lokalít je osobitá a vyznačuje sa špecifickými prejavmi šírenia kontaminantov, je možné rozlíšiť hlavné mechanizmy týchto prejavov a priradiť ich do niektorého z vyššie uvádzaných koncepčných modelov, resp. ich kombinácii (tab. 1). Zaradenie lokalít umožňuje využiť poznatky a skúsenosti, ktoré sa spájajú s daným modelom, čo zefektívňuje a optimalizuje nastavenie monitorovacieho systému v konkrétnej lokalite.

Monitorovací systém pozostáva z monitorovacích miest (vrty, šachty, studne, pramene, toky, mláky, jazerá, drenáže a pod.). V okolí ASCHEZ sú rozmiestnené tak, aby sa dali získať reprezentatívne informácie (dáta) o situácii v lokalite vzhľadom na šírenie kontaminantov v danom priestore a čase a aby bolo možné objektívne vyhodnotiť vplyv zdroja znečistenia na hydrosféru (obr. 2). V zmysle šírenia znečistenia, ktoré je obyčajne zhodné so smerom prúdenia podzemnej vody, možno monitorovacie miesta rozdeliť na:

a) ***Referenčné monitorovacie miesta*** – poskytujú informácie o prirodzenej kvalite vody v danom prostredí ešte pred jej vstupom do zdroja znečistenia. Referenčné miesto sa vzťahuje pri podzemných vodách na plytší – 1. zvodnenec (A1) alebo hlbší – 2. zvodnenec (A2), pri povrchových vodách ide obyčajne o miesto na toku pred sútokom so znečistením z ASCHEZ (A3).

b) ***Miesta reprezentujúce priesakovú kvapalinu*** – ide o vodu, ktorá sa dostala k zdroju znečistenia, zmiešala sa s výluhmi z uloženého odpadu a transformovala sa fyzikálne, chemicky a biologicky v podmienkach zdroja



Obr. 6. Porovnanie vývoja hladiny podzemnej vody vo vrtoch vnútri skládky (vrty „OVM“) a na vonkajšej strane PTS (ostatné vrty).

Fig. 6. Comparison of the groundwater level development in particular wells within the landfill (wells “OVM”) and the outside of the PTS (other wells).

znečistenia na priesakovú kvapalinu (B). Priesaková kvapalina má obyčajne najmenej priaznivé hodnoty sledovaných ukazovateľov v lokalite.

c) ***Indikačné monitorovacie miesta*** – indikujú únik, resp. umožňujú charakterizovať ovplyvnenie vody znečistením na mieste, na ktorom sa nachádzajú. Pri podzemných vodách sa rozlišuje ovplyvnenie plytšieho – 1. zvodnenca (C1) alebo hlbšieho – 2. zvodnenca (C2). Pri povrchovej vode ide obyčajne o miesto na toku pod sútokom so znečistením (C3). Ideálne situovanie indikačného monitorovacieho miesta je v osi šírenia znečistenia v rôznej vzdialenosti od zdroja znečistenia. Indikačné monitorovacie miesta by zároveň mali byť rozmiestnené tak, aby umožnili sledovať priestorové a časové zmeny šírenia znečistenia.

Zber dát prebieha systematicky podľa programu monitoringu v každej lokalite osobitne. Program monitoringu predstavuje harmonogram prác pre efektívny a optimálny spôsob získavania dát. Účelom je čo najlepšie vystihnúť priestorové a časové (najlepšie extrémne) prejavy šírenia znečistenia v okolí ASCHEZ. Pozostáva z viacerých súčastí:

- výber odberných miest,
- rozsah stanovovaných ukazovateľov,
- frekvencia monitorovania,
- režimové pozorovania – meranie hladiny podzemnej vody, výdatnosti prameňov, prietoku na tokoch, fyzikálno-chemických parametrov na dostupných miestach, vertikálnej chemickej zonálnosti.

Zber údajov je okrem zdrojov priradených k podsystému 03 zabezpečovaný tiež v kooperácii s externými subjektmi, ktoré v lokalitách uskutočňujú „klasický“ monitoring (tab. 1). Takýto spôsob umožňuje kompenzovať neistoty a poskytovať dáta s možnosťou ich interpretácie v širších súvislostiach.

Získavaný dátový súbor predstavuje nehomogénne dáta s rôznym množstvom analyzovaných vzoriek a rozsahom sledovaných ukazovateľov, rozdielnych či už medzi jednotlivými lokalitami alebo v rámci samotnej lokality. Obyčajne sa stabilne sledujú iba nepriame, resp. indikačné ukazovatele, ako pH, EC (merná elektrická vodivosť vody), T (teplota vody), $CHSK_{Cr}$ (chemická spotreba kyslíka dichrómanom draselným), ostatné majú svoje opodstatnenie v závislosti od charakteru zdroja znečistenia a podmienok v lokalite. Zabezpečenie dostatočného množstva informácií na hodnotenie vplyvu ASCHEZ na okolie závisí od komplikovanosti a poznania mechanizmu šírenia kontaminantov v danom horninovom prostredí a faktorov, ktoré ho ovplyvňujú. S tým súvisí aj početnosť a druh monitorovaných miest, ako aj frekvencia a spôsob odberu vzoriek, resp. nastavenie režimových pozorovaní. Odstránenie neistôt sa dá realizovať napríklad väčším súborom jednoducho získateľných dát (Mikita, 2008). Po zistení širších súvislostí ohľadom šírenia kontaminantov v lokalite je vhodné program monitoringu optimalizovať. Využíva sa napr. princíp striedania odberu vzoriek vody z rôznych monitorovaných miest, tiež sa monitoring môže zamerať iba na vybrané monitorované miesta alebo na tzv. kľúčové ukazovatele.

Hodnotenie lokalít

Predmetom hodnotenia je zistenie orientačného (prvotného) vplyvu EZ na podzemnú vodu alebo povrchovú vodu v jej okolí a jeho kvantifikácia. Hodnotenie je založené na princípe rizikovej analýzy (napr. Zákon NRSR č. 409/201 Z. z., Metodický pokyn MŽP SR č. 1/2012), ktorá je prispôsobená účelom podsystému 03, charakteru dát a súčasným poznatkom o šírení znečistenia v horninovom prostredí Západných Karpát. Do hodnotenia sú zahrnuté viaceré kritériá, prostredníctvom ktorých sa zohľadňujú okrem priameho vplyvu aj podmienky a situácia v danej lokalite. Takýto prístup umožňuje objektívnejšie porovnávať mieru vplyvu, resp. rizika aj medzi lokalitami navzájom.

Priamy vplyv – predstavuje vyhodnotenie prekročenia sledovaných ukazovateľov na indikačných monitorovacích miestach oproti legislatívnym kritériám – medzným hodnotám. Medzné hodnoty sú vyjadrené legislatívnymi požiadavkami, ktoré sa vzťahujú na podzemnú vodu alebo povrchovú vodu:

- Kritériá pre kvalitu podzemnej vody:

– limity A, B, C v pokyne Ministerstva pre správu a privatizáciu národného majetku Slovenskej republiky a Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 15. decembra 1997 č. 1617/97-min.),

Tab. 2
Príklad výstupu hodnotenia priameho vplyvu
An example of output obtained from direct impact assessment

Lokalita	Dátum	Indikačné monitorované miesta	Hodnotené ukazovatele			
Surovín	24. 5. 2011	S-5, S-6, S-7, S-8	S-5	S-6	S-7	S-8
			NH_4, Cl, Zn, $CHSK_{Cr}$, B	NH_4, Cl, Zn, $CHSK_{Cr}$, B	NH_4, Cl, Zn, $CHSK_{Cr}$, B	NH_4, Cl, Zn, $CHSK_{Cr}$, B
			Prekročené ukazovatele /Legislatíva – povrchová voda (269/2010 Z.z.)/			
			NH_4, Cl, Zn, $CHSK_{Cr}$, B	Cl, B, $CHSK_{Cr}$	Cl, B	

– limity indikačné a intervenčné v metodickom pokyne č. 1/2012-7 z 27. januára 2012 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia.

• Kritériá pre kvalitu povrchovej vody:

– Nariadenie vlády Slovenskej republiky z 25. mája 2010 (269/2010 Z. z.), ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.

Poznámka:

• V prípade potreby je možné použiť aj inú relevantnú legislatívu, napr. takú, ktorá umožňuje bližšie špecifikovanie vplyvu EZ na receptor.

• Legislatívne kritériá sa vzťahujú na dané monitorovacie miesto podľa jeho charakteru – či ide o podzemnú vodu alebo povrchovú vodu.

• Ukazovatele, ktoré neprekračujú medznú hodnotu, do ďalších krokov hodnotenia nevstupujú.

V určitom dátume sa hodnotia všetky tie ukazovatele, ktoré sa prekrývajú s príslušnými legislatívnymi kritériami. Príklad hodnotenia priameho vplyvu je prezentovaný vo forme čiastkového výstupu v tab. 2.

V ďalšom kroku hodnotenia sa čiastkové výsledky zobjektívnia tak, že sa ***zohľadní situácia a podmienky v lokalite*** vo forme tzv. doplnkových kritérií pre indikačné monitorovacie miesta a tzv. regulačných faktorov pre celú lokalitu.

Pre indikačné monitorované miesta sú doplnkové kritériá nasledujúce:

1. *násobok miery prekročenia hodnoteného ukazovateľa oproti príslušnému normatívu* – pri podzemnej vode sú medzné hodnoty rozdelené do viacerých kategórií podľa veľkosti. Určenie násobku prekročenia hodnoteného ukazovateľa sa vzťahuje na najnepriaznivejšiu kategóriu;

2. *miera nebezpečenstva podľa jednotlivých ukazovateľov* – ukazovatele sú rozdelené do troch kategórií podľa potenciálnej nebezpečnosti látok na základe relevantných legislatívnych dokumentov (napr. Smernica č. 2008/105/ES) a vedomostí o vlastnostiach jednotlivých látok: a) nepriame (indikačné) ukazovatele, b) škodlivé látky a c) nebezpečné látky;

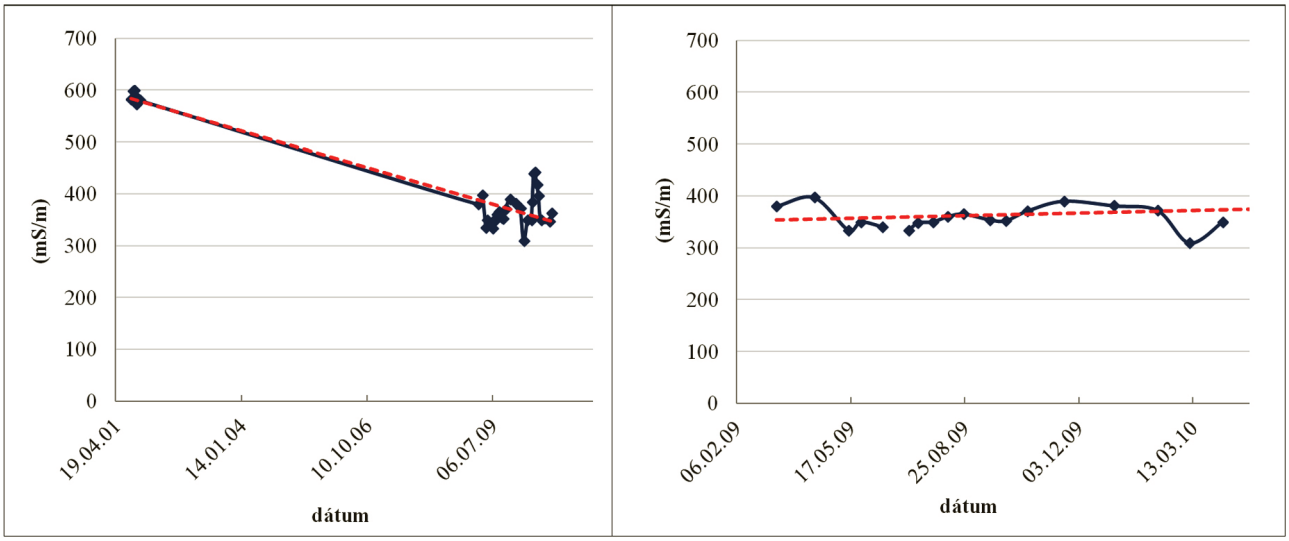
3. *vzdialenosť indikačných monitorovaných miest od zdroja znečistenia* – vyjadruje dĺžku transportu

Tab. 3

Rozsahy mernej elektrickej vodivosti mS/m z monitorovacích miest reprezentujúcich pozadie a priesakovú kvapalinu vo vybraných lokalitách
Ranges of electrical conductivity values mS/m from monitoring sites representing background values and leachate at selected locations

ASCHEZ	Vplyv	Pozadie – min	Pozadie – max	Pozadie – medián	PK – medián: Pozadie – max:	PK – min	PK – max	PK – medián
Bojná	PzV	27.1	52	40.70	22	241.0	1 874.0	1 130.0
Modra	PoV	27.6	188.0	67.20	2	367.0	582.0	400.0
Myjava-HV	PoV	79.5	93.5	82.30	4	223.0	652.0	368.0
Myjava-Surovín	PoV	78.5	169.0	94.30	2	121.0	840.8	295.0
Šaľa – 1. zvodnenec	PzV	212	342.0	263.50	2	241.0	922.0	833.0
Šulekovo – Fe kaly	PzV	93.0	224.0	150.00	89	1 046.0	20 000.0	4 735.0
Uzovská Panica	PoV	80.4	116.0	95.25	4	105.0	696.0	424.0

Poznámka: PK – priesaková kvapalina; PzV – podzemná voda; PoV – povrchová voda
Note: PK – leachate; PzV – groundwater; PoV – surface water



Obr. 7. Vývoj hodnôt vodivosti priesakovej kvapaliny v lokalite Modra (vľavo aj s obdobím od roku 2001, vpravo iba od roku 2009).

Fig. 7. Development of leachate conductivity values at the Modra site (left – the period since 2001, right – just from year 2009).

kontaminantov horninovým prostredím, pričom sa predpokladá, že so zväčšujúcou sa vzdialenosťou od zdroja znečistenia sa miera znečistenia horninového prostredia znižuje.

Pre monitorovanú lokalitu sú regulačné faktory nasledujúce:

1. *typ lokality* – rozdelenie lokalít do 5 základných typov: A, B, C, D, E (pozri vyššie) umožňuje špecifikovať spôsob a rýchlosť šírenia kontaminantov horninovým prostredím. Určuje tiež základné podmienky pre ohrozenie podzemnej alebo povrchovej vody v lokalite;

2. *hazard zdroja znečistenia* – reprezentuje potenciálny vplyv zdroja znečistenia. Na účely hodnotenia v podsystéme 03 je vyjadrený ako miera prekročenia mernej elektrickej vodivosti priesakovej kvapaliny oproti jej pozaďovej hodnote. Hodnoty pozadia sa počítajú z maximálnych hodnôt za celé sledované obdobie a hodnoty pre priesakovú kvapalinu zodpovedajú najvyššie dosiahnutej hodnote za posledný rok sledovania.

V tab. 3 je uvádzaný príklad rozsahov mernej elektrickej vodivosti z monitorovaných miest reprezentujúcich pozadie a priesakovú kvapalinu vo vybraných lokalitách.

3. *trend vývoja znečistenia* – vyjadruje dlhodobejšiu zmenu vývoja hodnôt mernej elektrickej vodivosti na monitorovanom mieste reprezentovanom priesakovú kvapalinu. Trend vývoja znečistenia je rozdelený na klesajúci, rastúci alebo stabilizovaný podľa toho, ako sa mení priebeh čiary lineárnej regresie.

Na obr. 7 je ukážka stabilizovaného vývoja zmien hodnôt vodivosti priesakovej kvapaliny z lokality Modra.

Postup výpočtu vyhodnotenia vplyvu ASCHEZ na podzemnú vodu a povrchovú vodu

Vyhodnotenie lokality sa vzťahuje vždy na konkrétny dátum, v ktorom boli vzorky odoberané. Nastavenie váh, resp. definovanie skóre jednotlivých doplnkových kritérií pre indikačné monitorované miesta a hodnoty regulačných faktorov pre lokality sú súčasťou pracovného dokumentu „Návrh metodiky hodnotenia lokalít podsystému 03 ČMS GF ŽP“ (Mikita et al., 2012).

V 1. kroku sa pre každý prekročený ukazovateľ vypočíta skóre vzájomným vynásobením jednotlivých doplnkových kritérií pre indikačné monitorované miesto. Skóre pre jednotlivé ukazovatele sa spočíta. Výsledná hodnota sa potom znormalizuje vydelením celkového počtu ukazovateľov, ktoré vstupovali do výpočtu.

V 2. kroku sa znormalizovaná hodnota z 1. kroku výpočtu vynásobí jednotlivými regulačnými faktormi. Priemerná hodnota z výsledkov po vynásobení potom vyjadruje výsledné skóre za lokalitu pre daný dátum. Príklad výstupu z výpočtu pre lokalitu Surovín z 24. 5. 2011 je vyjadrený v tab. 4.

Celkovo je možné dosiahnuť 6 tried rizikovosti. Najvyššia hodnota znamená najhoršie skóre vplyvu ASCHEZ na okolie. V prípade potreby porovnávania rizika medzi jednotlivými rokmi sa v lokalitách s viacnásobnými odbermi vzoriek vody zoberie do úvahy najvyššie dosiahnutá hodnota rizika v danom kalendárnom roku.

V súčasnosti prebieha testovanie metodiky a nastavovanie citlivosti váh jednotlivých kritérií tak, aby čo najreálnejšie reflektovali hodnotenú situáciu v lokalite a umožnili porovnanie s ostatnými lokalitami.

Záver

Podsystém 03 zabezpečuje monitorovanie a vyhodnocovanie vplyvov z vytypovaných ASCHEZ na vodnú zložku životného prostredia. ASCHEZ predstavujú zdroje znečistenia s rôznym zastúpením špecifických kontaminantov, vekom uloženého odpadu a zabezpečením proti vplyvom na okolie. Lokality zároveň reprezentujú

Tab. 4
Príklad výstupu výpočtu výsledného skóre za lokalitu pre daný dátum odberu vzorky
Example of output of the final site evaluation score for the given date of sampling

Vyhodnotenie kritérií pre indikačné monitorovacie miesta			Normalizácia	Vyhodnotenie kritérií pre lokalitu			Rizikovosť	
kritérium	skóre		∑ skóre/MM/U	kritérium	regulačný faktor	čiastkové skóre	priemerné – výsledné skóre	kategória rizikovosti lokality
S-5	1 x 2 x 10 20 2 x 1 x 10 20 1 x 1 x 10 10 3 x 1 x 10 30 2 x 2 x 10 40	120	260/10 = 26	Typ lokality	x 0,9	23,4	21,23	Nízka rizikovosť
S-6	1 x 2 x 10 20 1 x 2 x 10 20 2 x 1 x 10 20	60		Hazard zdroja znečistenia	x 0,8	20,8		
S-7	1 x 2 x 20 40 1 x 2 x 20 40	80		Trend vývoja znečistenia	x 0,75	19,5		

horninové prostredia, vktorých sú EZ na území Slovenska najčastejšie zastúpené. Monitorovací systém v rámci podsystému 03 je oproti zaužívaným – „klasickým" – systémom nastavený tak, aby sa dali vo vybraných lokalitách dlhodobo, účelne a finančne nenáročne sledovať javy, ku ktorým dochádza medzi zdrojom znečistenia a horninovým prostredím. Takýmto spôsobom sa dajú získať komplexnejšie informácie o kľúčových mechanizmoch šírenia kontaminantov v prostredí Západných Karpát a o faktoroch, ktoré ich ovplyvňujú. Aplikovanie získaných poznatkov z typových lokalít má široké využitie pri ostatných ASCHEZ s podobnými podmienkami šírenia kontaminantov. Umožňuje reprezentatívnejší prieskum, efektívnejší monitoring, objektívnejší spôsob hodnotenia či optimálne navrhovanie sanačných postupov a pod.. V konečnom dôsledku je tak možné zabezpečiť adresnejšie a šetrnejšie vynakladanie finančných prostriedkov pri riešení problematiky EZ.

Súčasťou podsystému 03 je aj navrhované orientačné hodnotenie vplyvu ASCHEZ na podzemnú vodu a povrchovú vodu, ktoré vychádza z princípov rizikovej analýzy. Je prispôsobené charakteru získavaných dát a súčasným poznatkom o šírení znečistenia v horninovom prostredí Západných Karpát. Objektivita hodnotenia je zabezpečená zohľadnením podmienok a situácie v lokalite pomocou viacerých doplnkových kritérií a regulačných faktorov. Výstižnosť kvantifikácie hodnotenia v porovnaní s reálnou situáciou bude ďalej závisieť od vhodne zvolenej citlivosti nastavenia váh jednotlivých kritérií.

Poďakovanie. Článok prezentuje výsledky projektu Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 207 Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory. Autor by rád poďakoval RNDr. V. Vybíralovi, PhD., za recenziu svojho pôvodného manuskriptu. Tému príspevku recenzent obohatil o vhodné a zaujímavé poznámky, vyplývajúce z jeho dlhoročných odborných skúseností v predmetnej oblasti.

References

Biely, A. (ed.), Bezák, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J., Mello, J., Nemčok, J., Potfaj, M., Rakús, M., Vass, D., Vozár, J. & Vozárová, A., 1996: Geologická mapa Slovenska 1 : 500 000. *MŽP SR, Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.*

Fetter, C. W., 1999: Contaminant Hydrogeology. Upper Saddle River, NJ 07458: Prentice Hall, 2nd Edition, ISBN: 0137512155. 500 p.

Christensen, T. H., Kjeldsen, P., Bjerg, P. L., Jensen, D. L., Christensen, J. B., Baun, A., Albrechtsen, H. J. & Heron, G., 2001: Biogeochemistry of landfill leachate plumes. DTU, denmark. *Applied geochemistry, 16, 7, 659 – 718.*

Metodický pokyn č. 1/2012-7 z 27. januára 2012 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia. MŽP SR, Bratislava.

Nariadenie vlády Slovenskej republiky z 25. mája 2010 (269/2010 Z. z.), ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.

Pokyn Ministerstva pre správu a privatizáciu národného majetku Slovenskej republiky a Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 15. decembra 1997 (č. 1617/97-min.).

Putiška, R., 2005: Využitie geoelektrických metód pri hodnotení starých environmentálnych záťaží. [Dizertačná práca.] *PriF UK, Bratislava, 66 s.*

Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000, ktorou sa stanovuje rámec pôsobnosti pre opatrenia Spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva, tzv. „Rámcová smernica o vodách".

Smernica o ochrane podzemných vôd pred znečistením a zhoršením kvality, tzv. „dcérska" smernica 2006/118/ES.

Smernica európskeho parlamentu a rady 2008/105/ES zo 16. decembra 2008 o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky, o zmene a doplnení a následnom zrušení smerníc Rady 82/176/EHS, 83/513/EHS, 84/156/EHS, 84/491/EHS a 86/280/EHS a o zmene a doplnení smernice Európskeho parlamentu a Rady 2000/60/ES.

Štátny program sanácie environmentálnych záťaží. MŽP SR, Bratislava, 124 s.

Mikita, S., 2008: Zisťovanie a sledovanie kontaminácie vody v okolí starých skládok odpadov s využitím merania fyzikálnych parametrov vody *in situ*. Rigorózna práca. *Katedra hydrogeológie PriF UK, Bratislava, 76 s.*

Mikita, S., 2010: Interakcia skládok údolného typu s hydrosférou. [Dizertačná práca.] *Katedra hydrogeológie PriF UK, Bratislava, 131 s.*

Mikita, S., Iglárová, Ľ. & Drotár, D., 2012: Návrh metodiky hodnotenia lokalít podsystému 03 ČMS GF ŽP z r. 2012. *ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Vaníček, I., 2002: Sanace skládek starých ekologických zátěží. *ČVUT SF, Praha, 247 s.*

Vybíral, V., Gajdoš, V., Matys, M. & Némethyová, M., 2005: Monitorovanie vplyvu environmentálnych záťaží na geologické činitele životného prostredia vo vybraných regiónoch Západných Karpát. Úloha MŽP SR: 140901/1136/Prj/Sk. Sensor, spol. s r. o., Bratislava.

Zákon 409 z 21. októbra 2011 (409/2001 Z. z.) o niektorých opatreniach na úseku environmentálnej záťaže a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Rukopis doručený 30. 12. 2012
Revidovaná verzia doručená 3. 1. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Monitoring and evaluation of the impact of anthropogenic sediment having character of environmental load on the hydrosphere within the monitoring of geological factors

Subsystem is 03 represents a part of the monitoring of geological environmental factors at the State Geological Institute of Dionýz Štúr, representing a monitoring and evaluation of the impact of anthropogenic-type sediments of environmental burdens (ASCHEL) on the hydrosphere.

The issue of the removal of anthropogenic sediments with character of environmental loads (ASCHEL) in Slovakia is very up to date (e.g. "State program of remediation environmental loads 2010"). Groundwater and surface water quality are the most sensitive within environmental factors and therefore its protection is of high importace. It is necessary to fulfill several requirements to sustainable environmental status (e.g. "Water Framework Directive", as well as "Daughter Water Framework Directive").

Efficient and cost-effective ways of dealing with the EZ is closely associated with the optimum amount of information, corresponding with the status and development of the site situation.

For objective assessing of the impact of ASCHEL on environment there is important to know the interaction between contaminants and rock environment (Fetter, 1999). Processes occurring in the source of contamination, respectively between sources and ambient environment are high dynamic and have long-term duration often tens to hundreds of years (Vaníček, 2002). The movement of water in the rock environment determines the transport mechanism of majority contaminants in the rock environment (Christensen et al., 2001).

Location of ASCHEL in Slovakia is bound with very different rock environments resulting in different manifestations of the spread of contaminants in their neighborhood. From the field experiences it became clear that customary monitoring systems often do not provide representative data according to the real situation on site. From what then unfolds the ASCHEL incorrect assessment of the impact on the natural environment. As practice has showed the use of specific conceptual models, representing the mechanism of transport of contaminants in the environment of Western Carpathians is useful (e.g. Vybíral et al., 2005).

Subsystem is being developed since 1998 and has undergone several changes related to development issues and social requirements in this area. From 2005 to the present, the activities within the subsystem focus on monitoring selected sites that represent typical distribution patterns of contaminants spreading in geological environment in Slovakia.

The purpose of the Subsystem 03 is the adequate characterization of the actual situation on site and also prediction of its potential impact on the environment. A long-term, site specific and also inexpensive monitoring is used to observe the development of interaction between the various contaminants and rock environment, in which the ASCHEL mostly are located in Slovakia.

Subsystem 03 consists also of a part "the quantification of the impact assessment of pollution to groundwater and surface water". The assessment is based on the principle of risk analysis which is adapted to subsystem 03. The assessment included a number of criteria which allowed take into account also conditions and the situation on the specific site. This approach provides more objective comparisons of the degree of influence between sites.

The aim of Subsystem 03 is also to exploit new knowledge and experience, and their appropriate application to real problems, as well as to find more effective ways of optimizing their solutions.

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 375 – 392
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Monitoring geologických faktorov vplyvu ťažby nerastov na životné prostredie v rizikových oblastiach na Slovensku v rokoch 2007 – 2011

PETER BAJTOŠ[1], ĽUBICA ZÁHOROVÁ[1], STANISLAV RAPANT[2] a SILVESTER PRAMUKA[1]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum, Markušovská cesta 1,
052 01 Spišská Nová Ves;
peter.bajtos@geology.sk
[2]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Geological monitoring of mining influence on the environment in risk-bearing Slovak areas in years 2007–2011

Influence of mining on environment and life of people is important and expressive in several regions of Slovakia. Totally 25 from 535 evaluated areas were classified in 2005 as dangerous and requiring decontamination. These areas underwent a long term observation by the state partial monitoring system of geological factors of the environment in subsystem "Influence of mining on the environment". Monitoring at these areas has begun in 2007. This article introduces used methods and the main achieved results.

Because the different methodological approach, monitoring of the mining influence on the environment distinguishes between engineering geological, hydrogeological and geochemical aspects. Engineering geological monitoring represents investigation of geodynamic phenomena – physical impacts of mining on ground surface, mainly ground surface subsidences, slope deformations and failures on building objects. As potential sources of these geodynamic phenomena, stopped-out workings, deformation of rock massif in underground and portal locations are documented. Hydrogeological monitoring represent evaluation of measure in which the natural water circulation in mining areas is affected, quantification of mine waters discharge and characterization of its regime. Geochemical monitoring is objected on documentation of qualitative state of waters, recent sediments and soils in mining areas, to evaluate loading by chemical elements/species which are dangerous for environment and human health.

Key words: monitorig system, mining, geodynamic phenomenons, heavy metals, water quality, mine water

Úvod

Ako každá priemyselná činnosť ľudstva, aj ťažba nerastných surovín okrem profitu v podobe využívaného produktu prináša sprievodné prejavy, ovplyvňujúce a pretvárajúce pôvodný charakter využívaného územia s dosahmi na abiotické a biotické zložky životného prostredia a kvalitu života miestneho obyvateľstva. Vplyv baníctva na krajinu a život ľudí je vo viacerých regiónoch Slovenska významný a neprehliadnuteľný. Medzi najvážnejšie negatívne vplyvy ťažby nerastných surovín na životné prostredie patrí narušenie stability povrchu, indukované prítomnosťou otvorených vyťažených priestorov v podzemí. Vplyvom týchto javov vznikajú škody na stavebných objektoch, líniových stavbách, v pôdnom fonde a lesnom poraste, nebezpečenstvo úrazov a ohrozenie života pri pohybe osôb. Drenážnym účinkom banských diel dochádza k odvodňovaniu horninových komplexov, zníženiu výdatnosti využívaných zdrojov podzemnej vody a vzniku sústredených výtokov banských vôd na povrch. Ich anomálne chemické zloženie často negatívne ovplyvňuje kvalitu povrchových tokov. Pozostatkom ťažby je akumulácia veľkého množstva zostatkových materiálov s obsahom kontaminantov na haldách a odkaliskách a s tým súvisiaca kontaminácia povrchových a podzemných vôd. V blízkosti závodov s tepelným spracovaním vyťaženej rudy býva účinkom imisií ovplyvnený rastlinný kryt a kvalita pôdy.

Vzhľadom na vážnosť uvedenej problematiky schválila vláda SR uznesenie č. 661 z 5. septembra 1995 o surovinovej politike SR v oblasti nerastných surovín. Z tohto uznesenia vyplynula úloha vypracovať systém zisťovania a monitorovania škôd v životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou. Táto úloha bola naplnená realizáciou orientačného prieskumu (Vrana et al., 2005), na základe výsledkov ktorého bol navrhnutý systém zisťovania škôd v životnom prostredí a z neho odvodená kategorizácia lokalít a činností podľa rozsahu vplyvov na životné prostredie, vrátane návrhu postupu na budovanie systému ich monitorovania. Z informačného hľadiska bolo podstatou riešenia zisťovacej fázy tohto projektu vytvorenie databázy 535 oblastí s evidenciou zdrojov a prejavov environmentálnych impaktov. Navrhnutý bol spôsob relatívneho ohodnocovania rizikovosti jednotlivých lokalít, ako aj spracovanie informácií o existujúcich monitorovacích a sanačných prácach v najrizikovejších oblastiach.

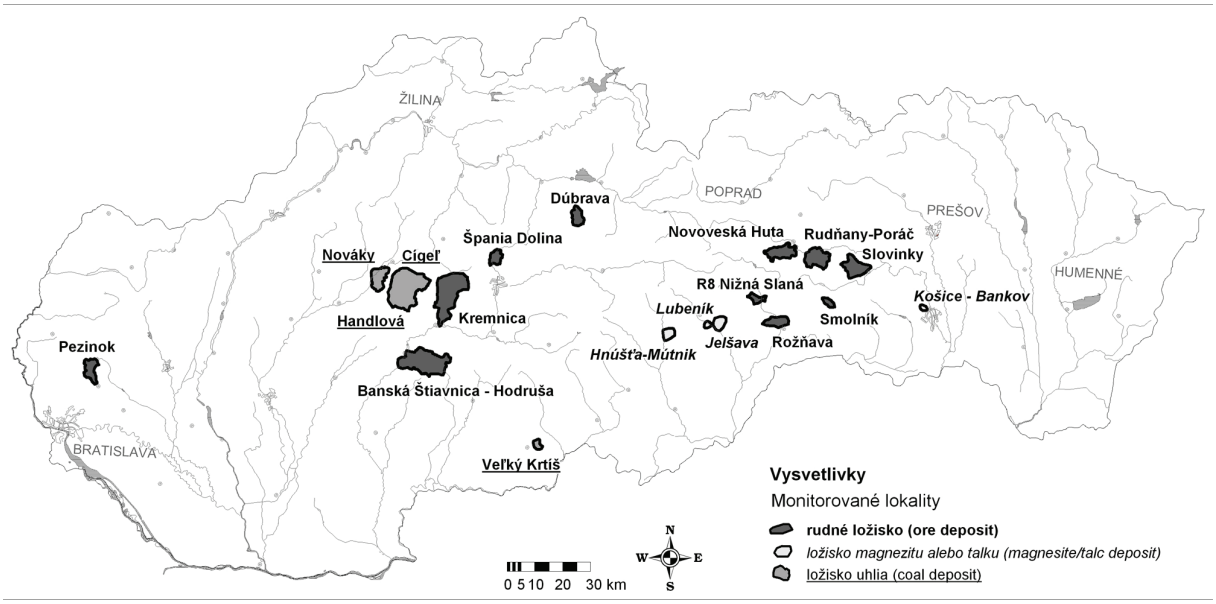
Zo všetkých hodnotených oblastí bolo 25 zaradených do kategórie nebezpečných, vyžadujúcich si realizáciu sanácie. Zároveň bolo navrhnuté dlhodobo ich sledovať v rámci štátneho Čiastkového monitorovacieho systému – Geologické faktory. Od roku 2007 ŠGÚDŠ vykonáva v týchto oblastiach monitorovacie práce v rámci subsystému č. 5: Vplyv ťažby na životné prostredie (ďalej ČMS GF VŤŽP). Cieľom tohto príspevku je sumarizovať doterajšie výsledky monitoringu. Sú v ňom uvedené základné údaje o spôsobe vykonávania monitoringu a komentované hlavné dosiahnuté výsledky.

Monitorované oblasti

Monitorované oblasti intenzívne postihnuté ťažbou nerastov možno z typologického hľadiska rozdeliť do troch hlavných skupín – oblasti s ťažbou rúd, oblasti s ťažbou magnezitu a talku a oblasti s ťažbou uhlia. Priestorová distribúcia hodnotených oblastí je znázornená na situačnej mapke na obr. 1. V rudných oblastiach, kde sa takmer výhradne vyskytujú ložiská s ukončenou ťažbou, sa monitorujú vybrané objekty v účelovej monitorovacej sieti vlastnými archívnymi, terénnymi a laboratórnymi prácami (tab. 1 a 2). Na monitorovaných ložiskách magnezitu, talku a uhlia, ktoré sú ťažené, realizujú prevádzkový monitoring vplyvov ťažby na hydrosféru a stabilitu povrchu ťažobné organizácie podľa požiadaviek príslušných obvodných banských úradov a obvodných úradov životného prostredia. Do databázy ČMS GF VŤŽP boli v doterajšom období preberané výsledky prevádzkového monitoringu ťažených ložísk magnezitu a talku. Prevádzkový monitoring ťažobnej organizácie uhoľných ložísk na Hornej Nitre je doplnený štátnym monitoringom geochemických aspektov, vykonávaným v účelovej sieti profilov povrchových tokov a výtokov banskej vody.

Spomedzi veľkého počtu oblastí postihnutých ťažbou rúd na Slovensku sú v súčasnej fáze budovania štátneho monitoringu doň zahrnuté rizikové oblasti, identifikované a navrhnuté úvodným hodnotením (Vrana et al., 2005): Rudňany, Slovinky, Smolník, Novoveská Huta, Rožňava, Nižná Slaná, Banská Štiavnica, Hodruša, Kremnica, Špania dolina, Dúbrava a Pezinok. V súčasnosti prebieha ťažba na sadrovcovom ložisku v Novoveskej Hute a v obmedzenom rozsahu sa ťaží barit z vrchnej časti žily Droždiak v Rudňanoch. Zlato sa ťaží v bani Rozália v Banskej Hodruši. Ostatné bane v hodnotených oblastiach sú dnes už opustené a zatopené. Ťažba sideritu v bani Nižná Slaná bola ukončená v závere roka 2008 a od roku 2011 sa táto baňa zatápa. Spomedzi existujúcich ložísk magnezitu a talku boli do štátneho monitoringu vplyvov banskej činnosti na životné prostredie zaradené oblasti Jelšava, Lubeník, Hnúšťa-Mútnik a Košice-Bankov. Ide o aktívne ťažené ložiská s výnimkou ložiska magnezitu Košice-Bankov, kde sa v monitorovanom období vykonávalo len odvodňovanie ložiska čerpaním banskej vody. Zároveň sú doň zaradené ťažené ložiská uhlia na Hornej Nitre (Handlová, Cigeľ, Nováky) a Baňa Dolina pri Veľkom Krtíši, v ktorej je vykonávaná likvidačná ťažba. V týchto oblastiach sa vyskytujú významné vplyvy podrúbania na stabilitu povrchu (Bajtoš a Klukanová, 2009), ktoré sú sledované a sanované ťažobnými organizáciami. Preto dosiaľ neboli aktívne sledované v rámci štátneho monitoringu.

Najvýznamnejšími pretrvávajúcimi negatívnymi environmentálnymi vplyvmi v uvedených oblastiach sú nestabilita horninového masívu spôsobujúca závaly povrchu nad vydobytými priestormi a banskými dielami, kontaminácia povrchových tokov výtokmi banských vôd, priesakmi z háld a odkalísk a v prípade prevádzky zariadení tepelnej úpravy rudy aj imisné zaťaženie územia s negatívnymi dosahmi na kvalitu pôd, rastlinný kryt a kvalitu ovzdušia.



Obr. 1. Oblasti intenzívne postihnuté ťažbou nerastov monitorované v rámci ČMS GF VŤŽP.

Fig. 1. Areas intensively influenced by mining, being monitored within the frame of reported project.

Spôsob monitoringu

Monitoring vplyvov ťažby na životné prostredie si vyžaduje metodicky odlišný prístup na hodnotenie inžinierskogeologických, hydrogeologických a geochemických aspektov tejto problematiky. Jeho zásady boli rozpracované v rámci vytvorenia systému zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou (Vrana et al., 2005). Údaje získané pri tomto monitoringu sú ukladané do účelovej databázy údajov podsystému 05 (Klukanová et al., 2011). Jej základ bol zostavený v rámci vytvorenia vyššie uvedeného systému. Vytvorená bola aplikácia DBD (prostredie DELPHI 5) – program zabezpečujúci prezeranie a prístup k všetkým zhromaždeným údajom textovo-grafickej časti databázy. Z geografických údajov bol zostavený ARCVIEW projekt, ktorý zobrazuje geograficky lokalizované údaje. Textovo-grafická časť databázy obsahuje digitálne podklady rôzneho charakteru – textové dokumenty sledujúce štruktúru záznamových listov, tabuľkové údaje, schémy, mapové podklady, fotografie. Členenie systému je logické, podľa regiónov a oblastí.

Inžinierskogeologický monitoring

Monitoring inžinierskogeologických aspektov spočíva v zbere a spracovaní relevantných údajov pochádzajúcich od organizácií vykonávajúcich banskú činnosť a z vlastnej verifikačnej terénnej rekognoskácie. Získané údaje sú zaznamenávané do záznamových listov s preddefinovaným obsahom, členia sa na dve základné časti (tab. 1):

a) systém zisťovania a monitorovania fyzikálnych vplyvov (impaktov) banskej činnosti prejavujúcich sa na povrchu terénu ako:

1) svahové deformácie (ďalej SD),
2) poklesy terénu (PT),
3) poruchy na objektoch (PO),
4) podmáčanie/zamokrenie (PZ),
5) lineárna erózia na povrchu terénu (ER);

b) systém zisťovania a monitorovania zdrojov potenciálnych fyzikálnych impaktov vyvolaných banskou činnosťou prejavujúcich sa pod povrchom terénu ako:

1) vydobyté (vyrúbané) priestory (MP),
2) deformácie horninového masívu (MD),
3) ústia podzemných banských diel alebo banské diela na povrchu terénu (BD).

Každý z uvedených 8 typov fyzikálnych impaktov má špecifickú štruktúru záznamového listu. Počet položiek v jednotlivých typoch záznamových listov je od 43 do 220. Jednotlivé položky obsahujú údaje o lokalizácii a identifikácii dokumentovaného objektu, prípadne javu, jeho archívnej preskúmanosti, o jeho väzbe na technológiu a históriu ťažby, jeho kvantifikáciu a popis, zistené škody na majetku a iné vplyvy na okolie, realizované prieskumné a sanačné práce a návrhy na ich vykonanie.

Pri vlastnom terénnom monitoringu sa používajú bežné rekognoskačné prostriedky doplnené o GPS prístroj Garmin – Etrex Summit alebo Garmin – GPSmap 60CSx.

Tab. 1
Prehľad spôsobov a frekvencie zberu údajov o inžinierskogeologických aspektoch vplyvu ťažby na životné prostredie
Summary of forms and frequency of engineering geology aspects in monitoring

Impakty Impacts	Spôsob monitoringu Monitoring methods	Frekvencia monitoringu Monitoring frequency
SD	archívne štúdium, realizované geodetické merania, terénne pozorovania, informácia o mimoriadnej udalosti	individuálne, priebežne, resp. interval podľa postupu vývoja javu a sprístupnenia preberaných meraní
PT	archívne štúdium, realizované geodetické merania, terénne pozorovania, informácia o mimoriadnej udalosti	individuálne, priebežne, resp. interval podľa postupu vývoja javu a sprístupnenia preberaných meraní
PO	archívne štúdium, realizované geodetické merania, terénne pozorovania, informácia o mimoriadnej udalosti	individuálne, priebežne, resp. interval podľa postupu vývoja javu
PZ	terénne merania a pozorovania, informácia o mimoriadnej udalosti	individuálne, priebežne, resp. interval podľa postupu vývoja javu
ER	terénne pozorovania a merania	podľa potreby, priebežne podľa vývoja
MP	archívne štúdium, realizované banské merania	priebežné dopĺňanie, resp. v závislosti od sprístupnenia preberaných podkladov
MD	archívne štúdium, realizované banské merania	priebežné dopĺňanie, v závislosti od sprístupnenia podkladov a frekvencie preberaných meraní
BD	archívne štúdium, informácia o mimoriadnej udalosti	priebežné dopĺňanie, resp. v závislosti od sprístupnenia preberaných podkladov

Vysvetlivky: SD – svahové deformácie; PT – poklesy terénu; PO – poruchy na objektoch; PZ – podmáčanie, zamokrenie; ER – lineárna erózia na povrchu terénu; MP – vyťažené podzemné priestory; MD – deformácia horninového masívu; BD – ústia podzemných banských diel.
Explanations: SD – slope deformations; PT – ground subsidence; PO – defects of surface objects; PZ – underflooding, waterlogging of soil; ER – linear erosion of ground surface; MP – stopped-out workings; MD – deformation of rock massif; BD – portals.

Ak to typ objektu a miestne podmienky dovolujú, vyhotovuje sa jeho fotodokumentácia. Lokalizácia vybraných javov a objektov je vyhodnocovaná a znázorňovaná aj na podklade účelovej digitálnej farebnej ortofotomapy SR, spracovanej z leteckého meračského snímkovania z roku 2002 a 2003 v mierke približne 1 : 26 000 (Ortofotomapa © Geodis Slovakia, s. r. o.), prípadne na podklade družicových snímok Google Earth. Vlastné geodetické merania vertikálnych posunov terénu boli dosiaľ vykonané len v oblasti Rudňany na lokalite Poráč – Baniská v roku 2007.

V priebehu monitoringu v rokoch 2007 – 2011 boli aktualizované a dopĺňané záznamové listy (textové

Tab. 2
Pozorovacie objekty terénneho monitoringu hydrogeologických a geochemických aspektov vplyvu ťažby nerastov na ŽP v hodnotených lokalitách a rozsah sledovaných parametrov
Objects in studied locations monitored by field hydrogeological and geochemical measurements in the frame of the ČMS GF VŤNŽP project and a range of observed qualitative parameters

Lokalita	Počet monitorovaných objektov spolu	Počty monitorovaných objektov podľa typu a rozsah sledovaných parametrov vôd a sedimentov					
		Povrchový tok	Výver podzemnej vody	Banská voda	Drenáž z odkaliska	Frekvencia meraní	Rozsah sledovaných parametrov
Hornonitrianska kotlina	9	5		4		1 x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, pH, EC, MIN, SiO_2, $ChSK_{Mn}$, Na, K, NH4, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Cl, NO_2, NO_3, HCO_3, SO_4, Hg, As, Se, Cu, Pb, Cd, Zn, Ba, F, Cr; Sediment: Fe, Al, Mn, Ni, Co, Pb, Zn, Cu, Cd, Cr, V, As, Se, Sb, Hg, Mo
Rudňany	6	3	1	1	1	2x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, Mg, Ca, Fe, Mn, SO_4, As, Sb
Slovinky	8	5	0	1	2	2x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, SO_4, Mn, As, Cu, Sb, Zn, Pb, Hg
Smolník	8	2	0	4	2	2x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, Fe, Mn, As, SO_4, Cu, Al, Pb, Hg, Zn, Ni
Novoveská Huta	7	4	0	3	0	2x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, SO_4, Cu, As, Sb, Mn, Ba, Ra256, U, Rn
N. Huta – lokalita Nová štôlňa	5	1	0	3	0	4x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, Ca, Mg, HCO_3, SO_4, RL, NL
Rožňava	4	0	0	3	1	2x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, SO_4, As, Sb, Pb, Cu
Nižná Slaná	2	0	0	1	1	2x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, Mg, Ca, Fe, Mn, SO_4, As, Sb
Banská Štiavnica	8	3	0	4	1	1x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, pH, EC, MIN, SiO_2, $ChSK_{Mn}$, Na, K, NH_4, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Cl, NO_2, NO_3, HCO_3, SO_4, Hg, As, Se, Cu, Pb, Cd, Zn, Ba, F, Cr; Sediment: Fe, Al, Mn, Ni, Co, Pb, Zn, Cu, Cd, Cr, V, As, Se, Sb, Hg, Mo
Banská Hodruša	2	1	0	0	1	1x ročne	
Kremnica	5	2	0	3	0	2x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, SO_4, As, Cu, Hg, Zn, Mn
Špania Dolina	9	3	0	5	1	2x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, SO_4, As, Sb, Cu, Hg, Zn
Dúbrava	8	2	0	6	0	2x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, SO_4, As, Sb, Cu
Pezinok	4	1	0	3	0	2x ročne	Voda: Q, T_{H_2O}, T, EC, pH, O_2, KNK, ZNK, Fe, Mn, SO_4, As, Sb
Spolu	**85**	**32**	**1**	**41**	**10**		

Vysvetlivky: Q – prietok vody; T_{H_2O} – teplota vody; EC – merná elektrická vodivosť vody; MIN – celková mineralizácia vody.
Explanations: Q – water discharge; T_{H_2O} – water temperature; EC – electric conductivity of water; MIN – total dissolved solids content.

dokumenty) fyzikálnych vplyvov banskej činnosti prejavujúce sa na povrchu terénu (svahové deformácie, poklesy terénu, poruchy na objektoch, podmáčanie/zamokrenie, lineárna erózia na povrchu terénu) a zdroje potenciálnych fyzikálnych impaktov (dobývky a banské diela v podzemí, deformácie horninového masívu, ústia banských diel na povrch, odkaliská). Geografická časť databázy obsahuje hodnotené oblasti a objekty. V priebehu monitoringu v rokoch 2007 – 2009 bola dopĺňaná hlavne o georeferencované skeny mapových podkladov so zdrojmi potenciálnych fyzikálnych impaktov. Zdroje impaktov a ich prejavy sa postupne spracovávajú do digitálnej formy v súboroch vektorovej grafiky.

Monitorované oblasti sa podľa dokumentovaného výskytu pretrvávajúcich inžinierskogeologických impaktov a ich intenzity orientačne zaraďujú do troch tried zaťaženia oblasti geodynamickými javmi vyvolanými banskou činnosťou (tab. 4). Rozlíšené je nízke (trieda C), stredné (B) a vysoké zaťaženie (A). Kategorizácia zohľadňuje výskyt a charakter svahových deformácií, poklesov terénu a porúch objektov na povrchu. Pri tomto hodnotení sa rozlišuje potenciálny výskyt daného javu v hodnotenej oblasti, výskyt javu menšieho rozsahu (s rozmermi v m), výskyt javu väčšieho rozsahu (s rozmermi v desiatkach metrov a väčšími). Zároveň sa rozlišuje, či ide o aktívny alebo stabilizovaný jav.

Hydrogeologický a geochemický monitoring

Hydrogeologický a geochemický monitoring bol v doterajšom období zameraný na dopĺňanie databázy o archívne údaje o výdatnosti a chemickom zložení výtokov banských, priesakových a povrchových vôd, o kvalite riečnych sedimentov a pôd, o množstve a zložení emisií z úpravníckych závodov, v terénnej fáze na dokumentovanie ovplyvnenia kvality miestnych povrchových tokov a významných zdrojov podzemnej vody banskou činnosťou. Terénny monitoring je vykonávaný v účelových pozorovacích sieťach. V doterajšom priebehu monitorovacích prác sú sledované kvantitatívne a kvalitatívne parametre zdrojov banskej a odpadovej vody (drenáž z odkalísk), podzemnej vody a vody povrchových tokov a chemické zloženie sedimentov miestnych tokov a výtokov banskej vody. Prehľad sledovaných parametrov vo vodách je uvedený v tab. 2. Uvedené merania sa vo väčšine z týchto oblastí vykonávajú od roku 2007. Od roku 2008 sa vykonávajú merania v oblasti Pezinka, Kremnice, Španej Doliny, Sloviniek, Smolníka a od roku 2009 v Nižnej Slanej. Rozsah sledovaných ukazovateľov kvality je v pozorovaných oblastiach volený podľa geochemického typu ložiska, a preto je miestne špecifický.

Hydrometrické merania na zistenie okamžitého prietoku povrchových tokov, výtokov zo štôlní a výdatnosti prameňov sa vykonávajú v závislosti od charakteru objektu pomocou hydrometrickej vrtule alebo objemovou metódou pomocou ciachovanej nádoby a stopiek. Odber vzoriek vôd a sedimentov sa vykonáva v súlade s príslušnými technickými normami. Odobrané vzorky sa v deň odberu odovzdávajú do laboratória na ďalšie spracovanie. Vzorky vôd na stanovenie mikroprvkov sa po odbere filtrujú a chemicky stabilizujú podľa požiadaviek laboratória. Rozsah sledovaných ukazovateľov je volený podľa záverov predchádzajúcej etapy prác (Vrana et al., 2005) a vychádza zo STN 75 7221 „Klasifikácia povrchových vôd“ a z nariadenia vlády SR č. 296/2005 Z. z., ktoré bolo neskôr nahradené nariadením vlády SR č. 269/2010 Z. z.. Priamo v teréne sa prenosnými prístrojmi typu WTW vykonávajú merania pH, teploty vody a vzduchu, mernej elektrickej vodivosti vody a obsahu rozpusteného O_2.

Laboratórne analýzy vôd sa vykonávajú v akreditovanom laboratóriu GAL ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi. Na stanovenie jednotlivých ukazovateľov v povrchových a podzemných vodách sa používajú štandardné analytické metódy. Kontrola správnosti laboratórnych techník v laboratóriu ŠGÚDŠ RC Spišská Nová Ves je okrem internej kontroly pravidelne zabezpečovaná systémom externej kontroly formou medzilaboratórnych porovnávacích skúšok.

Pri hodnotení kvality povrchových vôd je použitá klasifikácia kvality povrchových vôd podľa STN 75 7221. Hoci túto normu Slovenský ústav technickej normalizácie k 1. 3. 2007 zrušil, podľa nariadenia vlády SR č. 296/2005 Z. z. sa na hodnotenie kvality povrchových vôd používajú postupy v nej uvedené. Kvalita povrchovej vody sa zaraďuje v danom mieste odberu vzoriek do tried kvality podľa zistených hodnôt ukazovateľov porovnaním s ich určenými medznými hodnotami. Rozlišujú sa nasledujúce triedy kvality: I. trieda – veľmi čistá voda; II. trieda – čistá voda; III. trieda – znečistená voda; IV. trieda – silno znečistená voda; V. trieda – veľmi silno znečistená voda. Pre dané miesto odberu vzorky a hodnotené obdobie sledovania sa určí tzv. charakteristická hodnota, ktorá sa porovnáva so zodpovedajúcou sústavou jej medzných hodnôt obdobným spôsobom ako pri hodnotení kvality povrchových vôd v rámci národného monitoringu kvality tokov Slovenska (SHMÚ Bratislava). V STN 75 7221 nie sú uvedené medzné koncentrácie pre antimón, tento prvok v našom hodnotení zaraďujeme takto: I. trieda <0,0005 mg · l^{-1}; II. trieda <0,001 mg · l^{-1}; III. trieda <0,05 mg · l^{-1}; IV. trieda <0,1 mg · l^{-1}; V. trieda ≥0,1 mg · l^{-1}.

Spôsob výpočtu charakteristickej hodnoty závisí od počtu odberov vzoriek ***n*** v hodnotenom období:

Ak **n ≥ 24,** charakteristická hodnota zodpovedá hodnote súboru hodnôt ukazovateľa kvality s pravdepodobnosťou neprekročenia 90 % (v prípade rozpusteného kyslíka s pravdepodobnosťou prekročenia 90 %).

Ak **n = [11, 23],** charakteristická hodnota sa určuje ako priemer troch najnepriaznivejších hodnôt súboru.

Ak **n < 11,** charakteristická hodnota zodpovedá maximálnej hodnote súboru.

Pri hodnotení kvality podzemných vôd, banských vôd a priesakov z odkalísk a háld je použitá klasifikácia kvality podzemných vôd podľa ukazovateľov a normatívov znečistenia podzemných vôd uvedených v Prílohe k Pokynu Ministerstva pre správu a privatizáciu národného majetku SR a Ministerstva životného prostredia SR z 15. 12. 1997 č. 1617/97-min. (ďalej len „Pokyn“). Ukazovatele a normatívy sú v ňom uvedené v nasledujúcich kategóriách:

kategória A – fónové hodnoty, charakterizujúce približne ich prírodné obsahy, prípadne dohodnuté hodnoty požadovanej medze citlivosti analytického stanovenia;

kategória B – medzné koncentrácie ukazovateľov, ktorých dosiahnutie vyžaduje prieskumné práce s cieľom vysvetliť pôvod či zdroj znečistenia;

kategória C – medzné koncentrácie ukazovateľov, ktoré vyžadujú asanačný zásah, ak je preukázané riziko migrácie znečistenia do okolia a možnosť poškodenia ďalších zložiek životného prostredia.

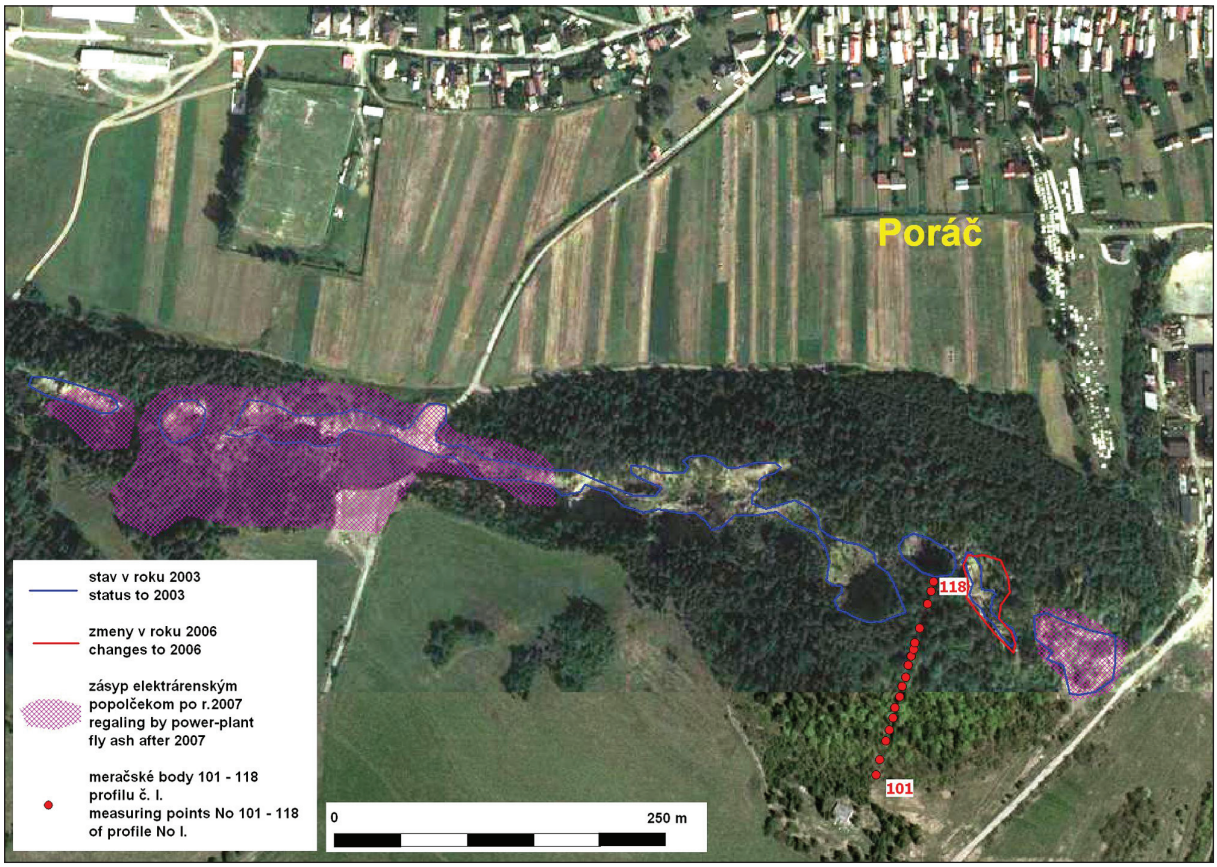
Keďže vyššie uvedená norma je orientovaná na jednorazové zistenie stupňa znečistenia podzemných vôd oblasti, neupravuje postup na hodnotenie monitoringu kvality (opakované odbery vzoriek na odberných miestach). Preto sme pristúpili k aplikácii obdobného spôsobu hodnotenia kvality podzemných, banských vôd a priesakov z odkalísk a háld, ako používame pre povrchové vody. To znamená, že pre každé odberné miesto a hodnotený časový úsek je vypočítaná charakteristická hodnota spôsobom odvíjajúcim sa od počtu hodnôt súboru a tá je následne zaradená do príslušnej triedy *A, B* alebo *C* porovnaním s normatívmi znečistenia „Pokynu". V „Pokyne" nie sú uvedené medzné koncentrácie pre antimón, tento prvok v našom hodnotení zaraďujeme takto: kategória ***A*** Sb > 0,001 mg · l^{-1}, kategória ***B*** Sb > 0,01 mg · l^{-1} a kategória ***C*** Sb > 0,1 mg/l^{-1}.

Kvalita vzoriek sedimentu odoberaných na totožných miestach spolu so vzorkami vôd je hodnotená podľa Rozhodnutia MP SR č. 531/1994 – 540.

Výsledky inžinierskogeologického monitoringu

Primárnym zdrojom fyzikálnych impaktov v sledovaných oblastiach predurčujúcim potenciálny vznik poklesov terénu a následných porúch na objektoch je podrúbanie. Okrem fyzikálno-mechanických vlastností hornín, v ktorých sa razili banské diela, ovplyvňuje stabilitu povrchu v ich nadloží hlavne hĺbka banských diel pod povrchom, ich geometria a spôsob technického zabezpečenia, resp. stupeň vyplnenia základkou.

V rudných lokalitách Banská Štiavnica, Kremnica a Hodruša, situovaných v prostredí neovulkanických horninových komplexov, je povrch terénu relatívne stabilný. Pretrváva tu však riziko vzniku lokálnych malých závalov nadložia hlavne v blízkosti ústí banských diel na povrch. Vydobyté priestory a rozsiahla sústava banských diel môžu pri nepriaznivej kombinácii faktorov vyvolať náhle poklesy na povrchu terénu s následným poškodením stavieb (Baliak et al., 1989). V monitorovanom období neboli v tejto oblasti zaznamenané významné prejavy nestability, hoci v najintenzívnejšie podrúbanej oblasti – centrálnej mestskej zóne v Kremnici (pod ktorou prechádzajú hlavné žily Žigmund a Helena a priečne žily Amália, Zuzana, Sevastopol a Východná Július) – siahajú vydobyté banské priestory miestami 10 – 12 m pod povrch územia.



Obr. 2. Závalové pásmo Baniská v Poráči v rokoch 2003 a 2006 s vyznačením priebehu geodetického profilu I na podklade digitálnej farebnej ortofotomapy SR (Ortofotomapa © Geodis Slovakia, s. r. o.).

Fig. 2. Ground fall area Baniská south of the village of Poráč in 2003 and 2006 together with geodetic profile I. The digital orthophotomap of Slovakia © Geodis Slovakia, s. r. o.).

Tab. 3
Údaje z geodetických pozorovaní vertikálnych posunov bodov v profile č. I pri Poráči (v m n. m.)
Vertical movements of points at the geodetic profile No. I located near the Poráč village (m above sea level)

Číslo bodu	1969	1978	1997	2007
101	804,412	803,708	801,801	800,897
102	807,159	806,493	804,553	802,944
103	809,099	808,516	806,582	805,517
104	811,834	811,124	809,157	807,693
105	814,135	813,318	811,333	810,301
106	816,816	815,905	813,931	812,811
107	819,431	818,478	816,449	816,475
108	822,208	821,128	819,109	817,981
109	824,775	823,593	821,604	820,728
110	827,568	826,274	824,342	823,665
111	830,510	829,113	827,269	824,833
112	831,648	830,356	828,437	826,737
113	833,547	832,188	830,336	826,952
114	833,732	832,284	830,548	825,749
116	831,925	830,377	828,822	825,243
117	831,192	829,634	828,190	824,619
118	829,860	828,337	826,996	823,309

Poznámka: Merania v rokoch 1969, 1978 a 1997 realizované ťažobnou organizáciou ŽB Spišská Nová Ves. Meranie v roku 2007 vykonané ŠGÚDŠ v rámci ČMS GF VŤŽP.

Comment: Measurements in 1969, 1978 and 1997 were performed by mining company ŽB Spišská Nová Ves. In 2007, the measurement was performed in the frame of state monitoring ČMS GF VŤŽP.

To znamená, že sa nachádzajú len približne 8 – 9 m pod základovou škárou objektov takmer súvislej zástavby.

Spomedzi oblastí s rudnými ložiskami vyvinutými v prostredí predmezozoických komplexov skalných hornín sú evidované najvýznamnejšie vplyvy podrúbania v Rudňanoch, Novoveskej Hute a Nižnej Slanej. V ložiskovej oblasti Slovinky a Smolník sú prejavy podrúbania menej významné, zatiaľ čo lokality Pezinok, Špania Dolina, Dúbrava a Rožňava sú z tohto hľadiska najmenej postihnuté.



Obr. 3 (vľavo): Závalové pásmo Baniská, pohľad zo starej prepadnutej cesty na Poráč smerom na západ (foto Baláž, 12. 5. 2005).

Fig. 3 (left): Ground fall area Baniská, view westward from the old collapsed road at Poráč (photo by Baláž, 12. 5. 2005).

V oblasti Rudňany došlo v dôsledku rozsiahleho podrúbania k preukázateľnému poškodeniu a ohrozeniu majetku vo veľkom rozsahu. Fyzikálne zmeny v horninovom masíve po dlhodobom dobývaní rúd s rozsiahlym využívaním metód ťažby bez základky a následným vznikom otvorených priestorov vyvolali poklesy terénu so závalmi na veľkých plochách: (1) v lokalite Baniská na žile Droždiak, v smernej dĺžke takmer 1 km na dne údolia Rudnianskeho potoka a na úpätných svahoch medzi Rudňanmi a Poráčom, (2) na niekoľkých miestach nad Hrubou žilou, niekoľko sto metrov na sever odo dna údolia a (3) ojedinele v oblasti žily Zlatník, asi 1,5 km na sever od obce Poráč. K poklesom so spojitým pretvorením terénu došlo po celej dĺžke údolia a priľahlých svahov medzi jamou Mier a jamou Poráč. Tieto javy boli v minulosti sledované ťažobnou organizáciou ŽB Rudňany na 14 geodetických profiloch, z ktorých sa v hodnotenom období sledovali 4 profily, z toho 3 pri východnom ukončení Baníska južne od obce Poráč. V roku 2007 sme realizovali vlastné geodetické merania vertikálnych posunov, pri ktorých boli využité zachované časti starého geodetického profilu č. I v oblasti „Baniská". Geodetické merania sme realizovali v októbri 2007 v profile I v bodoch 101 až 118 (obr. 2). Tab. 3 zaznamenáva nové údaje z geodetických pozorovaní vertikálnych posunov bodov spolu so staršími údajmi. Z nich je zrejmé, že pokles pokračuje, navyše dochádza k zvyšovaniu intenzity poklesávania. V období rokov 1997



Obr. 4 (vpravo): Závalové pásmo Baniská, pohľad zo starej prepadnutej cesty na Poráč smerom na východ (foto Baláž, 12. 5. 2005).

Fig. 4 (right): Ground fall area Baniská, view eastward from the old collapsed road at Poráč (photo by Baláž, 12. 5. 2005).



Obr. 5 (vľavo): Kráter s priemerom 20 m a hĺbkou 8 m vzniknutý závalom nadložia Novej štôlne (foto Bajtoš, 3. 5. 2009).

Fig. 5 (left): Crater with diameter of 20 m and depth of 8 m due to fall of hanging rock above the Nová štôlňa adit (photo by Bajtoš, 3. 5. 2009).

až 2007 dosiahol priemerný pokles v bodoch 101 – 118 hodnotu 200 mm · rok^{-1}, čo predstavuje maximum počas vyššie uvedeného obdobia. V bode 114 celkový vertikálny posun za obdobie 1969 – 2007 vykazoval hodnotu 7,983 m, pričom za obdobie rokov 1997 až 2007 posun predstavoval 4,798 m. Závalové pásmo Baniská bolo v roku 2007 postupne zavážané elektrárenským popolčekom z teplárne Košice a elektrárne Bukocel Vranov a pecnou troskou zo závodu v Prakovciach, pričom úsek okolo starej prepadnutej štátnej cesty Rudňany – Poráč (obr. 3 a 4) je dnes už zaplnený do úrovne terénu. Pretrvávajúcu nestabilitu závalového pásma dokumentuje aj vznik nového závalu v oblasti bývalej jamy Andrej pri Rudňanoch. K náhlemu zrúteniu uvoľnenej masy hornín došlo 21. 9. 2009, pričom vzniknutý zával má kruhový tvar s priemerom cca 25 – 30 m a hĺbku cca 10 m. Jeho vznik doprevádzali citeľné otrasy a hluk, ktoré zaznamenali obyvatelia najbližších obydlí vzdialených cca 400 až 500 m.

V lokalite Novoveská Huta sú pozorované prejavy poklesu terénu nad ťaženým ložiskom sadrovca



Obr. 6 (vpravo): Preliv zakalenej banskej vody z krátera nad Novou štôlňou v daždivom období (foto Bajtoš, 4. 6. 2010).

Fig. 6 (right): Mine water overflow from the crater above the Nová štôlňa adit in rainy season (photo by Bajtoš, 4. 6. 2010).

a anhydritu v závalovom pásme, ktoré sa tiahne od východného okraja Novoveskej Huty východným smerom do doliny Podzámčiská v smernej dĺžke 1,2 km. Terénnou rekognoskáciou tohto závalového pásma v roku 2007 sa potvrdil výskyt aktívnych geodynamických javov, prejavujúcich sa pozvoľným prepájaním pôvodne samostatných kráterových závalov do líniových závalových pásiem. V noci z 5. na 6. 2. 2007 vznikol v tomto závalovom pásme nový zával nad vyťaženým blokom ložiska. Lokálny zával s priemerom 20 m a hĺbkou 8 m vznikol v roku 2008 nad Novou štôlňou vo vzdialenosti 278 m od jej ústia



Obr. 7. Závalové pásmo v Kobeliarove z roku 2002 (vľavo; Vrana et al., 2005) a z roku 2009 (vpravo; foto Záhorová).

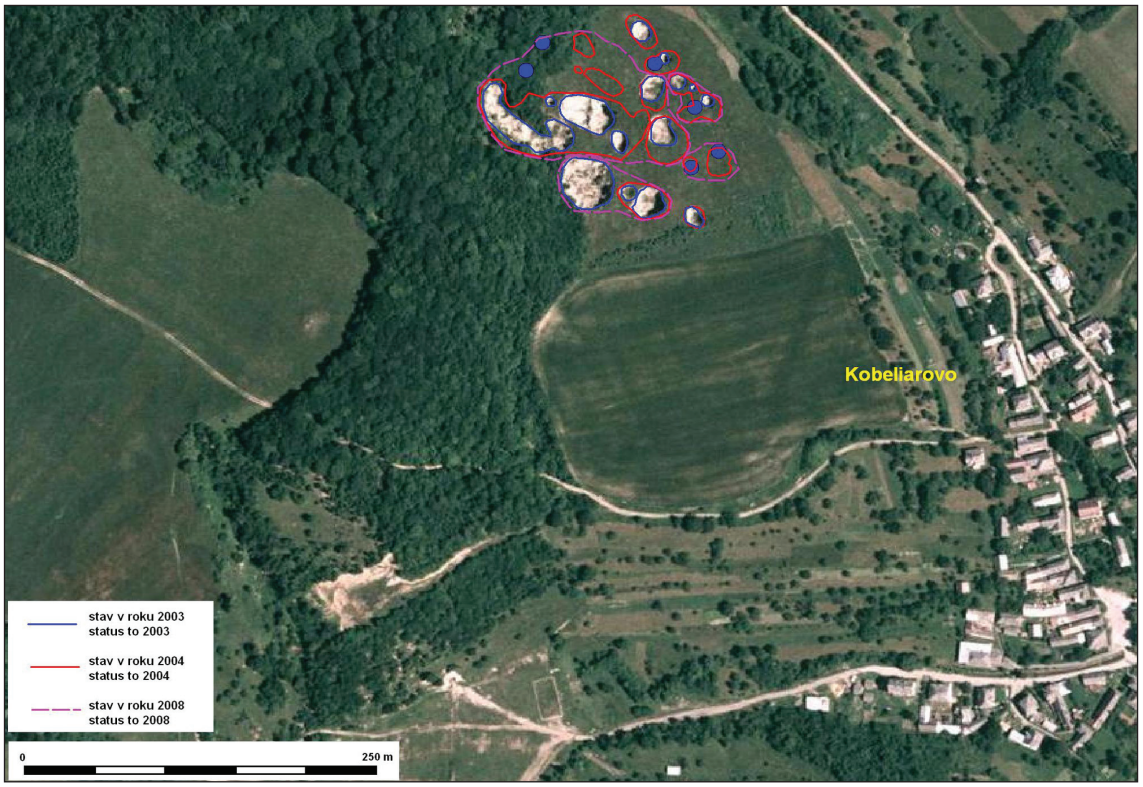
Fig. 7. Ground fall area in Kobeliarovo from 2002 (left; Vrana et al., 2005) and 2009 (right; photo by Záhorová).

(obr. 5, 6). Je prejavom evaporitového krasu a bol vyvolaný zvýšením hladiny v štôlni po zavalení jej ústia spôsobeného nelegálnou demontážou pažníc. Zával utesnil štôlňu a spôsobil opakované prievaly banskej vody na povrch, ktoré sú popisované nižšie.

V ložiskovej oblasti Nižná Slaná sa prejavy poklesov terénu viažu na staršie dobývky sideritovej šošovky Manó a na novšie závaly nad dobývkami menšej sideritovej šošovky pri Kobeliarove. Závaly nad ložiskom Manó sú stabilizované a nachádzajú sa v málo navštevovanom a pomerne neprístupnom teréne okolo kóty Rimberg medzi Nižnoslanskou Baňou a Kobeliarovom. Podľa topografickej mapy mierky 1 : 10 000 z roku 1991 sa tu nachádza 31 prevažne menších prepadlísk s priemerom do 20 m na ploche 1 km x 300 m. V závalovom pásme ložiska Kobeliarova pri SZ okraji obce prebiehajú od roku 1995 dynamické zmeny (obr. 7), dochádza tu k pokračujúcemu rozširovaniu a vzájomnému spájaniu pôvodne 19 prepadlísk. Časový vývoj rozsahu tohto závalového pásma v rokoch 2004, 2006 a 2008 dokumentuje obr. 8. Na podklade výrezu z digitálnej farebnej ortofotomapy, spracovanej z leteckého meračského snímkovania z rokov 2002 a 2003 (Ortofotomapa © Geodis Slovakia, s. r. o.), sú viditeľné kontúry závalov zvýraznené modrou čiarou (stav v roku 2003). Líniami zobrazené kontúry závalov z roku 2004 sú získané z družicových snímok Google Earth a rozsah závalov v teréne v roku 2008 sme dokumentovali pomocou GPS prístroja. Celková plocha závalov predstavovala v roku 2004 5 047 m^2, v roku 2006 10 450 m^2 a v roku 2009 16 255 m^2.

V oblasti Slovinky sa vyskytujú poklesy povrchu terénu do podzemných dobývok na strmo uloženej rudnej žile. Časť týchto prejavov sa nachádzala v intraviláne obce. Prejavy poklesov terénu v okolí jamy Dorota (závaly, prepadliská) v západnej časti Sloviniek boli sledované opakovanou terénnou rekognoskáciou a fotodokumentáciou (Vrana et al., 2005). Išlo o 11 miest závalov a prepadlísk, z ktorých väčšina bola v minulosti v rôznej miere rekultivovaná. Výsledky sledovania preukázali, že na nijakom z jedenástich miest pozorovaných závalov/prepadlísk nedochádza k pohybom ani k negatívnemu ovplyvňovaniu okolia. V roku 2007 došlo v danej oblasti k vzniku niekoľkých drobných závalov, ktoré boli v blízkosti obydlí bezprostredne po vzniku zasypávané hlušinou.

V oblasti Smolník sa rozsiahle závaly a prepadliská nachádzajú prevažne v súvislom lesnom poraste pri južnom okraji Smolníckej Huty. Sú situované nad dobývkami pyritovej rudy. V oblasti južne od Smolníckej Huty a v priestore medzi šachtami Kreutzerfindung a Rothenberg, na mieste pod údolím potoka Smolník boli v minulosti zistené v podrúbanom území poklesy terénu v rozsahu od 80 x 100 m do 300 x 600 m (Zahoranský a Hausová, 1987). Pri terénnej obhliadke odkaliska sme v roku 2008 lokalizovali čerstvý komínový zával s rozmermi na povrchu



Obr. 8. Časový vývoj rozsahu závalového pásma v Kobeliarove v rokoch 2003 – 2004 – 2008 na podklade digitálnej farebnej ortofotomapy SR (Ortofotomapa © Geodis Slovakia, s. r. o.).

Fig. 8. Evolution of the ground fall area in Kobeliarovo in 2004–2006–2009, expressed on the digital orthophotomap of Slovakia (© Geodis Slovakia, s. r. o.).

Tab. 4
Zatriedenie monitorovaných oblastí podľa dokumentovaného výskytu pretrvávajúcich inžinierskogeologických impaktov
Studied areas as ordered by documented occurrences of ongoing engineering geological impacts

Lokalita	Svahové deformácie Slope deformations	Poklesy terénu Ground subsidence	Poruchy objektov Defects of objects	Trieda zaťaženia Loading category
Banská Štiavnica	–	M	P	**B**
Hodruša-Hámre	–	–	M	**B**
Kremnica	M	–	M/A	**B**
Dúbrava-Magurka	–	–	–	**C**
Pezinok	–	M	–	**B**
Špania Dolina	–		P	**C**
Rudňany-Poráč	–	V/A	M/A	**A**
Nižná Slaná	–	V/A	–	**A**
Slovinky	–	VS, M/A	–	**B**
Rožňava	–		–	**C**
Smolník	–	VS, M/A	–	**B**
Novoveská Huta	–	V/A	–	**A**
Jelšava	–	V/A	–	**A**
Lubeník	–	V/A	–	**A**
Košice	M	V, M/A	–	**A**
Mútnik-Hnúšťa	–	M	MA	**B**

Vysvetlivky: P – potenciálny výskyt javu; M – výskyt javu menšieho rozsahu; V – výskyt javu väčšieho rozsahu (A – aktívny, S – stabilizovaný jav); triedy zaťaženia lokality geodynamickými javmi vyvolanými banskou činnosťou: A – vysoké zaťaženie; trieda B – stredné zaťaženie; trieda C – nízke zaťaženie.

Explanations: P – potential occurrence of phenomena; M – occurrence of phenomena with small magnitude; V – occurrence of phenomena with larger magnitude (A – active, S – stable phenomena); categories of locality loading due to geodynamic phenomena induced by mining: A – high; B – moderate; C – low.

3,5 x 3 m a v dostupnej hĺbke 4 m. Jeho prítomnosť dokladá dosiaľ prebiehajúce stabilitné zmeny v podrúbanej oblasti a riziko vzniku nových závalov menšieho rozsahu.

Významné prejavy podrúbania vznikli na našich najväčších ložiskách magnezitu, ktoré sú dosiaľ ťažené, a monitoring stability povrchu na nich vykonávajú ťažobné organizácie. V monitorovanom období tu neboli zaznamenané nové významné geodynamické prejavy.

Rozsiahle podrúbanie významnej časti územia dobývacieho priestoru ložiska Jelšava spolu s tektonickou predispozíciou a lokálnym skrasovatením horninového masívu podmienili vznik hlbokých závalov a prepadlísk ako typických prejavov poklesávania na povrchu terénu (Cicmanová, 2002). Na ložisku sú vyvinuté tri oblasti prepadlísk a závalov – najväčšiu oblasť predstavujú dnes takmer úplne prepojené prepadliská a závaly vo vrcholovej časti masívu Dúbrava. V oblasti Mikovej sa nachádza výrazný zával s rozmermi 40 x 55 m s udávanou odhadovanou hĺbkou až 100 m. Posledná oblasť s výskytom menších závalov sa nachádza v dnovej oblasti údolia potoka Jordán. Závaly a prepadliská sa nachádzajú takmer výlučne v dobývacom priestore a vznikali hlavne v rokoch 1970 – 1990 (Piovarčiová, 1989). Banský geotechnický monitoring v SMZ, a. s., Jelšava začal pracovať od začiatku roka 1992 po tom, ako v decembri 1991 došlo na ložisku Dúbravský masív v časti ložiska Dúbrava k mimoriadnej udalosti, k prelomeniu nadložia nad vydobytými komorami a vytvoreniu povrchového krátera s rozmermi cca 150 x 100 m a s hĺbkou 50 – 70 m. K prelomeniu nadložia došlo spojením šiestich už predtým vytvorených lokálnych



Obr. 9. Severný svah Dúbravského masívu narušený závalmi (foto Bajtoš, 18. 9. 2008).

Fig. 9. Northern slope of the Dúbravský Massif disrupted by ground falls (photo by Bajtoš, 18. 9. 2008).



Obr. 10. Areál ťažobného závodu v Lubeníku s odvalmi a lomom v pozadí (foto Bajtoš, 18. 9. 2008).

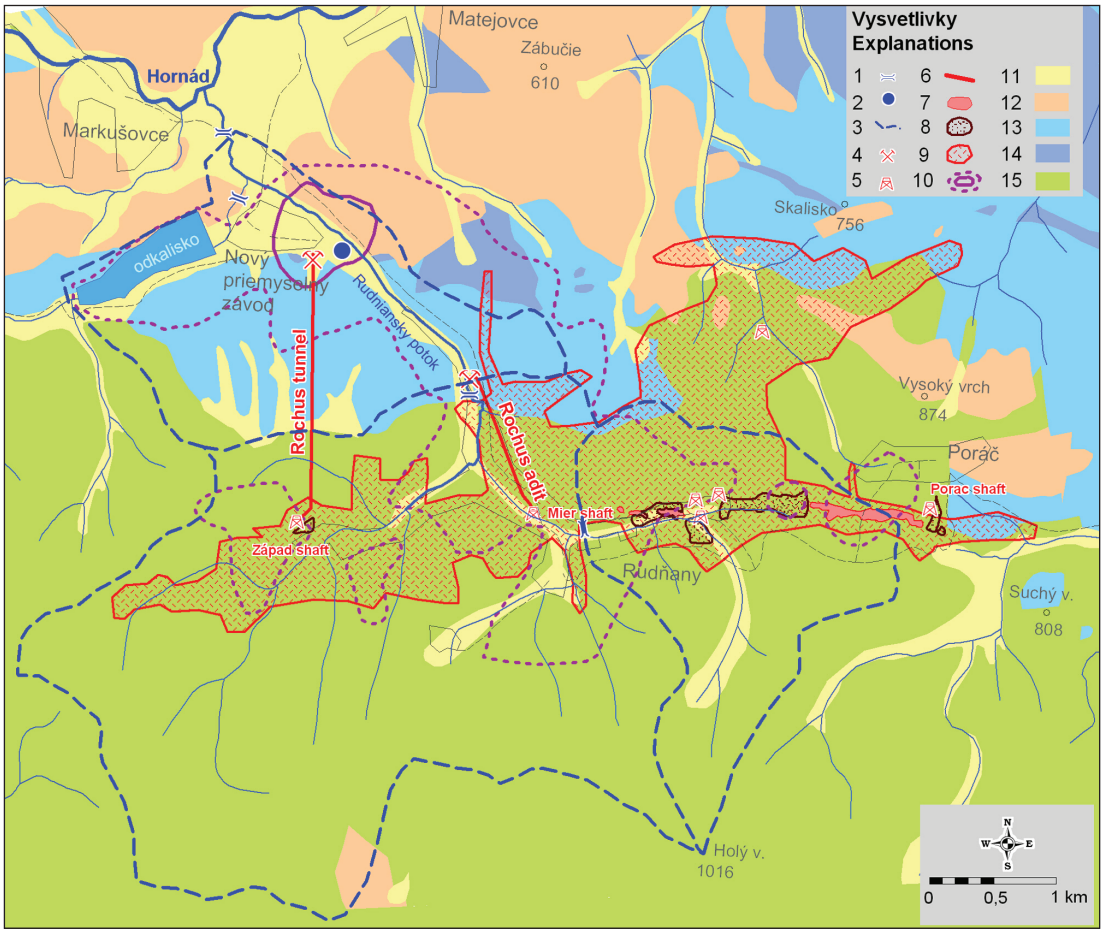
Fig. 10. Mining factory in Lubeník, spoils in front of old quarry (photo by Bajtoš, 18. 9. 2008).

závalov na povrchu. Po upustení od geodetických meraní, ktoré neboli pre prognózovanie vzniku náhlych pohybov a závalov spoľahlivé, pokračovalo oddelenie OGM SMZ, a. s., v sledovaní okrajov závalov a prepadlísk a v ich kartografickom zobrazovaní do povrchových banských máp mierky 1 : 1 000 a 1 : 5 000. Závaly a prepadliská sa nachádzajú mimo obývanej oblasti a s výnimkou neveľkých závalov v dnovej časti údolia potoka Jordán sú situované v ťažko dostupnom členitom a zalesnenom teréne.

K prvým závalom a prepadliskám na povrchu terénu v lokalite Lubeník došlo po likvidácii konštrukčných a technologických pilierov a prelomení stropu na III. a vzápätí na II. horizonte. Ďalšie prejavy boli zaznamenané takmer každý rok v období od r. 1970 do r. 1981, potom opäť v období rokov 1989 – 1996 (Klukanová et al., 2011). V roku 1991 došlo k mohutnému prepadnutiu najväčšieho závalu s odhadovaným objemom poklesnutého masívu okolo 1 mil. m^3 hornín. Kráterovité závaly na povrchu, vznikajúce ako dôsledok podrúbania pri ťažbe magnezitu, sú ťažobnou organizáciou v určitých časových intervaloch zaznamenávané do mapových podkladov. Ide o zákresy okrajov závalov a prepadlísk do povrchových banských máp aj so záznamom ich časových zmien z banskomeračskej dokumentácie.

V lokalite Košice-Bankov sa nachádza prepadlisko a zosuv (Zahoranský, 1990). Na základe vizuálneho hodnotenia tu v hodnotenom období nedošlo k významnému rozšíreniu závalového pásma ani aktivácii zosuvu. Polohové a výškové merania geodetického bodového poľa správca ložiska v monitorovanom období nevykonával.

Na ložisku Hnúšťa-Mútnik sa fenomén poklesávania terénu prejavuje v oveľa menšom rozsahu a v menšej



Obr. 11. Situácia monitorovanej oblasti Rudňany. 1 – pozorovaný profil povrchového toku; 2 – pozorovaný krasovo-puklinový prameň Olšo; 3 – rozvodnice monitorovaných povodí; 4 – ústia štôlní s výtokom banskej vody; 5 – šachta; 6 – priebeh štôlne; 7 – závalové pásmo; 8 – odval; 9 – podrúbané územie; 10 – oblasť intenzívneho vplyvu imisií Nového priemyselného závodu podľa zistenej koncentrácie Hg v pôde nad 50 mg · kg^{-1}, resp. 25 – 50 mg · kg^{-1} (Géczy et al., 1993); 11 – kvartérne sedimenty s medzizrnovou priepustnosťou; 12 – paleogénne sedimenty s puklinovou priepustnosťou; 13 – triasové vápence s krasovo-puklinovou priepustnosťou; 14 – triasové dolomity s puklinovou priepustnosťou; 15 – metamorfity paleozoika a spodného triasu s puklinovou priepustnosťou.

Fig. 11. Situation of the Rudňany monitoring area. 1 – monitoring point of stream; 2 – karstfissure spring Olšo; 3 – surface water divide; 4 – adit mouth with mine water outflow; 5 – shaft; 6 – adit; 7 – ground fall area; 8 – spoil; 9 – underground mining area; 10 – area of high soil contamination due to imissions of dressing plant, with Hg concentration over 50 mg · kg^{-1} or 25–50 mg · kg^{-1} (Géczy et al., 1993); 11 – Quaternary sediments with intergranular porosity; 12 – Paleogene sediments with fissure porosity; 13 – Triassic limestone with karstfissure porosity; 14 – Triassic dolomite with fissure porosity; 15 – Paleozoic metamorphosed rocks and Lower Triassic sediments with fissure porosity.

intenzite než na ostatných troch hodnotených ložiskách nerúd (Jelšava, Lubeník, Košice-Bankov). Ťažobná organizácia tu vykonáva periodické geodetické sledovanie poklesov úseku štátnej cesty Hnúšťa-Polom v SV časti ložiska vyvolaných podrúbaním. Podľa výsledkov týchto meraní, vykonávaných s frekvenciou 1- až 2-krát ročne, dochádzalo v období rokov 2003 až 2008 k poklesom vo všetkých 8 pozorovaných bodoch. Celková hodnota poklesov sa pohybovala od 35 do 206 mm.

Monitorované oblasti môžeme orientačne zatriediť podľa dosiaľ dokumentovaného výskytu pretrvávajúcich geodynamických javov a ich významnosti do troch tried (tab. 4). Do triedy ***C*** sme zaradili ložiská bez významného výskytu svahových pohybov, poklesov terénu a porúch objektov vyvolaných banskou činnosťou. V triede ***B*** boli dokumentované vyššie spomínané dosahy, ale menšieho rozsahu. Pre triedu ***A*** je charakteristický výskyt sledovaných porúch väčšieho rozsahu s prevažne aktívnym prejavom. Podľa uvedeného zatriedenia ložísk ložiská magnezitu patria k najrizikovejšej skupine. Vysoko riziková je aj oblasť rudného poľa Rudňany-Poráč, Nižná Slaná – Kobeliarovo a Novoveská Huta.

Výsledky hydrogeologického a geochemického monitoringu

Ovplyvnenie prírodného obehu podzemných vôd drenážnym účinkom banských diel

Spomedzi monitorovaných oblastí (resp. typov ložísk) indukuje najvyššiu mieru ovplyvnenia prírodného obehu podzemných vôd drenážny účinok uhoľných baní. Rozsiahle sústavy banských diel drénujúce hydrogeologické kolektory vrstvového typu spôsobujú vznik rozsiahlych depresných kužeľov a indukujú infiltráciu povrchových vôd. Keďže tieto vplyvy sú od 60. rokov minulého storočia až dosiaľ spoľahlivo sledované ťažiarmi (Lauková, 1999; Halmo et al., 1999, 2001), v súčasnosti nie sú aktívne monitorované v rámci štátneho monitoringu.

K regionálne významnému ovplyvneniu obehu podzemnej vody nedochádza ani na ložiskách magnezitu a talku. Hoci krasovo-puklinová priepustnosť ložísk magnezitu je vysoká, dosahujú malé rozmery a sú izolované hydrogeologickým masívom paleozoických metamorfitov (Radvanec et al., 2010). K významnému ovplyvneniu prúdenia podzemnej vody došlo len v Jelšave, kde čerpanie banskej vody pri odvodňovaní bane spôsobilo aj zánik vodárenského zdroja a ovplyvnenie chemického zloženia podzemnej vody (Bajtoš, 2004). Významné ovplyvnenie prírodného obehu podzemnej vody na rudných ložiskách v metamorfitoch kryštalinika paleozoika nebolo zaznamenané ani v minulosti počas ich ťažby. Spôsobuje to nízka priepustnosť hlbších častí hydrogeologického masívu. Ani na rudných ložiskách neovulkanitov nebol dokumentovaný významný vplyv na prúdenie podzemnej vody v ich okolí, a to napriek vysokej hydraulickej vodivosti niektorých zlomov (Bajtoš et al., 2011b). Monitorované rudné ložiská sú dnes zatopené po úroveň najnižšieho odvodňovacieho banského diela a množstvo banskej vody, ktoré z nich vyteká na povrch, závisí hlavne od veľkosti bane, rozsahu rozfárania v pripovrchovej zóne. V rámci aktívneho štátneho monitoringu sa na 41 najvýznamnejších banských odvodňovacích dielach sledovaných oblastí meria množstvo vytekajúcej banskej vody. Dokumentované údaje svedčia o tom, že na monitorovaných rudných ložiskách s ukončenou ťažbou je dnes stabilizovaný obeh podzemnej vody kontrolovaný zrážkovo-klimatickým režimom.

Negatívne ovplyvnenie kvality vôd

V monitorovaných rudných oblastiach bol v hodnotenom období rokov 2007 – 2009 dokumentovaný pretrvávajúci nepriaznivý vplyv prítomnosti ťažených ložísk na kvalitu prírodných vôd. Plytký a dynamický obeh podzemnej vody v týchto oblastiach spôsobuje, že uvoľňované špécie z ložiskových minerálov zvetrávaním rýchlo migrujú do miestnych povrchových tokov a zhoršujú ich kvalitu (tab. 5). Najnepriaznivejšia situácia je v oblastiach Smolníka, Špánej Doliny, Dúbravy a Pezinka, kde hlavné recipienty dosahujú v monitorovaných profiloch najhoršiu triedu kvality povrchových vôd ***V*** (veľmi silno znečistená voda), a v lokalite Rudňany (trieda ***IV***, silno znečistená voda). Lokálne negatívne ovplyvnenie kvality miestnych povrchových tokov sa zistilo aj v rudných oblastiach Novoveskej Huty a Sloviniek, aj na magnezitových ložiskách Jelšava a Lubeník. Miestne recipienty na Hornej Nitre sa vyznačujú relatívne vysokým stupňom antropogénnej kontaminácie z kumulovaných zdrojov (banská činnosť, poľnohospodárska činnosť, komunálne odpady). Obsah potenciálne toxických prvkov v banských vodách vytekajúcich zo štôlní je tu relatívne nízky. V štiavnicko-hodrušskom rudnom obvode je vlastným monitoringom dokumentovaný negatívny vplyv drenážnej vody z odkaliska v Banskej Hodruši na kvalitu miestneho potoka, prejavujúci sa občasným nárastom obsahu Mn až do triedy ***IV***, zinku a síranového aniónu do triedy ***III***. Výtok banskej vody zo štôlne Zlatý stôl so zvýšenou koncentráciou Mn spôsobuje nárast tohto prvku vo vode Hodrušského potoka, občasne až do triedy ***V***.

Dedičné štôlne odvodňujúce veľké banské revíry sú regionálne významnými bodovými zdrojmi kontaminácie povrchových tokov. K najvýznamnejším na Slovensku patrí Voznická odvodňovacia štôlňa, ktorá odvádza do Hrona banské vody zo štiavnicko-hodrušského rudného obvodu spolu s rozpustenými kovmi v množstve približne 45 t zinku, 30 t železa a mangánu, 6 t hliníka, 1 t olova a 150 kg kadmia ročne. Banskou vodou šachty Pech v Smolníku sa z pyritového ložiska uvoľňuje do Smolníckeho potoka ročne približne 110 t Fe, 10 t Mn, 22 t Al, 4 t Zn, 1 t Cu a 300 t S. Hoci voda tohto potoka je až po sútok s Hnilcom toxická od zatopenia bane v roku 1996, dosiaľ nedošlo k náprave nežiaduceho ekologického stavu.

Dlhodobé zmeny kvality vody povrchových tokov v rudných oblastiach

Doterajšie poznatky z oblastí ťažby rudných ložísk ukazujú významný negatívny vplyv ich ťažby a sprievodnej priemyselnej úpravy rudy na kvalitu vody miestnych

tokov. Kvalitu vody povrchových tokov počas využívania rudných ložísk v Slovenskom rudohorí oveľa výraznejšie ako samotná ťažba sprevádzaná tzv. mokrou úpravou rudy (drvenie, mletie, flotácia) zhoršovala tepelná úprava rudy (praženie, aglomerácia). Emisie unikajúce z pražiacich pecí (účinnosť snáh o ich zachytenie a využitie bola úmerná stupňu vývoja technológií) kontaminovali blízke okolie úpravníckych závodov, rýchlo sa stávali súčasťou miestnych povrchových tokov a spolu s technologickými vodami z úpravy ich intenzívne kontaminovali na úsekoch dlhých niekoľko km, spravidla až po zriedenie prítokom do hlavných recipientov územia (rieky Hornád, Hnilec, Slaná). V porovnaní s obdobím po ukončení ťažby priemerná koncentrácia rizikových zložiek počas novodobej ťažby v rokoch 1970 – 1990 dosahovala niekoľkonásobne až niekoľkostonásobne vyššie hodnoty (Bajtoš, 2009). Vzhľadom na nárast účinnosti zachytávania emisií platí, že vo vzdialenejšej minulosti (pred monitorovaným obdobím) boli prejavy kontaminácie ešte výraznejšie. Hoci ešte dnes je ekologický stav mnohých tokov zlý, oproti nedávnej minulosti sa rapídne zlepšil. Najvýraznejšie rozdiely boli dokumentované na ložisku Rudňany. Koncentrácia Hg vo vode Rudnianskeho potoka tu po ukončení ťažby v priemere poklesla až 258-násobne (obr. 12). Výrazné poklesy koncentrácie boli zaznamenané aj pri Fe (43-krát), As (30-krát, obr. 13), ale aj Cr, Cd a Ni (15-krát). Niekoľkonásobne poklesol obsah Mn, Cu a Zn. Spomedzi ťažobno-úpravníckych zariadení mala najvýraznejší vplyv na kvalitu vody Rudnianskeho potoka prevádzka tepelného spracovania rúd – činnosť Nového priemyselného závodu (NPZ), lokalizovaného v dolnej časti povodia Rudnianskeho potoka, v ktorom sa pražila sideritová a tetraedritová ruda s obsahom Hg (Bajtoš, 2000). Okrem emisií kontaminovali povrchový tok aj vypúšťané technologické vody z ortuťovne. Na pyritovom ložisku Smolník došlo po ukončení ťažby k výraznému zlepšeniu kvality vody Smolníckeho potoka počas obdobia zatápania bane, keď obsah Mn poklesol 7-násobne, Cu 5-násobne a niekoľkonásobne aj obsah SO_4, Fe a Zn. V tomto období mierne presahovali odporúčané hodnoty len Cu, Hg a As. Po zatopení bane však obnovený výtok kyslej metalo-sulfátovej banskej vody spôsobil opätovné zhoršenie situácie, keď legislatívne odporúčané hodnoty (OH) výrazne presahovali koncentráciu týchto prvkov: Cu, Fe, Mn, Zn (5 – 13 OH), Hg a As. Aj keď

Tab. 5
Kvalita vôd monitorovaných lokalít v období rokov 2007 – 2010
Water quality at monitored localities in 2007–2010

Lokalita Area	Kvalita povrchových vôd Surface water quality			Kvalita banských, drenážnych a podzemných vôd Quality of mine, drainage and underground waters		
	III	IV	V	A	B	C
Hornonitrianska kotlina	As, Fe, Zn, $ChSK_{Mn}$	M, NH_4, Mn	SO_4, Al, Hg	As, Hg	–	NH_4
Rudňany	Sb, Hg, Mn, Cu	Ba, SO_4	–	Hg, As, Cu, Ba	Hg, Sb	–
Slovinky	Mn, As, Sb, Hg, Cu	–	–	Hg, Cu, As	Sb	–
Smolník	SO_4	pH, Zn, Cu	Fe, Mn, Al	Hg, Sb	Pb, Ni	Zn, Cu, As
Novoveská Huta	Ba, Sb, SO_4	–	pH, Al, Mn, Cu	Ba, Cu, As	^{226}Ra, U_{nat}, Sb	
Rožňava	–	–	–	Pb, Sb	Cu, As	Sb
Nižná Slaná				–	As, Sb	–
Banská Štiavnica – Banská Hodruša	NH_4, Zn, SO_4, MIN	Al, Zn, Fe	Mn	Fe, NH_4, As, Sb, Cr		Zn, Pb, Cd
Kremnica	pH, Mn, Sb, Al	–	–	As, Sb	–	–
Špania Dolina	Zn	As	Sb, Cu	As	–	Cu, Sb
Dúbrava	–	–	Sb	As	–	Sb
Pezinok	SO_4, Mn	Sb	As	As	–	Sb

Vysvetlivky: Najnepriaznivejšie triedy kvality zistené na monitorovaných objektoch pre sledované ukazovatele v jednotlivých lokalitách. Triedy kvality povrchových vôd podľa STN 75 7221: III – znečistená voda; IV – silno znečistená voda; V – veľmi silno znečistená voda. Triedy kvality podzemných, drenážnych a banských vôd podľa „Pokynu": A – pozaďové hodnoty; B – zvýšené koncentrácie vyžadujúce vysvetlenie pôvodu znečistenia; C – vysoké koncentrácie vyžadujúce asanačný zásah.

Explanations: The most disadvantageous classes of quality, determined for analysed parameters in monitored objects on individual localities. Classes of surface water quality according to STN 75 7221: III – polluted water; IV – strongly polluted water; V – extremely polluted water. Classes of underground, drainage and mine water quality according to "Directive": A – background values; B – enhanced values, investigation for source of contamination is needed; C – high values, rehabilitation is needed.

koncentrácia týchto zložiek v banskej vode časom postupne klesala, dosiaľ pretrváva vysoká koncentrácia Fe, Cu, Zn a Mn (2,5 – 4,5 OH). Oproti obdobiu ťažby je však situácia výrazne lepšia, vtedy dosahovala koncentrácia Cu a Mn približne 10-násobok OH.

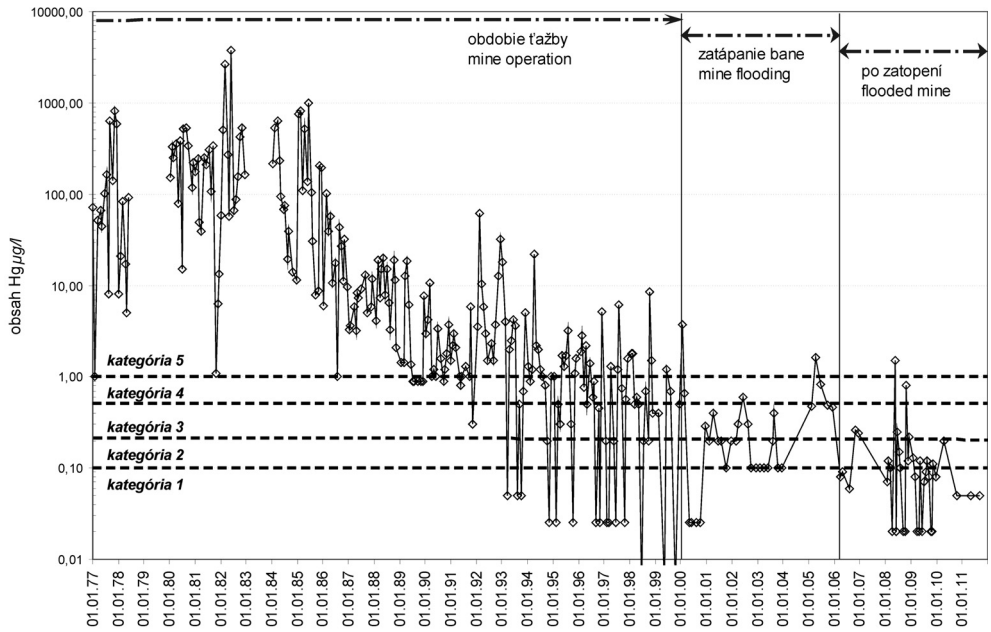
Údaje získané pri monitoringu ČMS GF VŤŽP umožnili stanoviť bilanciu hmotnostného prietoku vybraných kontaminantov v banskej oblasti Dúbrava v Nízkych Tatrách a v oblasti Slovinky v Slovenskom rudohorí (Bajtoš, 2012). Týmto spôsobom je možné kvantifikovať podiel zjavných zdrojov kontaminácie na znečistení miestnych povrchových tokov a prognózovať mieru účinnosti realizácie budúcich sanačných opatrení. Keďže väčšina slovenských oblastí postihnutých banskou činnosťou sa nachádza – podobne ako dve vyššie uvedené lokality – v horských oblastiach budovaných masívom skalných predmezozoických hornín, predpokladá sa široká použiteľnosť tejto metódy pri hodnotení miery ovplyvnenia kvality povrchových vôd banskou činnosťou a pri rozhodovaní o účelnosti vynaloženia finančných prostriedkov na realizáciu sanačných prác.

Kvalita riečnych sedimentov

Kvalita riečnych sedimentov bola v hodnotenom období monitorovaná v oblasti Banská Štiavnica – Hodruša a v Hornonitrianskej kotline.

V štiavnicko-hodrušskom rudnom obvode sa vo všetkých sedimentoch monitorovaných výtokov banských vôd (najmä VOŠ, NOŠ a v štôlni Zlatý stôl) vyskytuje extrémne vysoký obsah prakticky všetkých sledovaných rizikových prvkov (Zn, Cu, Pb, Co, Ni, As, Hg), ktorý mnohonásobne prevyšuje legislatívne zavedené hodnoty pre zdravé, neznečistené životné prostredie. Najmä obsah Zn (60 000 až 90 000 mg · kg^{-1}) v sedimente banskej vody VOŠ je na úrovni, ktorá veľmi vysoko prevyšuje (niekoľko 1 000-krát) hraničné legislatívne hodnoty. Podobne, aj keď nie až tak markantne, je to aj v prípade NOŠ, aj v prípade štôlne Zlatý stôl. S 10- až 20-násobným prekročením oproti limitným hodnotám sa stretávame prakticky pri všetkých prvkoch vo všetkých banských sedimentoch odkaliska v Hodruši, kde pozorujeme ich zvýšený obsah v porovnaní so sedimentmi recipienta o 50 % až 100 %. Celkovo možno skonštatovať pretrvávanie negatívneho vplyvu banských vôd na kvalitu riečnych sedimentov štiavnicko-hodrušského rudného obvodu.

V sedimentoch banských vôd uhoľných baní na Hornej Nitre a aj v sedimentoch povrchových recipientov pod štôlňami pozorujeme zvýšený obsah potenciálne toxických prvkov. Tento obsah je markantne vyšší ako ich obsah v recipiente nad štôlňami. Najvyšší obsah bol zaznamenaný pri As v prípade štôlne Cigeľ. Tam ich obsah kolíše od 330 až 2 588 mg · kg^{-1}. Avšak aj obsah As v ďalších štôlňach oblasti vo veľkej väčšine prekračuje limitnú hodnotu pre zdravé neznečistené životné prostredie (28 mg · kg^{-1}). Pravidelne sa obsah pohybuje na úrovni 50 – 500 mg · kg^{-1}. Podmienené je to dvomi základnými skutočnosťami. Obsah As v uhlí Hornonitrianskej kotliny sa pohybuje v rozmedzí 600 – 800 mg · kg^{-1}. Druhou skutočnosťou ich zvýšeného obsahu je nestabilita As a ďalších stopových prvkov v prírodných vodách v daných termodynamických podmienkach a ich prakticky okamžité vypadávanie na geochemických bariérach hneď pri ústí štôlní. Preto pri väčšine prvkov, najmä As, ďalej Zn, Cu, Pb, Cd, Hg



Obr. 12. Časové zmeny obsahu ortuti vo vode Rudnianskeho potoka nad jeho ústím do Hornádu. Spracované podľa údajov SHMÚ (1977 až 2009) a vlastných údajov (2007 – 2011). Kategórie kvality povrchovej vody 1 – 5 podľa STN 75 7221.

Fig. 12. Long time fluctuation of Hg concentration in the Rudniansky potok stream above its estuary into the Hornád river. Compiled using data from the state surface water quality monitoring (SHMÚ – Slovak Hydrometeorological Institute, 1977–2009) and our own data (2007–2011). Surface water quality categories 1–5 after STN 75 7221.

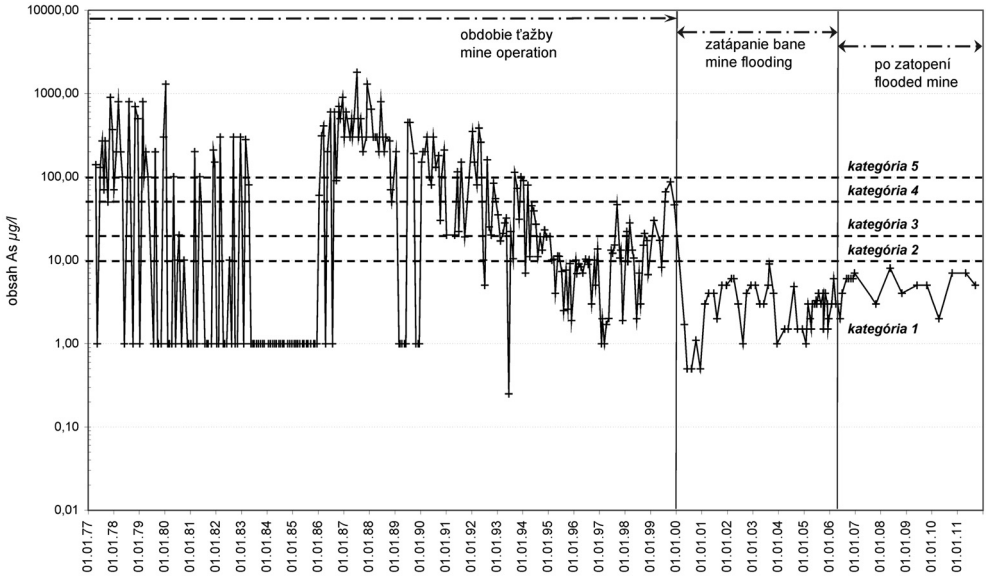
pozorujeme zvýšený obsah v sedimentoch zo štôlní a v sedimentoch povrchových recipientov pod štôlňami. V sledovanom období (r. 2007 – 2011) je obsah rizikových prvkov relatívne stabilne zvýšený.

Kontaminácia sedimentov tokov bola v minulosti dokumentovaná vo väčšine monitorovaných oblastí s ťažbou rúd (Antal et al., 1998; Chovan et al., 2009; Lintnerová et al., 1999, 2004) a magnezitu (Radvanec et al., 2010).

Prievaly banskej vody z opustených banských diel

Špecifickým problémom, ktorý v období posledných rokov rezonoval prostredníctvom médií aj na verejnosti, je nebezpečenstvo náhlych prievalov banskej vody z opustených banských diel lokalizovaných nad osídlenými územiami alebo priamo v nich. Najnebezpečnejšia situácia nastala pri Novoveskej Hute, kde zával evaporitového nadložia utesnil Novú štôlňu, podmienil zvyšovanie vodného stĺpca pritekajúcou banskou vodou a postupné zväčšovanie jej naakumulovaného množstva. Náhle prevalenie závalu vodou v dôsledku vysokého hydrostatického tlaku spôsobilo vznik extrémnej prietokovej vlny, ktorá po dosiahnutí povrchu zničila ústie štôlne (obr. 14), poškodila cestu vedúcu k Novej štôlni (obr. 14) a spôsobila aj škody v záhradách a príbytkoch obyvateľov Tepličky v spádovom povodí Tepličského Brusníka. Takéto prievaly sa opísaným spôsobom opakovali štyrikrát. Odhaduje sa, že pri prvom 26. 9. 2008 vytieklo zo štôlne cca 95,8 tis. m^3 vody, pri druhom 7. 12. 2008 72,1 tis. m^3, pri treťom 30. 1. 2009 23,3 m^3 a pri poslednom 17. 2. 2009 až približne 120 tis. m^3 (Daniel a Jančura, 2009). Na zamedzenie opakovaniu prievalov bola v úvodnom úseku štôlne postavená protiprievalová hrádza (Rudné bane, š. p., Banská Bystrica). Jej účelom je stlmiť účinok prievalovej vlny pri ďalšom vzniku prievalu. Za definitívne riešenie vzniknutej havarijnej situácie sa považuje obnovenie pôvodnej výškovej úrovne odtoku banskej vody odrazením závalu. Vzdutá hladina vody v banskej sústave totiž spôsobuje nežiaduce krasovatenie sadrovcového súvrstvia nad úrovňou štôlne a možno očakávať vznik ďalších závalov povrchu. Banská voda vyteká na povrch z ústia Novej štôlne, ale hlavne zo spomínaného závalu. Táto lokalita bola v roku 2010 zaradená do štátneho monitoringu. Výdatnosť výtoku z Novej štôlne podľa meraní v rokoch 2010 a 2011 dosahovala 2,8 – 6,2 $l \cdot s^{-1}$ a výdatnosť prelivu banskej vody zo závalu 1,5 – 110 $l \cdot s^{-1}$. Maximálnu výdatnosť dosiahol preliv zo závalu pri extrémnych zrážkach dňa 6. 6. 2010, keď unášaný piesčito-kamenitý sediment upchal prepust pod lesnou cestou. Odtok zo závalu nasmerovaný na lesnú cestu spôsobil jej intenzívnu eróziu (ryhu hlbokú miestami až 1,6 m; obr. 15) v úseku po bývalý závod ŽB v dĺžke 400 m. Unášaný materiál sedimentoval v areáli tohto závodu (obr. 16).

Prípad výronu banskej vody z opustenej Novej štôlne v lokalite Teplička nad Hornádom (Daniel a Jančura, 2009; Bajtoš et al., 2011a) a výron banskej vody z Krížovej štôlne v roku 2010 v Gelnici (Bajtoš et al., 2011c) dokumentovali ničivý potenciál ukrývajúci sa v opustených baniach, ale aj značné rezervy v súčasnej prevencii vzniku takýchto udalostí, v riešení krízových situácií a efektívnosti prác pri eliminovaní rizika opakovania havarijnej udalosti technickými prácami. To otvára otázku, do akej miery súčasná legislatíva zabezpečuje bezpečný a environmentálne únosný spôsob likvidácie banských diel pri ukončení ťažby, najmä účasť príslušných špecialistov pri projektovaní likvidačných prác, prípadne pri schvaľovaní týchto projektov. Z pohľadu štátneho monitoringu vplyvov banskej činnosti na životné prostredie je v tejto súvislosti vhodné



Obr. 13. Časové zmeny obsahu arzénu vo vode Rudnianskeho potoka nad jeho ústím do Hornádu. Spracované podľa údajov SHMÚ (1977 až 2009) a vlastných údajov (2007 – 2011). Kategórie kvality povrchovej vody 1 – 5 podľa STN 75 7221.

Fig. 13. Long time fluctuation of As concentration in the Rudniansky potok stream above its estuary into the Hornád river. Compiled using data from the state surface water quality monitoring (SHMÚ – Slovak Hydrometeorological Institute, 1977–2009) and our own data (2007–2011). Surface water quality categories 1–5 after STN 75 7221.





Obr. 14. Dôsledky prievalu banskej vody z Novej štôlne v lokalite Novoveská Huta – Teplička. Vľavo: poškodené ústie štôlne s erodovaným úvodným úsekom. Vpravo: eróziou poškodená miestna cesta a koryto potoka zanesené naplaveným materiálom. Foto Baláž, 2. 10. 2008.

Fig. 14. Consequences of mine water outbreak from the Nová štôlňa adit in the Novoveská Huta – Teplička site. Left – damaged adit mouth with eroded part of slope. Right – local road damaged by erosion, clogged stream channel. Photo by Baláž, 2. 10. 2008.

orientovať pozornosť na zistenie efektívneho spôsobu identifikácie objektov rizikových z hľadiska vzniku náhlych prievalov banskej vody, identifikovať rizikové objekty v intravilánoch sídiel a ich blízkosti a informovať o nich orgány samosprávy, navrhnúť spôsob ich technických úprav na zamedzenie spomínaného rizika, prípadne monitoring včasného varovania pred vznikom havárie. Tejto problematike sa venuje geoenvironmentálna štúdia (Bajtoš et al., 2011c), v rámci ktorej boli rizikovou analýzou vytypované potenciálne nebezpečné ústia banských diel a navrhnutý bol ďalší postup eliminácie rizika vzniku škôd spôsobených prievalmi banskej vody.



Obr. 15 (vľavo): Erózia lesnej cesty banskou vodou z kráteru nad Novou štôlňou. Foto Bajtoš, 6. 6. 2010.

Fig. 15 (left): Erosion of forest road by mine water overflow from the crater above the Nová štôlňa adit. Photo by Bajtoš, 6. 6. 2010.

Záver

Výsledky doterajšieho monitoringu vplyvov ťažby nerastov z najvýznamnejších slovenských ložísk potvrdzujú pretrvávajúci negatívny vplyv pozostatkov ťažobnej činnosti na životné prostredie a na kvalitu života miestnej populácie. Okrem trvalej záťaže prostredia – hlavne hydrosféry – toxickými prvkami zhoršujú životné podmienky miestnych obyvateľov náhle vznikajúce nebezpečné javy. Medzi ne



Obr. 16 (vpravo): Nánosy sedimentu erodované z lesnej cesty banskou vodou z kráteru nad Novou štôlňou. Foto Bajtoš, 6. 6. 2010.

Fig. 16 (right): Accumulation of sediment eroded from the forest road by mine water overflow from the crater above the Nová štôlňa adit. Photo by Bajtoš, 6. 6. 2010.

patria hlavne závaly povrchu terénu nad banskými dielami a prievaly banskej vody z opustených baní. Následkom týchto javov bývajú materiálne škody na miestnej infraštruktúre, pôdnom a lesnom fonde, súkromnom majetku občanov, ale aj riziko ohrozenia ich zdravia a života.

Úspešná prevencia vzniku nebezpečných udalostí ako dôsledku banskej činnosti si vyžaduje dôkladné poznanie mechanizmov ich vzniku a pôsobenia. V tomto smere je dlhodobý systematický monitoring nezastupiteľný, hlavne v budovaní informačnej bázy poznatkov a údajov potrebnej na štúdium týchto zložitých procesov. Identifikácia a prognózovanie vplyvov banskej činnosti na jednotlivé zložky životného prostredia v čase a v konkrétnych prírodných podmienkach lokality si vyžaduje komplexný multidisciplinárny prístup a primerané technické zabezpečenie.

Pri ďalšom inžinierskogeologickom monitoringu vplyvov ťažby na životné prostredie je potrebné sústrediť pozornosť hlavne na lokality s najintenzívnejšími prejavmi nestability povrchu vplyvom podrúbania, ktoré sa nachádzajú v obývaných oblastiach a ich blízkosti. Pri hydrogeologickom a geochemickom monitoringu je vzhľadom na doterajšiu nízku frekvenciu vzorkovania (zväčša 2x ročne) úroveň poznatkov o sezónnej variabilite koncentrácie kontaminantov vo väzbe na zrážkovo-odtokové pomery monitorovaných oblastí nedostatočná. Preto je potrebné v nasledujúcom období vo vybraných oblastiach realizovať časovo obmedzené podrobné sledovanie prietoku a základných fyzikálno-chemických parametrov automatickou registračnou technikou doplnenou vzorkovaním s vysokou frekvenciou, ktoré by bolo podkladom na úpravu frekvencie vzorkovania pri dlhodobom monitoringu. Spôsob vyhodnotenia geochemického monitoringu je vhodné modifikovať v intenciách metodického pokynu MŽP SR č. 1/2012-7 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia.

Počas budúceho monitoringu je potrebné okrem pokračujúceho získavania monitorovaných údajov v dosiaľ sledovanom rozsahu skúmať aj možnosti optimalizácie monitorovacích aktivít. Taktiež je potrebné dopĺňať rozsah sledovaných parametrov o také, ktoré umožnia lepšie charakterizovať aktuálnu mieru rizika negatívnych vplyvov banskej činnosti a presnejšie prognózovať vývoj rizikových procesov v oblastiach. Zároveň je potrebné preverovať nutnosť monitoringu ďalších rizikových oblastí Slovenska.

Poďakovanie. Autori ďakujú recenzentke prof. RNDr. Otílii Lintnerovej, CSc. (Univerzita Komenského Bratislava, Prírodovedecká fakulta, Katedra ložiskovej geológie) za hodnotné pripomienky a poznámky.

References

Antal, B., Zlocha, M. & Hudáček, M., 1998: Hodnotenie vplyvu banskej činnosti na životné prostredie v regióne stredný Spiš. Záverečná správa orientačného prieskumu geologických činiteľov životného prostredia. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 263 s.*

Bajtoš, P., 2000: Environmental impact of mining activity in the Rudňany Ore Field, Slovak Ore Mountains. *In: Rozkowski, A. & Rogoz, M. (eds.): Mine Water and the Environment. Proceedings of 7th IMWA congress, Ustron, 733 – 738.*

Bajtoš, P., 2004: Groundwater chemical composition changes in the Dúbravský Massif hydrogeological structure, induced by magnesite exploitation. *Acta Petrologica Sinica, IGCP-443 Newsletter, 3, 20, 4, 887 – 898.*

Bajtoš, P., 2009: Zmeny kvality vody vybraných tokov v Slovenskom rudohorí v priebehu ťažby rudných ložísk a po jej ukončení. *In: Rapantová, N. & Grmela, A. (ed.): Voda – strategická surovina pro 21. století. Zbor. 10. česko-slovenského medzinárodného hydrogeologického kongresu, Ostrava, 205 – 208.*

Bajtoš, P., 2012: Bilancia hmotnostného prietoku kontaminantov v horských oblastiach zaťažených banskou činnosťou na príklade Sb ložiska Dúbrava a Cu ložiska Slovinky. *Podzemná voda, 18, 2, 110 – 122.*

Bajtoš, P. & Klukanová, A., 2009: Vplyv ťažby uhlia na Slovensku v environmentálnych súvislostiach. *In: Zbor. prednášok z medzinárodnej konferencie „100 rokov priemyselnej ťažby hnedého uhlia na Slovensku", Handlová, 109 – 120.*

Bajtoš, P., Záhorová, Ľ. & Rapant, S., 2011a: Monitoring vplyvov na životné prostredie v rizikových oblastiach ťažby rudných ložísk, magnezitu a mastenca. Správa za rok 2010. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 66 s.*

Bajtoš, P., Cicmanová, S., Baláž, P., Stupák, J., Pramuka, S., Michalko, J. & Šesták, P., 2011b: Banské vody Slovenska vo vzťahu k horninovému prostrediu a ložiskám nerastných surovín. Záverečná správa. *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava, 229 s.*

Bajtoš, P., Záhorová, Ľ., Stupák, J. & Pramuka, S., 2011c: Analýza potenciálnych nebezpečenstiev týkajúcich sa prievalov banských vôd a stavu odkalísk po ukončení banskej činnosti, geoenvironmentálna štúdia. *Manuskript. Archív Rudné Bane, š. p., Banská Bystrica, 258 s.*

Baliak, F., Malgot, J., Letavay, M., Bartók, J., Kuchár, Š., Šebová, H. & Solmanová, A., et al., 1989: Inžinierskogeologická mapa Kremnica 1: 5 000. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Cicmanová, S., 2002: Geoenvironmental assessment of magnesite deposit Jelšava – Dúbrava massif. *In: IGCP 443 – Magnesite and Talc. Geological and Environmental Correlations. Bol. paranaense Geociênc., 50, 87 – 95.*

Daniel, J. & Jančura, M., 2009: Prípad Nová štôlňa – periodické výrony banských vôd z opustenej bane. *Montanrevue (2. 6. 2009), 18 – 19.*

Géczy, J., Vozár, J., Hojnoš, M., Tešliar, J., Daniel, S., Joríková, H., Kandríková, A. & Buzová, M., 1993: Vplyv geofaktorov na vitalitu lesných porastov v oblasti Hnileckých vrchov. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 52 s.*

Halmo, J., Pokojný, J., Beláček, J. & Vörös, S., 1999: Novaky coal deposit exploatation and its relation to the Horna Nitra valley geothermal waters. *Proceedings XXIX congress of IAH Hydrogeology and land use management, Bratislava. 757 – 761.*

Halmo, J., Franko, O. & Vörös, S., 2001: Nové poznatky o ochrane Bojnických liečivých termálnych vôd. *Podzemná voda, 7, 2, 133 – 156.*

Chovan, M., Lalinská, B., Klimko, T., Šottník, P., Jurkovič, Ľ. & Jankulár, M., 2009: Evaluation of contaminated areas affected by Sb mining (Slovakia). *In: Contaminated areas, Bratislava, 06/2009. Vyd. Ekotoxikologické centrum, Bratislava, 177 – 182.*

Klukanová, A., Iglárová, Ľ., Wagner, P., Hrašna, M., Frankovská, J., Mikita, S., Cipciar, A., Bajtoš, P., Smolárová, H., Gluch, A., Vlčko, J., Bodiš, D., Ondrášik, M., Ondrejka, P., Liščák, P., Pauditš, P., Petro, Ľ., Dananaj, I., Hagara, R., Moczo, P., et al., 2011: Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory (správa za obdobie 2002 – 2009/monitorovanie GF ŽP). *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 920 s.*

Lauková, I., 1999: Mining influence of the Hornonitrianske bane Prievidza, a. s., on the environment. *Proceedings XXIX congress of IAH Hydrogeology and land use management, Bratislava, 791 – 795.*

Lintnerová, O., Šottník, P. & Šoltés, S., 2004: Vznik kyslých banských vôd a toxických riečnych sedimentov v okolí opustenej bane Smolník. *In: Geochémia 2004, Bratislava, 129 – 131.*

Lintnerová, O., Šucha, V. & Streško, V., 1999: Mineralogy and geochemistry of acid mine Fe-precipitates from the main Slovak mining regions. *Geol. Carpath., 50, 5, 395 – 404.*

Metodický pokyn č. 1/2012-7 z 27. januára 2012 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia.

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 296/2005 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd.

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.

Piovarčiová, V., 1989: Expertíza vplyvu dobývania Dúbravského masívu na povrch s možnosťou vydobytia až po úroveň 200 m n. m. *Manuskript. Archív ÚVR, Košice.*

Pokyn Ministerstva pre správu a privatizáciu národného majetku SR a Ministerstva životného prostredia SR z 15. 12. 1997 č. 1617/97-min. na postup pri vyhodnocovaní záväzkov podniku z hľadiska ochrany životného prostredia v privatizačnom projekte predkladanom podnikom v rámci privatizácie.

Radvanec, M., Németh, Z. & Bajtoš, P. (eds.), 2010: Magnesite and Talc in Slovakia – Genetic and Geoenvironmental Models: Magnezit a talk na Slovensku – genetický a geoenvironmentálny model. *ŠGÚDŠ, Bratislava, 189 p.*

Rozhodnutie MP SR o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok (číslo 531/1994 – 540) MP SR, 1994.

STN 75 7221 Kvalita vody. Klasifikácia kvality povrchových vôd.

Vrana, K., Vojtaško, I., Žák, D., Piovarči, M., Kúšiková, S., Puchnerová, M., Lanc, J. & Naštický, J., 2005: Systém zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou, orientačný IGP. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 76 s.*

Zahoranský, G., 1990: Stanovenie vplyvu dobývania ložiska Košice – hĺbka, magnezit. Záverečná správa. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Zahoranský, G. & Hausová, Z., 1987: Riešenie problematiky horských otrasov na hlbinných baniach ČSSR. Názov DÚ 06: Výskum problematiky horských otrasov a iných geodynamických prejavov s obdobným účinkom na hlbinných baniach GR RBMZ. Etapa 01: Určenie ložísk s nebezpečím geodynamických prejavov. *Manuskript. Archív ÚVR, Košice.*

Rukopis doručený 3. 1. 2013
Revidovaná verzia doručená 5. 2. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Geological monitoring of mining influence on the environment in risk-bearing Slovak areas in years 2007–2011

Mining activities in Slovakia are performed from historical times till recent. Not only recent mining, but also numerous old mines can negatively influence the environment and conditions for human life. As a part of state monitoring of geological factors, also impact of mining on the environment has been monitored since 2007. Methods and range of this monitoring, as well as selection of monitored sites were proposed in the frame of prepared system for identification and monitoring of damages induced by mining (Vrana et al., 2005).

From the typological point of view, monitored areas can be divided into three main groups – areas of ore mining, areas of magnesite or talc mining and areas of coal exploitation. Spatial distribution of monitored areas in Slovakia is shown in Fig. 1. Nowadays, ore mines in studied areas are abandoned, with the exception of gypsum deposit in Novoveská Huta and small Au-mine Rozália in Banská Hodruša. Hence, these areas are monitored by our own field and laboratory works. Ore mining areas are monitored in local specialized monitoring networks (Tab. 2). Mines in areas with magnesite/talc and coal mining are still in processing and miners perform operative monitoring under supervision of mining office boards and environmental authorities. Results of the operative monitoring performed at magnesite/talc mines were being filled in to our state monitoring database. Operative monitoring of the "Horná Nitra" region coal miners is supplemented by the state monitoring of geochemical aspects, consisted of surface water and stream sediments quality measurements.

Monitoring of mining impacts on the environment requires different approaches for engineering geological, hydrogeological and geochemical investigations.

Engineering geological monitoring is objected mainly on physical impacts of mining on ground surface, where geodynamic phenomena as slope deformations (SD), ground subsidences (PT), defects of objects (PO), underflooding and waterlogging of soil (PZ) or linear erosion of ground surface (ER) are observed (Tab. 1). Their origin is studied on the base of documentation of stopped-out workings (MP), deformation of rock massif in underground (MD) and portal locations (BD). Taking into account magnitude and frequency of above mentioned geodynamic phenomena, monitored areas can be distinguished into three categories of loading (Tab. 4). In many localities, recent movements of ground surface are recorded. They represent sudden ground falls (Figs. 3–5), or small vertical movements of ground surface (Tab. 4).

Residuals of mining still negatively affect local water bodies (Tab. 5). Nevertheless, long terming records of surface water quality show that in comparison with the mine operation period, present loading of streams is a few times lower (example in Figs. 12–13). More than mining alone (together with simple wet processing of ore), water and also soil quality was affected within thermal processing of ore (emissions from metallurgical furnaces, waste waters from ore processing).

Monitoring of quantitative parameters of mine water sources in ore mining areas confirm that abandoned mines (mainly in period 1990–2010) has steady water circulation, which is controlled by precipitation – climatic regime in given area. Most significant influence of natural water circulation is induced by coal mines. Groundwater of Neogene aquifers is drained on large areas so depression cones are extensive and they induse infiltration of surface water. As these impacts are reliably monitored by miners since the 1960s (Lauková, 1999; Halmo et al., 1999 and 2001), in present they are not measured in the frame of state monitoring.

Future monitoring of mining impact on environment should be oriented – in adition to continual collection of relevant data in present extent – on optimization of performed activities. Measured parameters should be supplemented by additional ones, which will allow to characterize risk from mining residuals or present mining activities more accurately and which enable to estimate future evolution of risk-bearing processes and phenomenons correctly.

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 393 – 402
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Monitorovanie variácií objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí vo vybraných objektoch v rámci územia Slovenskej republiky

AUGUSTÍN GLUCH a SILVESTER PRAMUKA

Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum, Markušovská cesta 1,
052 01 Spišská Nová Ves;
augustin.gluch@geology.sk

Monitoring of radon volume activity variations in geological surroundings of selected objects in Slovak Republic

Numerous natural radionuclides and products of their radioactive decay are permanently present in all compounds of the environment. The radon volume activity (RVA) monitoring in geological surroundings aims to document and evaluate the long-term and short-term radon changes in the geological surroundings (soil gas) and groundwater. The radon volume activity is monitored in Bratislava, Banská Bystrica, Spišská Nová Ves and Hnilec, as well as above tectonic fault in locality Grajnár. The radon concentrations in the groundwater are monitored in objects where a higher content of radon volume activity was determined (Bratislava, Bacúch, Spišské Podhradie and Oravice). Results of the radon content monitoring in soil gas document its long term variability in subsurface parts of the rock environment throughout a year, but also during several monitoring seasons as well. The season variations of the radon volume activity depend not only on humidity and gas permeability of local soils and rocks, but also on geological setting and lithology in specific locality. The same meteorological conditions, but different geological environment cause the different nature of variations. The radon volume activity variations in the groundwater have a season nature. Monitoring during several seasons has manifested the wave or sinusoidal dependence. Contrary to the soil radon the variations are not so affected by accidental occurrences or changes in the atmosphere, and they are not so sensitive on variable short time changes of the weather (temperature, atmospheric pressure). Monitoring of the soil radon concentrations above tectonic fault documents a good correlation of measured results. The total values of the radon volume activity in soil gas during more seasons point to some differences, but the tendency of curves remains the same.

Key words: radon monitoring, volume activity of radon, radon variations, radon in soil gas, radon in the groundwater.

Úvod

Napriek skutočnosti, že ľudská populácia je permanentne vystavená účinkom ionizujúceho žiarenia, problematika prírodnej či umelej rádioaktivity bola desaťročia prakticky „tabu". Urán bol strategickou surovinou pre jadrový (zbrojný, energetický) priemysel a výsledky prieskumov aj vedeckých výskumov z tejto oblasti sa (najmä v období tzv. „studenej vojny") prísne utajovali. Zdravotné riziká a dosahy na obyvateľstvo sa bagatelizovali a vo všeobecnosti sa usudzovalo, že radón a dcérske produkty jeho jadrového rozpadu bezprostredne ohrozujú len baníkov v uránových baniach.

Vplyvmi expozície radónom sa v zahraničí zaoberajú viaceré renomované inštitúcie (napr. UNSCEAR – *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*, ICRP – *International Commission on Radiological Protection*), ale aj ďalšie organizácie a vedecké pracoviská. Zo záverov ich výskumov vyplýva, že prírodné zdroje rádioaktívneho žiarenia prispievajú viac než tromi štvrtinami k celkovej radiačnej záťaži populácie (obr. 1).

Najvýznamnejším zdrojom prírodného žiarenia je radón a rádioizotopy vznikajúce pri jeho nukleárnom rozpade. Tie sú adsorbované v dýchacích cestách, kde dochádza ku kontaktnému ožarovaniu buniek pľúcneho tkaniva, čo môže v konečnom dôsledku viesť až k vzniku zhubných nádorov. Bolo to potvrdené napr. aj výskumami Slovenskej zdravotníckej univerzity (SZU) v Bratislave (Nikodemová, Pinter a Vičanová, 2003), zameranými na oblasti s prognózou vysokého radónového rizika.

Na Slovensku sa prírodnej rádioaktivite a riziku expozície radónom z geologického prostredia začala významnejšia pozornosť venovať až počiatkom 90. rokov minulého storočia, keď sa pri tvorbe regionálnych máp životného prostredia začali zostavovať aj mapy prírodnej rádioaktivity horninového prostredia (koncentrácia draslíka – ^{40}K, ekvivalentného uránu – eU, ekvivalentného tória – eTh; celková prírodná rádioaktivita – eUt; dávkový príkon žiarenia gama – Da), mapy prognózy radónového rizika (radón – ^{222}Rn v pôdnom vzduchu) a mapy prírodnej rádioaktivity podzemných a povrchových vôd – koncentrácia U_{nat} = zmes izotopov ^{234}U, ^{235}U a ^{238}U, objemová aktivita rádia ^{226}Ra a ^{222}Rn (smernica MŽP SR

č. 1/2000-3). Sledovanie sezónnych resp. dlhodobejších zmien obsahov radónu v geologickom prostredí nebolo zámerom riešených úloh a variáciám objemovej aktivity radónu (OAR) nebola venovaná väčšia pozornosť.

Až v priebehu riešenia projektu „Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov (ČMS GF)“ sa riešitelia podsystému *„Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území Slovenskej republiky“* začali systematicky venovať predmetnej problematike v regionálnom (celoslovenskom) rozsahu (Smolárová, 1998).

Charakteristika skúmanej problematiky

Celý rad prírodných rádionuklidov a produktov ich jadrového rozpadu je permanentne prítomný vo všetkých zložkách životného prostredia, t. j. v horninách, vodstve i v ovzduší. Radón (^{222}Rn – zdroj alfa žiarenia s polčasom rozpadu 3,825 dňa) je inertný prírodný rádioaktívny plyn vznikajúci samovoľným rozpadom rádia ^{226}Ra (zdroj alfa a gama žiarenia) v rozpadovom rade uránu ^{238}U a patrí medzi tzv. vzácne plyny. Má vyššiu hustotu než vzduch, je veľmi dobre rozpustný vo vode (až 51 % svojho objemu), je bez farby, chuti a zápachu.

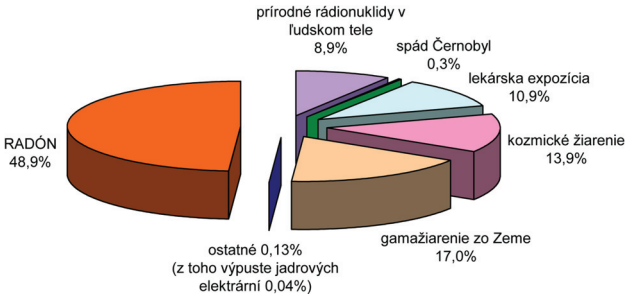
Hlavným zdrojom prírodného radónu je geologické prostredie, t. j. niektoré minerály a horniny, ale aj podzemné vody prechádzajúce horninami so zvýšeným obsahom uránu. Vzhľadom na polčas rozpadu materských prvkov (^{238}U = cca 4,5 mld. rokov, ^{226}Ra = 1 600 rokov) je z geologického prostredia zaistený jeho trvalý prísun.

Radón pomerne ľahko preniká horninovým prostredím a šíri sa difúznym, resp. konvekčným prúdením. Difúzia je ovplyvňovaná hlavne plynopriepustnosťou horninového prostredia. Transport radónu konvekciou je rádovo vyšší a spôsobujú ho zmeny fyzikálnych podmienok prostredia (teplotné a tlakové gradienty). Najvýznamnejší prejav konvekcie je nad tektonicky porušenými zónami, ktoré sú dobrými komunikačnými cestami pre plyny.

Vo voľnom prostredí sa radón rýchlo riedi atmosférickým vzduchom, ale v uzavretých priestoroch sa môže nahromadiť vo vysokej, zdraviu škodlivej koncentrácii.

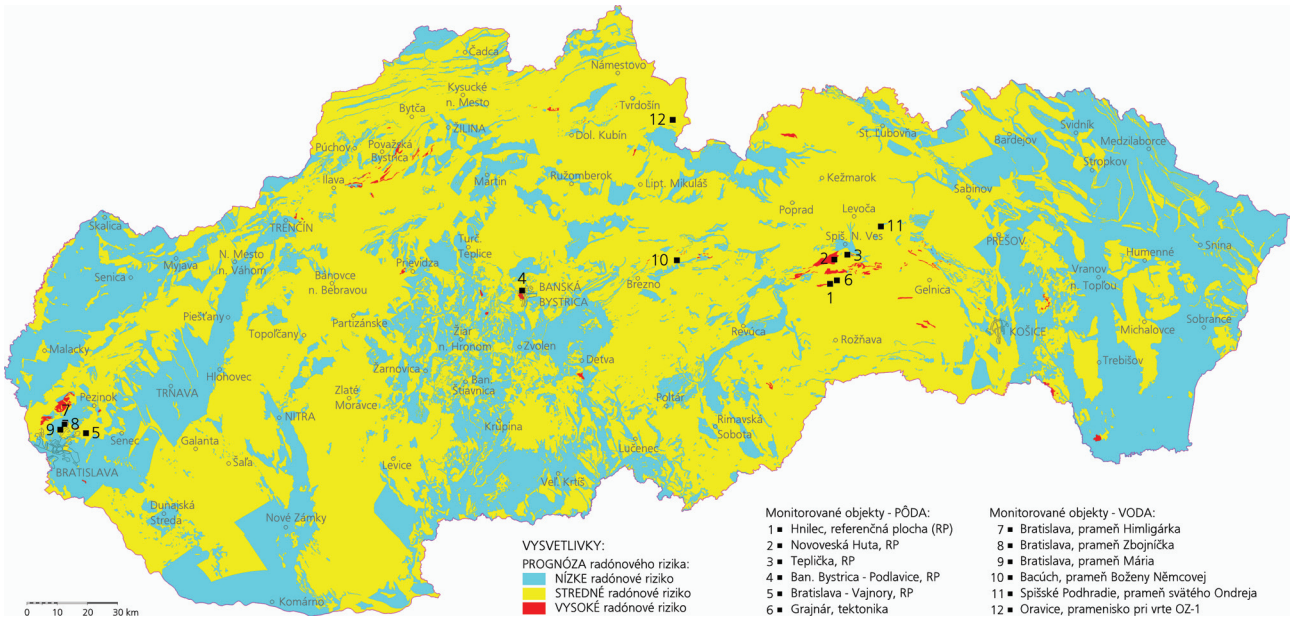
Pre potreby monitorovania OAR v rámci územia Slovenska bol jedným z dôležitých východísk výber lokalít. Vychádzalo sa jednak z analýzy výsledkov starších geologickoprieskumných prác zaoberajúcich sa problematikou prírodnej rádioaktivity (napr. prieskum zameraný na rádioaktívne suroviny), ale aj novších údajov a podkladov získaných napr. pri hodnotení geologických faktorov životného prostredia (Čížek, Smolárová a Gluch, 2001).

Monitorovanie zmien OAR v pôdnom vzduchu bolo zamerané na areály s potvrdeným zvýšeným (stredným a vysokým) radónovým rizikom. Najviac lokalít sa vytypovalo v oblasti Spišsko-gemerského rudohoria, ktoré má najvyšší počet lokalít s vysokou koncentráciou pôdneho radónu na území Slovenska a je to zároveň región



Obr. 1. Radiačná záťaž obyvateľstva (zdroj: www.suro.cz).

Fig. 1. Radiation load of population (source: www.suro.cz).



Obr. 2. Situačná schéma monitorovaných objektov na podklade mapy prognózy radónového rizika (Gluch, Dzurenda a Pramuka, 2011).

Fig. 2. Situation scheme of monitoring objects on the basis of the Map of Radon Risk Prognosis (Gluch, Dzurenda and Pramuka, 2011).

s početnými výskytmi uránovej mineralizácie, vrátane uránových ložísk.

Výber lokalít na účely merania aktivít pôdneho radónu na referenčných plochách (RP) bol prednostne zameraný do intra(extra)vilánov vybraných sídiel: Bratislava, Banská Bystrica, Spišská Nová Ves (lokality Novoveská Huta a Teplička) a Hnilec.

Posudzovanie zmien koncentrácie radónu v podzemných vodách je realizované v objektoch (dostupné pramene, vývery a pod.), v ktorých boli pri predošlých prácach zistené zvýšené, resp. vysoké objemové aktivity radónu (Lučivjanský, 1993).

Z približne troch desiatok objektov, ktoré boli pri riešení predmetnej úlohy v rôznom rozsahu monitorované od roku 1998, je v súčasnosti sledovaných 12 objektov (obr. 2) – po šesť objektov pre pôdny radón (z toho jeden nad zlomom) a radón vo vodách.

Monitorovanie viacerých objektov bolo ukončené, na určitú dobu prerušené, prípadne čiastočne upravené v dôsledku znefunkčnenia monitorovaných miest nepredvídanou antropogénnou činnosťou (terénne úpravy, výstavba, znečisťovanie plôch divokými skládkami a pod.).

Metodika prác

Cieľom monitoringu OAR v geologickom prostredí vo vybraných objektoch na území SR je zdokumentovanie a zhodnotenie krátkodobých (sezónnych), ale aj dlhodobých (rádovo až desiatky rokov) zmien koncentrácie radónu v horninovom prostredí (pôdny vzduch) a v podzemných vodách.

Súbor geofyzikálnych prác a činností realizovaných v skúmaných objektoch počas ostatných 10 sezón (obdobie 2002 – 2011) predstavuje opakované vzorkovanie a meranie OAR v terénnych aj laboratórnych podmienkach celkovo v 12 lokalitách (obr. 2), vrátane ich komplexného spracovania, vyhodnotenia a porovnania výsledkov s predchádzajúcimi obdobiami, vypracovania jednotlivých hodnotiacich správ, aktualizovania výsledných databáz a pod. (Smolárová a Gluch, 2010).

Radón v pôdnom vzduchu je v každej lokalite monitorovaný v rámci referenčnej plochy (RP), ktorú tvoria jednotlivé body (sondy pre odber vzoriek pôdneho vzduchu) usporiadané v profiloch, resp. v nepravidelnej sieti, na ploche do cca 400 m^2. Základný počet bodov v rámci RP je 17 sond (16 sond základného merania plus jedna kontrolná sonda), čo predstavuje minimálny štatistický súbor na zhodnotenie radónového rizika RP pri každom monitorovaní.

Pôdny vzduch pre stanovenie OAR sa odoberá cez ručne zatĺkané sondy z hĺbky cca 80 cm. Vzorka sa nasaje do deemanovanej a evakuovanej scintilačnej Lucasovej komory (LK – kalibrovaný scintilačný detektor, objem 125 ml), ktorá sa po odbere v teréne transportuje na meranie v laboratórnych podmienkach. Pri odbere pôdneho radónu sa (okrem údajov nevyhnutných na stanovenie hodnoty OAR) zaznamenávajú aj ďalšie doplňujúce údaje: počasie, zrážky, teplota pôdy v hĺbke 10 cm, pri zemi a vo vzduchu vo výške 1 m, atmosférický tlak, kvalitatívne posúdenie vlhkosti pokryvných sedimentov v areáli RP, obťažnosť hĺbenia sond a odberu pôdneho vzduchu.

Vzorky podzemných vôd na stanovenie objemovej aktivity ^{222}Rn sú odoberané do sklenených vzorkovníc so zabrúseným hrdlom doplna (objem cca 300 ml), bez vzduchovej bubliny. Pri odbere je meraná okamžitá hodnota teploty vody a vzduchu, výdatnosť zdroja, atmosférický tlak, meteorologické podmienky pri odbere, vrátane údajov potrebných pri výpočte OAR.

V laboratórnych podmienkach je radón z každej vzorkovnice prebublaný cez premývačku do štyroch deemanovaných a evakuovaných LK s objemom 600 ml, ktoré sa následne merajú kalibrovaným meracím zariadením postupom zhodným s meraním OAR v pôdnom vzduchu. Za účelom vylúčenia náhodnej chyby sa merajú vždy dve vzorky, pričom výsledný obsah radónu je ich aritmetický priemer. Tretia vzorka býva analyzovaná v prípade, ak rozdiel dvojice meraní prekročí 10 %.

Spôsob stanovenia OAR v pôdnom vzduchu a plynopriepustnosti základových pôd je určený schválenou metodikou, ktorá je v súlade s ustanoveniami zákona č. 355/2007 o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia, a taktiež v zmysle vyhlášky MZ SR č. 528/2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia.

Pri stanoveniach OAR sa používa kalibrované a metrologicky overené meracie zariadenie typu LUK-4A (výrobca RADON, v. o. s., Praha, ČR), využívajúce princíp scintilačnej detekcie alfa častíc v Lucasových komorách.

Merania odobratých vzoriek zmesí plynov (radón z pôdneho vzduchu, resp. zo vzorky vody v zmesi s atmosférickým vzduchom) v LK sú realizované v laboratórnych podmienkach najskôr 210 minút po ich napustení, t. j. po dosiahnutí rádioaktívnej rovnováhy medzi ^{222}Rn a dcérskymi produktmi jeho rozpadu.

Objemová aktivita radónu (c_A) v pôdnom vzduchu sa vypočítava podľa vzťahu:

$$c_A = (Nv - Np)/k \cdot V \cdot (3 \cdot t_v \cdot e^{-\lambda t_r}) \quad [kBq \cdot m^{-3}],$$

kde

Nv – nameraný počet impulzov vzorky zmesi plynov v LK za čas t_v,

Np – nameraný počet impulzov pozadia LK za čas t_v,

k – koeficient účinnosti meracieho zariadenia,

V – objem vzorky zmesi plynov v LK [litre],

t_v – čas merania vzorky zmesi plynov v LK [sec],

t_r – čas od odberu pôdneho vzduchu do LK do začiatku merania [min],

λ – rozpadová konštanta ^{222}Rn.

Radónové riziko RP je hodnotené v zmysle novelizovanej Smernice MŽP SR (v súčasnosti prebieha jej schvaľovanie) a podľa prílohy č. 7 k nariadeniu vlády SR č. 350/2006, kde sú odporúčané hranice pre stanovenie kategórií radónového rizika na základe kvantitatívneho posúdenia nameranej OAR v pôdnom vzduchu a priepustnosti zemín pre plyny (tab. 1).

Plynopriepustnosť miestnych zemín a hornín sa pre každú RP určila skrátenou granulometrickou analýzou odobratej vzorky na základe percentuálneho podielu

Tab. 1
Stanovenie kategórie radónového rizika referenčnej plochy
Determination of the reference area radon risk category

KATEGÓRIA RADÓNOVÉHO RIZIKA	3. kvartil - OBJEMOVÁ AKTIVITA RADÓNU [kBq.m^{-3}]		
	Plynopriepustnosť zeminy		
	malá	*stredná*	*dobrá*
nízke – **I**	< 30	< 20	< 10
stredné – **II**	30 – 100	20 – 70	10 – 30
vysoké – **III**	> 100	> 70	> 30

jemných častíc **f** (priemer častíc < 0,06 mm) v zmysle tab. 2.

Objemová aktivita radónu vo vode (c_A) sa počíta podľa vzťahu:

$c_A = (Nv - Np)/k \cdot Vv \cdot (3 \cdot t_v \cdot e^{-\lambda tr}) \cdot e^{-\lambda tF}$ [Bq · l^{-1}],

kde

Vv – objem vzorky vody v premývačke [litre],

$e^{-\lambda tF} = F(t_F)$ – koeficient vyjadrujúci pokles aktivity ^{222}Rn za dobu t_F.

Tab. 2
Stanovenie plynopriepustnosti pôd
Determination of the soil gas permeability

Priepustnosť	Podiel jemných častíc	Trieda podľa STN 73 1001
malá	**f** > 65 %	F5, F6, F7, F8
stredná	15 % < **f** < 65 %	F1, F2, F3, F4, S4, S5, G4, G5
dobrá	**f** < 15 %	S1, S2, S3, G1, G2, G3

Tab. 3
Smerné hodnoty na vykonanie opatrení
Guide values for the implementation of measures

Druh dodávanej vody	Celková objemová aktivita alfa [Bq.l^{-1}]	Celková objemová aktivita beta [Bq.l^{-1}]	Objemová aktivita ^{222}Rn [Bq.l^{-1}]
Pramenitá voda „vhodná na prípravu stravy pre dojčatá“	0,1	0,2	20
Prírodná minerálna voda	1,0	2,0	100
Pramenitá voda, balená pitná voda, pitná voda	0,2	0,5	100

Ostatné premenné sú vysvetlené pri výpočte OAR v pôdnom vzduchu.

Vyhláška MZ SR č. 528/2007 o. i. udáva aj smerné hodnoty na vykonanie opatrení (tab. 3), ktoré sú základnými ukazovateľmi pri posudzovaní vhodnosti dodávanej vody z hľadiska prírodnej rádioaktivity. Parametre stanovené uvedenou vyhláškou sú uplatňované pri vyhodnocovaní výsledkov stanovení OAR vo vodách.

Prehľad a výsledky realizovaných prác

Pôdny radón na referenčných plochách (RP)

Monitoring OAR v pôdnom vzduchu na RP bol v hodnotenom období (roky 2002 – 2011) vykonávaný

Tab. 4
Vývoj hodnôt OAR v pôdnom vzduchu a v podzemných vodách za obdobie 2002 – 2011
Progress of radon volume activity values in soil gas and groundwater in 2002–2011

p.č.	LOKALITA	Rok										Dlhodobý priemer	σ
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
		3.Q c_A [kBq.m^{-3}]											
	Pôdny radón na referenčných plochách												
1	**Hnilec**	491	420	491	587	485	642	712	620	524	430	540	305
2	**Novoveská Huta**	89	58	87	99	113	73	61	67	66	71	78	73
3	**Teplička**	76	56	80	92	81	79	77	62	78	59	74	30
4	**Banská Bystrica - Podlavice**				118	111	80	69	53	120	43	85	52
5	**Bratislava - Vajnory**				67	59	52	43	36	69	31	51	21
	Pôdny radón na tektonike												
6	**Grajnár**	18	10	13	24	20	16	20	16	*)	**)	17	18
	Priemerné úhrny zrážok na Slovensku v [mm] a [%] dlhodobého priemeru	861	573	851	938	776	894	860	890	1255	656	[mm]	
		106	75	112	125	101	122	112	122	157	80	[%]	

p.č.	LOKALITA	Rok										Dlhodobý priemer	σ
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
		c_A [Bq.l^{-1}]											
	Radón vo vodách												
7	**Bratislava - prameň Himligárka**	158	163	133	161	125	208	156	175	173	194	165	33
8	**Bratislava - prameň Zbojníčka**	242	230	191	205	178	291	254	288	220	294	239	50
9	**Bratislava - prameň Mária**	34	28	27	28	29	40	36	34	33	33	32	5
10	**Bacúch - prameň Boženy Němcovej**	259	238	254	256	222	257	299	250	344	295	267	69
11	**Spišské Podhradie - prameň sv. Ondreja**	137	143	156	154	140	180	198	187	188	195	168	45
12	**Oravice - pramenisko Jašterčie OZ-1**					536	1112	1217	1115	966	1070	1003	255

Kde:

3.Q c_A stredná hodnota tretieho kvartilu OAR v pôdnom vzduchu za hodnotený rok

c_A stredná hodnota OAR v podzemnej vode za hodnotený rok

σ štandardná odchýlka OAR zo všetkých jednotlivých meraných hodnôt celého súboru

v danom roku nebol objekt monitorovaný

*) monitorovaná lokalita Grajnár dočasne neprístupná (skládka dreva)

**) monitorovanie na objekte dočasne prerušené

s rôznou frekvenciou v piatich lokalitách, pozícia ktorých je znázornená na obr. 2. Prehľad a porovnanie výsledkov meraní OAR v pôdnom vzduchu v jednotlivých lokalitách, objektoch a monitorovacích sezónach je v tab. 4.

Referenčná plocha Hnilec, založená cca 2,1 km JJZ od centra rovnomennej obce pri štátnej ceste č. 533 Spišská Nová Ves – Gemerská Poloma, je dlhodobo hodnotená až v extrémne vysokom radónovom riziku, litologicky viazanom na zvetraný stredno-hrubozrnný gemeridný (tzv. „hnilecký“) granit s anomálnymi obsahmi uránu (podľa terénnej spektrometrie gama cca 20 ppm eU – Čížek, 1976, 1986) a patrí medzi horniny s najvyššou rádioaktivitou v oblasti Západných Karpát.

Monitorovanie OAR v pôdnom vzduchu tu býva realizované 4x v roku, každé dva mesiace, v období marec/apríl až september/október. Najvyššie priemerné hodnoty $OAR_{3.Q}$ (tretí kvartil OAR) boli zistené v období leto – jeseň (653 kBq · m^{-3}), najnižšie pri jesenných monitoringoch (467 kBq · m^{-3}, obr. 3). V októbri 2005 tu bola nameraná najvyššia hodnota OAR v jednotlivej sonde (1 861 kBq · m^{-3}), čo je maximum nielen v tomto objekte, ale – podľa dostupných údajov – ide zrejme o doposiaľ najvyšší obsah radónu v pôdnom vzduchu zaznamenaný na území Slovenska. OAR radónu v pôdnom vzduchu na RP Hnilec sú značne variabilné (13 – 1 861 kBq · m^{-3}), pri štandardnej odchýlke σ = 305 kBq · m^{-3} (tab. 4) zo všetkých jednotlivých meraní OAR (678 sond).

Priebeh variácií OAR v pôdnom vzduchu na RP Hnilec po jednotlivých sezónach vykazuje určitý „vlnový“ charakter. Kým minimálne hodnoty OAR zodpovedajú sezónam s nízkymi zrážkovými úhrnmi (OAR_{2003} = 420 kBq · m^{-3}, resp. OAR_{2011} = 430 kBq · m^{-3}), opačne to v plnom rozsahu nebolo preukázané. Lokálne maximum $OAR_{3.Q}$ zo sezóny 2005 (587 kBq · m^{-3}) síce zodpovedá zvýšenému množstvu zrážok, ale pre mimoriadne vlhký rok 2010 (zdroj: www.shmu.sk) to už neplatí, obsahy pôdneho radónu boli dokonca pod úrovňou dlhodobého priemeru (tab. 4).

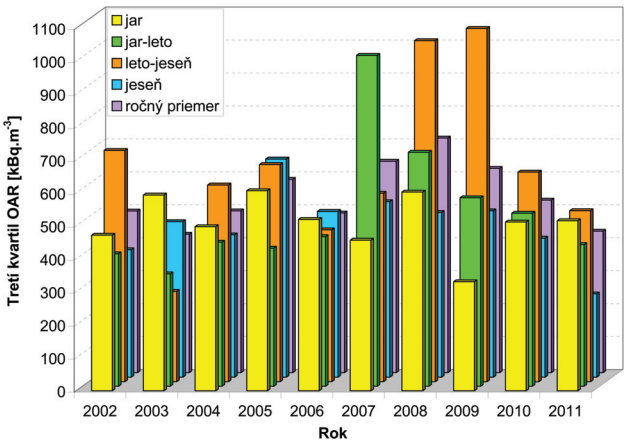
Po doterajšom maxime zo sezóny 2008 (712 kBq · m^{-3}) tu hodnoty $OAR_{3.Q}$ v pôdnom vzduchu v rokoch 2009 až 2011 vykazujú výrazný systematický pokles (trend $OAR_{2011/2008}$ = 0,60). Na RP Hnilec je to doposiaľ najdlhšie obdobie s medziročne zdokumentovaným poklesom obsahu pôdneho radónu od roku 2002.

Referenčná plocha Novoveská Huta je situovaná na JZ okraji rovnomennej obce pozdĺž miestnej obecnej komunikácie (od kostola smerom na Rybníky). Založená je v prostredí budovanom pestrofarebnými pieskovcami a bridlicami – strážanské vrstvy novoveského súvrstvia (perm) s väzbou na zlomovú líniu smeru SSV – JJZ.

Monitorovanie OAR v pôdnom vzduchu tu bolo realizované 6x – 8x v priebehu roka, v mesačných intervaloch v období skorej jari až neskorej jesene. V letných mesiacoch je v tomto objekte zaznamenávaná vysoká ($OAR_{3.Q}$ až 188 kBq · m^{-3}) a na jar a neskorú jeseň nízka (do 17 kBq · m^{-3}) koncentrácia pôdneho radónu (obr. 4). Maximálna OAR v jednotlivej sonde tu bola zaznamenaná v júli 2006 (670 kBq · m^{-3}).

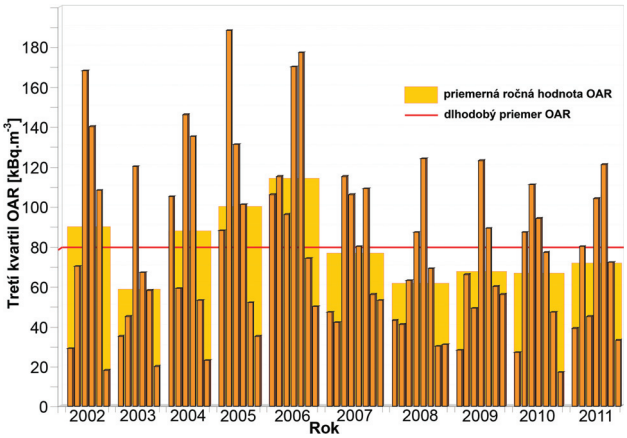
Po doterajšom maxime $OAR_{3.Q}$ z roku 2006 (113 kBq · m^{-3}) došlo v dvoch po sebe nasledujúcich sezónach k výraznému poklesu obsahu pôdneho radónu (trend $OAR_{2008/2006}$ = 0,54) a v ďalších rokoch už hodnoty OAR v areáli RP varírovali pod úrovňou dlhodobého priemeru (78 kBq · m^{-3}, tab. 4). Vo veľmi suchom roku 2011 (úhrn zrážok iba 656 mm) tu však paradoxne došlo k miernemu nárastu koncentrácie pôdneho radónu. Zo všetkých monitorovaných objektov to bolo zaznamenané iba na tejto RP.

Medzi dôležité a významné výsledky monitorovania obsahu pôdneho radónu patrí pozorovaný jav prudkého poklesu OAR (niekedy až na úroveň nízkeho radónového rizika), ktorý sa na RP Novoveská Huta prejavuje za rovnakých podmienok – pri prvých mrazoch na jeseň, prípadne aj pri prízemných mrazoch na jar (pri nepremrznutej pôde). Pravdepodobne v dôsledku zvýšeného teplotného gradientu medzi pôdnym a atmosférickým vzduchom radón intenzívnejšie uniká do atmosféry, čím dochádza k významnému zníženiu jeho obsahu v pokryvných sedimentoch (Smolárová a Gluch, 2010).



Obr. 3. Monitoring OAR v pôdnom vzduchu, obdobie 2002 – 2011, RP Hnilec.

Fig. 3. Radon volume activity monitoring in soil gas, 2002–2011, reference area Hnilec.



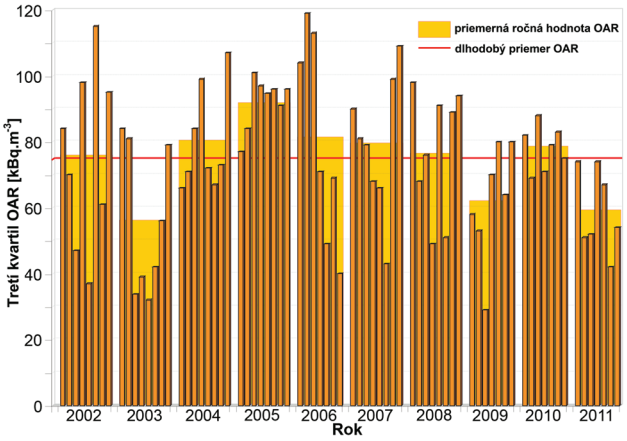
Obr. 4. Monitoring OAR v pôdnom vzduchu, obdobie 2002 – 2011, RP Novoveská Huta.

Fig. 4. Radon volume activity monitoring in soil gas, 2002–2011, reference area Novoveská Huta.

Referenčná plocha Teplička je lokalizovaná približne 2,8 km južne od centra Spišskej Novej Vsi v lokalite Šulerloch (podľa rovnomennej kóty 646 m). Podložie RP je budované sedimentmi paleogénu (bridlice, pieskovce) s vyšším podielom ílovitej frakcie.

Monitoring v tejto lokalite prebiehal v mesačných intervaloch v období skorá jar až neskorá jeseň. Napriek tomu, že objekt sa monitoruje v ten istý deň ako cca 5 km vzdialená RP Novoveská Huta, priebeh variácií koncentrácie pôdneho radónu je výrazne odlišný. Zvýšené hodnoty sú tu zaznamenávané zväčša na jar a jeseň ($OAR_{3.Q}$ = 119 kBq · m^{-3}) a nízke v letných mesiacoch ($OAR_{3.Q}$ = 27 kBq · m^{-3}, obr. 5). V jednotlivej sonde bola najvyššia hodnota (196 kBq · m^{-3}) nameraná v máji v sezóne 2005.

Variácie obsahu pôdneho radónu na RP Teplička po jednotlivých monitorovacích sezónach majú určitý „kvázisinusoidálny" priebeh, pričom minimálne hodnoty OAR zodpovedajú sezónam s nízkymi zrážkovými úhrnmi (OAR_{2003} = 56 kBq · m^{-3}, OAR_{2011} = 59 kBq · m^{-3}). Po doterajšom maxime zo sezóny 2005 (92 kBq · m^{-3}) tu hodnoty $OAR_{3.Q}$ v pôdnom vzduchu v rokoch 2006 až 2011 (s výnimkou mimoriadne vlhkého roku 2010) vykazujú pomerne výrazný systematický pokles (tab. 4).



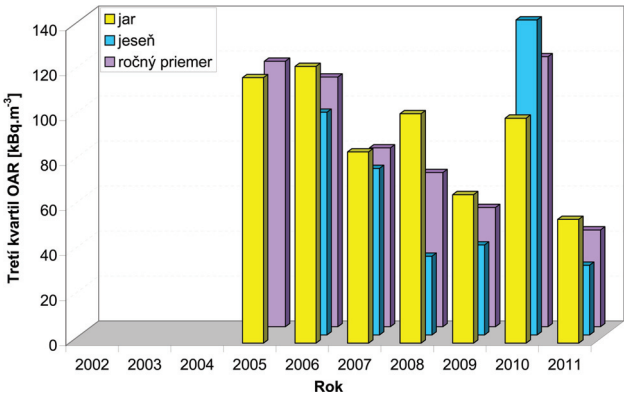
Obr. 5. Monitoring OAR v pôdnom vzduchu, obdobie 2002 – 2011, RP Teplička.

Fig. 5. Radon volume activity monitoring in soil gas, 2002–2011, reference area Teplička.

Referenčná plocha Banská Bystrica-Podlavice je založená na SZ okraji Banskej Bystrice (časť Podlavice), po obidvoch stranách poľnej cesty, neďaleko záhradkárskej (chatovej) kolónie.

Podložie RP tvoria ramsauské dolomity s anomálnymi hodnotami koncentrácie uránu – tzv. „uránové dolomity" (Čížek, 1986). Monitorovanie OAR v pôdnom vzduchu sa tu uskutočňovalo dvakrát v priebehu roka (jar a jeseň).

V tomto objekte dochádza od roku 2005 (výnimkou je mimoriadne vlhké obdobie sezóny 2010) k postupnému a veľmi výraznému poklesu úrovní OAR (trend $OAR_{2005/2011}$ = 0,36), pozorovateľnému najmä pri jesenných monitoringoch (obr. 6). Extrémne úrovne $OAR_{3.Q}$, t. j. maximum (120 kBq · m^{-3}) a minimum (43 kBq · m^{-3}), boli dosiahnuté v dvoch po sebe nasledujúcich sezónach 2010 a 2011,



Obr. 6. Monitoring OAR v pôdnom vzduchu, obdobie 2005 – 2011, RP Banská Bystrica-Podlavice.

Fig. 6. Radon volume activity monitoring in soil gas, 2005–2011, reference area Banská Bystrica-Podlavice.

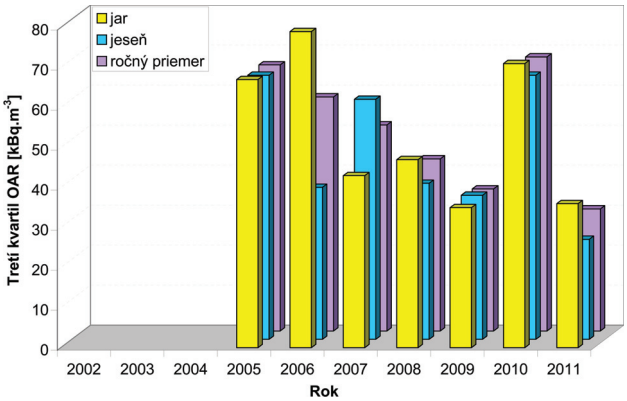
charakterizovaných mimoriadne vysokými, resp., naopak, veľmi nízkymi zrážkovými úhrnmi (tab. 4).

Vyššia koncentrácia pôdneho radónu je tu v priemere zaznamenávaná pri jarnom monitorovaní ($OAR_{3.Q}$ = 93 kBq · m^{-3}) a nižšia na jeseň ($OAR_{3.Q}$ = 70 kBq · m^{-3}). Najvyšší obsah radónu v pôdnom vzduchu v jednotlivej sonde (272 kBq · m^{-3}) bol zistený v máji počas sezóny 2006.

Referenčná plocha Bratislava-Vajnory je lokalizovaná na SV okraji rovnomennej mestskej časti Bratislavy, pozdĺž melioračného kanála približne smeru S – J. Založená je v prostredí pomerne dobre plynopriepustných fluviálnych holocénnych sedimentov (piesčité až štrkovité hliny).

Monitoring OAR v pôdnom vzduchu v oblasti RP Bratislava-Vajnory je realizovaný od sezóny 2005 dvakrát v roku (jar a jeseň). V objekte sa v období 2005 – 2011 (s výnimkou mimoriadne vlhkej sezóny 2010) postupne, no výrazne (trend $OAR_{2011/2005}$ = 0,46) znižujú priemerné ročné úrovne OAR (obr. 7). V jednotlivej sonde tu bol zaznamenaný maximálny obsah pôdneho radónu (122 kBq · m^{-3}) v máji počas sezóny 2005.

Podobne ako na RP Banská Bystrica-Podlavice, aj tu boli extrémne úrovne $OAR_{3.Q}$ v pôdnom vzduchu



Obr. 7. Monitoring OAR v pôdnom vzduchu, obdobie 2005 – 2011, RP Bratislava-Vajnory.

Fig. 7. Radon volume activity monitoring in soil gas, 2005–2011, reference area Bratislava-Vajnory.

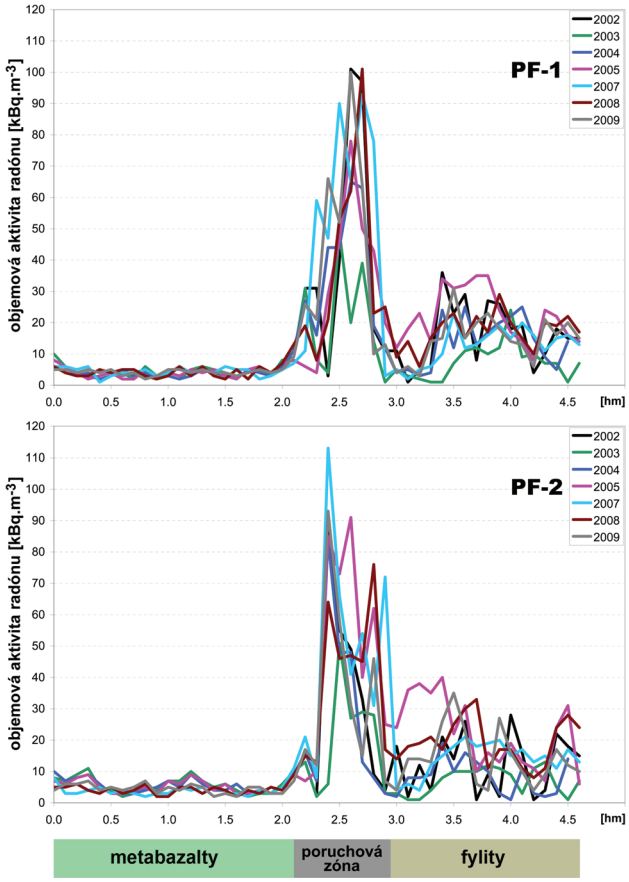
(zodpovedá zrážkovým úhrnom) zaznamenané v dvoch po sebe nasledujúcich sezónach (OAR_{2010} = 69 kBq · m^{-3}, resp. OAR_{2011} = 31 kBq · m^{-3}).

Pôdny radón na zlome

Geofyzikálne profily v ***lokalite Grajnár*** sú založené cca 2,1 km východne od obce Hnilec a asi 400 m východne od kóty Holičky (1 086 m). Monitorovacie profily (smer SZ – JV) prebiehajú nad tektonickým kontaktom (smer Z – V) metabazaltových tufov a tufitov sykavského súvrstvia s kremennými fylitmi, s metamorfovanými pieskovcami smrečinského súvrstvia (Slovenské rudohorie, rakovecká skupina).

Merania OAR v pôdnom vzduchu sú tu realizované raz ročne na dvoch paralelných profiloch s dĺžkou 460 m (vzdialenosť profilov cca 10 m, krok odberu vzoriek pôdneho vzduchu 10 m), okrem sezón 2010 a 2011, keď nebolo možné vykonať odbery pôdneho radónu z objektívnych príčin.

Na obr. 8 je graficky znázornený priebeh koncentrácie pôdneho radónu pozdĺž týchto profilov pre monitorovacie sezóny 2002 – 2009, ktoré názorne dokumentujú úroveň hodnôt OAR v pôdnom vzduchu a veľmi dobrú vzájomnú



Obr. 8. Monitoring OAR v pôdnom vzduchu, obdobie 2002 – 2009, lokalita Grajnár.

Fig. 8. Radon volume activity monitoring in soil gas, 2002–2009, locality Grajnár.

koreláciu výsledkov meraní nad tektonickou dislokáciou. Absolútne hodnoty $OAR_{3.Q}$ dlhodobo vykazujú určité rozdiely (tab. 4), avšak celkový priebeh a charakter kriviek sa zachováva. Najvyššia hodnota OAR v pôdnom vzduchu v jednotlivej sonde tu bola vysledovaná v sezóne 2007 (113 kBq · m^{-3}). Keďže horniny rakoveckej skupiny Slovenského rudohoria sa ako celok vyznačujú nízkou prírodnou rádioaktivitou, zdroj radónu je zrejme v ich podloží.

Radón vo vodách

Rádiohydrochemické vzorkovanie a monitorovanie OAR v podzemných vodách sa v rokoch 2002 – 2011 realizovalo s rôznou frekvenciou v šiestich lokalitách (obr. 2). Prehľad a porovnanie výsledkov meraní koncentrácie radónu v podzemných vodách v jednotlivých lokalitách, objektoch a monitorovacích sezónach dokumentujeme v tab. 4.

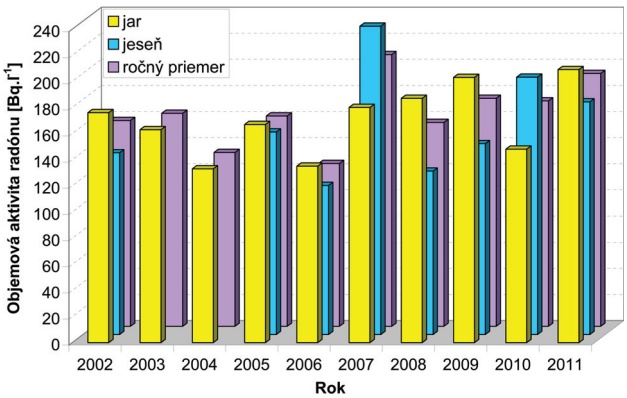
V oblasti Malých Karpát (cca 9 km severne od centra Bratislavy) sú dvakrát do roka (jar a jeseň) monitorované pramene Himligárka, Zbojníčka a Mária (Máriin prameň). Zachytené a stavebne upravené pramene sú viazané na kyslé prostredie kryštalinika Malých Karpát (leukokratné muskovitické a dvojsľudné granity, granodiority, bratislavský typ). Podzemné vody sú tu viazané na porušené zóny, v ktorých sú dobré podmienky na vznik a šírenie radónu.

Prameň Himligárka je približne 30 m od tzv. Štefánikovej magistrály a asi 600 m SSV od kóty Horný Červený Kríž.

Zvýšená koncentrácia ^{222}Rn je tu v priemere zaznamenávaná na jar (170 Bq · l^{-1}) a nižšia v jesennom období (161 Bq · l^{-1}). Najvyšší obsah radónu (236 Bq · l^{-1}) bol vysledovaný pri jesennom monitoringu v sezóne 2007 (obr. 9). Výdatnosť prameňa kolíše v širokom rozmedzí 0,01 až 1,82 l · s^{-1}, pričom na jeseň 2003 a 2004 bol prameň dokonca vyschnutý. Najvyššia výdatnosť bola zistená na jar 2010, t. j. v sezóne s veľmi vysokými zrážkovými úhrnmi.

Prameň Zbojníčka je vzdialený cca 800 m od prameňa Himligárka a približne 270 m západne od kóty Horný Červený Kríž.

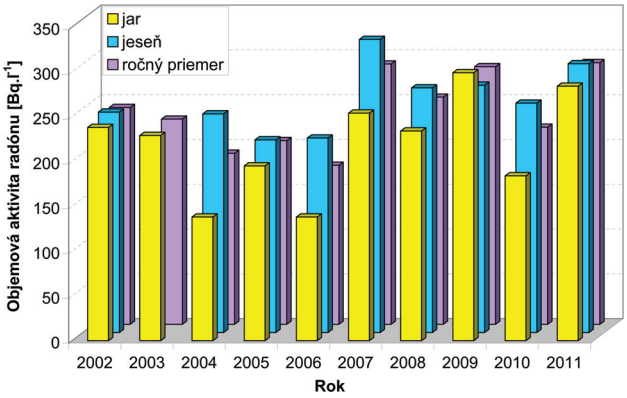
Vyššie objemové aktivity radónu sú tu v priemere zaznamenávané skôr na jeseň (262 Bq · l^{-1}), než na jar



Obr. 9. Monitoring OAR v podzemných vodách, obdobie 2002 až 2011, prameň Himligárka (Malé Karpaty).

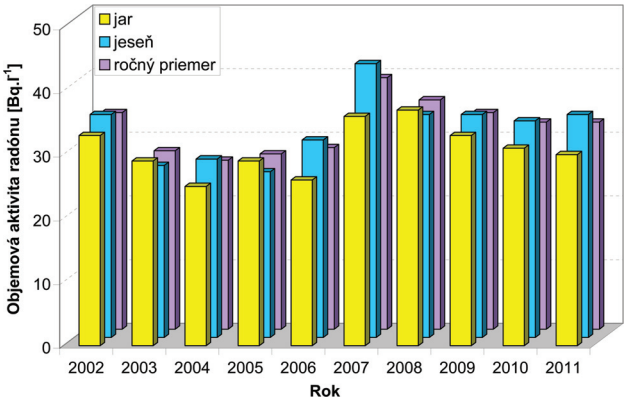
Fig. 9. Radon volume activity monitoring in groundwater, 2002–2011, spring Himligárka (Malé Karpaty Mts.).

(219 Bq · l^{-1}), pričom maximálna OAR (327 Bq · l^{-1}) bola zistená na jeseň roku 2007 (obr. 10). Výdatnosť prameňa varíruje v širokom rozsahu – 0,04 až 3,33 l · s^{-1}, pričom v extrémne suchom roku 2003, na jeseň, bol prameň



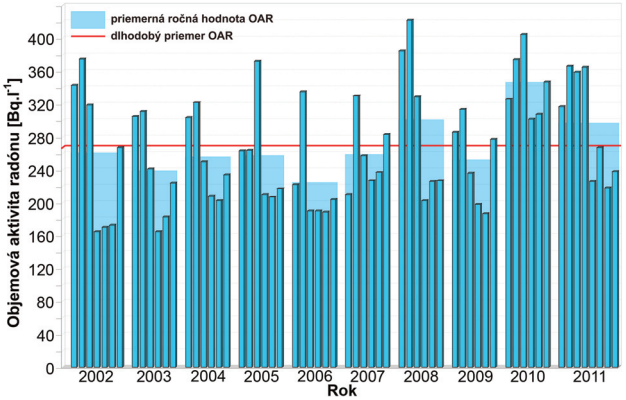
Obr. 10. Monitoring OAR v podzemných vodách, obdobie 2002 až 2011, prameň Zbojníčka (Malé Karpaty).

Fig. 10. Radon volume activity monitoring in groundwater, 2002–2011, spring Zbojníčka (Malé Karpaty Mts.).



Obr. 11. Monitoring OAR v podzemných vodách, obdobie 2002 až 2011, prameň Mária (Malé Karpaty).

Fig. 11. Radon volume activity monitoring in groundwater, 2002–2011, spring Mária (Malé Karpaty Mts.).



Obr. 12. Monitoring OAR v podzemných vodách, obdobie 2002 až 2011, Prameň Boženy Němcovej (Bacúch).

Fig. 12. Radon volume activity monitoring in groundwater, 2002–2011, spring Prameň Boženy Němcovej (Bacúch).

vyschnutý. Najvyššia výdatnosť tohto zdroja bola nameraná na jar 2010.

Na ***prameni Mária,*** vzdialenom cca 800 m od prameňa Himligárka a asi 270 m západne od kóty Horný Červený Kríž, je dlhodobo zaznamenávaný pomerne nízky obsah ^{222}Rn, v dlhodobom priemere nepatrne vyšší pri jesennom monitoringu (33 Bq · l^{-1}) oproti jarnému (31 Bq · l^{-1}). Najvyššia úroveň OAR (43 Bq · l^{-1}) bola nameraná na jeseň sezóny 2007 (obr. 11). Výdatnosť zdroja kolíše v intervale 0,03 až 1,11 l · s^{-1}, s maximálnou výdatnosťou na jar roku 2006.

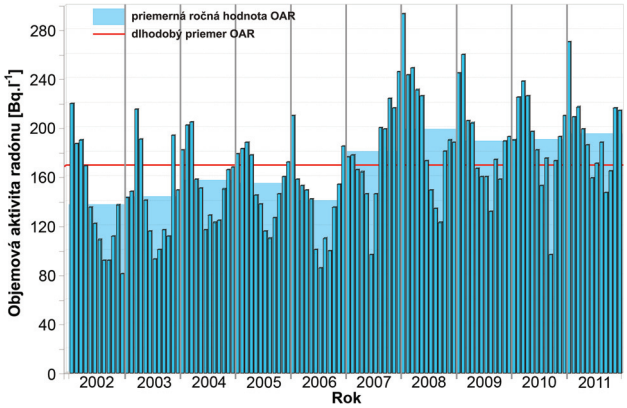
Prameň Boženy Němcovej, lokalizovaný cca 1,4 km severne od centra obce Bacúch, bol v hodnotenom období monitorovaný 6x – 8x ročne. Zachytený a stavebne upravený prameň vyviera na povrch v prostredí granaticko-muskoviticko-biotitických pararúl, svorových rúl až svorov. Predpokladáme, že zdrojom radónu sú porušené, emanačne schopné zóny kryštalinika Nízkych Tatier.

Vo vode predmetného zdroja bol zistený zvýšený až vysoký obsah rádia ^{226}Ra (v období 1998 – 2000 bol predmetom monitoringu), ktorý nebol stabilný a varíroval v rozsahu cca 0,5 – 1,8 Bq · l^{-1} bez korelácie na koncentráciu ^{222}Rn vo vode.

Obsah radónu v priebehu ostatných 10. sezón bol značne variabilný a pohyboval sa v rozmedzí 165 až 422 Bq · l^{-1}, pričom najvyššia hodnota bola nameraná v apríli 2008 (obr. 12), pri dlhodobom priemere 267 Bq · l^{-1} (tab. 4). Variačný graf má relatívne pravidelný „sinusoidálny" priebeh s maximami OAR na konci zimy (február – apríl) a minimami v letných a jesenných mesiacoch (júl – október). Výdatnosť prameňa je nízka, ale dlhodobo pomerne stabilná a pohybuje sa v rozmedzí 0,02 až 0,03 l · s^{-1}.

Minerálny ***Prameň sv. Ondreja*** pri Spišskom Podhradí je situovaný v areáli Sivej Brady pri štátnej ceste č. 18 (E 50) Poprad – Prešov. Zachytený a stavebne upravený prameň, vyvierajúci z travertínovej kopy v oblasti budovanej hlinito-kamenitými deluviálnymi sedimentmi, sa monitoruje 12x ročne v mesačných intervaloch.

Jeho vody majú hlbší obeh, a preto okrem radónu majú aj zvýšené obsahy ^{226}Ra. Predpokladáme, že zdrojová



Obr. 13. Monitoring OAR v podzemných vodách, obdobie 2002 až 2011, Prameň sv. Ondreja (Spišské Podhradie).

Fig. 13. Radon volume activity monitoring in groundwater, 2002–2011, spring Prameň sv. Ondreja (Spišské Podhradie).

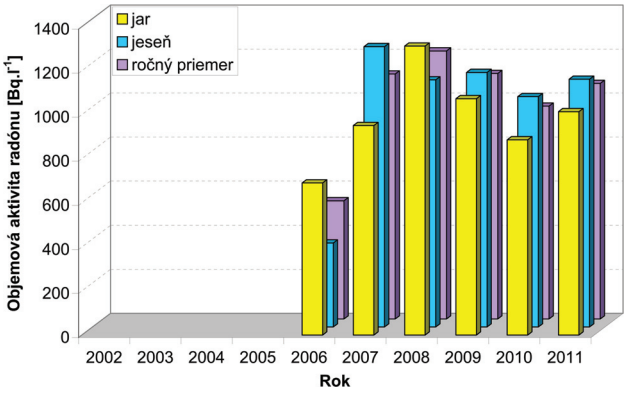
oblasť rádioaktivity týchto vôd je v podloží triasových karbonátov. Podobne ako obsah ^{222}Rn, ani koncentrácia ^{226}Ra vo vodách nebola stabilná a pri monitoringu v sezónach 1998 – 2001 varírovala v rozmedzí cca 0,2 až 1,8 Bq · l^{-1}, bez korelácie na obsah radónu.

Objemové aktivity radónu v hodnotenom období sa pohybovali v intervale 81 až 293 Bq · l^{-1} pri dlhodobom priemere 168 Bq · l^{-1} (tab. 4). Najvyššia OAR bola zaznamenaná v januári 2008 (obr. 13). Variačná krivka OAR má pomerne pravidelný „vlnový" priebeh, ktorý sa opakuje v celom monitorovanom období. Každoročne v zime a začiatkom jari (január – apríl) dosahovali merané hodnoty objemovej aktivity ^{222}Rn maximum, čo bol niekedy až cca trojnásobok jeho minimálnych obsahov, nameraných v lete až jeseni (jún – september). Výdatnosť prameňa je relatívne nízka a v období sezón 2002 až 2011 varírovala v rozmedzí 0,01 – 0,06 l · s^{-1}.

Pramenisko Jašterčie, situované cca 1,8 km južne od obce Oravice, je monitorované dvakrát za rok (jar a jeseň). Prameň sa nachádza cca 30 m od vrtu OZ-1, ktorý (zrejme v dôsledku korózie a tlaku) v roku 1999 vyrazil uzáver na úvodnej pažnici vrtu s následným silným výronom vody priamo do sledovaného prameniska. Monitoring bol aj z tohto dôvodu až do roku 2006 prerušený.

Vody predmetného zdroja majú hlboký obeh viazaný na predterciérne útvary a zóny hlbinných tektonických dislokácií. Zdroj ^{222}Rn v podzemnej vode je nielen emanačný (získavaný z prostredia emanujúcich hornín), ale aj autogénny (vznikajúci rozpadom rádia obsiahnutého vo vode). Obsah rádia bol monitorovaný do roku 2000, keď sa úroveň objemovej aktivity ^{226}Ra pohybovala v intervale cca 0,5 – 1,7 Bq · l^{-1} (Smolárová a Gluch, 2010).

V tomto prírodnom termálnom vývere podzemných vôd (teplota vody pri jarnom aj jesennom monitoringu je v rozmedzí 18 – 19 °C) sú dosahované najvyššie známe OAR v prírodných podzemných vodách v rámci územia Slovenska. Potvrdzujú to aj výsledky meraní, pri ktorých sme zaznamenali OAR v rozmedzí 382 – 1 312 Bq · l^{-1}, pri dlhodobom priemere 1 003 Bq · l^{-1} (doposiaľ najvyššia koncentrácia ^{222}Rn vo vode, 1 407 Bq · l^{-1}, tu bola zaznamenaná pri jesennom monitoringu roku 1998).



Obr. 14. Monitoring OAR v podzemných vodách, obdobie 2006 až 2011, pramenisko Jašterčie (Oravice).

Fig. 14. Radon volume activity monitoring in groundwater, 2006–2011, spring area Jašterčie (Oravice).

Vzhľadom na charakter objektu – pramenisko so starým poničeným zberným objektom – nie je možné (bez pomerne náročných technických prác) určiť jeho výdatnosť.

Záver

Výsledky monitorovania variácií OAR v pôdnom vzduchu dlhodobo potvrdzujú skutočnosť, že koncentrácia radónu významne závisí od meteorologických a klimatických faktorov, a teda od plynopriepustnosti miestnych zemín a hornín, ale v nezanedbateľnom rozsahu aj od samotnej štruktúrno-geologickej stavby a litologickej charakteristiky horninového prostredia v oblasti konkrétnej lokality.

Klimatické a meteorologické podmienky boli počas uplynulých 10 monitorovacích sezón pre akumuláciu a možnosti šírenia radónu v horninovom prostredí značne odlišné. V rokoch 2004 – 2006 boli dlhšie zimy a častejšie a výdatnejšie zrážky na jar pozitívne ovplyvňovali vlhkosť pôdy, a teda aj podmienky na akumuláciu radónu v horninách. O niečo iná situácia nastala v sezónach 2007 až 2009, keď zima a jar boli zrážkovo podpriemerné a menej dažďov bolo aj v letnom období (prevažne iba lokálne zrážky a búrky). Veľmi vysoké priemery atmosférických zrážok boli zaznamenané v roku 2010, keď napršalo až 1 255 mm (najviac od roku 1937, keď dosiahli 1 015 mm). V sezóne 2011 došlo, naopak, k výraznému poklesu výdatnosti zrážok, ktoré dosiahli iba 656 mm (doposiaľ najnižšie zrážky v priebehu monitorovania OAR v pôdnom vzduchu na RP boli zaznamenané v roku 2003 = 573 mm). Záver roka 2011 bol jedným z najsuchších období za posledných viac ako 100 rokov (tab. 4).

Všeobecne sa predpokladá, že vlhkosť pokryvných útvarov „pozitívnym" spôsobom ovplyvňuje koncentráciu radónu v pôdnom vzduchu, pretože vyššia vlhkosť horninového prostredia viac alebo menej účinne spomaľuje prenikanie radónu k povrchu a ďalej do ovzdušia. To vedie k nárastu jeho obsahu v pôdnom vzduchu a naopak – pri poklese pôdnej vlhkosti klesajú aj hodnoty OAR. Táto závislosť sa v rôznom rozsahu prejavila vo väčšine monitorovaných lokalít. Nejednoznačnou sa predbežne javí súvislosť medzi zvýšením úrovne OAR v pôdnom vzduchu v sezónach s vysokými zrážkovými priemermi, ktorá si bude vyžadovať dlhodobejšie sledovanie.

Sezónne variácie OAR v pôdnom vzduchu závisia nielen od vlhkosti a plynopriepustnosti miestnych zemín a hornín, ale aj od samotnej geologickej stavby a litologickej charakteristiky konkrétnej lokality. Z toho vyplýva, že aj pri rovnakých meteorologických podmienkach, ale v rôznom geologickom prostredí nemusí byť charakter variácií zhodný. Tento poznatok je jedným z významných zistení pri sledovaní variácií OAR v pôdnom vzduchu v rámci predmetnej úlohy.

Príkladom toho sú výsledky monitoringu OAR v pôdnom vzduchu na RP Novoveská Huta (homogénne permské sedimenty strednej plynopriepustnosti) a RP Teplička (paleogénne sedimenty so strednou až nízkou plynopriepustnosťou, so zvýšeným podielom ílovitej frakcie), ktoré sú relatívne blízko seba (cca 5 km), prakticky v rovnakej klimatickej oblasti, ale s odlišným

geologickým profilom, v ktorom je akumulácia a šírenie radónu sledované.

Obidve tieto lokality boli monitorované zväčša v ten istý deň (t. j. v porovnateľných meteorologických podmienkach), ale výsledky meraní OAR v pôdnom vzduchu vykazujú odlišný priebeh – v letných mesiacoch je na RP Novoveská Huta zaznamenávaný zvýšený a na RP Teplička znížený obsah radónu v pôde a na jar a jeseň naopak (Novoveská Huta nízky a Teplička vysoký OAR).

Medzi významné výsledky monitorovania obsahu radónu v pôdnom vzduchu treba zaradiť aj pozorovaný jav prudkého poklesu OAR, ktorý sa na RP Novoveská Huta prejavuje pri prvých mrazoch na jeseň, prípadne aj pri prízemných mrazoch na jar. Zrejme v dôsledku teplotného gradientu medzi pôdnym a atmosférickým vzduchom radón intenzívnejšie uniká do atmosféry a jeho obsah v pokryvných sedimentoch klesá.

Výsledky monitorovania OAR v pôdnom vzduchu dlhodobo dokumentujú variabilitu jeho obsahu v pripovrchových častiach horninového prostredia v priebehu roka, ale aj v období viacerých monitorovaných sezón. Potvrdzuje sa pomerne významná závislosť úrovní OAR v meteorologických, resp. klimatických podmienkach, ale s nejednoznačným efektom v jednotlivých lokalitách, čo je zrejme dôsledkom ich odlišných štruktúrnogeologických a litologických charakteristík.

Variácie objemovej aktivity radónu v sledovaných zdrojoch podzemných vôd majú skôr sezónny charakter a v priebehu monitorovania počas viacerých sezón vykazujú určitú vlnovú, resp. „sinusoidálnu“ pravidelnosť. Na rozdiel od pôdneho radónu nie sú natoľko ovplyvňované náhodnými javmi, resp. zmenami v atmosfére, a nie sú také „citlivé“ na rôzne krátkodobé zmeny počasia (teplota, atmosférický tlak). Maximálne úrovne OAR v podzemných vodách sú zaznamenávané spravidla v zime, resp. na jar, a minimálne hodnoty v letných a jesenných mesiacoch. Ani v jednom z monitorovaných objektov nebola preukázaná vzájomná korelácia medzi objemovými aktivitami ^{222}Rn a ^{226}Ra, ako ani súvislosť medzi výdatnosťou zdroja a koncentráciou radónu v odobratých vzorkách podzemných vôd.

Monitorovanie koncentrácie pôdneho radónu nad tektonickou dislokáciou dokumentuje veľmi dobrú vzájomnú koreláciu výsledkov meraní. Absolútne hodnoty OAR v pôdnom vzduchu v priebehu viacerých sezón síce vykazujú určité rozdiely, ale priebeh a charakter kriviek zostáva zachovaný. Z praktického hľadiska to môže mať význam napr. pri sledovaní „aktívnych“ tektonických dislokácií, kde je vysoká pravdepodobnosť ich pozitívnej identifikácie aj za menej priaznivých podmienok.

Doposiaľ získané poznatky majú ďalekosiahly význam, pretože poukazujú napr. na možnosť významného podhodnotenia radónového rizika stavebného pozemku pri meraniach realizovaných za nevhodných meteorologických podmienok (dlhodobé suchá, obdobia s vysokými zrážkami, výrazné teplotné rozdiely medzi atmosférou a pokryvnými sedimentmi hlavne skoro na jar, neskoro na jeseň, prípadne v zime). Nevyhnutné je aj dôkladné posúdenie geologického prostredia (hlavne vo zvrstvených sedimentoch so zvýšeným podielom ílovitej frakcie, prítomnosť tektonických dislokácií a pod.) pri vyhodnocovaní výsledkov týchto meraní.

Zhodnotenie výsledkov monitorovania OAR v geologickom prostredí dokumentuje skutočnosť, že zmeny (variácie) jeho koncentrácie sú jednak pravidelné (sezónne), ale aj náhodné (miestne, časové, ...). Postupne získavané a zhromažďované poznatky o variabilite obsahu radónu v horninovom prostredí a podzemných vodách, ich vyhodnotenie, spracovanie a sprístupnenie výsledkov monitoringu prostredníctvom služieb internetu sú jednoznačne prínosom pre možnosť objektívnejšieho hodnotenia radónového rizika v geologickom prostredí.

Poďakovanie. Autori sú zaviazaní H. Smolárovej za množstvo relevantných výsledkov a údajov získaných za viac ako desaťročie vedenia podsystému projektu ČMS GF, a Ľ. Kucharičovi za cenné pripomienky pri recenzii tohto príspevku.

References

Čížek, P., 1976: Správa o výsledkoch geologickoprieskumných prác urobených v roku 1976. *Manuskript. Archív Uranpres, s. r. o., Spišská Nová Ves.*

Čížek, P., et al., 1986: Pozemné overovanie leteckých anomálií spektrometrie gama, čiastková správa úlohy č. 06821672, *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava.*

Čížek, P., Smolárová, H. & Gluch, A., 2001: Prírodná rádioaktivita. Čiastková záverečná správa. *In: Kubeš, P., et al. (ed.): Atlas geofyzikálnych máp a profilov. Manuskript. Archív Geofond, Bratislava.*

Gluch, A., Dzurenda, Š. & Pramuka, S., 2011: Mapy prognózy radónového rizika v mierkach 1 : 200 000 a 1 : 500 000. Geologický informačný systém. *ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Lučivjanský, L., 1993: Súbor máp geofaktorov životného prostredia – rádiohydrochemické vzorkovanie. Čiastková záverečná správa. *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava.*

Nikodemová, D., Pinter, I. & Vičanová, M., 2003: Radón a jeho potenciálne riziko v Spišsko-gemerskom regióne. *In: Životné prostredie č. 3. Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Príloha č. 7 k Nariadeniu vlády SR 350/2006. *ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Smernica MŽP SR č. 1/2000-3 na zostavovanie a vydávanie máp prírodnej a umelej rádioaktivity v mierke 1 : 50 000. *ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Smolárová, H., 1998: Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území Slovenskej republiky. Projekt. *ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Smolárová, H. & Gluch, A., 2010: Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území Slovenskej republiky. Záverečná správa za obdobie 2002 – 2009. *ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Vyhláška MZ SR 528/2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia. *ŠGÚDŠ, Bratislava.*

webová stránka: Státní ústav radiační ochrany, v. v. i., www.suro.cz

webová stránka: Slovenský hydrometeorologický ústav, www.shmu.sk

webová stránka: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, www.geology.sk

Zákon NR SR 355/2007 o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov. *ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Rukopis doručený 2. 1. 2013
Revidovaná verzia doručená 3. 1. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 403 – 422
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Výsledky monitorovania stability vybratých historických objektov na území SR

ĽUBOMÍR PETRO[1], MARTIN BRČEK[2], JÁN VLČKO[3], IVANA ŠIMKOVÁ[3], DOMINIK BALÍK[4] a ANDREJ ŽILKA[4]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, Jesenského 8, 040 22 Košice; lubomir.petro@geology.sk
[2]Katedra geotechniky, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita, Radlinského 11, 813 68 Bratislava
[3]Katedra inžinierskej geológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina – G, 842 15 Bratislava
[4]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Stability of selected historical objects in Slovakia: Monitoring results

A systematic monitoring of the subgrade beneath selected historic objects in Slovakia, endangered by geological hazards (slope movements, weathering, karstification, etc.), has started in 1992. Different monitoring techniques, especially linear and space extensometers, are used for the data capturing. Monitoring is focused on acquisition of reliable data, which are necessary for interpretation of the main causes of the slope instabilities, suggestion of potential remedial measures and prognosis of possible risks of disruption of historic objects or their subgrade. Results of the long-term monitoring are described in this contribution.

Key words: monitoring of subgrade, historic objects, extensometers, Slovakia

Úvod

V súčasnosti sa venuje veľká pozornosť ochrane historických pamiatok, a to na národnej aj medzinárodnej úrovni (UNESCO). Jednou z aktivít zameraných na elimináciu negatívnych účinkov geologických hazardov sú rekonštrukčné a sanačné práce vychádzajúce z inžinierskogeologického prieskumu a monitoringu. Porušenie historických objektov najčastejšie spôsobujú svahové pohyby typu plazenia, zosúvania a rútenia, zvetrávanie, krasovatenie hornín a tektonické poruchy. V dôsledku pôsobenia uvedených geologických hazardov dochádza nielen k zníženiu stability podložia, ale aj k poškodeniu jednotlivých konštrukčných častí stavieb, nezriedka aj k ich zrúteniu.

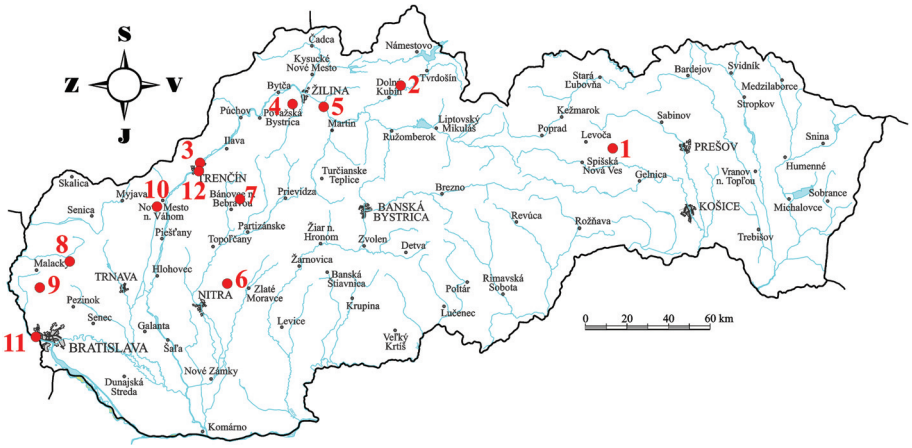
Jedným z hlavných cieľov pri záchrane historických objektov je zabezpečenie ich stability. Stabilitným výpočtom a návrhom rekonštrukčných a sanačných prác predchádza inžinierskogeologický a geotechnický prieskum spočívajúci v podrobnej charakteristike hornín v podloží (vrátane opisu hlavných diskontinuít), ďalej všetkých porúch v hornej stavbe, najmä tých, čo majú úzky súvis so štruktúrno-tektonickými prvkami horninového masívu, ako aj charakteristike najdôležitejších geohazardov. Monitoring horninového podložia, ako aj svahových porúch typu plazenia a zosúvania, je neoddeliteľnou súčasťou geologických prác zameraných na ochranu pamiatkových objektov. Jeho cieľom pred rekonštrukciou a sanáciou je pozorovanie dynamiky horninového prostredia, po rekonštrukcii zase zhodnotenie účinnosti sanačných opatrení.

Monitorovanie v oblasti ochrany historických stavieb na Slovensku začalo koncom sedemdesiatych rokov na Spišskom hrade, ktorý je od roku 1993 zapísaný do zoznamu kultúrnych a historických pamiatok UNESCO, a začiatkom osemdesiatych rokov na Oravskom hrade. V roku 1992 bol v rámci čiastkovej úlohy „Inžinierskogeologický výskum pre optimálne využitie krajiny a ochranu životného prostredia", ktorú zastrešovala štátna výskumná úloha „ZP-547-008-03 Výskum geologických faktorov životného prostredia", monitoring na Spišskom hrade rozšírený o ďalších 6 stanovíšť. V roku 1993 sa v Geologickom ústave Dionýza Štúra začala riešiť geologická úloha „Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia", ktorú dodnes garantuje a finančne zabezpečuje Ministerstvo životného prostredia SR. V rámci subsystému 06 „Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi" uvedenej úlohy sa sieť monitorovaných objektov od roku 1995 postupne rozšírila na ďalšie objekty v stredovekom kláštore pri Skalke nad Váhom (1995, 2000 – začiatok monitoringu, pozri tab. 1), na hradoch Lietava (2000) a Strečno (1996), na Spišskom hrade (1997, 2000, 2003), v kostole v Kostoľanoch pod Tribečom (2000), na hrade Uhrovec (2000), na Plaveckom hrade (2002), na hradoch Pajštún a Čachtice (2003), Devín (2004) a na Trenčianskom hrade (2006). V dôsledku rôznych príčin (napr. zničenia prístrojov, dlhodobého nepreukázania nestability) boli niektoré monitorovacie zariadenia demontované a niektoré lokality opustené (obr. 1). V súčasnosti je monitorovaných celkovo 7 lokalít s historickými objektmi, a to dvomi monitorovacími metódami. V tomto príspevku je prezentovaná stručná

charakteristika lokalít so skončeným monitoringom, výsledky monitoringu v existujúcich lokalitách a ich interpretácia.

Monitorovacie metódy

Výber monitorovacích prístrojov do jednotlivých lokalít bol podmienený výsledkami predchádzajúceho inžinierskogeologického prieskumu, terénnej rekognoskácie, štruktúrnych meraní, charakterom zistených tektonických porúch (puklín a trhlín), charakterom a predpokladanou rýchlosťou svahových pohybov, resp. posunov horninových blokov, prístupnosťou lokality, odolnosťou prístrojov voči poveternostným podmienkam, náročnosťou údržby a v neposlednom rade aj ich cenou. Pre vybraté lokality sa ako najvhodnejšie ukázali dva typy dilatometrov – mechanicko-optický dilatometer TM-71 (Košťák, 1969, 1991) a posuvné meradlo s odchýlkomerom (analógovým/digitálnym) od firmy SOMET.



Obr. 1. Lokality na území SR monitorované dilatometrami typu TM-71 a SOMET v súčasnosti (1 – Spišský hrad; 2 – Oravský hrad; 5 – hrad Strečno; 7 – Uhrovecký hrad; 8 – Plavecký hrad; 9 – hrad Pajštún; 12 – Trenčiansky hrad) a v minulosti (3 – Skalka nad Váhom; 4 – Lietavský hrad; 6 – Kostoľany pod Tribečom; 10 – Čachtický hrad; 11 – hrad Devín).

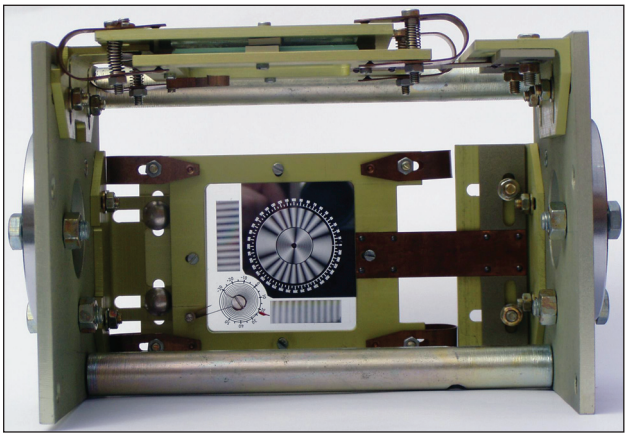
Fig. 1. Sites monitored by the TM-71 and SOMET crack gauges in the Slovak Republic at the present time (1 – Spiš Castle; 2 – Orava Castle; 5 – Strečno Castle; 7 – Uhrovec Castle; 8 – Plavecký Castle; 9 – Pajštún Castle; 12 – Trenčín Castle) and in the past (3 – Skalka nad Váhom; 4 – Lietava Castle; 6 – Kostoľany pod Tribečom; 10 – Čachtice Castle; 11 – Devín Castle).

Mechanicko-optický dilatometer TM-71

Dilatometer tohto typu (obr. 2) je vhodný na dlhodobé a veľmi presné 3D meranie pomalých plazivých pohybov dvoch susedných horninových blokov (častí objektov) oddelených od seba puklinou (trhlinou), resp. zlomom. Vzhľadom na použitý materiál (sklo, hliník, chróm, nerez a meď) sa prístroj vyznačuje vysokou odolnosťou voči korózii, bludným prúdom a elektrickým výbojom. Dilatometer pracuje na princípe moiré, t. j. využíva interferenciu svetla prechádzajúcu cez dve na seba naložené sklenené doštičky, na povrchu pokryté tenkou chrómovou vrstvou s vyleptanými veľmi tenkými sústrednými kružnicami. Výsledkom interferencie je sústava prúžkov, z ktorých možno vypočítať veľkosť a smer pohybu (os *x* – rozširovanie alebo zužovanie trhliny, os *y* – horizontálny šmykový posun pozdĺž trhliny, os *z* – vertikálny pohyb blokov pozdĺž trhliny), ako aj rotácie monitorovaných blokov. Keďže je dvojica doštičiek skonštruovaná vo dvoch na seba kolmých rovinách (dva segmenty prístroja), možno určiť pohyb blokov v priestore, a to aj vo vzťahu k trhline. Samotný dilatometer je pripevnený medzi dvomi oceľovými konzolami, votknutými do protiľahlých stien trhliny. Pri výpočte sa zohľadňuje rozťažnosť použitého materiálu. Presnosť merania posunov vo všetkých troch osiach je 0,01 mm, presnosť rotácie blokov je 0,01 gr. Uvedeným spôsobom možno monitorovať trhliny šírky cca 0,5 – 2,0 m, v prípade použitia lomených konzol aj trhliny široké menej ako 0,5 m, resp. zovreté trhliny.

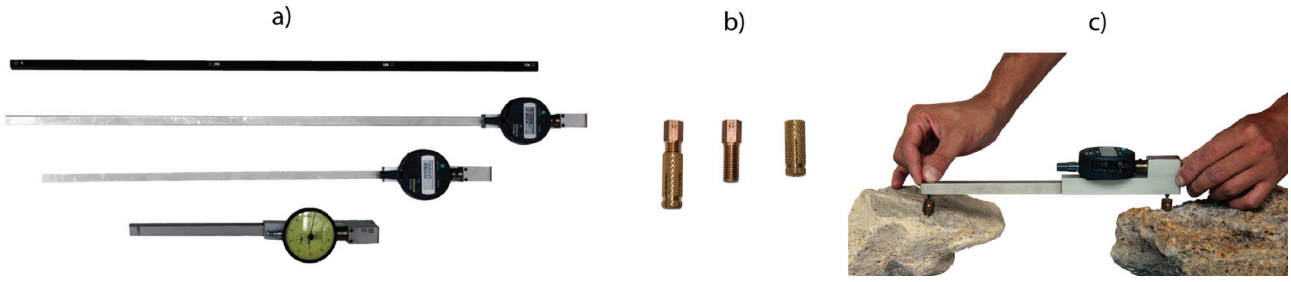
Dilatometer SOMET

Tento pomerne jednoduchý a cenovo dostupný prenosný prístroj (obr. 3) sa u nás začal používať na monitorovanie lineárnych (jednoosových) deformácií v dôsledku pôsobenia rôznych geologických procesov v podloží historických objektov v roku 2000. Patrí do skupiny prístrojov, ktoré sa v zahraničí označujú *Demountable Mechanical Strain Gauge* alebo *Crack Gauge*. Je vhodný na meranie v takých lokalitách, resp. trhlinách, kde TM-71 nemožno inštalovať pre vysokú mieru rizika jeho poškodenia (veľké finančné straty), alebo menšiu šírku trhliny než 50 cm.



Obr. 2. Mechanicko-optický dilatometer typu TM-71. Foto Ľ. Petro.

Fig. 2. A mechanical-optical crack-gauge of TM-71 type. Photo Ľ. Petro.



Obr. 3. Prenosný dilatometer typu SOMET. Základná zostava prístroja (a), meracie body zhotovené z mosadze (b), názorná ukážka merania (c). Foto M. Brček.

Fig. 3. Demountable mechanical crack gauge SOMET. Basic configuration of the crack gauge (a), measuring console made from brass (b), visual demonstration of measuring (c). Photo M. Brček.

V prípade použitia lepených konzol ide o nedeštruktívnu monitorovaciu metódu, ktorá je aplikovateľná aj v interiéroch vzácnych historických pamiatok.

Prenosný dilatometer SOMET pozostáva z invarovej tyče s výstupkami – tŕňmi pre osadené pevné body. Jeden tŕň je fixný, druhý prenáša zmenu vzdialenosti pevných bodov na meracie zariadenie. Dĺžka tyče je voliteľná (25, 50, 75 a 100 cm), takže meradlom možno merať posuny pozdĺž trhlín rôznej šírky. Meracie zariadenie tvorí analógový alebo digitálny odchýlkomer s presnosťou záznamu 0,001 mm. Bežne sa v praxi osadzujú tri meracie body po obidvoch stranách trhliny (poruchy, diskontinuity) tak, že dva body sú na kvázi stabilnom bloku a tretí na bloku, kde sa očakáva pohyb. Uvedené rozmiestnenie meracích bodov umožňuje meranie translačného pohybu, t. j. relatívnej zmeny vzdialenosti medzi bodmi.

Prehľad lokalít so skončeným monitoringom

Monitoring niektorých historických objektov, resp. ich podložia, dilatometrami typu TM-71 alebo prenosným prístrojom typu SOMET musel byť z rôznych dôvodov skončený. Prehľadná charakteristika lokalít s ukončeným monitoringom je v tab. 1.

Tab. 1
Prehľad lokalít so skončeným monitoringom
Preview of former monitoring sites

Lokalita	Typ prístroja TM-71	Typ prístroja SOMET	Inštalácia	Monitorovacie obdobie		Dôvod opustenia lokality	Výsledky
Skalka nad Váhom	áno	áno	TM-71 – trhlina smeru SV – JZ za kaplnkou jezuitského kláštora	1995	2004	Stavebné úpravy objektu znemožňujúce bezpečný prístup k dilatometru.	Do roku 2000: Vlčko a Petro, 2002; Vlčko et al., 2002. Do roku 2004: Jezný et al., 2007. Do roku 2008: Jánová et al., 2009.
			SOMET – pevné body pri trhline v jaskyni	2000	2005	Zamedzenie vstupu do objektu vlastníkom objektu.	
Lietava	áno	áno	TM-71 – trhlina v skalnom podloží pod hradom	1995	1996	Zničenie prístroja vandalmi 5 mesiacov po inštalácii.	Namerané údaje nebolo možné interpretovať.
			SOMET – pevné body (trhliny v obvodových/ vnútorných stenách hradu)	2000	2006	Zničenie jedného stanovišťa, minimálne posuny na monitorovaných trhlinách pre rekonštrukciu hradu.	Nemožnosť interpretácie v dôsledku zničenia pevných bodov.
Kostoľany pod Tribečom	nie	áno	SOMET – pevné body (trhliny v interiéri kostola)	2000	2008	Stabilizácia monitorovaného objektu po rekonštrukcii.	Prispeli k úspešnej rekonštrukcii interiéru.
Čachtice	nie	áno	SOMET – pevné body (trhliny v skalnom podloží)	2003	2006	Opakovaná deštrukcia pevných bodov vandalmi.	Nemožnosť interpretácie pre malý počet údajov.
Devín	nie	áno	SOMET – pevné body (trhliny v interiéri hradu)	2004	2009	Stabilizácia monitorovaných objektov po rekonštrukcii.	Prispeli k úspešnej rekonštrukcii múrov.

Tab. 2
Prehľad dilatometrov TM-71 a stanovíšť dilatometra SOMET na Spišskom hrade
Preview of the TM-71 extensometers and the SOMET measuring points at the Spiš Castle

Prístroj/stanovište	Pozícia na hrade (obr. 4)	Monitorovacie obdobie	Dôvod ukončenia merania	Poznámka
(TM-71) P1 (od r. 1997 TM-71-h1)	Trhlina v podloží v južnej časti II. nádvoria (za Perúnovou skalou).	1980 – 1997 1997 – doteraz	–	V roku 1997 bol starý prístroj v dôsledku poškodenia náhlym pohybom blokov nahradený novým.
(TM-71) P2 (od r. 1997 TM-71-h2)	Trhlina vo vnútornom múre v západnej časti II. nádvoria.	1979 – 1994 1997 – doteraz	–	Kvôli prerušeniu meraní ide o dva časové cykly údajov.
(TM-71) P3	Trhlina na severnom okraji travertínovej kopy.	1980 – 1987	Zničenie prístroja vandalmi.	Riziko zničenia TM-71 – merania ukončené.
TM-71-1	Trhlina v skalnom podloží za Perúnovou skalou (II. nádvorie).	od roku 1992	–	Dlhodobý trend rozširovania trhliny.
TM-71-2	Trhlina v podloží pod Perúnovou skalou (vstup do Podhradskej jaskyne).	od roku 1992	–	Dlhodobý trend uzatvárania trhliny.
TM-71-3	Trhlina v podloží na S strane hradného vrchu.	1992 – 1993	Zničenie prístroja vandalmi.	Pre veľké riziko opätovného zničenia dilatometra boli merania ukončené.
TM-71-4	Trhlina v podloží na Z okraji hradného vrchu.	1992 – 1999	Zničenie prístroja vandalmi.	
TM-71-5	Trhlina v podloží na Z okraji hradného vrchu.	1992 – 1994	Zničenie prístroja náhlym poklesom jedného z blokov.	Kvôli posunutiu konzol o cca 2 cm neboli merania obnovené.
TM-71-6	Trhlina v podloží na Z okraji hradného vrchu.	1992 – 1995	Zničenie prístroja vandalmi.	Riziko zničenia TM-71 – merania ukončené.
TM-71-jaskyňa	Trhlina v skalnom podloží (Puklinová jaskyňa).	od roku 2003	–	Pozvoľné otváranie trhliny a pokles jedného z blokov.
SM1	Zamurovaná trhlina v západnej časti II. nádvoria (nad TM-71-h2).	od roku 2000	–	–
SM2	Trhlina za Perúnovou skalou (nad TM-71-1).	od roku 2000	–	–
SM3	Zamurovaná trhlina za Perúnovou skalou (nad TM-71-h1).	od roku 2000	–	–
SM4	Trhlina na severnom okraji hradnej skaly (pod Románskym palácom).	od roku 2001	–	–
SM5		od roku 2001	–	–

K najzaujímavejším výsledkom monitorovania historických objektov so skončeným monitoringom patrí preukázanie trendu šmykového pohybu na tektonickej poruche za kaplnkou jezuitského kláštora Skalka nad Váhom dilatometrom TM-71, ktorý v roku 2004 dosiahol 0,23 mm. Z meraní lineárneho pohybu prístrojom SOMET sú najvýznamnejšie výsledky na hrade Devín a v kostole v Kostoľanoch pod Tribečom, ktoré prispeli k úspechu rekonštrukčných prác v obidvoch lokalitách.

Výsledky monitoringu dilatometrami TM-71 a SOMET v existujúcich lokalitách

V príspevku zameriavame prvoradú pozornosť na lokality, ktorých historické objekty sú v súčasnosti monitorované. Ide o lokality Spišský a Oravský hrad, hrady Strečno a Uhrovec, Plavecký hrad, hrad Pajštún a Trenčiansky hrad.

Lokalita Spišský hrad

Spišský hrad je najväčším stredovekým opevneným hradom v strednej Európe. Bol založený v roku 1120. V priebehu histórie prešiel viacerými stavebnými úpravami, ktoré skončili v období baroka. V roku 1780 hrad vyhorel a odvtedy je opustený. Jeho súčasný stav podmieňujú prírodné, ale aj antropogénne faktory.

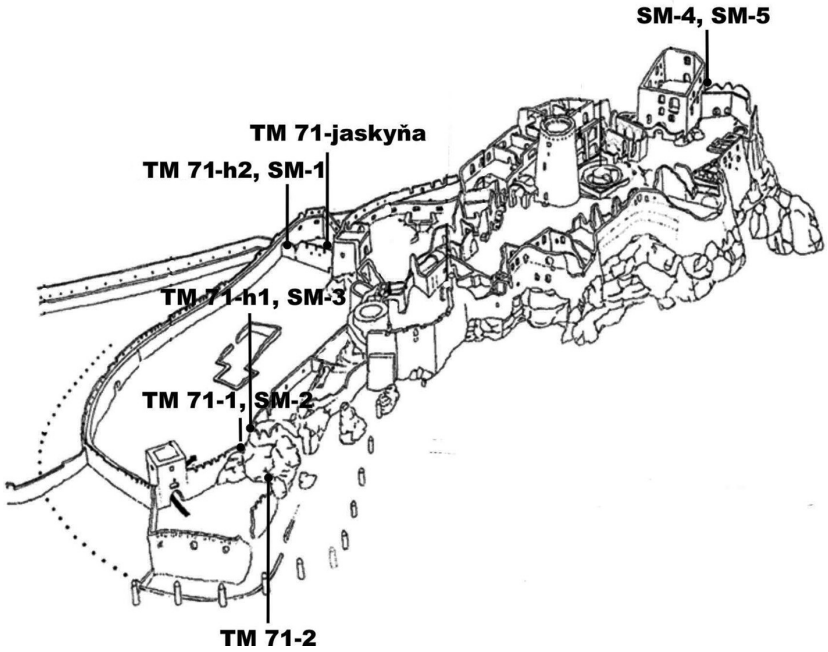
Hradný vrch tvorí výraznú morfologickú eleváciu v Hornádskej kotline. Ide o travertínovú kopu, ktorá leží na flyšových ílovcoch a pieskovcoch hutianskeho súvrstvia

podtatranskej skupiny (Gross et al., 1999). Travertínové teleso je porušené početnými zlomami, trhlinami a puklinami a jeho hrúbka presahuje 50 m. Medzi puklinami dominujú dva subvertikálne systémy (Vlčko a Petro, 2002) so smermi sklonu 220° – 250°/80° – 90° (SZ – JV) a 250° – 270°/85° (SSZ – JJV až S – J). Práve na zlomy a pukliny sú viazané tri jaskyne (Podhradská, Puklinová a Temná), ktoré boli registrované na hrade pri terénnom výskume (Fussgänger, 1985). V dôsledku pôsobenia gravitácie, ale aj zvetrávania a krasovatenia, došlo k rozpadu travertínového telesa na množstvo rôzne veľkých a hrubých blokov. Vzhľadom na mäkké ílovité podložie sa tieto bloky postupne pomaly posúvali po podloží a podliehali procesu mechanického rozpadu a chemického rozkladu (krasovatenie). Tento proces prebieha aj v súčasnosti a má charakter plazenia (creep). Kým v centrálnej, najvyššej časti, má kopa charakter blokovej rozpadliny, v periférnych častiach ide o formu blokového poľa. Mnohé bloky dosahujú výšku 25 až 30 m, sklon 70° – 80°, niekedy až 90°, ba vyskytujú sa i previsy. Z antropogénnych faktorov zhoršujúcich stabilitu hradného vrchu treba spomenúť jeho priťaženie samotnými historickými objektmi, odstraňovanie vegetácie zo svahov a v minulosti aj seizmické otrasy spôsobované odstrelmi v kameňolome Dreveník.

V období rokov 1979 – 2003 bolo na hrade postupne inštalovaných 10 dilatometrov TM-71. Prvé tri (P1 – P3) boli inštalované v rokoch 1979 a 1980 (tab. 2). Ich hlavným cieľom, podobne ako aj ostatných neskôr inštalovaných dilatometrov, bolo priame sledovanie vývoja plazivých blokových pohybov v priestore. Už predbežné výsledky za roky 1980 – 1983 preukázali výrazný pohyb v trhline v západnej časti hradu (TM-71-P2, Fussgänger, 1985). Z týchto troch pôvodných starších typov prístrojov, ktoré boli schopné zaznamenávať iba posun v dvoch na seba kolmých rovinách, sa nezachoval, žiaľ, ani jeden. Dilatometer P3 bol niekoľkokrát zničený vandalmi a v roku 1987 odinštalovaný. Výsledky ním získané nebolo možné seriózne interpretovať. Dilatometer P2 bol v roku 1994 odstránený pri stavebných prácach a monitorovaná trhlina vo vnútornej stene hradu bola zamurovaná. Výsledky do roku 1994 preukázali až 14 mm šmykový pohyb, takmer 5 mm rozšírenie trhliny a šikmý pokles vonkajšieho múra a priľahlej vnútornej steny hradu na druhom nádvorí. Prístroj P1 fungoval až do roku 1997, keď bol silne poškodený. Výsledky preukázali predovšetkým rozširovanie trhliny (až o 4,91 mm), t. j. nakláňanie Perúnovej skaly na východ.

V druhej etape bolo v roku 1992 v rámci štátnej výskumnej úlohy „ZP-547-008-03 Výskum geologických faktorov životného prostredia“ inštalovaných ďalších 6 dilatometrov TM-71 (tab. 2, TM-71-1 – TM-71-6). Štyri z uvedených prístrojov boli v ďalších rokoch poškodené vandalmi, niektoré i viacnásobne, resp. náhlym výrazným poklesom jedného z blokov, takže museli byť postupne (v rokoch 1993, 1994, 1995 a 1999) odinštalované bez náhrady. Všetky z nich preukázali plazivý pohyb monitorovaných blokov v podloží vonkajších múrov hradu.

V tretej etape, t. j. v rámci úlohy „Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia“, ktorej riešenie začalo v roku 1993 a je dodnes garantované a finančne zabezpečované Sekciou geológie a prírodných zdrojov Ministerstva životného prostredia SR, presnejšie v rámci subsystému 06 „Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi“ tejto úlohy, boli na hrade obnovené dva pôvodné, staré dilatometre P1 a P2, obidva v roku 1997. V prvom prípade sa podarilo po výmene prístroja za nový nadviazať na dovtedajšie merania, t. j. zachovať ich kontinuitu. V druhom prípade sa monitorovacie obdobia 1979 – 1994 a od 1997 po súčasnosť považujú za dve



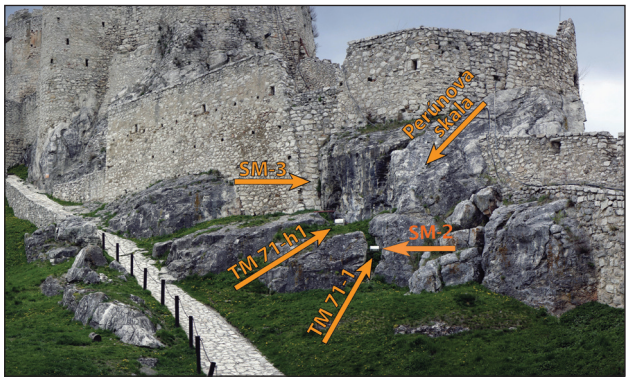
Obr. 4. Stanovištia na Spišskom hrade monitorované v súčasnosti dilatometrami TM-71 a SOMET.

Fig. 4. The TM-71 and SOMET locations monitored at the Spiš Castle nowadays.

samostatné časové epochy. Nové (náhradné) prístroje boli pre prehľadnosť označené TM-71-h1 a TM-71-h2. V roku 2003 bol v širokej trhline (cca 1,9 m) vo vnútri Puklinovej jaskyne nainštalovaný doteraz posledný dilatometer (TM-71-jaskyňa).

Na podporu meraní dilatometrami TM-71 boli na hrade v roku 2000 zriadené tri stanovištia (SM1 – SM3) a v roku 2001 dve stanovištia (SM4 a SM5) na meranie posunov prenosnými dilatometrami typu SOMET (obr. 4).

V nasledujúcej časti príspevku sumarizujeme výsledky dlhodobého monitoringu plazivých pohybov travertínových blokov a trhlinami (puklinami) porušených častí historických objektov získané dilatometrami TM-71 a SOMET, fungujúcimi od ich inštalácie do konca roku 2011. Tieto výsledky nadväzujú na výsledky publikované v starších prácach (napr. Vlčko et al., 1998; Vlčko, 2001, 2004; Vlčko et al., 2002; Vlčko a Petro, 2002; Vlčko et al., 2007).



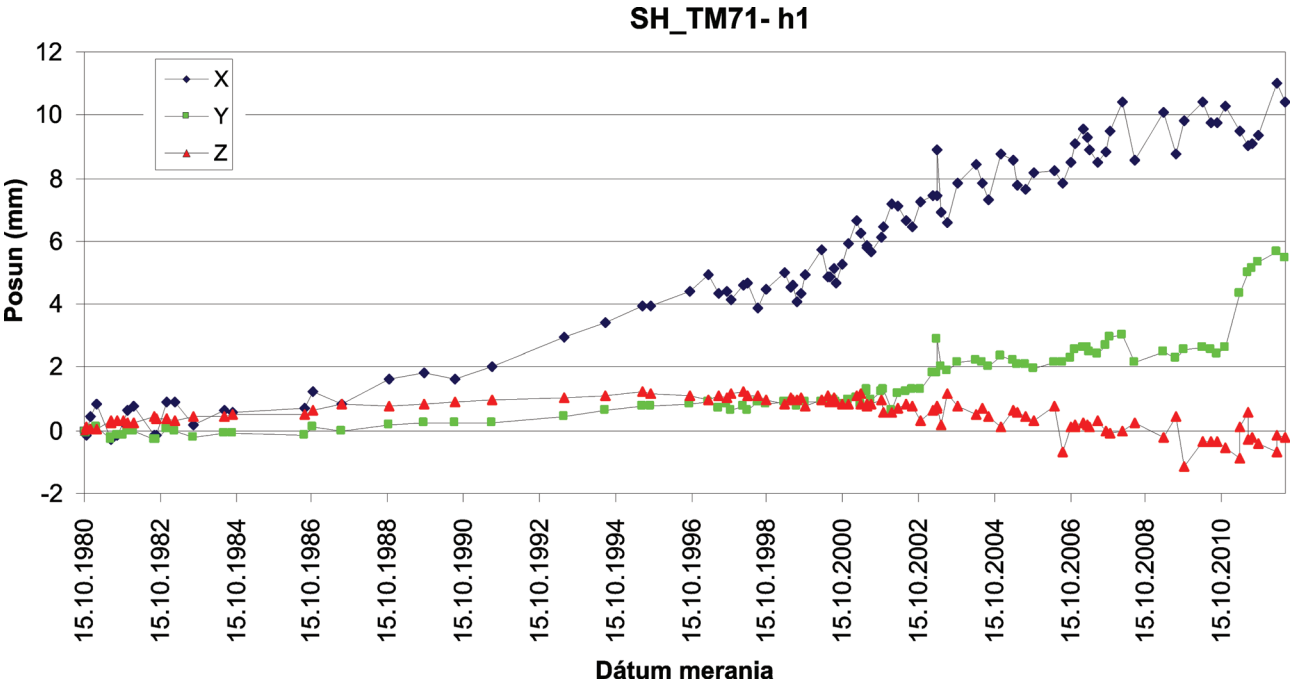
Obr. 5. Pozícia dilatometrov TM-71-h1 (P1), TM-71-1 a stanovíšť dilatometrov SM2 a SM3.

Fig. 5. Location of the TM-71-h1 (P1), TM-71-1 crack gauges and positions of the extensometers SM2 and SM3.

Dilatometre TM-71-h1 (pôvodne P1) a SM3

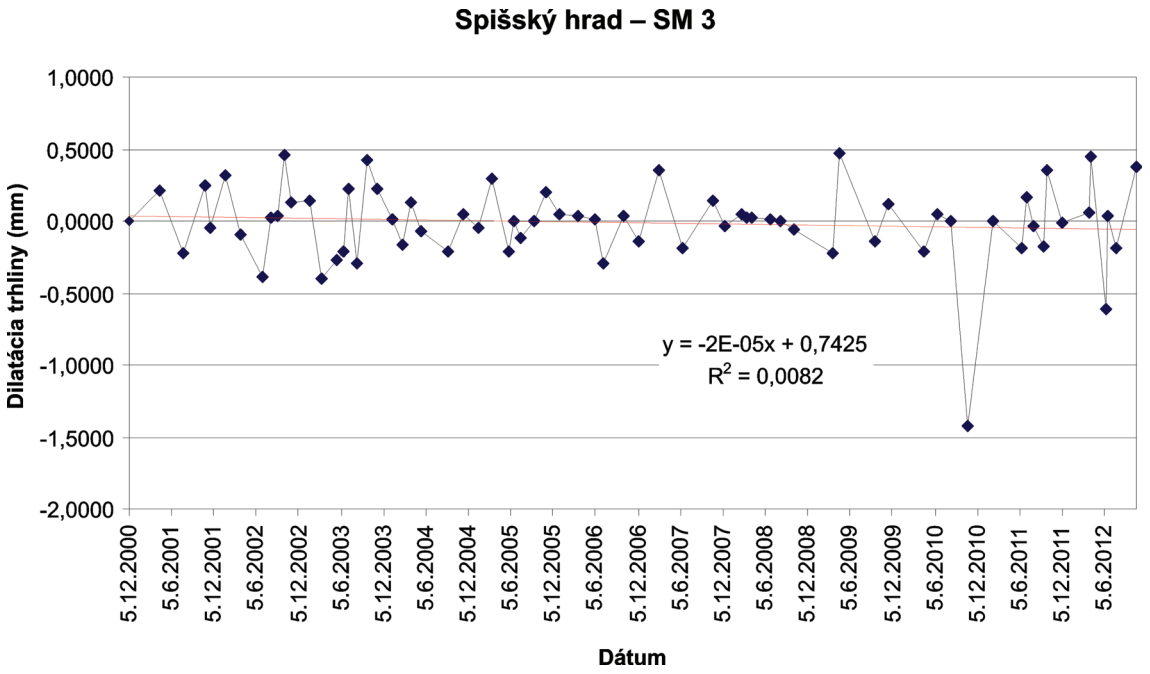
Obidva prístroje monitorujú plazivý pohyb dvoch travertínových blokov (na východnejšom bloku stojí Perúnova skala) pozdĺž trhliny širokej 113 cm v podloží vonkajšieho obvodového múra na východnej strane hradu (obr. 5). Trhlina má orientáciu 283/87° (smer sklonu/sklon). V minulosti sa trhlina prejavila aj v nadložnom vonkajšom múre, ktorý musel byť rekonštruovaný (vyplnený murivom).

Dilatometer TM-71-h1 je najstarším nepretržito fungujúcim prístrojom na Spišskom hrade. Od inštalácie starého typu prístroja prešlo 32 rokov. V roku 1997 bol pôvodný prístroj P1 poškodený náhlym posunom bloku (cca 1,5 cm pokles) do takej miery, že musel byť nahradený novým. Vďaka novému softvéru MSDilat (Stercz, 2004) sa podarilo zachovať kontinuitu meraní. Do roku 2009 sa údaje namerané prístrojom odčítavali s frekvenciou 1 – 7 x ročne (výnimkou bol rok 1992, z ktorého údaje chýbajú). Od roku 2010 sa frekvencia zberu údajov zvýšila na 2 x mesačne. Výsledky dlhodobého monitoringu do konca roku 2011 (obr. 6) preukázali výrazný pohyb obidvoch monitorovaných blokov v blízkosti Perúnovej skaly, a to vo všetkých troch osiach. Celkové rozšírenie trhliny *(x)* dosiahlo 11,14 mm, šmykový posun pozdĺž trhliny *(y)* 5,76 mm a pokles vonkajšieho bloku smerom do Podhradskej jaskyne 0,218 mm. Pohyb blokov spôsobil opätovné porušenie steny vonkajšieho múra, a to aj napriek tomu, že stará trhlina bola v roku 1992 opravená (vyplnená murivom). Výsledky



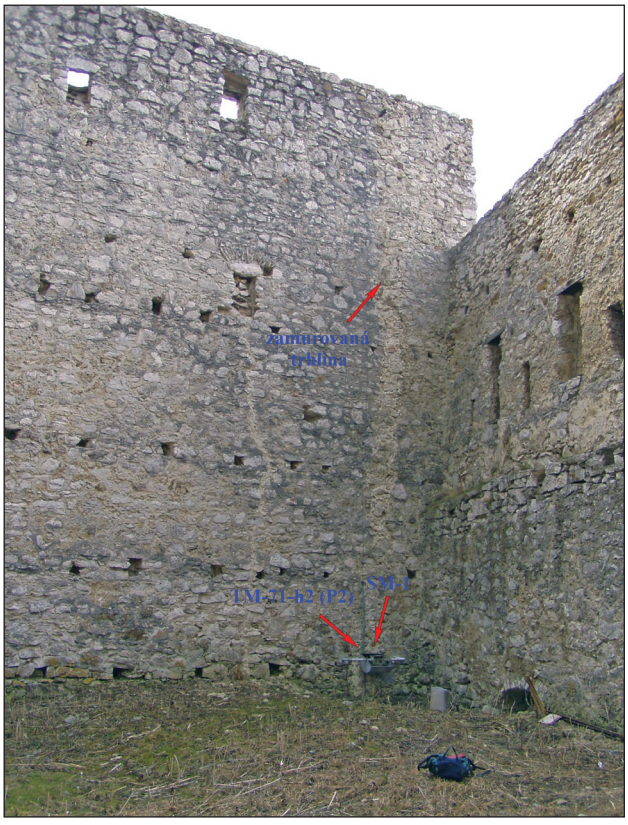
Obr. 6. Graf posunu travertínových blokov pozdĺž osí *x*, *y* a *z* zaznamenaný dilatometrom TM-71-h1.

Fig. 6. Diagram of travertine block displacements along axes *x*, *y* and *z* detected by the TM-71-h1 extensometer.



Obr. 7. Výsledky meraní pohybu blokov dilatometrom SM3 (y = regresná rovnica lineárnej trendovej čiary, R^2 = koeficient determinácie).

Fig. 7. Results of block displacement measurements by the extensometer SM3 (y = equation of linear regression line, R^2 = coefficient of determination).



Obr. 8. Inštalácia dilatometra TM-71-h2 na zamurovanej trhline priečneho múra na II. nádvorí a pozícia stanovišťa SM1.

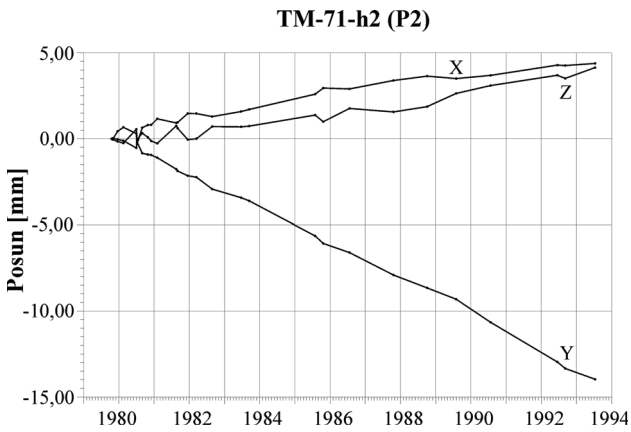
Fig. 8. The TM-71-h2 installation on buit-in transverse crack located at II. courtyard and position of the extensometer SM1.

potvrdili, že otváranie trhliny je progresívne a dosahuje v priemere 0,359 mm za rok.

Výsledky meraní dilatometrom SOMET SM3 do roku 2011 otváranie trhliny nepotvrdili (obr. 7).

Dilatometre TM-71-h2 (pôvodne P2) a SM1

Obidva dilatometre zaznamenávajú priamo vývoj trhliny v priečnej stene na II. nádvorí, zamurovanej v roku 1994 (obr. 4 a 8), resp. plazivý pohyb podložných travertínových blokov pod stenou. Pôvodný prístroj P2 bol nainštalovaný v roku 1979 priamo v širokej trhline (cca 50 cm)

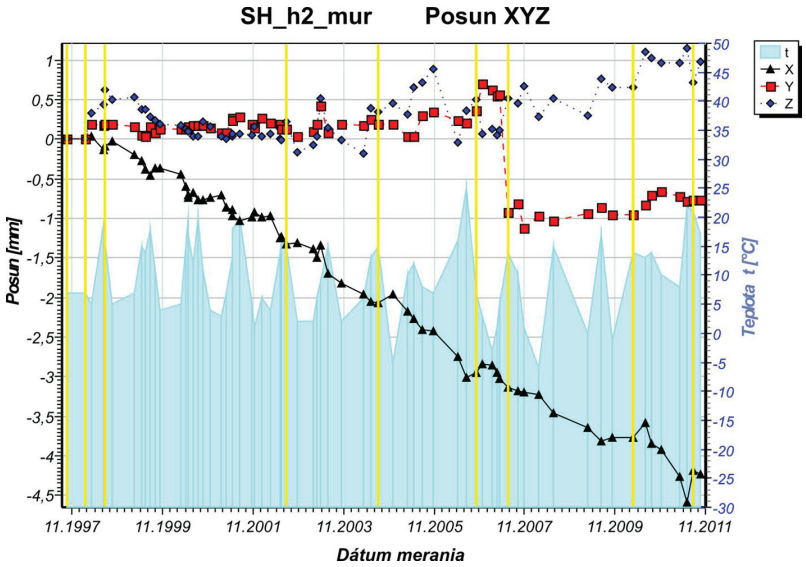


Obr. 9. Graf posunu travertínových blokov pozdĺž osí *x*, *y* a *z* zaznamenaný dilatometrom P2 (TM-71-h2) v rokoch 1979 – 1994.

Fig. 9. Diagram of travertine block displacements along axes *x*, *y* and *z* detected by the P2 (TM-71-h2) extensometer during the period 1979 – 1994.

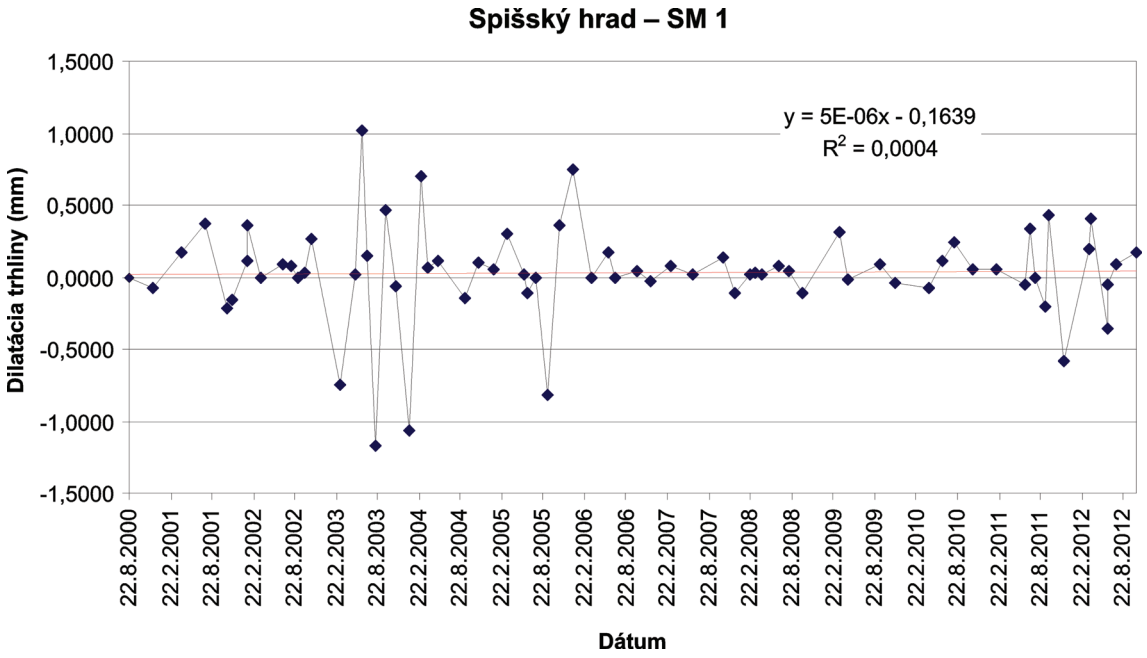
v spodnej časti steny a fungoval do decembra roku 1994, keď bol odmontovaný pre rekonštrukciu hradu. Výsledky 15-ročných meraní (obr. 9) preukázali najväčší pohyb blokov na hrade, ktorý bol interpretovaný ako rozširovanie trhliny (4,5 mm), ľavostranný posun (14 mm) a pokles spodnej časti steny (4 mm). Pohyby rovnakého charakteru platia aj pre obidva travertínové bloky pod stenou. Priestorový pohyb možno interpretovať ako šikmý ľavostranný pokles spodného bloku sprevádzaný súčasne jeho nakláňaním na západ.

Po takmer troch rokoch (december 1994 – október 1997) bol na rovnakom mieste nainštalovaný nový typ dilatometra TM-71, ktorý dostal označenie TM-71-h2. Vzhľadom na odlišný spôsob jeho inštalácie v porovnaní so starým prístrojom a dlhé obdobie bez zberu údajov nebolo možné spojiť obidva súbory údajov. Merania od roku 1997 sú považované za samostatné monitorovacie obdobie. Z grafu posunov (obr. 10) je zrejmé, že plazivý pohyb blokov pokračoval aj počas ďalších 15 rokov, ale bol výrazne pomalší. Ľavostranný posun spodnej časti steny



Obr. 10. Graf posunu travertínových blokov pozdĺž osí *x*, *y* a *z* zaznamenaný dilatometrom TM-71-h2 (P2) v rokoch 1997 – 2011 (t – teplota v okolí prístroja počas merania, zvislá žltá čiara – prestavenie prístroja).

Fig. 10. Diagram of travertine block displacements along axes *x*, *y* and *z* detected by the TM-71-h2 (P2) extensometer during the period 1997 – 2011 (t – temperature near by the extensometer during measurement, vertical yellow line – reset of the extensometer).



Obr. 11. Výsledky meraní pohybu blokov dilatometrom SM1 na Spišskom hrade.

Fig. 11. Results of block displacement measurements by the extensometer SM1 at the Spiš Castle.

sa podstatne spomalil a dosiahol len 1,48 mm, podobne aj jej pokles (0,98 mm). Rýchlosť otvárania zamurovanej trhliny (pohyb pozdĺž osi *x*) však zostala v porovnaní s predchádzajúcim obdobím približne rovnaká (celkový posun dosiahol 4,29 mm). Berúc do úvahy výsledky inžinierskogeologického prieskumu realizovaného na hrade (Malgot et al., 1992) a staršiu interpretáciu pohybu blokov na tomto stanovišti (Fussgänger, 1985), možno konštatovať, že pokles spodného bloku a jeho ľavostranný posun sa po realizácii II. etapy sanačných prác (1997 – 1998) podstatne spomalil. Trend a rýchlosť otvárania trhliny nasvedčujú tomu, že spodný blok sa nakláňa smerom na západ.

Dilatometrom SOMET SM1 bolo pomalé otváranie trhliny potvrdené (obr. 11).

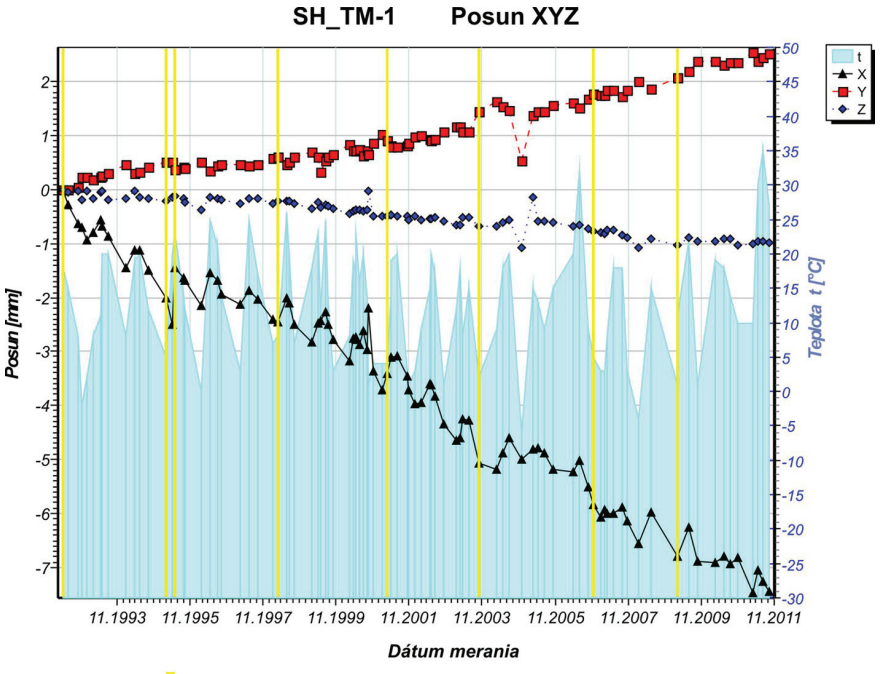
Dilatometre TM-71-1 a SM2

Prístroje zabezpečujú monitoring spodnej časti širokej trhliny za Perúnovou skalou, čím dopĺňajú merania z jej vrchnej časti, v ktorej je inštalovaný dilatometer TM-71-h1 (obr. 5). Dilatometer TM-71-1 bol inštalovaný v roku 1992. Berúc do úvahy jeho orientáciu, výsledky dlhodobého monitoringu pohybu blokov oddelených trhlinou (obr. 12) tiež potvrdzujú jej dlhodobé a rovnomerné rozširovanie (7,45 mm), ľavostranný šmykový posun (2,51 mm) a pozvoľný pokles (0,99 m) východného bloku (Perúnovej skaly). V priestore sa pohyb dá interpretovať ako vzďaľovanie sa Perúnovej skaly od susedného západne ležiaceho bloku (masívu), jej poklesávanie do priestoru Podhradskej jaskyne a zároveň nakláňanie na SV. Priemerná rýchlosť otvárania trhliny zistená týmto dilatometrom je 0,37 mm za rok.

Dilatometrom SOMET SM2 bolo tiež potvrdené pomalé otváranie trhliny (obr. 13).

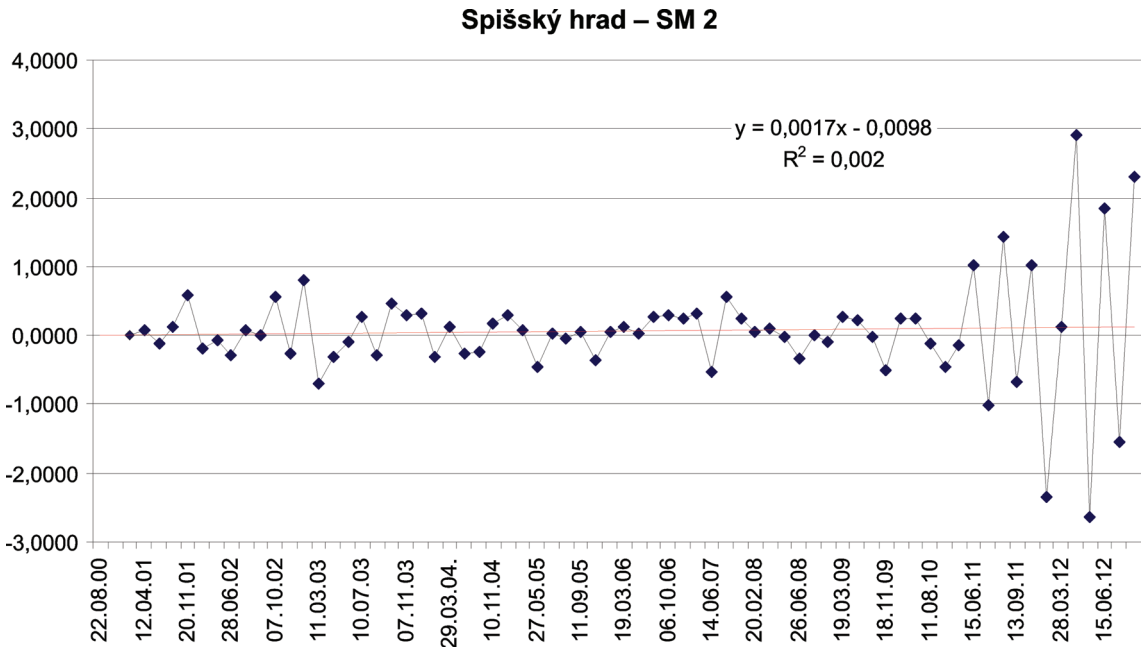
Dilatometer TM-71-2

Prístroj bol inštalovaný v trhline pod Perúnovou skalou, presnejšie pri vchode do Podhradskej jaskyne, ktorý sa nachádza na východnej strane hradu (obr. 4 a 14). Spodný (okrajový) travertínový blok je podopretý pod ním stojacim blokom, resp. priečnou murovanou stenou, ktorá je na ňom postavená. Merania od roku 1992 preukazujú výrazný pohyb obidvoch monitorovaných blokov, a to vo všetkých troch osiach *x*, *y*, *z* (obr. 15). Do konca roku 2011 bol zistený celkový posun presahujúci 5,2 mm (5,22 až 5,64 m). V priestore to znamená nakláňanie Perúnovej skaly (zužovanie trhliny), jej pokles do Podhradskej jaskyne a súčasne rotáciu doprava (ľavostranný šmykový posun). Do konca roku 2000 sa nad vchodom do jaskyne nachádzal veľký travertínový balvan. Balvan tvoril prirodzenú oporu Perúnovej skaly, spomaľoval jej klesanie a zároveň prenášal časť hmotnosti na vrchnú časť rekonštruovanej murovanej steny. Dlhodobým tlakovým pôsobením došlo k vzniku deformácií v murovanej stene. Na zastavenie deštrukčných účinkov balvana na túto stenu bolo navrhnuté jeho odstránenie, a to použitím trhaviny. Pred samotným odstrelom bolo nevyhnutné dočasne odinštalovať dilatometer, ktorý by mohol byť poškodený. Po odstrele balvana došlo k náhlemu poklesu Perúnovej skaly asi o 1,5 cm, čo sa prejavilo poklesom ľavej konzoly prístroja (obr. 16). Po jej oprave bol dilatometer 19. 12. 2000 opäť nainštalovaný. Z priebehu posunov pozdĺž osi *x* je zrejmé (obr. 15), že po odstránení balvana došlo k zrýchleniu otvárania trhliny, t. j. k poklesu Perúnovej skaly. Z tohto



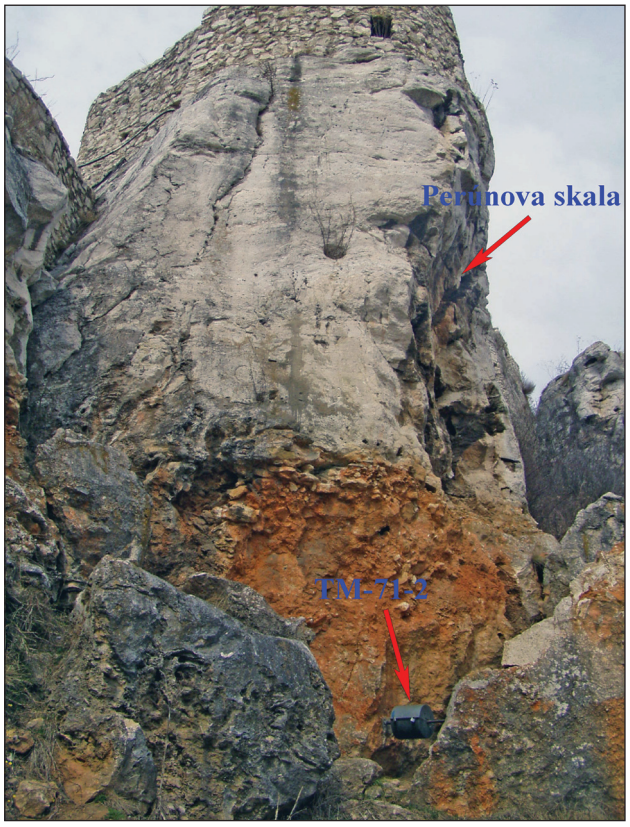
Obr. 12. Graf posunu travertínových blokov pozdĺž osí *x*, *y* a *z* zaznamenaný dilatometrom TM-71-1.

Fig. 12. Diagram of travertine block displacements along axes *x*, *y* and *z* detected by the TM-71-1 extensometer.



Obr. 13. Výsledky meraní pohybu blokov dilatometrom SM2 na Spišskom hrade.

Fig. 13. Results of block displacement measurements by the extensometer SM2 at the Spiš Castle.



Obr. 14. Inštalácia dilatometra TM-71-2 v trhline pod Perúnovou skalou (vchod do Podhradskej jaskyne).

Fig. 14. The TM-71-2 installation inside the crack beneath the Perun´s rock (entrance to the Podhradská cave).

pohľadu bolo rozhodnutie odstrániť balvan z priestoru vchodu do Podhradskej jaskyne nesprávne.

Dilatometer TM-71-jaskyňa

Merania v Puklinovej jaskyni (obr. 4 a 17) začali v októbri roku 2003. Dilatometer bol nainštalovaný v širokej (cca 1,9 m) trhline, ktorá sa nachádza v najspodnejšej časti dvoch mohutných travertínových blokov. Doterajšie výsledky preukázali rozdielny pohyb v smere jednotlivých osí (obr. 18). Jednoznačný je trend pomalého otvárania trhliny, ktoré koncom roku 2011 dosiahlo cca 0,2 mm. Počiatočný rýchly a významný pokles jedného z blokov, ktorý dosiahol do konca roku 2005 hodnotu 2,48 mm, sa spomalil a od polovice roku 2006 dokonca zmenil na malý zdvih. Takýto vývoj by sa dal vysvetliť rozdielnou zmenou plasticity podložných zvetraných flyšových ílovcov (ílov) pod blokmi. Výrazný, ale krátkodobý (do konca roku 2004) bol šmykový pohyb pozdĺž trhliny. Pri hodnote posunu 1,76 mm sa pohyb ustálil a pretrváva do súčasnosti.

Doterajšie výsledky meraní dilatometrami SOMET SM4 a SM5 v trhline pod Románskym palácom nachádzajúcim sa na severnom okraji hradu (obr. 4) preukazujú navzájom protichodný (opačný) pohyb, t. j. mierne otváranie na západnej a mierne zatváranie na východnej strane monitorovanej trhliny.

Lokalita Oravský hrad

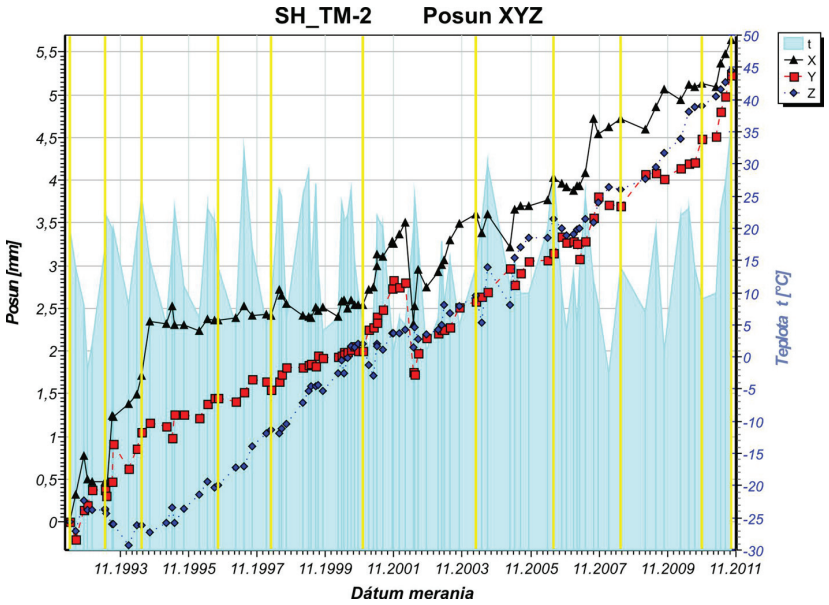
Hrad je jedným z našich najkrajších stredovekých historických objektov a je národnou kultúrnou pamiatkou. Bol postavený v 13. storočí a stal sa sídlom Oravskej

župy. V minulosti prešiel viacerými rekonštrukciami a prestavbami. Za svoj dnešný vzhľad vďačí posledným majiteľom, Pálfiovcom. V roku 1800 vyhorel a bol veľmi poškodený. Posledná a najvýznamnejšia komplexná obnova hradu sa uskutočnila v rokoch 1953 – 1968. Interiér budov sa zachoval z čias gotiky, renesancie a romantizmu. Najzachovalejší je interiér kaplnky so zariadením z roku 1752.

Horná časť hradu je pomerne dobre zachovaná a leží na vápencovom brale cca 112 m nad riekou Orava. Bralo tvoria rôzne druhy vápencov (hľuznaté, rádiolóriové, kremité) jurského veku. Objekty v spodnej časti hradu boli postavené na zvetraných slienitých vápencoch a slieňovcoch a na viacerých miestach sú porušené puklinami a trhlinami. Horniny hradného brala reprezentujú podbielsku sukcesiu bradlového pásma (Gross et al., 1994).

Dilatometer TM-71 staršieho typu (nemeria rotáciu blokov) bol nainštalovaný v spodnej časti hradu (obr. 19), presnejšie v hrubom obvodovom múre objektu stojaceho na tektonickej poruche prebiehajúcej v skalnom podloží, v roku 1983.

Lokalita je monitorovaná v spolupráci s pracovníkmi *Ústavu struktury a mechaniky hornin Akademie věd ČR* v Prahe, ktorí prístroj inštalovali. Za viac než 28 rokov boli



Obr. 15. Graf posunu travertínových blokov pozdĺž osí *x*, *y* a *z* zaznamenaný dilatometrom TM-71-2.

Fig. 15. Diagram of travertine block displacements along axes *x*, *y* and *z* detected by the TM-71-2 extensometer.



Obr. 16. Stanovište dilatometra TM-71-2 pod Perúnovou skalou: prístroj pred odstrelom balvana (1) v roku 2000 (vľavo), situácia po odinštalovaní prístroja, následnom odstrele a rozpade balvana na menšie kusy (3 a 4).

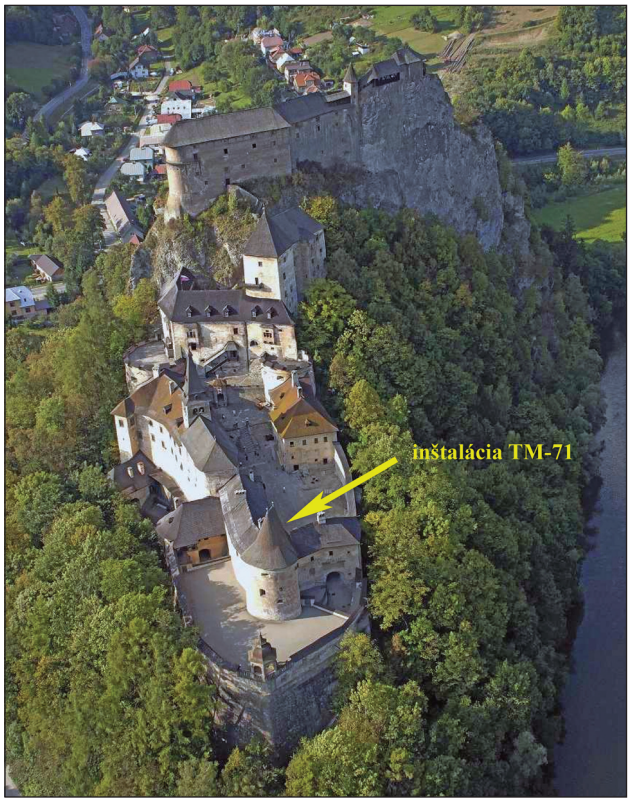
Fig. 16. The TM-71-2 site located beneath the Perun´s rock: extensometer before blasting of boulder (1) in 2000 (left), situation after the extensometer removal and boulder falling to smaller pieces (3 and 4).

údaje z prístroja odčítavané 1 – 6 x ročne. Získané výsledky preukázali, že posuny na meranej trhline nepresiahli 3 mm (obr. 20). Z obrázku je zrejmé, že s výnimkou začiatku roka 2003, keď nastal výrazný posun vo všetkých 3 osiach, a to v rozsahu 0,35 – 0,87 mm, sa porušovanie podzákladia a obvodového muriva minimalizovalo. Napriek malému poklesávaniu (od roku 1995) a šmykovému pohybu (1995 až 2003) možno považovať sanačné práce realizované



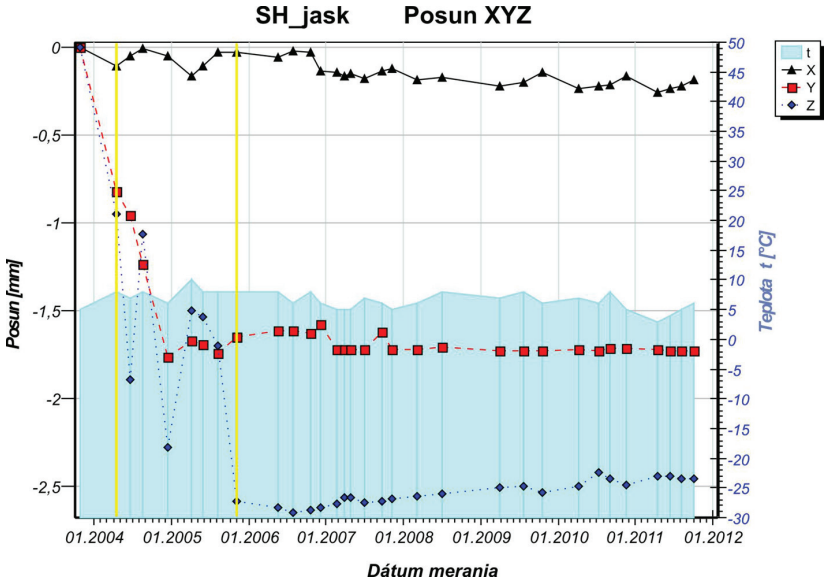
Obr. 17. Vchod do Puklinovej jaskyne (TM-71-jaskyňa je nainštalovaný vnútri jaskyne).

Fig. 17. Entrance to the Puklinová cave (TM-71-jaskyňa is installed inside the cave).



Obr. 19. Pozícia dilatometra TM-71 (starý typ) na Oravskom hrade.

Fig. 19. Location of the TM-71 extensometer (old type) at the Orava Castle.



Obr. 18. Graf posunu travertínových blokov pozdĺž osí *x*, *y* a *z* zaznamenaný dilatometrom TM-71-jaskyňa.

Fig. 18. Diagram of travertine block displacements along axes *x*, *y* and *z* detected by the TM-71-jaskyňa extensometer.

v roku 1995 za účinné. Na stabilizáciu podložia boli použité mikropilóty a kotvy. Hlavné výsledky sanácie hradného brala publikovali Košťák a Sikora (2000). Tri merania v roku 2011 potvrdili len nepatrný pokles (0,027 mm) oproti predošlému roku. Trend pomalého poklesávania jedného z monitorovaných blokov, ktorý sa v roku 2003 zmiernil, je evidentný. Celkový pokles od roku 2003 dosiahol 0,36 mm. Posuny v ďalších 2 smeroch (osi *x* a *y*) sú zanedbateľné.

Lokalita Strečno

Hrad Strečno sa nachádza na severnom okraji Malej Fatry (JJV od Žiliny), presnejšie na 103 m vysokom skalnom brale nad riekou Váh. Pôvodná stavba sa datuje do 13. – 14. storočia. V 17. storočí vojská kráľa Leopolda I. strhli časť vonkajších obranných múrov a niekoľko budov. Od tohto obdobia bol hrad opustený, chátral a postupne sa stával zrúcaninou. Ruiny hradu boli zakonzervované v rokoch 1978 – 1994. V súčasnosti patrí k našim najlepšie zachovaným historickým pamiatkam.

Z geologického hľadiska je hradný vrch súčasťou chočského príkrovu (hronika), ktorý je tu litologicky zastúpený rôznymi druhmi karbonátových hornín, predovšetkým gutensteinskými vápencami a vápencami s vložkami dolomitických vápencov a dolomitov (Rakús et al., 1988). Vysoký stupeň gravitačného rozvoľnenia je dôsledkom porušenia hornín v podloží hradu viacerými zlomami a puklinovými systémami, ako aj intenzívneho zvetrávania. Predovšetkým objekty vo východnej časti hradu boli postavené na silno tektonicky a zvetrávaním porušených dolomitových blokoch, ktoré majú miestami charakter previsu. Tieto miesta predstavujú potenciálne riziko zrútenia hradných objektov alebo ich častí. Jedným z najnebezpečnejších je skalné bralo (previs) pod kaplnkou v najvýchodnejšej časti hradu, pod ktorým vedie frekventovaná cesta I. triedy spájajúca Žilinu s Martinom (obr. 21). Práve do trhliny za ním bol v roku

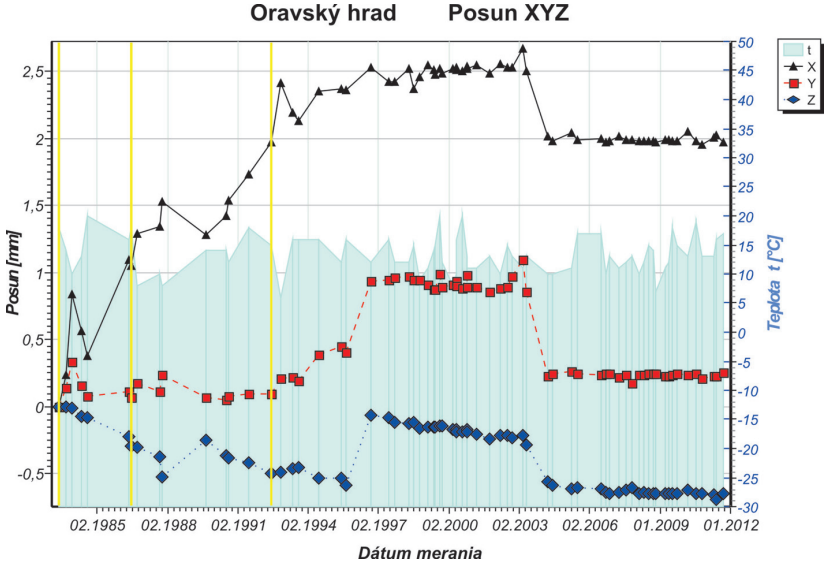


Obr. 21. Pozícia dilatometra TM-71 v trhline pod kaplnkou hradu Strečno.

Fig. 21. Location of the TM-71 extensometer inside the crack beneath the chapel at the Strečno Castle.

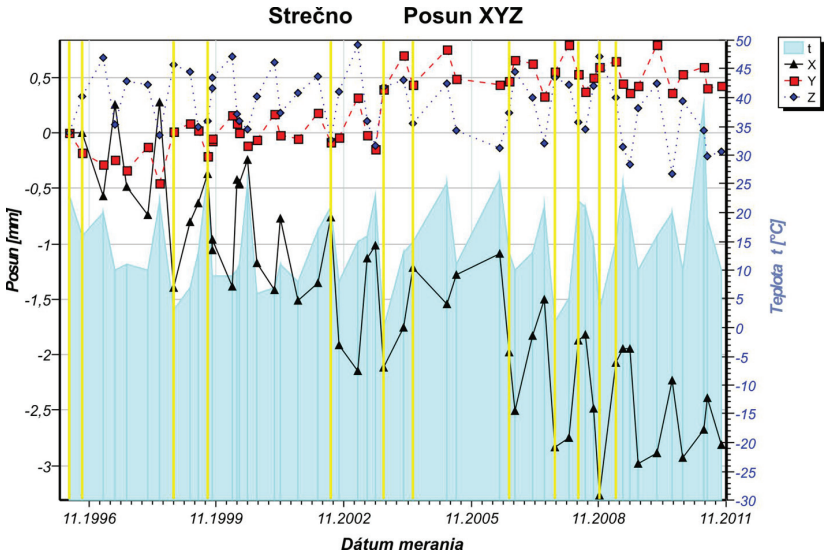
1996 nainštalovaný dilatometer TM-71. Hlavným cieľom monitoringu bolo zistenie dlhodobej účinnosti starších sanačných opatrení, resp. vývoja deformácií okrajového bloku ohraničeného trhlinou.

Výsledky monitorovania do roku 2011 preukázali jasný trend progresívneho rozširovania trhliny, t. j. pohyb v smere osi *x* (obr. 22). Napriek kolísaniu hodnôt spôsobenému sezónnymi zmenami teploty celkové otvorenie trhliny dosiahlo 2,82 mm (prepočítaná stredná hodnota), čo predstavuje priemerný ročný posun 0,18 mm. Toto zistenie naznačuje, že účinnosť kotiev spevňujúcich skalný previs sa od ich realizácie znížila do takej miery, že nestačia prenášať napätia vyvolávané jeho tiažou. Celkový pokles skalného bloku dosiahol 0,17 mm. Hoci je pokles minimálny, je zreteľný (obr. 22). Posun v smere osi *y* (šmykový pohyb pozdĺž trhliny) je zanedbateľný.



Obr. 20. Graf posunu blokov pozdĺž osí *x*, *y* a *z* zaznamenaný dilatometrom TM-71 na Oravskom hrade.

Fig. 20. Diagram of block displacements along axes *x*, *y* and *z* detected by the TM-71 installed at the Orava Castle.



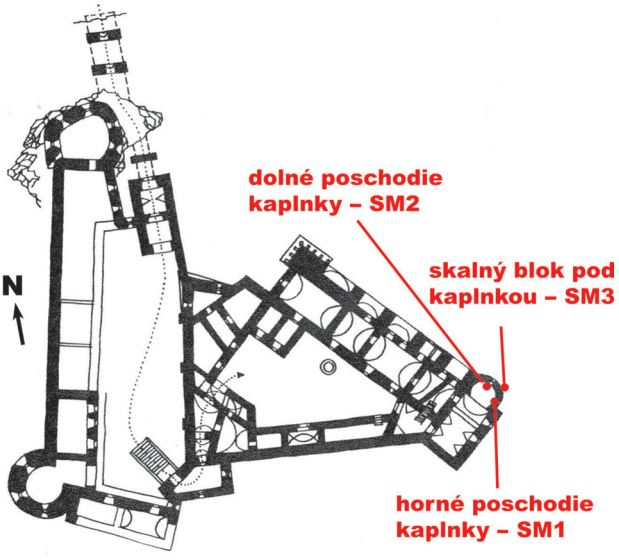
Obr. 22. Graf posunu blokov pozdĺž osí *x*, *y* a *z* zaznamenaný dilatometrom TM-71 na hrade Strečno.

Fig. 22. Diagram of block displacements along axes *x*, *y* and *z* detected by the TM-71 installed at the Strečno Castle.

Lokalita Uhrovec

Ruina hradu sa nachádza neďaleko Uhrovského Podhradia (Strážovská vrchovina) na brale v nadmorskej výške 591 m. Hrad bol postavený v polovici 13. storočia. Neskororománska pevnosť onedlho prešla do rúk Matúša Čáka, neskôr ju vlastnili napríklad Žigmund Luxemburský, Ctibor zo Ctiboríc alebo rod Zaiovcov. Po odsťahovaní majiteľov do iných kaštieľov význam hradu upadal a hrad začal chátrať.

Hradný vrch ohraničujú zo severu, severovýchodu a východu skalné steny vysoké 2 – 15 m s veľmi strmým sklonom. Lokálne sa vyskytujú previsy, zvislé steny, ale aj skalné veže a bloky s náznakmi nakláňania a oddeľovania od masívu (skalné bralo pod kaplnkou). Podložie hradu aj celý hradný vrch je budovaný mezozoickými (stredný trias) dolomitmi a brekciovitými dolomitmi svetlosivej farby. Skalné podložie je porušené viacerými zlomami a puklinovými systémami, medzi ktorými prevládajú smery VSV – ZJZ (sklon na SSZ), SSV – JJZ (sklon na ZSZ) a S – J až SSV – JJZ (sklon na Z až ZSZ) (Holzer a Letko, 1993). Mnohé pukliny sú geneticky späté so zónou uvoľňovania napätí súvisiacou so zdvihom masívu, resp. vznikli v dôsledku spolupôsobenia erózie a gravitačného rozpadu blokov.



Obr. 23. Pozícia stanovíšť dilatometrov SM1 – SM3 na hrade Uhrovec.

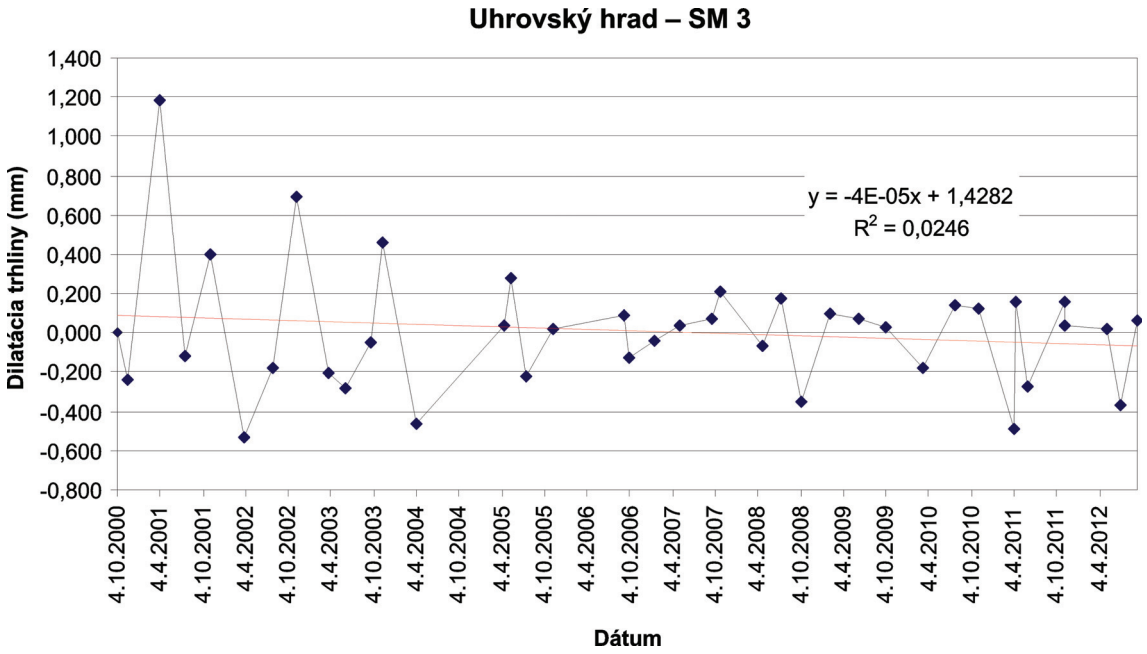
Fig. 23. Locations of the extensometers SM1 – SM3 at the Uhrovec castle.

V roku 2000 boli na hrade zriadené tri stanovištia dilatometrov typu SOMET (SM1 – SM3). Všetky sú situované pozdĺž zvislej pukliny, ktorá vedie cez Románsku kaplnku až do jej podzákladia (obr. 23). Stanovište dilatometra SM1 je umiestnené na hornom poschodí hradnej kaplnky. V rokoch 2001 – 2004 bolo nedostupné v dôsledku zrútenia hradného múru. Pevné body dilatometra SM2 sú umiestnené v interiéri kaplnky, dilatometra SM3 na brale pod kaplnkou.

Merania na všetkých troch stanovištiach potvrdzujú pomalé zatváranie trhliny a jej spojitosť s kaplnkou. Najvyššia hodnota posunu (0,157 mm) bola zaznamenaná na stanovišti SM3 (obr. 24).

Lokalita Pajštún

Hrad sa nachádza v juhozápadnej časti Malých Karpát. V minulosti patril do sústavy pohraničných hradov, ktoré od 13. storočia plnili funkciu ochrany severozápadných hraníc uhorského štátu. Hradná skala má tvar šošovky a tvoria ju borinské vápence spodnojurského veku, ktoré boli zaradené do borinskej sukcesie tatrika (Polák et al., 2011). Tie majú vyššiu odolnosť voči zvetrávaniu ako okolité vrstevnaté pieskovce striedajúce sa s ílovitými bridlicami. V dôsledku toho masív vystupuje z okolitého mierne zvlneného reliéfu. Južná, východná a čiastočne

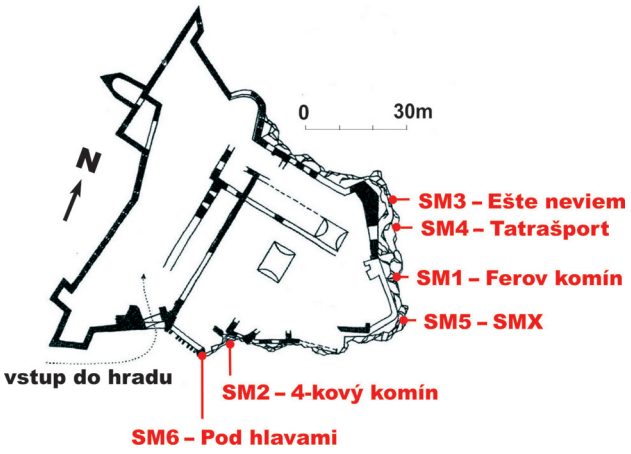


Obr. 24. Diagram posunov zistených dilatometrom SM3 v trhline pod kaplnkou na hrade Uhrovec.

Fig. 24. Diagram of displacements detected by the extensometer SM3 inside the crack beneath the chapel of the Uhrovec Castle.

aj severná stena masívu hradnej skaly má strmý sklon (40° – 50°), miestami sa vyskytujú previsy. Horninový masív je porušený viacerými dislokačnými systémami (zlomami, trhlinami/puklinami), medzi ktorými dominujú dva s protiklonnou orientáciou VSV – ZJZ a SSZ – JJV so strmým sklonom (80° – 89°). Vo východnej časti masívu sa vplyvom ťahových napätí vytvorili optimálne podmienky na vznik pomalých, podpovrchových svahových deformácií, predovšetkým na gravitačné rozvoľnenie svahov a odvalové rútenie (Vlčko et al., 1997).

V tejto lokalite bolo zriadených 6 monitorovacích stanovíšť (obr. 25), tri v roku 2003 a tri v roku 2004.



Obr. 25. Pozícia stanovíšť dilatometrov SM1 – SM6 na hrade Pajštún.

Fig. 25. Locations of the extensometers SM1 – SM6 at the Pajštún Castle.

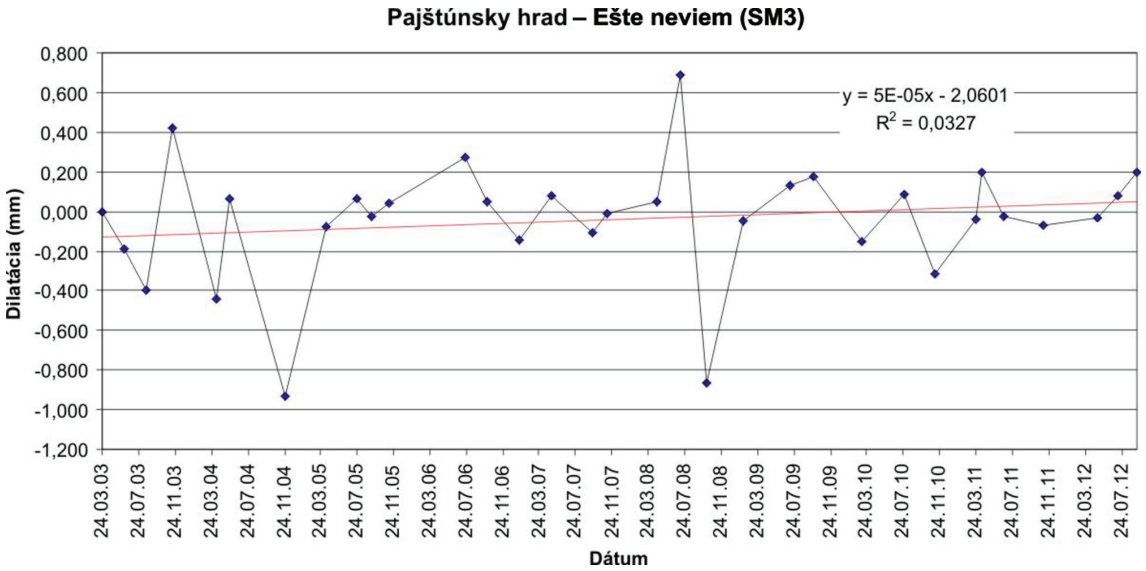
Na všetkých stanovištiach sa prejavuje výrazná oscilácia pohybov, ktoré pravdepodobne odrážajú extrémne teplotné alebo zrážkové výkyvy. Interval maximálnych hodnôt posunov sa pohyboval v rozmedzí 0,42 – 0,95 mm. Trendy pohybov v troch prípadoch potvrdili pozvoľné otváranie trhliny (SM2 – SM4), v troch jej zatváranie (SM1, SM5, SM6). Najvýraznejší trend rozširovania trhliny je dokumentovaný na stanovišti SM3, kde celkový pohyb dosiahol 0,266 mm (obr. 26).

Lokalita Plavecký hrad

Plavecký hrad patrí svojou architektúrou medzi najlepšie zachované hrady v oblasti Malých Karpát. Zrúcanina sa nachádza na západnom úpätí pohoria nad obcou Plavecké Podhradie. Bralo, na ktorom je hrad postavený, tvorí výraznú dominantu okrajovej časti pohoria na jeho styku s Borskou nížinou. Prevýšenie brala dosahuje oproti nížine 170 – 180 m.

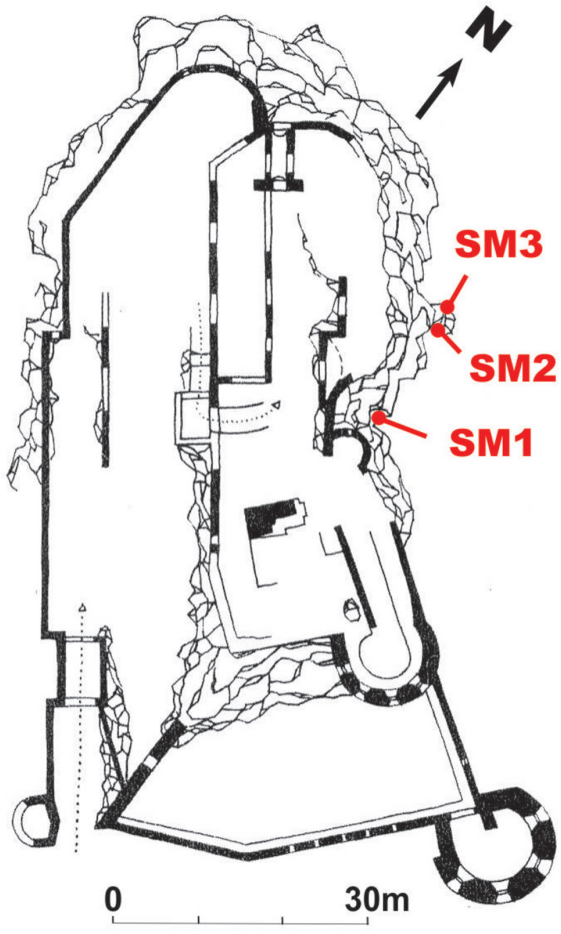
Hrad vznikol ako kráľovská pohraničná pevnosť v rokoch 1256 – 1273. Vlastnil ho i Ctibor zo Ctiboríc, neskôr grófi zo Sv. Jura a Pezinka, Szerédyovci, Salmovci, Fugerovci a Balasovci. Od roku 1641 až do 20. storočia boli pánmi hradu Pálfiovci. V roku 1707 hrad počas troch dní ostreľovalo cisárske vojsko v boji proti kuruckým povstalcom, čím zničilo jeho 450-ročnú slávu.

Hradný vrch je zo severnej, severovýchodnej a východnej strany ohraničený skalnými stenami výšky 25 – 40 m s priemerným sklonom 70° – 80°. Miestami sú steny vertikálne. Horninový masív hradnej skaly je intenzívne porušený systémom tektonických línií, puklín a gravitačných trhlín s rozdielnym hĺbkovým a priestorovým dosahom. Najvýraznejší systém tektonických diskontinuít



Obr. 26. Diagram posunov zistených dilatometrom SM3 v trhline nazvanej Ešte neviem (hrad Pajštún).

Fig. 26. Diagram of displacements detected by the extensometer SM3 inside the crack named Ešte neviem at the Pajštún Castle.



Obr. 27. Pozícia stanovíšť dilatometrov SM1 – SM3 na Plaveckom hrade.

Fig. 27. Locations of the extensometers SM1 – SM3 at the Plavecký Castle.

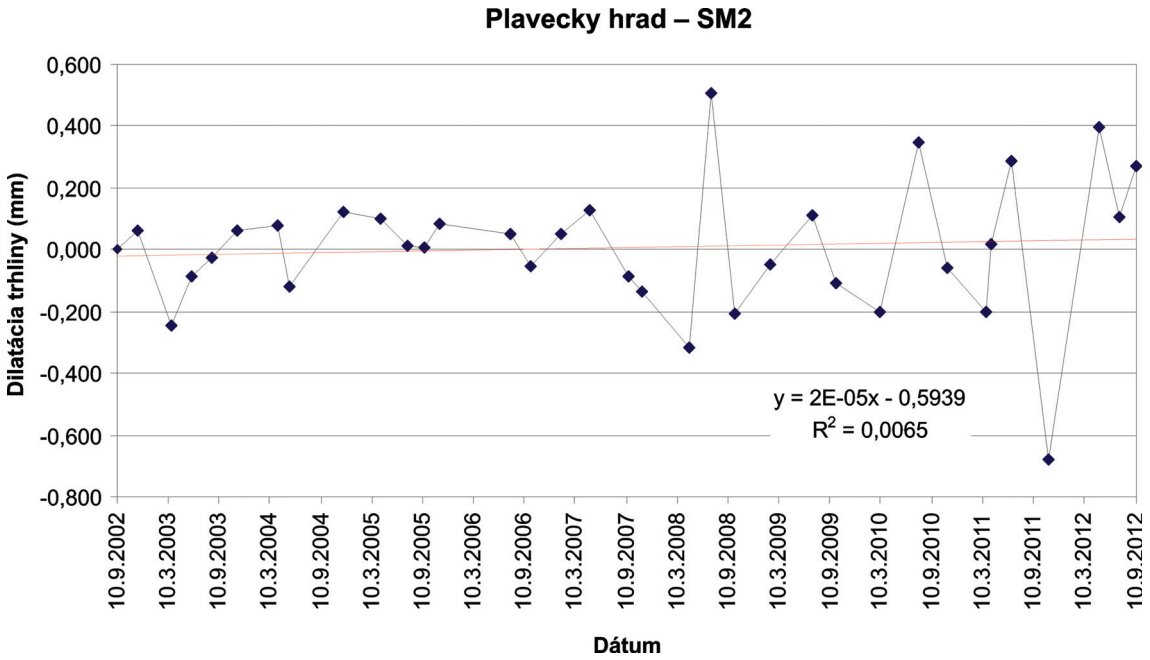
má orientáciu VSV – ZJZ s hodnotami smeru sklonu 160° – 180°, resp. 310° – 350°, a sklonom 65° – 85° na JV, resp. SZ. Litologicky sú tu zastúpené prevažne svetlé wettersteinské vápence a wettersteinské dolomity hronika (Polák et al., 2011).

Vznik pomalých, podpovrchových svahových deformácií, predovšetkým rozvoľňovania svahov a odvalového rútenia, bol podmienený priaznivým geologicko-geomorfologickým vývojom a štruktúrno-geologickou stavbou územia v okolí Plaveckého hradu (Vlčko et al., 1994).

V roku 2002 boli na vybratých ťahových trhlinách na hrade zriadené dve monitorovacie stanovištia, v roku 2004 tretie (obr. 27). Vo všetkých troch prípadoch sa meraniami potvrdil trend slabého rozširovania monitorovaných trhlín. Oscilácia pohybov odráža kolísanie teplôt. Výrazné pohyby sa často vyskytujú v prechodných ročných obdobiach, t. j. na jeseň a na jar. Maximálne rozšírenie monitorovanej trhliny (0,054 mm) bolo zistené na stanovišti SM2 (obr. 28).

Lokalita Trenčiansky hrad

Trenčiansky hrad leží na juhozápade Strážovských vrchov, ktoré patria k jedným z najrozsiahlejších, morfoštruktúrne najpestrejších jadrových pohorí Západných Karpát. Jeho história siaha do obdobia Rímskeho impéria, o čom svedčí nápis na hradnej skale z roku 179 n. l.. Dnešný hrad vznikol zrejme na mieste pôvodného hradiska ešte v čase Veľkomoravskej ríše. Koncom 13. storočia sa vlastníkom hradu stal palatín Matúš Čák. Z ďalších významných majiteľov hradu treba spomenúť napríklad kráľa Ľudovíta z Anjou, manželku Žigmunda Luxemburského Barboru a Štefana Zápoľského. V priebehu histórie hrad podliehal postupne rozširovaniu a prestavbám už existujúcich objektov, čím sa menil aj ich architektonický štýl. V polovici 16. storočia patril hrad

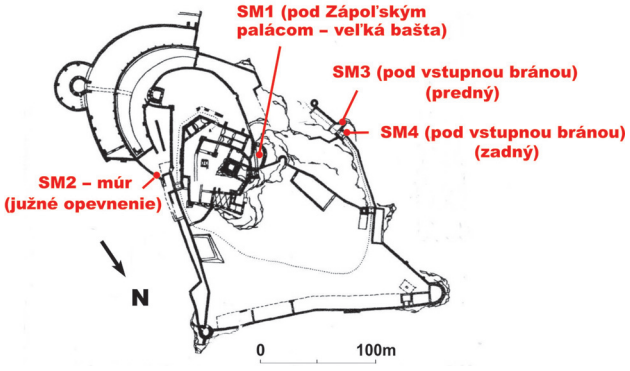


Obr. 28. Diagram posunov zistených dilatometrom SM2 na Plaveckom hrade.

Fig. 28. Diagram of displacements detected by the extensometer SM2 at the Plavecký hrad.

k najrozsiahlejším európskym hradom. V roku 1790 bol poškodený rozsiahlym požiarom. Konzerváciou v polovici 19. storočia sa predišlo rozpadu niektorých objektov hradu. Od konca 50. rokov minulého storočia sa uskutočňuje komplexná obnova hradu a konzervácia jeho opevnenia.

V marci roku 2003 sa zrútila 15 m vysoká a 20 m široká časť múra vonkajšieho opevnenia na západnej strane hradu. Z hlavných prirodzených príčin treba uviesť zvetrávanie hornín v podloží, vplyv podzemnej vody a klimatické faktory (zamŕzanie a rozmŕzanie vody v horninách a v murive). Z antropogénnych faktorov sú to najmä nevhodný spôsob povrchového odvodnenia hradu a nevhodná rekonštrukcia vonkajších múrov v minulosti. Po nákladnej sanácii zrúteného múra sa v roku 2011 začala



Obr. 29. Pozícia stanovíšť dilatometrov SM1 – SM4 na Trenčianskom hrade.

Fig. 29. Locations of the extensometers SM1 – SM4 at the Trenčín Castle.

rozsiahla rekonštrukcia objektu Kasární s plánovaným rozpočtom takmer 2,5 mil. eur.

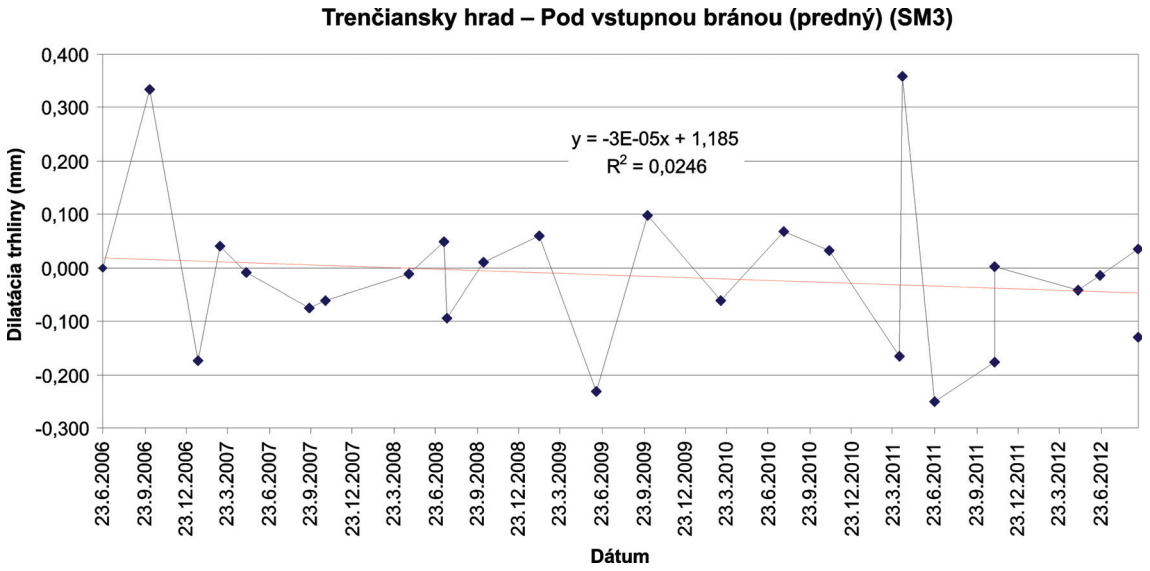
Hradné bralo tvorí troska chočského príkrovu spočívajúca na plastickom podloží krížňanského príkrovu. V areáli Trenčianskeho hradu sa nachádzajú strednotriasové (ladin) lavicovité až doskovité reiflingské hľuznaté vápence bielovážskej sekvencie chočského príkrovu. Dolomity stredného triasu chočského príkrovu sa nachádzajú len v širšom okolí hradnej skaly. Bázu hradného vrchu, aj predkvartérne podložie údolia Váhu, budujú horniny pestrej pieskovcovo-slieňovcovo-vápencovej formácie krížňanského príkrovu. Geologická stavba a morfologická pozícia hradného vrchu podmienili vznik a rozvoj viacerých geodynamických procesov, predovšetkým svahových pohybov.

Na hrade boli v roku 2006 na štyroch vybratých trhlinách (obr. 29) osadené meracie body na meranie pohybov dilatometrom typu SOMET (SM1 – SM4). Pohybové tendencie lineárneho charakteru na trhlinách stanovíšť pod Zápoľského palácom (SM1), múr – južné opevnenie (SM2) a pod vstupnou bránou (zadný – SM4) vypovedajú o stabilite týchto parciálnych častí horninového masívu. Namerané údaje na trhline stanovišťa pod vstupnou bránou (predný – SM3) svojím rozsahom naznačujú, že sa trhlina veľmi pomaly uzatvára. Celková hodnota posunu dosiahla 0,067 mm (obr. 30).

Zhodnotenie výsledkov monitoringu

Výsledky dlhodobého monitorovania stability podložia vybratých historických objektov na území Slovenska dvoma typmi dilatometrov možno zhrnúť do nasledujúcich bodov:

1. Výsledky potvrdzujú, že dilatometre typu TM-71 je možné používať nielen na meranie pomalých



Obr. 30. Diagram posunov zistených dilatometrom SM3 (Pod vstupnou bránou – predný) na Trenčianskom hrade.

Fig. 30. Diagram of displacements detected by the extensometer SM3 (Pod vstupnou bránou – predný) at the Trenčín Castle.

plazivých pohybov (svahových deformácií typu plazenia) a mikroposunov pozdĺž aktívnych tektonických porúch (napr. Petro et al., 2004), ale aj posunov horninových blokov v podzákladí historických objektov a vzájomných posunov porušených častí týchto objektov. Dilatometre sú schopné zaznamenávať 3D posun s presnosťou ≤ 0,01 mm vo všetkých troch osiach a rotácie v dvoch na seba kolmých rovinách s presnosťou ≤ 0,01 gr. Vďaka použitým konštrukčným materiálom (Al, Cu, Cr, sklo) sa vyznačujú dlhodobou odolnosťou voči poveternostným vplyvom a sú nenáročné na obsluhu.

2. Tyčový dilatomer typu SOMET sa na území SR používa na monitorovanie porúch na historických objektoch a v ich podloží od roku 2000. Doterajšie skúsenosti potvrdzujú, že napriek jeho jednoduchosti a možnosti merať väčšinou iba jednoosový pohyb, je dilatometer vhodným doplnkom 3D meraní realizovaných dilatometrom typu TM-71. Jeho výhodou je vysoká presnosť (≤ 0,01 mm), jednoduchosť a cenová dostupnosť. Najväčšou nevýhodou je mimoriadna citlivosť na nesprávne ciachovanie pomocou invarovej tyče a prítlak na monitorovacie body pri meraní, najmä v prípade, ak merania v jednej lokalite vykonávajú rôzne osoby.

3. Výsledky meraní vo viacerých lokalitách potvrdili výraznú aktivitu, t. j. posuny pozdĺž monitorovanej trhliny v podloží historických objektov alebo v samotných objektoch. V prípade Spišského hradu (obr. 6, 9, 10, 12, 14) a Strečna (obr. 22) sú zreteľné výrazné trendy rozširovania (zužovania) trhlín a poklesu blokov. Hodnoty posunu travertínových blokov v prípade Spišského hradu sú mm a cm rádu (obr. 6, 9 a 10), v prípade Strečna mm rádu (obr. 22). Nakláňanie a šikmý pokles Perúnovej skaly a skalného previsu nad cestou na hrade Strečno si dokonca akútne vyžadujú návrh sanačných opatrení.

4. Merania v niektorých monitorovaných lokalitách bolo potrebné ukončiť z viacerých dôvodov (tab. 1 a 2). V prípade lokalít Skalka nad Váhom a Lietava boli merania skončené aj v dôsledku minimálnej pohybovej aktivity, resp. aktivita nebola potvrdená. V iných lokalitách (Lietavský hrad, Spišský hrad – TM-71-P3, TM-71-3, TM-71-4, TM-71-5, TM-71-6) došlo k zničeniu dilatometrov do takej miery, že v meraniach nebolo možné pokračovať. Ďalším dôvodom skončenia monitoringu boli technické príčiny (Skalka nad Váhom, Kostoľany pod Tribečom, Čachtice, Devín).

5. Na zvýšenie presnosti a spoľahlivosti interpretácie nameraných údajov treba v prípade dilatometra TM-71 v budúcom období zabezpečiť zvýšenie frekvencie meraní (odčítaní) na 4 za rok. Takýto počet meraní odporúča aj konštruktér tohto prístroja (B. Košťák).

Záver

Získané výsledky meraní z monitorovaných lokalít preukázali opodstatnenosť riešenia stanovenej výskumnej úlohy. V ďalšom období bude potrebné konfrontovať výsledky meraní dilatometrami TM-71 s väčším počtom meraní získaných prenosným meradlom SOMET, využiť výsledky dlhodobých meraní na modelovanie kinematiky sledovaných geologických procesov a posúdiť prognózu ich vývoja vzhľadom na zabezpečenie stability historických objektov. Trvalou úlohou riešiteľov projektu je integrovať do monitorovacieho systému aj ďalšie významné historické objekty, ktoré sú postihnuté pomalými svahovými deformáciami.

Poďakovanie. Článok prezentuje výsledky projektu Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 207 Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory. Autori ďakujú recenzentovi doc. RNDr. Petrovi Wagnerovi, CSc., za postrehy a námety, ktoré prispeli k vylepšeniu pôvodného manuskriptu.

References

Fussgänger, E., 1985: Poznatky z terénneho výskumu plazivých svahových pohybov travertínových blokov na Spišskom hrade. *Miner. Slov., 17, 15 – 24.*

Gross, P. (ed.), Filo, I., Halouzka, R., Haško, M., Havrila, M., Kováč, P., Maglay, J., Mello, J. & Nagy, A., 1994: Geologická mapa južnej a východnej Oravy 1 : 50 000. *Vyd. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.*

Gross, P. (ed.), Buček, S., Ďurkovič, T., Filo, I., Karoli, S., Maglay, J., Nagy, A., Halouzka, R., Spišák, Z., Žec, B., Vozár, J., Borza, V., Lukáčik, E., Mello, J., Polák, M. & Janočko, J., 1999: Geologická mapa Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny 1 : 50 000. *Vyd. Geol. Úst. D. Štúra a MŽP SR, Bratislava.*

Holzer, R. & Letko, V., 1993: Uhrovský hrad. Čiastková záverečná správa. *In: Vlčko, J. et al. (ed.), 1998: Inžinierskogeologická pasportizácia vybraných historických objektov. MŽP SR – KIG PriF UK, Bratislava.*

Jánová, V., Mesarčík, I. & Bím, M., 2009: Stav horninového prostredia a jeho ochrana. *Enviromagazín, 1, 16 – 18.*

Jezný, M., Vlčko, J. & Hvožďara, M., 2007: Teplota ako faktor štruktúrneho oslabovania horninových masívov. *Geotechnika, 10, 8 – 15.*

Košťák, B., 1969: A new device for in-situ movement detection and measurement. *Experimental Mechanics, 9, 8, Easton, Pa., 374 – 379.*

Košťák, B., 1991: Combined indicator using moiré technique. *In: Sorum, G. (ed.): Field measurements in geomechanics. Proc. 3rd Int. Symp., Oslo, A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 53 – 60.*

Košťák, B. & Sikora, J., 2000: Ověření účinnosti sanačních opatření na Oravském hradě. *Geotechnika, 3, 8 – 10.*

Malgot, J., Baliak, F. & Sikora, J., 1988: Engineering geological causes of failure on the middleage castles in Slovakia and the methods of their geotechnical stabilization. *In: Marinos, P. & Koukis, G. (eds.): Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites. Proc. Int. Symp., Athens, 1, 83 – 92.*

Malgot, J., Baliak, J., Bartók, J. & Vlčko, J., 1992: Inžinierskogeologický prieskum a geotechnické opatrenia Spišského hradu. *In: Zbor. Zakládaní staveb, ČSVTS Brno, 11 – 17.*

Polák, M., Plašienka, D., Kohút, M., Putiš, M., Bezák, V., Filo, I., Olšavský, M., Havrila, M., Buček, S., Maglay, J., Elečko, M., Fordinál, K., Nagy, A., Hraško, Ľ., Németh, Z., Ivanička, J. & Broska, I., 2011: Geologická mapa Malých Karpát v mierke 1 : 50 000. *Vyd. MŽP SR a Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava.*

Rakús, M. (ed.), Elečko, M., Gašparík, J., Gorek, J., Halouzka, R., Havrila, M., Horniš, J., Kohút, M., Kysela, J., Miko, O., Pristaš, J., Pulec, M., Vozár, J., Vozárová, A. & Wunder, D., 1988: Geologická mapa Lúčanskej Malej Fatry 1 : 50 000. *Vyd. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.*

Stercz, M., 2004: SMDilat – aplikácia na vyhodnocovanie meraní dilatometrom TM-71 programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows (+ MS Windows XP).

Vlčko, J., 2001: Engineering Geological Problems Related to Preservation of UNESCO Sites in Slovakia. *In: Sassa, K. (ed.): Landslide Risk Mitigation and Protection of Cultural and Natural Heritage. Proc. UNESCO/IGCP Symposium, Tokyo, 35 – 48.*

Vlčko, J., 2004: Extremely slow slope movements influencing the stability of Spiš Castle, UNESCO site. *Landslides, 1, 67 – 71.*

Vlčko, J. et al., 1994: Plavecký hrad. Čiastková záverečná správa. *In: Vlčko, J. et al. (ed.), 1998: Inžinierskogeologická pasportizácia vybraných historických objektov. MŽP SR – KIG PriF UK, Bratislava.*

Vlčko, J., Hyánková, A., Matys, M., Mišík, M. & Szabo, Š., 1997: Hrad Pajštún. Čiastková záverečná správa. *In: Vlčko, J. et al. (ed.), 1998: Inžinierskogeologická pasportizácia vybraných historických objektov. MŽP SR – KIG PriF UK, Bratislava.*

Vlčko, J., Petro, Ľ. & Košťák, B., 1998: Monitoring svahových pohybov na Spišskom hrade. *In: Wagner, P. & Durmeková, T. (eds.): Geológia a životné prostredie. Zbor. ved. prác z 1. slov. konf., GS SR, Bratislava, 102 – 104.*

Vlčko, J. & Petro, Ľ., 2002: Monitoring of subgrade movements beneath historic structures. *In: van Roy, J. L. & Jermy, C. A. (eds.): Proc. of 9th Int. Congress IAEG, Durban, South Africa, (CD-ROM), 1 432 – 1 437.*

Vlčko, J., Petro, Ľ., Bašková, L. & Polaščinová, E., 2002: Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi. *Geol. Práce, Spr., 106, 89 – 96.*

Vlčko, J., Greif, V., Holzer, R., Henčelová, L. & Jezný, M., 2007: Rock Deformation Monitoring at Cultural Heritage Sites in Slovakia. *In: Sassa, K., Fukuoka, H., Wang, F. & Wang, G. (eds.): Progress in Landslide Science. Publ. Berlin, Springer, 261 – 273.*

Rukopis doručený 30. 12. 2012
Revidovaná verzia doručená 3. 1. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Stability of selected historical objects in Slovakia: Monitoring results

Protection of historical monuments at the national and international levels is recently getting wide attention from local and international bodies. Reconstruction and remedial works resulted from engineering geological survey and monitoring represent one way of reducing negative effects of geological hazards (e.g. slope movements, weathering, karst and tectonic failures). Disintegration of subgrade very often leads to failures, in some cases even to collapse of historical structures.

Application of monitoring techniques in the field of protection of historical structures started in Slovakia by the end of the 1970s and/or in the early 1980s at Spiš Castle, which is one of the largest fortified medieval monuments in Europe. Since 1993 this castle belongs to World Cultural Heritage (UNESCO), similarly as Orava Castle. The monitoring net at the Spiš Castle was updated by creating the 6 new monitoring sites in the frame of the project entitled "Research of geological factors of the environment – engineering geological research for optimal use and protection of the environment" in 1992. Monitoring net in Slovakia was widely extended by establishing of new monitoring locations at selected historical monuments in 1993. Within the project entitled "Partial monitoring system of geological factors of the environment in Slovakia – stability of the rock massifs under historic structures", financed from the budget of the Ministry of the Environment of the Slovak Republic, the monitoring activity started at medieval monastery at Skalka nad Váhom (since 1995/2000 – see

Tab. 1), Lietava and Strečno Castles (2000), Spiš Castle (1997/2000/2003), Kostoľany pod Tribečom Church (2000), Uhrovec Castle (2000), Plavecký Castle (2002), Pajštún and Čachtice Castles (2003), Devín Castle (2004) and Trenčín Castle (2006). Because of different reasons (e.g. damage or destruction of monitoring devices, not prove of any long--term instability), some of these sites have been abandoned and monitoring activities at them had stopped (Fig. 1). Nowadays 7 historical structures are monitored by a couple of different monitoring techniques. A brief characteristic of abandoned monitoring sites as well as results and their interpretation from sites in operation are described.

Two types of measuring devices have been selected for detection of very slow (creep) and long lasting slope movements (especially gravitational loosening, lateral spreading/block sliding) – the mechanical-optical extensometer type TM-71 and the demountable mechanical crack gauge type SOMET. Both types of devices were located inside/across selected fault (crack) planes disturbing the subgrade or upper structure of historic monuments. Accuracy of measurements after the temperature correction is very high and reaches ≤ 0.01 mm (displacements) and ≤ 0.01 gr. (rotations). The TM-71 extensometer constructed by Košťák (1969) is based on the moiré principle and is capable of detecting movements and micro displacements in three dimensions. The changes in the moiré pattern (black and white fringes) represent displacements of footwall and/or hanging wall separated by fault (crack). Data are obtained in three Cartesian coordinates (x – change of crack width, y – slip along the crack and z – subsidence/ uplift footwall or hanging wall). Calculations are made from recorded interference patterns with regard the dilatability of steel bars which fix the extensometer. The SOMET type gauge (analogue or digital) enable us to detect linear or 2D displacements at locations where a great risk of the TM-71 damage exists and where the width of the discontinuity is less than 50 cm, which is usually the smallest crack width for installation the TM-71. The use of both types of devices provides the possibility to compare the data records and to get more reliable results.

A brief review of abandoned monitoring sites, e.g. sites with finished and completed measurements comprising monitoring period, type of extensometer, main reasons of the measurements termination, as well as the way of results dissemination are presented in Tab. 1. Among the most interesting results there belongs 0.23 mm displacement along monitored crack at the Skalka nad Váhom Monastery. Measurements of linear displacements recorded by the SOMET extensometer contributed to successful performing of remedial works at the Devín Castle and Kostoľany pod Tribečom Church.

The most important monitoring site among the all historical monuments represents the Spiš Castle. Results taken by the TM-71 and SOMET extensometers (Tab. 2) confirmed movement activity of travertine blocks at all locations (Figs. 6, 7, 9, 10 – 13, 15 and 18). An average velocity of cracks opening detected by the oldest TM-71 extensometers (31 years monitoring period) reaches 0.359 mm/year. Total displacements along particular axes exceeded in some cases 11 or 14 mm (Figs. 6 and 9).

The TM-71 measurements at Orava Castle started in 1980. The results confirmed the stability of monitored historic structure (Fig. 20) and effectiveness of remedial works carried out in 1995. As the stabilizing measures the micropiles and anchors were applied (Košťák and Sikora, 2000).

Measurements by the TM-71 extensometer at the Strečno Castle started in 1996 and proved an evident trend of extension of the crack below the chapel (Fig. 22). Total value of almost 3 mm indicates the reduction of efficiency of the anchors used for stabilization the rock block (overhang) up to the rate that are not able to transmit the stress induced by its weight.

Results taken by the SOMET crack gauges revealed activity at all monitored sites. Average values of displacements did not exceed value of 0.3 mm up to the end of 2011 (Figs. 7, 11, 13, 24, 26, 28 and 30). Oscillations of movements in diagrams reflect temperature changes.

Results of long-term monitoring of the subgrade stability as well as the historical structures in Slovakia can be summarised as follows:

1. Monitoring results confirmed the suitability of TM-71 extensometers also for detection of very slow and long--term movements of rock blocks along cracks (faults) in the subgrade and/or historical structures with high accuracy (≤ 0.01 mm – displacements; ≤ 0.01 gr. – rotations). Measurements are performed in two perpendicular planes so 3D movement changes can be calculated. Extensometers are very stabile in outdoor conditions and do not need much maintenance.

2. The SOMET extensometers are very simple, cost effective and enable to detect linear or 2D displacements with high accuracy (≤ 0.01 mm). The most disadvantage of crack gauge is its high sensitivity to calibration by invar rod as well as errors due to non-equally applied pressure on measuring points by a person carrying out the measurements.

3. The measurements have confirmed significant displacements along cracks (faults) in subgrade and/or in historical objects at several sites. At Spiš (Figs. 6, 9, 10, 12 and 14) and Strečno (Fig. 22) Castles there are evident trends of extension/compression and subsidence of blocks. Toppling and oblique subsidence of Perún´s Rock (Spiš Castle) and overhang at Strečno Castle need urgent proposal of remedial works.

4. The measurements at some monitoring sites were terminated for several reasons (Tabs. 1 and 2). The main reasons were – very slow movement activity (Skalka nad Váhom Monastery and Lietava Castle), destruction of the TM-71 extensometers (Lietava Castle and some locations at Spiš Castle) and technical problems (Skalka nad Váhom Monastery, Kostoľany pod Tribečom Church, Čachtice and Trenčín Castles).

5. To get more precise and reliable interpretations of monitoring data it is necessary to increase the frequency of measurements by the TM-71 at least up to 4/year. The same frequency is recommended also by B. Košťák as the constructor of the TM-71 extensometer.

Monitoring results from all historical sites proved the justness of the solution of this geological survey. In the future it will be necessary to correlate results taken by both types of extensometers, use results from long term measurements for modelling the kinematics of block movements and to evaluate the prognosis of their development from the point of stability of historical objects. Project and sub-project managers will try to incorporate to the monitoring net also other significant historical monuments in Slovakia in the near future.

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 423 – 442
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Monitorovanie riečnych sedimentov na Slovensku

JOZEF KORDÍK, IGOR SLANINKA a DUŠAN BODIŠ

Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Monitoring of stream sediments in Slovakia

Paper presents results of the stream sediment monitoring program in the Slovak Republic implemented from 1996. The monitoring has been established within the framework of the project "Partial Monitoring System – Geological Factors", aiming to obtain background information on abiotic component of natural environment. Stream sediment monitoring is carried out yearly on a national network of 48 locations throughout Slovakia. Natural geological conditions govern the origin of elements with the very stable contents. On the other hand, a high spatial and temporal variability of element concentrations is usually put down to both natural geological conditions and/or anthropogenic contamination. Contamination pattern of monitored stream sediments does not vary significantly within 16 years monitoring period. Good stream sediment quality and rare presence of pollutants are typical for the most of the main Slovak rivers. Anomalies with contaminated sites have been observed in Štiavnica, Hnilec and Hornád river basins. They are partly caused by natural background conditions (occurrence of ore deposits), where migration of contaminants into sediments is forced due to intensive mining and industrial activities in the past. Very serious anthropogenic pollution permanently occurs in the Nitra river basin.

Key words: stream sediment, quality, chemical composition, monitoring, Slovakia

Úvod

Riečny sediment tvoria častice odvodené z hornín alebo biologických materiálov znosovej oblasti, ktoré boli transportované kvapalnou fázou alebo pevnou, resp. suspendovanou fázou (anorganický a organický sestón), usadzovanou z vody (Bodiš et al., 1999). Riečny sediment odráža geochemický charakter pôd, hornín a produktov ich zvetrávania v povodí a charakterizuje tiež samotný vodný tok. Význam štúdia riečnych sedimentov v posledných desaťročiach vzrástol, pretože ich vlastnosti a genéza umožňujú robiť dôležité závery v rámci prospektorských, geochemických aj environmentálnych hodnotení. Príkladom hodnotenia riečnych sedimentov z pohľadu environmentálnych záujmov sú práce Förstnera a Wittmanna (1979) a Borovca et al. (1993) a z prospektorského a geochemického pohľadu Meyera et al. (1979), Barneta et al. (1986), Planta a Halea (1994) a iné.

Na Slovensku bolo formovanie chemického zloženia riečnych sedimentov pred rokom 1990 prediskutovávané zriedka, a to predovšetkým z dôvodu nedostatku primárnych údajov. Najkomplexnejšie sú chemické zloženie a kvalita riečnych sedimentov prezentované v geochemickom atlase riečnych sedimentov (Bodiš et al., 1999), ktorý je mapovým zobrazením distribúcie chemických prvkov v rámci celého Slovenska a bol zostavovaný v rokoch 1991 – 1999 (spolu bolo odobratých viac ako 25 000 vzoriek). Riečnym, ale predovšetkým dnovým sedimentom v poslednom období venovali pozornosť viacerí autori z VÚVH, SVP, š. p., a SHMÚ (napr. Döményová a Takáčová, 2005; Metelková et al., 2004; Valúchová et al., 2002, 2004, 2005; Hucko, 2005a, b; Sirotiak, 2005; Pliešovská et al.,1999; Brehuv et al., 2004a, b; Brehuv et al., 2005; Weigeltová, 2003; Hucko a Pišoft, 2000; Matok a Hucko, 2001; Hucko et al., 2001). V súčasnosti je štúdium a interpretácia výsledkov chemického zloženia a kvality riečnych sedimentov systematicky vykonávané v rámci projektu monitorovania geologických faktorov životného prostredia realizovaného v ŠGÚDŠ (Klukanová et al., 2006; Iglárová et al., 2011). Čiastkový monitorovací systém (ČMS) Geologické faktory tvorí neodmysliteľnú súčasť národnej environmentálnej monitorovacej siete a je zameraný hlavne na tzv. geologické hazardy, t. j. škodlivé prírodné alebo antropogénne geologické procesy ohrozujúce prírodné prostredie a v konečnom dôsledku človeka. V rámci tohto monitorovacieho programu je od roku 1996 sledované aj chemické zloženie a kvalita riečnych sedimentov (monitorovací subsystém 07), ktorého výsledky sú predmetom tohto príspevku.

Cieľom monitorovacieho subsystému je identifikácia časových zmien a priestorových rozdielov obsahu vybraných prvkov v riečnom sedimente hlavných tokov Slovenska, a to vplyvom primárnych (geogénnych), ako aj antropogénnych podmienok. Monitorovaciu sieť riečnych sedimentov predstavuje v súčasnosti 48 odberových miest (obr. 1), pričom pri ich výbere boli zohľadnené najmä:

- kritérium ekologickej účelnosti (t. j. situovanie odberových miest v oblastiach s predpokladaným antropogénnym zaťažením, ako aj v oblastiach s rozhodujúcim vplyvom prírodných faktorov na chemické zloženie stanovovaných parametrov),
- regionálny charakter monitorovacej siete (odberové

miesta charakterizujú približne každý 70. km významného toku v hlavných povodiach Slovenska),

• situovanie odberov v miestach národného monitoringu kvality povrchových vôd Slovenska, ktorý je realizovaný Výskumným ústavom vodného hospodárstva (VÚVH) a Slovenským vodohospodárskym podnikom, š. p. (SVP, š. p.).

Analyzovaná asociácia prvkov predstavuje hlavné (Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn) a stopové (Cr, Cu, Al, Zn, Hg, Co, As, Cd, Ni, Se, Pb, Sb) prvky. Po optimalizácii podmienok monitorovania sú od roku 2011 vo vybraných lokalitách sledované aj vybrané organické látky a rozšírená asociácia stopových prvkov.

Metodika

Vzorkovanie, frekvencia a laboratórne spracovanie

Riečny sediment na účely monitoringu reprezentuje jemnozrnný materiál transportovaný tečúcou vodou. Odber vzorky je raz ročne realizovaný metódou tzv. asociačnej vzorky pozdĺž brehu povrchového toku (zvyčajne do 20 m), a to v miestach, kde hydrodynamické podmienky umožňujú ukladanie jemnozrnných sedimentov. Vzorky sú odoberané do obalov z PVC materiálu. Hmotnosť odoberanej vzorky je okolo 2 kg. Úprava odobratých asociačných vzoriek je najskôr realizovaná sušením pri laboratórnej teplote a následným sitovaním pod frakciu 0,125 mm. Vzorky sú analyzované na celkový (totálny) obsah vybraných prvkov a prevedené do roztoku kompletným rozkladom. Analytické práce boli do roku 2005 realizované v laboratóriu ŠGÚDŠ v Bratislave a od roku 2006 sú realizované v akreditovanom laboratóriu GAL ŠGÚDŠ, Regionálne centrum Spišská Nová Ves. V tab. 1 a tab. 2 sú zhrnuté použité analytické metódy stanovovania jednotlivých parametrov, rozsah stanovení a neistoty meraní pri danom rozsahu stanovenia v GAL ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves.

Spracovanie údajov a interpretácia výsledkov

Prezentácia výsledkov monitoringu riečnych sedimentov je vzhľadom na zložitosť podmienok tvorby sedimentu a dynamické prejavy (zvetrávanie, sedimentácia, migrácia látok) interpretačne náročná. Interpretácia výsledkov zohľadňuje predovšetkým ***aplikáciu štatistickej analýzy*** (popisné štatistické parametre, časová a priestorová variabilita) a ***legislatívny prístup***.

Časová ***variabilita*** v zásade vyjadruje stabilitu obsahu prvku v sedimente v jednotlivých lokalitách počas monitorovacieho obdobia. Je hodnotená prostredníctvom variačného koeficientu $v_č$, ktorého výpočet je založený na percentuálnom vyjadrení pomeru hodnoty štandardnej odchýlky k hodnote aritmetického priemeru pre každý sledovaný parameter a každú monitorovanú lokalitu:

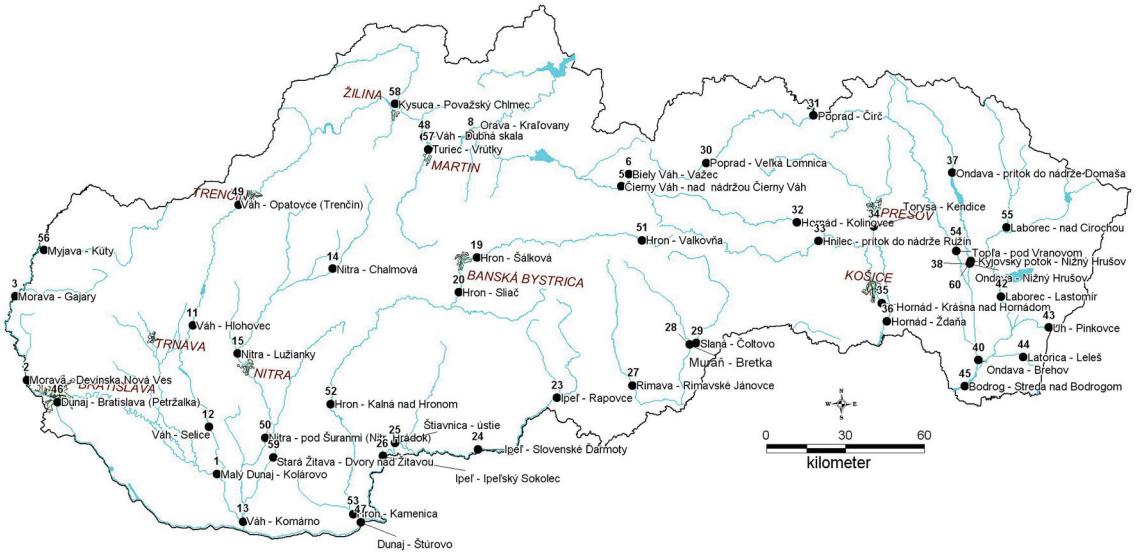
$$v_{č} = \frac{s_{ij}}{\bar{x}_j}.100 \quad [\%]$$, kde:

s_{ij} smerodajná odchýlka i-prvku v j-lokalite,

$\bar{x}_{ij}$ aritmetický priemer i-prvku v j-lokalite.

Podobne je formou variačného koeficientu riešená aj priestorová variabilita (distribúcia) prvku. Charakterizuje ju vzťah vyjadrujúci pomer smerodajnej odchýlky k hodnote aritmetického priemeru všetkých meraní sledovaného prvku (ukazovateľa):

$$v_p = \frac{s}{\bar{x}}.100 \quad [\%]$$



Obr. 1. Lokalizácia monitorovaných odberových miest riečnych sedimentov.

Fig. 1. Monitoring sites of stream sediments.

Tab. 1
Analyzovaná asociácia prvkov a použité laboratórne techniky
Analysed parameters and laboratory techniques used

Zavedená metóda		Ostatné špecifikácie	
Parameter	Druh	Rozsah	Neistota
As, Bi, Se, Sb	AAS	(0,1 – 1) mg/kg (1 – 10) mg/kg (10 – 1 000) mg/kg	25 % 15 % 8 %
As		(0,02 – 0,1) % (0,1 – 1) % (1 – 10) %	25 % 15 % 8 %
Sb		(0,0015 – 0,1) % (0,1 – 1) % (1 – 10) %	25 % 10 % 5 %
Cd		(0,1 – 5) mg/kg (5 – 50) mg/kg (50 – 5 · 10^3) mg/kg	20 % 10 % 5 %
Cu		(1 – 10) mg/kg (10 – 100) mg/kg (100 – 10 · 10^3) mg/kg	20 % 10 % 5 %
Ni, Co		(3 – 10) mg/kg (10 – 100) mg/kg (100 – 10 · 10^3) mg/kg	20 % 10 % 5 %
Pb		(5 – 25) mg/kg (25 – 100) mg/kg (100 – 10 · 10^3) mg/kg	25 % 10 % 5 %
Zn		(0,5 – 10) mg/kg (10 – 100) mg/kg (100 – 10 · 10^3) mg/kg	20 % 10 % 5 %
Hg		(0,01 – 0,1) mg/kg (0,1 – 1) mg/kg (1 – 1 000) mg/kg	15 % 10 % 5 %
Cr	AES-ICP	(5 – 25) mg/kg (25 – 100) mg/kg (100 – 5 000) mg/kg	20 % 15 % 10 %
V		(5 – 25) mg/kg (25 – 100) mg/kg (100 – 5 000) mg/kg	20 % 15 % 10 %
Mo		(0,2 – 2) mg/kg (2 – 25) mg/kg	30 % 13 %
As	RFS	(2 – 10) mg/kg (10 – 50) mg/kg (50 – 2 000) mg/kg	30 % 10 % 5 %
Ba		(10 – 100) mg/kg (100 – 2 000) mg/kg	10 % 5 %
Cd		(2 – 10) mg/kg (10 – 50) mg/kg (50 – 200) mg/kg	20 % 10 % 5 %
Cr		(5 – 50) mg/kg (50 – 500) mg/kg (500 – 900) mg/kg (900 – 15 · 10^3) mg/kg	15 % 7,5 % 5 % 2,5 %
Cu		(5 – 50) mg/kg (50 – 3 000) mg/kg (3 000 – 60 · 10^3) mg/kg	10 % 5 % 2,5 %
Mo		(3 – 20) mg/kg (20 – 100) mg/kg (100 – 1 000) mg/kg	10 % 5 % 2,5 %
Ni		(4 – 50) mg/kg (50 – 150) mg/kg (150 – 750) mg/kg (750 – 4 000) mg/kg	15 % 7,5 % 5 % 2,5 %
Pb		(5 – 50) mg/kg (50 – 1 000) mg/kg (1 000 – 5,5 · 10^3) mg/kg	15 % 7,5 % 5 %
Sb		(2 – 10) mg/kg (10 – 300) mg/kg (300 – 3 · 10^4) mg/kg	15 % 7,5 % 5 %
Sn		(2 – 50) mg/kg (50 – 2 000) mg/kg (2 000 – 17 · 10^3) mg/kg	10 % 5 % 2,5 %
Sr		(5 – 25) mg/kg (25 – 600) mg/kg (600 – 1 200) mg/kg	10 % 5 % 3 %
Zn		(5 – 100) mg/kg (100 – 2 · 10^3) mg/kg (2 · 10^3 – 4 · 10^4) mg/kg	10 % 5 % 3 %
Zr		(5 – 100) mg/kg (100 – 10 · 10^3) mg/kg	10 % 5 %

Vysvetlivky: G – gravimetria; AAS – atómová absorpčná spektrometria; AES-ICP – atómová emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou; RFS – röntgenfluorescenčná spektrometria

Explanations: G – gravimetry; AAS – atomic absorption spectrometry; AES-ICP – atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma; RFS – X-ray fluorescence spectrometry

Tab. 2
Analyzovaná asociácia a použité laboratórne techniky – organické ukazovatele
Analysed parameters and used laboratory techniques – organic parameters

Parameter	Zavedená metóda Druh	Ostatné špecifikácie Rozsah	Neistota
Obsah prchavých chlórovaných alifatických a aromatických uhľovodíkov: tetrachlórmetán 1,1 dichlóretylén chloroform 1,1,2,2 tetrachlóretán	GC	(1 – 10) µg/kg (10 – 500) µg/kg	30 % 25 %
1,1 dichlóretán benzén toluén 1,2 dichlóretán 1,1,1 trichlóretán 1,2 dichlóretylén 1,1,2 trichlóretylén 1,1,2,2 tetrachlóretylén chlórbenzén 1,2 – 1,3 – 1,4 dichlórbenzény o, m, p xylén etylbenzén		(1 – 10) µg/kg (10 – 500) µg/kg	25 % 20 %
Obsah chlórovaných pesticídov: p, p´ – DDD p, p´ – DDE p, p´ – DDT o, p – DDD o, p – DDT hexachlórbenzén Lindan (y-BHC) a-BHC P-BHC 6-BHC		(0,01 – 50) mg/kg	25 %
Obsah chlórovaných pesticídov: isodrín heptachlór heptachlórepoxid metoxychlór endosulfán I. endosulfán II. endrín dieldrín		(0,01 – 50) mg/kg	25 %
Obsah polychlórovaných bifenylov: Delor 103 Delor 106		(0,005 – 0,1) mg/kg (0,1 – 50) mg /kg	30 % 25 %
Obsah polycyklických aromatických uhľovodíkov: acenaftylén acenaftén antracén chryzén benzo (b) fluorantén benzo (k) fluorantén benzo (a) pyrén benzo (a) antracén benzo (g,h,i) perylén fenantrén fluorantén fluorén naftalén pyrén indeno (1,2,3-cd)pyrén dibenzo (a,h) antracén		(0,01 – 2 000) mg/kg	25 %
Obsah aromatických uhľovodíkov – suma: benzén, toluén, o, m, p xylén		(1 – 1 000) µg/kg	25 %
Obsah nepolárnych extrahovateľných látok (uhľovodíkový index)		(1 – 50 000) mg/kg	25 %
Obsah extrahovateľných organicky viazaných halogénov	C	(1 – 2) mg/kg (2 – 200) mg/kg	25 % 15 %
adsorbovateľných organicky viazaných halogénov		(10 – 1 000) mg/kg	15 %

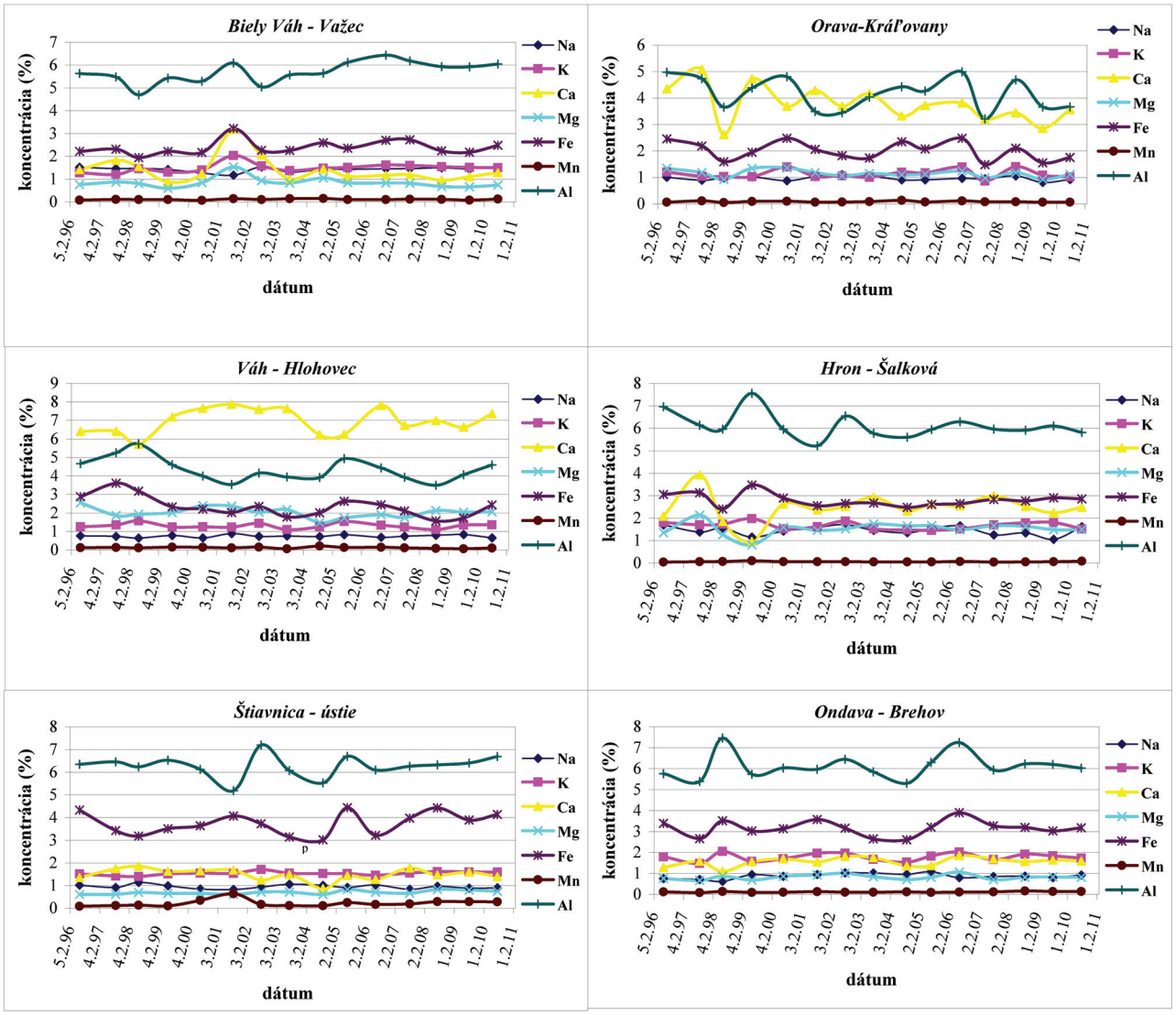
Vysvetlivky: GC – plynová chromatografia

Explanation: GC – gas chromatography

Legislatívny prístup je založený na porovnaní nameraných obsahov prvkov s príslušnými limitnými koncentráciami. V súlade s odporúčaním Smernice MŽP SR č. 4/1999-3 na zostavovanie a vydávanie Geochemickej mapy riečnych sedimentov v mierke 1 : 50 000 sú na účely hodnotenia kontaminácie riečnych sedimentov v rámci monitoringu využité limitné koncentrácie platné pre pôdy (Rozhodnutie MP SR č. 531/1994 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok).

V kontexte cieľov monitorovacieho systému riečnych sedimentov je zároveň pri hodnotení ich kontaminácie uplatnený Metodický pokyn MŽP SR č. 549/98-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží (Metodický pokyn, 1998), ktorý vychádza z medzinárodne platných noriem, predpisov a postupov aplikovaných predovšetkým v krajinách EÚ a Ameriky. Princíp hodnotenia podľa metodického pokynu je založený na prepočítaní nameraných hodnôt na tzv. štandardizovaný sediment a jeho porovnávaní s limitnými hodnotami. Štandardizovaný sediment je sediment obsahujúci po prepočte 25 % lutitovej frakcie (t. j. prachovo/ílovitej frakcie so zrnitostným zložením <0,063 mm) a 10 % organickej hmoty. Lutitová frakcia sedimentov sa používa z dôvodu prednostného viazania kontaminantov na túto zrnitostnú frakciu sedimentov. Výsledky celkového hodnotenia sedimentov sú potom podľa účinku zloženia sedimentu na ekosystém zaradené do troch základných tried:

- bez účinku – namerané hodnoty pre každú chemickú látku či zlúčeninu sú menšie ako limitná hodnota MPC (maximálna prípustná koncentrácia) pre sušinu sedimentu,
- potenciálne riziko – namerané hodnoty aspoň pre jednu chemickú látku či zlúčeninu sú ≥ MPC, resp. < ako IV (intervenčná hodnota),
- závažné riziko – namerané hodnoty aspoň pre jednu chemickú látku alebo zlúčeninu sú ≥ IV.



Obr. 2. Distribúcia prvkov so stabilným obsahom v čase vo vybraných monitorovaných lokalitách.

Fig. 2. Distribution of elements with stable contents in time at selected monitoring sites.

Výsledky

Hodnotenie chemického zloženia riečnych sedimentov

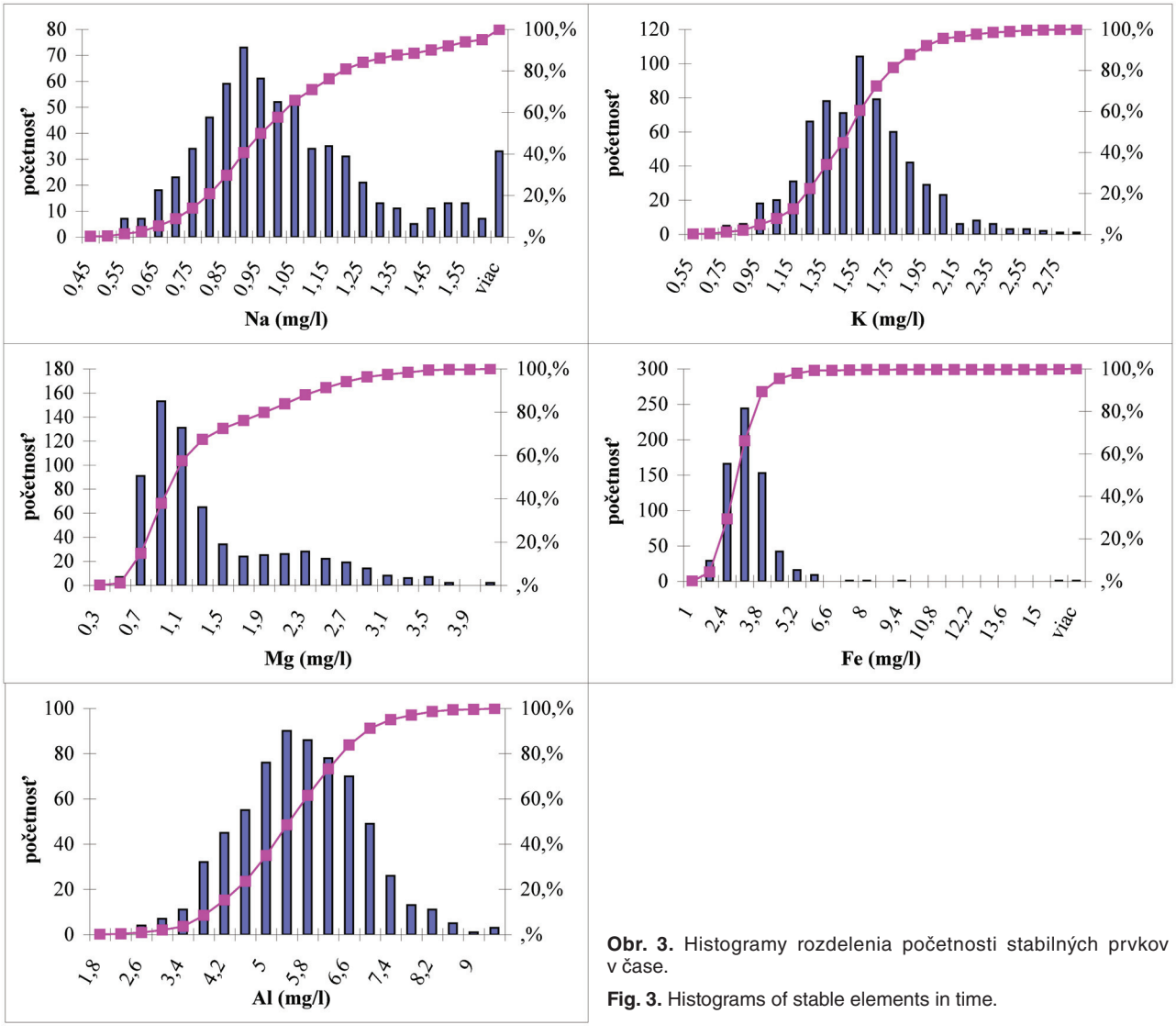
Obsah prvkov v monitorovaných sedimentoch odráža na jednej strane prislúchajúce geologické prostredie znosovej oblasti, resp. hydrologicko-klimatické podmienky v príslušnej oblasti, a na druhej strane sekundárny – antropogénny, príp. antropogénno-geogénny vplyv. Základné štatistické zhodnotenie jednotlivých monitorovaných lokalít a dátového súboru ako celku prezentuje tab. 3. Variabilita koncentrácií stanovovaných parametrov je vyjadrená formou variačných koeficientov v tab. 4.

Na základe pozorovaných časových zmien v obsahu jednotlivých prvkov je možné posúdiť tzv. ***stabilitu chemického zloženia*** monitorovaných riečnych sedimentov, ktorá odráža predovšetkým obsah prvkov v horninovom prostredí, ich geochemické vlastnosti, klimatické podmienky v príslušnej oblasti, resp. antropogénny vplyv. Na základe variability obsahu prvkov v čase rozoznávame prvky s výraznou a strednou stabilitou obsahu, resp. nestabilné prvky. Variabilita koncentrácií stanovovaných parametrov v jednotlivých lokalitách a celkovo je vyjadrená formou variačných koeficientov v tab. 4.

Prvky so stabilným obsahom v riečnom sedimente

Do tejto skupiny je možné zaradiť predovšetkým tzv. hlavné prvky s priemerným obsahom v riečnom sedimente zvyčajne nad 1 % – Na, K, Mg, Al a Fe. Ich distribúcia je daná najmä geologickou stavbou povodia a geochemickými podmienkami procesov zvetrávania a migrácie prvkov. Priemerná hodnota koeficientu časovej variability sa pohybuje v rozpätí od 13 % do 18 % (tab. 4). Príklady distribúcie stabilných prvkov v čase sú pre vybrané monitorované lokality uvedené na obr. 2. Charakter distribúcie (histogramy) uvedených prvkov je zachytený na obr. 3.

Plošná distribúcia ***sodíka*** v riečnych sedimentoch Slovenska sa vyznačuje pomerne vyrovnaným obsahom

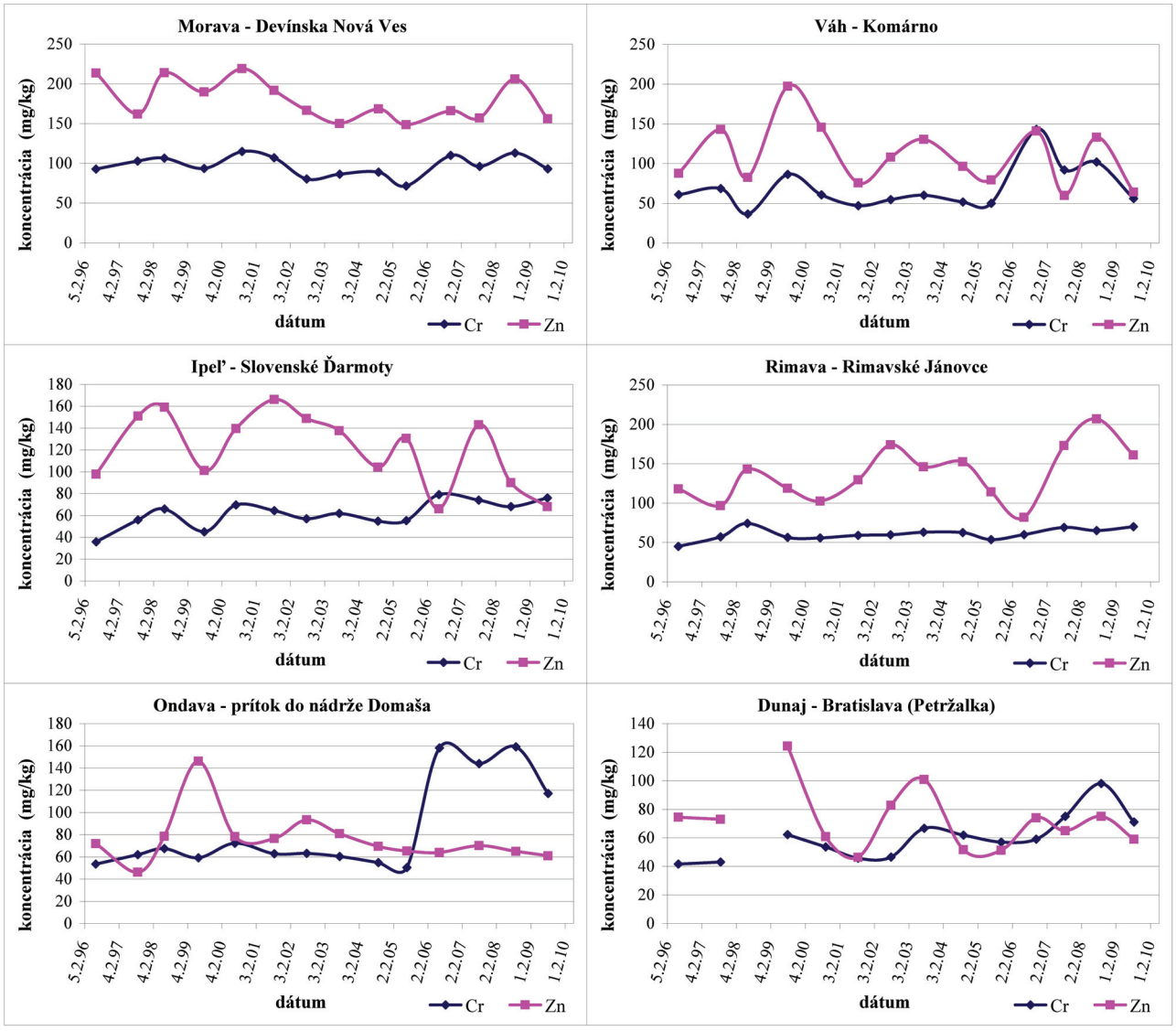


Obr. 3. Histogramy rozdelenia početnosti stabilných prvkov v čase.

Fig. 3. Histograms of stable elements in time.

(koeficient variácie všetkých meraní v_p = 28 %) – tab. 4. Priemerná koncentrácia Na v sedimentoch všetkých monitorovaných lokalít je 1,01 % (medián 0,95 %). Najvariabilnejší obsah Na na úrovni 24 %, resp. 25 %, bol zaznamenaný v lokalitách č. 37 (Ondava – prítok do Domaše) a č. 50 (Nitra). Najnižšie koncentrácie sodíka, do 0,8 % (tab. 3), sú charakteristické pre toky Kysuca (lokalita č. 58), Myjava (56), Malý Dunaj (1), Turiec (57), Váh (11, 49), Nitra (50) a Morava (2). Nadpriemerné zastúpenie sodíka, zväčša nad 1,2 %, bolo pozorované v sedimentoch Muráňa (28), Rimavy (27), Popradu (30, 31), Hrona (19, 20, 51) a hornej časti Váhu (5, 6). Keďže sodík patrí medzi hlavné litofilné prvky, obsah Na do značnej miery závisí od geologického prostredia v príslušnom drénovanom povodí. Najvyššie koncentrácie sodíka sú viazané na znosové oblasti kryštalinika tatrika a veporika (granitoidy, metamorfity), príp. na neovulkanické horninové prostredie (najmä oblasť stredného Slovenska). Naopak, najnižší obsah sodíka v riečnych sedimentoch je všeobecne viazaný na znosové oblasti karbonatických hornín (Bodiš et al., 1999).

Podobne ako v prípade sodíka, plošný obsah ***draslíka*** je v riečnych sedimentoch veľmi vyrovnaný (koeficient variácie všetkých meraní v_p = 22 %) – tab. 4. Najvariabilnejší obsah K je dokumentovaný pre sedimenty Dunaja (lokality č. 46, 47). Priemerná koncentrácia K v sedimentoch všetkých meraní je 1,49 % (medián 1,49 %) – tab. 3. Obsah draslíka zvyčajne sleduje geologické podmienky v príslušnom povodí, v nížinných oblastiach môže byť ovplyvnený aj antropogénnou (najmä poľnohospodárskou) činnosťou. Najvyšší obsah K, zvyčajne nad 1,7 %, je viazaný predovšetkým na oblasti budované granitoidmi jadrových pohorí, resp. metamorfitmi paleozoických súvrství. Z monitorovaných lokalít bol najvyšší obsah

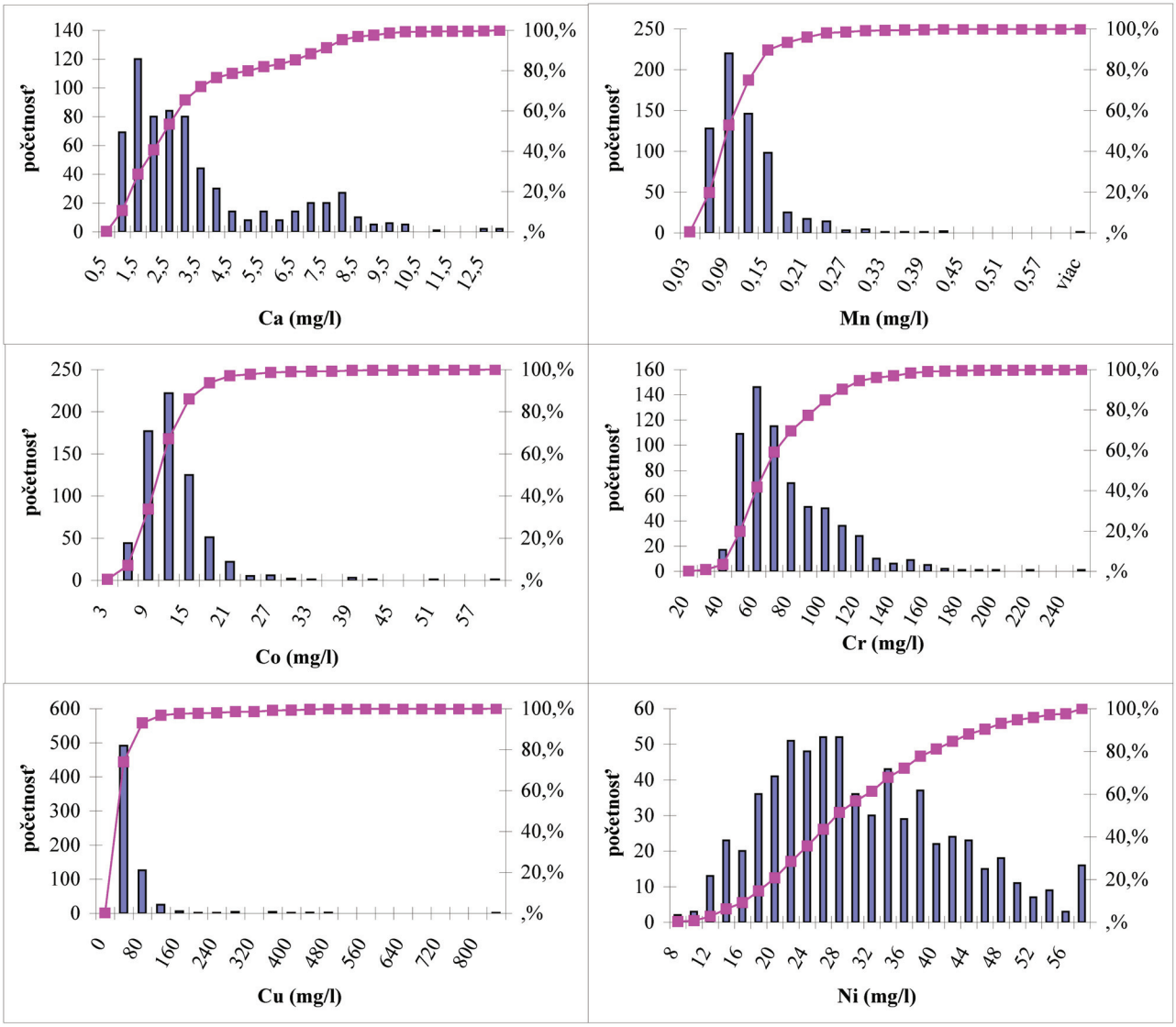


Obr. 4. Distribúcia prvkov so strednou stabilitou obsahu v čase vo vybraných monitorovaných lokalitách.

Fig. 4. Distribution of elements with moderate stability contents in time at selected monitoring sites.

draslíka pozorovaný v riečnych sedimentoch riek Východoslovenskej nížiny (40, 44 – 45, 54 – Ondava, Latorica, Bodrog, Topľa), Hnilca (lokalita č. 33), Hrona (19, 20, 51) a Slanej (29). Územia deficitné na draslík (najmä oblasti budované mezozoickými karbonátmi) podmieňujú nízky obsah draslíka v riečnom sedimente, a to zvyčajne do 1,2 %. Najnižší obsah draslíka bol zväčša zaznamenaný v riečnych sedimentoch Dunaja (46, 47), Váhu (8, 12, 13, 49) a Turca (57).

Horčík sa na rozdiel od veľmi stabilného obsahu v čase vyznačuje pomerne veľkou plošnou variabilitou koncentrácií spomedzi hlavných prvkov (koeficient variácie všetkých meraní v_p = 55 %) – tab. 4. Plošná variabilita obsahu Mg je v sedimentoch Slovenska podmienená predovšetkým rôznorodosťou zloženia zdrojového horninového substrátu v príslušnom povodí. Najvariabilnejší obsah Mg bol zaznamenaný v sedimentoch Váhu (lokality č. 5, 6, 48, 49), Ipľa (24), Hornádu (32) a Ondavy (37). Príčinou variabilného obsahu Mg v čase je pravdepodobne pestrosť zdrojového horninového materiálu (príslušné odberové miesta reprezentujú veľké znosové oblasti). Celoslovenská priemerná koncentrácia Mg dosahuje hodnotu 1,29 %, avšak podstatne nižšiu hodnotu mediánu 1,02 % (tab. 3). Najvyšší obsah horčíka (hodnoty zvyčajne nad 2,0 %) je charakteristický pre znosové oblasti so zastúpením karbonatických hornín (vápence, dolomity) a bol pozorovaný v sedimentoch Váhu (lokality č. 5, 11 – 13), Turca (57) a Muráňa (28). Nadpriemerné koncentrácie horčíka v sedimentoch Dunaja (46, 47) a Malého Dunaja (1) môžu byť okrem prírodných daností (prevaha karbonatického materiálu v sedimentoch) podmienené aj antropogénnou činnosťou. Najnižšie koncentrácie horčíka, zvyčajne pod 0,8 %, boli sledované v povodiach Ondavy (38), Laborca (42), Tople (37), Moravy (3), Slanej (29), Ipľa a Štiavnice



Obr. 5. Histogramy rozdelenia početnosti prvkov so strednou stabilitou obsahu v čase.

Fig. 5. Histograms of elements with moderate stability contents in time.

(24 – 26) a sú charakteristické najmä pre oblasť Spišsko-gemerského rudohoria, stredoslovenské neovulkanity a sedimenty vonkajšieho flyšového pásma.

Hliník patrí medzi prvky s pomerne vyrovnaným obsahom v riečnych sedimentoch s hodnotou plošnej variability len na úrovni v_p = 22 % (tab. 4). Priemerná koncentrácia hliníka všetkých meraní je 5,44 % (medián 5,46 %). Dôvodom všeobecne vysokého obsahu hliníka v riečnych sedimentoch je fakt, že hliník patrí medzi hlavné litofilné prvky v geologickom prostredí s dobrou migračnou schopnosťou a uvoľňovaním do sedimentu. Rozdielna distribúcia hliníka je kontrolovaná rôznym pomerným zastúpením na hliník bohatších (kryštalinikum, ílovce, andezity), resp. chudobnejších hornín (pieskovce, karbonatické horniny) v povodí. Najvyšší obsah hliníka (zvyčajne nad 6,5 %) je charakteristický pre riečne sedimenty tokov Latorica (lokalita č. 44), Hnilec (33), Rimava (27), Bodrog (45), Ipeľ (23) a Hron (51, 52, 53). Najnižší obsah Al (zvyčajne pod 4,5 %) bol zistený vo vážskych sedimentoch (lokality 8, 11 – 13, 49), na Dunaji (46 – 47) a Ondave (37) – tab. 3.

Železo patrí medzi prvky, ktorých distribúcia je riadená geologickými podmienkami v príslušných povodiach. Plošná variabilita koncentrácií Fe bola zistená na úrovni v_p = 37 % (tab. 4). Rozhodujúcim faktorom distribúcie železa sa javí pomer hornín so zvýšeným zastúpením tmavých minerálov s obsahom železa (smerom k bázickejším horninám je všeobecný trend vzostupu obsahu železa). Z pohľadu zmeny obsahu Fe v čase boli najvariabilnejšie koncentrácie zistené v sedimentoch Hnilca, Hornádu (lokality č. 32, 33) a Dunaja (47). Variabilita obsahu železa v čase je daná pravdepodobne premenlivosťou prírodných podmienok v znosovej oblasti v príslušnom časovom období. Priemerná koncentrácia železa všetkých meraní je 2,91 %, resp. medián 2,75 % (tab. 3). Najvyšší obsah železa, zvyčajne nad 3,4 %, je typický pre riečne sedimenty stredoslovenských neovulkanitov (povodia riek Hron – lokalita č. 52, Štiavnica a Ipeľ – 23 – 26) a paleogénnych metamorfitov Spišsko-gemerského rudohoria (povodia Slanej – 29 a Hnilca – 33) – tab. 3. Vysoký obsah železa bol sledovaný aj v sedimentoch Latorice (44) a Bodrogu (45). Najnižší obsah železa (zvyčajne pod 2,3 %) bol sledovaný vo vážskych sedimentoch (5, 6, 8, 11 – 13, 49), v Toryse (34) a hornom úseku Hrona (51).

Prvky so strednou stabilitou obsahu v riečnom sedimente

Do tejto skupiny boli zaradené prvky Ca, Ni, Mn, Co, Zn, Cr a Cu. Ich distribúcia do značnej miery závisí od prírodných pomerov v príslušnej oblasti, avšak ich výraznejšiu variabilitu obsahu v čase môže podmieňovať aj antropogénna činnosť. Priemerná hodnota koeficientu časovej variability sa pri týchto prvkoch pohybuje v rozpätí 23 % až 42 % (tab. 4). Príklady distribúcie prvkov so strednou stabilitou obsahu (Cr a Zn) v čase sú pre vybrané monitorované lokality uvedené na obr. 4 (pre Ca a Mn na obr. 2). Charakter distribúcie (histogramy) týchto prvkov je uvedený na obr. 5. Z obrázkov je zrejmá rôzna miera stability prezentovaných prvkov. V prípade vážskej lokality v obidvoch prípadoch (zinok aj meď) je dokumentovaný výrazne stabilnejší obsah ako na tokoch Hnilca a Štiavnice, kde v dôsledku geogénno-antropogénneho ovplyvnenia bola zaznamenaná väčšia variabilita hodnôt obidvoch chemických ukazovateľov.

Spomedzi hlavných prvkov sa najväčšou priestorovou variabilitou koncentrácií (v_p = 77 %) vyznačuje ***vápnik*** – tab. 4. Vysoká variabilita vápnika je podmienená najmä veľkými rozdielmi jeho koncentrácií v zdrojových horninách. Vápnik charakterizujú aj špecifické podmienky pri zvetrávaní, migrácii a tvorbe sekundárnych minerálnych fáz. Najvariabilnejší obsah Ca v čase bol sledovaný v sedimentoch horného Váhu (lokality č. 5, 6), Nitry (14), Ipľa (24), Laborca (55) a Kysuce (58). Podobne ako v prípade horčíka je to spôsobené predovšetkým premenlivosťou obsahu karbonatického materiálu v sedimente, a teda pestrosťou zdrojového horninového materiálu (príslušné odberové miesta reprezentujú veľké znosové oblasti). Priemerný obsah vápnika v monitorovaných riečnych sedimentoch je 3,15 %, resp. medián len 2,34 % (tab. 3). Vysoká koncentrácia vápnika (zvyčajne nad 6 %) vo vážskych sedimentoch (lokality č. 11 – 13, 49) a Turci (57) je viazaná predovšetkým na pôvodný horninový substrát mezozoických karbonátov. V prípade vysokých koncentrácií vápnika v dunajských sedimentoch (46, 47) a Malom Dunaji (1) sa tiež predpokladá jeho pôvod predovšetkým z karbonatického materiálu sedimentov, ale na druhej strane nie je možné vylúčiť ani jeho antropogénny prínos do prostredia. Sedimenty s nízkymi koncentráciami vápnika (zvyčajne pod 1,15 %) sú charakteristické najmä pre metamorfované horniny paleozoika (nízky obsah CaO) v Spišsko-gemerskom rudohorí (Hnilec – lokalita č. 33), sedimenty Ipľa (23, 24) a sedimenty viazané na flyšové súvrstvia (toky Východoslovenskej nížiny – 38, 42 – 45).

Mangán sa spomedzi viac-menej stopových prvkov vyznačuje pomerne nízkou priestorovou variabilitou koncentrácií (v_p = 55 %) – tab. 4. Variabilita obsahu mangánu v sedimentoch je kontrolovaná najmä rozdielnou mobilitou a vysokou citlivosťou mangánu na oxidačno-redukčné podmienky vo vzorkovanom sedimente (v oxidačných podmienkach je mobilita mangánu nízka, v anoxických naopak). Podmienkou vyššieho obsahu mangánu v sedimente je zvyčajne aj jeho prítomnosť v zdrojových horninách (najmä v intermediárnych až bázických metavulkanitoch, andezitoch a ílovcoch). Najvariabilnejší obsah mangánu bol zaznamenaný v sedimentoch Štiavnice (lokalita č. 25), Hornádu (32), Dunaja (47) a Nitry (50). Priemerná koncentrácia mangánu v riečnych sedimentoch monitorovaných lokalít je 0,1 %, medián 0,09 % (tab. 3). Najvyššie koncentrácie mangánu, zvyčajne nad 0,12 %, boli sledované v sedimentoch Moravy (lokalita č. 2, 3), Hnilca (33), Ipľa, Štiavnice (24 – 26) a Latorice (44). Najnižší obsah mangánu, zvyčajne pod 0,06 %, majú sedimenty Turca (57), Nitry (lokalita č. 14), Popradu (30), Hrona (19 – 20, 51), Kysuce (58) a Váhu (5, 49).

Nadpriemerný obsah ***niklu*** je indikatívny najmä pre sedimenty flyšového pásma, neovulkanické horniny a čiastočne granitoidy tatrika, veporika a gemerika. Priemerná koncentrácia niklu v monitorovaných

sedimentoch je 29,8 mg · l^{-1}, resp. medián 27,6 mg · l^{-1} (tab. 3). Najvyššie hodnoty niklu (zvyčajne nad 40 mg · kg^{-1}) sú viazané predovšetkým na znosové oblasti ílovcov a pieskovcov vonkajšieho flyšového pásma, čo sa prejavuje zvýšenými koncentráciami niklu najmä v tokoch východného Slovenska (lokality č. 30, 37, 40, 44, 45, 55), Kysuce (58), resp. Moravy (2), Malého Dunaja (1) a Myjavy (56) – tab. 3. Najnižší obsah niklu (zvyčajne pod 20 mg · kg^{-1}) je pozorovaný v sedimentoch Ipľa a Štiavnice (25 – 26), Hrona (19, 51, 52), Váhu (5), Muráňa (28), Nitry (14) a Dunaja (46 a 47). V rámci stopových prvkov patrí nikel k plošne najmenej variabilným prvkom s koeficientom v_p = 39 % (tab. 4). Najmenšia stabilita z časového hľadiska bola vypočítaná v sedimentoch Nitry (lokalita č. 14), Hrona (19) a Hornádu (32).

Priemerná koncentrácia ***medi*** dosiahla hodnotu 41,6 mg · kg^{-1}, medián 27,0 mg · kg^{-1} (tab. 3). Distribúcia medi je do značnej miery podmienená jej obsahom v horninovom prostredí, výskytom rudných mineralizácií a v nemalej miere aj antropogénnymi aktivitami (napr. aplikácia fungicídov v poľnohospodárstve, vinohradníctve a pod.). Najvyššie koncentrácie medi geogénneho, resp. geogénno-antropogénneho pôvodu (zvyčajne nad 40 mg · kg^{-1}) boli zistené v riečnych sedimentoch Spišsko-gemerského rudohoria, resp. stredoslovenských neovulkanitov – povodia Hnilca (lokalita č. 33 – ďaleko najvyššia hodnota mediánu 343 mg · kg^{-1}), Štiavnice (25), Hrona (20, 52, 53) a Hornádu (32). Zvýšený obsah medi v lokalite Malý Dunaj (1) môže byť čiastočne aj antropogénneho pôvodu. Najnižšie koncentrácie medi (zvyčajne pod 20 mg · kg^{-1}) boli sledované vo vážskych sedimentoch (lokalita č. 5, 12, 13), resp. sedimentoch Hrona (51), Dunaja (46, 47), Ipľa (24), Muráňa (28) a Torysy (34). Pre meď je typická výrazná priestorová variabilita koncentrácií (v_p = 198 %), ktorá je spôsobená najmä lokálnym výskytom veľmi vysokých, anomálnych koncentrácií medi v znosových zrudnených oblastiach (tab. 4). Z pohľadu zmeny obsahu medi v čase bol výrazne najvariabilnejší obsah pozorovaný v sedimentoch Hornádu (lokalita č. 32).

Chróm spolu s niklom patrí k stopovým prvkom s nízkou plošnou variabilitou obsahov v rámci monitorovaných lokalít (v_p = 39 %). Z pohľadu časových zmien bol najvariabilnejší obsah chrómu sledovaný v sedimentoch Dunaja (lokalita č. 47) a Váhu (12). Priemerná koncentrácia chrómu v monitorovaných sedimentoch je 73,3 mg · kg^{-1}, resp. medián 66,0 mg · kg^{-1} (tab. 3). Všeobecne je distribúcia chrómu výrazne ovplyvňovaná horninovým prostredím. Podobne ako v prípade niklu, nadpriemerný obsah chrómu (zvyčajne nad 90 mg · kg^{-1}) je podmienený jeho obsahom v zdrojových horninách paleogénnych sedimentov. Vďaka dobrej odolnosti voči zvetrávaniu chróm zvyčajne migruje na veľké vzdialenosti. Najvyššie koncentrácie chrómu pravdepodobne geogénneho pôvodu boli zistené v sedimentoch Latorice (lokalita č. 44), Kysuce (58), Váhu (48), Tople (54), Bodrogu (45) a Moravy (2, 3). V povodí Nitry (15, 50), Myjavy (56) a Malého Dunaja (1) môže byť nadpriemerný obsah chrómu podmienený aj antropogénnym prínosom do riečneho sedimentu. Oblasti jadrových pohorí, Spišsko-gemerského rudohoria a neovulkanitov sa vyznačujú zväčša podpriemernými koncentráciami chrómu (pod 60 mg · kg^{-1}) – Hron (51, 52), Štiavnica (25), Váh (lokality č. 5, 6, 12), Nitra (14), Ipeľ (26).

Zinok sa vyznačuje výraznou priestorovou variabilitou obsahu (v_p = 135 %), ktorá je spôsobená predovšetkým výskytom veľmi vysokých, odľahlých koncentrácií Zn v zrudnených znosových oblastiach (tab. 4). Výrazne najvariabilnejší obsah zinku v čase bol zaznamenaný pre sedimenty Hornádu (lokalita č. 32) a Váhu (11). Priemerná koncentrácia zinku v riečnom sedimente je 194 mg · kg^{-1}, medián 122 mg · kg^{-1} (tab. 3). Výraznejšie vyšší obsah zinku (zvyčajne nad 200 mg · kg^{-1}) je v riečnych sedimentoch viazaný predovšetkým na geogénne, resp. geogénno-antropogénne podmienené anomálie v zrudnených oblastiach. Ide predovšetkým o oblasť stredoslovenských neovulkanitov – sedimenty Štiavnice (lokalita č. 25 – ďaleko najvyššia hodnota mediánu analyzovaných vzoriek 1 490 mg · kg^{-1}), Hrona (20, 52, 53), Ipľa (23, 26) a oblasť Spišsko-gemerského rudohoria – sedimenty Hnilca (33). Ďalším potenciálnym zdrojom anomálnych koncentrácií zinku sú antropogénne aktivity spojené predovšetkým so širokým uplatnením zinku v rozličných priemyselných odvetviach a poľnohospodárstve. Predpokladáme, že čiastočne z antropogénnej činnosti pochádza vysoký obsah zinku v sedimentoch Malého Dunaja (1) a Myjavy (56). Najnižší obsah zinku (zvyčajne pod 100 mg · kg^{-1}) zodpovedá najmä prostrediu jeho nízkych koncentrácií v materskom horninovom substráte – paleogén flyšového pásma, resp. karbonátogénne horninové prostredie, a je charakteristický najmä pre vážske sedimenty (lokality č. 8, 12, 49), resp. toky Východoslovenskej nížiny a priľahlých oblastí (34, 37 – 38, 54 – 55).

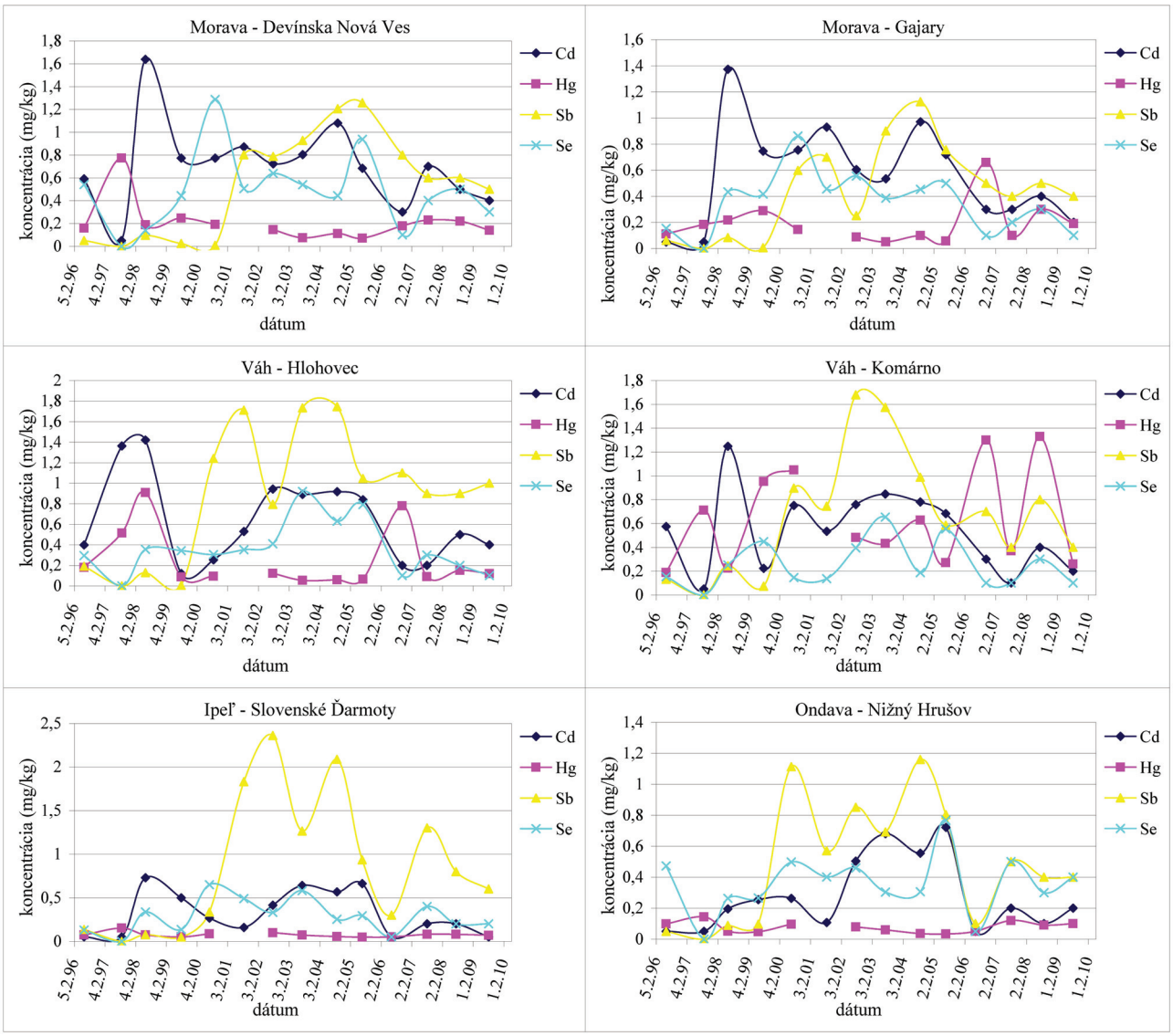
Priemerná koncentrácia ***kobaltu*** v monitorovaných lokalitách je 11,3 mg · kg^{-1}, resp. medián 10,6 mg · kg^{-1} (tab. 3). Distribúcia kobaltu sa v monitorovaných lokalitách vyznačuje pomerne vyrovnaným obsahom pohybujúcim sa prakticky v rozmedzí 6 – 14 mg · kg^{-1} (koeficient priestorovej variability v_p = 45 %) – tab. 4. Výrazne najvariabilnejší obsah kobaltu bol zistený v sedimentoch Hornádu (lokalita č. 32). Najvyššia hodnota mediánu (28,8 mg · kg^{-1}) bola vypočítaná pre monitorovanú lokalitu Hnilec (č. 33) v Spišsko-gemerskej oblasti. Zvýšený obsah Co vzhľadom na jeho distribúciu v materskom horninovom substráte môže byť očakávaný v prostredí neovulkanitov, avšak výraznejšie anomálie v týchto oblastiach v monitorovaných tokoch neboli zaznamenané.

Prvky nestabilné, resp. s nízkou stabilitou obsahu v riečnom sedimente

Do tejto skupiny boli zaradené stopové prvky As, Se, Pb, Hg, Cd, Sb. Priemerná hodnota koeficientu časovej variability sa pri uvedených prvkoch pohybuje v rozpätí 44 % až 88 %. Všeobecne je distribúcia stopových prvkov kontrolovaná intenzitou ich uvoľňovania zo zdrojového materského prostredia, zložením a celkovým charakterom sedimentu (podiel organickej hmoty, ílovej frakcie, obsah Fe a Mn oxidov a veľkosť zŕn vo frakcii). Vo výraznejšej miere však môže byť variabilita týchto prvkov ovplyvnená aj

antropogénne podmienenými faktormi. Príklady distribúcie prvkov s nestabilným obsahom (Cd, Hg, Se, Sb) v čase sú pre vybrané monitorované lokality uvedené na obr. 6. Charakter distribúcie (histogramy) uvedených prvkov je zaznamenaný na obr. 7. Z obrázkov je zrejmá diferencovaná miera variability obsahu prezentovaných prvkov pre rôzne monitorované lokality, ktorá pravdepodobne odráža najmä aktuálny podiel antropogénneho, resp. geogénno-antropogénneho ovplyvnenia v príslušnom časovom období. Distribúcia týchto prvkov sa vyznačuje typicky nesymetrickým rozdelením hodnôt (zvyčajne blízke lognormálnemu rozdeleniu). To znamená, že pre väčšinu vzoriek je charakteristický pomerne nízky obsah prvku, na druhej strane sú však typické odľahlé až extrémne koncentrácie (histogramy na obr. 7).

Distribúcia ***arzénu*** v riečnych sedimentoch Slovenska má viaceré špecifiká. Nadpriemerný (anomálny) obsah As je vo veľkej miere podmienený výskytom rudných mineralizácií, na druhej strane však môže odrážať aj antropogénne aktivity v príslušnej oblasti. Priemerná koncentrácia arzénu všetkých meraní je 19,1 mg · kg^{-1}, resp. medián 9,9 mg · kg^{-1} (tab. 3). Veľmi výrazná variabilita obsahu As indikuje jeho zložité migračné vlastnosti v prírodnom systéme ($\bar{v}_{č}$ = 54 %, v_p = 543 % – tab. 4). Výrazne najvariabilnejší obsah arzénu v čase bol zaznamenaný v sedimentoch Hornádu (32). Geogénne, resp. geogénno-antropogénne podmienený vysoký obsah arzénu (obvykle nad 20 mg . kg^{-1}) bol sledovaný v lokalitách Hnilec (č. 33) a Slaná (29) – tab. 3, kde sú zdrojom arzénu najmä početné rudné mineralizácie viazané na tento región (v minulosti ťažené a upravované). Podobný charakter majú anomálie v oblasti kryštalinika Nízkych Tatier, resp. anomálny obsah viazaný na neovulkanity Štiavnických

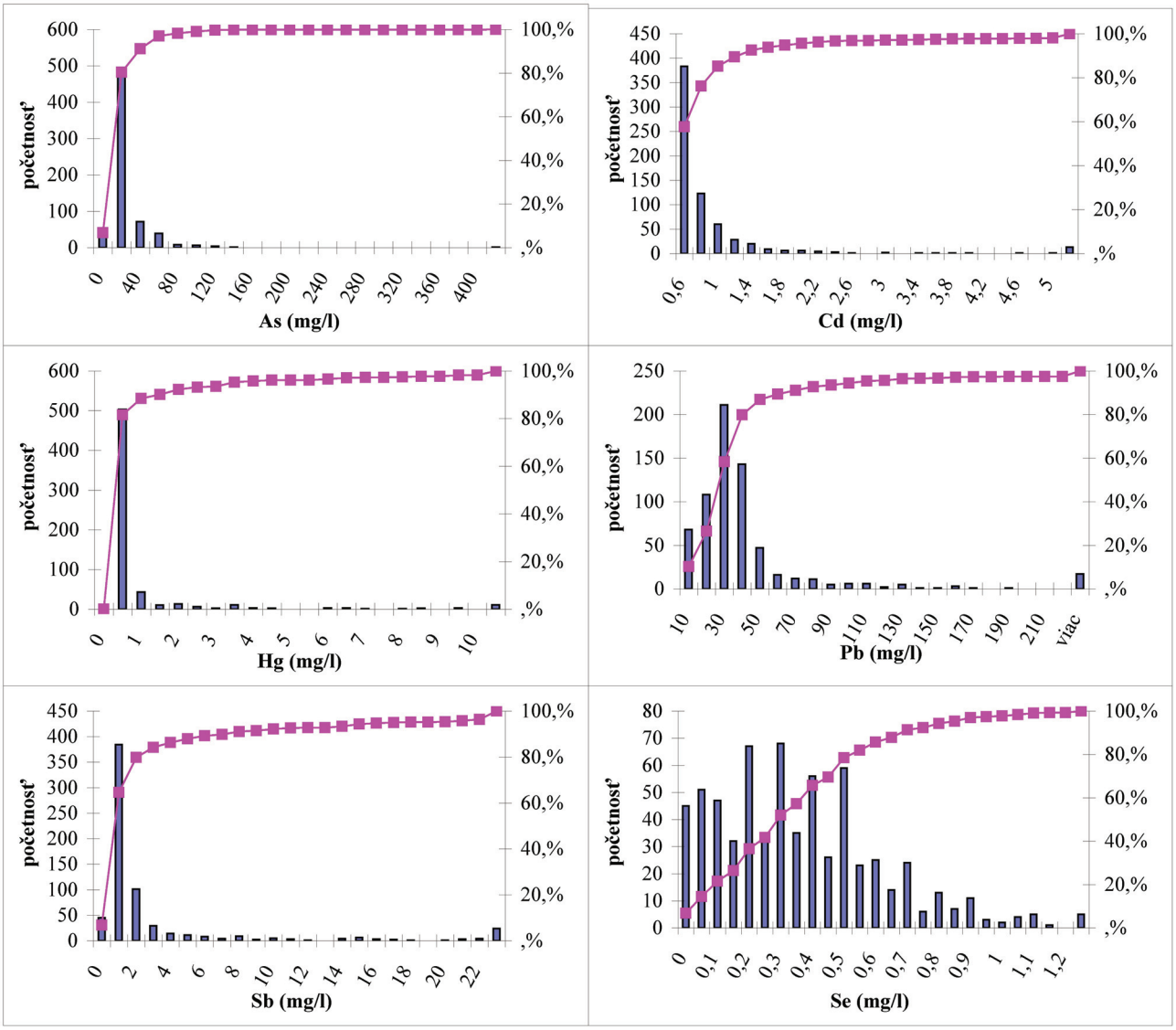


Obr. 6. Distribúcia prvkov s nestabilným obsahom v čase vo vybraných monitorovaných lokalitách.

Fig. 6. Distribution of elements with unstable contents in time at selected monitoring sites.

a Kremnických vrchov, ktoré sú dokumentované najmä zvýšenými koncentráciami As v riečnych sedimentoch Hrona (19, 20, 52 – 53). Predovšetkým antropogénny pôvod má anomálny obsah As v sedimentoch Ondavy (lokalita č. 38) pôvodom z odkaliska Poše a Nitry (14, 15, 50), kde je zdrojom As najmä banská a úpravárenská činnosť v oblasti Hornej Nitry. Najnižšie koncentrácie arzénu (zvyčajne pod 7 mg · kg^{-1}) boli sledované v sedimentoch Dunaja (46, 47), niektorých tokov Východoslovenskej nížiny (37, 42, 55), Váhu (12, 49) a Torysy (34).

Koncentrácie ***kadmia*** sú v riečnych sedimentoch zvyčajne veľmi nízke, s priemernou hodnotou všetkých meraní 0,74 mg · kg^{-1}, resp. mediánom 0,47 mg · kg^{-1} (tab. 3). Najvyšší obsah Cd bol sledovaný na toku Štiavnica (lokalita č. 25) s priemernou hodnotou 9,43 mg · kg^{-1} a mediánom 8,01 mg · kg^{-1}. Nadpriemerné koncentrácie Cd v riečnom sedimente (väčšinou nad 0,6 mg · kg^{-1}) boli zaznamenané v znosových oblastiach Ipľa (26) a Hrona (52, 53) – tab. 3. Dôvodom tohto prevažne geogénneho, príp. geogénno-antropogénneho vysokého obsahu je prirodzený výskyt kadmia v rudných mineralizáciách neovulkanitov čiastočne mobilizovaný ťažobnou a úpravárenskou činnosťou (predovšetkým ide o banskoštiavnickú rudnú oblasť). Najnižšie koncentrácie arzénu (zvyčajne pod 0,25 mg · kg^{-1}) boli sledované v sedimentoch Dunaja (46), Váhu (12, 49), Popradu (31) a niektorých tokov Východoslovenskej nížiny (38, 42, 54, 55). Priestorová variabilita kadmia je vysoká s hodnotou v_p = 207 % (tab. 4). Najvýraznejšie zmeny obsahu kadmia v čase boli sledované v sedimentoch Hornádu (lokalita č. 32) a Laborca (42). Rozsah a rýchlosť koncentračných zmien zvyčajne značne závisí od charakteru zdroja znečistenia a aktuálnych hydrodynamických a geochemických podmienok v prostredí (systéme).



Obr. 7. Histogramy rozdelenia početnosti prvkov s nestabilným obsahom v čase.

Fig. 7. Histograms of elements with unstable contents in time.

Tab. 3
Základné štatistické parametre analyzovaných zložiek za obdobie rokov 1996 – 2011 (x – aritmetický priemer; med – medián)
Basic statistical parameters of analysed compounds for the period 1996–2011 (x – arithmetic mean; med – median)

Lokalita	1		2		3		5		6		8		11	
	x	med	x	med	x	med	x	med	x	med	x	med	x	med
Na (%)	0,70	0,69	0,77	0,77	0,86	0,84	1,37	1,25	1,42	1,43	0,96	0,96	0,74	0,74
K (%)	1,66	1,66	1,72	1,69	1,57	1,55	1,63	1,60	1,49	1,50	1,13	1,06	1,30	1,25
Mg (%)	2,27	2,31	0,96	0,93	0,68	0,66	2,60	2,77	0,85	0,83	1,15	1,14	2,03	2,04
Ca (%)	6,93	6,88	2,41	2,61	1,80	1,44	3,92	4,01	1,42	1,24	3,77	3,69	6,96	6,98
Fe (%)	3,32	3,18	3,14	3,10	2,68	2,77	2,22	2,17	2,39	2,26	2,00	2,06	2,35	2,32
Mn (%)	0,12	0,13	0,17	0,15	0,16	0,14	0,06	0,06	0,10	0,10	0,08	0,08	0,12	0,12
Al (%)	5,77	5,76	5,61	5,59	4,92	4,88	5,39	5,04	5,70	5,64	4,16	4,26	4,34	4,15
As (mg · kg^{-1})	14,0	13,7	9,87	9,73	7,62	7,70	8,48	8,22	7,04	7,27	11,2	7,20	9,04	9,39
Cd (mg · kg^{-1})	0,89	0,90	0,69	0,70	0,55	0,53	0,41	0,13	0,38	0,29	0,53	0,58	0,61	0,50
Co (mg · kg^{-1})	11,9	12,0	13,1	12,0	10,6	9,5	8,97	8,55	8,98	8,61	8,28	7,80	8,86	8,00
Cr (mg · kg^{-1})	87,3	90,0	97,6	96,0	91,3	93,1	48,4	50,0	55,9	54,3	83,5	63,8	73,0	69,3
Cu (mg · kg^{-1})	55,2	58,7	34,6	33,6	29,1	28,0	15,2	15,0	19,5	18,0	24,0	19,7	46,6	31,0
Hg (mg · kg^{-1})	0,46	0,49	0,21	0,18	0,19	0,14	0,07	0,06	0,08	0,08	0,06	0,06	0,24	0,11
Ni (mg · kg^{-1})	41,5	42,1	42,2	41,0	33,4	34,0	20,4	21,0	28,0	26,0	26,9	26,4	33,4	33,8
Pb (mg · kg^{-1})	40,6	42,7	29,1	31,0	41,8	24,0	24,9	23,0	21,7	24,3	34,8	22,0	46,6	25,7
Sb (mg · kg^{-1})	2,73	1,10	0,68	0,60	0,49	0,50	0,82	0,79	1,13	0,97	0,56	0,50	0,93	1,00
Se (mg · kg^{-1})	0,59	0,62	0,48	0,44	0,34	0,39	0,34	0,22	0,32	0,30	0,29	0,20	0,35	0,30
Zn (mg · kg^{-1})	338	355	180	168	148	144	96	92	97	101	82	82	203	113

Lokalita	12		13		14		15		19		20		23	
Na (%)	0,92	0,94	0,86	0,86	0,83	0,85	0,92	0,91	1,45	1,46	1,15	1,17	1,10	1,11
K (%)	1,03	1,03	1,14	1,09	1,25	1,24	1,55	1,58	1,66	1,69	1,69	1,72	1,60	1,66
Mg (%)	2,10	2,10	2,07	2,08	1,08	1,00	1,06	1,06	1,53	1,52	1,97	1,91	0,88	0,88
Ca (%)	7,79	7,79	6,74	6,80	5,87	5,31	3,08	3,11	2,46	2,52	3,37	3,35	1,20	1,16
Fe (%)	1,58	1,61	2,07	1,96	2,69	2,73	2,73	2,74	2,79	2,76	2,96	2,84	3,65	3,54
Mn (%)	0,08	0,08	0,09	0,09	0,06	0,05	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09
Al (%)	3,49	3,46	4,29	3,87	4,65	4,61	5,60	5,62	6,11	5,96	6,08	6,14	6,84	6,72
As (mg · kg^{-1})	6,14	6,24	8,70	9,25	44,0	41,7	24,5	22,8	23,2	25,6	35,2	35,9	13,1	13,1
Cd (mg · kg^{-1})	0,36	0,12	0,50	0,53	0,41	0,25	0,46	0,30	0,40	0,30	0,42	0,30	0,51	0,48
Co (mg · kg^{-1})	6,70	7,24	7,04	7,80	9,6	10,0	10,2	9,23	8,82	8,25	11,7	11,7	12,3	12,3
Cr (mg · kg^{-1})	59,9	44,5	67,5	60,1	49,4	47,1	101,4	94,6	58,3	57,8	59,6	55,9	92,6	76,8
Cu (mg · kg^{-1})	11,1	10,8	19,2	16,5	38,4	31,0	30,6	23,9	35,1	32,6	86,9	90,4	31,4	26,4
Hg (mg · kg^{-1})	0,06	0,06	0,59	0,46	22,43	10,66	3,19	3,32	0,10	0,08	1,03	0,34	0,47	0,34
Ni (mg · kg^{-1})	19,9	21,3	23,1	21,4	20,4	20,0	24,9	25,6	20,3	18,0	22,8	23,0	28,2	24,6
Pb (mg · kg^{-1})	13,7	11,0	22,0	20,8	27,7	31,9	24,6	25,9	37,4	36,0	58,0	57,9	77,6	65,6
Sb (mg · kg^{-1})	0,61	0,55	0,72	0,70	0,77	0,82	0,81	0,63	10,28	13,27	18,49	19,10	3,61	3,50
Se (mg · kg^{-1})	0,21	0,20	0,24	0,15	0,59	0,50	0,39	0,39	0,28	0,20	0,32	0,34	0,61	0,60
Zn (mg · kg^{-1})	54	56	105	96	146	117	130	121	146	138	227	211	358	369

Lokalita	24		25		26		27		28		29		30	
Na (%)	0,89	0,89	0,95	0,93	1,05	1,05	1,64	1,69	1,68	1,70	1,02	1,02	1,44	1,50
K (%)	1,36	1,40	1,53	1,53	1,25	1,29	1,69	1,65	1,27	1,22	1,82	1,77	1,56	1,56
Mg (%)	0,82	0,73	0,69	0,69	0,82	0,78	0,97	0,98	2,45	2,67	0,79	0,76	1,24	1,23
Ca (%)	1,63	1,21	1,49	1,49	1,66	1,69	1,37	1,32	2,65	2,53	1,62	1,54	2,35	2,24
Fe (%)	3,34	3,34	3,74	3,72	4,05	3,95	3,08	3,04	3,11	3,12	3,81	3,83	2,67	2,53
Mn (%)	0,15	0,13	0,22	0,16	0,13	0,13	0,09	0,08	0,10	0,10	0,13	0,12	0,07	0,07
Al (%)	6,06	6,16	6,27	6,32	5,97	6,02	7,04	7,16	6,06	6,22	5,96	6,02	6,13	6,11
As (mg · kg^{-1})	8,13	7,23	16,4	17,3	6,95	7,00	11,8	13,5	9,6	9,6	37,9	39,2	9,27	9,07
Cd (mg · kg^{-1})	0,31	0,20	9,43	8,01	2,14	1,88	0,49	0,49	0,42	0,30	0,53	0,50	0,38	0,20
Co (mg · kg^{-1})	12,5	12,7	14,8	14,0	14,2	13,1	11,8	12,0	11,5	11,0	12,0	11,0	12,5	12,0
Cr (mg · kg^{-1})	62,7	64,3	48,2	49,0	53,6	54,2	60,7	60,0	58,6	58,7	68,8	62,4	65,2	67,0
Cu (mg · kg^{-1})	14,8	15,0	116,7	106,1	33,7	31,2	27,6	29,0	18,5	17,4	48,5	43,1	33,3	36,0
Hg (mg · kg^{-1})	0,07	0,07	0,15	0,17	0,07	0,08	0,20	0,14	0,10	0,07	1,00	0,63	0,20	0,20
Ni (mg · kg^{-1})	21,4	21,1	16,8	17,0	15,7	16,0	23,8	24,4	20,7	20,0	29,8	28,7	40,7	39,0
Pb (mg · kg^{-1})	24,1	22,5	535,9	526,3	111,2	106,8	28,5	30,2	27,9	28,0	36,2	33,0	31,2	31,0
Sb (mg · kg^{-1})	0,98	0,80	1,64	1,60	0,50	0,40	1,19	1,00	1,15	0,90	16,75	15,49	1,21	1,09
Se (mg · kg^{-1})	0,28	0,25	0,23	0,20	0,14	0,10	0,32	0,31	0,18	0,14	0,30	0,30	0,34	0,36
Zn (mg · kg^{-1})	118	131	1577	1490	441	435	135	130	93	89	171	174	166	171

Lokalita	31		32		33		34		35		36		37	
Na (%)	1,18	1,18	0,99	0,99	0,99	0,99	1,08	1,09	0,97	0,95	0,95	0,92	0,87	0,87

	x	med	x	med	x	med	x	med	x	med	x	med	x	med
K (%)	1,47	1,46	1,48	1,36	2,22	2,23	1,40	1,35	1,54	1,53	1,61	1,57	1,36	1,27
Mg (%)	1,11	1,19	1,20	1,14	0,91	0,90	0,83	0,83	1,18	1,20	1,06	1,03	0,69	0,66
Ca (%)	2,28	2,39	2,65	2,67	0,69	0,63	2,39	2,41	2,38	2,33	2,31	2,32	1,70	1,55
Fe (%)	2,40	2,29	3,44	2,53	6,17	5,42	2,13	2,09	2,57	2,54	2,73	2,68	2,43	2,40
Mn (%)	0,07	0,07	0,11	0,09	0,15	0,14	0,07	0,07	0,09	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06
Al (%)	5,22	5,10	4,97	4,75	7,47	7,57	4,71	4,80	4,96	4,97	5,55	5,39	4,66	4,34
As (mg · kg^{-1})	7,11	7,20	195	13,20	58,1	62,3	6,04	6,60	14,5	15,1	10,8	11,3	6,52	5,90
Cd (mg · kg^{-1})	0,28	0,13	0,80	0,46	0,78	0,91	0,40	0,39	0,54	0,60	0,52	0,50	0,25	0,25
Co (mg · kg^{-1})	9,61	9,25	13,5	10,0	30,3	28,1	9,75	8,68	10,8	10,0	11,3	11,9	11,7	11,0
Cr (mg · kg^{-1})	79,7	68,0	77,7	63,3	79,3	76,4	73,7	54,7	72,2	60,2	74,5	69,5	90,6	63,1
Cu (mg · kg^{-1})	18,8	19,4	178	63,6	337	353	21,4	18,0	43,4	40,6	32,0	29,7	20,9	21,6
Hg (mg · kg^{-1})	0,10	0,07	8,50	8,26	1,50	1,29	0,17	0,13	0,63	0,64	0,39	0,34	0,05	0,05
Ni (mg · kg^{-1})	35,7	36,6	31,0	27,0	35,2	37,2	27,8	27,9	35,1	35,0	32,3	32,0	41,4	45,1
Pb (mg · kg^{-1})	20,7	20,7	35,6	24,4	73,2	79,0	19,7	20,0	26,9	28,0	25,0	25,0	17,8	17,0
Sb (mg · kg^{-1})	0,67	0,55	7,08	6,54	33,38	31,30	5,53	0,60	2,91	2,78	1,81	1,71	0,47	0,30
Se (mg · kg^{-1})	0,30	0,25	0,28	0,26	0,43	0,50	0,24	0,23	0,25	0,18	0,32	0,33	0,31	0,30
Zn (mg · kg^{-1})	95	92	202	127	474	394	86,2	81,0	154	144	141	138	75,0	70,0

Lokalita	38		40		42		43		44		45		46	
Na (%)	0,81	0,83	0,87	0,86	0,81	0,85	0,93	0,94	0,85	0,84	0,86	0,87	1,01	1,01
K (%)	1,49	1,45	1,78	1,79	1,18	1,27	1,62	1,60	2,19	2,27	1,90	1,90	0,93	0,97
Mg (%)	0,56	0,54	0,82	0,81	0,65	0,66	0,80	0,77	1,13	1,09	0,89	0,88	3,05	2,99
Ca (%)	1,18	1,02	1,56	1,57	0,92	0,94	0,80	0,76	1,05	1,02	1,00	1,05	7,79	8,26
Fe (%)	2,49	2,35	3,16	3,17	2,71	2,68	3,36	3,31	4,49	4,55	3,67	3,57	2,80	2,72
Mn (%)	0,10	0,09	0,11	0,11	0,10	0,09	0,07	0,06	0,17	0,15	0,11	0,10	0,09	0,07
Al (%)	4,78	4,78	6,12	6,02	4,42	4,48	6,18	6,29	7,99	8,09	6,80	6,88	3,99	4,00
As (mg · kg^{-1})	32,1	16,7	23,2	15,7	6,26	6,29	8,04	8,60	13,0	13,2	14,3	11,2	4,52	3,65
Cd (mg · kg^{-1})	0,27	0,20	0,34	0,30	0,44	0,20	0,39	0,24	0,56	0,40	0,47	0,51	0,39	0,09
Co (mg · kg^{-1})	11,4	11,0	12,1	12,0	10,4	10,0	12,2	12,0	18,0	17,0	14,7	14,0	8,1	7,1
Cr (mg · kg^{-1})	76,0	59,1	90,6	80,2	69,6	62,7	77,4	76,7	109,9	111,0	94,1	94,1	59,5	58,0
Cu (mg · kg^{-1})	24,1	18,3	24,4	26,8	24,2	22,7	29,2	29,0	39,5	37,9	32,4	34,0	15,1	13,9
Hg (mg · kg^{-1})	0,08	0,08	0,14	0,11	0,18	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,09
Ni (mg · kg^{-1})	34,7	34,0	44,6	46,0	33,1	34,3	37,4	36,6	56,2	59,0	46,8	47,8	21,4	21,1
Pb (mg · kg^{-1})	19,1	20,6	24,2	24,3	22,4	23,0	24,9	25,1	28,0	30,9	24,4	25,0	18,7	18,0
Sb (mg · kg^{-1})	0,57	0,50	0,82	0,50	0,61	0,50	0,63	0,40	0,58	0,60	0,97	0,40	0,32	0,27
Se (mg · kg^{-1})	0,35	0,31	0,32	0,30	0,35	0,40	0,40	0,37	0,48	0,50	0,37	0,36	0,13	0,08
Zn (mg · kg^{-1})	82,6	85,8	117	122	103	97,0	115	110	139	139	116	114	71,4	69,0

Lokalita	47		48		49		50		51		52		53	
Na (%)	0,96	0,94	0,86	0,85	0,72	0,74	0,81	0,76	1,57	1,57	1,11	1,11	0,97	0,96
K (%)	1,03	0,97	1,53	1,52	1,20	1,24	1,56	1,59	1,88	1,80	1,61	1,64	1,56	1,54
Mg (%)	2,59	2,64	1,84	1,53	1,80	1,78	1,04	1,07	1,72	1,70	1,45	1,45	0,99	1,00
Ca (%)	7,60	7,61	5,43	4,47	7,04	7,08	4,03	4,55	2,78	2,83	2,41	2,41	2,09	2,09
Fe (%)	3,01	2,71	2,68	2,74	1,92	2,00	2,71	2,59	2,22	2,21	3,55	3,31	3,32	3,19
Mn (%)	0,11	0,09	0,11	0,10	0,06	0,05	0,11	0,10	0,05	0,05	0,10	0,09	0,12	0,11
Al (%)	4,14	3,92	5,33	5,32	3,89	4,17	5,52	5,47	6,17	6,30	6,41	6,62	6,37	6,34
As (mg · kg^{-1})	7,17	5,47	12,3	11,2	6,38	7,00	21,7	21,2	9,09	8,86	33,7	30,9	28,6	22,9
Cd (mg · kg^{-1})	0,56	0,44	0,56	0,40	0,39	0,30	0,74	0,50	0,43	0,20	1,30	1,40	1,19	1,00
Co (mg · kg^{-1})	8,65	8,09	10,2	9,0	7,57	8,00	9,7	9,0	6,76	6,00	13,4	13,6	12,5	13,0
Cr (mg · kg^{-1})	81,1	62,5	103	104	78,3	77,0	101	88	42,2	44,0	49,2	48,8	59,5	56,0
Cu (mg · kg^{-1})	15,9	14,7	34,3	36,0	24,4	23,5	35,6	40,1	13,7	12,8	72,2	72,0	45,4	45,0
Hg (mg · kg^{-1})	0,13	0,11	0,14	0,13	0,09	0,09	2,50	2,79	0,07	0,05	0,59	0,65	0,26	0,26
Ni (mg · kg^{-1})	21,0	21,1	34,3	32,1	28,8	31,7	26,4	28,0	14,5	14,0	18,3	18,0	20,8	21,0
Pb (mg · kg^{-1})	32,1	27,9	39,8	40,1	37,1	28,0	29,8	27,6	27,7	26,0	67,7	70,7	42,0	44,0
Sb (mg · kg^{-1})	0,49	0,45	3,04	3,30	1,13	0,90	0,97	0,80	1,40	0,93	11,69	13,60	6,52	6,50
Se (mg · kg^{-1})	0,16	0,12	0,49	0,50	0,31	0,20	0,60	0,70	0,22	0,20	0,22	0,26	0,28	0,20
Zn (mg · kg^{-1})	108	103	132	131	95,0	85,6	173	174	97	91,00	444	451	390	360

Lokalita	54		55		56		57		58		59		celý súbor	
Na (%)	1,08	1,07	0,90	0,95	0,68	0,62	0,84	0,77	0,61	0,62	0,97	1,02	1,01	0,95
K (%)	1,71	1,68	1,38	1,42	1,57	1,63	1,14	1,13	1,45	1,59	1,48	1,49	1,49	1,49
Mg (%)	0,82	0,82	0,82	0,78	0,84	0,82	2,94	2,96	0,86	0,88	1,15	1,21	1,29	1,02
Ca (%)	1,80	1,87	2,88	2,22	4,24	3,91	8,78	8,38	4,43	3,92	4,33	4,37	3,15	2,34
Fe (%)	2,57	2,37	2,60	2,65	2,62	2,87	2,85	3,00	2,77	2,89	2,55	2,61	2,91	2,75
Mn (%)	0,08	0,07	0,07	0,07	0,12	0,10	0,06	0,05	0,08	0,07	0,14	0,13	0,10	0,09
Al (%)	5,70	5,38	4,73	4,71	4,69	4,65	4,85	4,90	5,02	5,57	5,21	5,26	5,44	5,46

	x	med	x	med	x	med	x	med	x	med	x	med	x	med
As (mg · kg^{-1})	7,80	7,30	6,78	6,80	7,46	7,18	7,58	7,60	6,89	7,20	11,7	10,8	19,1	9,9
Cd (mg · kg^{-1})	0,30	0,20	0,25	0,10	0,43	0,40	0,63	0,40	0,43	0,40	0,52	0,30	0,74	0,47
Co (mg · kg^{-1})	11,0	11,2	10,0	10,0	8,4	8,0	10,0	9,0	11,1	11,0	8,8	8,0	11,3	10,6
Cr (mg · kg^{-1})	96,2	108,0	79,5	84,0	91,0	98,0	69,3	66,0	98,8	113	64,4	66,0	73,3	66,0
Cu (mg · kg^{-1})	22,5	21,9	24,3	24,0	31,1	30,5	37,8	41,0	38,8	44,0	24,4	25,0	41,6	27,0
Hg (mg · kg^{-1})	0,08	0,06	0,04	0,04	0,16	0,14	0,25	0,28	0,14	0,13	0,05	0,05	0,99	0,12
Ni (mg · kg^{-1})	39,4	36,7	38,3	40,0	37,1	39,0	30,5	30,0	47,0	51,0	25,6	24,0	29,8	27,6
Pb (mg · kg^{-1})	21,6	20,0	19,8	20,0	26,1	26,0	38,0	38,0	30,9	36,0	25,9	27,0	43,7	27,2
Sb (mg · kg^{-1})	0,91	0,70	0,73	0,60	1,00	0,80	1,73	1,10	0,87	0,70	0,83	0,70	3,19	0,80
Se (mg · kg^{-1})	0,25	0,29	0,22	0,20	0,50	0,40	0,53	0,70	0,35	0,30	0,47	0,40	0,33	0,30
Zn (mg · kg^{-1})	78,9	74,9	72,6	71,0	290	285	174	187	146	159	109	110	194	122

Vysvetlivky: Zoznam odberových miest
Explanations: List of monitored sites

ID	Lokalita	riečny km	ID	Lokalita	riečny km
1	Malý Dunaj – Kolárovo	2,5	34	Torysa – Kendice	49,9
2	Morava – Devínska Nová Ves	1,5	35	Hornád – Krásna nad Hornádom	27
3	Morava – Gajary	44,5	36	Hornád – Ždaňa	17,2
5	Čierny Váh – nad nádržou Čierny Váh	11,4	37	Ondava – prítok do nádrže Domaša	91,4
6	Biely Váh – Važec	15	38	Ondava – Nižný Hrušov	42
8	Orava – Kraľovany	0,3	40	Ondava – Brehov	4,2
11	Váh – Hlohovec	100,7	42	Laborec – Lastomír	31
12	Váh – Selice	47,7	43	Uh – Pinkovce	18,5
13	Váh – Komárno	1,5	44	Latorica – Leleš	21,3
14	Nitra – Chalmová	123,8	45	Bodrog – Streda nad Bodrogom	6
15	Nitra – Lužianky	65,6	46	Dunaj – Bratislava (Petržalka)	1 869
19	Hron – Šálková	181,4	47	Dunaj – Štúrovo	1 718,8
20	Hron – Sliač	161,1	48	Váh – Dubná skala (Nezbudská Lúčka)	270,3
23	Ipeľ – Rapovce	137,9	49	Váh – Opatovce (Trenčín)	157,2
24	Ipeľ – Slovenské Ďarmoty	89,5	50	Nitra – pod Šuranmi (Nitriansky Hrádok)	0,8
25	Štiavnica – ústie	1,1	51	Hron – Valkovňa	261,3
26	Ipeľ – Ipeľský Sokolec	35,2	52	Hron – Kalná nad Hronom	63,7
27	Rimava – Rimavské Jánovce	26,5	53	Hron – Kamenica	1,7
28	Muráň – Bretka	0,6	54	Topľa – Vranov nad Topľou	15,3
29	Slaná – Čoltovo	28,3	55	Laborec – nad sútokom s Cirochou (Lackovce)	69,9
30	Poprad – Veľká Lomnica	107,6	56	Myjava – Kúty	3
31	Poprad – Čirč	39,9	57	Turiec – Vrútky	3,5
32	Hornád – Kolinovce	100,7	58	Kysuca – Považský Chlmec	0,6
33	Hnilec – prítok do nádrže Ružín	4,1	59	Stará Žitava – Dvory nad Žitavou	15,1

Priemerná koncentrácia ***olova*** zo všetkých meraní je 43,7 mg · kg^{-1}, resp. medián 27,2 mg · kg^{-1} (tab. 3). Distribúcia olova môže byť podobne ako v prípade zinku okrem prírodných daností (nadväznosť s materským horninovým prostredím) podmienená aj antropogénnym znečistením. Z hľadiska prírodných zdrojov sú vysoké koncentrácie Pb v riečnych sedimentoch viazané predovšetkým na výskyt polymetalických ložísk (neovulkanity). Rozsiahla banská činnosť v týchto oblastiach spojená s ťažbou a úpravou rúd podmieňuje vysoké koncentrácie olova – najvyššie koncentrácie Pb boli zistené na toku Štiavnice (lokalita č. 25) s priemernou hodnotou 535,9 mg · kg^{-1} a mediánom 526,4 mg · kg^{-1}. Vysoký obsah Pb (zvyčajne nad 50,0 mg · kg^{-1}) viazaný na polymetalické zrudnenie v stredoslovenských neovulkanitoch, resp. zrudnenia v oblasti Spišsko-gemerského rudohoria, bol dokumentovaný v sedimentoch Ipľa (23, 26), Hrona (20, 52 – 53) a Hnilca (33). Výrazná priestorová variabilita hodnôt (v_p = 195 %) zaraďuje olovo v rámci stopových prvkov medzi najviac variabilné prvky (tab. 4). Variabilita obsahu Pb je spôsobená výskytom anomálnych koncentrácií predovšetkým v zrudnených oblastiach, o čom svedčí výrazne vyššia priemerná koncentrácia olova v porovnaní s hodnotou mediánu (všetky merania).

Distribúcia ***ortuti*** v riečnych sedimentoch Slovenska sa okrem veľmi premenlivého obsahu v čase vyznačuje najvýraznejšou priestorovou variabilitou s hodnotou v_p = 596 % (tab. 4). Variabilita obsahu ortuti v priestore a čase je podmienená zložitosťou jej geochemických – migračných – vlastností a tiež jej uvoľňovaním z antropogénnych zdrojov. Najvýraznejšie zmeny obsahu ortuti v čase boli sledované v sedimentoch Nitry (lokalita č. 14), Hrona (20) a Laborca (42). Priemerná koncentrácia ortuti všetkých meraní je 0,99 mg · kg^{-1}, avšak hodnota mediánu len 0,12 mg · kg^{-1} (tab. 3). Najvyšší obsah ortuti (zvyčajne nad 0,6 mg · kg^{-1}) bol zistený v sedimentoch v Spišsko-gemerskom rudohorí, resp. v okolí Banskej Bystrice a je spojený s výskytom Hg zrudnení (geogénno-antropogénne anomálne oblasti). Ide najmä o monitorovacie lokality na Hornáde (lokalita č. 32, 35), Hnilci (33), Hrone (52) a Slanej (29). Anomálny obsah ortuti v sedimentoch Nitry (14 – 15, 50) a Malého Dunaja (1) je možné považovať za antropogénny. Najnižší obsah ortuti, zvyčajne pod 0,07 mg · kg^{-1}, bol sledovaný

Tab. 4
Koeficienty časovej a plošnej variability vyjadrené v % (čiernou sú odlíšené hodnoty časovej variability vyššie ako priemerná hodnota plus jeden násobok smerodajnej odchýlky)
Coefficients of temporal and spatial variability expressed in % (values higher than the mean plus one standard deviation are distinguished by black color)

Lokalita	Koeficienty časovej variability																	
	Na	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
1	11	10	7	10	11	21	10	39	64	18	14	22	31	12	31	**230**	58	23
2	12	9	16	28	14	29	13	38	52	33	13	22	82	16	25	100	67	14
3	8	7	8	35	12	**52**	10	45	68	30	26	28	83	17	**162**	76	65	23
5	**23**	14	**35**	**42**	19	36	**19**	43	100	24	20	37	47	20	39	79	**97**	24
6	7	13	**26**	**41**	13	24	8	50	76	23	21	53	54	28	44	89	70	18
8	8	14	12	18	17	28	15	**127**	95	25	**53**	48	49	24	**121**	95	73	24
11	9	10	14	10	23	32	14	45	70	37	24	74	**120**	23	**156**	66	72	**129**
12	9	11	6	12	22	28	16	52	100	31	**64**	39	49	27	47	70	**102**	28
13	9	18	15	17	24	24	**25**	49	70	38	41	42	70	**37**	41	77	81	40
14	16	15	20	**47**	17	24	**20**	81	91	25	26	**77**	**153**	**38**	38	69	84	42
15	11	8	8	19	9	19	8	44	72	33	30	69	54	16	35	86	52	23
19	14	10	18	26	10	23	9	45	78	27	18	36	40	**45**	36	80	**91**	29
20	16	12	13	19	17	23	14	40	72	21	21	27	**139**	21	37	66	70	28
23	**22**	14	5	14	19	25	12	53	70	36	**44**	51	**100**	29	57	90	**111**	37
24	**20**	11	**43**	**82**	15	43	11	67	83	**42**	20	47	38	28	43	91	69	29
25	9	5	11	17	13	**66**	8	54	47	25	14	36	36	23	44	92	58	41
26	9	11	20	26	19	23	10	49	36	26	21	30	38	**31**	36	86	**92**	17
27	14	11	9	17	9	48	8	42	58	31	12	36	88	18	35	87	67	25
28	11	12	24	18	11	20	5	42	80	22	21	45	88	23	30	83	**87**	14
29	17	14	23	23	13	19	9	43	65	22	32	37	69	26	32	71	67	39
30	13	11	15	27	17	27	10	42	73	26	22	45	47	21	31	84	49	27
31	13	12	**25**	34	22	33	13	45	96	32	36	42	62	**31**	45	81	72	37
32	11	**19**	**26**	16	**94**	**74**	**18**	**363**	**175**	**98**	39	**246**	51	**37**	**97**	96	54	**147**
33	13	14	9	27	**48**	27	13	42	57	30	15	25	68	20	37	59	76	40
34	12	11	13	22	11	16	8	47	69	33	**46**	**80**	**107**	14	44	**332**	62	28
35	11	14	12	15	10	24	14	35	45	28	40	26	68	17	35	71	**88**	26
36	11	15	15	19	12	19	15	43	55	22	31	37	49	22	38	75	65	32
37	**24**	15	**28**	34	9	16	**18**	56	84	25	**51**	26	47	28	55	102	76	30
38	15	13	14	**42**	13	29	11	**103**	86	22	38	**85**	43	17	30	89	55	25
40	14	10	14	13	11	18	10	77	77	22	25	28	79	16	25	**143**	57	17
42	15	16	10	25	11	46	14	35	**160**	25	27	48	**159**	19	50	84	60	19
43	14	15	13	24	12	44	10	36	76	25	12	29	45	17	38	107	55	22
44	17	14	16	28	13	33	10	43	66	21	14	25	37	14	33	78	60	11
45	13	9	9	15	13	23	10	64	57	21	12	14	73	14	33	**183**	55	14
46	16	**24**	8	28	22	45	16	58	**113**	35	25	47	73	29	49	85	**87**	29
47	**20**	**23**	22	25	**59**	**71**	**18**	**104**	79	**48**	**81**	55	72	22	**80**	61	85	52
48	17	18	**26**	35	14	38	15	38	83	24	27	30	58	26	32	35	39	23
49	11	**19**	**28**	28	31	37	**22**	44	93	39	20	38	58	29	**96**	59	68	39
50	**25**	10	9	32	16	**62**	9	19	92	20	29	28	36	20	31	44	40	36
51	11	8	8	13	9	15	8	19	105	23	8	22	75	27	10	66	71	22
52	4	6	8	9	14	23	7	30	26	18	12	15	57	17	13	41	51	20
53	7	5	7	27	7	32	5	38	54	15	16	34	31	17	23	38	76	44
54	15	16	13	15	18	31	11	26	104	17	24	28	53	23	16	68	45	20
55	15	9	17	**70**	10	16	7	23	**111**	14	18	26	35	15	10	69	84	17
56	18	8	8	23	19	37	13	30	64	19	24	20	76	18	18	63	78	20
57	19	14	18	16	11	26	5	35	82	22	16	26	47	15	19	99	60	26
58	9	**28**	24	**44**	27	**54**	**31**	25	59	22	31	26	69	**33**	28	58	43	34
59	15	4	13	12	10	49	4	39	94	24	12	14	42	14	22	52	81	25
x	14	13	16	26	18	33	12	54	79	28	27	42	66	23	44	88	69	32
medián	13	12	14	23	14	28	11	43	76	25	24	36	57	21	36	79	69	26
s	5	5	8	14	15	15	5	50	27	13	15	34	30	7	32	49	16	24
koeficient plošnej variability	28	22	55	77	37	55	22	543	207	45	39	198	596	39	195	249	81	135

Poznámka: x – priemerná hodnota koeficientu časovej variability daného prvku pre všetky lokality; medián – medián koeficientu časovej variability daného prvku pre všetky lokality; s – smerodajná odchýlka koeficientu časovej variability daného prvku pre všetky lokality

Note: x – average value of temporal variability coefficient of given element for all monitored sites; median – median of temporal variability coefficient of given element for all monitored sites; s – standard deviation of temporal variability coefficient of given element for all monitored sites

v sedimentoch Váhu (5, 8, 12), Starej Žitavy (59), Hrona (51) a v tokoch Východoslovenskej nížiny (37, 54, 55).

Priemerná koncentrácia ***antimónu*** všetkých meraní je 3,19 mg · kg^{-1}, medián však iba 0,80 mg · kg^{-1} (tab. 3). Podobne ako v prípade ďalších stopových prvkov (napr. Hg, Zn, Pb, Cu), aj vysoký obsah antimónu je v riečnych sedimentoch zvyčajne dôsledkom geogénno--antropogénnych anomálií v Spišsko-gemerskom rudohorí, resp. v stredoslovenských neovulkanitoch. Zvyčajne ide o obsah antimónu nad 6 mg · kg^{-1}, ktorý bol zaznamenaný v monitorovaných lokalitách Hnilca (lokalita č. 33), Hornádu (32), Hrona (19 – 20, 52, 53), Slanej (29). V ostatných monitorovaných lokalitách boli sledované podstatne nižšie koncentrácie antimónu, väčšinou do 1 mg · kg^{-1}. Pre antimón v riečnych sedimentoch je charakteristická výrazná plošná variabilita hodnôt (v_p = 249 %) – (tab. 4).

Koncentrácie ***selénu*** dosahujú v riečnych sedimentoch veľmi nízke hodnoty (priemer 0,33 mg · kg^{-1}, medián 0,30 mg · kg^{-1}) – tab. 3. Plošná variabilita obsahu Se v porovnaní s inými stopovými prvkami je pomerne nízka – v_p = 81 % (tab. 4). Najvyššie koncentrácie selénu, zvyčajne nad 0,5 mg · kg^{-1}, boli zaznamenané v sedimentoch Nitry (lokalita č. 50), Turca (57), Malého Dunaja (1), Ipľa (23), Nitry (14), Hnilca (33), Váhu (48), Moravy (2). Najnižšie koncentrácie selénu, zvyčajne pod 0,2 mg · kg^{-1}, boli zistené v sedimentoch Ipľa (26), Dunaja (46, 47), Muráňa (28) a Váhu (8, 12, 13).

Kvalitatívne hodnotenie riečnych sedimentov

Na posúdenie obsahu kontaminujúcich látok boli použité limitné hodnoty v zmysle Rozhodnutia MP SR č. 531/1994, ako aj v zmysle Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2 (tab. 5). Parametre prekračujúce kategórie B, C, resp. MPV a IV v riečnych sedimentoch v roku 2011 sú prezentované v tab. 6 a 7. Zvlášť je zhodnotený obsah vybraných ukazovateľov stanovený v riečnom sedimente, ako aj obsah vybraných prvkov prepočítaný na štandardizovaný sediment.

Prekročenie limitných koncentrácií *kategórie B* (indikujúcich silné znečistenie) bolo pre neštandardizovaný sediment v roku 2011 zaznamenané v lokalitách Orava – Kraľovany (Cr), Nitra – Chalmová (Hg), Hron – Sliač (Hg), Štiavnica – ústie (Zn, Cd, Pb), Ipeľ – Ipeľský Sokolec (Pb), Hornád – Krompachy (Hg, Ba), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu, As, Sb), Nitra – pod Šuranmi (Hg), Hron – Kalná nad Hronom (Zn). Pre štandardizovaný sediment to boli lokality Orava – Kraľovany (Cr), Nitra – Chalmová (Hg), Hron – Sliač (Cu, Hg), Štiavnica – ústie (Zn, Cd, Pb), Ipeľ – Ipeľský Sokolec (Zn, Co, Cd, Pb, Ba, V), Muráň – Bretka (Ba), Hornád – Krompachy (Hg, Ba), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu, Sb), Dunaj – Bratislava (V) a Hron – Valkovňa (Ba). Limitná koncentrácia *kategórie C* bola v roku 2011 prekročená pre neštandardizovaný sediment v lokalite Hornád – Krompachy (Ba) a pre štandardizovaný sediment v lokalitách Ipeľ – Ipeľský Sokolec (V) a Hornád – Krompachy (Hg, Ba).

Hodnotenie obsahu prvkov v zmysle Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2 prinieslo podobné výsledky ako v predchádzajúcej časti, predovšetkým čo sa týka celkového charakteru kontaminácie monitorovaných riečnych sedimentov. Prekročenie maximálnych prípustných koncentrácií predstavujúcich potenciálne riziko na ekosystém bolo zaznamenané v nasledujúcich lokalitách: Hron – Sliač (Cu, Sb), Štiavnica – ústie (Zn), Ipeľ – Ipeľský Sokolec (len štandardizovaný sediment – Zn, Co, Cd), Muráň – Bretka (len štandardizovaný sediment – Co, Ni), Slaná – Čoltovo (Sb), Hornád – Krompachy (len štandardizovaný sediment – Cu, Hg), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (len neštandardizovaný sediment – Cu, Co, As, Sb), Ondava – prítok do nádrže Domaša (Ni), Latorica – Leleš (Ni), Bodrog – Streda nad Bodrogom (Ni), Dunaj – Bratislava (Co, Ni), Dunaj – Bratislava (Co), Hron – Kalná nad Hronom (Cu, Zn), Hron – Kamenica (len štandardizovaný sediment – Co), Kysuca – Považský Chlmec (len neštandardizovaný sediment – Ni), Stará Žitava – Dvory nad Žitavou (len neštandardizovaný sediment – Ni). Prekročenie intervenčných hodnôt predstavujúcich závažné riziko na ekosystém bolo zaznamenané v lokalitách: Štiavnica – ústie (len neštandardizovaný sediment – Zn), Ipeľ – Ipeľský Sokolec (len štandardizovaný sediment – Zn) a Hornád – Krompachy (Cu).

Rozdiely vo výsledkoch pre neštandardizovaný, resp. štandardizovaný sediment sú vo väčšine vzoriek

Tab. 5
Limitné hodnoty koncentrácií škodlivých látok používané na hodnotenie kvality sedimentov u nás a vo svete
Limit values for concentrations of harmful substances used for the assessment of sediment quality in Slovakia and abroad

Ukazovateľ	MP MŽP č. 549/98-2 (mg · kg^{-1})		Rozhodnutie MP č. 531/94-540 (mg · kg^{-1})	
	MPC	IV	B	C
Arzén	55	55	30	50
Kadmium	12	12	5	20
Kobalt	19	–	50	300
Chróm	380	380	250	800
Meď	73	190	100	500
Ortuť	10	10	2	10
Nikel	44	210	100	500
Olovo	530	530	150	600
Antimón	15	–	–	–
Selén	2,9	–	5	20
Vanád	56	–	–	–
Zn	620	720	500	3 000

Poznámka: B – pri jej prekročení je potrebný monitoring lokality; C – pri jej prekročení sú potrebné sanačné opatrenia; MPC – maximálna prípustná koncentrácia (predstavuje maximálne prípustné riziko, hladina zabezpečujúca prežitie 95 % všetkých druhov organizmov v danom ekosystéme); IV – intervenčná hodnota (predstavuje závažné riziko; koncentrácia určitej látky, pri ktorej je zabezpečená ochrana len 50 % všetkých živočíšnych druhov ekosystému)

Note: B – when it exceeded, the monitoring of site is required; C – when it exceeded the remedial measures are required; MPC – maximum permissible concentration (a maximum acceptable risk level to ensure the survival of 95 % of all types of organisms in the ecosystem); IV – intervention value (a serious risk; concentration of a substance that protects the only 50 % of all species in ecosystem)

Tab. 6
Parametre prekračujúce limitné hodnoty pre riečne sedimenty v zmysle „Rozhodnutia MP SR číslo 531/1994-540“ v roku 2011 (kategórie B, C)
Parameters exceeding the limit values for stream sediments under “Decisions of the Ministry of Agriculture No. 531/1994-540” in 2011 (category B, C)

a) neštandardizovaný sediment

kategória	názov toku/lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre	názov toku/lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre
B	Orava – Kraľovany (8)	Cr	Hornád – Krompachy (32)	Hg, Ba
	Nitra – Chalmová (14)	Hg	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu, As, Sb
	Hron – Sliač (20)	Hg	Nitra – pod Šuranmi (Nitr. Hrádok) (50)	Hg
	Štiavnica – ústie (25)	Zn, Cd, Pb	Hron – Kalná nad Hronom (52)	Zn
	Ipeľ – Ipeľský Sokolec (26)	Pb		
C	Hornád – Krompachy (32)	Ba		

b) štandardizovaný sediment

kategória	názov toku/lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre	názov toku/lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre
B	Orava – Kraľovany (8)	Cr	Muráň – Bretka (28)	Ba
	Nitra – Chalmová (14)	Hg	Hornád – Krompachy (32)	Hg, Ba
	Hron – Sliač (20)	Cu, Hg	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu, Sb
	Štiavnica – ústie (25)	Zn, Cd, Pb	Dunaj – Bratislava (46)	V
	Ipeľ – Ipeľský Sokolec (26)	Zn, Co, Cd, Pb, Ba, V	Hron – Valkovňa (51)	Ba
C	Ipeľ – Ipeľský Sokolec (26)	V	Hornád – Krompachy (32)	Hg, Ba

Tab. 7
Parametre prekračujúce limitné hodnoty pre riečne sedimenty v zmysle „Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2“ v roku 2011 (maximálne prípustné hodnoty a intervenčné hodnoty)
Parameters exceeding the limit values for stream sediments under “Methodological Guideline of Ministry of the Environment No. 549/98-2” in 2011 (maximum permissible values and intervention values)

a) neštandardizovaný sediment

kategória	názov toku/lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre	názov toku/lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre
MPC	Hron – Sliač (20)	Cu, Sb	Latorica – Leleš (44)	Ni
	Štiavnica – ústie (25)	Zn	Bodrog – Streda nad Bodrogom (45)	Ni
	Slaná – Čoltovo (29)	Sb	Hron – Kalná nad Hronom (52)	Cu, Sb
	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu, Co, As, Sb	Kysuca – Považský Chlmec (58)	Ni
	Ondava – prítok do nádrže Domaša (37)	Ni	Stará Žitava – Dvory nad Žitavou (59)	Ni
IV	Štiavnica – ústie (25)	Zn	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu, As

b) štandardizovaný sediment

kategória	názov toku/lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre	názov toku/lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre
MPC	Hron – Sliač (20)	Cu, Sb	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu, Sb
	Štiavnica – ústie (25)	Zn	Dunaj – Bratislava (46)	Co, Ni
	Ipeľ – Ipeľský Sokolec (26)	Zn, Co, Cd	Dunaj – Štúrovo (47)	Co
	Muráň – Bretka (28)	Co, Ni	Hron – Kalná nad Hronom (52)	Sb
	Slaná – Čoltovo (29)	Sb	Hron – Kamenica (53)	Co
	Hornád – Krompachy (32)	Cu, Hg		
IV	Ipeľ – Ipeľský Sokolec (26)	Zn	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu, Sb

pomerne malé. Výraznejšie rozdiely boli zaznamenané predovšetkým v sedimentoch s nízkym zastúpením lutitovej (ílovej, hlinitej) frakcie, t. j. v hrubozrnnejších sedimentoch (Dunaja, Muráňa, Rimavy, Slanej), kde sa po prepočte výraznejšie zvýšili hodnoty koncentrácií posudzovaných prvkov.

Ak porovnáme kvalitatívne výsledky riečnych sedimentov z pohľadu dlhodobého monitorovania (Iglárová et al., 2011), v zásade sa plošná distribúcia prírodne prítomných aj kontaminujúcich látok výraznejšie nezmenila. Riečne sedimenty na riekach Váh (horný a stredný úsek), Hron (horný úsek), Muráň a Dunaj a väčšiny tokov Východoslovenskej nížiny a priľahlých oblastí sú prakticky neznečistené a koncentrácie látok zväčša reprezentujú ich prírodné obsahy. Vzhľadom na dynamické vlastnosti riečnych sedimentov však boli v niekoľkých odberových snímkach zaznamenané zvýšené koncentrácie niektorých stanovených ukazovateľov, ktoré však nie sú trvalejšieho charakteru. Na druhej strane monitoring jasne poukázal na výrazne a trvalo znečistené toky riek Nitra (lokality č. 14 – 15, 50), Štiavnica (25), Hornád (32) a Hnilec (33), Hron – Kalná nad Hronom (52), resp. Hron – Kamenica (53). Znečistené toky Štiavnice, Hrona, Hornádu a Hnilca reprezentujú geogénno-antropogénne anomálie viazané na banskoštiavnickú, resp. spišsko-gemerskú rudnú oblasť. Anomálne koncentrácie niektorých kovov svedčia o pomerne značnom zaťažení oblastí potenciálnymi nebezpečnými látkami, ktoré pretrváva aj po útlme baníctva na Slovensku. Závažný je obsah látok (najmä Hg a As) na rieke Nitra (Chalmová, Lužianky) pochádzajúci z intenzívnej priemyselnej činnosti na hornom Ponitrí.

Záver

Štúdium a interpretácia výsledkov chemického zloženia a kvality riečnych sedimentov sú systematicky vykonávané v rámci projektu monitorovania geologických faktorov životného prostredia realizovaného v ŠGÚDŠ. Cieľom monitorovacieho subsystému riečne sedimenty je identifikácia časových zmien a priestorových rozdielov obsahu vybraných prvkov v riečnom sedimente hlavných tokov Slovenska, a to vplyvom primárnych (geogénnych), ako aj antropogénnych podmienok. Monitorovaciu sieť riečnych sedimentov predstavuje v súčasnosti 48 odberových miest.

Veľká mobilita niektorých prvkov, ale aj dynamika prírodných procesov vplývajú na chemické zloženie a vlastnosti riečnych sedimentov. Z časového hľadiska sa v rámci monitorovacieho obdobia najstabilnejšie prejavuje obsah hlavných prvkov Al, K, Na, Fe a Mg a zo stopových prvkov Ni a Cr. Distribúcia týchto prvkov je v prevažnej miere ovplyvňovaná geogénnymi faktormi, ktorých pôsobenie v čase je pomerne stále. Nestabilným zložením a veľkou variabilitou sa vyznačujú z hlavných prvkov Ca a zo stopových prvkov najmä Pb, Hg, Cd, Cu a As. Veľká časová variácia je spôsobená predovšetkým zvýšenou citlivosťou prvkov na hydrodynamické a geochemické podmienky ich migrácie (napr. pH, oxidačno-redukčné podmienky), ako aj to, že na ich distribúciu vo výraznejšej miere môžu pôsobiť v čase premenlivé antropogénne faktory.

Riečne sedimenty na riekach Váh (horný a stredný úsek), Hron (horný úsek), Muráň a Dunaj a na väčšine tokov Východoslovenskej nížiny a priľahlých oblastiach sú prakticky neznečistené a koncentrácie látok zväčša reprezentujú ich prírodný obsah. Na druhej strane monitoring riečnych sedimentov jasne poukázal na výrazne a trvalo znečistené toky Nitry (lokality č. 14 – 15, 50), Štiavnice (25), Hornádu (32) a Hnilca (33), Hrona – Kalnej nad Hronom (52), resp. Hrona – Kamenice (53).

References

Barnet, I., Duriš, M. & Mrňa, F., 1986: Geochemický výskum říčních sedimentů v Českém masivu. *Academia, Praha.*

Bodiš, D., Rapant, S., Khun, M., Klukanová, A., Lexa, J., Mackových, D., Marsina, K., Pramuka, J. & Vozár, J., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť VI. Riečne sedimenty. *MŽP SR – GS SR, Bratislava, 145 s.*

Borovec, Z., Tolar, V. & Mráz, L., 1993: Distribution of some metals in stream sediments of the central part of the Labe (Elbe) river, Czech Republic. *Ambio, 22, 200 – 205.*

Brehuv, J., Bobro, M. & Hačulák, J., 2004a: Contamination of sediment deposits at the backwater level ends in waterwork Ružín I by some heavy metals. *EKOLÓGIA, Bratislava, 23, 1, 80 – 85.*

Brehuv, J., Bobro, M., Hačulák, J., Špaldon, T. & Slančo, P., 2004b: Kontaminácia prostredia nádrže vodného diela „Ružín I" ťažkými kovmi v rokoch 2002 – 2003. *Acta Montanistica Slovaca, 4, 9, 395 – 400.*

Brehuv, J., Bobro, M., Hačulák, J., Špaldon, T. & Slančo, P., 2005: Vplyv starých banských záťaží na kontamináciu tokov ústiacich do nádrže vodného diela „Ružín I" vybranými prvkami v roku 2004. *Acta Montanistica Slovaca, 1, 10, 322 – 328.*

Dŏményová, J. & Takáčová, D., 2005: Zhodnotenie kvality sedimentov tokov a vodných nádrží v rámci prieskumného monitoringu v SR. *In: Sedimenty vodných tokov a nádrží. Zbor. z konferencie so zahraničnou účasťou. SVHS ZSVTS pri VÚVH Bratislava, 15 – 29.*

Förstner, U. & Wittmann, G. T. W., 1979: Metal pollution in the aquatic environment. *Springer-Verlag, Berlin, 485 p.*

Hucko, P. & Pišoft, O., 2000: Odbery a rozbory sedimentov z vodárenskej nádrže Starina. Záverečná správa. *Manuskript. Archív VÚVH, Bratislava.*

Hucko, P., Hudec, I., Pišoft, O. & Weigeltová, S., 2001: Posúdenie výskytu vodných rias v rybníkoch mesta Spišské Vlachy. Záverečná správa. *Manuskript. Archív VÚVH, Bratislava.*

Hucko, P., 2005a: Vplyv antropogénnej činnosti v povodí Zemplínskej Šíravy na kvalitu akumulovaných sedimentov. *Vodohospodársky spravodajca, 3 – 4, 37 – 39.*

Hucko, P., 2005b: Zhodnotenie kvality sedimentov vodného diela Liptovská Mara – Bešeňová. *Vodohospodársky spravodajca, 7 – 8, 13 – 16.*

Iglárová, Ľ., Wagner, P., Hrašna, M., Cipciar, A., Frankovská, J., Bajtoš, P., Smolárová, H., Gluch, A., Vlčko, J., Bodiš, D., Klukanová, A., Ondrášik, M., Ondrejka, P., Liščák, P., Pauditš, P., Petro, Ľ., Dananaj, I., Hagara, R., Moczo, P., Labák, P., Kristeková, M., Ferianc, D., Vanko, J., Kováčiková, M., Záhorová, Ľ., Mikita, S., Matys, M., Gajdoš, V., Masarovičová, M., Slávik, I., Vybíral, V., Rapant, S., Greif, V., Brček, M., Kordík, J. & Slaninka, I., 2011: Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory, správa za obdobie 2002 – 2009, záverečná správa. *Manuskript. Archív MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.*

Klukanová, A., Wagner, P. & Hagara, R., 2006: Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory. Informácia o stave

monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 12 s.*

Matok, P. & Hucko, P., 2001: Erózno-sedimentačné procesy na VN Klenovec. Časť C: Kvalitatívne zloženie sedimentov so zameraním na obsah látok podmieňujúcich eutrofizáciu. Záverečná správa. *Manuskript. Archív VÚVH, Bratislava.*

Metelková, M., Döményová, J., Slobodník, J., Oswald, P., Murín, M., Drastichová, I. & Kušnír, P., 2004: Vyhodnotenie výsledkov prieskumného monitoringu v roku 2003. Chemické látky prítomné vo vzorkách odpadových, povrchových vôd a sedimentov riek a ekotoxikologické analýzy. Záverečná správa. *Manuskript. Archív SHMÚ, Bratislava.*

Metodický pokyn Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 27. augusta 1998 č. 549/98-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží. Banská Bystrica 1998.

Meyer, W. T., Theobald, P. K. & Bloom, H., 1979: Stream sediment geochemistry. *In: Hood, P. J. (ed.): Geophysics and geochemistry in the search for metallic ores. Geol. Surv. Canada, Geological Report, 31, 411 – 434.*

Plant, J. A. & Hale, M., 1994: Drainage geochemistry in mineral exploration. *Handbook of exploration geochemistry, 6. Elsevier, Amsterdam.*

Pliešovská, N., Flórián, K. & Seszták, J., 1999: Znečistenie vodných tokov a nádrží východného Slovenska anorganickými polutantami. *In: Zbor. prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou „Sedimenty vodných tokov a nádrží". VÚVH Bratislava, 20 – 21. 10. 1999, 54 – 56.*

Rozhodnutie Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky č. 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok. *Vestník MP 1994.*

Sirotiak, M., 2005: Zhodnotenie kontaminácie dnových sedimentov vodných diel Veľké Kozmálovce, Ružín a Zemplínska Šírava organickými polutantmi. *In: Sedimenty vodných tokov a nádrží. Zbor. z konferencie so zahraničnou účasťou. SVHS ZSVTS pri VÚVH Bratislava, 47 – 62.*

Valúchová, M., Kobelová, M., Hucková, A., Šípoš, P. & Nagy, Š., 2002: Monitoring kvality povrchových vôd a sedimentov tokov, kanálov a zdrže ovplyvnených vodným dielom Gabčíkovo. Záverečná správa za obdobie do 31. 12. 2001. *Manuskript. Archív SVP, OZ Povodie Dunaja, š. p., Bratislava.*

Valúchová, M., Kobelová, M., Hucková, A., Tarabová, M. & Nagy, Š., 2004: Monitoring kvality povrchových vôd a sedimentov tokov, kanálov a zdrže ovplyvnených vodným dielom Gabčíkovo. Záverečná správa za obdobie do 31. 12. 2003. *Manuskript. Archív SVP, š. p., OZ Povodie Dunaja, š. p., Bratislava.*

Valúchová, M., Kobelová, M., Hucková, A., Tarabová, M. & Nagy, Š., 2005: Monitoring kvality povrchových vôd a sedimentov tokov, kanálov a zdrže ovplyvnených vodným dielom Gabčíkovo. Záverečná správa za obdobie do 31. 12. 2004. *Manuskript. Archív SVP, š. p., OZ Bratislava.*

Weigeltová, S., 2003: Zaťaženie sedimentov fosforom vo vodných nádržiach na Slovensku. *In: Sedimenty vodných tokov a nádrží. Zbor. z konferencie so zahraničnou účasťou. SVHS ZSVTS pri VÚVH Bratislava, 71 s.*

Rukopis doručený 3. 1. 2013
Revidovaná verzia doručená 7. 2. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Monitoring of stream sediments in Slovakia

Paper presents results of stream sediment monitoring program in the Slovak Republic implemented from 1996. The monitoring has been established within the framework of the project "Partial Monitoring System – Geological Factors", aiming to obtain background information on abiotic component of natural environment. Stream sediment monitoring is carried out yearly on a national network of 48 locations distributed throughout Slovakia (Fig. 1). Analysed parameters and used laboratory techniques are shown in Tabs. 1 and 2.

Basic statistical parameters of analysed compound for the period 1996–2011 and coefficients of temporal and spatial variability are presented in Tabs. 3 and 4. Based on the temporal variability of element contents, the elements are distinguished with a stable contents, moderate stability and unstable contents. Natural geological conditions govern the origin of elements with the stable contents (Na, K, Mg, Al and Fe). Their distributions at selected monitoring sites and histograms are presented in Figs. 2 and 3, respectively. Distribution of elements with moderate temporal variability (Ca, Ni, Mn, Co, Zn, Cr and Cu) largely depends on natural conditions in the area, but their greater variability can condition also anthropogenic activities. Their distribution at selected monitoring sites and histograms are given in Figs. 4 and 5, respectively. High spatial and temporal variability of element concentrations (unstable contents), usually put down to both natural geological conditions and/or anthropogenic contamination, is typical for elements As, Se, Pb, Hg, Cd and Sb (distribution at selected monitoring sites and histograms are presented in Figs. 5 and 6, respectively).

To assess the contamination level of stream sediments the limit values in terms of "Decisions of the Ministry of Agriculture No. 531/1994-540", as well as in terms of "Methodological guidelines of Ministry of the Environment No. 549/98-2" are used (Tab. 5). The results of sediment quality assessment (comparison of measured values with limit values), in particular for non standardized and standardized sediments, are presented in Tabs. 6 and 7. Contamination pattern of monitored stream sediments does not vary significantly in 16 years monitoring period. Good stream sediment quality and rare presence of pollutants are typical for the most of the main Slovak rivers. Anomalies with contaminated sites have been permanently

observed at monitoring sites: Štiavnica – mouth (locality 25), Hron – Kalná nad Hronom (52), Hron – Kamenica (53), Hnilec – inflow into dam Ružín (33) and Hornád – Krompachy (32). They are partly caused by natural background conditions (occurrence of ore deposits) where the migration of contaminants is forced in sediments due to intensive mining and industrial activities in the past. Very serious anthropogenic pollution permanently occurs in the Nitra river basin – monitoring sites: Nitra – Chalmová (14), Nitra – Lužianky (15) and Nitra – Nitriansky Hrádok (50).

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 443 – 460
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Variabilita chemického zloženia zimných zrážok na Slovensku za 36 rokov pozorovania

DUŠAN BODIŠ, JOZEF KORDÍK a IGOR SLANINKA

Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Variability of chemical composition of winter precipitations in Slovakia for 36 years of observation

Paper presents results of snow cover monitoring program in the Slovak Republic implemented from 1976. The monitoring is recently realized within the framework of the project "Monitoring of geological factors of environment", which comprises background information on abiotic component of natural environment. Snow cover is an important medium that reflects the status and quality of environment. Changes in chemical composition of snow at a time represent an important input information especially for environmental geochemical evaluation of the effects of atmospheric deposition on the environment and quality of groundwater.

Snow cover monitoring is carried out yearly on a national network of 44 locations throughout Slovakia. Variability of chemical composition in the Slovak territory reflects mainly the origin of air material, synoptic situation, precipitation amount and global/regional/local pollution of atmosphere. The highest contents of dissolved solids were documented close to densely populated areas, industrial parks and agricultural areas. Snows characterize low pH values (almost one third of samples with values less than 4.4). On the other hand, pH above 7 was observed close to cement factories and magnezite industry. In the case of total dissolved solids, nitrates, ammonium ions and sulphates, the decrease of values in time is obvious mainly due to the drop of industrial activities after 1989. By contrast, a trend of pH value increase is documented in snow cover of Slovakia.

Key words: snowpack, winter precipitation, chemical composition, monitoring, quality changes with altitude

Úvod

Snehová pokrývka je významným médiom, ktoré odráža stav a kvalitu životného prostredia. Charakter a zmeny jej chemického zloženia v čase sú dôležitou vstupnou informáciou najmä pre environmentálno-geochemické hodnotenie vplyvov atmosférickej depozície na prírodné prostredie a kvalitu podzemnej vody. Monitorovanie snehovej pokrývky bolo v regionálnom meradle na území Slovenskej republiky začaté v zimnom období 1976/1977 v Geologickom ústave Dionýza Štúra v základnej sieti 44 odberových miest. V súčasnosti je k dispozícii 36-ročný cyklus pozorovania, ktorý bol postupne hodnotený v prácach: Gazda a Lopašovský (1983), Vrana et al. (1989, 1994), Rapant et al. (1996). Pôvodne bol tento výskum realizovaný v rámci hydrogeologického a hydrogeochemického výskumu a od roku 1996 bol zaradený do „Monitorovacieho systému geologických faktorov životného prostredia SR" (Klukanová et al., 1998; Iglárová et al., 2011). Súhrn informácií z 25-ročných výsledkov monitorovania s dôrazom na štatistické spracovanie celého obdobia bol zhodnotený v práci Bodiša et al. (2000). Zhodnotenie výsledkov z 36-ročného pozorovania je predmetom tohto príspevku.

Vo svete je systematickému monitorovaniu snehovej pokrývky venovaná pozornosť vo viacerých krajinách. Práce sú realizované predovšetkým v horských oblastiach s dostatkom snehovej pokrývky, resp. v chladných oblastiach s nepretržitou snehovou pokrývkou – zaľadnením (napr. Sharp et al., 2002). Údaje z monitorovania snehov predstavujú cenný materiál pri hodnotení klimatických pomerov (Mayewski et al., 1994), pri hodnotení histórie znečistenia v danej oblasti (napr. Barrie et al., 1985; Wagenbach et al., 1988; Boutron, 1995) a hodnotení sezónnych zmien a časových trendov fyzikálno-chemických ukazovateľov (Ingersoll et al., 2008; Heuer et al., 2000; Clow et al., 2002; Hiltbrunner et al., 2005).

Východiskový stav prevažného systému tvorby chemického zloženia podzemných vôd predstavuje chemické zloženie atmosférických vôd. Atmosféru možno z energetického hľadiska látkovej výmeny považovať za otvorený systém, v ktorom je ustálená rovnováha geochemických cyklov prvkov a látok. Zdrojom týchto buď prírodných alebo antropogénnych látok môže byť rozpúšťanie vzdušných plynov prírodného pôvodu, aerosóly morského pôvodu, terigénny prach a produkty antropogénnej činnosti.

Z celkového hodnotenia klimatických a hydrologických pomerov Slovenska vyplýva, že veľký význam pre tvorbu zásob podzemných vôd majú zimné zrážky uložené na zemskom povrchu v podobe snehovej pokrývky, pretože

v čase jarného topenia sú hlavným zdrojom doplňania zásob podzemných vôd, najmä v horských oblastiach. Preto sa pri hodnotení chemického zloženia zrážkových vôd uplatňujú výsledky 36-ročného monitorovania kvality snehovej pokrývky. Reprodukovateľnosť týchto vstupných údajov do hydrologického cyklu vody sa v požadovanej miere zabezpečila porovnaním s hodnotami mokrej a suchej depozície za niekoľko zimných polrokov na pozaďovej zrážkomernej stanici EMEP Chopok (Babiaková et al., 1987).

Základná charakteristika monitorovacej siete snehov a stručná metodika

Výber monitorovacej siete je účelovo podriadený hlavným cieľom monitoringu tohto čiastkového subsystému. Vzhľadom na najdôležitejšie faktory, ktoré ovplyvňujú chemické zloženie zimných zrážok, sú ciele monitorovania kvality snehovej pokrývky takéto:

- poznanie mechanizmu vytvárania zásob množstva vôd a procesov tvorby chemického zloženia podzemných vôd,
- uvážené zásahy do prírodného prostredia z hľadiska acidifikácie prírodných receptorov (prírodná voda, pôda, horniny, biomasa a pod.),
- monitorovanie vplyvu zmien množstva a kvality roztokov vzniknutých topením snehovej pokrývky na priebeh procesov zvetrávania, presadavosti, zosúvania a pod.,
- poznanie potenciálneho prínosu atmosférických solí za časové obdobie a poznanie zaťaženia atmosféry,
- poznanie stupňa a charakteru znečistenia životného prostredia Slovenskej republiky s možnosťou vytvoriť model vývoja na základe dlhodobého (historického) radu pozorovaní.

Pri výbere lokalít bola zohľadnená výšková diferenciácia terénu (lokality vysokohorské, nížinné) s prednostnou orientáciou na horské oblasti, v ktorých sa formujú hlavné zásoby vodohospodársky využiteľných podzemných a povrchových vôd, geologickú stavbu (prednostná orientácia na územia budované z hľadiska infiltrácie hydrogeologicky priaznivými horninami), prevládajúce cyklonálne a anticyklonálne situácie v zimnom období (a s nimi spojené prevládajúce smery prúdenia vzdušných hmôt) a lokalizácia niektorých významných regionálnych zdrojov znečisťovania atmosféry (oblasť Bratislavy, Horné Ponitrie, Vojany vo Východoslovenskej nížine a pod.), t. j. výber lokalít je zameraný na zachytenie vplyvu globálnych/regionálnych a lokálnych zdrojov a ich identifikáciu.

Vstupné monitorovacie prvky reprezentujú chemické účelové analýzy snehových roztokov z každého bodu monitorovacej siete.

Tieto údaje sú získavané expedičným odberom kompozitných vzoriek v 44 stabilných odberových miestach z celého profilu snehovej pokrývky. Po pozvoľnom roztopení vzorky a homogenizácii je upravenými štandardnými metódami robená chemická analýza (Gazda a Lopašovský, 1983), modifikovaná v roku 2006 aplikáciou citlivejších analytických techník. Modifikácia bola doprevádzaná aj zmenou laboratória. V súčasnosti chemické analýzy realizuje GAL Spišská Nová Ves, regionálne centrum ŠGÚDŠ, ktoré je pre daný typ analýz akreditovaným laboratóriom. Miera neistôt vyplývajúca z uvedených zmien nebola doposiaľ testovaná. Vzorkovanie je realizované jedenkrát ročne, čo reprezentuje jednu informáciu o chemickom zložení snehovej pokrývky z jednej lokality. Monitorovacia sieť a jednotlivé odberové miesta sú dokumentované na obr. 1. Lokality sú prakticky fixnými miestami, okrem odberového miesta Starý Hrozenkov, ktoré sa po vzniku Slovenskej republiky premiestnilo o cca 1,5 km k hranici s Českou republikou.



Obr. 1. Monitorovacia sieť odberu vzoriek zimných zrážok (snehov).

Fig. 1. Monitoring sites of winter precipitations (snow pack).

Výsledky a diskusia

Hodnotenie chemického zloženia snehov

Hodnoty celkovej mineralizácie sa pohybujú od 2,04 mg · l^{-1} do 162,8 mg · l^{-1} (tab. 1), pričom najnižšie hodnoty sú dokumentované v oblasti Vysokých Tatier, Nízkych Tatier a Veľkej Fatry. Najvyššie hodnoty celkovej mineralizácie sa viažu na nížinné oblasti a medzihorské depresie, kde sa sústreďuje osídlenie, priemysel a poľnohospodárske aktivity. Všeobecne však možno povedať, že maximálne hodnoty sú priamo viazané na veľké mestské a priemyselné aglomerácie, ako Bratislava, Košice, resp. na veľké bodové zdroje znečistenia atmosféry.

V našich geograficko-klimatických podmienkach variabilita chemického zloženia snehovej pokrývky odráža predovšetkým pôvod vzduchových hmôt, synoptickú situáciu, množstvo zrážok (v prípade snehovej pokrývky jej vodnú hodnotu), globálne, regionálne a lokálne znečistenie atmosféry, charakter suchého spádu (morská, terestrická, antropogénna emisia), dĺžku trvania snehovej pokrývky a chod teploty vzduchu.

Významné sú zistenia o značne nízkom pH roztoku z roztopeného snehu, ktorý následne reaguje najskôr s vegetačným a pôdnym pokryvom a potom s horninovým prostredím, pričom sa jeho chemické zloženie značne metamorfuje a nastávajú negatívne zmeny najmä v pôdnom profile (napr. znižovanie obsahu bázických katiónov a nutrientov). Dôsledky týchto zmien postihujú najmä vegetáciu, ale aj iné prírodné receptory. Takéto procesy sú aktuálne najmä v oblastiach budovaných granitoidnými horninami (ako napr. v Tatrách), teda v prostredí, ktoré má najmenšiu hydrolytickú kapacitu. Z tohto hľadiska je významný fakt, že za doterajšie obdobie pozorovania takmer tretina vzoriek (28,8 %) má hodnotu pH < 4,4 a 3,4 % vzoriek hodnotu pH < 4,0. Na druhej strane sa vyskytujú prípady s pH nad 7 (3,8 % vzoriek), čo je väčšinou zapríčinené alkalickými úletmi najmä v blízkosti cementární a magnezitového priemyslu (typickým príkladom je odberové miesto Zádielska dolina, kde sa hodnoty pH pohybovali v rozmedzí 3,92 – 9,42).

Základné štatistické parametre chemického zloženia snehovej pokrývky v jednotlivých pozorovaných lokalitách za 36-ročnú dobu monitorovania sú uvedené v tab. 1. Z hľadiska vývoja celkovej mineralizácie, ktorá predstavuje sumárnu charakteristiku chemického zloženia snehov, možno povedať, že najväčšie prekročenie priemerných celoslovenských hodnôt bolo zistené v lokalitách Pezinská Baba, Patince, Zádielska dolina, Vojany, Bratislava – Slovnaft a Plešivec. V uvedených oblastiach má najväčší vplyv lokálna kontaminácia atmosféry pochádzajúca prevažne z priemyselných emisií alkalického a kyslého charakteru.

Ako „pozaďová oblasť" bol vyčlenený výškový profil vo Vysokých Tatrách (Lomnický štít – Skalnaté pleso – Tatranská Lomnica) s hodnotami pomeru celoslovenských priemerných koncentrácií k hodnotám nameraným v týchto lokalitách v intervale zväčša 0,57 – 0,62.

Maximálne obsahy síranov, foriem dusíka a chloridov sú spôsobené v prevažnej miere emisiami SO_x , NO_x poprípade Cl. Pomerne veľký podiel na chemickom zložení snehu má tzv. morský aerosól (Na a Cl) a terigénny materiál (najmä Ca, v našich podmienkach sú však najvyššie obsahy viazané na okolie cementární a úpravní magnezitu, kde sa hodnoty pH môžu pohybovať nad 8,0). Maximálne obsahy Zn, Fe sú typické pre veľké mestské aglomerácie so sústredeným priemyslom.

Ak hodnotíme celkovú mineralizáciu snehu ako výsledok kumulatívneho vplyvu od jeho vzniku až po globálne a lokálne faktory, potom distribúcia najnižších priemerných hodnôt je viazaná na horské oblasti a pohybuje sa zvyčajne do 10 mg · l^{-1}. Maximálne priemerné hodnoty sú silno ovplyvnené lokálnou antropogénnou činnosťou viazanou na mestské aglomerácie, domáce kúreniská a ich okolie. Výsledný efekt antropogénnych aktivít vedie k dvom základným efektom. Snehový roztok má buď kyslý charakter (pH 5,0 – 6,0), alebo výrazne alkalický s hodnotami pH aj nad 8,0 pri vysokých priemerných hodnotách celkovej mineralizácie. Prvý typ sa vyskytuje hlavne v okolí Bratislavy s priemernou hodnotou celkovej mineralizácie 24,86 mg · l^{-1}, s maximálnou hodnotou 70,27 mg · l^{-1} (lokalita Slovnaft) a v oblasti Patiniec, Ružomberka, Nitry, Vojan, Handlovej-Novák a pod.. Druhý typ je predovšetkým spojený s alkalickými úletmi, zdrojom ktorých sú najmä výroba cementu a spracovanie magnezitu. Sem patria lokality Pezinská Baba, Zádielska dolina a oblasť Jelšavy s priemernými hodnotami celkovej mineralizácie okolo 23 až 26 mg · l^{-1} a maximálnym obsahom aj nad 100 mg · l^{-1}, čo naznačuje rozpúšťanie alkalických úletov hlavne z cementární a magnezitového priemyslu, v dôsledku čoho dochádza k extrémnym nárastom hodnôt pH.

Profil Tatranská Lomnica – Skalnaté pleso – Lomnický štít

Vzťah obsahu vybraných iónov chemického zloženia k nadmorskej výške pre všetky monitorované lokality bol popísaný v práci Bodiša et al. (2000). V podstate závisí najmä od skutočnosti, že nižšie položené odberové miesta sú jednoznačne ovplyvnené regionálnymi a lokálnymi zdrojmi emisií, ktoré v horských oblastiach predstavujú oveľa menší vplyv na zloženie atmosférickej depozície. V horských oblastiach by v podstate mali prevládať globálne črty chemického zloženia miestami ovplyvnené malými lokálnymi zdrojmi (turistické, chatové a iné objekty). Z týchto dôvodov bola uvedená závislosť analyzovaná vo vybranom profile Tatranská Lomnica – Skalnaté pleso – Lomnický štít, ktorý má výškový rozdiel až 1 732 m a vo vzťahu k ostatným monitorovaným lokalitám je situovaný v tzv. „pozaďovej oblasti". Spracované boli pozorovania za 36-ročné obdobie, pričom treba poznamenať, že v niektorých zimných obdobiach z technických príčin vzorky neboli odobrané.

Základným princípom poznania určitých vzťahov bola podrobná štatistická analýza výsledkov 36-ročného monitoringu výškového profilu a ich interpretácia.

Výsledky popisnej štatistiky z odberových miest Tatranská Lomnica, Skalnaté pleso a Lomnický štít

Tab. 1
Základné štatistické parametre chemického zloženia snehov (36-ročné pozorovanie)
Basic statistical parameters of snow chemical composition (36-years of observation)

Lokalita		pH	M	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	NH_4^+	Fe	Zn	Al	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
Všetky vzorky	n	1 408	1 408	1 408	1 408	1 408	1 408	1 408	1 408	1 366	1 295	1 408	1 408	1 408	1 408
	x	4,98	13,94	0,39	0,16	0,27	1,39	0,67	0,17	0,03	0,18	1,72	2,32	3,92	1,97
	med	4,66	10,36	0,2	0,094	0,17	0,78	0,447	0,075	0,0145	0,062	0,95	1,95	2,95	0,6
	s	0,93	12,60	1,03	0,40	0,37	2,01	0,95	0,30	0,09	0,35	2,47	1,82	4,15	4,44
	min	3,70	2,04	0,003	0,001	0,01	0,01	0,0015	0,0005	0,0001	0,0006	0,05	0,005	0,1	0
	max	9,42	162,78	28,09	9,5	4,54	24,2	23,2	3,5	2,85	3,72	45,2	30,6	78,63	62,24
Banský Studenec	n	35	35	35	35	35	35	35	35	34	32	35	35	35	35
680 m n. m.	x	4,47	9,14	0,20	0,13	0,12	0,61	0,51	0,09	0,10	0,11	1,18	2,14	2,88	0,37
	med	4,40	7,73	0,15	0,075	0,11	0,43	0,37	0,034	0,012	0,0466	0,65	2	2,5	0
	s	0,35	5,49	0,17	0,23	0,08	0,66	0,49	0,13	0,49	0,17	1,34	1,24	2,19	0,86
	min	3,90	2,76	0,01	0,005	0,01	0,04	0,003	0,008	0,0001	0,004	0,05	0,4	0,36	0
	max	5,30	25,01	0,7	1,05	0,3	3,6	2,05	0,58	2,85	0,75	4,96	5,5	11,5	4,27
Branisko	n	33	33	33	33	33	33	33	33	32	30	33	33	33	33
770 m n. m.	x	5,24	14,19	0,44	0,26	0,37	1,60	0,49	0,30	0,05	0,13	1,68	1,95	3,31	3,04
	med	4,90	9,73	0,21	0,1	0,23	1,03	0,38	0,118	0,021	0,0569	0,9	1,9	2,95	1,2
	s	1,00	11,92	0,57	0,56	0,54	1,75	0,42	0,54	0,06	0,19	1,58	1,17	1,92	6,43
	min	4,07	3,7	0,01	0,01	0,03	0,27	0,034	0,011	0,0001	0,005	0,1	0,27	0,51	0
	max	7,65	66,85	2,1	2,82	2,72	8,38	1,77	2,71	0,2	0,9	5,8	6,4	7,35	35,65
Bratislava-Slovnaft	n	30	30	30	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30
130 m n. m.	x	6,09	24,86	0,74	0,22	0,60	3,38	0,84	0,32	0,05	0,29	2,75	3,22	6,46	5,06
	med	5,85	20,685	0,5695	0,125	0,44	2,63	0,57	0,18	0,032	0,13935	1,53	2,43	4,635	3,35
	s	1,27	16,86	0,62	0,28	0,46	2,75	0,82	0,41	0,05	0,42	3,74	2,37	6,17	4,88
	min	4,40	4,76	0,02	0,03	0,03	0,23	0,012	0,0056	0,0001	0,01	0,25	0,025	0,42	0
	max	8,92	70,27	2,49	1,52	2	10,5	4,17	2,05	0,23	2,2	17,37	11,5	30,1	20,9
Bratislava-Železná studnička															
300 m n. m.	n	35	35	35	35	35	35	35	35	34	32	35	35	35	35
	x	4,61	16,91	0,50	0,17	0,19	1,48	1,36	0,13	0,04	0,13	2,14	3,25	5,14	1,51
	med	4,46	13,03	0,16	0,1	0,18	0,64	1,24	0,075	0,0235	0,06035	0,75	3,2	4,35	0
	s	0,67	13,97	1,53	0,13	0,15	1,81	1,18	0,16	0,06	0,18	3,43	1,61	4,10	3,07
	min	3,90	3,3	0,03	0,02	0,02	0,04	0,003	0,0078	0,0001	0,0029	0,05	0,41	0,78	0
	max	6,85	78,73	9,22	0,54	0,75	8,25	5,1	0,85	0,35	0,8	18,8	8,03	16,46	13,1
Cejkov	n	29	29	29	29	29	29	29	29	28	27	29	29	29	29
210 m n. m.	x	4,71	14,07	0,20	0,18	0,19	1,15	1,04	0,23	0,02	0,20	1,58	2,86	4,60	1,03
	med	4,60	12,75	0,16	0,12	0,18	1,04	0,8	0,119	0,0145	0,14	0,95	2,2	4,65	0,49
	s	0,59	8,44	0,16	0,21	0,13	0,99	1,04	0,32	0,03	0,22	1,61	2,30	2,79	1,60
	min	3,78	3,46	0,02	0,03	0,03	0,25	0,006	0,021	0,0018	0,0134	0,1	0,51	0,15	0
	max	6,34	33,46	0,7	1,05	0,59	4,85	4,5	1,68	0,18	0,95	6,2	9,67	10,45	7,18
Čertovica	n	36	36	36	36	36	36	36	36	35	33	36	36	36	36
1 260 m n. m.	x	4,93	11,92	0,54	0,10	0,25	1,15	0,42	0,09	0,02	0,11	1,79	1,72	3,31	1,89
	med	4,71	8,665	0,195	0,052	0,108	0,52	0,275	0,039	0,013	0,035	0,695	1,585	2,425	0,61

Lokalita		pH	M	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	NH_4^+	Fe	Zn	Al	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
	s	0,87	10,37	1,38	0,10	0,40	1,43	0,40	0,12	0,03	0,19	3,46	0,89	3,09	3,12
	min	3,95	2,27	0,03	0,003	0,01	0,08	0,003	0,001	0,001	0,001	0,06	0,15	0,6	0
	max	7,40	47,15	8,3	0,44	2,05	7,03	1,78	0,59	0,15	0,89	20,2	3,75	17,3	12,8
Červený Kláštor	n	32	32	32	32	32	32	32	32	31	29	32	32	32	32
540 m n. m.	x	5,16	12,82	0,23	0,13	0,20	1,59	0,48	0,14	0,03	0,11	1,53	1,83	2,76	2,85
	med	4,85	10,205	0,13	0,0675	0,14	0,84	0,31	0,0545	0,013	0,068	0,975	1,44	2,375	1,05
	s	0,99	8,40	0,31	0,17	0,16	1,81	0,48	0,18	0,06	0,11	1,38	1,46	2,68	4,92
	min	4	3,34	0,01	0,003	0,03	0,12	0,003	0,01	0,0001	0,0048	0,28	0,005	0,27	0
	max	7,58	32,38	1,6	0,96	0,67	6,46	2,48	0,85	0,35	0,4	5,8	7,1	14,3	22,57
Dobšiná	n	34	34	34	34	34	34	34	34	33	31	34	34	34	34
850 m n. m.	x	5,74	13,93	0,21	0,11	0,38	1,78	0,50	0,19	0,02	0,12	1,10	1,81	3,45	3,59
	med	5,58	11,435	0,15	0,076	0,255	1,205	0,32	0,088	0,0109	0,0379	0,675	1,895	2,71	1,75
	s	1,34	7,84	0,22	0,12	0,36	1,37	0,46	0,26	0,03	0,21	0,96	1,04	2,73	4,33
	min	4,10	2,97	0,01	0,003	0,03	0,19	0,008	0,001	0,0001	0,0015	0,05	0,25	0,55	0
	max	9	31,65	0,85	0,6	1,54	5,03	2,04	1,1	0,16	1,09	3,55	5	12,65	15,3
Donovaly	n	35	35	35	35	35	35	35	35	34	32	35	35	35	35
970 m n. m.	x	4,89	9,47	0,29	0,12	0,28	1,12	0,33	0,12	0,04	0,06	1,32	1,54	2,44	1,17
	med	4,63	8,83	0,22	0,08	0,16	0,61	0,242	0,048	0,01535	0,035	0,85	1,4	2,4	0,62
	s	0,75	6,15	0,22	0,14	0,59	2,17	0,26	0,25	0,07	0,09	1,58	0,90	1,68	1,48
	min	3,90	2,59	0,01	0,01	0,02	0,04	0,003	0,006	0,0001	0,001	0,1	0,05	0,55	0
	max	6,24	37,87	1,05	0,7	3,6	13	0,93	1,45	0,31	0,49	9,12	4,15	7,3	6,1
Dukla	n	31	31	31	31	31	31	31	31	30	28	31	31	31	31
480 m n. m.	x	4,74	15,56	0,41	0,16	0,26	1,09	0,86	0,27	0,03	0,33	1,91	2,94	5,11	1,34
	med	4,40	13,43	0,28	0,1	0,15	0,75	0,76	0,093	0,01675	0,17055	1,12	2,85	5,2	0
	s	0,91	9,84	0,42	0,19	0,28	1,02	0,71	0,49	0,03	0,53	1,78	1,59	3,99	2,39
	min	3,84	4,86	0,03	0,03	0,03	0,12	0,037	0,0123	0,0001	0,01	0,53	0,3	0,34	0
	max	7,30	41,87	1,69	1,03	1,28	4,48	3,24	2,6	0,1	2,4	8,3	6,8	18,41	7,85
Hajnáčka	n	27	27	27	27	27	27	27	27	26	25	27	27	27	27
260 m n. m.	x	5,16	18,45	0,53	0,31	0,39	1,81	0,92	0,51	0,03	0,27	2,07	2,43	5,96	2,32
	med	4,98	12,57	0,18	0,12	0,3	1,2	0,64	0,39	0,0135	0,0929	1,42	2,35	4,66	1,55
	s	0,79	14,63	0,95	0,84	0,32	2,12	1,02	0,54	0,04	0,39	2,41	1,52	4,96	3,09
	min	4,20	3,9	0,01	0,03	0,02	0,29	0,018	0,0166	0,0008	0,005	0,25	0,03	0,15	0
	max	6,68	70,71	3,6	4,47	1,35	11,73	4,6	2,25	0,17	1,3	9,34	6,4	21,95	14,05
Handlová-	n	31	31	31	31	31	31	31	31	30	30	31	31	31	31
-Nová Lehota	x	4,89	15,20	0,35	0,14	0,37	1,32	0,61	0,33	0,02	0,46	1,75	2,69	4,93	1,32
600 m n. m.	med	4,65	11,8	0,25	0,07	0,231	0,9	0,54	0,12	0,01535	0,11685	1,04	2,6	3,81	0,55
	s	0,66	10,56	0,32	0,25	0,39	1,09	0,46	0,72	0,02	0,80	2,24	1,45	5,39	2,13
	min	4,10	3,76	0,03	0,005	0,03	0,06	0,031	0,0034	0,0001	0,005	0,14	0,54	0,15	0
	max	6,64	54,13	1,43	1,4	2,05	4,2	2,14	3,5	0,085	3,69	12,02	7,25	28,6	9,15
Homôlka	n	32	32	32	32	32	32	32	32	31	29	32	32	32	32
770 m n. m.	x	4,80	10,79	0,26	0,14	0,17	0,96	0,66	0,08	0,02	0,10	1,29	2,31	3,34	0,87
	med	4,59	10,265	0,245	0,1	0,14	0,751	0,495	0,0625	0,017	0,049	0,81	2,05	2,965	0,31
	s	0,71	5,40	0,22	0,15	0,10	0,80	0,69	0,07	0,02	0,12	1,24	1,39	2,49	1,11

Lokalita		pH	M	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	NH_4^+	Fe	Zn	Al	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
	min	3,90	4	0,005	0,03	0,05	0,25	0,006	0,0035	0,0001	0,0021	0,1	0,4	0,15	0
	max	7,12	30,24	1,19	0,81	0,39	4,7	3,15	0,28	0,08	0,46	5,35	5,7	12,19	4,27
Horný Tisovník	n	33	33	33	33	33	33	33	33	32	30	33	33	33	33
570 m n. m.	x	4,71	10,01	0,25	0,17	0,19	0,74	0,52	0,13	0,02	0,16	1,24	2,08	3,07	0,88
	med	4,54	9,4	0,21	0,087	0,15	0,6	0,34	0,073	0,0105	0,0663	0,82	1,84	2,85	0,3
	s	0,58	5,29	0,20	0,23	0,17	0,60	0,50	0,16	0,03	0,18	1,13	1,23	2,13	1,30
	min	3,85	2,89	0,01	0,005	0,02	0,13	0,003	0,0035	0,0001	0,004	0,1	0,64	0,1	0
	max	6,20	20,76	0,91	1	0,89	2,55	1,85	0,693	0,16	0,59	4,14	6,17	8,25	4,88
Chopok-Jasná	n	35	35	35	35	35	35	35	35	34	32	35	35	35	35
1 180 m n. m.	x	5,07	8,85	0,19	0,11	0,24	0,92	0,30	0,10	0,03	0,10	1,19	1,24	2,31	1,59
	med	4,84	7,74	0,12	0,086	0,15	0,6	0,26	0,058	0,0115	0,05	0,85	1	1,75	1,2
	s	0,79	5,20	0,18	0,12	0,26	0,89	0,27	0,13	0,05	0,18	1,18	0,74	1,78	1,62
	min	4	2,05	0,003	0,003	0,01	0,01	0,014	0,003	0,0001	0,0016	0,1	0,15	0,25	0
	max	7,20	21,67	0,74	0,58	1,19	3,7	1,17	0,63	0,23	0,96	4,13	3,15	7,51	5,55
Chopok-Srdiečko	n	35	35	35	35	35	35	35	35	34	33	35	35	35	35
1 100 m n. m.	x	5,17	9,83	0,32	0,13	0,24	0,91	0,42	0,09	0,02	0,07	1,18	1,30	2,32	2,40
	med	4,88	8,74	0,24	0,08	0,13	0,68	0,23	0,051	0,01285	0,039	0,75	0,98	2,1	1,2
	s	0,83	6,59	0,34	0,13	0,28	0,87	0,40	0,15	0,03	0,08	1,08	0,79	1,55	4,37
	min	3,95	2,04	0,02	0,01	0,03	0,09	0,003	0,0005	0,0013	0,001	0,12	0,45	0,15	0
	max	6,97	36,19	1,73	0,61	1,24	4,62	1,47	0,88	0,105	0,3	3,55	3,2	5,41	24,4
Lehôtka p. Brehy	n	32	32	32	32	32	32	32	32	31	30	32	32	32	32
300 m n. m.	x	4,84	13,53	0,51	0,15	0,20	0,94	0,66	0,23	0,03	0,44	1,93	2,34	4,04	1,33
	med	4,79	11,715	0,33	0,105	0,185	0,845	0,6025	0,14	0,02	0,1745	1,15	2,15	2,89	0,605
	s	0,56	7,90	0,67	0,14	0,12	0,67	0,46	0,25	0,03	0,65	2,11	1,57	3,21	2,02
	min	4	2,78	0,04	0,01	0,01	0,03	0,012	0,007	0,0013	0,009	0,14	0,24	0,45	0
	max	6,33	35,44	3,67	0,57	0,64	3,5	1,89	0,95	0,17	2,74	8,3	8,5	16,05	8,36
Lokca	n	32	32	32	32	32	32	32	32	31	30	32	32	32	32
630 m n. m.	x	5,21	16,95	0,88	0,15	0,40	1,49	0,54	0,20	0,04	0,23	2,99	2,56	3,99	2,08
	med	5,09	12,935	0,32	0,1055	0,285	1,115	0,414	0,115	0,018	0,13695	1,51	2,3	3,05	1,25
	s	0,78	9,60	1,70	0,12	0,37	1,17	0,42	0,24	0,12	0,32	3,53	1,86	3,00	2,33
	min	4,20	5	0,005	0,02	0,08	0,22	0,066	0,008	0,0001	0,004	0,27	0,28	0,4	0
	max	7,10	38,11	7,7	0,5	1,98	5,7	1,66	0,975	0,68	1,6	15,89	8,4	12,1	9,15
Lomnický štít	n	28	28	28	28	28	28	28	28	27	25	28	28	28	28
2 632 m n. m.	x	5,01	9,80	0,63	0,23	0,21	0,93	0,35	0,08	0,04	0,07	2,45	0,78	2,20	1,37
	med	4,93	7,405	0,2	0,085	0,105	0,485	0,25	0,037	0,019	0,045	0,66	0,65	2,005	1,21
	s	0,66	8,43	1,22	0,65	0,41	1,32	0,36	0,09	0,07	0,08	4,97	0,58	1,27	1,30
	min	3,80	3,81	0,03	0,02	0,04	0,2	0,036	0,006	0,0049	0,0006	0,1	0,005	0,41	0
	max	6,45	43,73	5,81	3,53	2,25	7,2	1,759	0,41	0,32	0,35	25,09	2,32	4,94	6,1
Lupčianska dolina	n	36	36	36	36	36	36	36	36	35	33	36	36	36	36
830 m n. m.	x	4,93	8,17	0,19	0,10	0,18	0,83	0,33	0,08	0,03	0,06	1,17	1,48	2,13	1,18
	med	4,65	7,78	0,16	0,082	0,14	0,695	0,2535	0,04205	0,013	0,035	0,645	1,435	1,955	0,455
	s	0,73	3,74	0,14	0,08	0,13	0,64	0,31	0,11	0,06	0,11	1,24	1,00	1,48	1,49
	min	3,90	2,8	0,003	0,003	0,01	0,03	0,006	0,003	0,0001	0,0015	0,1	0,005	0,15	0

Lokalita		pH	M	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	NH_4^+	Fe	Zn	Al	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
	max	6,53	22,14	0,77	0,4	0,55	3,3	1,43	0,58	0,38	0,65	6,215	5,75	7,18	6,1
Martinské hole	n	33	33	33	33	33	33	33	33	32	31	33	33	33	33
480 m n. m.	x	4,75	10,02	0,24	0,10	0,18	0,75	0,40	0,12	0,02	0,16	1,36	1,87	2,97	1,00
	med	4,55	8,43	0,14	0,09	0,13	0,62	0,32	0,078	0,0104	0,0499	0,9	1,87	2,25	0,6
	s	0,61	5,10	0,31	0,11	0,17	0,61	0,28	0,17	0,02	0,24	1,37	1,24	2,14	1,47
	min	3,80	3,03	0,005	0,005	0,02	0,15	0,018	0,005	0,0001	0,001	0,18	0,005	0,25	0
	max	6,36	22,74	1,7	0,52	0,86	3	1,32	0,705	0,092	0,99	6,21	5,7	9,05	6,71
Muránska Planina	n	34	34	34	34	34	34	34	34	33	31	34	34	34	34
880 m n. m.	x	5,06	9,63	0,16	0,09	0,36	0,87	0,43	0,08	0,02	0,06	1,01	1,78	2,92	1,46
	med	4,75	9,155	0,13	0,08	0,245	0,715	0,367	0,053	0,0088	0,035	0,64	1,425	2,05	0,63
	s	0,82	4,75	0,12	0,06	0,34	0,65	0,37	0,07	0,02	0,06	1,07	1,08	2,36	1,65
	min	3,90	2,9	0,005	0,001	0,05	0,17	0,005	0,004	0,0001	0,0025	0,05	0,48	0,34	0
	max	6,77	27,32	0,59	0,25	1,55	3,4	1,83	0,262	0,12	0,21	3,9	5,08	10,84	5,2
Nitra-Zobor	n	30	30	30	30	30	30	30	30	30	26	30	30	30	30
340 m n. m.	x	4,97	18,83	0,31	0,25	0,25	2,34	1,07	0,14	0,05	0,15	1,52	3,23	5,58	3,33
	med	4,64	13,095	0,225	0,15	0,175	1,145	0,77	0,1035	0,015	0,0735	1,075	2,705	4,025	0,6
	s	1,07	20,17	0,26	0,26	0,36	4,27	0,86	0,18	0,09	0,21	1,31	2,06	5,13	9,92
	min	3,90	3,74	0,03	0,02	0,02	0,18	0,104	0,009	0,0002	0,0009	0,18	0,7	0,58	0
	max	8,24	103,63	1,24	1,2	2,02	22	3,8	0,98	0,4	0,77	4,61	8,8	20,55	50,22
Opavská hora	n	30	30	30	30	30	30	30	30	29	29	30	30	30	30
480 m n. m.	x	4,63	15,54	0,64	0,12	0,30	1,25	0,71	0,17	0,02	0,24	2,05	2,68	4,05	2,37
	med	4,46	11,215	0,3155	0,096	0,121	0,625	0,59	0,07	0,015	0,0891	1,065	2,445	3,45	0
	s	0,59	16,35	0,93	0,10	0,81	2,48	0,62	0,22	0,03	0,35	2,46	1,44	2,89	9,97
	min	4	3,66	0,02	0,01	0,01	0,07	0,003	0,0083	0,001	0,009	0,22	0,61	0,15	0
	max	6,95	90,42	4,04	0,34	4,54	13,66	2,85	0,88	0,19	1,5	8,8	5,85	13,3	54,9
Osčadnica	n	33	33	33	33	33	33	33	33	32	30	33	33	33	33
520 m n. m.	x	4,55	12,08	0,34	0,14	0,21	1,02	0,55	0,15	0,03	0,15	1,92	2,44	3,65	0,69
	med	4,40	10,8	0,25	0,11	0,16	0,64	0,46	0,063	0,01975	0,06665	1,4	2,21	2,95	0
	s	0,53	7,39	0,52	0,11	0,20	1,02	0,37	0,19	0,03	0,20	1,86	1,42	2,60	1,61
	min	3,95	3,18	0,02	0,005	0,02	0,05	0,125	0,01	0,0001	0,0021	0,05	0,005	0,32	0
	max	6,44	39,02	3,12	0,47	0,96	4,43	1,56	0,951	0,11	0,71	7,58	6,9	12,45	8,54
Patince	n	28	28	28	28	28	28	28	28	28	25	28	28	28	28
110 m n. m.	x	5,70	24,21	1,16	0,25	0,43	2,86	0,89	0,33	0,02	0,53	3,25	3,18	5,83	4,46
	med	5,57	20,065	0,295	0,125	0,235	1,545	0,657	0,1695	0,01525	0,24	1,685	2,855	3,775	1,625
	s	1,35	17,18	1,88	0,29	0,52	3,11	0,80	0,44	0,02	0,86	3,52	1,89	5,86	6,97
	min	3,90	4,04	0,02	0,03	0,03	0,17	0,012	0,008	0,002	0,01	0,17	0,42	0,73	0
	max	9,18	64,88	7,61	1,3	2,32	10,6	3,44	1,83	0,075	3,7	12,8	7,52	28,1	25,65
Pezinská Baba	n	34	34	34	34	34	34	34	34	33	31	34	34	34	34
540 m n. m.	x	4,61	23,23	0,48	0,25	0,22	1,69	2,62	0,18	0,05	0,20	1,96	5,05	8,89	0,95
	med	4,48	17,645	0,28	0,155	0,14	0,8005	1,3985	0,092	0,029	0,0714	1,245	3,85	5,775	0
	s	0,75	28,37	0,43	0,30	0,22	2,54	4,21	0,25	0,09	0,31	1,84	5,23	13,77	1,86
	min	3,76	3,88	0,05	0,02	0,02	0,12	0,003	0,008	0,0001	0,0066	0,05	0,38	0,75	0
	max	7,95	162,78	1,59	1,62	1,2	13,4	23,2	1,33	0,51	1,4	8,3	30,6	78,63	7,35

Lokalita		pH	M	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	NH_4^+	Fe	Zn	Al	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
Plešivec	n	30	30	30	30	30	30	30	30	29	27	30	30	30	30
330 m n. m.	x	5,47	21,28	0,26	0,17	0,38	3,17	0,87	0,25	0,02	0,25	1,72	3,22	5,43	4,76
	med	4,85	14,81	0,155	0,12	0,265	1,57	0,63	0,135	0,015	0,0683	0,975	2,9	4,13	1,24
	s	1,25	17,39	0,23	0,15	0,34	3,46	0,83	0,30	0,03	0,45	2,11	1,98	4,90	7,75
	min	4	6,88	0,03	0,032	0,04	0,62	0,003	0,0325	0,00144	0,001	0,1	0,82	0,47	0
	max	8,66	87,99	0,85	0,62	1,55	15,4	3,84	1,3	0,15	2,35	9,11	10,75	23,07	38,04
Podhradie pri Novákoch															
570 m n. m.	n	33	33	33	33	33	33	33	33	32	30	33	33	33	33
	x	4,60	11,19	0,24	0,11	0,20	1,07	0,49	0,11	0,03	0,15	1,35	2,28	3,75	0,86
	med	4,40	10,64	0,18	0,093	0,156	0,82	0,42	0,079	0,015	0,0795	0,7	2,25	3,5	0
	s	0,58	5,26	0,19	0,09	0,17	0,95	0,31	0,09	0,05	0,20	1,40	1,06	2,38	1,55
	min	4	2,3	0,02	0,004	0,03	0,06	0,003	0,008	0,0001	0,007	0,15	0,15	0,39	0
	max	6,44	23,25	0,7	0,43	0,76	4,35	1,24	0,314	0,2	0,95	5,74	4,5	10,29	5,5
Pusté pole	n	34	34	34	34	34	34	34	34	33	32	34	34	34	34
950 m n. m.	x	5,36	10,96	0,25	0,08	0,33	1,24	0,30	0,12	0,01	0,15	1,26	1,49	2,52	2,74
	med	5,19	8,66	0,115	0,0505	0,24	0,78	0,2915	0,065	0,0089	0,039	0,82	1,46	2,425	1,395
	s	1,02	6,52	0,39	0,08	0,25	1,05	0,23	0,14	0,01	0,28	1,41	0,92	1,83	3,88
	min	4,10	4	0,003	0,002	0,07	0,25	0,003	0,002	0,0002	0,0041	0,1	0,025	0,25	0
	max	8,65	35,51	1,97	0,4	1,1	4,2	1,06	0,58	0,065	1,4	6,21	5,2	7,54	17,34
Remetské Hámre	n	32	32	32	32	32	32	32	32	31	29	32	32	32	32
500 m n. m.	x	4,49	11,67	0,20	0,12	0,13	0,55	0,95	0,12	0,04	0,18	1,41	3,13	3,77	0,52
	med	4,28	11,365	0,14	0,077	0,11	0,5305	0,885	0,068	0,016	0,068	0,945	3,075	3,88	0
	s	0,73	4,41	0,26	0,15	0,08	0,36	0,58	0,13	0,09	0,23	1,32	1,66	1,91	1,17
	min	3,87	4,63	0,02	0,01	0,02	0,09	0,018	0,018	0,0001	0,0088	0,1	0,025	0,41	0
	max	7,65	20,66	1,45	0,92	0,36	1,4	2,16	0,48	0,5	0,92	5,39	8,37	8,1	4,88
Rochovce	n	29	29	29	29	29	29	29	29	28	27	29	29	29	29
400 m n. m.	x	5,07	12,19	0,17	0,10	0,80	0,64	0,57	0,25	0,02	0,13	1,37	2,11	4,20	1,42
	med	4,5	9,52	0,1	0,09	0,29	0,52	0,47	0,153	0,01275	0,0894	0,7	1,67	2,6	0
	s	1,00	8,55	0,29	0,07	1,00	0,42	0,45	0,26	0,01	0,14	1,59	1,27	3,93	1,96
	min	3,80	3,5	0,005	0,026	0,05	0,19	0,003	0,015	0,00181	0,0023	0,14	0,47	0,3	0
	max	8,28	33,62	1,54	0,29	3,3	1,97	2,32	0,995	0,048	0,53	5,39	6,6	17,55	6,7
Ružomberok	n	35	35	35	35	35	35	35	35	34	32	35	35	35	35
570 m n. m.	x	4,98	16,44	1,13	0,15	0,24	1,71	0,42	0,21	0,03	0,20	2,71	1,91	4,18	2,49
	med	4,70	10,01	0,18	0,09	0,17	0,9	0,3	0,077	0,01315	0,05105	1	1,85	2,5	0,43
	s	1,00	21,04	4,72	0,23	0,28	2,60	0,34	0,47	0,04	0,35	7,55	1,40	4,37	6,77
	min	3,90	3,9	0,04	0,03	0,03	0,02	0,003	0,008	0,0001	0,0038	0,05	0,025	0,51	0
	max	8,27	104,41	28,09	1,31	1,6	11,01	1,85	2,74	0,19	1,3	45,2	5,95	20,55	38,65
Skalica	n	32	32	32	32	32	32	32	32	31	29	32	32	32	32
300 m n. m.	x	4,82	16,42	0,36	0,17	0,28	1,97	0,65	0,17	0,03	0,22	1,76	2,50	4,44	3,04
	med	4,5	13,37	0,19	0,125	0,155	1,105	0,485	0,097	0,018	0,07	1,175	2,125	4,285	0
	s	0,83	17,16	0,77	0,14	0,55	3,50	0,55	0,27	0,04	0,38	1,92	1,61	3,20	11,13
	min	3,95	3,41	0,01	0,02	0,03	0,06	0,012	0,017	0,0002	0,0051	0,1	0,1	0,15	0
	max	7,77	99,23	4,41	0,6	3,08	19,85	2,06	1,5	0,16	1,8	8,15	8	13,2	62,24

Lokalita		pH	M	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	NH_4^+	Fe	Zn	Al	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
Skalnaté Pleso	n	34	34	34	34	34	34	34	34	33	31	34	34	34	34
1 751 m n. m.	x	4,67	7,12	0,20	0,07	0,11	0,61	0,28	0,06	0,03	0,07	1,13	1,32	2,04	0,79
	med	4,65	6,995	0,125	0,08	0,1	0,41	0,235	0,0405	0,0139	0,03	0,63	1,03	1,825	0,6
	s	0,46	3,51	0,25	0,05	0,08	0,63	0,26	0,08	0,05	0,13	1,41	1,33	1,19	1,08
	min	3,90	2,2	0,01	0,01	0,01	0,06	0,0015	0,001	0,0001	0,003	0,05	0,025	0,1	0
	max	6,10	18,34	1,28	0,2	0,28	3,4	1,24	0,35	0,25	0,64	5,8	7,63	4,86	4,88
Slanec	n	29	29	29	29	29	29	29	29	28	28	29	29	29	29
450 m n. m.	x	4,81	14,96	0,27	0,13	0,26	1,50	0,90	0,18	0,03	0,18	2,01	3,06	4,17	1,23
	med	4,55	12,81	0,17	0,08	0,23	0,9	0,7	0,12	0,01915	0,095	1,05	2,7	3,95	0,3
	s	0,97	10,98	0,38	0,12	0,24	2,33	0,65	0,16	0,03	0,21	3,48	1,62	2,41	1,80
	min	3,98	5,63	0,02	0,03	0,04	0,13	0,003	0,023	0,0022	0,0136	0,2	0,78	0,59	0
	max	8,75	62,96	2,04	0,47	1,26	12,95	3,19	0,61	0,18	0,8	18,4	6,8	11,23	7,85
Starý Hrozenkov	n	32	32	32	32	32	32	32	32	31	29	32	32	32	32
400 m n. m.	x	4,83	15,09	0,84	0,14	0,28	1,28	0,80	0,13	0,04	0,24	2,40	2,96	3,92	1,27
	med	4,46	14,195	0,515	0,11	0,205	0,905	0,635	0,11	0,022	0,0574	1,56	2,675	3,625	0
	s	0,75	8,14	0,80	0,10	0,26	1,26	0,71	0,11	0,07	0,48	1,79	1,53	2,67	2,18
	min	4,15	3,6	0,09	0,01	0,02	0,03	0,012	0,0005	0,0001	0,0021	0,33	0,45	0,15	0
	max	6,90	43,22	3,08	0,44	1,3	5,5	3,42	0,34	0,38	2,5	6,74	6,7	12,76	7,95
Štrbské Pleso	n	32	32	32	32	32	32	32	32	31	30	32	32	32	32
1 380 m n. m.	x	4,71	8,60	0,30	0,08	0,17	0,76	0,32	0,05	0,02	0,06	1,44	1,32	2,16	1,36
	med	4,5	5,94	0,1	0,065	0,07	0,325	0,308	0,04	0,0093	0,03	0,65	1,04	1,825	0,225
	s	0,96	7,68	0,97	0,07	0,31	1,52	0,28	0,04	0,06	0,08	1,97	0,76	1,28	3,46
	min	3,70	2,61	0,01	0,014	0,01	0,07	0,005	0,001	0,0004	0,001	0,1	0,15	0,54	0
	max	9,18	37,41	5,59	0,358	1,3	8,5	1,44	0,15	0,31	0,3	9,53	2,81	4,84	16,48
Tatranská Lomnica	n	33	33	33	33	33	33	33	33	32	30	33	33	33	33
900 m n. m.	x	4,68	8,76	0,20	0,13	0,16	0,79	0,38	0,09	0,04	0,07	1,33	1,45	2,59	1,09
	med	4,60	7,83	0,09	0,1	0,11	0,47	0,305	0,046	0,011	0,0383	0,75	1,09	2,15	0,45
	s	0,61	5,65	0,22	0,15	0,20	1,04	0,29	0,16	0,07	0,07	1,62	0,96	1,97	2,13
	min	3,90	2,8	0,01	0,02	0,01	0,06	0,003	0,0005	0,0001	0,001	0,1	0,005	0,15	0
	max	6,71	24,57	0,9	0,86	1,2	4,9	1,39	0,95	0,29	0,26	6,74	3,52	9,2	10,37
Trenčianske Jastrabie															
350 m n. m.	n	32	32	32	32	32	32	32	32	31	29	32	32	32	32
	x	5,23	17,63	0,49	0,44	0,41	1,78	0,82	0,16	0,03	0,14	2,14	2,69	4,21	3,36
	med	5,07	11,59	0,27	0,1	0,28	1,09	0,665	0,0645	0,013	0,0593	0,935	2,335	3,325	1,215
	s	0,94	16,45	0,81	1,66	0,47	2,46	0,77	0,29	0,04	0,17	3,37	1,63	4,09	6,26
	min	4	4,05	0,005	0,01	0,02	0,05	0,025	0,0096	0,0001	0,0029	0,17	0,59	0,46	0
	max	7,5	72,71	3,65	9,5	2,2	13	3,72	1,61	0,21	0,7	18,31	8	20,94	26,24
Vojany	n	26	26	26	26	26	26	26	26	25	24	26	26	26	26
100 m n. m.	x	5,39	22,15	0,70	0,20	0,32	2,33	0,93	0,57	0,04	0,69	2,54	3,06	6,98	2,72
	med	5,25	19,225	0,245	0,125	0,285	1,34	0,64	0,4115	0,019	0,528	1,48	2,05	4,9	2,6
	s	0,87	16,33	1,11	0,22	0,21	2,35	0,87	0,55	0,05	0,84	2,57	2,58	7,73	2,51
	min	4,10	4,88	0,03	0,01	0,04	0,26	0,012	0,0328	0,00163	0,0044	0,1	0,05	0,15	0
	max	8,05	70,44	5	0,91	0,81	10,4	3,12	2,3	0,24	3,72	9,54	9,85	27,76	12,2

Lokalita		pH	M	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	NH_4^+	Fe	Zn	Al	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
Vrátna dolina 750 m n. m.	n	34	34	34	34	34	34	34	34	33	31	34	34	34	34
	x	4,85	10,21	0,24	0,14	0,19	0,94	0,44	0,09	0,02	0,11	1,26	2,12	2,97	1,21
	med	4,65	9,23	0,15	0,0935	0,15	0,75	0,402	0,054	0,0135	0,0443	0,915	1,875	2,525	0,6
	s	0,82	5,23	0,26	0,15	0,19	0,95	0,26	0,10	0,03	0,15	1,12	1,44	2,08	1,86
	min	3,90	3,83	0,01	0,005	0,03	0,23	0,0025	0,0035	0,0001	0,0056	0,05	0,005	0,1	0
	max	7,05	27,58	1,23	0,63	1,12	4,84	0,98	0,405	0,16	0,63	5,1	5,6	8,15	7,3
Zádielska dolina 570 m n. m.	n	28	28	28	28	28	28	28	28	27	26	28	28	28	28
	x	6,09	26,09	0,24	0,45	0,27	4,10	0,91	0,31	0,04	0,28	1,92	3,44	5,59	6,80
	med	5,92	17,17	0,16	0,1585	0,2235	2,35	0,72	0,155	0,02	0,10865	1,025	2,965	4,25	3,975
	s	1,59	23,13	0,19	1,47	0,25	4,97	0,73	0,42	0,06	0,47	2,16	2,29	4,25	7,76
	min	3,92	5,74	0,03	0,01	0,02	0,18	0,024	0,012	0,0018	0,01	0,1	0,83	0,5	0
	max	9,42	106,18	0,7	7,9	1,19	24,2	3,34	1,675	0,28	2,1	9,7	9,3	20,58	29,84
Zlatá Baňa 670 m n. m.	n	30	30	30	30	30	30	30	30	29	27	30	30	30	30
	x	4,84	14,23	0,23	0,14	0,32	1,30	0,86	0,22	0,04	0,18	1,49	2,59	4,60	1,40
	med	4,5	13	0,18	0,1	0,21	0,835	0,699	0,125	0,0164	0,1263	0,82	2,295	3,6	0
	s	0,86	9,32	0,24	0,10	0,47	1,38	0,77	0,34	0,06	0,22	1,54	1,53	3,99	2,60
	min	3,92	3,3	0,01	0,021	0,03	0,21	0,003	0,008	0,0001	0,0068	0,1	0,2	0,5	0
	max	7,85	40,66	1,16	0,43	2,6	6,74	3,04	1,85	0,29	0,98	5,32	7,5	19,75	11,5

Tab. 2
Základné štatistické parametre snehového roztoku (Tatranská Lomnica)
Basic statistical parameters of snow chemical composition (Tatranská Lomnica)

	Priemer	Medián	Dolný kvartil	Horný kvartil	Sm. odch.
pH	4,68	4,6	4,27	4,86	0,61
Na^+	0,2	0,09	0,06	0,27	0,22
Ca^{2+}	0,79	0,47	0,3	0,67	1,04
NH_4^+	0,381	0,305	0,175	0,478	0,292
Cl^-	1,33	0,75	0,31	1,41	1,62
NO_3^-	1,45	1,09	0,81	2	0,96
SO_4^{2-}	2,59	2,15	1,05	3,76	1,97
Celková mineralizácia	8,76	7,83	4,52	10,51	5,65

Tab. 3
Základné štatistické parametre snehového roztoku (Skalnaté pleso)
Basic statistical parameters of snow chemical composition (Skalnaté pleso)

	Priemer	Medián	Dolný kvartil	Horný kvartil	Sm. odch.
pH	4,67	4,65	4,34	4,84	0,46
Na^+	0,2	0,13	0,07	0,25	0,25
Ca^{2+}	0,61	0,41	0,25	0,72	0,63
NH_4^+	0,28	0,235	0,085	0,363	0,264
Cl^-	1,13	0,63	0,35	1,21	1,41
NO_3^-	1,32	1,03	0,63	1,64	1,33
SO_4^{2-}	2,04	1,83	1,03	2,89	1,19
Celková mineralizácia	7,12	7	4,89	7,73	3,51

Tab. 4
Základné štatistické parametre snehového roztoku (Lomnický štít)
Basic statistical parameters of snow chemical composition (Lomnický štít)

	Priemer	Medián	Dolný kvartil	Horný kvartil	Sm. odch.
pH	5,01	4,93	4,65	5,41	0,66
Na^+	0,63	0,2	0,12	0,47	1,22
Ca^{2+}	0,93	0,49	0,31	1,07	1,32
NH_4^+	0,345	0,25	0,13	0,368	0,362
Cl^-	2,45	0,66	0,46	1,81	4,97
NO_3^-	0,78	0,65	0,35	0,95	0,58
SO_4^{2-}	2,2	2,01	1,13	3,2	1,27
Celková mineralizácia	9,8	7,41	5,42	10,97	8,43

Tab. 5
Korelačná matica (Tatranská Lomnica)
Correlation matrix (Tatranská Lomnica)

	pH	Na^+	Ca^{2+}	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Min.
pH	1,00	0,26	0,39	–0,12	–0,08	–0,23	0,07	0,23
Na^+	0,26	1,00	0,40	0,60	0,72	0,15	0,19	0,63
Ca^{2+}	**0,39**	**0,40**	1,00	0,41	0,67	0,24	0,55	0,86
NH_4^+	–0,12	**0,60**	**0,41**	1,00	0,70	0,30	0,45	0,63
Cl^-	–0,08	**0,72**	**0,67**	**0,70**	1,00	0,11	0,41	0,83
NO_3^-	–0,23	0,15	0,24	0,30	0,11	1,00	0,29	0,33
SO_4^{2-}	0,07	0,19	**0,55**	**0,45**	**0,41**	0,29	1,00	0,73
Min.	0,23	**0,63**	**0,86**	**0,63**	**0,83**	0,33	**0,73**	1,00

Tab. 6
Korelačná matica (Skalnaté pleso)
Correlation matrix (Skalnaté pleso)

	pH	Na^+	Ca^{2+}	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Min.
pH	1,00	0,03	0,37	0,11	–0,12	0,15	–0,45	0,14
Na^+	0,03	1,00	–0,02	0,00	0,60	–0,11	0,13	0,33
Ca^{2+}	**0,37**	–0,02	1,00	0,39	0,34	0,54	0,39	0,81
NH_4^+	0,11	0,00	**0,39**	1,00	0,49	0,37	0,29	0,65
Cl^-	–0,12	**0,60**	**0,34**	**0,49**	1,00	–0,01	0,45	0,71
NO_3^-	0,15	–0,11	**0,54**	**0,37**	–0,01	1,00	0,01	0,56
SO_4^{2-}	**–0,45**	0,13	0,39	0,29	**0,45**	0,01	1,00	0,55
Min.	0,14	0,33	**0,81**	**0,65**	**0,71**	**0,56**	**0,55**	1,00

Tab. 7
Korelačná matica (Lomnický štít)
Correlation matrix (Lomnický štít)

	pH	Na^+	Ca^{2+}	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Min.
pH	1,00	0,05	0,09	–0,06	–0,19	–0,15	–0,05	0,00
Na^+	0,05	1,00	0,38	0,70	0,71	–0,01	0,29	0,83
Ca^{2+}	0,09	0,38	1,00	–0,03	0,84	–0,05	0,17	0,80
NH_4^+	–0,06	**0,70**	–0,03	1,00	0,37	–0,13	0,24	0,48
Cl^-	–0,19	**0,71**	**0,84**	0,37	1,00	–0,10	0,21	0,95
NO_3^-	–0,15	–0,01	–0,05	–0,13	–0,10	1,00	–0,08	–0,04
SO_4^{2-}	–0,05	0,29	0,17	0,24	0,21	–0,08	1,00	0,39
Min.	0,00	**0,83**	**0,80**	**0,48**	**0,95**	–0,04	0,39	1,00

sú zdokumentované v tab. 2, 3 a 4. Je zrejmé, že celková mineralizácia snehových roztokov v celom profile ukazuje veľmi nízke stredné hodnoty ako v priemeroch, tak aj v mediánoch. Najväčšiu variabilitu vykazuje celková mineralizácia v lokalite Lomnický štít, čoho dôkazom je najvyššia smerodajná odchýlka. Ostatné vybrané zložky sú veľmi podobné aj v stredných hodnotách, aj v hodnotách dolného a horného kvartilu, z čoho je zatiaľ zrejmé, že odlišnosti v sledovanom profile budú hlavne v odľahlých a extrémnych obsahoch iónov.

Ďalším krokom bolo skúmanie vzájomného vzťahu vybraných iónov pomocou korelačnej analýzy. Výsledné korelačné matice pre súbory údajov rozdelené podľa nadmorskej výšky sú uvedené v tab. 5, 6 a 7 (pre celý profil v tab. 8). Vyhodnotením uvedených korelačných matíc sme zistili, že prakticky v celom profile štatisticky významnú koreláciu pri hladine významnosti 95 % vykazuje iba Na s Cl. Táto závislosť je už dávnejšie známa (Vrana et al., 1994) a môžeme ju pokladať za prejav globálneho charakteru pôvodom z morského aerosólu, pričom v podmienkach Slovenska je externý prídavok chloridov (antropogénny), čím je posunutý molárny pomer Na/Cl (hodnota v priemernej oceánskej vode je 0,859). Pri ostatných výsledkoch korelačnej analýzy sú vzájomné vzťahy sledovaných iónov pomerne zložité a individuálne sa prejavujú na troch úrovniach nadmorskej výšky. Zaujímavé je, že hodnoty pH korelujú so síranmi (negatívne) a vápnikom (pozitívne) iba v lokalite Skalnaté pleso a vápnikom v lokalite Tatranská Lomnica, a naopak, snehový roztok na Lomnickom štíte nevykazuje koreláciu pH so žiadnym iónom. Vo všeobecnosti ide o kyslé roztoky, kde je veľký predpoklad korelácie takého typu, aký bol zistený na Skalnatom plese.

Pri hodnotení a interpretácii výsledkov monitorovania snehových roztokov je dôležité uvedomiť si niekoľko skutočností. Snehová pokrývka je veľmi zložitý systém s rôznorodou štruktúrou, v ktorom aj počas zimného obdobia prebieha množstvo fyzikálnych a chemických procesov, ovplyvňujúcich prvotné zloženie snehovej zrážky. Inými slovami, snehová pokrývka je v prvom rade inhomogénny objekt vo vertikálnom aj horizontálnom smere. Uvedenú skutočnosť dokumentujú aj výsledky sledovania izotopov δD a $\delta^{18}O$ na tzv. „snehomernom vankúši", situovanom v oblasti Chopok-sever (Kantor et al., 1987). Profil snehu mal mocnosť 94 cm, v ktorej boli identifikované vrstvy snehu (od spodnej časti smerom hore) so štruktúrou kryštalického, sypkého a firnového snehu. Izotopové zloženie $\delta^{18}O$ bolo v rozpätí –15,22 až –13,51 ‰ a δD v intervale –109,8 až –100,3 ‰. Kantor et al. (1987) sledovali aj zmeny izotopového zloženia vody z postupne sa topiacej snehovej vrstvy a zistili, že v prvých fázach topenia obsahuje roztok ľahšie izotopy ($\delta^{18}O$ –15,20 ‰, δD –109,8 ‰) a posledné podiely sú evidentne izotopovo ťažšie ($\delta^{18}O$ –8,69 ‰, δD –62,3 ‰).

Chemické zloženie snehov na rozdiel od izotopového má svoje ďalšie odlišné zákonitosti, na ktoré vplýva mnoho prírodných aj antropogénnych faktorov. Tie boli v závislosti od nadmorskej výšky v celom súbore údajov profilu spracované korelačnou analýzou, ktorej výsledná matica je uvedená v tab. 8. Je zaujímavé, že oproti poznatkom z celého územia Slovenska s nadmorskou výškou pozitívne koreluje iba hodnota pH a koncentrácia dusičnanov sa so stúpaním nadmorskej výšky znižuje.

Vnútorný vzťah medzi sledovanými iónmi a nadmorskou výškou bol vyjadrený aj pomocou robustnejšieho nástroja – faktorovou analýzou s ortogonálnou rotáciou typu Varimax. Výsledná faktorová štruktúra s troma faktormi je uvedená v tab. 9. Prvý faktor vykazuje vysokú saturáciu Na^+, Ca^{2+}, NH_4^+ a Cl^-, čo je prakticky charakteristické pre celé územie Slovenska a vystihuje tvorbu chemického zloženia zrážky od počiatku, kontinentálne vplyvy a lokálne vplyvy a procesy prebiehajúce v snehovej vrstve. Druhý faktor je veľmi zaujímavý, lebo naznačuje negatívnu závislosť medzi

Tab. 8
Korelačná matica (celý profil spolu)
Correlation matrix (whole profile)

	pH	Na^+	Ca^{2+}	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Min.	N. V.
pH	1,00	0,12	0,26	–0,03	–0,09	–0,11	–0,10	0,12	0,23
Na^+	0,12	1,00	0,32	0,48	0,71	–0,08	0,15	0,70	0,21
Ca^{2+}	**0,26**	**0,32**	1,00	0,21	0,71	0,18	0,37	0,82	0,07
NH_4^+	–0,03	**0,48**	0,21	1,00	0,41	0,20	0,35	0,55	–0,06
Cl^-	–0,09	**0,71**	**0,71**	0,41	1,00	–0,06	0,23	0,87	0,14
NO_3^-	–0,11	–0,08	0,18	0,20	–0,06	1,00	0,13	0,19	–0,27
SO_4^{2-}	–0,10	0,15	**0,37**	**0,35**	**0,23**	0,13	1,00	0,52	–0,14
Min.	0,12	**0,70**	**0,82**	**0,55**	**0,87**	0,19	**0,52**	1,00	0,06
N. V.	**0,23**	0,21	0,07	–0,06	0,14	**–0,27**	–0,14	0,06	1,00

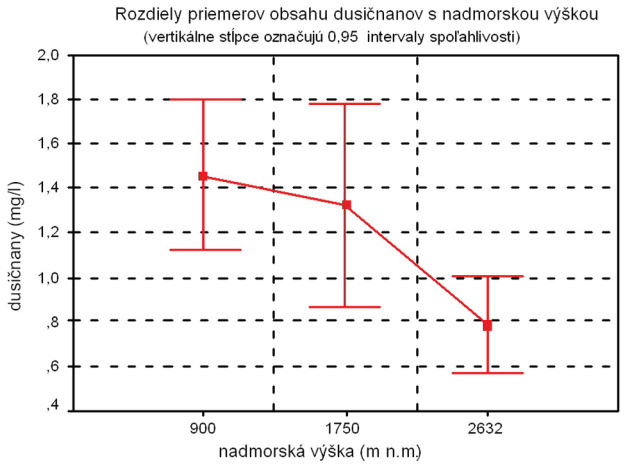
Poznámka: N. V. je nadmorská výška

Tab. 9
Výsledná faktorová štruktúra (celý profil spolu)
Resulting factor structure (along the whole profile)

	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
pH	–0,041	–0,113	**0,885**
Na^+	**0,839**	–0,203	0,022
Ca^{2+}	**0,612**	0,337	0,549
NH_4^+	**0,654**	0,280	–0,189
Cl^-	**0,913**	–0,026	0,051
NO_3^-	–0,050	**0,774**	0,052
SO_4^{2-}	0,408	0,526	–0,042
N. V.	0,201	**–0,639**	0,345

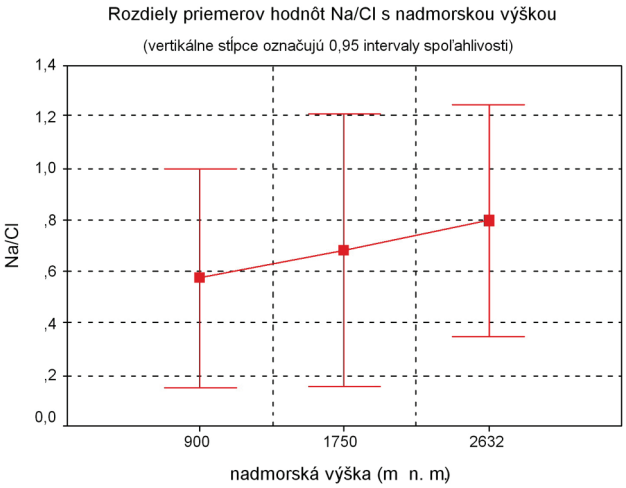
Tab. 10
Analýza rozptylu vybraných zložiek
(skupiny podľa nadmorskej výšky)
Analysis of variance of selected parameters
(groups according to altitude)

		Suma štvorcov	df	F	Hl. význ.
pH	medzi skupinami	1,590	2	2,690	0,074
	vnútri skupín	23,637	80		
	spolu	25,226	82		
Ca^{2+}	medzi skupinami	1,835	2	0,806	0,450
	vnútri skupín	91,103	80		
	spolu	92,938	82		
NH_4^+	medzi skupinami	0,186	2	0,914	0,405
	vnútri skupín	8,154	80		
	spolu	8,340	82		
Cl^-	medzi skupinami	29,280	2	1,473	0,235
	vnútri skupín	795,238	80		
	spolu	824,518	82		
NO_3^-	medzi skupinami	8,186	2	3,637	0,031
	vnútri skupín	90,022	80		
	spolu	98,208	82		
SO_4^{2-}	medzi skupinami	6,448	2	1,436	0,244
	vnútri skupín	179,572	80		
	spolu	186,020	82		



Obr. 2. Rozdiely priemerov obsahu dusičnanov v súvislosti s nadmorskou výškou.

Fig. 2. Differences in average nitrate contents with altitude.

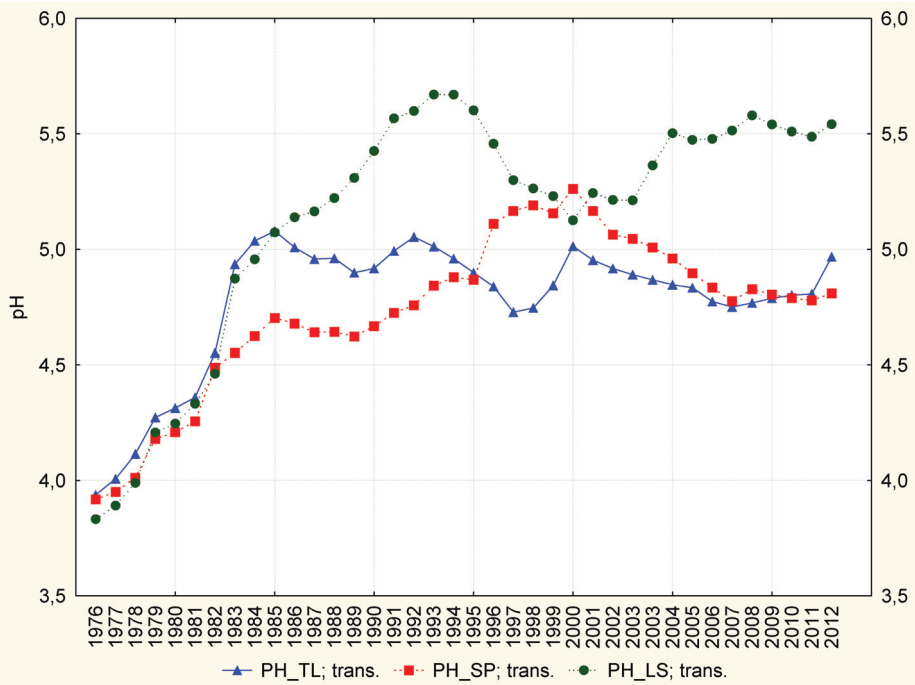


Obr. 3. Rozdiel priemerov hodnôt Na/Cl v súvislosti s nadmorskou výškou.

Fig. 3. Differences in average Na/Cl values with altitude.

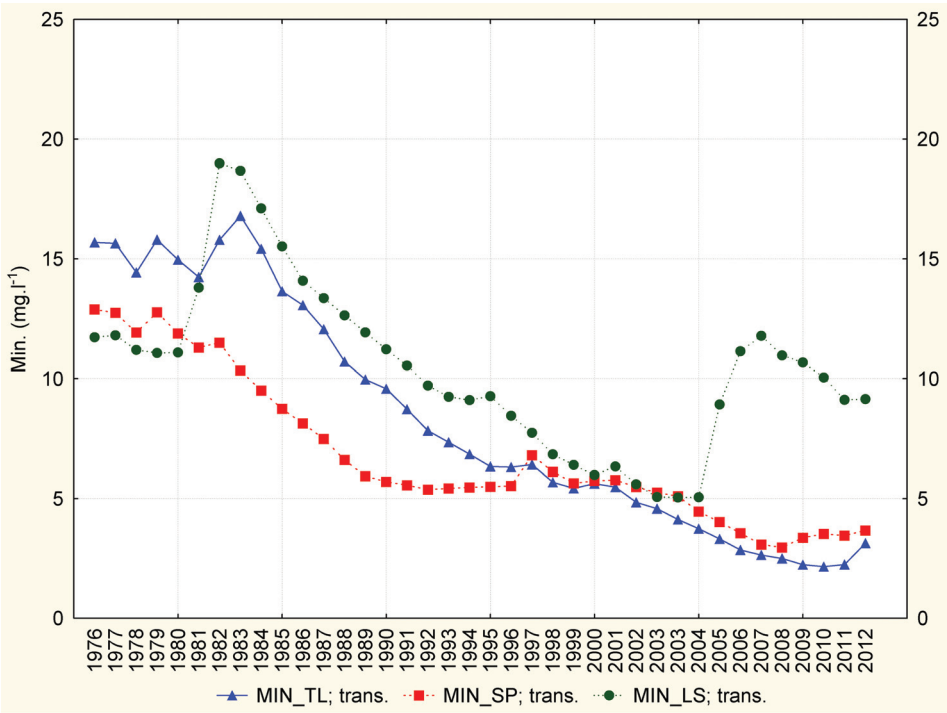
nadmorskou výškou a obsahom dusičnanov v snehových roztokoch. Tretí faktor je význačný vysokou saturáciou hodnôt pH, čo možno vysvetliť dominanciou kyslého charakteru snehových roztokov počas celého sledovaného obdobia.

Na zistenie štatisticky významných rozdielov priemerných hodnôt v súboroch rozdelených do troch skupín podľa nadmorskej výšky bola použitá analýza rozptylu (ANOVA). V podstate sa zisťovali rozdiely medzi skupinami (dva stupne voľnosti) a vnútri skupín (80



Obr. 4. Lineárny trend hodnôt pH (TL – Tatranská Lomnica; SP – Skalnaté pleso; LS – Lomnický štít).

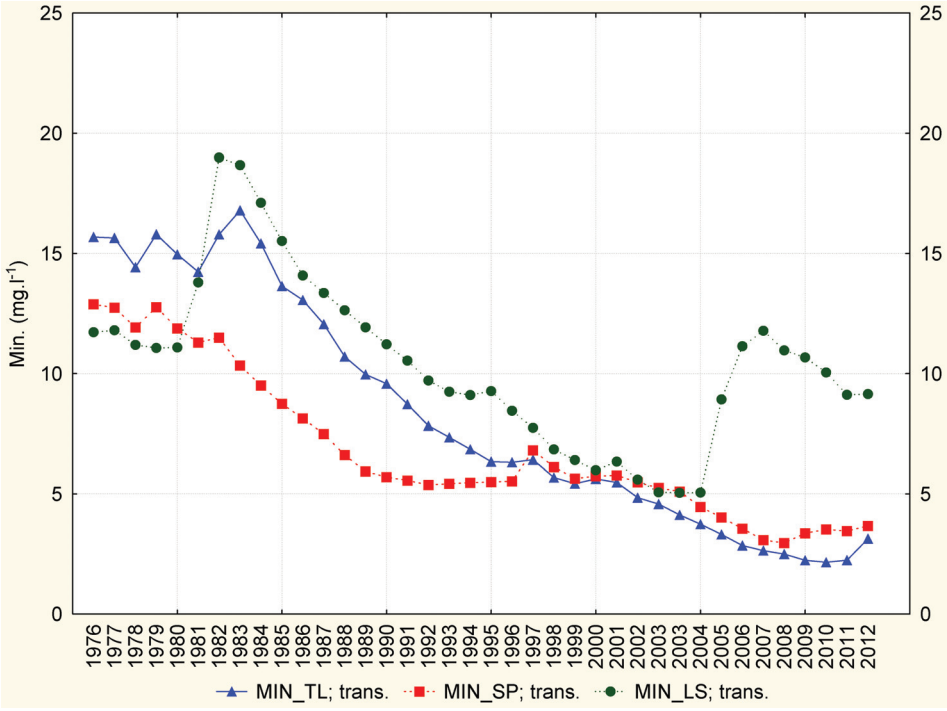
Fig. 4. Linear trend of pH values (TL – Tatranská Lomnica; SP – Skalnaté pleso; LS – Lomnický štít).



Obr. 5. Lineárny trend hodnôt celkovej mineralizácie (TL – Tatranská Lomnica; SP – Skalnaté pleso; LS – Lomnický štít).

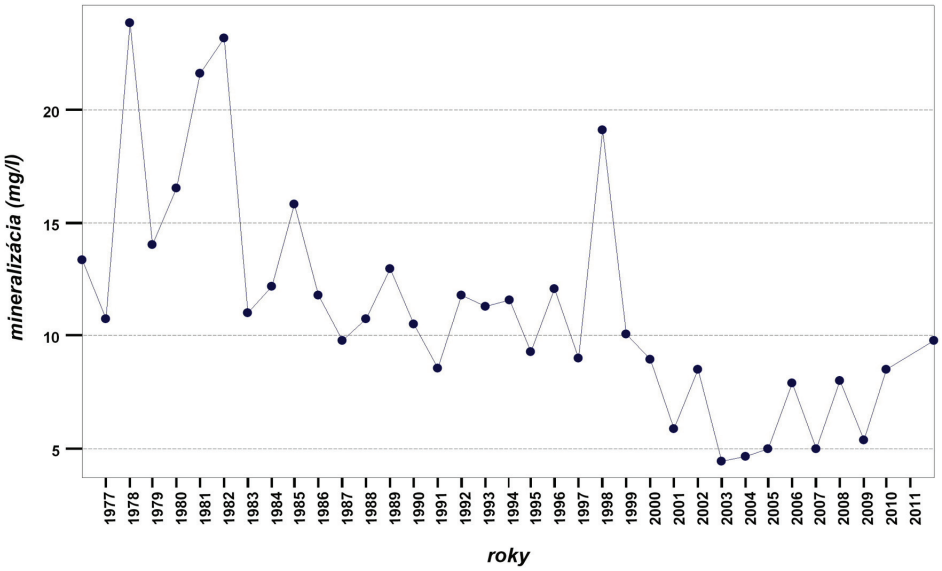
Fig. 5. Linear trend of values of total dissolved solids (TL – Tatranská Lomnica; SP – Skalnaté pleso; LS – Lomnický štít).

stupňov voľnosti). Výsledky analýzy rozptylu dokumentuje tab. 10. Kritériom hodnotenia je hladina významnosti, v prípade, že je menšia ako 0,05, prijímame danú hypotézu. Z výsledkov vyplýva, že jediný rozdiel medzi priemermi troch skupín, rozdelených v sledovanom profile podľa nadmorských výšok, je v obsahu dusičnanov (tab. 10). Ostatné hodnotené ióny nevykazujú štatisticky významné rozdiely medzi priemernými hodnotami. Dusičnany vykazujú aj lineárnu závislosť v zmysle klesajúceho obsahu so stúpajúcou nadmorskou výškou. Dokumentuje to aj obr. 2 a je pravdepodobné, že regionálne zdroje obsahu dusičnanov v profile sú ovplyvnené lokálnymi zdrojmi týchto iónov v oblasti Tatranskej Lomnice a možno aj Popradskej kotliny pri určitých scenároch synoptickej situácie. Pri tejto príležitosti je potrebné pripomenúť aj uvedenú distribúciu mólového pomeru Na/Cl, kde možno potvrdiť najmenšie



Obr. 6. Lineárny trend obsahu chloridov (TL – Tatranská Lomnica; SP – Skalnaté pleso; LS – Lomnický štít).

Fig. 6. Linear trend of chloride concentrations (TL – Tatranská Lomnica; SP – Skalnaté pleso; LS – Lomnický štít).



Obr. 7. Vývoj hodnôt celkovej mineralizácie.

Fig. 7. Trends of TDS values.

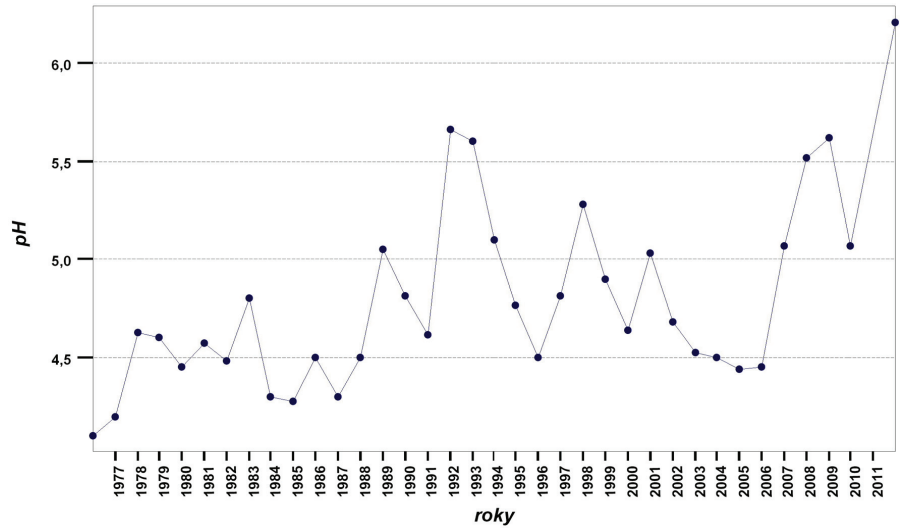
ovplyvnenie pomeru tzv. morského spreja snehových roztokov na Lomnickom štíte (obr. 3). Opäť to poukazuje na uchovanie určitého globálneho charakteru pôvodnej tvorby zrážok nad moriami a oceánom a vplyvy v nižších úrovniach nadmorskej výšky (Skalnaté pleso a Tatranská Lomnica).

Časové závislosti boli skúmané vyhodnotením vybraných parametrov chemického zloženia snehových roztokov v transformovaných časových radoch pomocou funkcie lineárneho trendu podľa Holta bez zohľadnenia cyklických a sezónnych zmien.

Priebeh hodnôt pH dokumentuje obr. 4, z ktorého je zrejmé, že do zimného obdobia roku 1989 bol vývoj viac-menej podobný s prudko stúpajúcim trendom a nevykazoval medzi jednotlivými nadmorskými výškami výrazné zákonitosti. Po tomto období je možné hovoriť o určitej výškovej diferenciácii s menej stúpajúcim trendom.

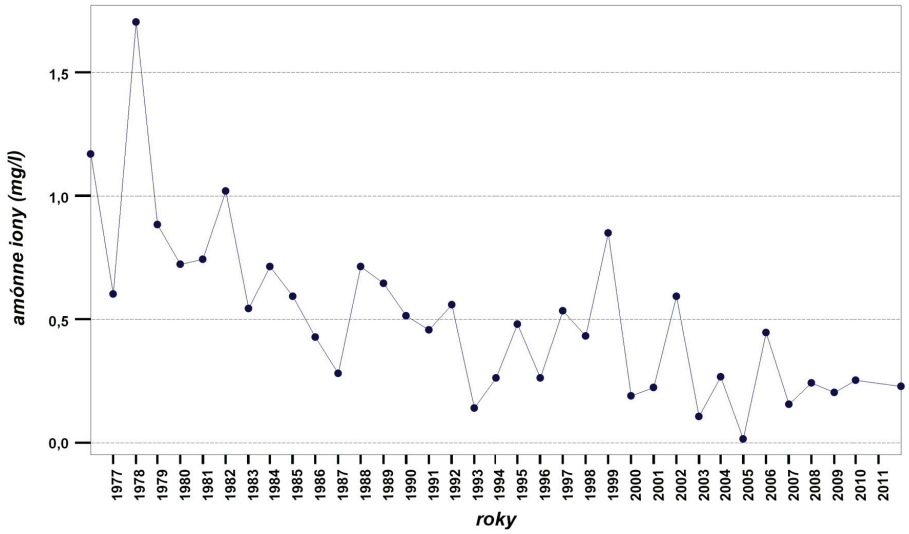
Časový vývoj hodnôt celkovej mineralizácie snehových roztokov (obr. 5) je charakterizovaný po roku 1983 výrazným klesajúcim trendom. Je tu tiež diferenciácia v rámci rozdielnych nadmorských výšok, ktorá je však poznačená anomáliou v tom zmysle, že postupnosť od najnižších hodnôt k najvyšším v závislosti od nadmorskej výšky nie je plynulá, ale v rade Lomnický štít – Tatranská Lomnica – Skalnaté pleso sa v čase mení.

Obsah chloridov má od roku 1982 výrazný klesajúci charakter (obr. 6). Takmer zhodný priebeh v lokalitách Tatranská Lomnica a Skalnaté pleso dokumentuje už uvedenú skutočnosť vplyvov lokálnych zdrojov na ich obsah v snehovej pokrývke oproti koncentráciám v lokalite Lomnický štít, ktorá najviac odráža globálny charakter zrážok. Od roku 2005 tu možno pozorovať určitú anomáliu, a to takú výraznú, že sa významne prejavuje aj v hodnotách celkovej mineralizácie snehového roztoku.



Obr. 8. Vývoj hodnôt pH.

Fig. 8. Trends of pH values.



Obr. 9. Vývoj koncentrácie amónnych iónov.

Fig. 9. Trends of ammonium ion contents.

Hodnotenie variability chemického zloženia snehov

Hodnotenie priebehu a variability chemického zloženia snehovej pokrývky je jedným zo základných cieľov monitoringu. Trendy vývoja hodnôt a koncentrácií vybraných ukazovateľov (celková mineralizácia, pH, dusičnany, amónne ióny, sírany) sú zobrazené na obr. 7 až 11. Podkladom na zostavenie grafov sú hodnoty mediánov zo všetkých lokalít Slovenska v danom roku pozorovania.

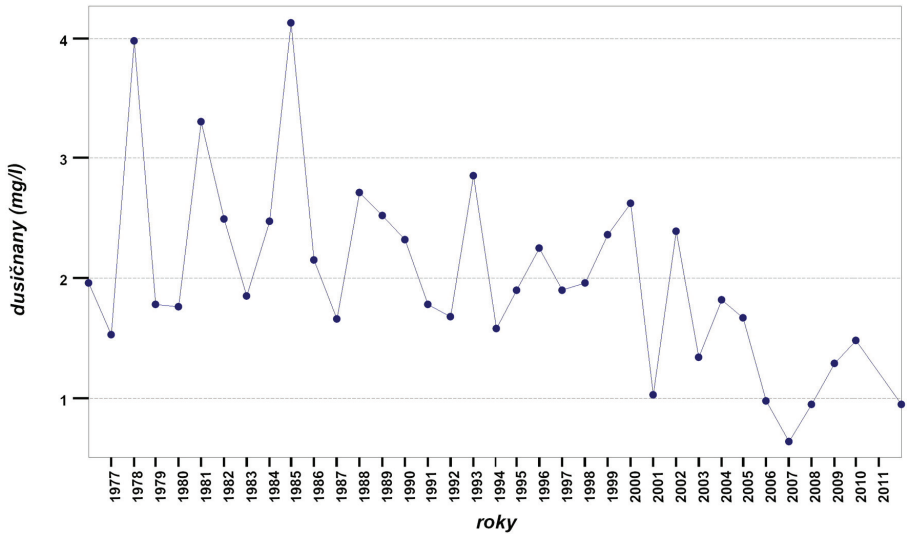
Z grafov vyplývajú nasledujúce skutočnosti:

– Hodnoty celkovej mineralizácie v 80. rokoch minulého storočia postupne poklesávali, 90. roky charakterizuje v zásade pomerne ustálený priebeh hodnôt, zatiaľ čo na prelome tisícročí došlo k ďalšiemu poklesu hodnôt s minimami v rokoch 2003 až 2005 (obr. 7). V posledných rokoch je badateľný mierny trend nárastu hodnôt celkovej mineralizácie.

– Priebeh hodnôt pH (obr. 8) sa v zásade vyznačuje opačným trendom s určitým nárastom hodnôt v priebehu monitorovania, hlavne po roku 1989, čo súvisí predovšetkým so znížením podielu aniónov silných kyselín, hlavne síranov a dusičnanov v atmosfére vzhľadom na znižovanie emisií SO_x a NO_x v tejto perióde. Z tohto celkového trendu sa vymykajú prakticky len roky 2002 až 2006.

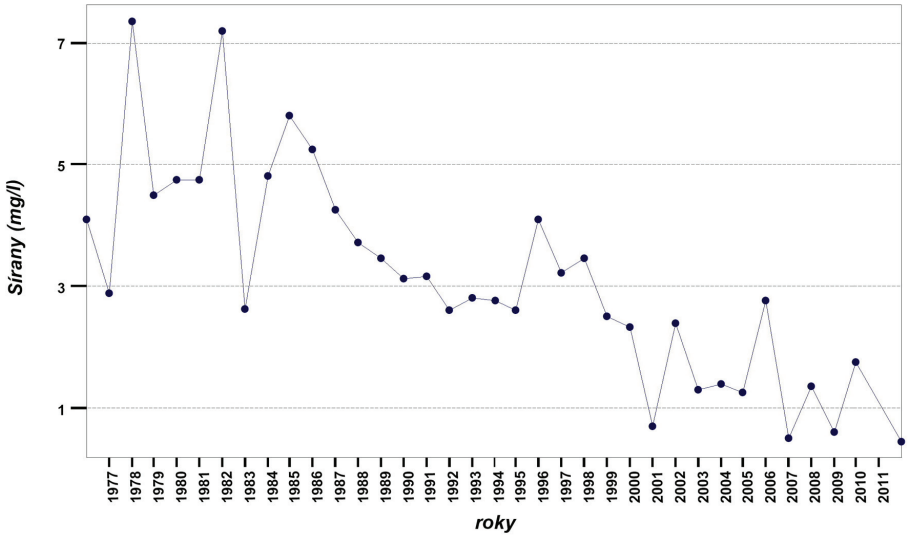
– Koncentrácia amónnych iónov (obr. 9) má v zásade klesajúci trend a v súčasnosti sa pohybuje takmer výlučne na úrovni do 0,5 mg · l^{-1}.

– Obsah dusičnanov (obr. 10) výraznejšie poklesol až po roku 2000, zatiaľ čo pri síranoch (obr. 11) sa najvýraznejšie prejavil útlm priemyselných aktivít a pokles



Obr. 10. Vývoj koncentrácie dusičnanov.

Fig. 10. Trends of nitrate contents.



Obr. 11. Vývoj koncentrácie síranov.

Fig. 11. Trends of sulphate contents.

výroby po roku 1989 (znižovanie vypúšťania emisií), a to postupným poklesom koncentrácie po tomto období, ktorý prebieha prakticky do súčasnosti.

Záver

Predmetom príspevku je zhodnotenie výsledkov z 36-ročného pozorovania snehovej pokrývky, ktoré je realizované od roku 1976 v 44 lokalitách Slovenska. Vstupné monitorovacie prvky reprezentujú chemické účelové analýzy snehových roztokov z každého bodu monitorovacej siete (z celého profilu snehovej pokrývky). Po pozvoľnom roztopení vzorky a homogenizácii je upravenými štandardnými metódami robená chemická analýza.

Najvyššie hodnoty rozpustených látok (celkovej mineralizácie zväčša nad 20 mg · l^{-1}) sa viažu na nížinné oblasti a medzihorské depresie, kde sa sústreďuje osídlenie, priemysel a poľnohospodárske aktivity. Variabilita chemického zloženia snehovej pokrývky odráža predovšetkým pôvod vzduchových hmôt, synoptickú situáciu, množstvo zrážok a globálne/regionálne/lokálne znečistenie atmosféry. Roztoky z roztopeného snehu sa vyznačujú zväčša nízkymi hodnotami pH, v takmer tretine vzoriek pod 4,4. Na druhej strane sa vyskytujú prípady s pH nad 7, čo je väčšinou zapríčinené alkalickými úletmi najmä v blízkosti cementární a magnezitového priemyslu.

Vnútorný vzťah medzi sledovanými iónmi a nadmorskou výškou bol vyjadrený faktorovou analýzou. Výsledná faktorová štruktúra s troma faktormi je uvedená v tab. 9. Prvý faktor vykazuje vysokú saturáciu Na^+, Ca^{2+}, NH_4^+ a Cl^-, čo je prakticky charakteristické pre celé územie Slovenska a vystihuje tvorbu chemického zloženia zrážky od počiatku, kontinentálne vplyvy a lokálne vplyvy a procesy prebiehajúce v snehovej vrstve. Druhý faktor naznačuje negatívnu závislosť medzi nadmorskou výškou a obsahom dusičnanov v snehových roztokoch. Tretí faktor je význačný vysokou saturáciou hodnôt pH, čo možno vysvetliť dominanciou kyslého charakteru snehových roztokov počas celého sledovaného obdobia.

V rámci pozorovaného obdobia boli zistené viaceré trendy vývoja obsahu a hodnôt stanovovaných fyzikálno-chemických ukazovateľov. Hodnoty celkovej mineralizácie v 80. rokoch minulého storočia postupne poklesávali, 90. roky charakterizuje v zásade pomerne ustálený priebeh hodnôt, zatiaľ čo na prelome tisícročí došlo k ďalšiemu poklesu hodnôt s minimami v rokoch 2003 až 2005 (obr. 7). Priebeh hodnôt pH (obr. 8) sa v zásade vyznačuje opačným trendom s určitým nárastom hodnôt v priebehu monitorovania, hlavne po roku 1989, čo súvisí predovšetkým so znížením podielu aniónov silných kyselín, hlavne síranov a dusičnanov v atmosfére vzhľadom na znižovanie emisií SO_x a NO_x. Útlm priemyselných aktivít a pokles výroby po roku 1989 (znižovanie vypúšťania emisií) sa najvýraznejšie prejavil pri síranoch (obr. 11), a to postupným poklesom koncentrácie po tomto období, ktorý prebieha prakticky do súčasnosti.

Keďže zimné zrážky majú v podmienkach Slovenska veľký význam pre tvorbu zásob podzemných vôd a významne odrážajú stav a kvalitu životného prostredia, realizácia monitorovania snehov má na Slovensku veľký význam. Pri hodnotení a interpretácii výsledkov monitorovania snehových roztokov je dôležité uvedomiť si, že snehová pokrývka je veľmi zložitý systém s rôznorodou štruktúrou, v ktorom aj počas zimného obdobia prebieha množstvo fyzikálnych a chemických procesov, ovplyvňujúcich prvotné zloženie snehovej zrážky. Z uvedeného dôvodu je pre kvalitnú interpretáciu výsledkov potrebné zabezpečiť systematické dlhodobé pozorovanie tohto média aj v budúcnosti.

References

Babiaková, G., Bodiš, D., Cerovský, M. & Závodský, D., 1987: Príspevok k možnostiam modelovania koncentrácie síranov v procese topenia a odtoku vody zo snehovej pokrývky a reprodukovateľnosti vstupných údajov. *Vodohosp. Čas., 35, 2, 115 – 138.*

Barrie, L. A., Fischer, D. A. & Koerner, R. M., 1985: Twentieth century trends in Arctic air pollution revealed by conductivity and acidity observations in snow and ice in the Canadian High Arctic. *Atmos. Environ., 19, 12, 2 055 – 2 063.*

Bodiš, D., Lopašovská, M., Lopašovský, K. & Rapant, S., 2000: Chemické zloženie snehovej pokrývky na Slovensku – výsledky 25-ročného pozorovania. Slovenská hydrogeologická konferencia, Herľany. *Podzemná voda, 2, 10, 162 – 173.*

Boutron, C. F., 1995: Historical reconstruction of the Earth's past atmospheric environment from Greenland and Antarctic snow and ice cores. *Env. Rev., 3, 1, 1 – 28.*

Clow, D. W., Ingersoll, G. P., Mast, M. A., Turk, J. T. & Campbell, D. H., 2002: Comparison of snowpack and winter wetdeposition chemistry in the Rocky Mountains, USA. Implications for winter dry deposition. *Atmos. Environ., 36, 2 337 – 2 348.*

Gazda, S. & Lopašovský, K., 1983: Chemické zloženie zrážok na území Slovenska. *In: Hydrochemické problémy znečisťovania prírodných vôd. Konf., Symp., Sem., GÚDŠ, Bratislava, 63 – 71.*

Heuer, K., Tonnessen, K. A. & Ingersoll, G. P., 2000: Comparison of precipitation chemistry in the Central Rocky Mountains, Colorado, USA. *Atmos. Environ., 34, 1 713 – 1 722.*

Hiltbrunner, E., Schwikowski, M. & Körner, Ch., 2005: Inorganic nitrogen storage in alpine snow pack in the Central Alps (Switzerland). *Atmos. Environ., 39, 2 249 – 2 259.*

Iglárová, Ľ., Wagner, P., Hrašna, M., Cipciar, A., Frankovská, J., Bajtoš, P., Smolárová, H., Gluch, A., Vlčko, J., Bodiš, D., Klukanová, A., Ondrášik, M., Ondrejka, P., Liščák, P., Pauditš, P., Petro, Ľ., Dananaj, I., Hagara, R., Moczo, P., Labák, P., Kristeková, M., Ferianc, D., Vanko, J., Kováčiková, M., Záhorová, Ľ., Mikita, S., Matys, M., Gajdoš, V., Masarovičová, M., Slávik, I., Vybíral, V., Rapant, S., Greif, V., Brček, M., Kordík, J. & Slaninka, I., 2011: Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory, správa za obdobie 2002 – 2009. Záverečná správa. *Manuskript. MŽP SR, ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Ingersoll, G. P., Mast, M. A., Campbell, D. H., Clow, D. W., Nanus, L. & Turk, J. T., 2008: Trends in snowpack chemistry and comparison to National Atmospheric Deposition Program results for the Rocky Mountains, US, 1993–2004. *Atmos. Environ., 42, 6 098 – 6 113.*

Kantor, J., Ďurkovičová, J., Rúčka, I., Harčová, E., Eliáš, K., Garaj, M., Richtarčík, J. & Michalko, J., 1987: Izotopový výskum hydrogenetických procesov. 1. časť (vody Žitného ostrova, vody na zlomoch v neovulkanitoch, topenie snehov Chopok). Čiastková záverečná správa. *Manuskript. Archív GÚDŠ, Bratislava, 174 s.*

Klukanová, A., Wagner, P., Iglárová, Ľ., Ondrášik, M., Jánová, V., Liščák, P., Matys, M., Vlčko, J., Kováčiková, M., Hrašna, M., Bodiš, D., Moczo, P., Frankovská, J., Rapant, S., Jelínek, R., Pauditš, P., Petro, Ľ., Polaščinová, E., Kováčik, M., Scherer, S.,

Kristeková, M., Labák, P., Dananaj, I., Spišák, Z., Jadroň, D., Vybíral, V., Holzer, R., Malgot, M., Baliak, F., Jánoš, J., Gajdoš, V., Letko, V. & Míka, R., 1998: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky, stav k 31. 12. 1997. *Manuskript. Archív GS SR, Bratislava, 420 s.*

Mayewski, P. A., 1994: Changes in atmospheric circulation and ocean ice cover over the North Atlantic during the last 41,000 years. *Science, 263, 5 154, 1 747 – 1 751.*

Rapant, S., Vrana, K., Bodiš, D., Doboš, V., Hanzel, V., Kordík, J., Repčoková, Z., Slaninka, I. & Zvara, I., 1996: Geochemický atlas Slovenskej republiky – časť podzemné vody. *GS SR, Bratislava, 127 s.*

Sharp, M., Skidmore, M. & Nienow, P., 2002: Seasonal and spatial variations in the chemistry of a High Arctic superglacial snow cover. *J. Glaciology, 48, 160, 149 – 158.*

Vrana, K., Bodiš, D., Lopašovský, K., Rapant, S. & Girman, J., 1994: Regional evaluation of snow pack quality in Slovakia. Hydrogeochemical aspect. *IAHS Publ. No 222, Wallingford, 105 – 113.*

Vrana, K., Bodiš, D., Lopašovský, K. & Rapant, S., 1989: Regionálno-hydrogeochemické zhodnotenie kvality snehovej pokrývky na území Slovenska. *Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol., 7, 87 – 128.*

Wagenbach, D., Münnich, K. O., Schotterer, U. & Oeschger, H., 1988: The anthropogenic impact on snow chemistry at Colle Gniffetti, Swiss Alps. *Ann. Glaciol., 10, 183 – 187.*

Rukopis doručený 8. 1. 2013
Revidovaná verzia doručená 5. 2. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Variability of chemical composition of winter precipitations in Slovakia for 36 years of observation

Paper presents results of snow cover monitoring program in the Slovak Republic implemented in 1976. The monitoring is recently realized within the framework of the project "Monitoring of geological factors of environment", which comprises background information on abiotic statement of natural environment. pack as follows:

• knowledge of the mechanism which affect quantities and processes of the chemical composition of groundwater

• a reasoned interventions in the natural environment in terms of acidification of natural receptors (natural water, soil, rocks, biomass, etc.)

• monitor the impact of changes in the quantity and quality of solutions generated heating snow cover various processes (weathering, sagging, slumping, etc.)

• knowledge of the loads of the atmosphere and the potential contribution of anthropogenic substances at the time of

• knowledge of the nature and degree of pollution of the Slovak Republic with the option to create a model of development based on long-term (historical) series observations.

Snow cover monitoring is carried out yearly on a national network of 44 locations throughout Slovakia (Fig. 1).

Values of total dissolved solids (TDS) range from 2.04 mg · l^{-1} to 162.8 mg · l^{-1} (Tab. 1). The lowest TDS values are documented in the Vysoké Tatry, Nízke Tatry and Veľká Fatra Mts. The highest contents of TDS were observed close to densely populated areas, industrial parks and agricultural areas. Snows characterize low pH values (almost one third of samples with values less than 4.4). On the other hand, pH above 7 were observed close to cement factories and magnezite industry.

As "background area" was allocated altitude profile in the Vysoké Tatry Mts. (Lomnický štít – Skalnaté pleso – Tatranská Lomnica) with lower TDS values comparing to nationwide average TDS values (ratio 0.57 to 0.62). Basic statistical parameters of snow chemical composition of profile are given in Tabs. 2, 3 and 4. It is clear that the TDS values of the whole profile characterize very low mean and median values. The greatest variability in the TDS values has Lomnický štít locality, as evidenced by the highest standard deviation. Correlation matrices of profile are presented in Tabs. 5–7 and 8. Statistically significant correlation at a significance level of 95 % has practically only Na with Cl. This dependence reflects the global nature of the atmosphere originating from marine aerosol. Interpretation of other correlations is quite complicated. pH values correlated with sulfate (negative) and calcium (positive) only at the Skalnaté pleso monitoring site and with calcium at the Tatranská Lomnica site (vice versa pH values of snows from Lomnický štít does not correlate with any ion).

Relationship between analysed parameters and altitude is expressed by factor analysis (Tab. 9). The first factor has high saturation of Na^+, Ca^{2+}, NH_4^+ and Cl^-, which is practically characteristic for the entire territory of Slovakia and describes the formation of snow chemical composition from the beginning, through continental influences to local influences and processes ongoing in the snow layer. The second factor suggests a negative relationship between altitude and nitrate in snow solutions. The third factor is the prominent high saturation values of pH, which can be explained by the dominance of the acidic origin of the snow solutions throughout the observed period.

To find statistically significant differences in mean values of data, divided into three groups according to altitude, the analysis of variance was used (Tab. 10). The results show that the only difference between the averages of the three groups was calculated for nitrates. Differences in average nitrate contents and average Na/Cl values with altitude are presented in Figs. 2 and 3, respectively.

Variability of chemical composition in the Slovak territory reflects mainly origin of air material, synoptic situation, precipitation amount and global/regional/local pollution of atmosphere. Evaluation of the variability of snow chemical composition is one of the fundamental objectives of monitoring. Trends of pH and TDS values and concentrations of nitrates, ammonium ions and sulphate are shown in Figs. 7 to 11. In case of total dissolved solids, nitrates, ammonium ions and sulphates, the decrease of values in time is obvious mainly due to the drop of industrial activities after 1989. By contrast, a trend of pH value increase is documented in snow cover of Slovakia.

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 461 – 472
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Problematika monitoringu objemovo nestálych zemín a ich vlastností – prípadová štúdia Veselé

IVAN DANANAJ, ALENA KLUKANOVÁ a PAVEL LIŠČÁK

Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Problems of monitoring of volume unstable soils and their properties: A case study Veselé (Slovakia)

Soil volume changes were studied in the scope of the Monitoring of Geological Factors System, in the subsystem of Volume Unstable Soils. Monitoring was primarily held in areas with eolian sediments prone to collapse and areas with the occurrence of volume changes due to swelling and shrinking. The Podunajská nížina and Východoslovenská nížina lowlands are the most vulnerable areas in Slovakia. The purpose of monitoring is to observe and evaluate the mechanism of soil volume changes, their manifestations at the surface and changes in the geological environment, and to predict their effects in time and space and also to provide measures for reduction of their effects to an acceptable level. The monitoring consists of registration of objects damaged due to volume changes in the soil and determination of the volume changes cause. A total of 1460 objects have been registered in 138 municipalities. Soil samples for laboratory evaluation of their properties were collected in the areas where soils are susceptible to volume changes. In addition to the basic classification analyses, the tests of collapsibility and swelling were performed. The case study deals with the event of 2007, when a collapse of land occurred in a field near village of Veselé.

Key words: monitoring, volume change, collapse, swelling, registration, loess

Úvod

Veľký počet rôznych porúch alebo havárií stavieb spôsobených objemovými zmenami zemín u nás i v zahraničí vznikol preto, že sa riešeniu problémov nepriaznivých vlastností presadavých a napúčavých sedimentov v praxi nie vždy venuje náležitá pozornosť a v mnohých prípadoch sa navrhujú nevhodné základové konštrukcie. Návrh nevhodných metód zakladania je ovplyvnený rôznymi okolnosťami. Jednou z najvážnejších príčin je nedostatočná znalosť fyzikálnych a mechanických vlastností zemín tvoriacich podložie. Druhou príčinou je nedostatočná znalosť zmien a procesov v prírodnom prostredí. Treťou príčinou býva šetrenie finančnými prostriedkami na prieskum.

Objemovo nestále zeminy na Slovensku tvoria presadavé zeminy (kvartérne eolické sedimenty), napúčavé íly (neogénne alebo kvartérne íly) a silne prekonsolidované ílovité zeminy. Najnepriaznivejšou a zároveň najnebezpečnejšou vlastnosťou spomedzi objemových zmien je presadavosť. Problematika presadania zemín na Slovensku je o to vážnejšia, že eolické sedimenty zaberajú plochu takmer 7 000 km^2 (Šajgalík, 1985), čo predstavuje cca 14 % rozlohy Slovenskej republiky. Preto sa súčasťou čiastkového monitorovacieho systému geologických faktorov stalo aj monitorovanie objemovo nestálych zemín. Na začiatku sa tento subsystém venoval výlučne presadaniu zemín v základovej pôde. Pri registrovaní porúch objektov sa ukázalo, že poruchy na objektoch nie sú zapríčinené len presadavosťou zemín, ale v mnohých prípadoch, najmä na Východoslovenskej nížine, bolo príčinou napúčanie. Od roku 1999 bol preto tento podsystém rozšírený na monitorovanie objemovo nestálych sedimentov. V roku 2007 bolo monitorovanie podsystému pozastavené a odvtedy prebieha len vo forme sledovania výskytov významného porušenia zemského povrchu, ako napríklad v roku 2007, keď došlo k prepadnutiu pôdy na poli v katastri obce Veselé. Práce súvisiace s monitoringom objemovo nestálych zemín prebiehali najmä na území Podunajskej a Východoslovenskej nížiny. V ojedinelých prípadoch boli odoberané aj vzorky z iných oblastí, ako napríklad zo Záhorskej nížiny, Hornonitrianskej kotliny a podobne (Klukanová et al., 2011).

Objemovo nestále zeminy

Zeminy, ktorých vlastnosti sa pred porušením vnútornej štruktúry a po jej porušení výrazne líšia alebo počas zmeny štruktúry v nich dochádza k výrazným objemovým zmenám, označujeme ako metastabilné. Časť z nich, pri ktorých je rozhodujúca objemová stabilita, označujeme ako zeminy objemovo nestále. Objemová nestabilita sa prejavuje znížením alebo zväčšením objemu. Zmenšenie objemu je spôsobené presadaním alebo zmrašťovaním, zvýšenie objemu napúčaním.

Na obr. 1 sú znázornené územia s pravdepodobným výskytom objemovo nestálych zemín na Slovensku. Podkladom na zostavenie mapy boli Mapa genetických

typov kvartérnych sedimentov (Klukanová in Bodiš et al., 1999) a schéma jemnozrnných sedimentov na Slovensku (Letko a Hrašna in STN 83 8106).

Presadavé zeminy

Štruktúra spraší sa líši od ostatných typov zemín. Majú vysokú pórovitosť, ich štruktúra je makropórová. V prirodzených podmienkach sú spraše a sprašové zeminy únosnými základovými pôdami vďaka cementačným väzbám a bežné sú zárezy dosahujúce výšku 10 metrov. Pri prevlhčení dôjde k porušeniu cementačných väzieb, pričom sa poruší makropórová štruktúra. Porušenie väzieb sa prejaví stratou únosnosti a presadnutím (Pjankov a Azizov, 2008). Presadavé zeminy rozdeľujeme do dvoch skupín, na veľmi presadavé zeminy a presadavé zeminy (Klukanová a Frankovská, 1995). Medzi veľmi presadavé zeminy zaraďujeme typické spraše a piesčité spraše. K presadavým zeminám patria eolické piesky, ílovité spraše a sprašoidné sedimenty, ktoré majú prevládajúcu zrnitostnú frakciu prachovitú.

Príčiny presadavosti sú rôzne. Vplýva na ne genéza zeminy, postgenetické procesy, uľahnutosť zeminy, hydrogeologické pomery, minerálne zloženie a pod. Proces presadania je možné rozdeliť do troch fáz, ktoré však neprebiehajú súčasne (Klukanová et al., 1998).

V prvej fáze dochádza k deštrukcii pôvodnej mikroštruktúry, zapríčinenej zvýšením vlhkosti za pôsobenia vonkajšieho tlaku. Zvýšenie stupňa nasýtenia zeminy spôsobuje stratu kapilárnych adhéznych síl a značnou mierou znižuje pevnosť väzieb ílovými mostíkmi. Deštrukcia sa prejavuje aj rozrušením ílových povlakov obaľujúcich piesčité alebo prachovité zrná kremeňa, resp. iných klastických minerálov. Rozpadajú sa aj agregáty a mikroagregáty, zvyšuje sa rozpúšťanie karbonátov a ich premiestňovanie v zemine.

V druhej fáze nastáva zrútenie mikroštruktúry, čo sa prejavuje premiestňovaním rozrušených ílových obalov. Pri presune častíc sa uplatňuje vplyv prúdiacej vody vyvolávajúcej sufózne javy a vonkajšie napätie. Ďalšími dôležitými prejavmi sú zmenšenie obsahu karbonátov, zhutnenie štruktúrnych prvkov, zníženie pórovitosti.

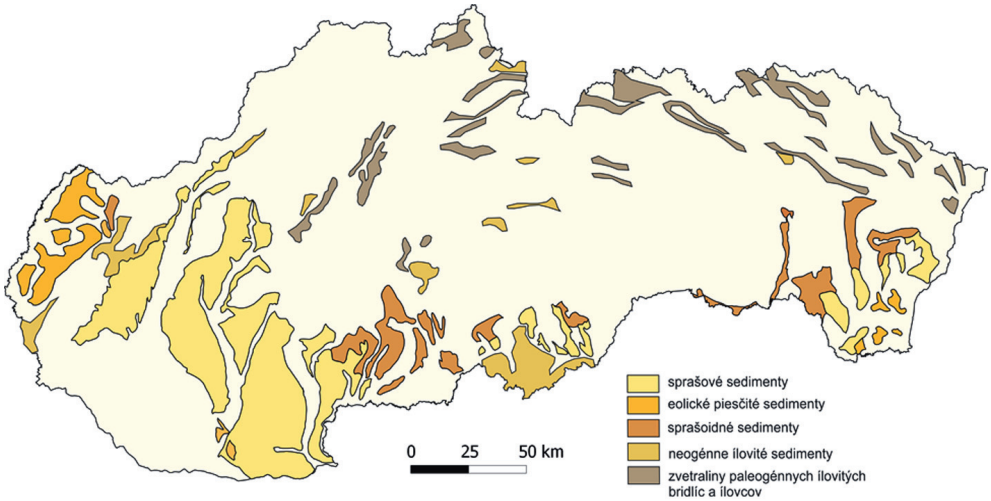
V tretej fáze vzniká po presadnutí nová mikroštruktúra. Zemina nadobúda heterogénnu stavbu oproti pôvodnej, homogénnej. Rozpadnuté sú základné štruktúrne jednotky, t. j. jednotlivé zrná už nie sú dokonale obalené ílovými povlakmi a navzájom sa nespájajú. Mení sa percentuálne zastúpenie jednotlivých veľkostných frakcií pórov. Presadnutá zemina má nižšie percentuálne zastúpenie pórov veľkosti do 0,005 mm. Obsah pórov veľkosti od 0,005 do 0,01 mm má výrazne vyšší. Z uvedeného vyplýva, že hlavnú úlohu pri presadavosti zohráva translokácia rozpadnutých ílových obalov.

Zeminy podliehajúce napúčaniu a zmrašťovaniu

Hoci objemovo nestále zeminy zvyčajne nepredstavujú bezprostredné ohrozenie pre zdravie a životy ľudí, opakovaným prevlhčovaním a vysúšaním a následným zväčšovaním a zmenšovaním objemu, a teda opakovanými zmenami napätia, sú významnou príčinou škôd na nehnuteľnostiach. Prejavom takýchto škôd bývajú zvlnené podlahy, roztrhnuté základy, prasknuté bazény, deformované cesty, pretrhnuté potrubia. Ťažké stavebné konštrukcie (napríklad vysoké komíny) sú schopné odolávať výzdvihu, avšak ľahké konštrukcie, ako cesty a chodníky, nie, čo vedie k ich nerovnomernému sadaniu.

Medzi zeminy náchylné na napúčanie a zmrašťovanie patria íly (neogénne alebo kvartérne) a silne prekonsolidované ílovité zeminy charakteru ílovitých bridlíc, ílovcov a pod.. Ich výskyt je znázornený na obr. 1.

Z inžinierskogeologického hľadiska, podľa STN 72 1001, sú za íl pokladané jemnozrnné zeminy, v ktorých podstatnú časť tvorí tzv. ílovitá frakcia s veľkosťou zŕn menšou ako 2 μm. Íly a ich spevnením vzniknuté ílovce sú tvorené hlavne ílovými minerálmi (illit, montmorillonit,



Obr. 1. Výskyt objemovo nestálych sedimentov na území Slovenska.

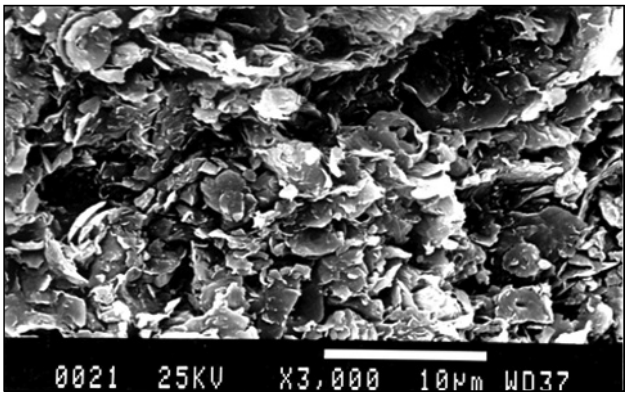
Fig. 1. Volume unstable sediments in Slovakia.

kaolinit, halloysit, antigorit, saponit, stevensit, vermikulit, beidellit, palygorskit, alofán) a prímesami (kremeň, živce, sľudy, rutil, turmalín, amfibol, kalcit, pyrit, oxyhydroxidy Fe a Mn, organické zvyšky, atď.). Napučiavanie a plasticita sú vlastnosti ílových minerálov, ktoré závisia od typu väzby a typu medzivrstevného katiónu. Najvýraznejšie napúčajú smektitické íly s voštinovou mikroštruktúrou (obr. 2), kde vymeniteľné katióny držia spolu základné vrstvy len elektrostatickými silami. V medzivrství prebieha hydratovanie, v dôsledku čoho íl napučiava. Najväčšou plasticitou sa vyznačujú smektitické íly s aktívnymi iónmi Na, ďalej kaolínové, beidellitové a hydrosľudové íly. Plasticitu zvyšujú aj humínové látky.

Pri infiltrácii vody do napúčavej základovej pôdy dochádza k zhoršovaniu jej vlastností. Zväčšenie objemu spôsobené prijímaním vody do kryštalickej mriežky minerálov má za následok vznik vysokých ťahových síl v podpovrchovej vrstve. Keď je suchá zemina zvlhčená, v prvom štádiu napučiavania dochádza k jej expanzii vo všetkých smeroch, pretože ešte môžu byť otvorené trhliny z vysychania. Po ich uzavretí sa už zemina nemôže rozťahovať do strán a dochádza k expanzii len vo zvislom smere, čo spôsobuje výzdvih zeminy (Taboada, 2003).

Pre napučiavanie a zmrašťovanie je najdôležitejšou podmienkou prítomnosť vysokoplastickej ílovitej zeminy. Rozsah a rýchlosť objemových zmien závisia od vnútorných a vonkajších podmienok. Medzi vnútorné podmienky patria minerálne a chemické zloženie hornín, zrnitosť, štruktúra, obsah vody, uľahnutosť, stupeň diagenézy. Z vonkajších podmienok je dôležitý prístup vody a vodných pár, chemické zloženie a fyzikálno-mechanické vlastnosti vody. Dôležitým faktorom je aj hĺbka sezónnych zmien vlhkosti. Lokálne môžu ovplyvniť vlhkosť zeminy, a tým aj správanie objemovo nestálych zemín, zlé odvedenie drenáže, prasknuté potrubia, odkvapové rúry alebo prítomnosť veľkých stromov. Ohrozenie vplyvom napučiavania alebo zmrašťovania sa zvyšuje dlhodobými obdobiami sucha a výparom.

Pri strate vody dochádza k zmrašťovaniu vplyvom zbližovania štruktúrnych vrstiev. Ak sú v dôsledku straty vody pri vysychaní ťahové napätia väčšie ako sily súdržnosti



Obr. 2. Mikrograf smektitického ílu s voštinovou mikroštruktúrou (foto Klukanová).

Fig. 2. Microphotograph of smectite clay with honeycomb microstructure (photo Klukanová).

zeminy, narastá povrchové napätie, čoho následkom je „potrhanie povrchu". Vznikajú otvorené ťahové trhliny polygonálneho tvaru, ktorý najviac zodpovedá minimálnej práci pri pretváraní povrchu. Rozmery a čiastočne aj tvar zmrašťovacích puklín v zemine závisia od mnohých faktorov, najmä však od minerálneho zloženia a od klimatických podmienok (teplota, zrážky, atď.). S predlžovaním obdobia sucha sa pukliny zväčšujú a prenikajú viac do hĺbky. Tým sa vytvárajú ďalšie cesty pre prenikanie vody do horninového telesa. Sieť puklín vznikajúcich vysúšaním býva pravidelná a pukliny obyčajne vznikajú na tom istom mieste (Šútor a Gomboš, 2001). Trhliny, hlavne v íloch, podmieňujú deštrukciu budov, líniových stavieb a iných inžinierskych diel.

Monitoring

Základné ciele monitorovania

K základným cieľom monitorovania objemovo nestálych zemín patria:

- regionálna identifikácia výskytu objemovo nestabilných sedimentov,
- registrácia poškodených objektov vo vybratých územiach,
- zmeny rozsahu poškodených objektov v čase,
- sledovanie citlivosti zemín na objemové zmeny,
- zovšeobecnenie poznatkov na iné územie s podobnou geologickou stavbou.

Metódy hodnotenia

Medzi pozorované ukazovatele a metódy hodnotenia v rámci monitorovania patria:

- identifikácia území s výskytom objemovo nestabilných sedimentov,
- registrácia porušených objektov na týchto územiach,
- sledovanie porúch na objektoch, teda kvalitatívnych i kvantitatívnych zmien puklín a trhlín,
- odbery porušených a neporušených vzoriek zemín,
- laboratórne stanovenie fyzikálnych a mechanických vlastností zemín,
- stanovenie minerálneho zloženia zemín,
- sledovanie zmien vnútornej stavby zemín.

Údaje získané pri registrácii porušených objektov boli zaznamenávané do záznamového listu. Záznamový list obsahuje:

- údaje o lokalizácii objektu (geomorfologické začlenenie, okres, názov obce a ulice, číslo domu, pozemku, resp. iná lokalizácia),
- údaje o druhu objektu,
- fotografiu alebo nákres porušených častí,
- geologickú a geomorfologickú charakteristiku územia,
- opis poruchy (smer, sklon, šírku puklín, zmeny a vplyvy na susedné objekty),
- časový vývoj zmien poruchy od vzniku až po súčasný stav,

• pravdepodobnú príčinu poruchy,
• geotechnické vlastnosti základovej pôdy, ak sú známe.

Pri dokumentácii konkrétnych porúch bola pozornosť najviac zameraná na porušené konštrukčné časti, vek objektu, hĺbku základov, druh použitého stavebného materiálu, činitele, ktoré ovplyvňujú rozšírenie porúch, prípadne boli sledované aj vykonané sanačné práce a zhodnotená ich efektívnosť.

Fyzikálny stav zemín bol sledovaný na neporušených aj porušených vzorkách zemín odoberaných z vrtov, z kopaných šachtíc a z prirodzených odkryvov v blízkosti objektov. Proces presadania, napučiavania a zmrašťovania zemín bol sledovaný v laboratórnych podmienkach, kde boli stanovené vlhkosť, konzistenčné medze, zrnitostné zloženie, objemová a merná hmotnosť, stupeň nasýtenia, obsah uhličitanov a organických látok. Pri spraši a sprašoidných zeminách boli vykonané špecifické skúšky na zistenie stupňa presadania. Na vybratých vzorkách ílovitých zemín bolo hodnotené napúčanie a napúčací tlak vzoriek. Pomocou SCAN-u bolo sledované minerálne a chemické zloženie a vnútorná stavba, najmä jej zmeny spôsobené presadavosťou, napúčaním a zmrašťovaním.

Frekvencia monitorovania sa pohybovala od priebežnej registrácie objektov až po sledovanie aktivity porúch na objektoch raz za 3 roky. Týmto spôsobom monitorovanie prebiehalo do roku 2007, odkedy sú sledované len významné porušenia zemského povrchu, iné sledovania sú pozastavené.

Výsledky monitorovania

Monitoring objemovo nestálych zemín prebiehal najmä na území Podunajskej a Východoslovenskej nížiny. V ojedinelých prípadoch boli odoberané aj vzorky z iných oblastí, ako napríklad zo Záhorskej nížiny, Hornonitrianskej kotliny a podobne.

Do roku 2007 sa priebežne pokračovalo v registrácii na území Podunajskej a Východoslovenskej nížiny. V oblasti Východoslovenskej nížiny bola skončená 3. etapa, na Podunajskej nížine v časti Trnavskej pahorkatiny 2. etapa registrácie.

Na území Podunajskej nížiny bolo registrovaných 452 porušených objektov v 72 obciach, na území Východoslovenskej nížiny 1 008 porušených objektov v 66 obciach. Príklady porušených objektov sú na obr. 3 a 4.



Obr. 3. Silné porušenie rodinného domu č. 492 v obci Kamenín po prístavbe, chýba odkvap (foto Klukanová).

Fig. 3. Heavy failure of family house No. 492 in Kamenín after additional construction, downpipe is missing (photo Klukanová).



Obr. 4. Trhliny do 10 cm široké na objekte v obci Pohronský Ruskov, Kostolná ul. č. 8 boli spôsobené zatekaním vody pod základy domu, príčinou bol porušený odkvap (foto Klukanová).

Fig. 4. Cracks up to 10 cm wide on family house in Pohronský Ruskov, Kostolná Street 8, due to water leakage below the building foundation. The leakage was caused by damaged downpipe (photo Klukanová).

Príčiny porúch na objektoch

Príčinami spôsobujúcimi presadanie sú zvýšenie vlhkosti, zvýšenie zaťaženia alebo zvýšenie vlhkosti aj zaťaženia.

Zvýšenie vlhkosti nastáva prienikom vody do podložia. Voda sa do základovej pôdy môže dostávať rôznymi spôsobmi:

- pri budovaní novej cesty,
- prasknutím či neinštalovaním odkvapovej rúry,
- zrážkovou vodou z vyššie položených svahov,
- haváriou vodovodného alebo kanalizačného potrubia,
- vybudovaním zavlažovacieho kanála v blízkosti stavebných diel,
- vyhĺbením základovej jamy v susedstve budov.

Zaťaženie vyvolávajúce presadnutie môže byť statické alebo dynamické. Zvýšenie statického zaťaženia môže spôsobiť prístavba objektu alebo koncentrácia zaťaženia preneseného z priľahlého objektu. Dynamické zaťaženie spôsobujú otrasy zo zvýšenej intenzity premávky.

Veľkú časť deštrukcií na objemovo nestálych zeminách spôsobili neodborné či nevedomé ľudské zásahy, napr. hĺbenie základov, neodborné odvedenie vody z odkvapových rúr, netesná podzemná kanalizácia či vodovodné potrubie. Hladký povrch potrubí v zemine navyše slúži ako „privilegovaná“ cesta prúdiacej vody, ktorá na ich obvode môže vytvoriť aj podzemné priestory a kaverny, v dôsledku čoho môže dôjsť k prepadnutiu územia. V menšej miere môžu vznikať deštrukcie aj neodborne vykonanými vrtmi, sondami a pod..

Monitorovanie puklín a ich zmeny na vybratých objektoch

Monitorované boli aj pukliny a ich zmeny na vybratých objektoch. Väčšinou boli identifikované opakujúce sa trhliny so šírkou v rozmedzí od desatín mm až po desiatky mm. Šírka trhlín na budovách závisela od deformačných podmienok. Vyčlenených bolo 6 stupňov trhlín (tab. 1).

Stanovenie fyzikálnych vlastností

Z lokalít boli priebežne odoberané porušené a neporušené vzorky zemín z vrtov, z kopaných šachtíc a prirodzených odkryvov, predovšetkým z Východoslovenskej nížiny a Podunajskej nížiny.

Tab. 1
Rozdelenie trhlín vznikajúcich na budovách vplyvom presadania
Division of cracks on buildings due to collapse of soil

rozmer trhliny	aktivita trhliny	následky
< 5 mm	neaktívne	estetické
5 – 10 mm	neaktívne	estetické
10 – 30 mm	aktívne	oprava je žiaduca
30 – 70 mm	aktívne	oprava je nutná
70 – 150 mm	aktívne	hrozí deštrukcia
> 150 mm	aktívne	objekt neobývateľný, potrebná sanácia

Hodnoty fyzikálnych vlastností boli stanovené v laboratóriu inžinierskej geológie. Presadavosť bola určovaná laboratórnou skúškou presadavosti neporušenej zeminy v oedometri metódou jednej alebo dvoch kriviek. Stanovil sa koeficient presadavosti I_{mp} [%], resp. I_m [%], a modul presadania M_{pr} [mm · m^{-1}]. Koeficient presadavosti vyjadruje pomer zvislej deformácie skúšobnej vzorky po nasýtení vodou k výške vzorky pred nasýtením pri určitom zvislom napätí:

$$I_{mp} = \frac{\Delta h_p}{h_0}.100\%$$

kde Δh_P = dodatočné sadnutie vzorky po zaliatí vodou v mm,
h_0 = výška vzorky pred zaliatím vodou v mm.

Modul deformácie predstavuje veľkosť deformácie vrstvy zeminy s hrúbkou 1 m, ktorá vznikne po nasýtení vodou:

$$M_{pr} = \frac{\Delta h_p}{h_0},$$

kde Δh_P = dodatočné sadnutie vzorky po zaliatí vodou v mm,
h_0 = výška vzorky pred zaliatím vodou v m.

Laboratórne boli stanovené hodnoty pomerného napúčania, ktoré umožňujú porovnávať jednotlivé zeminy z hľadiska ich schopnosti napúčať. Skúškou sa modeluje proces prevlhčenia odkrytej horniny. Zvlášť pri odkrytí silne prekonsolidovaných ílovitých zemín dochádza k intenzívnemu nasávaniu vzdušnej vlhkosti, čo iniciuje vznik napúčacích tlakov, ktoré dosahujú hodnoty 150 kPa a viac. Skúška nepriamo podáva informáciu o obsahu ílovitých minerálov v skúšanej hornine a veľmi orientačne aj o povahe týchto minerálov. Napúčanie sa stupňuje v závislosti od obsahu minerálov v rade kaolinity – illity – smektity. Hodnotený bol aj potenciál napúčania pomocou aktivity ílových minerálov.

Medza tekutosti, medza plasticity, medza zmrašťovania a index plasticity závisia jednak od minerálneho zloženia, ale aj od obsahu ílu prítomného vo vzorke zeminy. Napríklad zemina s vysokým obsahom častíc kaolinitu môže mať podobný index plasticity ako iná zemina s menším obsahom illitových alebo smektitových častíc. Na ich odlíšenie slúži charakteristika známa ako index ílovej (koloidnej) aktivity I_A (Powrie, 1997), ktorá súvisí s merným povrchom ílového minerálu. Aktivita ílu sa vyjadruje ako podiel indexu plasticity I_p a percentuálneho podielu ílového zrna < 0,002 mm v zrnitostnom zložení zeminy:

$$I_A = \frac{I_P}{J},$$

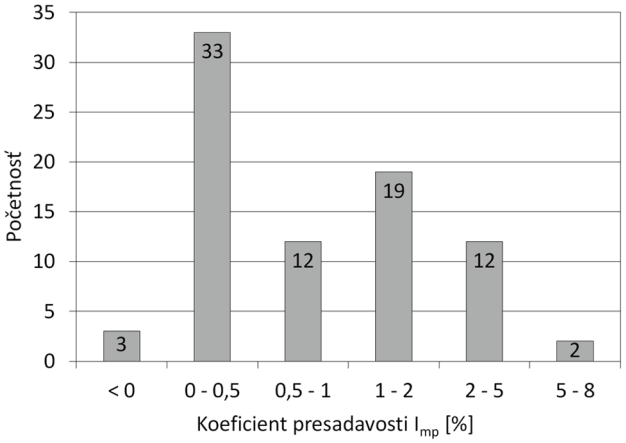
kde I_P je index plasticity, J je množstvo častíc menších ako 0,002 mm [%] alebo podiel častíc menších ako 0,002 mm k časticiam menším ako 0,5 mm na krivke zrnitosti (Zavoral, 1987).

Z hodnôt ílovej aktivity pomocou tzv. Van der Merveho alebo Juhoafrickej metódy klasifikácie potenciálu objemových zmien ílových zemín možno odhadnúť náchylnosť zemín na objemové zmeny (Mc Carthy, 1998). V grafe sa vynáša podiel frakcie < 0,002 mm na osi *x* a index plasticity I_p na osi *y*.

Zmrašťovanie zemín ako jav, ktorý často spôsobuje poruchy stavieb, sa modeluje laboratórnou skúškou zmrašťovania na neporušených vzorkách. Hodnotia sa pritom ich zmeny týkajúce sa množstva a veľkosti v čase. Zmrašťovanie je dané nielen spôsobom konsolidácie, ale aj počiatočným stupňom nasýtenia. Medza zmrašťovania w_s bola stanovená nepriamo pomocou medze tekutosti a medze plasticity.

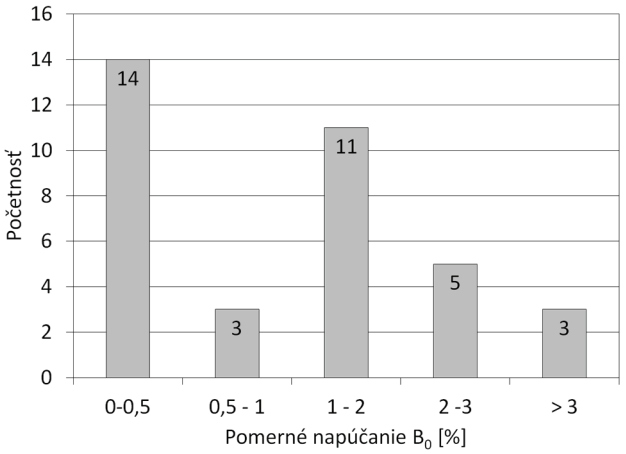
Výsledky

Celkovo bolo vykonaných 81 stanovení presadavosti. Histogram početnosti (obr. 5) ukazuje, že najvyšší počet hodnôt koeficientu presadavosti I_{mp} spadá do oblasti od 0 do 0,5 %. V troch vzorkách (dve z lokality Trebišova a jedna z lokality Senca) veličina I_{mp} dosiahla zápornú hodnotu, čo znamená, že vzorka vôbec nepresadla, naopak, napučala. Tieto vzorky sú však zatriedené ako íl, resp. silt s veľkou plasticitou. Maximálna hodnota I_{mp} bola zistená vo vzorkách z Trnavy (5,17 %) a Zelenča (6,8 %).



Obr. 5. Histogram početnosti hodnôt koeficientu presadavosti.

Fig. 5. Collapsibility coefficients histogram.



Obr. 6. Histogram početnosti hodnôt pomerného napúčania.

Fig. 6. Relative swelling histogram.

Napúčanie bolo stanovené celkovo v 35 vzorkách. Maximálna hodnota pomerného napúčania dosiahla 3,74 % a minimálna 0 %. Z histogramu početnosti (obr. 6) je zrejmé, že najviac vzoriek bolo v rozsahu pomerného napúčania B_o 0 – 0,5 % a 1 – 2 %. Najvyššiu hodnotu napúčania, teda nad 3 %, dosiahli 3 vzorky (z lokalít Veľké Leváre, Drábsko, Morovno).

Z hodnôt medze tekutosti a indexu plasticity bol pomocou Van der Merveho metódy stanovený potenciál napúčania. Skúmané zeminy boli následne rozdelené do štyroch kategórií na zeminy s veľmi veľkým, veľkým, stredným a nízkym potenciálom (obr. 7).

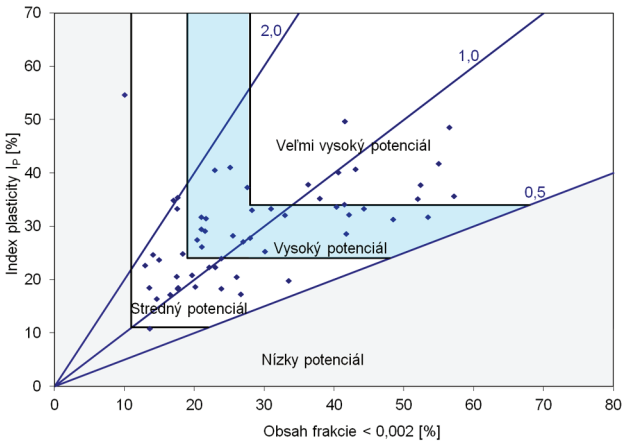
Z obrázku je zrejmé, že väčšina skúmaných zemín má vysoký až veľmi vysoký potenciál napúčania. Len dve vzorky na základe použitých kritérií spadajú do oblastí s nízkym potenciálom napúčania.

Prípadová štúdia Veselé

V novembri roku 2007 bol ŠGÚDŠ obecným úradom vo Veselom pri Piešťanoch upozornený na jav prepadnutia pôdy na poli v katastri obce. Po vykonaní obhliadky lokality bol v typických spraši identifikovaný kráter s priemerom 1,5 m, hlboký približne 3,5 m (obr. 8) a smerom do hĺbky sa rozširujúci na priemer 4,5 m (obr. 9).

Keďže nebolo jasné, či ide o prirodzenú príčinu (pseudokras, presadnutie spraší) alebo o antropogénnu príčinu (studňa, vrt, sýpka, podzemná chodba), situácia bola preskúmaná podrobnejšie.

V uvedenej lokalite boli vykonané dve vrtné sondy. Sonda V1 bola umiestnená do skolabovaného materiálu približne v strede kaverny. Sonda V2 bola situovaná do vzdialenosti približne 6 m od stredu kaverny, do súvrstvia spraší. Vrtné práce umožnili získať predstavu o zmene



Obr. 7. Potenciál napúčania zemín podľa Van der Merveho metódy. Čiary označené 0,5, 1,0 a 2,0 reprezentujú hranice hodnôt indexu ílovej aktivity.

Fig. 7. Soil swelling potential according to Van der Merve method. Lines marked as 0.5, 1.0 and 2.0 represent borders of clay activity index values.

v litologickom zložení zemín a odobrať porušené vzorky do hĺbky 6,5 m. V profiloch vrtov bolo odobratých 8 reprezentatívnych vzoriek na klasifikačné laboratórne analýzy zemín.

Skúmané územie leží medzi obcami Veselé a Dubovany (obr. 10). Podľa geomorfologického členenia patrí do oblasti Podunajskej nížiny, do celku Podunajská pahorkatina, oddielu Dolnovážska niva, časti Dudvážska mokraď (Mazúr a Lukniš, 1986).

Na stavbe územia sa zúčastňujú sedimenty neogénu a kvartéru. Bezprostredné podložie kvartéru tu tvoria brakické až sladkovodné sedimenty *ivánskeho súvrstvia* panónskeho veku, tvorené nevápnitými a vápnitými ílmi s medzivrstvami pieskov a štrkov, prechádzajúce do sladkovodných jemnozrnných pieskov, ktoré sa striedajú s pestrofarebnými ílmi a miestami aj so štrkmi (Biela, 1978; Salai, 1981).

Kvartér je na báze budovaný spodnopleistocénnymi fluviolimnickými až fluviálnymi sedimentmi tvorenými zvodneným drobnozrnným monomiktným kremitým štrkom až piesčitým štrkom s preplástkami modrosivých piesčitých ílov. Smerom do nadložia dominujú sezónne zvodnené fluviálne polymiktné strednozrnné až hrubozrnné piesčité štrky *vyššej strednej terasy* Váhu risského veku (Maglay et al., 2011). Vrchné časti fluviálnej akumulácie sú zastúpené preplavenými sedimentmi sprašového komplexu, a to ílovitými hlinami až ílmi, často s vysokým obsahom organických prímesí.

V nadloží fluviálnych sedimentov sú deponované eolické sedimenty vo forme sprašových sérií prevažne



Obr. 8. Kráter na poli pri obci Veselé (foto Dananaj).

Fig. 8. Crater in the field near Veselé (photo Dananaj).



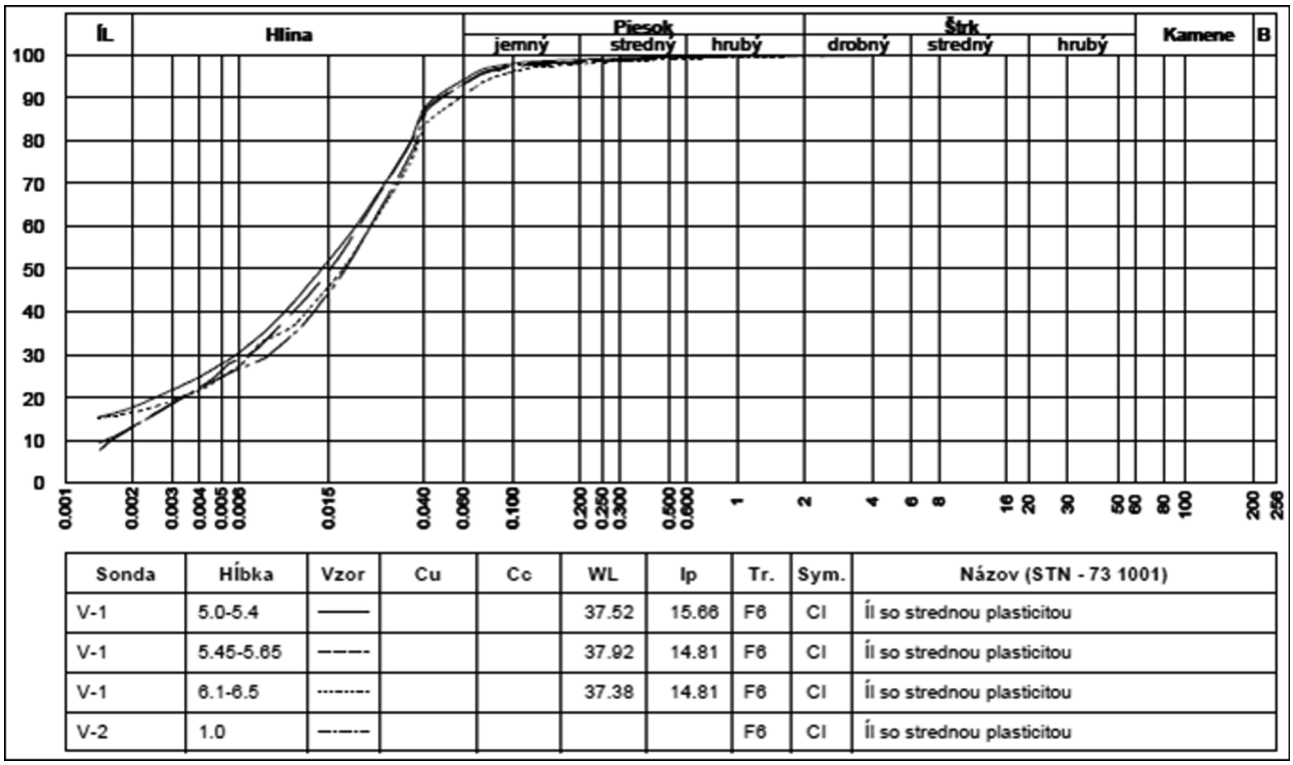
Obr. 9. Kráter na poli pri obci Veselé – detail (foto Dananaj).

Fig. 9. Crater in the field near Veselé (photo Dananaj).



Obr. 10. Lokalizácia miesta prieskumu (© Google Earth).

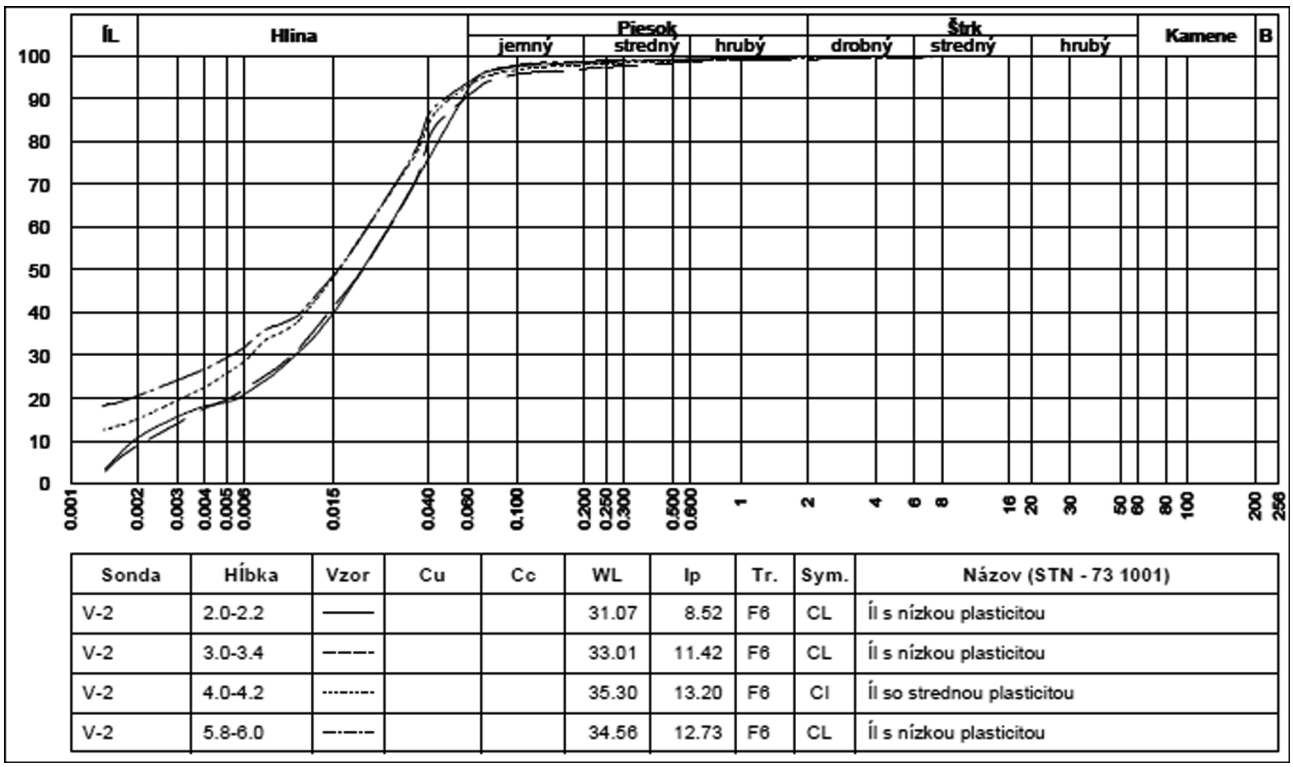
Fig. 10. Location of investigated area (© Google Earth).



Sonda	Hĺbka	Vzor	Cu	Cc	WL	Ip	Tr.	Sym.	Názov (STN - 73 1001)
V-1	5.0-5.4	———			37.52	15.66	F6	CI	Íl so strednou plasticitou
V-1	5.45-5.65	– – – –			37.92	14.81	F6	CI	Íl so strednou plasticitou
V-1	6.1-6.5	·-·-·-·-			37.38	14.81	F6	CI	Íl so strednou plasticitou
V-2	1.0	—·—·—					F6	CI	Íl so strednou plasticitou

Obr. 11. Krivky zrnitosti zemín 1.

Fig. 11. Soil particle size distribution curves 1.



Sonda	Hĺbka	Vzor	Cu	Cc	WL	Ip	Tr.	Sym.	Názov (STN - 73 1001)
V-2	2.0-2.2	———			31.07	8.52	F6	CL	Íl s nízkou plasticitou
V-2	3.0-3.4	– – – –			33.01	11.42	F6	CL	Íl s nízkou plasticitou
V-2	4.0-4.2	·-·-·-·-			35.30	13.20	F6	CI	Íl so strednou plasticitou
V-2	5.8-6.0	—·—·—			34.56	12.73	F6	CL	Íl s nízkou plasticitou

Obr. 12. Krivky zrnitosti zemín 2.

Fig. 12. Soil particle size distribution curves 2.

vrchnopleistocénneho veku. Ich hrúbka je variabilná (5 až 20 m) v závislosti od reliéfu a morfológie podkladu. Spraše boli naviate už na vymodelovaný povrch pahorkatiny. Časť sprašového pokryvu je risského, väčšinou však würmského veku. Piesčité spraše a sprašové hliny sú žltohnedej farby. Obsahujú pomerne drobné (1 – 2 cm) vápenaté konkrécie. Vo väčších hĺbkach pribúda podiel ílovitej zložky. V tomto prípade ide o hnedé, červenohnedé až svetlohnedé hlinité, ílovité a ílovito-piesčité zeminy.

Deluviálne sedimenty sa nachádzajú na okolitých svahoch úvalín a úvalinovitých dolín. Ide o preplavené spraše a sprašové hliny, často ílového charakteru tmavšej farby s menším obsahom $CaCO_3$.

V laboratóriu inžinierskej geológie ŠGÚDŠ bolo vykonaných 8 stanovení vlhkosti, 8 rozborov zrnitosti, 8 stanovení konzistenčných medzí (medza tekutosti w_L a medza plasticity w_P) a 7 stanovení obsahu uhličitanov (obr. 11 a 12 a tab. 2).

Laboratórnymi analýzami bola v obidvoch sondách potvrdená prítomnosť typických spraší. Ide o zeminy charakteru ílov s označením CL až CI v zmysle STN 72 1001, teda o nízko až stredne plastické íly. V sonde V1 boli identifikované len zeminy tuhej konzistencie, v sonde V2 bol zaznamenaný prechod od tvrdej konzistencie v horných horizontoch cez pevnú konzistenciu v prechodnej zóne až po tuhú konzistenciu zhruba od hĺbky 4,0 m. Charakteristický bol tiež úbytok uhličitanov smerom nadol, kde horizont okolo 1,0 m obsahoval až 17 % karbonátov a v horizonte od 4,0 m bol obsah uhličitanov nulový. Výsledky naznačujú, že tento jav je spojený s prítomnosťou kapilárnej zóny v spraši, ktorá sa nachádza nad súvrstvím zvodnených aluviálnych terasových štrkov (obr. 13).

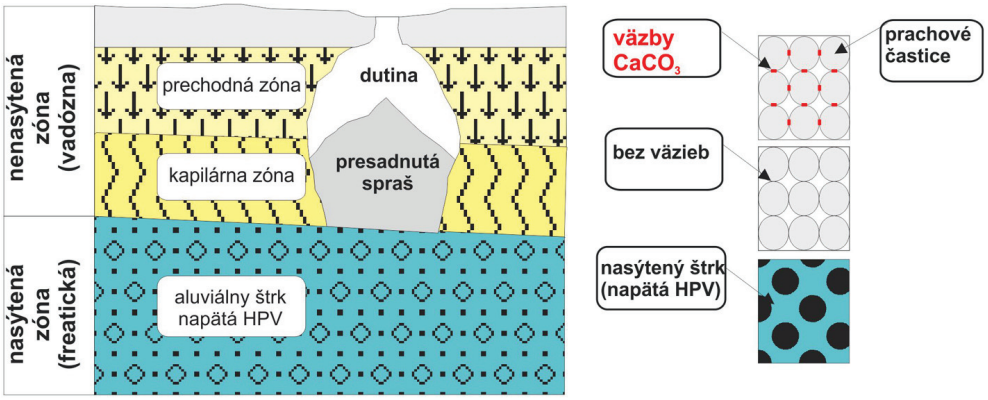
Nasvedčuje tomu aj prudký nárast vlhkosti od cca 11 % v horných horizontoch až po 22 % v hĺbke 6,0 m. V dôsledku vylúhovania karbonátov, ktoré predstavujú tmeliacu zložku obaľujúcu jednotlivé aleuritické častice, dochádza k rapídnemu oslabeniu štruktúrnych väzieb, ako aj k nárastu pórovitosti. Na rozhraní terasových štrkov a spraše sa vytvorila kaverna, ktorá sa rozširuje smerom nahor. Navyše, jemné aleuritické častice, ktoré opadávajú zo stropu, môžu byť odnášané v dôsledku prúdenia podzemnej vody cez zvodnené štrky.

Po skončení prieskumu pred začiatkom jarných prác na poli bol kráter zasypaný. Pozdĺž prístupovej cesty k skúmanému územiu bolo pozorovaných niekoľko menších prepadlín (obr. 14). Tie sa nachádzali v línii zavlažovacieho systému, čo indikuje jeho nesprávnu inštaláciu, prípadne úniky vôd.

Fenomén náhleho kolapsu spraší je na Slovensku dobre známy a v minulých rokoch zaznamenali podobné udalosti, ako sa stali v obci Veselé, tiež v Číferi a Mária Családe (obr. 15).

Tab. 2
Výsledky klasifikačných rozborov
The results of classification analyses

Sonda	Hĺbka h [m]	Vlhkosť w_n [%]	Medza tekutosti w_L [%]	Medza plasticity w_P [%]	Index plasticity I_P [%]	Index konzistencie I_C [%]	Konzistencia	Trieda	Symbol	Obsah uhličitanov O_u [%]
V-1	5,0 – 5,4	22,2	37,52	21,86	15,66	0,98	tuhá	F6	CI	0,5
V-1	5,45 – 5,65	24,65	37,92	23,11	14,81	0,9	tuhá	F6	CI	4,25
V-1	6,1 – 6,5	24,7	37,38	22,57	14,81	0,86	tuhá	F6	CI	0,1
V-2	1	11,8								
V-2	2,0 – 2,2	12,1	31,07	22,55	8,52	2,23	tvrdá	F6	CL	17,06
V-2	3,0 – 3,4	17,86	33,01	21,59	11,42	1,33	tvrdá	F6	CL	11,54
V-2	4,0 – 4,2	19,63	35,3	22,1	13,2	1,19	pevná	F6	CI	0
V-2	5,8 – 6,0	21,97	34,56	21,83	12,73	0,99	tuhá	F6	CL	0



Obr. 13. Schéma vzniku skúmaného javu.

Fig. 13. Mechanism of the phenomenon origin.

V prípade bezprostredného ohrozenia človeka alebo majetku sa podobné správy dostávajú aj do médií. Príkladom je prípad prepadnutia záhrady v Trnave. Správa vyšla v novinách SME v pondelok 30. 6. 2008 (SME, 2008, http://tv.sme.sk/v/4727/cast-zahrady-sa-im-prepadla.html). V záhrade vznikla približne dva a pol metra hlboká jama s priemerom asi tri metre. Stena bola pravidelná. Verzia, že tadiaľ viedla podzemná chodba do Bieleho Kostola z tureckých čias, sa nepotvrdila. Predpokladá sa, že išlo o zasypanú studňu, hoci sa nezistila jej konštrukcia. Do jedného metra ide o ornicu, pod ňou je spraš. Majiteľ jamu zasypal.

Ďalším prípadom bola správa o kráteri, ktorý ohrozuje statiku bytového domu v Novom Meste nad Váhom, z pondelka 22. 9. 2008 v denníku SME (SME, 2008, http://www.sme.sk/c/4087878/trojmetrovy-krater-ohrozuje-statiku-bytoveho-domu.html). Na Karpatskej ulici v Novom Meste nad Váhom sa v suteréne domu vytvoril kráter hlboký vyše troch metrov a široký dva metre. Stabilita objektu bola narušená, podľa statika nehrozila havarijná situácia okamžite, avšak z dlhodobého hľadiska to bol neudržateľný stav. Problém vznikol, pretože do podložia 43-ročnej stavby asi 20 až 30 rokov stekala voda z odvodňovacieho rigola, ktorá násyp vyplavila a vytvorila hlboký kráter.

Zhrnutie poznatkov z monitorovania

Objemovo nestále zeminy tvoriace základovú pôdu sú z inžinierskogeologického hľadiska nebezpečné, v mnohých prípadoch vyvolávajú porušenie podzákladia a havárie základových konštrukcií alebo objektov na nich postavených. Z tohto dôvodu objemovo nestále zeminy zaraďujeme k nespoľahlivým základovým pôdam. Presadanie, zmrašťovanie a napúčanie sú vlastnosti zemín spôsobujúce objemovú nestabilitu, vedúcu k nežiaducim zmenám základovej pôdy.

Na registrovaných objektoch boli najviac postihnuté okenné otvory, rohy obvodových stien, vstupné brány a portály. Hlavnými príčinami porúch na objektoch je infiltrácia vody do podzákladia objektov a s ňou súvisiace zhoršovanie vlastností zemín, ako aj zníženie únosnosti základovej pôdy, nárast nerovnomerného sadania základov po preťažení podložia, možnosť presadnutia zeminy v dôsledku pôsobiaceho zvislého napätia v prípade, keď je zemina nasýtená vodou na kritickú vlhkosť presadnutia. Preťaženie podložia vyvoláva vznik trhlín na budovách od lokálneho výskytu nadmerných šmykových napätí spôsobených v základoch a v nosných horných častiach budov. Môže byť zapríčinené nedostatočnou šírkou plošných základov vlastnej budovy, prípadne koncentráciou zaťaženia preneseného z priľahlého objektu (napríklad statickými účinkami výškovej budovy) alebo dynamickými účinkami z cesty alebo železnice s častou alebo občasnou dopravou ťažkotonážnymi vozidlami.

Prvé trhliny základových a nosných konštrukcií vrchnej stavby budovy vznikajú na mieste, kde pôsobí maximálna priečna sila, teda aj maximálne šmykové napätie, pričom trhliny sú orientované v smere plochy pôsobenia tohto napätia a rozovierajú sa v smere kolmom na smer ich pôsobenia.

Popri uvedených faktoroch pôsobiacich na veľkosť deformácií a šírenie porúch rozhoduje tiež časový faktor, v ktorom sa zaťažovací proces uskutočňuje. Príčinami porúch na objektoch je teda nerovnomerné sadanie v závislosti od zvislého napätia, ktoré pôsobí na základovú pôdu, a zmeny fyzikálno-mechanických vlastností prebiehajúce vplyvom zvyšovania plasticity a štruktúrnych zmien podložia tvoreného presadavými sedimentmi v časovom slede podľa množstva zatečenej vody do podzákladia budovy alebo zvýšeného zaťaženia (priťaženie vlastnou stavbou, priťaženie susednou stavbou, otrasy spôsobené vozidlami, atď.).



Obr. 14. Podobné krátery pozdĺž prístupovej cesty (foto Dananaj).

Fig. 14. Similar crater near the access road (photo Dananaj).



Obr. 15. Kolaps pôdy pri Mária Családe (foto Liščák).

Fig. 15. Crater at Mária Csalad (photo Liščák).

Záver

Monitorovanie objemovo nestálych zemín okrem nesporného teoretického prínosu v poznaní ich štruktúry a laboratórne zisťovaných vlastností prinieslo rad cenných praktických výsledkov. Preukázalo sa, že poruchy na stavbách sú zapríčinené viacerými faktormi, pričom objemové zmeny zemín podzákladia môžu (ale nemusia) predstavovať jeden z najdôležitejších. Jednoznačne sa preukázalo, že najčastejšou príčinou porúch je prítomnosť zvýšeného množstva vody v základovej pôde a s tým súvisiace objemové zmeny zemín. Na tieto skutočnosti boli upozornení viacerí majitelia poškodených objektov a po odstránení prvotnej príčiny poruchy bola vo viacerých prípadoch monitorovaním preukázaná stabilizácia prostredia stavby a jej základov. Vďaka monitorovaniu sa takto vykonala aj rozsiahla edukačno-popularizačná činnosť vo veľkom množstve obcí postavených na objemovo nestálych zeminách.

Po podrobnej registrácii javov v rokoch 1994 – 2000 boli systematické monitorovacie práce v rámci tohto podsystému značne obmedzené a od roku 2007 vzhľadom na nedostatok finančných prostriedkov zastavené a zamerali sa iba na riešenie náhlych havárií v predmetnom prostredí. Príkladom takéhoto riešenia je opísaná problematika v lokalite Veselé pri Piešťanoch. Vďaka bohatým poznatkom získaným počas monitorovania môžeme analogické prípady kvalifikovane riešiť aj v budúcnosti a súčasne tak obohacovať vlastný súbor teoretických i praktických poznatkov o objemovo nestálych zeminách a o ich vplyve na stavebnú činnosť v rôznych častiach Slovenska.

Poďakovanie. Autori príspevku vyjadrujú vďaku MŽP SR za umožnenie publikovať čiastkové výsledky riešenia úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory, subsystém – Objemovo nestále zeminy.

References

Biela, A., 1978: Hlboké vrty v zakrytých oblastiach vnútorných Západných Karpát. Záhorská nížina, Podunajská nížina. *Region. Geol. Západ. Karpát, 10, 1 – 223.*

Bodiš, D., Rapant, S., Khun, M., Klukanová, A., Lexa, J., Mackových, D., Marsina, K., Pramuka, S. & Vozár, J., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky – Riečne sedimenty. *GS SR, Bratislava, 145 s.*

Klukanová, A. & Frankovská, J., 1995: Monitoring of collapsible soils in Slovakia. *Slovak Geol. Mag., 3, 179 – 190.*

Klukanová, A., Iglárová, Ľ., Wagner, P., Hrašna, M., Frankovská, J., Mikita, S., Cipciar, A., Bajtoš, P., Smolárová, H., Gluch, A., Vlčko, J., Bodiš, D., Ondrášik, M., Ondrejka, P., Liščák, P., Pauditš, P., Petro, Ľ., Dananaj, I., Hagara, R. & Moczo, P., 2011: Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory (správa za obdobie 2002 – 2009), monitorovanie GF ŽP. *MŽP SR, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 920 s.*

Klukanová, A., Wagner, P., Iglárová, Ľ., Ondrášik, M., Jánová, V., Liščák, P., Matys, M., Vlčko, J., Kováčiková, M., Hrašna, M., Bodiš, D., Moczo, P., Frankovská, J., Rapant, S., Jelínek, R., Pauditš, P., Petro, Ľ., Polaščinová, E., Kováčik, M., Scherer, S., Kristeková, M., Labák, P., Dananaj, I., Spišák, Z., Jadroň, D., Vybíral, V., Holzer, R., Malgot, M., Baliak, F., Jánoš, J., Gajdoš, V., Letko, V. & Míka, R., 1998: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky, stav k 31. 12. 1997. Čiastková záverečná správa. *GS SR, Bratislava.*

Maglay, J., Pristaš, J., Nagy, A., Fordinál, K., Elečko, M., Havrila, M., Buček, S., Kováčik, M. (BA), Hók, J., Baráth, I., Kubeš, P., Kucharič, Ľ., Malík, P., Klukanová, A., Liščák, P., Ondrášik, M., Zuberec, J., Baláž, P., Čurlík, J. & Šefčík, P., 2011: Vysvetlivky ku geologickej mape Podunajskej nížiny – Trnavskej pahorkatiny 1 : 50 000. *Vyd. D. Štúra, ŠGÚDŠ, Bratislava, 322 s.*

Mazúr, E. & Lukniš, M., 1986: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. 1. vydanie. *Slovenská kartografia, Bratislava.*

Mc Carthy, D. F., 1998: Essentials of Soil Mechanics and Foundation. Basic Geotechnics, 5th edition, Prentice Hall, New Jersey, 730 p.

Pjankov, S. A. & Azizov, Z. K., 2008: Механика грунтов, Учебное пособие, Ульяновский государственный технический университет, 103 s.

Powrie, W., 1997: Soil Mechanics. Concepts and Applications, Chapman & Hall, London UK, 420 p.

STN 83 8106, 2004: Skládkovanie odpadov. Tesnenie skládok odpadov. Navrhovanie, zhotovovanie, kontrola a technické požiadavky, schéma Jemnozrnné sedimenty na Slovensku.

STN 72 1001, 2010: Klasifikácia zemín a skalných hornín.

Salai, M., 1981: Závlahy pozemkov zo zdrže Sĺňava, 5. stavba – Veselé, IGP. *Hydroconsult, Bratislava, 30 s.*

Šajgalík, J., 1985: Spraše Slovenských Karpát a ich inžinierskogeologické vlastnosti. Doktorská dizertačná práca. *Slovenská vysoká škola technická, Stavebná fakulta, Bratislava, 372 s.*

Šútor, J. & Gomboš, M., 2001: Kvantifikácia pôdneho sucha ílovito-hlinitých pôd. Bioklimatologické pracovné dni 2001: Extrémy prostredia (počasia) – limitujúce faktory bioklimatologických procesov, Medzinárodná vedecká konferencia, Račková dolina, 7 s.

Taboada, M. A., 2003: Soil Shrinkage Characteristics in Swelling Soils, Lecture given at the College on Soil Physics, Trieste, 3 – 21.

Zavoral, J. (ed.), 1987: Metodiky laboratorních zkoušek v mechanice zemin a hornin. I. Mechanika zemin – metodiky, ČGÚ Praha, 190 s.

http://tv.sme.sk/v/4727/cast-zahrady-sa-im-prepadla.html) 30. 6. 2008.

http://www.sme.sk/c/4087878/trojmetrovy-krater-ohrozuje-statiku-bytoveho-domu.html) 22. 9. 2008.

Rukopis doručený 7. 11. 2012
Revidovaná verzia doručená 15. 1. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Problems of monitoring of volume unstable soils and their properties: A case study Veselé (Slovakia)

Eolian sediments cover nearly 7 000 km^2, which is approximately 14 % of the total area of Slovakia. Soil volume changes are studied within the project Partial Monitoring System – Geological Factors, the Subsystem of Volume Unstable Soils. The environmental monitoring has been carried out in Slovakia since 1993. At the beginning, the Subsystem was focused on collapsible soils. Registration of objects disorders has shown that the failure was caused not only by collapsing soils, but in many cases, especially in the Východoslovenská nížina Lowland (Eastern Slovakia),

by the swelling. Since 1999, this Subsystem was therefore extended to monitoring of the volume unstable sediments. The Subsystem has been interrupted in 2007 due to the reallocation of the budget to emergency landslides. Since then only a monitoring of considerable events of Earth´s surface material rupture has run, such as a collapse of land in the cadastre of Veselé in 2007.

The purpose of monitoring is to watch and evaluate the mechanism of volume changes of soil, surface signs and changes of the geological environment, to predict their effects in time and space and also provide measures for reduction of their effects to an acceptable level.

The monitoring was conducted mainly on the territory of Podunajská nížina and Východoslovenská nížina lowlands. The volume unstable soils in Slovakia are collapsible soils (Quaternary eolian sediments), swelling clays (Neogene and Quaternary clays, Fig. 2) and strongly overconsolidated clayey soils. Fig. 1 shows areas with soils prone to volume changes in Slovakia.

The volume unstable soils usually do not pose an immediate threat to the health and lives of people. However repeated wetting and drying resulting in cyclic enlarging and contraction of volume, and thus repeated stress changes, are a significant cause of damage to property.

The goals of the monitoring

The fundamental goals of the volume unstable soils monitoring include regional identification of the volume unstable sediments, registration of damaged buildings, changes in the number of damaged buildings in time, monitoring of the volume unstable soils sensitivity and knowledge generalization for other areas with similar geological structure.

Characteristics and evaluation methods of the monitoring include identification of areas with the occurrence of the volume unstable sediments, inventory of damaged buildings (Figs. 3 and 4), objects failure monitoring, i.e. qualitative and quantitative changes in cracks (Tab. 1), sampling of disturbed and undisturbed soil samples, laboratory determination of physical and mechanical properties of soils, determination of mineral composition of soils and study of internal structure of soils.

When registering damaged objects, collected data were recorded in a data sheet. The data sheet includes location information, type of objects information, photograph or drawing of damaged parts, geological and geomorphological characteristics of the area, description of failure changes, failure changes over time, probable cause of failure and foundation soil properties, if known. The undisturbed and disturbed soil samples were taken for the laboratory soil characterization. Basic classification analyses were performed, as well as determination of carbonate content, organic matter, collapsibility (loess) and swelling (swelling soil) tests. Total of 452 damaged buildings in 72 municipalities on the territory of the Podunajská nížina Lowland were registered, as well as 1 008 damaged buildings in 66 municipalities within the Východoslovenská nížina lowland.

Increase in humidity, load increment, or combination of both, are the most often reasons of collapses.

Results

The total of 81 soil collapsibility tests and 35 of swelling measurements were performed. The results are shown in histograms (Figs. 5 and 6).

The highest values of the collapsibility coefficient were detected in samples from Trnava and Zeleneč (value more than 5). Liquid and plasticity limit values were used for Van der Merve method, which defines swelling potential. Studied soils were divided into four categories with very high, high, medium, and low swelling potential (Fig. 7).

The registered objects were mostly affected at window openings, corners of exterior walls, gateways and portals. The main causes of objects failures were infiltration of water into the subsoil and related deterioration of soil properties, as well as the reduction of foundation soil bearing capacity, foundation uneven subsidence due to overload.

The damaged buildings owners have been informed on the causes of failure and instructed what to do and after removal of the primary cause of the problem the following monitoring demonstrated numerous cases of the environment, building and foundation stabilizations. Due to monitoring an extensive educational and popularization activities were done in a large number of villages built on volume unstable soil.

Case study Veselé

Soil collapse occurred in the agricultural soil near the municipality of Veselé in November 2007. A crater with diameter of 1.5 m, and about 3.5 m deep was identified in a typical loess soil (Figs. 8, 9 and 10). Two boreholes were drilled at the site and 8 samples were collected for soil classification and other laboratory analyses. The laboratory analyses confirmed the presence of typical loess in both probes (Figs. 11 and 12; Tab. 2). There has been found a shift from hard consistency in the upper horizons through a solid consistency in the transitional zone to the stiff consistency at the depth of about 4.0 m. There was also a conspicuous downward depletion in carbonates content, from 17 % at the top to 0 % at a depth of 4.0 m. The phenomenon is probably related to the presence of capillary zone in loess, which is located above water-logged alluvial terrace gravels (Fig. 13). Leaching out of carbonates, which represent bonding component enclosing individual aleuritic particles, led to a rapid weakening of the structural bonds and to an increase in porosity. A cavern was formed at the contact of terrace gravels and loess. Moreover, fine aleuritic particles falling from the top at the contact of loess with underlying terrace gravels, could have been transported by the groundwater flow (hydraulic piping) through the gravel aquifer.

Similar craters were observed near the road to the studied locality (Fig. 14). Similar cases of soil collapse were reported from Maria Csalad (Fig. 15), Cífer, Trnava, Nové Mesto nad Váhom, etc.

Mineralia Slovaca, 44 (2012), 473 – 484
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Informačný systém údajov z monitoringu geologických faktorov

ĽUBICA IGLÁROVÁ[1], PETER PAUDITŠ[1] a DUŠAN DROTÁR[2]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
[2]Studenohorská 89, 841 03 Bratislava

Information system of geological factors monitoring

Monitoring System of Environment of the Slovak Republic, as presented in this paper, introduces several aspects of the Slovak environment. Data collecting and processing of results in the scope of Partial Monitoring of Geological Factors (PM GF SR) is operated at the Partial monitoring centre of the State Geological Institute of Dionýz Štúr. The PM GF SR consists of 8 sub-systems, e.g. 01 – Slope Deformations, 02 – Neotectonics and Seismicity, etc. Dataset, containing mainly rough field data, is stored and processed in sophisticated information system, integrated into two information levels, according to detailization: primary data and interpreted data, pre-processed for purpose of public presentation. Data are primarily processed in GIS environment. Database files and application are formed according to requests of particular sub--systems. Division of data into separate objects reflects the specification of monitoring method and way of processing. The paper presents information about data processing and used application software. During 20 years of monitoring, huge amount of data on geohazards has been collected. Network of monitoring sites (field stations) was optimized several times, and monitoring methods were renewed and updated. These upgrades have been reflected continuously also in the partial information system. Their history is presented at the end of the article.

Key words: monitoring system, information system, environment, geological factors, Slovak Republic

Úvod

Monitorovací systém životného prostredia Slovenskej republiky pozostáva z 10 čiastkových monitorovacích systémov (ČMS). Ich úlohou je získavať objektívne, porovnateľné, vecne a priestorovo reprezentatívne informácie o stave zložiek životného prostredia a naň pôsobiacich vplyvov. Jednotlivé ČMS sa zameriavajú na pozorovanie nasledujúcich zložiek životného prostredia: ovzdušie, voda, meteorológia a klimatológia, geologické faktory, odpady, biota, pôda, lesy, cudzorodé látky v potravinách a krmivách a rádioaktivita životného prostredia.

Informačnou nadstavbou všetkých uvedených monitorovacích systémov sú ich vlastné informačné systémy, ktoré sú integrované v Informačnom systéme monitoringu (ISM ŽP) a v rámci neho sú súčasťou rezortného Informačného systému životného prostredia. Budovanie spoločného medzirezortného Informačného systému monitoringu sa začalo už v roku 1997 s cieľom vytvoriť homogénny, previazaný celok informačných zdrojov jednotlivých ČMS, ktorý by umožnil prepojenie dátových zdrojov s geografickými údajmi v prostredí GIS. Projekt ISM ŽP rieši problémy súvisiace s heterogenitou technického a programového vybavenia účastníkov informačného systému a so zabezpečením prístupu k vzdialeným údajovým základniam prevádzkovateľov ČMS cez navzájom prepojené web servery (Benko, 2000). Funkčnosť ISM ŽP zabezpečuje riešiteľský tím zložený zo zástupcov jednotlivých ČMS, Ministerstva životného prostredia SR a zástupcov Slovenskej agentúry životného prostredia v Banskej Bystrici, ktorá je poverená jeho koordináciou a prevádzkou.

Verejnosť je informovaná o stave životného prostredia predovšetkým prostredníctvom internetových stránok Čiastkových monitorovacích systémov, kde sú sprístupnené informácie vo forme tabuliek, grafov, máp, ako aj publikovaných ročných hodnotiacich správ.

Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov a jeho parciálny informačný systém

Monitorovanie geologických faktorov je otvorený proces, ktorý vždy reflektuje aktuálne požadované zmeny dizajnu, rozsahu alebo spôsobu monitorovania. Monitorované sú geologické procesy vplývajúce na degradáciu životného prostredia a krajinnej štruktúry.

V súčasnosti monitoring prebieha v ôsmich podsystémoch Čiastkového monitorovacieho systému – Geologické faktory (ČMS GF): 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie, 02 – Tektonická a seizmická aktivita územia, 03 – Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych záťaží, 04 – Vplyv ťažby na životné prostredie, 05 – Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí, 06 – Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi, 07 – Monitorovanie riečnych

sedimentov, 08 – Objemovo nestále zeminy. Pozorovanie sa vykonáva v sieti monitorovacích bodov v lokalitách, ktoré reprezentujú typ územia potenciálne zaťaženého vybranými geologickými faktormi.

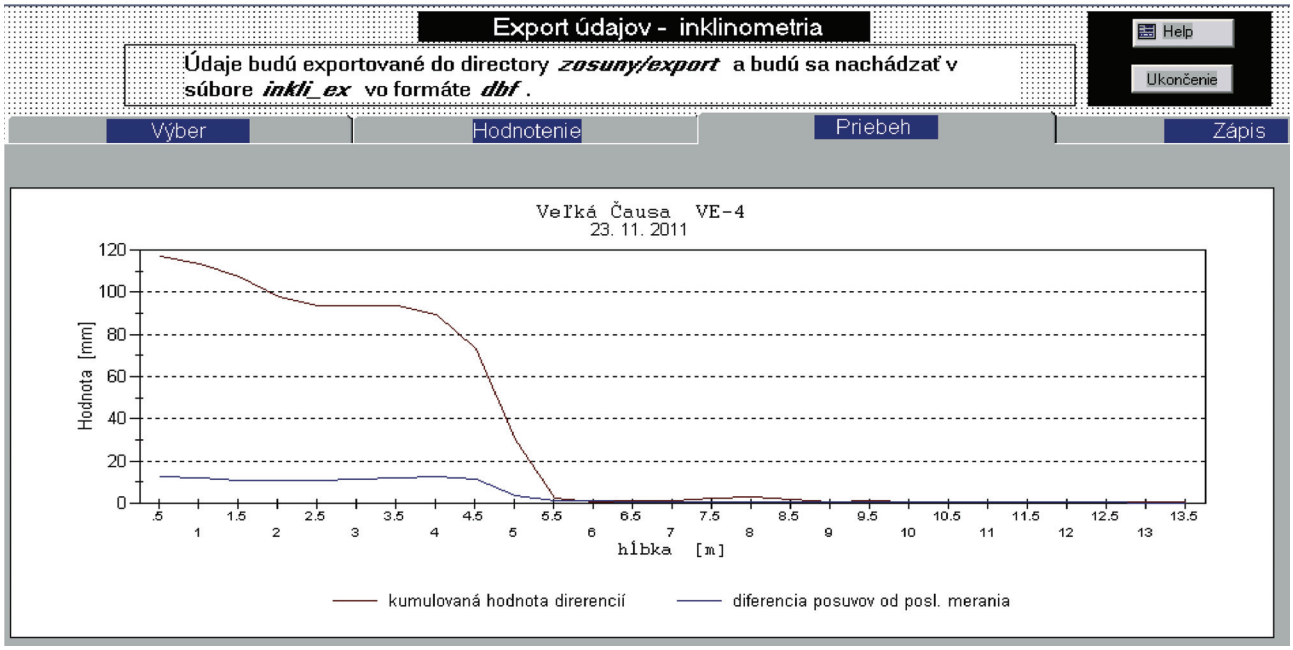
Parciálny informačný systém monitorovania geologických faktorov je prevádzkovaný Strediskom ČMS GF, ktoré je vybudované v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave. V Stredisku ČMS GF sa nachádza komplex dátovej základne, softvérového a hardvérového vybavenia, vrátane špecializovaných užívateľských programov, ako aj archívu textových, mapových a grafických výstupov charakterizujúcich ročné cykly monitorovania. V parciálnom informačnom systéme monitorovania geologických faktorov (PIS GF) sa zhromažďujú informácie o lokalitách a meraniach na monitorovacích bodoch všetkých podsystémov ČMS GF, zhodnocujú sa výsledky monitorovania a vytvárajú sa vybrané zostavy, ktoré môžu byť sprístupnené užívateľom.

Súbory databáz a aplikačné softvérové nástroje sú vytvorené podľa potrieb príslušného podsystému. Členenie údajov v databázach jednotlivých podsystémov ČMS GF zohľadňuje rôznorodosť metód používaných na hodnotenie monitorovaných ukazovateľov stavu geologických faktorov. Dáta môžu byť navzájom prepojené pomocou indexových identifikačných položiek. Jedinečnými identifikátormi záznamu v databázach sú číslo lokality, číslo monitorovacieho bodu a dátum merania. Každé identifikačné číslo monitorovacieho bodu obsahuje vo svojej skladbe okrem vlastného kódového označenia lokalizácie aj kódy príslušného podsystému, lokality a monitorovacej metódy. Ide o reťazec numerických znakov s presne definovanou dimenziou, v ktorom poradie a určený počet číslic vyjadruje príslušné kódové informácie. Výnimkou sú databázy typu registrov alebo katalógov, ktoré zhromažďujú prevažne identifikačné údaje o pozorovanom objekte alebo jave. V nich je identifikátorom záznamu kódový údaj zložený z označenia (čísla) mapového podkladu a poradového čísla v ňom zaznamenaného objektu alebo javu. Do tohto typu dát patria napr. katalóg zlomov (v podsystéme 02), register antropogénnych pochovaných sedimentov (v podsystéme 03), register porušených objektov na objemovo nestálych zeminách a databáza fyzikálneho stavu zemín (v podsystéme 08).

PIS GF sa skladá z dvoch úrovní, ktoré pracujú s odlišnou mierou podrobnosti spracovávaných informácií. Užívateľský komfort spracovania údajov na obidvoch úrovniach poskytujú špecializované aplikačné softvéry, ktoré zabezpečujú optimálnu správu databáz.

Databázy primárnych údajov a ich spracovanie v podrobnom informačnom systéme

Na podrobnej úrovni PIS GF archivuje a spracováva primárne údaje, ktoré sú priamo merané rôznymi metódami v sieti monitorovaných bodov. Obsahom podrobného informačného systému sú okrem týchto údajov aj informácie o geologických pomeroch monitorovanej lokality, poznatky z výskumov pred začatím monitorovania a iné doplňujúce informácie o geologickom a prírodnom prostredí monitorovaného územia.



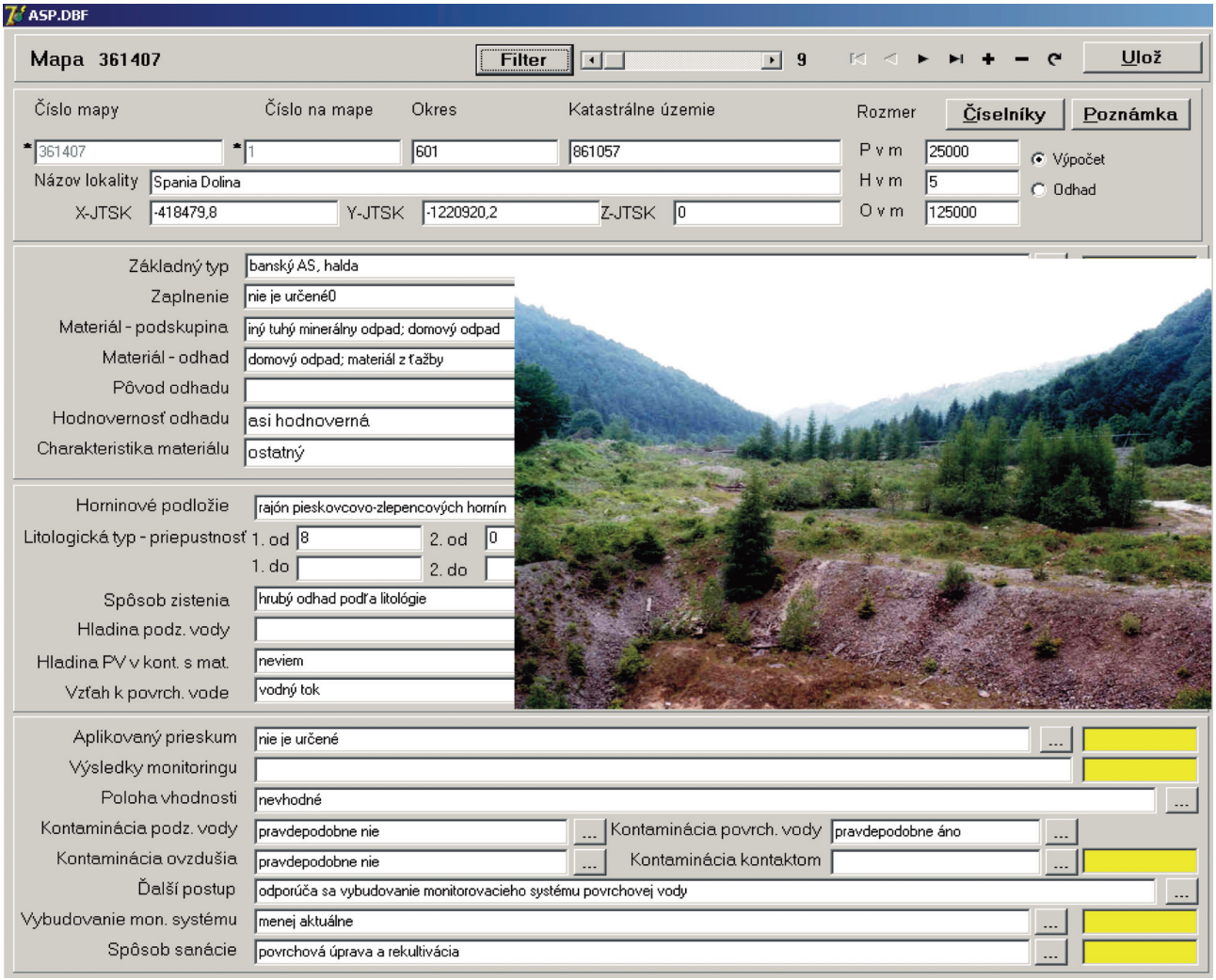
Obr. 1. Ukážka softvérom generovaného dynamického grafu na určenie hĺbky najväčšej pohybovej aktivity zosuvných hmôt z dlhodobého hľadiska. *Poznámka:* Šmyková plocha sa zisťuje porovnaním veľkosti vektora posuvu od jeho polohy v predchádzajúcej etape (modrá línia) a veľkosti vektora posuvu od počiatku meraní (červená línia) – v znázornenom príklade ide o hĺbku cca 4,0 m.

Fig. 1. Dynamic chart (generated by system) showing total depth of maximum landslide activity in long-term point of view. *Note:* Depth of sliding plane is derived from comparison of total length of sliding vector against its position in previous period of measuring (blue line) and total length of vector against starting position at the beginning of measuring (red line). In this case, the depth is about 4 m.

Softvérové nástroje jednotlivých podsystémov pracujú vo vlastných autonómnych režimoch a sú budované podľa špecializovaných požiadaviek riešiteľov. Funkcionalita týchto účelovo vyvinutých softvérov zohľadňuje rôznorodosť údajov a prístupov k ich hodnoteniu. Grafickou verifikáciou eliminuje subjektívne chyby pri zbere primárnych dát. V rámci programových nástrojov sú vykonávané procesy automatickej tvorby sekundárnych (výpočtových) parametrov, potrebných na hodnotenie stavu monitorovaných ukazovateľov. Generované sú dynamické grafy za účelom výberu informácií, ktoré vykazujú znaky negatívnych prejavov aktivizácie monitorovaného javu. Prostredie podrobného informačného systému slúži riešiteľskému kolektívu na identifikáciu limitných, resp. kritických hodnôt pozorovaného javu a zhodnotenie stavu monitorovaných ukazovateľov jednotlivých geologických faktorov (obr. 1). Analýzy monitorovacích meraní prebiehajú na základe interaktívne zadávaných kritérií definovaných užívateľom a následne sú spracované podľa zásad účelového hodnotenia.

Na posúdenie stavu geologických faktorov, ich vývojových trendov a analýzu zákonitostí ich prejavov je často nevyhnutné zhodnotenie veľkého množstva informácií, ktoré sú získavané aj excerpciou archívnych zdrojov. Časť užívateľských softvérov je preto prispôsobená na manipuláciu s obrazovými a textovými dokumentmi značného rozsahu. Ide hlavne o databázy typu registrov alebo katalógov, ktoré pracujú prevažne s jednorazovými údajmi o hodnotenom objekte. Záznamy v databázach sú prepojené so skenovanými podkladmi, prípadne ich priamo obsahujú. Takéto dokumenty slúžia ako doplňujúce informácie k registrovaným objektom, alebo na lepšiu orientáciu zobrazujú ich lokalizáciu v priestore (obr. 2).

Súborné vyhodnotenie meraní širokého spektra monitorovacích metód si vyžaduje tvorivú prácu kolektívu odborníkov z rôznych geovedných špecializácií a vo významnej miere aj dostupnosť potrebného prístrojového vybavenia a výkonných hardvérových a softvérových nástrojov na hodnotenie výsledkov meraní vo vybudovanej



Obr. 2. Softvérové postredie databázy Antropogénne pochované sedimenty, ktorá patrí k podsystému 03.

Fig. 2. User interface of database system – Covered Anthropogenic Sediments of sub-system 03.

sieti monitorovacích staníc. Z týchto dôvodov sú meranie, spracovanie a archivácia rozsiahlych dátových súborov sústredené v informačných centrách spoluriešiteľských subjektov a organizácií. Takýmto spôsobom sú spracovávané merania seizmických javov (Geofyzikálny ústav SAV v Bratislave), fotogrametrické merania (Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave), geofyzikálne merania (Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave), údaje o meraní vertikálnych zmien a polohy povrchu územia (informácie spracováva Geografický a kartografický ústav v Bratislave).

Proces spracovania údajov v podrobnom informačnom systéme končí výberom dát, ktoré sú kľúčové pre vyhodnotenie rizík a trendov vývoja monitorovaných parametrov. Tieto dáta sú exportované do prehľadného informačného systému a v rámci ďalšieho spracovávania sa používajú pri komplexnom hodnotení aktivity monitorovaného javu. Primárne a sekundárne údaje podrobného informačného systému možno okrem toho exportovať aj na iné účely do iných softvérových prostredí podľa požiadaviek zadaných používateľom.

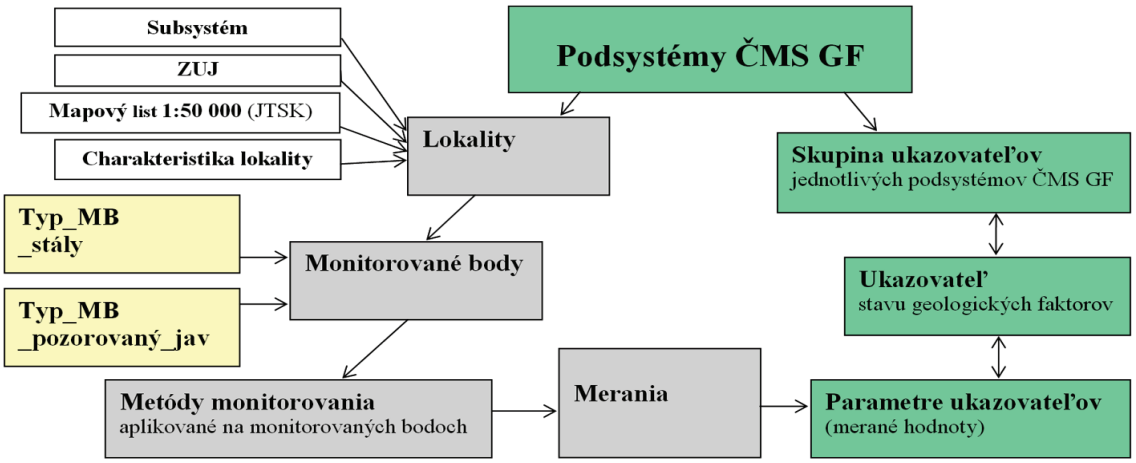
Databázy hodnotenia ročných cyklov monitorovania v prehľadnom informačnom systéme

V prehľadnom informačnom systéme sa archivujú a vizualizujú zhodnotené údaje monitorovaných ukazovateľov stavu geologických faktorov v prostredí geografického informačného systému (GIS). Tento spôsob poskytuje ľahko dostupnú, schematizovanú informáciu o stave monitorovaných lokalít, ktorá sa používa ako výstup pre každoročné hodnotenie vývoja monitorovaných ukazovateľov, publikované na internete a v textových správach o výsledkoch monitorovania. Aplikačný softvér prehľadného informačného systému má prierezový charakter, umožňujúci zobraziť v jednom mapovom výstupe výsledky viacerých podsystémov v semikvantitatívnej forme vo zvolenom priestorovom, tematickom a časovom rozsahu.

Logický model informačného systému zobrazuje objekty a opisuje vzťahy medzi nimi s ohľadom na ich implementáciu v programovom prostredí (obr. 3). Realizácia väzieb medzi dátami a ich integritné obmedzenie je definované takto:

- stav geologických faktorov životného prostredia hodnotia jednotlivé monitorované podsystémy vo vybraných typových lokalitách s vybudovanými monitorovacími bodmi, v ktorých sú vybranými metódami vykonávané merania a ich hodnoty – parametre ukazovateľov (napr. hĺbka hladiny podzemnej vody, poloha meraného bodu v priestore) sú zaznamenávané do databázových tabuliek;
- monitorovaný ukazovateľ je hodnotený na základe analýzy jeho parametrov, ktoré sú merané vybranými monitorovacími metódami (napr. v podsystéme 01 je monitorovaný ukazovateľ *pohybová aktivita zosuvných materiálov* hodnotený analýzou parametrov získaných inklinometrickými a geodetickými meraniami);
- zhodnotenie príslušnej skupiny ukazovateľov podáva obraz o stave jednotlivých geologických faktorov, ktoré sú pozorované podsystémami ČMS GF (napr. do skupiny ukazovateľov stabilitného stavu svahov patria: stav zosuvotvorných faktorov, napätostný stav horninového masívu, pohybová aktivita zosuvných materiálov a ďalšie).

Dátový model Parciálneho informačného systému monitorovania geologických faktorov je znázornený na obr. 4. Základnou jednotkou informačného systému je objekt monitorovacieho bodu. Dátový model určuje a opisuje objekty monitorovacích bodov, ktoré sú predmetom rozličných spôsobov spracovania. Monitorovacie body vo všetkých podsystémoch ČMS GF, v ktorých prebiehajú opakované etapové alebo kontinuálne merania (Typ_MB_stály), sú charakterizované v databázovej tabuľke „cmsgf_body". V nej je identifikovaná priestorová lokalizácia monitorovacích bodov (súradnice X, Y, Z v systéme S – JTSK), príslušnosť k monitorovanej lokalite a podsystému, identifikácia používanej metódy merania, jedinečný kód monitorovacieho bodu a jeho označenie, ako aj určenie stavu (aktivity) monitorovaného procesu. Tabuľka „lokalita" podáva doplnkové informácie o type monitorovacích lokalít,

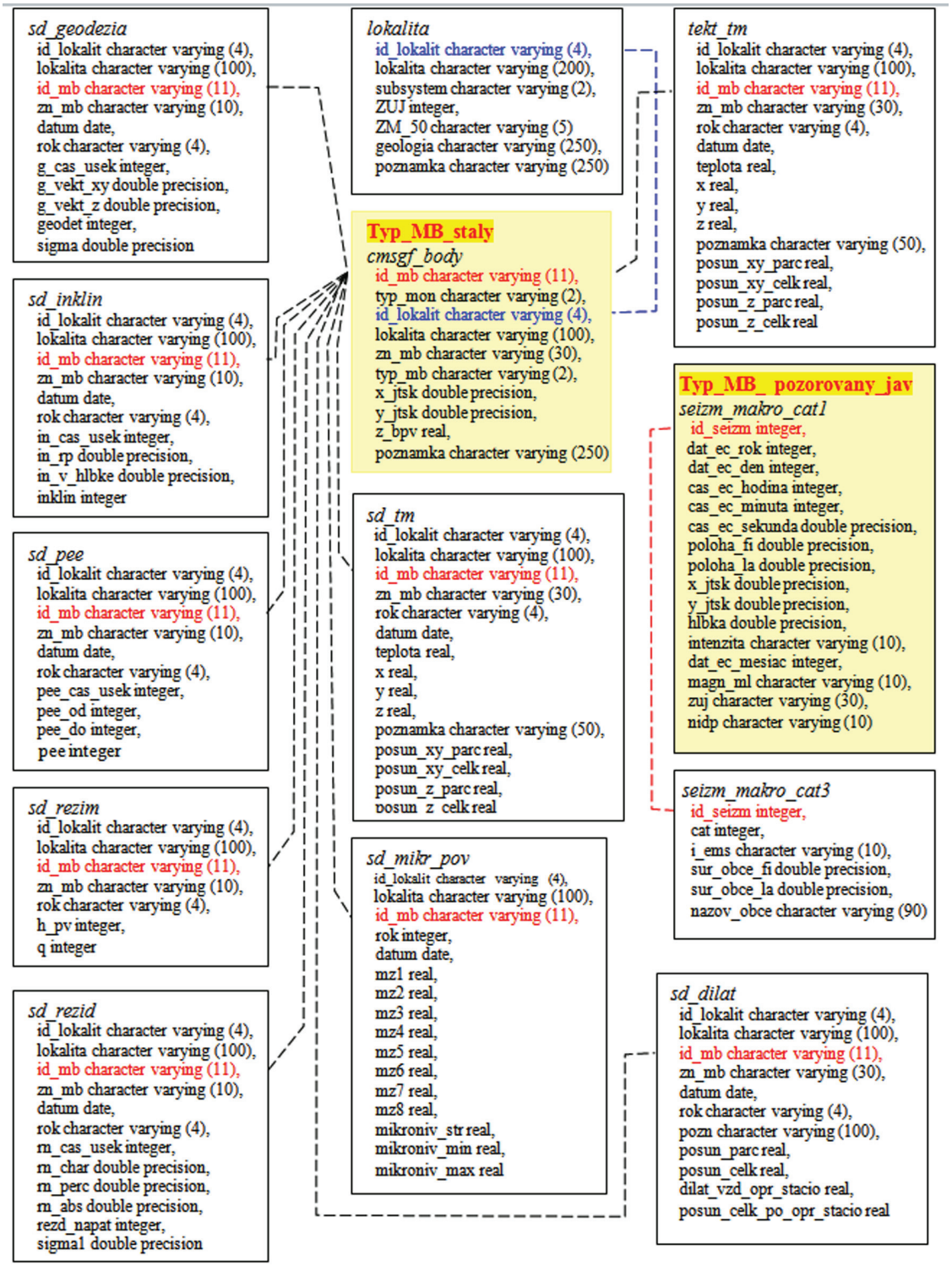


Obr. 3. Logický model Parciálneho informačného systému monitorovania geologických faktorov.

Fig. 3. Organization chart of Partial Information System of monitoring of geological factors.

ich zatriedení podľa príslušnosti k územnému a správnemu členeniu Slovenska, listokladu mapových podkladov a podľa geologickej stavby územia. Je relačne prepojená s tabuľkou monitorovacích bodov (cmsgf_body).

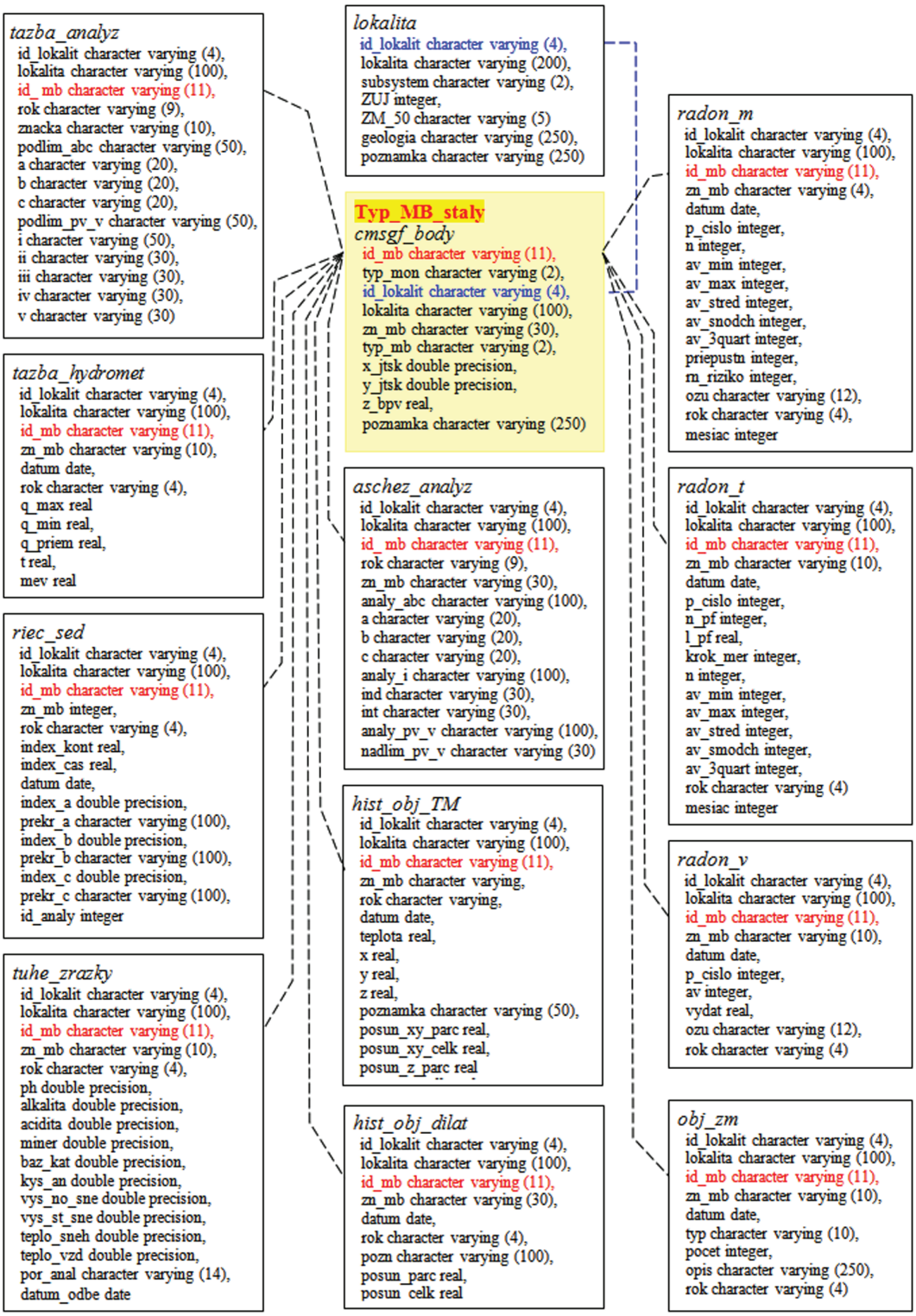
Databázové tabuľky monitorovacích meraní sú štrukturované na základe príslušnosti k podsystému a použitej metóde. Spoločným identifikátorom, ktorý spája tabuľky meraní s tabuľkou stálych monitorovacích bodov



Obr. 4. Dátový model PIS GF (žltou farbou sú zvýraznené štruktúry tabuliek, ktoré obsahujú priestorovo lokalizované grafické objekty).

Fig. 4. Scheme of database structure of PIS GF, showing field names, data types and basic relationships. Tables containing spatial data (given by geographic coordinates) are highlighted in yellow.

(cmsgf_body), je jednoznačný identifikátor monitorovacieho bodu. Každý záznam databázovej tabuľky monitorovacích meraní teda obsahuje jednoznačný identifikátor monitorovacieho bodu, dátum a rok realizácie merania, ako aj merané hodnoty parametrov monitorovaných ukazovateľov. Databázy pozorovaných javov (Typ_MB_pozorovaný_jav) nie sú súčasťou vyššie opisovaného systému relačných databáz. Lokalizácia



Obr. 4. Pokračovanie.

Fig. 4. Continuation.

pozorovaného javu (súradnice X, Y, Z v systéme S – JTSK) je uvádzaná priamo v databázovej tabuľke. Príkladom takejto databázy je monitorovanie seizmických javov. Údaje v databázovej tabuľke nie sú relačne spojené s tabuľkou monitorovacích bodov, ale sú poskytované sieťou stálych pozorovacích bodov Národnej siete seizmických staníc (NSSS) v prevádzke Geofyzikálneho ústavu SAV a do tabuľky sa zaznamenávajú priamo súradnice epicentier seizmických javov, meraných NSSS.

Špecifické postavenie v Parciálnom informačnom systéme monitorovania geologických faktorov majú údaje typu katalógov a registrov, ktoré zvyčajne nevstupujú do hodnotiacej – prehľadnej – časti PIS GF.

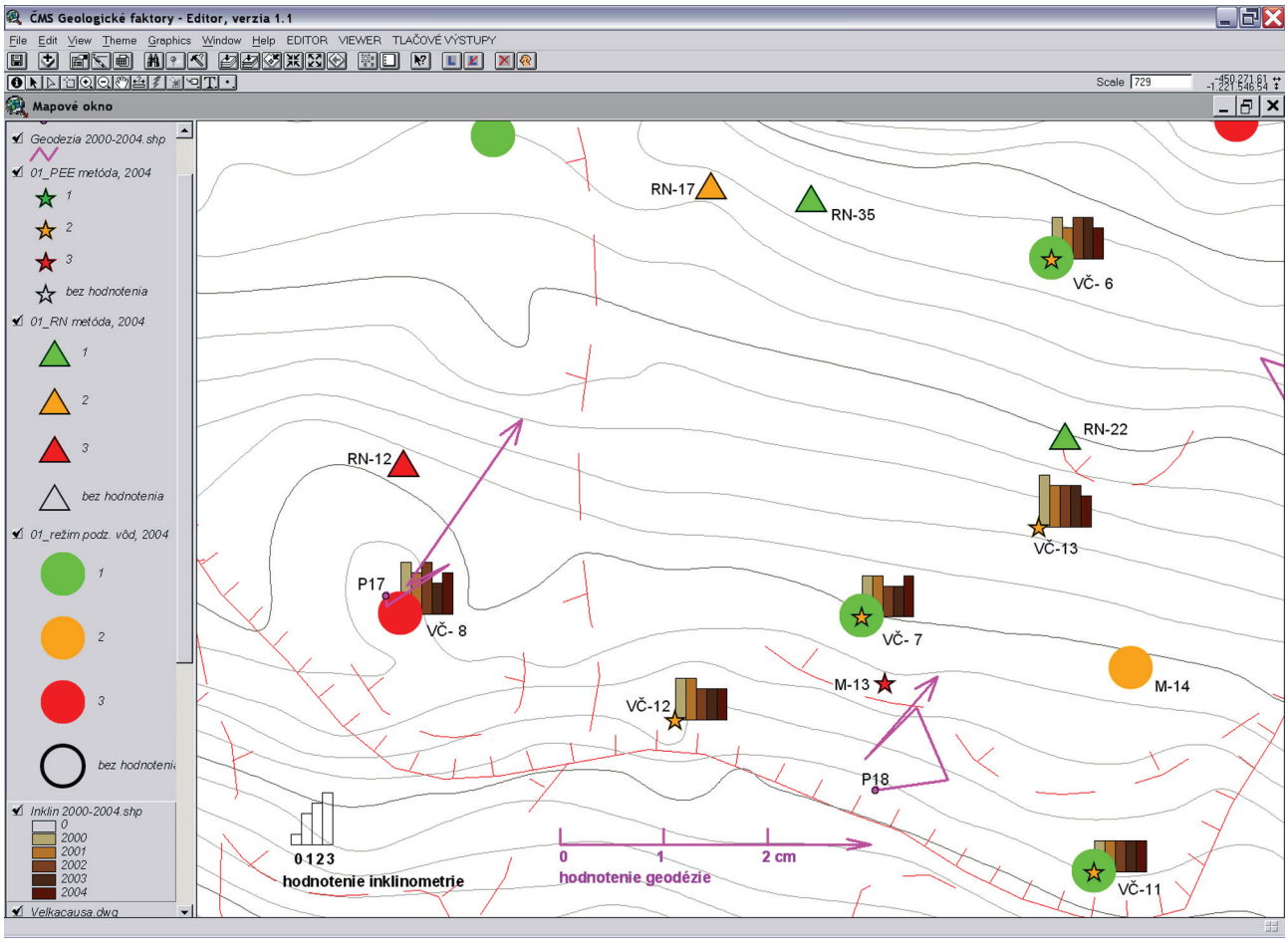
Na hodnotenie stavu a trendov vývoja monitorovaných ukazovateľov sa využívajú princípy klasifikácie a generalizácie meraní, podľa ktorých sú výsledky:

• konfrontované s limitnými hodnotami (napr. hodnotenie kvality vody podľa platných legislatívnych predpisov), nadlimitné hodnoty sú zobrazované odlišnou farbou (zvyčajne červenou);

• semikvantitatívne vyjadrené farebným odlíšením (prevažne trojstupňovou semaforovou metódou), ktoré definuje stav pozorovaného ukazovateľa podľa určených hodnotiacich kritérií ako vyhovujúci stav (zelená farba), podmienečne vyhovujúci stav s náznakmi nepriaznivých skutočností (žltá farba), nevyhovujúci stav (červená farba),

• znázornené odlišnou veľkosťou značky v súvislosti s dynamikou vývoja pozorovaného javu alebo intenzity javu (napr. zobrazenie hodnotenia seizmických javov).

Tvorba sústavy tematických máp zostavených z údajov jednotlivých databáz je interaktívna, prebieha v dialógovom okne užívateľského softvéru, kde je ponúknutý priestorový, tematický a časový rozsah dostupných informácií (Caltík, 2003). Vizualizácia je riešená schematickým semikvantitatívnym vyjadrením (Iglárová et al., 2004). Zhodnotené údaje sú zobrazené vo forme:



Obr. 5. Zobrazenie spôsobov hodnotenia meraní v podsystéme 01: geodetické merania sú zobrazené trasami posunov pozorovaných bodov v horizontálnej rovine vo zvolenom intervale etapových meraní, inklinometrické merania sú vyjadrené kartodiagramom za obdobie 5 rokov, ostatné merania sú znázornené formou kartogramov. *Poznámka:* Vhodná mierka dĺžky vektorov a časový úsek zobrazenia sú zvolené užívateľom. Červené línie označujú hranice zosuvov rôznych generácií, sivé línie predstavujú topografický podklad.

Fig. 5. Presentation of various ways of interpretation of measuring results in sub-system 01: Surveying data are presented by plane view vectors with optional interval of measuring, inclinometric data are represented by cartodiagrams covering 5 years long interval, and results of other measurement methods are shown in form of cartograms. *Note:* Appropriate scale of vector length and time period are user defined. The red lines represent landslide boundaries and grey lines mean elevation contour lines and planimetric features.

• kartogramov, kde sa zhodnotené údaje merané viacerými metódami v jednom monitorovacom cykle zobrazia odlišným grafickým typom bodov;

• kartodiagramov, v ktorých je zhodnotený dlhší časový rad monitorovacích cyklov; stav pozorovaného parametra je znázornený v diagrame výškou stĺpca, pričom najväčšia výška stĺpca vyjadruje nepriaznivý stav (obr. 5).

Okrem schematického vyjadrenia výsledkov semikvantitatívnou formou je na zobrazenie zmeny polohy monitorovaného bodu vytvorený modul na výstup tlačových zostáv trasy povrchových a podpovrchových posuvov, zistených metódami geodézie, inklinometrie a dilatometrickým meraním. Pomocou tohto modulu sú vytvorené tematické mapy, ktoré vo zvolenej mierke veľkosti vektora pohybu prezentujú zmeny polohy monitorovaného bodu v horizontálnej rovine, definované reálnymi súradnicami v priebehu zvoleného časového úseku. Tematické vrstvy týchto výstupov a semikvantitatívnych schematických znázornení výsledkov monitorovania možno vzájomne kombinovať (obr. 5).

Vývoj spracovania údajov monitorovania geologických faktorov v informačnom systéme

Od roku 1993 bola viackrát optimalizovaná sieť monitorovacích lokalít a monitorovacích bodov v nich, ako aj frekvencia meraní v závislosti od požiadaviek celospoločenskej potreby a aj s ohľadom na finančné zabezpečenie monitorovania v jeho ročných cykloch. Rovnako sa inovovali monitorovacie metódy. V súvislosti s týmito skutočnosťami je potrebné, aby údaje získané monitorovaním boli ukladané do premyslenej sústavy databáz, ktoré tvoria celok informačného systému.

Databázy v jednotlivých podsystémoch boli upravované nasledovne:

V podsystéme 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sa monitorovanie zmien povrchového reziduálneho napätia v lokalitách typu zosúvania skončilo v roku 2007. Vytvorený bol súbor dát geodetických meraní metódou GNSS, ktorá je aplikovaná vo vybraných lokalitách od roku 2007. V zmysle novej koncepcie bola do podsystému 01 zaradená aj databáza hodnotenia mikromorfologických zmien povrchu masívu. Do roku 2009 užívateľské softvéry obidvoch spracovateľských úrovní PIS GF používali pre analýzu geodetických a inklinometrických meraní kritérium hodnotenia aktivity posunov na základe vypočítanej rýchlosti pohybu meraného bodu v jednoročnom cykle monitorovania (Iglárová et al., 2004). S cieľom citlivejšieho a výstižnejšieho hodnotenia týchto pohybov bola v roku 2010 vyvinutá metodika, ktorá posudzuje výsledky monitorovania porovnávaním meraní v aktuálnom monitorovacom cykle so zhodnotením dynamiky pohybov počas dlhodobého pozorovania, zvyčajne od roku 2000 do roku 2009, v konkrétnom geologickom prostredí jednotlivých monitorovacích bodov (Wagner et al., 2012). Táto zásadná zmena si vyžiadala vytvorenie nového aplikačného modulu na nové spracovanie dát na úrovni podrobného PIS GF a aj úpravu spracovania a vizualizácie údajov na úrovni prehľadného PIS GF.

Podsystém 02 – Tektonická a seizmická aktivita územia spája informácie z dvoch pôvodných podsystémov (Tektonická a seizmická aktivita územia a Monitorovanie seizmických javov na území Slovenskej republiky). Monitorovanie sa vykonáva z troch aspektov – vertikálne pohyby povrchu územia, pohyby pozdĺž zlomov a seizmická aktivita územia. Hlavným cieľom je stanoviť vzájomné vzťahy uvedených javov a na ich základe vykonať rajonizáciu územia Slovenska, t. j. vymedziť územné celky s rovnakou aktivitou pohybov povrchu a rovnakou intenzitou seizmických otrasov. Hodnotenie polohových zmien povrchu územia vychádzalo do roku 2006 z výsledkov opakovaných meraní metódou presnej nivelácie, neskôr spracovaním meraní v špecializovaných bodoch geodynamickej referenčnej siete, ktoré sú vykonávané metódami GNSS. Priame merania polohových zmien povrchu územia nie sú súčasťou PIS GF, výsledky sú spracované formou textových hodnotení a grafov. Zmena nastala v hodnotení pohybovej aktivity pozdĺž zlomov. Spracovanie údajov o tektonickej aktivite v katalógu zlomov bolo skončené a bola vytvorená nová databáza, vrátane užívateľského modulu, na merania pohybovej aktivity pozdĺž zlomov dilatometrickou metódou s aplikáciou dilatometra TM-71. Merania seizmickej aktivity územia zabezpečuje Geofyzikálny ústav SAV. Do informačného systému sú preberané zhodnotené údaje javov pozorovaných seizmometricky a makroseizmicky. Súčasťou informačného systému je aj seizmotektonická rajonizácia územia Slovenska, ktorá je vykonaná na základe korelácie vertikálnych pohybov povrchu, geologickej stavby a seizmickej aktivity územia (Hrašna, 2001). Údaje zobrazené v mapovej forme sú sprístupnené na internetovej stránke ČMS GF.

V podsystéme 03 – Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych záťaží nastali počas riešenia významné zmeny. Vzhľadom na požiadavky koncepcie ČMS GF prijatej v roku 2005 boli spojené dva pôvodné podsystémy (Antropogénne sedimenty pochované a Zmeny antropogénnych sedimentov). Vyhľadávanie a hodnotenie antropogénnych pochovaných sedimentov (ASP) bolo skončené. Pre zaregistrované lokality ASP je vytvorené užívateľské prostredie, ktoré umožňuje ich vyhľadávanie, a to na základe definovania kritérií pre jednotlivé hodnotené parametre databázy alebo pre ich kombináciu. Lokalizácia a priestorové rozloženie lokalít ASP sú dostupné v GIS formáte v prostredí ArcView. Od roku 2007 je ťažisko úlohy presunuté na monitorovanie rozsahu a smerov transportu znečistenia životného prostredia vplyvom antropogénnych sedimentov charakteru environmentálnych záťaží. V tejto časti nazvanej Environmentálny monitoring skládok a odkalísk sú vo vybraných typových lokalitách monitorované charakteristické zložky znečistenia. Výsledky chemických analýz odobratých vzoriek sú hodnotené rôznym spôsobom (napr. vzhľadom na kritériá v platnej legislatíve alebo porovnávaním zistených koncentrácií v znečistenom a prirodzenom geologickom prostredí). Na spracovanie údajov bol vytvorený špecializovaný aplikačný softvér. Od roku 2003 je súčasťou podsystému Geotechnická pasportizácia a hodnotenie odkalísk. Údaje sú spracované ako jednorazová hodnotiaca informácia

o stave odkalísk formou správ (identifikačných listov), ktoré sú v plnom znení sprístupnené na internetovej stránke ČMS GF. Poslednou časťou podsystému je monitoring zmien vlastností antropogénnych sedimentov. Táto časť bola pôvodne monitorovaná v samostatnom podsystéme, od roku 2010 je pozastavená. Komplexné informačné zdroje pôvodných podsystémov vo forme databáz, textových informácií a obrázkov boli presunuté do aktualizovaného podsystému 03.

Podsystém 04 – Vplyv ťažby na životné prostredie je aktivovaný od roku 2007. Monitorovanie nadväzuje na výsledky skončenej geologickej úlohy (Vrana et al., 2005). V rámci tejto úlohy bol vyvinutý aj aplikačný softvér (informačný systém), ktorý umožňuje vo vyčlenených tematických okruhoch identifikáciu objektov vzniknutých v dôsledku degradácie životného prostredia banskou činnosťou. Charakter nových údajov získaných monitorovaním je porovnateľný s charakterom informácií obsiahnutých v spomínanej úlohe a logicky na ne nadväzuje, a preto bola štruktúra nových dát, získavaných monitorovaním v rámci ČMS GF, prispôsobená forme tohto informačného systému. Ide o záznam priamych meraní monitorovacích bodov, ako aj o záznam digitálne spracovaných archívnych podkladov (skenov) vo forme rôznych typov dokumentov (textových a tabuľkových údajov, schém, mapových podkladov, fotografií). Ako nadstavba je postupne vytváraný grafický modul v GIS prostredí pre priestorové zobrazenie informácií o monitorovaných objektoch, vrátane hodnotenia výsledkov monitorovania. Jeho súčasťou sú aj georeferencové rastrové podklady, ktoré sú postupne spracovávané do vektorovej formy.

V podsystéme 05 – Monitorovanie objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí a v podsystéme 06 – Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi



Obr. 6. Internetová stránka ČMS GF – selekcia informácií z obsahu stránky.

Fig. 6. Web home page of PMS GF SR – possibility of interactive selection from the page menu.

neboli zmenené podmienky a spôsob monitorovania. Upravovaný bol len počet monitorovacích bodov a typových lokalít, prípadne frekvencia monitorovania. Tieto zmeny si vyžiadali len doplnenie a aktualizáciu údajov v existujúcich databázach.

Podsystém 07 – Monitorovanie riečnych sedimentov spája po prijatí novej koncepcie v roku 2005 údaje dvoch podsystémov (Monitorovanie aktívnych riečnych sedimentov a Monitorovanie kvality snehovej pokrývky). Zmena si vyžadovala v PIS GF presmerovanie dátových súborov a ich obslužných softvérov do nového bloku informácií, ktorý sprístupňuje užívateľom komplexné údaje o monitorovanom podsystéme.

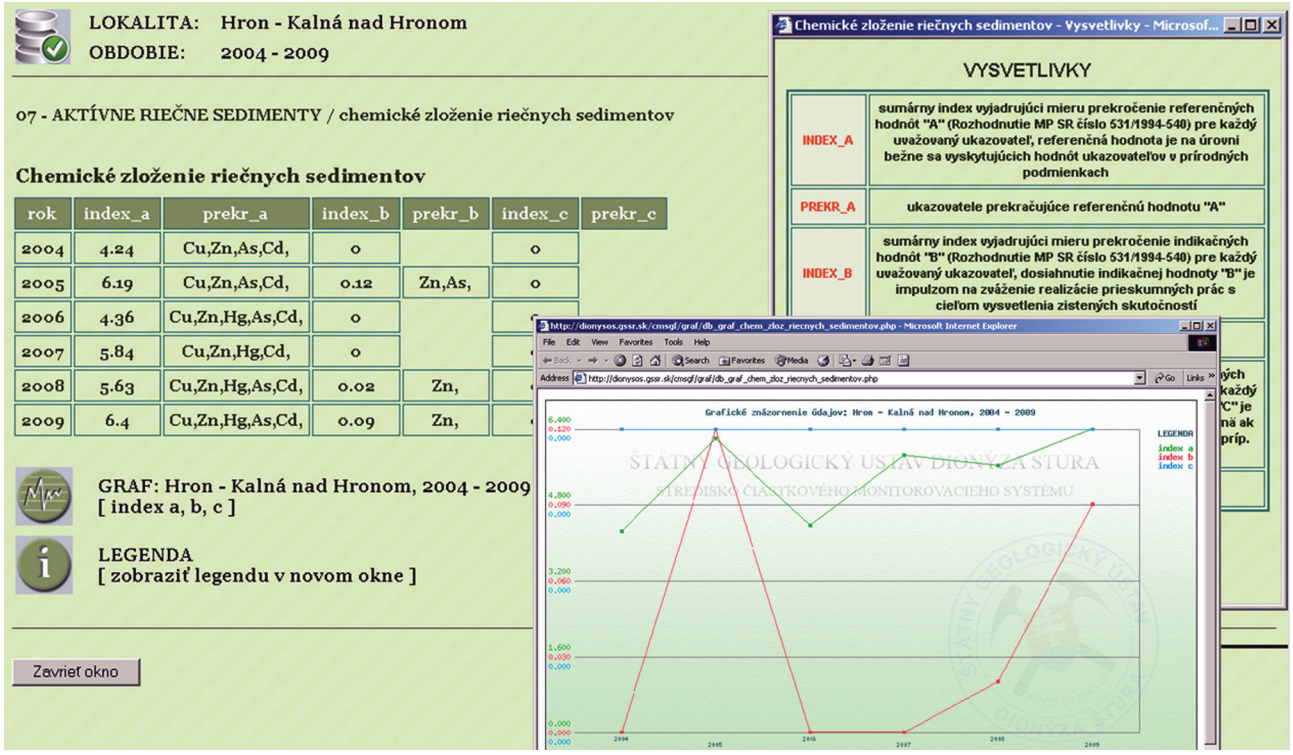
V podsystéme 08 – Objemovo nestále zeminy sú od roku 2007 sledované len významné porušenia zemského povrchu; iné pozorovania a merania (archivované v databázach porušených objektov a fyzikálneho stavu objemovo nestálych zemín) sú zastavené. Údaje sú uchovávané v súbore textových a iných rastrových podkladov (obrázky, grafy, tabuľky).

Prezentácia a sprístupňovanie výsledkov monitorovania na internete

Zhrnutie základných informácií o priebehu monitorovania geologických faktorov je pre širokú verejnosť prístupné na internetovej stránke (http://dionysos.gssr.sk/cmsgf), umiestnenej na serveri Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra. Na túto internetovú stránku sú vytvorené priame prepojenia aj zo stránok Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (http://www.geology.sk) a Slovenskej agentúry životného prostredia v Banskej Bystrici (SAŽP), na ktorej sú tiež informácie o všetkých systémoch monitorovania životného prostredia Slovenskej republiky (http://enviroportal.sk).

V rámci riešenia projektu Informačného systému monitoringu (ISM) sú na stránke SAŽP sprístupnené informačné zdroje všetkých čiastkových monitorovacích systémov. Na zabezpečenie kompatibility poskytovaných údajov o výsledkoch monitorovania životného prostredia SR bola pre všetky jeho systémy dohodnutá a schválená záväzná obsahová náplň internetových stránok (obr. 6). Účelom prezentácie ČMS na internete je v sumárnej a ľahko prístupnej forme definovať charakteristiky, zámery a ciele čiastkových monitorovacích systémov, štruktúru podsystémov, použité metódy monitorovania, sieť monitorovacích lokalít a meraných veličín, informácie o štruktúrach databáz informačného systému a frekvencii meraní a kontakty na strediská ČMS.

Internetové stránky Stredísk ČMS životného prostredia SR slúžia na sprístupnenie výsledkov monitorovania. V ČMS GF sú zverejňované pravidelne spracovávané výstupy monitorovania, ako sú každoročná informácia o výsledkoch monitoringu, ročná hodnotiaca správa a dátové i grafické výstupy z Parciálneho informačného systému monitorovania geologických faktorov. S cieľom skvalitniť poskytované informácie sa pri tvorbe a aktualizácii stránky ČMS GF kladie dôraz na:



Obr. 7. Internetová stránka ČMS GF – zobrazenie výsledkov meraní na základe definovaných kritérií výberu.

Fig. 7. Web home page of PMS GF SR – various ways of presentation of data processing (tables, charts, explanations, etc.), based on user defined selection requests.

1. využívanie nových informačných technológií určených na prezentáciu údajov formou tabuliek a grafov (obr. 7), realizovaných na platforme PHP a CMS (Content management system) s priamym prepojením na relačný databázový systém (PostgreSQL);

2. sprístupnenie a vizualizáciu údajov získaných monitorovaním ukazovateľov geofaktorov životného prostredia prostredníctvom interaktívnych webových máp, spracovaných technológiou ArcIMS od firmy ESRI;

3. pravidelnú inováciu webovej stránky na účely prezentácie základných informácií o monitorovaní geologických faktorov a výsledkov monitorovania, zverejňovanie ročných hodnotiacich správ ČMS GF.

Záver

Parciálny informačný systém monitorovania geologických faktorov podáva komplexné informácie o priebehu a výsledkoch meraní v monitorovaných lokalitách. V podrobnej forme archivuje všetky dostupné údaje primárneho charakteru získané riešením projektu Čiastkový monitorovací systém ČMS – Geologické faktory. Prehľadná forma informačného systému je orientovaná na zobrazenie výsledného hodnotenia monitorovaných procesov. Tento spôsob je predpokladom pre lepšiu prehľadnosť a využiteľnosť údajov. Sprístupňovanie dát pomocou webových technológií zabezpečuje dostupnosť výsledkov a priamy kontakt na odovzdávanie konkrétnych údajov záujemcom a zainteresovaným organizáciám, ktoré môžu zabezpečiť elimináciu nepriaznivých zmien v kvalite životného prostredia.

References

Benko, V., 2000: Informačný systém monitoringu – ISM, Medzirezortný projekt schválený uznesením č. 202 v operatívnej porade ministra ŽP dňa 5. 10. 2000. *http://www.iszp.sk/nastroje/ism/projektism/.*

Caltík, M., 2003: GIS aplikácia pre vizualizáciu a priestorovú analýzu čiastkového monitorovacieho systému – geologické faktory životného prostredia. Používateľská príručka. *Manuskript. ŠGÚDŠ, Bratislava, 9 s.*

Hrašna, M., 2001: Vertikálne pohyby povrchu a seizmická aktivita na území Slovenska. *In: Zbor. Geológia a životné prostredie. Vyd. D. Štúra, ŠGÚDŠ, Bratislava, 128 – 131.*

http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/

Iglárová, Ľ., Wagner, P., Scherer, S., Drotár, D. & Caltík, M., 2004: Postup spracovania údajov z monitorovania zosuvov. *In: Zbor. Geológia a životné prostredie. Vyd. D. Štúra, ŠGÚDŠ, Bratislava, 81 – 85.*

Vrana, K., Vojtaško, I., Žák, D., Piovarči, M., Kúšiková, S., Puchnerová, M., Lanc, J. & Naštický, J., 2005: Systém zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou, orientačný IGP. *Manuskript. Archív, Geocomplex, a. s., Bratislava, 76 s.*

Wagner, P., Ondrejka, P., Balík, D. & Žilka, A., 2012: Hodnotenie výsledkov monitorovacích meraní na zosuvoch. *Miner. Slov., 44, 2, 141 – 148.*

Rukopis doručený 7. 1. 2013
Revidovaná verzia doručená 30. 1. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Information system of geological factors monitoring

The Monitoring System of the Environment of the Slovak Republic consists of 10 Partial monitoring systems. Information superstructure of all these monitoring systems represents their own information systems, which are integrated in the Information System of Monitoring (ISM Environment) and are part of the sectoral Environmental Information System (Benko, 2000). Within the Partial Information System of the Monitoring of Geological Factors (PIS GF) comprehensive information on geohazards is collected and stored. The division of the data in the information system shall take into account the diversity of methods used in the subsystems of the Partial monitoring system of geological factors. PIS GF consists of two levels. The detailed level processes primary data and via software tools it provides graphical verification of imported data, generating of calculation parameters and dynamic charts (Fig. 1). The measurements are analysed on the basis of the criteria you enter interactively and they are processed further according to the principles of a thematic assessment. The user softwares are customized to handle the type of image and text documents of considerable range (Fig. 2). The generalized level of the PIS GF archives and visualizes the assessed data of the geological factors monitoring in the GIS environment. The monitoring objects and the relationships within the environment information system describes a logical model (Fig. 3); a data model shows the database tables structures and their relational connections (Fig. 4). The basic objects of the information system are monitoring points on which the repeated measurements are defined in the database table “cmsgf_body”. The common identifier that combines the measurements tables with the table of points (cmsgf_body) is a unique identifier of each monitoring point. The database tables of observed phenomena are not linked with the table of points and their spatial localization is a part of the record. To assess the status and trends of development of monitored indicators, the principles of the classification and generalization of measurements are used, according to which the results are: a – confronted with the limit values (such as defined in the legislative rules), b – visualized in semi-quantitative way by colour, or a different size of label in relation to the intensity of the observed phenomenon. Forming of thematic maps is carried out interactively and in the dialog box of the user software (Caltík, 2003). The visualization

is realized by the schematic semi-quantitative expression (Fig. 5) using cartograms, cartodiagrams, or courses of the observed point shifts (Iglárová et al., 2004).

Since the beginning of the monitoring in 1993, the PIS GF design has been modified several times, depending upon the societal needs and financial possibilities. In the subsystem 01 – Landslides and other slope deformation, the measurements of surface residual stress changes were completed. The software environment was created for the evaluation of geodetic and inclinometric measurements by a new methodology, comparing the dynamics of movements on the individual monitoring points with the long-term observations (Wagner et al., 2012). Into the processed data system the database tables with the results of GNSS measurements and micromorphologic changes of massif surface have been added. In the subsystem 02 Tectonic and seismic activity, the database tables contain measurements of seismic phenomena and measurement of movements along the tectonic lines using dilatometer TM-71. Information on the tectonic activity in the catalogue of faults have been completed. The data on position changes of the territory surface are interpreted in the form of text assessments and charts. A component of the information system is also a seismo-tectonic zoning of the territory of Slovakia, which expresses the correlation of vertical movements of the surface, geological setting and seismic activity of the Slovak territory (Hrašna, 2001). Since 2007, the subsystem 03 – Anthropogenic sediments of the nature of environmental loads is focused on the assessment of the scope and direction of the pollution transport within the geological environment. The data are processed by application software, in which the results of the chemical analyses are compared with the legislative criteria, and also with the non-contaminated geological environment values (geochemical background). The subsystem 04 – Impact of mining upon the environment, was activated in 2007. The monitoring is a continuation of the completed geological project for which the application software was developed (Vrana et al., 2005). In the information system direct measurements at monitoring points as well as digitally processed archive documents (scans) in the form of various types of documents are collected. A graphic module in the GIS environment has been gradually created. In the other subsystems: 05 – Monitoring of the radon volume activity in the geological environment, 06 – Stability of rock massifs below historical objects, 07 – Monitoring of river sediments and 08 – Volume unstable soil, there have been no changes in the structures of the database tables; the only update was in the number of monitored points and type sites, or in the monitoring frequency.

The summary of basic information on the monitoring of geological factors and the evaluation of the results of the measurements is available on the website (http://dionysos.gssr.sk/cmsgf).

GeoVestník

Informačný spravodajca pre geológiu, baníctvo, úpravníctvo a životné prostredie
Newsletter for geology, mining, mineral processing and environmental protection

Príloha časopisu Mineralia Slovaca, roč. 44, č. 4
Appendix of the journal Mineralia Slovaca, Vol. 44, No. 4

Obsah – Content

11. výročný predvianočný seminár SGS 1
Najvýznamnejšie geologické práce za roky 2009 – 2011, ktorým sa udelila cena SGS 20
Z činnosti košickej pobočky SGS v roku 2012 22
60 rokov geológie v Spišskej Novej Vsi 30
Kronika 33

11. výročný predvianočný seminár Slovenskej geologickej spoločnosti

11. Annual Seminar of the Slovak Geological Society

Nové poznatky o stavbe a vývoji Západných Karpát

New knowledge about geological setting and evolution of Western Carpathians

Zoltán Németh[1], Dušan Plašienka[2], Ladislav Šimon[1], Milan Kohút[1] a Monika Kováčiková[1]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava, [2]Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského Bratislava

Abstract: *The 11th Annual Seminar of the Slovak Geological Society (SGS) held in ŠGÚDŠ Bratislava on 13. December 2012, was dedicated to 200th anniversary of the birth of Ján Pettko – first Slovak professor of geology and the teacher of Dionýz Štúr. The seminar simultaneously represented the final scientific event of the Geological year of Ján Pettko. Altogether 23 lectures and 12 posters were presented in four thematic parts.*

An afternoon program started with awarding of Dr. A. Biely by the Prize of Dionýz Štúr for his lifetime contribution to geology of Western Carpathians. The status of SGS Honorary Member received Doc. R. Holzer. Next, the winners of the SGS contest for the best publications in 2009–2011 were awarded.

The contribution reports about the main scientific topics and the course of the seminar with documenting photographs. The abstracts of the presentations are published in the order corresponding to the time schedule of the seminar.

Key words: *geoscientific seminar, Slovak Geological Society, awards, abstracts of presentations*

Celodenný seminár Slovenskej geologickej spoločnosti sa uskutočnil 13. decembra 2012 v ŠGÚDŠ v Bratislave pri príležitosti 200. výročia narodenia Jána Pettka a súčasne reprezentoval aj záverečné odborné podujatie Geologického roka Jána Pettka. Organizátormi seminára boli za Slovenskú geologickú spoločnosť a Štátny geologický ústav D. Štúra Z. Németh, L. Šimon, M. Kohút a M. Kováčiková. Odborným garantom seminára bol D. Plašienka z Univerzity Komenského v Bratislave.

Predvianočný seminár SGS je tradičným koncoročným bilancujúcim odborným a spoločenským podujatím geológov rôznej odbornej profilácie. Tomu zodpovedá aj široké spektrum prezentácií zaradených do jednotlivých tematických blokov. Seminár otvorili úvodnými príhovormi riaditeľ ŠGÚDŠ Ing. Branislav Žec, CSc., a predseda SGS RNDr. Ladislav Šimon, PhD. (obr. 1). Na seminári bolo prezentovaných 23 prednášok a 12 posterov. Ich abstrakty sú zaradené za touto reportážou v poradí podľa programu seminára.

Uprostred seminára – pred začatím popoludňajšieho prednáškového programu – sa tradične odovzdávajú ocenenia ŠGÚDŠ a SGS.

V úvode oceňovania (obr. 2) riaditeľ ŠGÚDŠ Ing. Branislav Žec, CSc., udelil Pamätnú medailu Dionýza Štúra RNDr. Antonovi Bielemu, CSc., za celoživotný prínos pre poznanie geologickej stavby Západných Karpát (obr. 3).

V roku 2012 udelila Slovenská geologická spoločnosť štatút čestného člena SGS doc. RNDr. Rudolfovi Holzerovi, CSc. (obr. 4). Následne sa odovzdávali ocenenia SGS víťazom súťaže o najvýznamnejšie geologické práce publikované v rokoch 2009 až 2011 (obr. 5). Podrobnejšie informácie o priebehu tejto súťaže, jej propozíciách a výhercoch jednotlivých kategórií poskytuje príspevok D. Plašienku, zaradený za abstraktmi zo seminára.

Ďakovný list SGS za realizáciu paleontologickej expozície Príbeh života na Zemi v Prírodovednom múzeu SNM v Bratislave bol udelený RNDr. Anne Ďurišovej (obr. 6) a RNDr. Barbare Chalupovej-Záhradníkovej, PhD.; za organizáciu geologických akcií a prácu v prospech SGS v Geologickom roku Jána Pettka bol udelený ďakovný list RNDr. Monike Kováčikovej, RNDr. Danielovi Pivkovi, PhD., a Ing. Zoltánovi Némethovi, PhD.. Ďalej za prácu v prospech SGS v Geologickom roku Jána Pettka bol udelený ďakovný list RNDr. Kataríne Benkovej a RNDr. Silvii Ozdínovej, PhD.. Za propagáciu geológie na internete obdržal ďakovný list SGS Mgr. Ondrej Pelech (obr. 7).

Dopoludňajší program seminára (obr. 8) sa už tradične začal tematickým blokom ***Mineralógia, petrológia, geochémia a geochronológia*** (moderátori M. Kohút a P. Uher), v ktorom odznelo päť prednášok. V prvej prednáške **M. Kohút** upozornil na možnosť prítomnosti granulitických hornín v pohorí Žiar, ktoré boli vo variskom orogéne sekundárne granitizované, čím sa zastrela ich možná vysokotlaková metamorfóza. V druhej prednáške sa **M. Danišík** a **M. Kohút** zaoberali problematikou alpínskej metamorfózy kryštalinického jadra Braniska, ako aj jeho exhumáciou a formovaním výraznej morfologickej hrasti. Aplikácia troch termochronometrov (ZHe, AFT a AHe; ~200 – 40 °C) zdokumentovala exhumáciu sokla Braniska po strednokriedových kolízno-násunových procesoch a tiež aj strednomiocénnu termálnu udalosť. Finálna exhumácia pohoria Branisko ako hrasti sa udiala na začiatku neskorého miocénu. V tretej prednáške **M. Kohút** za kolektív autorov definoval U-Mo ložisko Košice-Kurišková na základe výsledkov nového Re-Os datovania molybdenitov ako typicky polygenetické hydrotermálne so zdrojom zrudnenia v permských vulkanicko-sedimentárnych horninách a redistribúciou mineralizácie fluidmi po strižných zónach v rámci alpínskej tektoniky. Komplikovanú, najmenej

Obr. 1. Seminár otvorili úvodnými príhovormi riaditeľ ŠGÚDŠ Ing. Branislav Žec, CSc., a predseda SGS RNDr. Ladislav Šimon, PhD.. Foto L. Martinský.

Fig. 1. Beginning of the seminar with introductory speeches by the ŠGÚDŠ Director Ing. Branislav Žec, CSc., and SGS Chairman RNDr. Ladislav Šimon, PhD. Photo L. Martinský.

Obr. 2. Odovzdávanie ocenení ŠGÚDŠ a SGS: zľava predseda SGS RNDr. Ladislav Šimon, PhD., riaditeľ ŠGÚDŠ Ing. Branislav Žec, CSc., odborný garant seminára Prof. RNDr. Dušan Plašienka, DrSc., a vedecký tajomník SGS Ing. Zoltán Németh, PhD.. Foto L. Martinský.

Fig. 2. The decoration by ŠGÚDŠ and SGS awards has just started: from the left Chairman of SGS RNDr. Ladislav Šimon, PhD., Director of ŠGÚDŠ Ing. Branislav Žec, CSc., Scientific guarantor of the seminar Prof. RNDr. Dušan Plašienka, DrSc., and Scientific secretary of SGS Ing. Zoltán Németh, PhD. Photo L. Martinský.

Obr. 3. Riaditeľ ŠGÚDŠ Ing. Branislav Žec, CSc., udeľuje Pamätnú medailu Dionýza Štúra RNDr. Antonovi Bielemu, CSc., za celoživotný prínos pre poznanie geologickej stavby Západných Karpát. Foto L. Martinský.

Fig. 3. ŠGÚDŠ Director Ing. Branislav Žec, CSc. awards RNDr. Anton Biely, CSc., by the Prize of Dionýz Štúr for his lifetime contribution in learning the geological setting of Western Carpathians. Photo L. Martinský.

Obr. 4. Udelenie štatútu čestného člena Slovenskej geologickej spoločnosti doc. RNDr. Rudolfovi Holzerovi, CSc. (vľavo). Vpravo je prof. RNDr. Dušan Plašienka, DrSc., odborný garant seminára. Foto L. Martinský.

Fig. 4. Granting the status of honorary member of the Slovak Geological Society to doc. RNDr. Rudolf Holzer, CSc. (left). Right: Prof. RNDr. Dušan Plašienka, DrSc., Scientific guarantor of the seminar. Photo L. Martinský.

Obr. 5. Prof. RNDr. Dušan Plašienka, DrSc., udeľuje cenu SGS Mgr. Adamovi Tomašových, PhD., víťazovi súťaže o najvýznamnejšie geologické práce publikované v rokoch 2009 – 2011 v kategórii I. vedecké práce autorov bez vekového obmedzenia aj II. vedecké práce autorov do 35 rokov. Foto L. Martinský.

Fig. 5. Prof. RNDr. Dušan Plašienka, DrSc., grants the SGS Award to Mgr. Adam Tomašových, PhD., the winner of the contest for the most significant geological publications in 2009–2011 simultaneously in categories I. scientific works of authors without age limitation, as well as II. scientific works of authors under 35 years. Photo L. Martinský.

Obr. 6. Predseda SGS RNDr. Ladislav Šimon, PhD., udeľuje RNDr. Anne Ďurišovej Ďakovný list SGS za realizáciu paleontologickej expozície Príbeh života na Zemi v Prírodovednom múzeu SNM v Bratislave. Foto L. Martinský.

Fig. 6. Chairman of SGS RNDr. Ladislav Šimon, PhD., grants RNDr. Anna Ďurišová the Thanks Letter of SGS for paleontological exposition The Story of Life on Earth in Natural History Museum of Slovak National Museum in Bratislava. Photo L. Martinský.

Obr. 7. Predseda SGS RNDr. Ladislav Šimon, PhD., udeľuje Mgr. Ondrejovi Pelechovi Ďakovný list SGS za propagáciu geológie na internete. Foto L. Martinský.

Fig. 7. Chairman of SGS RNDr. Ladislav Šimon, PhD., grants Mgr. Ondrej Pelech the Thanks Letter of SGS for the promotion of geology on the Internet. Photo L. Martinský.

Obr. 8. Počet a zloženie účastníkov celodenného seminára SGS sa v jednotlivých tematických blokoch mierne menili. V popredí riaditeľ ŠGÚDŠ Ing. Branislav Žec, CSc.. Foto L. Martinský.

Fig. 8. The number and composition of participants of the SGS full day seminar in individual thematic blocks moderately changed. The ŠGÚDŠ Director Ing. Branislav Žec, CSc., is in the foreground. Photo L. Martinský.


1


2


3


4


5


6


7


8

dvojštadiálnu rastovú históriu zirkónov v hercýnskych dioritických horninách Západných Karpát prezentovali **P. Uher a kol..** SHRIMP datovania jednoznačne preukázali hercýnske veky zirkónov a ich genézu v dôsledku parciálneho tavenia spodnokôrového (± vrchnoplášťového) recyklovaného bázického protolitu. Po výstupe a čiastočnej frakcionácii taveniny do strednokôrovej úrovne došlo k čiastočnému rozpúšťaniu a reprecipitácii zirkónov.

Viaceré možnosti generovania sillimanitu v peraluminóznych granitoidných horninách Považského Inovca a Strážovských vrchov uviedol **Š. Čík**. Za veľmi pravdepodobnú alternatívu považuje vznik prerastov biotitu so sillimanitom v dôsledku rekryštalizácie a rozptýlenia restitických šlírov.

V tematickom bloku ***Aplikovaná a environmentálna geológia*** (moderátor P. Liščák) **P. Ondrejka a kol.** zdôraznili riziko možnej rotácie geodetických pilierov pri korekciách meraní pohybovej aktivity na zosuvoch. **I. Dananaj** a **P. Liščák** vysvetlili kolaps pôdy pri obci Veselé vznikom kaverny na rozhraní terasových štrkov a spraše. Kolaps nastal postupným odpadávaním jemných aleuritických častíc zo stropu postupne sa zväčšujúcej kaverny s ich priebežným odnášaním v dôsledku prúdenia podzemnej vody cez zvodnené štrky. Na možné riziká interakcie skládok údolného typu s hydrosférou na príklade 13 študovaných lokalít na západnom Slovensku upozornil **S. Mikita.** Vplyv teplotných zmien a vlhkosti na tepelnú vodivosť skalných hornín prezentovali **P. Ekkertová a kol.** v prípade troch etalónových vzoriek vysoko pórovitých hornín (pieskovec z lomu Králiky, travertín zo Spišského hradu a tuf z Brhloviec). Na príklade Dómu sv. Mikuláša v Trnave uviedli **B. Porubčanová a kol.** prednosti metodiky vertikálneho gradientu pri detekcii podzemných priestorov. Výsledky nového prieskumu bridlicovej štôlne v Marianskom údolí, Marianka, prezentovali **M. Gargulák a kol..** Vhodným stavebným zásahom navrhujú zachrániť chátrajúcu pivnicu, ktorá je v súčasnosti sekundárnym vstupom do tohto jediného zachovaného banského diela na Slovensku, v minulosti slúžiaceho na ťažbu bridlice.

Tematický blok ***Geologická stavba a tektonometamorfný vývoj Západných Karpát*** (moderátori D. Plašienka a L. Šimon) začal prednáškami o terciérnej exhumačnej histórii vysokotatranského a veporického kryštalinika. **S. Králiková a kol.** datovaním apatitov a zirkónov pozdĺž profilu na Slavkovskom štíte odhadla exhumačnú rýchlosť 0,3 mm za rok v časovom intervale 10 – 9 mil. rokov. Viacnásobný pokles a exhumáciu veporickej zóny rozdelili **R. Vojtko a kol.** do niekoľkých etáp: (a) Vrchnojurské a spodnokriedové pochovanie s teplotným vrcholom 110 mil. rokov bolo nasledované vrchnokriedovým odstrešovaním a exhumáciou. Počas paleocénu až spodného eocénu dosiahlo exhumované kryštalinikum až eróznu úroveň. (b) Neskoroeocénne až spodnomiocénne pochovanie veporickej zóny pod sedimentárne sekvencie. (c) Neskorospodno- až strednomiocénna exhumácia. (d) Bádensko-sarmatské pochovanie v dôsledku vývoja veporického vulkanicko-plutonického komplexu. (e) V dôsledku denudácie po ukončení vulkanickej činnosti došlo k finálnej exhumácii veporickej zóny.

Ďalšie dve prednášky boli zamerané na problematiku reliktov paleozoickej oceánskej domény vo vnútorných Západných Karpatoch. **Z. Németh** a **M. Radvanec** prezentovali kinematiku a minerálne asociácie späté s exhumáciou metagabier v centrálnej línii rakoveckej geosutúry v gemeriku, rovnako ako celoobjemovú duktilnú deformáciu a lineárnu stavbu produktov bazaltového vulkanizmu v jej tektonickom podloží a nadloží. Variská subdukcia so sklonom subdukčného kanála na sever pod sekvencie veporika bola v záverečných štádiách spätá s juhovergentnou exhumáciou časti subdukovaných sekvencií a tiež spodnokôrových hornín, v pravostrannom transpresnom strihu (vrch na JV). Mladší alpínsky krehký a krehko-duktilný prepis horninových súborov rakoveckej geosutúry bol severovergentný.

P. Ivan definoval horniny oceánskej kôry v troch paleozoických litostratigrafických jednotkách: perneckej, zlatníckej a ochtinskej. Ich príbuzné znaky a blízky vek indikujú, že sú reliktmi dna pôvodne jednotného variského (vrchnodevónsko-spodnokarbónskeho) Perneckého oceánskeho bazénu. Sever gemerika a SZ okraj tatrika (tzv. infratatrikum) predstavujú v alpínskej príkrovovej stavbe štruktúrne vyššiu jednotku ako veporikum a zvyšné tatrikum.

R. Demko a **Ľ. Hraško** preukázali, že vulkanické teleso Gregová pri Telgárte predstavuje extrúziu vysokodraselného peraluminiového ryolitu spodnopermského veku, umiestnenú v obale svojich vlastných pyroklastík aeolického pôvodu. Vek telesa vylučuje jeho zaradenie k spodnotriasovému obalu tzv. vernárskych ryolitových telies, ale ide o časť tektonicky fragmentovanej spodnopermskej ryolitovej provincie.

Komplexná charakteristika štureckej faciálnej oblasti vo Veľkej Fatre **J. Havrilom** a **M. Havrilom** potvrdila jej paleogeografickú pozíciu medzi karbonátovou plošinou a panvou a potvrdila predpokladané kryhové členenie sedimentačného priestoru. **D. Plašienka a kol.** prezentovali unikátny dočasný odkryv styku medzi centrálnokarpatskou paleogénnou panvou a pieninským bradlovým pásmom (PBP) v obci Ľutina pri Sabinove. Popri podrobnej litologicko-biostratigrafickej charakteristike 25 m dlhého profilu autori predpokladajú, že PBP prekonalo silné deformácie spojené s príkrovovým nasúvaním a následnou transpresiou v predoligocénnom období, kým spodnomiocénne spätné juhovergentné nasúvanie vrátane magurskej jednotky spôsobilo exhumáciu PBP a sformovanie jeho strmých zlomových okrajov.

V rámci vulkanologických prednášok **L. Šimon a kol.** oboznámili poslucháčov s paleovulkanickou rekonštrukciou a litofaciálnou analýzou vulkánu Poľana v oblasti Konce (striedaním vulkanoklastických hornín s horninami lávových prúdov), ktorá preukázala, že vulkanická asociácia Konce je uložená na vonkajšom vulkanickom plášti prechodnej vulkanickej zóny sarmatského vulkánu Poľana.

Vulkanosedimentárne horniny pokoradzského súvrstvia boli autormi **V. Konečný** a **P. Konečný** interpretované ako uloženiny južnej distálnej vulkanickej zóny veporského stratovulkánu.

J. Lexa a **K. Pošteková** na základe detailného terénneho štúdia preukázali, že ložisko perlitu Lehôtka pod Brehmi je produktom aktivity vulkanického centra situovaného v južnej časti ložiska, resp. južne od ložiska, a východne od telesa Szabovej skaly, ktorá je laterálne umiestneným kryptodómom. **K. Pošteková** zaradila ryolitové extruzívne teleso Panská Hora v Štiavnických vrchoch, predstavujúce produkt jastrabskej formácie, medzi vulkanity Žiarskej kotliny, ktoré sa generovali na okrajových zlomoch kremnického grabenu.

Novú regionálnu *Geologickú mapu Záhorskej nížiny v mierke 1 : 50 000,* ktorá vyšla v roku 2012 spolu s textovými vysvetlivkami, predstavil za kolektív autorov **K. Fordinál.** Mapa a vysvetlivky ponúkajú syntézu o geológii neogénnych a kvartérnych sedimentov výplne slovenskej časti Viedenskej panvy a paleozoických a mezozoických hornín okrajovej časti Malých Karpát.

Analýza pravnianskeho zlomu v oblasti pohoria Žiar, ktorú prezentovali **K. Fekete** a **R. Vojtko**, potvrdila, že ide o neotektonicky potenciálne aktívne až aktívne zlomové štruktúry Západných Karpát.

P. Gross a **A. Zlinská** uviedli prítomnosť kamenského súvrstvia vo vrte FGHn-1 Handlová (Handlovská kotlina) a skonštatovali, že najvyššie situované časti hutianskeho a zubereckého súvrstvia

v tomto vrte na základe mikrofauny zasahujú až do egeru, čo je z hľadiska doterajších poznatkov paleogénu podtatranskej skupiny na Slovensku nové zistenie.

V rámci výskumu polyfázovej deformácie granitoidov a sedimentov mezozoika tatrika zoborskej časti Tribeča **R. Lénárt** a **J. Hók** odlíšili najstaršiu alpínsku deformáciu (cenoman – turón) s kompresným presunom hornín generálne z východu na západ. Nasledovala transpresia (vrchná krieda – paleocén) spojená s exhumáciou granitoidného jadra a odstrešovaním horninových komplexov hronika, fatrika a čiastočne aj tatrika. Záver alpínskej evolúcie (miocén) je charakteristický extenziou v krehkom režime.

Prvá prednáška **V. Šima** a **M. Olšavského** v tematickom bloku ***Sedimentológia, biostratigrafia a paleontológia*** (moderátori D. Pivko a M. Hyžný) prezentovala spodnotriasové fosílne stopy szinského súvrstvia pri Rakovnici a Drnave. Z výsledkov provenienčného štúdia obliakového materiálu mladšieho paleozoika hronika v Malých Karpatoch – petrklínskych vrstiev malužinského súvrstvia – **M. Kováčik** a **M. Olšavský** zdôraznili, že horniny gemerickej proveniencie sa nepodarilo presvedčivo doložiť a ako zdrojové sú najpravdepodobnejšie hercýnske domény dnešnej veporickej jednotky.

M. Hyžný a kol. popísali fosílneho arachnida z karbónskych sedimentov zlatníckeho súvrstvia gemerika. Prehľad **D. Pivka** oboznámil účastníkov seminára o historických kameňolomoch v neogénnych pieskovcoch a vápencoch na Devínskej Kobyle, ktorých novodobá ťažba sa datuje od 13. storočia, s ich najstarším využitím od čias Rimanov v 1. stor. pred naším letopočtom. **J. Madnín** prezentoval wildflyšový charakter jarmutského a pročského súvrstvia v Pieninskom bradlovom pásme na východnom Slovensku. **S. Ozdínová** uviedla výsledky výskumu zameraného na zmeny rozmerov jednotlivých druhov strednoeocénnych až oligocénnych vápnitých nanofosílií v závislosti od zmeny paleoklimatických podmienok, a to predovšetkým teploty sedimentačného prostredia. Pri morfologickej klasifikácii klastických zirkónov z flyšových pieskovcov upohlavského súvrstvia klapskej jednotky bradlového pásma pri Nosiciach **A. Straka** a **Z. Weissová** uviedli ako zdrojové horniny zirkónov diferencované acidné magmatity, prípadne alkalické a subalkalické granity.

Na základe štúdia zvyškov fosílnych rýb z bádenských sedimentov pri Borskom Mikuláši (Viedenská panva) **B. Zahradníková** dokladá morské – neritické prostredie hĺbok 50 až 100 m v subtropickom až tropickom pásme. Chrenovecké vrstvy v Brusne-Chrenovci v Handlovskej kotline **A. Zlinská** na základe štúdia foraminifer zaraďuje do vrchného oligocénu – egeru.

11. predvianočný seminár SGS sa komplexnosťou a širokospektrálnosťou prezentovaných tém, rovnako ako veľkým počtom účastníkov radí k ďalším úspešným odborným podujatiam Slovenskej geologickej spoločnosti. Pri záverečnom zhodnotení a následnej neformálnej diskusii popriali organizátori všetkým účastníkom príjemné koncoročné sviatky a početné vedecké úspechy v nastávajúcom roku 2013.

1. časť – Part 1

Mineralógia, petrológia, geochémia a geochronológia

Mineralogy, petrology, geochemistry and geochronology

M. KOHÚT: **Zabudnuté horniny v kryštaliniku pohoria Žiar alebo granulity v Západných Karpatoch?**

Pohorie Žiar je jedným z najmenších jadrových pohorí Západných Karpát. Tvorí typickú morfologickú hrasť medzi Hornonitrianskou a Turčianskou kotlinou. Dlhé desaťročia geologického výskumu toto pohorie stálo mimo hlavného záujmu odborníkov. Historicky však bolo druhým jadrovým pohorím ZK (po Malých Karpatoch – Beck a Vetters, 1904), ktoré malo svoju regionálnu geologickú mapu (Vetters, 1909). V „generálkovom" období bolo kryštalinikum pohoria Žiar zmapované A. Klincom v roku 1956 s využitím povestného motocykla „Perák". V publikovanej verzii Klinec (1958) síce vyčlenil 5 typov granitických hornín – a) porfyrovitý dvojsľudový granit až granodiorit, b) autometamorfovaný granit, c) porfyrovitý dvojsľudový granodiorit s mikroklínom, d) pegmatitový a aplitový granit a e) pegmatitový a aplitový granit s mikroklínom, avšak do „generálnej mapy" sa zobrazili iba tri základné typy. Okrem toho Klinec (l. c.) v JV cípe kryštalinika vymapoval aj biotitické pararuly a na jednom mieste v suti identifikoval aj amfibolit. Takéto zloženie kryštalinika „prežilo" viac ako 50 rokov.

Pri súčasnom mapovaní kryštalinika pohoria Žiar v rámci novej regionálnej geologickej mapy pohoria Žiar v mierke 1 : 50 000 autor príspevku na viacerých miestach JV časti kryštalinika však zistil prítomnosť typických ortorúl – deformovaných hrubozrnných porfyrických granitoidov, podobných, ako môžeme vidieť na južných svahoch ďumbierskych Nízkych Tatier, lúčanskej Malej Fatry, ale aj Považskom Inovci a inde s charakteristikami ako v práci Kohúta (2004). Okrem toho sa tu lokálne dajú nájsť aj drobnozrnné až aplitoidné staršie deformačne postihnuté granitoidy s granátom. Čo je však zaujímavé v práci Vettersa (1909), sú ortoruly zobrazené v mape ako štandardný komponent kryštalinika južnej časti Žiaru. Autor (l. c.) sa odvoláva aj na pozorovanie Čermáka (1865, publikované 1866), ktorý tu v oblasti Horeňova identifikoval aj polohy drobnozrnných kryštalinických hornín s granátom granulitového charakteru. Čermák (1866) skutočne pri Bielej studni „Weissenbrunn" opisuje takéto drobnozrnné horniny granulitického vzhľadu s granátom, avšak upozorňuje na celkovo migmatitizovaný (natavený? druhotne granitizovaný?) charakter horniny. Takáto situácia sa zhoduje aj s našimi pozorovaniami, keď vedľa predvariských, deformovaných, hruboporfyrických (okatých), ako aj páskovaných ortorúl nachádzame polohy deformovaných, drobnozrnných až aplitoidných hornín s granátom, ktoré boli vo variskom orogéne sekundárne granitizované, čím sa zastrela ich možná vyššietlaková metamorfóza. Predbežne sme v pohorí Žiar nenašli reálne granulity, avšak nevylučujeme prítomnosť retrogresných granulitov v kryštaliniku ZK, podobne ako sa v ostatných rokoch našli retrogresné eklogity (ako šošovky medzi bežnými amfibolitmi) v spodnej stavbe kryštalinika ZK. Pre zaujímavosť treba uviesť, že v pohorí Branisko boli nájdené podobné felzické „granulitické" horniny s granátom, pričom U-Th-Pb datovanie monazitu poskytlo v jadre veky v rozmedzí 485 – 390 Ma s izochrónou 445 Ma, kým okraje monazitu boli dorastané pred 345 – 335 Ma. V susedstve týchto hornín v Branisku sa nachádzajú tonalitické ruly majúce indície obdobnej vysokotlakovej metamorfózy pred 440 až 390 Ma (Kohút, 2005; Kohút et al., 2007).

Náš súčasný výskum v kryštaliniku pohoria Žiar potvrdil prítomnosť „zabudnutých" ortorúl v spodnej stavbe staropaleozoického sokla a otvoril otázku prítomnosti granulitických hornín v obdobných metamorfovaných magmatických komplexoch Západných Karpát.

M. DANIŠÍK a M. KOHÚT: **Nízkoteplotná termochronológia Braniska – implikácie k alpínskemu tektono-metamorfnému vývoju východnej časti centrálnych Západných Karpát**

Poznanie časovej histórie minerálov a hornín predstavuje veľmi dôležitý údaj na tektonickú interpretáciu orogenetických procesov, obzvlášť v polyorogénnych horských pásmach, akými sú aj Západné Karpaty (ZK). Množstvo kľúčových otázok týkajúcich sa orogenézy ZK, ako je vek a stupeň metamorfózy, termálna história kryštalinického sokla a okolitých sedimentárnych hornín, alebo poznanie časovej osi a spôsobu exhumácie zostávajú často otvorené, prípadne rozporné z dôvodu chýbania exaktných údajov alebo slabého geologického záznamu procesov. Zámerom príspevku je vyjadriť sa k problematike alpínskej metamorfózy kryštalického jadra Braniska, ako aj jeho exhumácie a formovania do morfologickej hrasti. Na vyriešenie týchto otázok sme z kryštalinika Braniska a okolitých paleogénnych sedimentov odobrali horninové vzorky, na ktorých sme aplikovali tri termochronometre: a) analýzu He ±U–Th zo zirkónov [zircon (UTh)/He – **ZHe**]; b) analýzu stôp po delení uránu v apatite [apatite fission track – **AFT**], c) analýzu He ±U–Th–[Sm] z apatitov [apatite (U–Th–[Sm])/He – **AHe**]. Citlivosť týchto datovacích metodík nám umožňuje vyjadriť sa k tektono-metamorfnému vývoju študovaných horninových komplexov v teplotnom rozsahu ~200 – 40 °C.

Vrchnokriedové až eocénne (72 – 47 Ma) ZHe veky poukazujú, že kryštalinický sokel Braniska bol v tomto období zohriaty na teplotu ~180 až 250 °C, čím vykazuje charakter veľmi nízkej až nízkej alpínskej metamorfózy. Získané ZHe veky interpretujeme ako veky vychladnutia (cooling ages) zaznamenavšie exhumáciu sokla Braniska v dôsledku extenzného kolapsu Karpatského orogénneho klina po strednokriedových (Eo-alpínskych) kolízno-násunových procesoch spojených s presunom karpatských príkrovov. Miocénne AFT veky z kryštalinika varírujúce v rozsahu 17 až 14 Ma, spolu s AHe vekmi sokla (19 – 11 Ma), ako aj okolitých paleogénnych sedimentov (AFT = 28 ~ 18) jasne dokumentujú, že pohorie Branisko bolo ovplyvnené „strednomiocénnou termálnou udalosťou“ Táto termálna udalosť mala regionálny ZK charakter a bola spojená s preteplením buď z magmatického zdroja, a teda zvýšeného termálneho toku v kôre ZK v miocénnom období, alebo v dôsledku sedimentárneho pochovania. Toto zistenie podporuje koncepciu termálnej nestability telies sokla ZK počas posteocénneho obdobia. Podľa AFT, AHe vekov a výsledkov termálneho modelovania sedimenty Centrálno-karpatského paleogénneho bazénu (CKPB), ako aj horniny sokla boli zohriate na ~120 – 130 °C, resp. ~110 – 190 °C počas tejto „strednomiocénnej termálnej udalosti“. Finálna exhumácia pohoria Branisko do hrasti sa udiala na začiatku neskorého miocénu, čo potvrdzujú aj výsledky termálneho modelovania. Tento záver je v dobrej zhode so sedimentárnym záznamom v priľahlej Východoslovenskej nížine a súhlasí s celkovým charakterom exhumácie telies kryštalinického sokla v Západných Karpatoch na základe AFT datovaní. Hoci nie vždy je exhumácia sokla priamo doložená paritným geologickým záznamom. Identifikácia „strednomiocénnej termálnej udalosti“ v ZK výsledkami nízkoteplotnej (AFT a AHe) termochronológie je ďalším nástrojom pri rekonštrukcii pôvodného rozsahu neogénnej sedimentácie spolu s využitím paleogeografických štúdií.

Viac o použitej metodike a konkrétnych výsledkoch možno nájsť v publikácii: Danišík, M., Kohút, M., Evans, N. J. & McDonald, B. J., 2012: Eo-Alpine metamorphism and the “mid-Miocene thermal event” in the Western Carpathians (Slovakia) – New evidence from multiple thermochronology. *Geol. Mag., 149, 158 – 171.*

Poďakovanie. Práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy číslo: APVV-549-07.

J. TRUBAČ, M. KOHÚT, L. NOVOTNÝ, R. DEMKO, B. BARTALSKÝ, L. ACKERMAN a V. ERBAN: **Re-Os datovanie molybdenitu z U-Mo ložiska Kurišková**

Výskum uránových rúd na Slovensku má dlhú tradíciu a začal sa hneď po 2. svetovej vojne v roku 1946 prieskumom U zrudnenia v okolí Spišskej Novej Vsi. Neskôr sa prieskum rozšíril na ďalšie lokality, ako Hnilčík, Vikartovce, Kravany, Švábovce, Kurišková – Jahodná, Kalnica a Selec. V ostatnom období sa Ludovika Energy, s. r. o., zamerala na detailné spracovanie lokality Košice I – Kurišková v perme severného gemerika. Ložisko je situované v petrovohorskom súvrství, ktoré pozostáva z dvoch hlavných komplexov. V spodnej časti súvrstvia je to hutiansky vulkanicko-sedimentárny (HVSK) a vo vrchnej časti grúnsky vulkanicko-sedimentárny komplex. V severovýchodnom okrajovom tektonickom bloku v šírke 0,5 – 0,8 km pozdĺž tektonického styku s črmeľskou skupinou prebieha pásmo markušovských pieskovcov a bridlíc, ktoré sú vrchným členom knolského (bazálneho) súvrstvia permu a bezprostredným podložím petrovohorského súvrstvia. V jeho spodnej časti v HVSK je vyvinuté ložisko U-Mo rúd. Vo vrchnom grúnskom vulkanicko-sedimentárnom komplexe táto mineralizácia nie je vyvinutá. Bezprostredným nadložím je až 100 m mocné teleso tvorené bazaltoidnými andezitmi, bazaltmi a dacitmi. Hlavné ložiskové teleso sleduje rozhranie rigidného vulkanického telesa ležiaceho v nadloží výrazne vrstevnatých a zbridličnatených markušovských vrstiev. V telese vulkanitov sa nachádza zóna všesmerne usporiadaných, kremeň-karbonátových žiliek, ktorých časť obsahuje U-Mo mineralizáciu malého významu. V nadloží vulkanitov v HVSK sú jemnozrnité metatufy a metatufity, ako aj vrstva meta-bridlíc (pôvodných aleurolitov, siltovcov, prachovcov), lamín a konkrécií Fe-dolomitov. Horniny HVSK sa vyznačujú výraznou metamorfnou foliáciou, ktorá často kopíruje pôvodnú sedimentárnu vrstevnatosť, ako aj naloženou diskordantnou strižnou deformáciou. Nositeľmi U-Mo mineralizácie sú: uraninit, coffinit, molybdenit, ±ortobrannerit, ±powellit, stabilným sprievodcom zrudnenia je apatit.

Predchádzajúce štúdie spolu s U-Pb izotopickým datovaním U mineralizácie (Arapov et al., 1984; Rojkovič et al., 1993) v severo-gemerskej oblasti preukázali, že študovaná U-Mo mineralizácia nie je synchrónna s vekom bazalticko-ryolitického vulkanizmu v Kurišovej. Toto zistenie podporilo aj recentné U-Th-Pb datovanie uraninitu z ložiska Kurišková s využitím elektrónovej mikrosondy (EMP) poukazujúce na viacetapový vývoj U zrudnenia s maximom na rozhraní triasu a jury (200 – 160 Ma) a rejuvenizáciou prebiehajúcou počas kriedy, ako aj v eocénno-miocénnom období (Ferenc a Demko, 2010; Demko et al., 2011, 2012). Je evidentné, že okrem permského bazalticko-ryolitického vulkanizmu dôležitý dosah na vznik ložiska mali aj okolité permské sedimenty (pieskovce, kalovce, ílovce, ±Fe karbonáty a organická hmota) vznikajúce počas aridnej a humídnej klímy, ich metamorfóza a alterácia, ako aj naložená viacetapová tektonická deformácia, ktorá otvorila cesty pre hydrotermálne fluidá vylúhujúce U, Mo zo zdrojových hornín a následne redistribujúce do ložiskových štruktúr. Naše nové Re-Os datovanie molybdenitov zo študovaného ložiska potvrdilo viacetapový vývoj mineralizácie s tvorbou masívnej žilnej U-Mo mineralizácie pred 219 až 215 Ma a tektonicky – v strižných zónach remobilizovanej mineralizácie pred 175 Ma.

Na základe vyššie uvedeného je možné ložisko charakterizovať ako typické polygenetické hydrotermálne (exogénne) ložisko paleoalpínskeho veku majúce zdroj zrudnenia v permských vulkanicko-sedimentárnych horninách, ktorý bol redistribuovaný perkolujúcimi fluidmi po strižných zónach v dôsledku opakujúcej sa alpínskej tektoniky.

Poďakovanie. Práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy číslo: APVV-549-07, z interného grantu Českej geologickej služby No. 329400 a Centre of Excellence for Integrated Research of the Earth’s Geosphere (ITMS: 26220120064).

P. UHER, I. BROSKA, P. VOJTKO & M. KOHÚT: **Zirkón v hercýnskych dioritických horninách Západných Karpát: korelácia vnútornej zonality s mineralogickými a geochemickými údajmi**

Melanokratné horniny dioritického charakteru zloženia amfibolicko-biotitických dioritov až gabier, lokálne biotitických

melatonalitov vytvárajú malé (do 1 km^2) intrúzie v hercýnskych granitových masívoch I aj S typu v tatriku a veporiku Západných Karpát. Aplikácia analytických metód na akcesorickom zirkóne (typológia, výpočet saturačnej teploty, CL, BSE, EMPA, SHRIMP) umožňuje nový pohľad na petrogenézu dioritických hornín. Typologická analýza zirkónu (Pupin, 1980) a výpočet saturačnej teploty zirkónu (Watson a Harrison, 1983; Hanchar a Watson, 2003), poukazujú na relatívne nízke teploty kryštalizácie zirkónu v intervale 650 – 750 °C. Takisto inklúzie pyritu a klinochlóru zistené v mnohých kryštáloch zirkónu z dioritických hornín indikujú teploty pod 700 °C. Analýza vnútornej zonality zirkónu pomocou metód CL a BSE poukazuje na komplikovanú, najmenej dvojštadiálnu rastovú históriu väčšiny študovaných kryštálov. Kryštály zirkónu vykazujú buď oscilačnú, lokálne aj sektorovú zonalitu, ktorá je však väčšinou silne porušená až úplne zotretá sekundárnou, zálivovitou nepravidelne oscilačnou až nepravidelne difúznou zonalitou. Lokálne majú zirkóny okrajové lemy s pravidelnou jemnou oscilačnou zonalitou, v niektorých prípadoch možno pozorovať čiastočne korodovaný povrch kryštálov. Svetlé zóny v CL zodpovedajú doménam s nižšími koncentráciami U, Th, Y a zväčša aj Hf, naopak, tmavšie zóny majú vyššie koncentrácie týchto prvkov. Aj štúdium vnútornej zonality pomocou BSE potvrdzuje komplikované textúry s prevahou nepravidelnej sekundárnej zonality, ktoré možno interpretovať ako produkty čiastočného rozpúšťania a následnej rekryštalizácie zirkónu. Pomer $Zr/Hf_{hmot.}$ v zirkónoch dioritov (25 až 65) má relatívne široký interval, a to aj v rámci jednej lokality. Na základe stanovenia veku zirkónov metódou SHRIMP bol v 3 vzorkách jednoznačne preukázaný hercýnsky vek (353 ±2 Ma až 342 ±2 Ma), bez prítomnosti vekovo starších reliktných jadier alebo, naopak, mladších prírastkových zón. Tento vek je prakticky totožný s U-Th-Pb vekom zirkónu a monazitu v okolitých granitických horninách. Evolúciu zirkónov a materských dioritických hornín možeme preto interpretovať ako výsledok relatívne rýchleho eventu spojeného so vznikom okolitých granitoidov. Variácie hlavných a stopových prvkov, izotopy Sr, Nd, Li, Hf v zirkóne a dioritoch, indikujú parciálne tavenie spodnokôrového (± vrchnoplášťového) recyklovaného bázického protolitu. Po výstupe a čiastočnej frakcionácii dioriticko-gabrovej taveniny do približne strednokôrovej úrovne predpokladáme ich hybridizáciu s prevládajúcimi kôrovými granitovými magmami, pričom vznikli drobné masívy až enklávy dioritických hornín so širokými variáciami zloženia. Pôvodný primárne magmatický, relatívne vysokoteplotný zirkón mohol precipitovať v iniciálnych štádiách a počas výstupu a frakcionácie primárnej dioriticko-gabrovej taveniny, po dosiahnutí jeho saturačnej teploty (~800 – 850 °C ?). Pri následnej kontaminácii až čiastočnej asimilácii granitickými taveninami došlo k čiastočnému rozpúšťaniu a reprecipitácii zirkónu, zrejme aj so spoluúčasťou Zr, Hf, U, Th a Y kôrového pôvodu, pri teplote cca 750 – 670 °C (v závislosti od koncentrácie volatílií v tavenine). Časť zirkónov mohla vzniknúť až pri interakcii granitovej a dioritovo-gabrovej taveniny, resp. reprecipitáciou pôvodne granitových zirkónov.

Š. ČÍK: **Sillimanit v granitoidných horninách Západných Karpát**

Výskyt sillimanitu v peraluminóznych granitoidných horninách Západných Karpát je známy z pohorí Považský Inovec a Strážovské vrchy (Hovorka a Fejdi, 1983; Putiš, 1983). Sillimanit v tzv. hybridných granitoch Strážovských vrchov a Považského Inovca je mineralogickým vyjadrením peralumíniovej povahy zdroja. Jeho pôvod je možné vysvetliť niekoľkými spôsobmi:

1. zachoval sa ako restit z migmatitov (diatexitov), takýto môže byť rekryštalizovaný sillimanit prerastený s biotitom;

2. vznikol ako peritektická fáza pri inkongruentnom tavení muskovitu (Thompson a Algor, 1977). Dehydratačnú reakciu generujúcu leukosómovú taveninu: $Ms + Qtz = Sill + Kfs + H_2O$ opísali Ashworth a McLellan (1985). Textúrne takýto sillimanit asociuje s K-živcom, ktorý je v retrogresívnom (rehydratačnom) štádiu nahradený symplektitom Mus + Qtz. V prítomnosti taveniny táto reakcia prechádza do reakcie: $Ms + Qtz + Pl_1 = Sill + Kfs + Pl_2 + L$ (Ashworth, 1985);

3. časť sillimanitu mohla vzniknúť tiež reakciou s neskoro-, prípadne post-magmatickými fluidmi, ktoré zmenili zloženie solidifikovanej horniny únikom alkálií v kyslom prostredí (Korikovskij et al., 1987).

Spolu so sillimanitom často asociuje aj granát, ktorý býva homogénny (Hovorka a Fejdi, 1983). Počas retrogresie môže granát reagovať s taveninou, pričom vznikne biotit so sillimanitom, čo je charakteristický jav tzv. hybridných granitov. Pokladáme však za pravdepodobnejšie, že prerasty biotitu so sillimanitom vznikli skôr rekryštalizáciou a rozptýlením restitických šlírov.

2. časť – Part 2

Aplikovaná a environmentálna geológia

Applied and environmental geology

P. ONDREJKA, A. ŽILKA a D. BALÍK: **Korekcie meraní pohybovej aktivity na zosuvoch**

Merania pohybovej aktivity prostredníctvom geodetických metód podávajú jednu zo základných informácií o stabilitnom stave zosuvných území. V tejto súvislosti sa vytvára požiadavka, aby prezentované výsledky meraní skutočne odzrkadľovali deklarovanú pohybovú aktivitu zosúvajúceho sa materiálu.

Pri geodetickom monitorovaní pohybovej aktivity sa najčastejšie využíva sieť geodetických pilierov, ktoré sú zabudované priamo v zosúvajúcom sa telese. Namerané zmeny ich polohy by teda mali priamo odzrkadľovať pohyb zosúvajúceho sa materiálu. V skutočnosti však výsledok meraní ovplyvňuje viacero faktorov. Odhliadnuc od širokého spektra faktorov spadajúcich výlučne do kompetencie geodetov, samotný výsledok merania je ovplyvňovaný aj zmenou sklonu geodetických pilierov. Vzhľadom na dosahovanú veľkosť možno tieto zmeny sklonu len ťažko detekovať. Určitým dôkazom takéhoto nakláňania sú vektory posunov, ktorých azimut má opačnú orientáciu ako spádnica svahu. Takýto pohyb sa dá logicky vysvetliť len na základe teórie vychádzajúcej z rotácie pilierov.

Na základe dlhodobých pozorovaní sa ukázalo, že nakláňanie pilierov je determinované určitým charakterom klimatických podmienok, zaznamenaných v období medzi jednotlivými etapami meraní. Zjednodušene možno tieto klimatické pomery charakterizovať na základe nameraných úhrnov zrážok a veľkosti evapotranspirácie (obdobia s nadpriemernými a obdobia s výrazne podpriemernými zrážkovými úhrnmi). Tieto klimatické pomery ovplyvňujú nasýtenosť pripovrchovej zóny vodou, čiže oblasť zabudovania geodetických pilierov. Aj keď z dostupných údajov zatiaľ nevieme kvantifikovať skutočnú veľkosť rotácie pilierov, na základe dlhodobých výsledkov meraní pohybovej aktivity a klimatických pomerov možno predpokladať, že zmeny vlhkosti prejavujúce sa vo vertikálnom smere od terénu sa prejavujú nerovnomerným rozložením napätí v pripovrchovom horizonte. Na geodetických pilieroch je možné tieto prejavy sledovať v podobe zmeny sklonu.

V snahe získať čo najpresnejšie výsledky geodetických meraní je preto potrebné venovať pozornosť otázke týkajúcej sa veľkosti

rotácie geodetických pilierov. Získané výsledky by umožnili separovať jednotlivé zložky zaznamenanej priestorovej zmeny sledovaného bodu.

I. DANANAJ a P. LIŠČÁK: **Kolaps pôdy pri obci Veselé**

Koncom roku 2007 došlo v poli v katastri obce Veselé pri Piešťanoch k vytvoreniu krátera s priemerom 1,5 m a hĺbkou približne 3,5 m.

V lokalite boli vyvŕtané dve sondy. Jedna bola umiestnená do skolabovaného materiálu približne v strede „kaverny", druhá bola situovaná do vzdialenosti približne 6 metrov od stredu kaverny, do neporušeného súvrstvia spraší. Na vŕtanie bolo použité vrtné kladivo poháňané elektrickým generátorom, ktorým sa do zeminy zarážal vzorkovač s priemerom 100 mm, resp. 50 mm, do hĺbky 6,5 m. Odobratých bolo 7 reprezentatívnych vzoriek na klasifikačné laboratórne analýzy zemín.

Laboratórne analýzy potvrdili prítomnosť typických spraší v obidvoch sondách. Ide o íly s označením CL až CI v zmysle STN 72 1001, teda o íly s nízkou až strednou plasticitou. Vo vzorkách odobratých z krátera sa vyskytovali len zeminy tuhej konzistencie, v neporušenej zemine bola v horných horizontoch zaznamenaná tvrdá konzistencia, v prechodnej zóne pevná konzistencia a od hĺbky 4,0 m tuhá konzistencia. Významný bol úbytok uhličitanov smerom nadol. V horizonte okolo 1,0 m zeminy obsahovali až 17 % karbonátov a v horizonte od 4,0 m bol obsah uhličitanov 0 %. Úbytok uhličitanov je pravdepodobne spojený s prítomnosťou kapilárnej zóny v sprašiach, ktorá sa nachádza nad súvrstvím zvodnených aluviálnych terasových štrkov. Nasvedčuje tomu aj prudký nárast vlhkosti od 11 % v horných horizontoch až po 22 % v hĺbke 6,0 m. Karbonáty, ktoré predstavujú tmeliacu zložku obaľujúcu jednotlivé aleuritické častice, boli vylúhované, pričom došlo k oslabeniu štruktúrnych väzieb a k nárastu pórovitosti. Na rozhraní terasových štrkov a spraše sa vytvorila kaverna, ktorá sa rozširuje smerom nahor, a jemné aleuritické častice, ktoré opadávajú zo stropu, môžu byť odnášané v dôsledku prúdenia podzemnej vody cez zvodnené štrky.

V poslednom čase bolo na Slovensku zaznamenaných viacero podobných udalostí s náhlym kolapsom pôdy, napr. v lokalitách v Novom Meste nad Váhom, Číferi, Trnave alebo Mária Családe.

S. MIKITA: **Interakcia skládok údolného typu s hydrosférou**

Náplňou prezentácie je analýza interakcií prebiehajúcich medzi skládkami údolného typu a hydrosférou. Pri výskume boli zhodnotené tiež možné vplyvy kontaminovania vodnej zložky prostredia študovaným typom skládok. Štúdium prebiehalo spolu v 13 lokalitách. Z toho 3 lokality reprezentovali charakteristické prejavy skládok údolného typu (najmä vplyvu na hydrosféru) v širšej miere – išlo o skládky Holičov vrch, Surovín a Uzovská Panica. Zvyšných 10 lokalít malo hlavne overovaciu funkciu – išlo o skládky Bojná, Borová, Bzince pod Javorinou, Bukovec, Dieliky, Hrabovčík, Kostolné, Modra, Pod Bradlom, Vrbovce. Informácie z vybraných lokalít sa získavali hlavne hydrogeologickými a hydrogeochemickými metódami. Ich aplikovanie bolo cielené, predovšetkým v snahe vysledovať interakciu medzi skládkou a hydrosférou z krátkodobého (sezónneho) a tiež dlhodobého (viacero rokov) hľadiska. Výsledky potvrdili prednostné šírenie sa znečistenia zo skládky po povrchu, pričom najviac ohrozené sa javili povrchové toky v blízkosti skládok. Ukázalo sa, že štúdium mechanizmu šírenia znečistenia je vhodné rozdeliť na štyri časti: 1. oblasť vstupu vonkajších vôd do skládky, 2. miesto výstupu priesakovej kvapaliny z čela skládky, 3. zóna medzi skládkou a najbližším povrchovým tokom a 4. úsek, v rámci ktorého dochádza k zmiešavaniu kontaminovanej vody s povrchovým tokom. Detailným charakterizovaním vyčlenených častí a analýzou ich vzájomných vzťahov sa dali určiť hlavné faktory ovplyvňujúce pôsobenie skládok údolného typu na hydrosféru. Vyplývajú predovšetkým z lokálnych hydrogeologických podmienok v kombinácii s geomorfológiou územia a veľkosťou skládky. Pri študovanom type skládok je tiež dôležité posúdiť aj vzťahy medzi šírením znečistenia a meniacimi sa klimatickými podmienkami počas roka. Tie často výrazne limitujú mieru a dosah kontaminácie vodnej zložky prostredia. Na základe získaných výsledkov a skúseností možno konštatovať, že celkové riziko zo študovaných skládok na kvalitu vody je pomerne nízke až zanedbateľné. Povrchové toky v blízkosti skládok mávajú obyčajne dostatočnú kapacitu na zmiernenie zhoršenia ich kvality. Zo zistení ďalej vyplynuli viaceré návrhy prístupov, postupov a spôsobov na optimálnejšie a efektívnejšie riešenie problémových situácií na skládkach študovaného typu. Účinné presadenie získaných poznatkov do praxe si vzhľadom na súčasný stav v predmetnej oblasti vyžiada prispôsobiť aj relevantnú legislatívu.

P. EKKERTOVÁ, I. ŠIMKOVÁ, M. BRČEK, T. DURMEKOVÁ a V. BOHÁČ: **Vplyv teplotných zmien a vlhkosti na tepelnú vodivosť skalných hornín**

Štúdium teplotných zmien v súvislosti so zmenou tepelných vlastností suchých a nasýtených hornín v laboratórnych podmienkach je úzko spojený s pochopením procesov mechanického zvetrávania. Pre všeobecné poznanie pevnosti skalných hornín pri jeho využití ako stavebného materiálu je dôležité vedieť odhadnúť vplyv vody v póroch hornín na proces zvetrávania počas podmienok zmrazovania a rozmrazovania. Na štúdium vplyvu rozdielnej distribúcie vlhkosti boli vybraté tri druhy vysoko pórovitých skalných hornín – pieskovec z lomu Králiky, travertín z masívu Spišského hradu a tuf zo skalných obydlí v Brhlovciach. Vplyv vlhkostného režimu na vlastnosti hornín pre dve extrémne hraničné podmienky, t. j. suchý a plne vodou nasýtený stav, bol pozorovaný v teplotnom rozsahu –20 °C až +22 °C. Meranie tepelnej vodivosti bolo vykonané s použitím metódy horúcej guľôčky („Hot-ball"), kde bol snímač umiestnený uprostred vzorky horniny. Merania boli uskutočnené v klimatickej komore. Hodnoty tepelnej vodivosti boli korelované s obsahom vody v sledovaných typoch hornín.

Poďakovanie. Táto práca bola podporená Agentúrou pre podporu výskumu a vývoja SR: APVV-0641-10.

B. PORUBČANOVÁ, R. PAŠTEKA a J. PÁNISOVÁ: **Detekcia podzemných dutín metódou vertikálneho gradientu v Dóme sv. Mikuláša v Trnave**

Lokalita Dóm sv. Mikuláša v Trnave patrí medzi ,,učebnicové príklady prejavu podzemných dutín (v tomto prípade ide o krypty v meranom anomálnom tiažovom poli). Práve tento fakt bol dôvodom výberu uvedených priestorov na pokusné merania vertikálneho gradientu tiažového zrýchlenia (na účely detekcie krýpt v blízkosti múrov). Pre špeciálne úlohy sa aproximácia gradientu tiažového zrýchlenia určuje prostredníctvom relatívnych gravimetrov – meraním rozdielu Δg medzi dvoma vertikálnymi bodmi v polohách Z_{1a} Z_2. Na merania vertikálneho gradientu bola vybratá krypta, na ktorej bol realizovaný georadarový prieskum, videoinšpekcia (ktorou bolo zistené čiastočné zavalenie krypty) a mikrogravimetrický prieskum, ktorý ako jediná metóda danú kryptu nedetekoval. Mikrogravimetrické merania vertikálneho gradientu boli vykonané s predpokladom, že je možné uvedeným spôsobom krypty tohto typu zachytiť. Plošné merania boli realizované s krokom 1 x 1 m aparatúrou Scintrex CG-5, pričom jednotlivé vytýčené body boli merané na podlahe a v zapätí na statíve (v priemernej výške 1,6 m). Namerané hodnoty boli spracované osobitne pre polohy dole a zvlášť pre polohy hore. Pred opravou neúplných Bouguerových anomálií o gravitačný účinok okolitých múrov boli analyzované rôzne hustoty modelu múrov. Keďže sa ako najvhodnejšia hustota ukázala hodnota 1,4 g · cm^{-3} (čo je veľmi nízka hodnota), boli účinky okolitých múrov zrátané práve pre túto hustotu, tie sa následne pripočítali k hodnotám neúplnej Bouguerovej anomálii. Kryptu sa nepodarilo jednoznačne preukázať ani meraniami na podlahe, ani meraniami

na statíve. Výrazne sa však prejavila až zrátaním a zobrazením hodnôt vertikálneho gradientu (ktorý bol z interpretačných dôvodov zobrazený s opačným znamienkom) vo forme mapy, na ktorej je možné hľadanú dutinu pozorovať ako výrazné minimum študovaného poľa. Potvrdil sa teda predpoklad, že vertikálnym gradientom je možné omnoho lepšie zaznamenávať podzemné priestory aj v tesnej blízkosti múrov, kde je detekcia dutín mikrogravimetriou značne komplikovaná (najmä pre silný a ťažko plne modelovateľný gravitačný účinok týchto múrov) a často sa tieto priestory nepodarí zaznamenať. Určitou nevýhodou metodiky merania vertikálneho gradientu tiažového poľa je jej väčšia časová náročnosť – zber dát zaberie v priemere 4- až 5-krát viac času, ako je to v prípade štandardnej plošnej mikrogravimetrie.

M. GARGULÁK, J. KRÁĽ, R. LEHOTSKÝ, J. MADARÁS, P. ONDRUS a S. ŠOLTÉS: **Bridlicová štôlňa v Marianskom údolí, Marianka, Malé Karpaty**

Do roku 2005 neznáme opustené staré banské dielo sa nachádza na pravej strane Marianskeho údolia v obci Marianka. Objavené bolo až pri čistení starej pivnice za treťou barokovou kaplnkou. V zadnej časti pivnice sa nachádza otvor hlboký 3,5 m, ktorý býva do výšky 2,5 m zatopený vodou. Po odčerpaní vody v roku 2005 boli zmapované podzemné priestory tvorené hlavnou chodbou a tromi komorami. Hlavná chodba má dĺžku 21 m a najväčšia (SZ) komora má rozmer 8 x 6 m. Zvislý otvor v pivnici predstavuje sekundárne zhotovený vchod, pretože úvodná časť chodby s ústím štôlne bola v minulosti založená bridlicou a zasypaná.

Ďalší plánovaný prieskum sa podarilo zrealizovať 24. októbra 2012, keď sa uskutočnilo opätovné vyčerpanie vody zo zatopených priestorov na účely geologického a banského prieskumu a dokumentácie podzemných priestorov.

Vek štôlne nebol doteraz stanovený, odhaduje sa iba podľa súvislosti s približným vekom kamenných múrov a klenby pivnice, ktorá pochádza zo 16. až 18. storočia. Štôlňa je však určite staršia ako obdobie výstavby kaplniek v Marianskom údolí v rokoch 1723 – 1729, pretože pri úprave terénu pre výstavbu kaplniek pravdepodobne došlo k zasypaniu pôvodnej vstupnej časti. O štôlni nie sú dostupné žiadne písomné informácie.

Geologická charakteristika – celé banské dielo je založené na tmavosivých až čiernych ílovitých a vápnitých bridliciach, lokálne s polohami čiernych detritických vápencov marianskeho súvrstvia spodno- až strednojurského veku, ktoré je súčasťou borinskej jednotky tatrika v Malých Karpatoch. Uhlíkový pigment spôsobuje okrem tmavej farby aj matný až hodvábny lesk bridlíc. Sú dokonale štiepateľné a rozpadajú sa na tenké doštičky. Hrubšie doskovité polohy piesčitých tmavých vápencov uprostred plastickejších bridlíc sa pri deformácii správajú rigidnejšie, vplyvom tlaku dochádza k ich popraskaniu a pukliny sú vyhojené žilami bieleho kalcitu a kremeňa.

Ložisková charakteristika Bridlicovej štôlne – samotný charakter a rozloženie jednotlivých priestorov dokladá banícku opatrnosť, ale aj prispôsobenie ťažby geologickej stavbe okolitého prostredia. Horizontálne uloženie bridlíc miestami priečne tektonicky porušených neumožňuje vytvárať väčšie komory, keďže samonosnosť horizontálneho stropu je limitovaná a môže dochádzať k jeho spontánnemu odtrhnutiu. Preto aj v podzemí Bridlicovej štôlne možno nájsť len jednu „hlavnú" chodbu, ale až tri samostatné ťažobné komory oddelené stenami, tvoriace ochranné piliere proti závalu. Z nálezu 5 kusov bridlicových platní, približne rovnakého tvaru (40 x 25 x 7 cm) na jednom mieste, sa dá usudzovať, že práve takýto typ „výrobku" bol žiadaným predmetom záujmu. Vylamovanie podľa možnosti čo najväčších bridlicových platní prebiehalo len za pomoci ručných nástrojov čo dokladá výskyt viacerých dier kruhového prierezu, nesúcich jednoznačné stopy po ich ručnom vyhotovení – vytĺkaním pomocou vrtáka (dláta) a kladiva. Vzácne nálezy vŕtacieho vrtáka a kladiva (pucky) s časťou drevenej rúčky v SV komore sú konkrétnym dôkazom. Dokladom efektívnosti práce starých baníkov je spôsob nakladania so vzniknutým odpadom. Menšie úlomky bridlíc neboli vždy vynášané na povrch, ale v prázdnych vydobytých priestoroch boli ukladané do suchého múra – základky. Časť odpadu sa však ponechávala aj v počve, kde zvyšovala prirodzenú podlahu tak, aby lámač dosiahol na strop, z ktorého vylamoval bridlicu.

Perspektíva banského diela a odporúčania na jeho záchranu a obnovu – samotná existencia jediného zachovaného banského diela na Slovensku, ktoré v minulosti slúžilo na ťažbu bridlice, má pre región význam z hľadiska možnosti prezentácie diela ako jedinečnej pamiatky z pohľadu historického, technického a banského. Keďže možnosť sprístupniť štôlňu verejnosti nie je v súčasnosti reálna, bolo by vhodné priestor starej pivnice, v ktorej je situovaný sekundárny vstup do bane, zachovať a využiť na vybudovanie informačného miesta o histórii a ťažbe bridlice v Marianke. Vhodným architektonickým návrhom by zároveň došlo k záchrane chátrajúcej stavby pivnice často navštevovanej pútnikmi, turistami a miestnymi obyvateľmi Marianskeho údolia.

3. časť – Part 3

Geologická stavba a tektonometamorfný vývoj Západných Karpát

Geological setting and tectonometamorphic evolution of the Western Carpathians

S. KRÁLIKOVÁ, R. VOJTKO and J. MINÁR: **Tectonic-thermal evolution of the High Tatra Mts. crystalline basement (Western Carpathians)**

The High Tatra Mts. is the northernmost mountain of the Tatra--Fatra Belt. It is composed of the Tatric crystalline basement covered by the Mesozoic cover sequences, belonging to the Tatric Unit. The unit is overthrusted by the Fatric and Hronic nappe units and is covered by the post-nappe Central Carpathians Paleogene Basin sequence. Tectonic-thermal evolution of the High Tatra Mts. was constrained using apatite and zircon fission track analyses, providing a wealth of information on the thermal history of rocks from ~200–320 °C (zircon) to ~60–120 °C (apatite). Four apatite and two zircon samples from the crystalline rocks of the Slavkovský štít peak and its moraine have been dated. The apatite samples yielded central fission track ages in the range of ~ 9 Ma to 12 Ma, whereas zircon samples yielded central fission track ages of ~100 Ma. In order to determine exhumation rate, we sampled a vertical profile on the Slavkovský štít peak (2 452 m a.s.l.) with a step of 400 m. This allowed us to estimate an exhumation rate of 0.3 mm per year which took place between 12 Ma and 9 Ma (Late Miocene exhumation). Such slow cooling rates are in good agreement with the modelling

results of the track length measurements, characterized by unimodal track length distribution with means the track length of 12–13 microns. The zircon central fission track ages of ~100 Ma are very remarkable and probably represent the remnant cooling event – the age record of the Middle Jurassic–Lower Cretaceous rifting and thermal subsidence. It means that the crystalline basement of the High Tatra Mts. has never reached temperature conditions more than ~200 °C after that time. Additionally, fission track evidence and modeled time--temperature thermal history of the High Tatra Mts. indicate that the thermal evolution can be divided into five stages: 1) Middle Jurassic–Lower Cretaceous rifting and thermal subsidence; (2) Late Cretaceous nappe stacking; (3) Paleocene–Lower Eocene exhumation; (4) Late Eocene–Early Miocene burial, as well as (5) Middle–Late Miocene exhumation.

Acknowledgement. The work was financially supported by the Research and Development Agency under the contracts Nos. APVV 0158–06, APVV 0099–11, APVV–0625–11 & ESF–EC–0006–07 and Comenius University Grant UK/117/2012.

R. VOJTKO, S. KRÁLIKOVÁ and J. MINÁR: **Late Cretaceous to Neogene burial and exhumation history of the Veporic Belt (Western Carpathians)**

The Central Western Carpathians region forms main part of the Western Carpathian arc and includes several tectonic units of various orders and ages. From the regional geological, morphotectonic, and tectogenesis points of view, the Central Western Carpathians are divided to (a) the Považie–Pieniny Belt; (b) the Iňačovo–Kričevo Belt; (c) the Tatric–Fatric Belt; (d) the Veporic Belt; (e) the Gemeric Belt. The Veporic Unit is a crust "thick-skinned" tectonic system of the Central Western Carpathians, which is thrusted on the Tatric Unit and on the other hand the Veporic Unit is overlain by the Gemeric Unit. During the Late Cretaceous to Neogene periods, the area of the Veporic Belt was several times buried and exhumed and these processes can be divided into the following stages: (a) The Upper Jurassic to Lower Cretaceous burial with the thermal peak approximately of 110 Ma was followed by the Upper Cretaceous unroofing and exhumation of the Veporic dome. This event was documented by the white mice $^{40}Ar/^{39}Ar$ ages of ~90 Ma, biotite $^{40}Ar/^{39}Ar$ ages of ~85 Ma, zircon FT ages of 75–65 Ma and apatite FT ages of ~60–50 Ma. During the Paleocene to Early Eocene, the area of the Veporic Belt was exposed to erosion level and it is proved by apatite FT ages of ~60–50 Ma. On many places the area was denuded up to the crystalline basement level; documented by the transgression of Upper Eocene sedimentary sequence directly topped on the Veporic crystalline basement (e.g. Brezno Depression). (b) Late Eocene, Oligocene to Early Miocene represent an epoch of the Veporic Belt burial under the sedimentary sequence. Denudation remnants of these sediments in the Horehronie valley, near Tisovec, below the Central Slovak Neovolcanite structure, and in the southern portion of the Veporic Belt indicate this burial. (c) After the Eocene to Lower Miocene deposition of sedimentary sequences, the latest Early Miocene to early Middle Miocene exhumation stage took place. This exhumation process was probably recorded by FT ages of 17–13 Ma near the contact zone between the Veporic and Gemeric units. During this epoch, the Upper Eocene to Lower Miocene sedimentary sequence was considerably denuded together with the paleo-Alpine basement. (d) Last cycle of the Veporic Belt burial occurred in the Badenian–Sarmatian. This stage is represented by evolution of the Veporic volcano-plutonic complex that completely covered investigated area. The products of volcanic activity discordantly lie on the older geological structure. (e) After volcanic activity, the denudation, predominantly of the volcanic and volcano-clastics rocks, was followed and latter the eo-Alpine structure of the Veporic Belt was exhumed from beneath the Veporic volcano-plutonic complex. Most probably this exhumation can be proved by AHe ages of 13–11 Ma from the Rochovce area.

Acknowledgement. This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contracts Nos. APVV–0099–11 and APVV–0625–11.

Z. NÉMETH a M. RADVANEC: **Rakovecká geosutúra v gemeriku: variská exhumácia vs. alpínsky translačný a imbrikačný prepis v severogemerickej zóne**

Rakovecká geosutúra reprezentuje najstaršiu preukázanú zónu kolízneho uzavretia spodnopaleozoicko-spodnokarbónskeho pretiahnutého sedimentačného bazénu konvergentno-subdukčnou kinematikou v Západných Karpatoch. Isté pararely, pokiaľ ide o vek divergentných pochodov, postupnej oceanizácie kôry, ale tiež konvergencie a kolízneho uzatvorenia, je možné nachádzať v perneckej zóne (cf. Putiš et al., 2004; Ivan a Méres, 2006).

Foliačné plochy vo V – Z priebehu rakoveckej geosutúry (od Dobšinej do oblasti Gelnice) sa vyznačujú prevažne stredným sklonom k S, lokálne k SV a SZ. Takmer subhorizontálne lineácie indikujú transpresný pravostranný strih s kinematikou vrch na JV (Németh, 2002). V zóne od Gelnice po Košice, kde v dôsledku mladšieho alpínskeho tektonického prepisu je priebeh rakoveckej geosutúry SZ – JV, sú foliačné plochy korešpondujúco natočené tiež do smeru SZ – JV a ich sklon je generálne k SV. Podobne lineácie vykazujú exhumáciu s kinematikou vrch na JZ (l. c.). Skorší mikrotektonický a petrologický výskum s datovaním monazitu a uraninitu v metamorfitoch gelnickej skupiny v JZ časti gemerika indikovali pre pochody späté s kolíznym uzatvorením bazéna v rakoveckej zóne časový interval 323 – 275 mil. rokov (vrchný serpuchov až cisural; def. štádium VD_{1a}, Németh in Radvanec et al., 2007).

Novým výskumom rakoveckej geosutúry v oblasti Ostrá (998) – Rakovec – Babiná (1278) – Hnilec – Delava v SZ gemeriku sa zistila cca 100 m široká zóna, kde došlo k spätnému výzdvihu (exhumácii) časti sekvencií primárne zavlečených do subdukčného kanála a tiež k vyexhumovaniu útržkov metagabier zo spodnej časti kontinentálnej kôry.

Pôvodnú magmatickú asociáciu spodnokarbónskeho klinopyroxenického gabra (350 mil. r., SHRIMP, Putiš et al., 2009) reprezentujú porfyroblasty diopsidu a Ti-diopsidu veľké do 5 cm, Sr-plagioklas, plagioklas a zmes ilmenit-rutil (obr. 1). Vrchol vysokotlakovej metamorfózy horniny (odtrhnutie blokov gabra a ich hlbšie zavlečenie do začínajúceho subdukčného kanála) zaznamenala koexistujúca dvojica Sr-epidot + jadeit vo vrchnom karbóne (300 – 310 mil. r., SHRIMP, Putiš et al., 2009). Počas exhumácie metagabra v diaftoréze sa obsah Sr v epidote mení podľa kryštalizácie jednotlivých sektorov od stredu Sr-epidotu/Sr-REE-epidotu k jeho okraju. Na okraji zŕn epidotu obsah Sr klesá. Retrográdnu časť vysokotlakovej metamorfózy charakterizuje vznik omfacitu, najmä v trhlinách alebo na okraji diopsidu, a neskôr vznik „biotitu", fengitu, albitu ± glaukofán a winchit. Exhumácia metagabra v podmienkach pumpellyitovo-aktinolitovej nízkoteplotnej a relatívne vysokotlakovej metamorfózy do vrchnokarbónskej akrečnej prizmy bola sprevádzaná jej ďalším duktilným pretvorením – mylonitizáciou (jej „zmrazený" záznam je dobre viditeľný aj na makrovzorkách; obr. 1). Exhumované metagabro zaznamenalo aj následnú – permskú metamorfózu (262 mil. r., okraj zirkónu, SHRIMP). Vplyvom horúcej línie pod kontinentálnou kôrou v perme (cf. Radvanec et al., 2007), keď v gemeriku vznikli granity S-typu, v metagabre kryštalizovala nová vysokoteplotná a nízkotlaková asociácia edenit-pargasit-hornblend ± taramit, titanit a epidot-zoisit v epidotovo-amfibolitovej fácii (def. štádiá VD_{1b} a VD_2; Németh in l. c.).

Z porovnania litológie a tektonizácie hornín v podloží a nadloží tejto zóny vyplýva, že popisovaná zóna s veľkou pravdepodobnosťou reprezentuje tzv. os geosutúry, t. j. hlavnú plochu exhumácie. Táto zóna s výraznou duktilnou deformáciou všetkých prítomných litológií a početnými a-tektonitmi začína odkryvmi v oblasti kóty Ostrá (998) a pokračuje na ostrom hrebeni priebehu VSV – ZJZ medzi kótami Babiná (1278) a Šajby (1095).

Niekoľko 100 metrov hrubý stĺpec hornín rakoveckej skupiny (produkty bazaltového vulkanizmu) pozične pod hlavnou plochou exhumácie (t. j. na juh od nej) vykazuje tiež celoobjemovú

rekryštalizáciu a lineárnu stavbu. Ďalej na juh sa deformačný gradient postupne znižuje smerom k marginálnym sekvenciám pôvodného bazénu (gelnická skupina). V tektonickom nadloží, t. j. na S od hlavnej plochy exhumácie, sú produkty bazaltového vulkanizmu rakoveckej skupiny tiež silne rekryštalizované s lineárnou stavbou, a rekryštalizáciu s tektono-metamorfným prepisom zaznamenali aj sekvencie karbónskeho rudnianskeho a zlatníckeho súvrstvia. Pokolízna molasa je reprezentovaná stefanským (gželským) hámorským súvrstvím s prechodom do permskej sedimentárnej, neskôr vulkanickej aktivity (krompašská skupina). Spodnokarbónsky magmatizmus vo veporiku (I-typy granitov) je dôsledkom subdukčných pochodov v rakoveckej zóne s úklonom subdukčného kanála pod veporické sekvencie (Németh, 2003), kým permský S- a A-typový magmatizmus v gemeriku je dôsledkom juhovergentného kolízneho zhrubnutia kontinentálnej kôry a postupného presunu horúcej línie od severu k juhu pod gemerickým teranom (cf. Radvanec et al., 2007; Németh, 2005).

Variská duktilná stavba (k severu upadajúce foliačné plochy; štádium VD_1) v rakoveckej geosutúre je prepísaná mladšou alpínskou imbrikáciou AD_{1b} v krehkom a krehko-duktilnom režime, ktorá penetruje aj dve alpínske trosky príkrovu Bôrky v oblasti Dobšinej a Jakloviec (translácia v AD_{1a}), a všetko navyše je segmentované párovým systémom strižných zón SV – JZ a SZ – JV štádia AD_3.



Obr. 1. Mylonit varisky exhumovaného metagabra s dobre viditeľnými pretiahnutými a čiastočne rotovanými porfyroklastmi pôvodného diopsidu (zmes, relikt diopsidu + Na-amfiboly + Ca amfiboly + Sr epidot + pumpellyit + chlorit, oxidy, tmavá časť) a pôvodného plagioklasu (zmes epidot, amfiboly, albit, titanit a chlorit, svetlá časť). Smer exhumácie (tektonického transportu), vyjadrený osou X deformačného elipsoidu, je mierne šikmý voči horizontále sekundárnej foliácie 48/75° a indikuje kinematiku vrch na JJV. Rakovecká geosutúra, masív Babinej, 2 km na ZJZ od obce Hnilec.

P. IVAN: **Zistenie variskej ofiolitovej sutúry v Západných Karpatoch a jej geodynamický význam**

K charakteristickým znakom orogénov (orogénnych pásiem) patrí aj prítomnosť ofiolitových sutúr. Pozostávajú z príkrovov a melanží obsahujúcich horniny oceánskeho dna. Ofiolitová sutúra sa tvorí uzatvorením oceánskeho bazénu a následnou kolíziou jeho kontinentálnych okrajov vo finálnom štádiu orogenézy. Väčšina súčasných orogénnych pásiem je produktom viacerých po sebe nasledujúcich orogenéz, čoho dôsledkom je ich neobyčajne zložitá geologická stavba. Západokarpatský orogén je v princípe produktom troch hlavných orogenéz: (1) kaledónskej, (2) variskej a (3) alpínskej orogenézy, ktorým by mali zodpovedať minimálne tri ofiolitové sutúry. Ich identifikácia však naráža na značné problémy. Spočívajú najmä v rozčlenení, stenčení, rozvlečení a denudácii hornín oceánskej kôry obsiahnutých v sutúrach počas následnej tektonickej evolúcie orogénu. Z tohto dôvodu sme dosiaľ v Západných Karpatoch poznali len zvyšky najmladšej ofiolitovej sutúry súvisiacej s uzatvorením mezozoického Meliatskeho oceánu. Až v ostatných rokoch sa nám podarilo v paleozoických komplexoch Západných Karpát na základe geochemicko-petrologického výskumu identifikovať metabazity a s nimi súvisiace metasedimenty, ktorých vznik je spojený s abysálnymi oceánskymi bazénmi a možno ich pokladať za súčasť staršej, variskej sutúry.

Dno oceánskych bazénov je budované kôrou oceánskeho typu, ktorú možno identifikovať podľa nasledujúcich kritérií: (1) typickej asociácie hornín (bazalty, dolerity, gabrá, ultrabazity, abysálne sedimenty), (2) geochemických charakteristík magmatitov a s nimi súvisiacich sedimentov (bazalty typov N-MORB, E-MORB, BABB; vyšší pomer $^{143}Nd/^{144}Nd$; pri sedimentoch o. i. Ce-anomália), (3) špecifického typu metamorfózy (metamorfóza typu oceánskych riftov). Na ich základe sme zistili, že horniny oceánskej kôry sú súčasťou troch paleozoických litostratigrafických jednotiek: (1) perneckej, (2) zlatníckej a (3) ochtinskej skupiny. Prvá vystupuje na SZ okraji taktrika (infratatrikum) ako súčasť kryštalinika Malých Karpát, Považského Inovca, Suchého a Malej Magury, ďalšie dve sú súčasťou stavby severného okraja gemerika.

Pernecká skupina predstavuje tektonicky redukovaný ofiolitový príkrov tvorený neúplnou metamorfovanou ofiolitovou sekvenciou (len najvyššie členy). Je tvorená metamorfovanými bazaltmi, doleritmi a gabrami spolu s malým množstvom metamorfovaných pelitických sedimentov v najvrchnejšej časti profilu. V sedimentoch je lokálne vyvinuté stratiformné pyritové zrudnenie cyperského typu. Podľa predbežných výsledkov datovania je vek perneckej skupiny cca 371 ±4 Ma. Tektonické podložie perneckej skupiny tvorí riftogénna pezinská skupina, v nadloží sú jurské sedimenty. Obidve skupiny sú intrudované modranským a bratislavským granitoidným masívom, ktorých vek je cca 350 Ma. Horniny perneckej skupiny sú polyštádijne metamorfované, pričom prejavy staršej oceánskej a akrečnej metamorfózy sú prekryté rôzne intenzívnou periplutonickou a kontaktno-metasomatickou rekryštalizáciou.

Zlatnícku skupinu tvorí pruh hornín, ktorý sa s prerušením tiahne od Dobšinej až do oblasti Košíc. V jeho tektonickom podloží vystupujú prevažne horniny klátovskej skupiny a rudnianskej formácie, v nadloží horniny permskej krompašskej skupiny. Delí sa na dve formácie s odlišnou litológiou: (1) grajnársku a (2) závistliveckú. Vrchnú, grajnársku formáciu budujú lávové príkrovy metabazaltov s metamorfovanými prevažne pelitickými vulkanosedimentmi v jej najvyššej časti. Je len veľmi slabo metamorfovaná v subfácii pumpellyit-aktinolitovej, lokálne aj vo fácii zelených bridlíc. Spodná, závistlivecká formácia predstavuje metamorfovanú sedimentárnu melanž s blokmi metagabier, metadoleritov, metabazaltov, keratofýrov a epidozitov variabilnej veľkosti v primárne pelitickom až psamitickom matrixe. Zastúpenie chromspinelidov v matrixe poukazuje na prítomnosť ultramafitov v zdrojovej oblasti. Bloky aj matrix sú polyštádijne metamorfované vrátane prejavov metamorfózy typu oceánskych riftov a subdukčnej metamorfózy vo fácii modrých bridlíc. Vek zlatníckej formácie je pravdepodobne vrchnodevónsky (cca 385 Ma).

Ochtinská skupina ako úzky pruh hornín vystupuje na západe, ale aj na severovýchode gemerika. Zo severu susedí s rimavickou skupinou veporika, z juhu s jednotkou tvorenou metakarbonátmi a metabazitmi (dúbravská formácia). Tvoria ju formácie: (1) spodná, hrádocká (vrátane bývalej črmeľskej skupiny) a (2) vrchná, ľubenícka. Oceánske horniny v podobe blokov bázických metavulkanitov, zriedkavejšie aj metaultrabazitov a metagabier spolu s drobnými telesami metamorfovaných karbonátov vystupujú v matrixe tvorenom prevažne čiernymi fylitmi a metapsamitmi v hrádockej formácii. Ich vek nie je známy, metakarbonáty ľubenickej formácie boli na základe fosílií datované ako vrchný visén až spodný namur – serpuchov (cca 325 Ma). Metamorfóza hornín ochtinskej formácie zodpovedá podmienkam fácie zelených bridlíc. Geochemické charakteristiky bázických magmatických hornín zo všetkých uvedených skupín geochemicky zodpovedajú prevažne prechodným typom medzi N-MORB a E-MORB, zriedkavejšie pozorovať afinitu k suprasubdukčným typom magmatitov (BABB, IAT). Izotopové zloženie Nd odráža ich pôvod z ochudobnených plášťových zdrojov (εNd_{370} = cca + 9). Metasedimenty perneckej skupiny majú geochemické znaky abysálnych oceánskych sedimentov, izotopické zloženie síry (sulfidov) je blízke recentným mineralizáciám na oceánskych riftoch. Oproti tomu metasedimenty v zlatníckej formácii boli identifikované ako redeponované vulkanoklastiká dacitového zloženia pochádzajúce z vulkanického oblúka (grajnárska formácia) alebo ako zmes oblúkového vulkanoklastického materiálu s detritom odvodeným od bázických hornín oceánskej kôry a ultrabazitov vrchného plášťa.

Príbuzné litologické, petrografické a geochemické znaky oceánskych hornín v perneckej, zlatníckej a ochtinskej skupine, rovnako ako ich blízky vek naznačujú, že sú reliktmi dna pôvodne jednotného variského (vrchnodevónsko-spodnokarbónskeho) oceánskeho bazénu – Perneckého oceánu. Jeho uzatvorením a finálnou kolíziou bol sformovaný variský orogén. Ako zvyšok po pôvodnom oceáne zostala ofiolitová sutúra predstavujúca fosílnu hranicu medzi dvomi litosférickými paleoplatňami. Tektono-termálna evolúcia obidvoch platní na rozhraní staršieho a mladšieho paleozoika bola odlišná. Južnejšia (v terajšej pozícii) platňa z nich zostala ušetrená od rozsiahlejších intruzívnych aktivít a metamorfného prepracovania. V severnejšej platni magmatická aktivita spojená so subdukciou kôry Perneckého oceánu a tvorbou magmatického oblúka viedla k výraznejšej metamorfnej premene aj vrchných častí kôry, kde rozhodujúcu úlohu mal zvýšený tepelný tok následkom granitoidného plutonizmu. Spodnokarbónske I- a S- typové granitoidy vo veporiku a tatriku Západných Karpát sú produktmi tohto plutonizmu. Variská ofiolitová sutúra bola počas alpínskej orogenézy reaktivovaná a zapracovaná do novej príkrovovej stavby. Súčasná pozícia jednotiek s jej zvyškami naznačuje, že sever gemerika a SZ okraj tatrika (tzv. infratatrikum) predstavujú v alpínskej príkrovovej stavbe, podobne ako Oberostalpin vo Východných Alpách, štruktúrne vyššiu jednotku ako veporikum a zvyšné tatrikum. Relikty kôry Perneckého oceánu vykazujú zaujímavú priestorovú variabilitu prejavujúcu sa v miere diferenciácie magmy, charaktere sprievodných sedimentov alebo aj v metamorfnej histórii. Štúdium tejto variability spolu s detailným výskumom priľahlých paleozoických jednotiek umožní detailnejšie rekonštruovať mechanizmus geodynamickej evolúcie variského orogénu v Západných Karpatoch.

R. DEMKO a Ľ. HRAŠKO: **Ryolitové teleso Gregová pri Telgárte, vek a paleovulkanická rekonštrukcia**

Názory na presné stratigrafické zaradenie ryolitového telesa Gregová pri obci Telgárt v porovnaní s okolitými pestrými pieskovcami a ílovcami (bodvaszilašské a sinské vrstvy) boli kontroverzné.

Podrobný terénny výskum preukázal zložitú tektonickú šupinovú stavbu ryolitového telesa oproti okolitým spodnotriasovým pestrým pieskovcom a ílovcom, ako aj karbonátovým horninám triasu.

Na základe terénneho a petrografického štúdia vulkanické teleso Gregová reprezentuje ryolitovú extrúziu, ktorá je umiestnená v obale svojich vlastných pyroklastík aeolického pôvodu. Litofaciálna analýza identifikovala ignimbrity s plameňovitými textúrami, variabilne porfyrické ryolity so sférolitickým holokryštalickým matrixom s alebo bez amygdaloidných alebo vezikulárnych štruktúr. Obsah a distribúcia jednotlivých litotypov ukazuje na plínijský typ pyroklastických erupcií, počas ktorých vznikali ignimbritové pokrovy. Erupcia, resp. sled erupcií, pokračovala vynáraním ryolitových extrúzií, ktoré penetrovali svoj vlastný nadložný pyroklastický obal. Centrálna ryolitová extrúzia tvorí podstatnú časť ryolitového komplexu Gregová. Ide o polyštadiálnu extrúziu, kde medzi samostatnými telesami boli identifikované zóny synerupčnej brekciácie. Vezikulárne litofácie zodpovedajú okrajovým zónam extrúzie a ich vznik je viazaný na záverečnú fázu synerupčného odplynenia. Pomalé chladnutie extrúzie bolo sprevádzané hydrotermálnou aktivitou, ktorej roztoky alterovali vlastné ryolitové teleso a vypĺňali externé vezikulárne fácie opálom.

Ryolitové produkty patria k vysokodraselným peraluminiovým ryolitom. Geochronologické štúdium bolo sústredené na pyroklastické, ako aj extruzívne fácie ryolitov. Aplikácia CHIME datovania monazitov ukázala spodnopermský vek ryolitového vulkanizmu, ktorý je vzdialený od predpokladaného spodnotriasového alebo vrchnopermského veku. Vek ryolitového telesa vylučuje jeho zaradenie k spodnotriasovému sedimentárnemu obalu (pestré pieskovce a ílovce) a zvýrazňuje jeho tektonický vzťah voči svojmu okoliu. Ryolitové teleso Gregová nepatrí do skupiny tzv. vernárskych ryolitových telies spodnotriasového veku (ktorý je nepodložený), ale reprezentuje časť tektonicky fragmentovanej ryolitovej provincie patriacej k spodnému permu.

J. HAVRILA a M. HAVRILA: **Geologická mapa tektonických trosiek hronika vystupujúcich v okolí Veľkého Šturca vo Veľkej Fatre**

Práca predkladá prehľad poznatkov získaných pri zostavovaní novej geologickej mapy tektonických trosiek hronika ležiacich v juhovýchodnej časti Veľkej Fatry v priestore medzi Starohorským potokom, Korytnicou a Revúcou. Zostavená bola v mierke 1 : 10 000.

Po vydaní geologickej mapy Veľkej Fatry (Polák et al., 1997) boli z okolia Veľkého Šturca získané nové informácie (Havrila, 2004). Podľa nich vrstvové sledy študovaných trosiek sedimentovali v štureckej faciálnej oblasti a sú považované za súčasť príkrovu Veľkého Šturca. Preto bolo cieľom zostaviť geologickú mapu obsahujúcu tieto informácie. Pri jej zostavovaní boli získané nové poznatky o vrstvovom slede, geometrii telies, litológii, biostratigrafii, kryhovom charaktere sedimentačnej oblasti a o zlomovej tektonike.

Vrstvový sled štureckej faciálnej oblasti bol doplnený. Tvoria ho: gutensteinské dolomity a vápence, ramsauské dolomity, steinalmské vápence, zámostské vápence, reiflinské, reiflinsko-schreyeralmské a reiflinsko-partnašské vápence, raminské vápence, wettersteinské vápence a dolomity, lunzské vrstvy a hlavné dolomity. Steinalmské, zámostské, raminské vápence a wettersteinské dolomity tu neboli známe. Vrstvový sled nebol všade dostatočne rozlíšený. Viacero litostratigrafických jednotiek bolo „ukrytých“ pod jednu (pri Jelenci boli pod gutensteinské vápence zahrnuté aj ramsauské dolomity, zámostské, reiflinsko-schreyeralmské, raminské a wettersteinské vápence). Niektoré fácie zaujali v dôsledku podrobnejšieho členenia inú pozíciu vo vrstvovom slede a museli byť prekvalifikované. Napr. podstatná časť dolomitov považovaných za ramsauské (v staršej mape vystupovali nad gutensteinskými vápencami) bola preradená k wettersteinským (po rozčlenení gutensteinských vápencov sa totiž ocitli v nadloží wettersteinských vápencov). Dolomity považované za hlavné dolomity rifovej fácie boli preradené k wettersteinským dolomitom, pretože bolo zistené, že ležia v podloží (nie v nadloží) lunzských vrstiev.

Steinalmské vápence tvoria telesá bochníkového tvaru laterálne sa zastupujúce s vrchnou časťou ramsauských dolomitov. Pelagické fácie doteraz zobrazované ako nesúvislé telesá tvoria viac-menej súvislý horizont. Podobne je to aj s wettersteinskými vápencami. Ich výskyt je viazaný na línie synsedimentárnych zlomov alebo na kryhy nimi obmedzené.

Reiflinské vápence majú iný vývoj ako v bielovážskom bazéne. Sú vyvinuté ako reiflinsko-schreyeralmské a reiflinsko-partnašské vápence. Turbiditný charakter raminských vápencov nie je taký zreteľný ako v bielovážskom bazéne, skôr majú charakter zrnotokov.

Z bázy lunzských vrstiev boli získané pomerne bohaté asociácie foraminifer, ktorým v Západných Karpatoch doteraz takmer nebola venovaná pozornosť. Foraminifery boli zistené aj v raminských vápencoch na profile Jelenec.

Bol potvrdený predpoklad, že vrstvový sled nie je jednotný v celej skúmanej oblasti. Kompletný sled vystupuje východne od línie Jelenec – Vyšná Revúca po Liptovskú Osadu. Západne od tejto línie je nekompletný (chýbajú raminské a wettersteinské vápence, a preto pelagické fácie vystupujú medzi ramsauskými a wettersteinskými dolomitmi). Iný sled vystupuje na rozhraní štureckej a bielovážskej faciálnej oblasti. V úzkej zóne smeru S – J (okolie Liptovskej Osady) vystupujú korytnické a tzv. „cidarisové" vápence, ktoré sa nevyskytujú v priestore štureckej faciálnej oblasti. Sledy sa líšia aj časom nástupu wettersteinskej fácie. Na karbonátovej platforme (vrása Tlstej) nastupuje v ilýre, v západnej časti štureckej faciálnej oblasti (pri Hornom Harmanci) vo vrchnom fasane, vo východnej časti štureckej faciálnej oblasti (medzi Jelencom a Liptovskou Osadou) v kordevole.

V skúmanej oblasti sa výrazne uplatnila mladšia zlomová tektonika. Najvýraznejšie sa prejavil zlomový systém SZ – JV priebehu pretínajúci teleso hronika i jeho podložie. Okrem toho boli zistené aj zlomy ZJZ – VSV až Z – V priebehu.

Uvedené poznatky umožňujú komplexnejšie charakterizovanie štureckej faciálnej oblasti. Potvrdzujú jej paleogeografickú pozíciu medzi karbonátovou plošinou a panvou a potvrdzujú predpokladané kryhové členenie sedimentačného priestoru (Havrila, 2011).

Poďakovanie. Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore ŠGÚDŠ v rámci výskumnej úlohy Aktualizácia geologickej stavby problémových území Slovenskej republiky v mierke 1 : 50 000.

D. PLAŠIENKA, J. MADZIN, Š. JÓZSA a P. GEDL: **Unikátny dočasný odkryv styku medzi centrálnokarpatskou paleogénnou panvou a pieninským bradlovým pásmom v Ľutine (východné Slovensko)**

Pri výstavbe cirkevného pútnického centra v obci Ľutina pri Sabinove bol dočasne odkrytý súvislý, asi 25 m dlhý profil zachytávajúci hranicu medzi pieninským bradlovým pásmom (PBP) a centrálnokarpatskou paleogénnou panvou (CKPB). V profile bolo možné od J na S sledovať tri odlišné sekvencie. Južná časť je budovaná tmavosivohnedými slabo vápnitými bridličnatými ílovcami s ojedinelými vrstvami turbiditových pieskovcov. Dva výplavy na foraminifery boli negatívne, ale štyri palynologické vzorky poskytli cysty dinoflagelát *Chiropteridium lobospinosum, Chiropteridium* sp., *Wetzeliella* sp. a podľa Gedla (2000) a *Wetzeliella gochtii,* ktoré indikujú vrchnorupelský vek. Zistený vek, ako aj taxonomické a palynofaciálne zloženie umožňujú priradiť túto sekvenciu k oligocénnemu hutianskemu súvrstviu CKPB. Jeho uloženiny vykazujú len slabú krehkú deformáciu s náznakmi juhovergentných vrásovo-prešmykových štruktúr. Kontakt s kriedovými sedimentmi PBP je tvorený len jedinou diskrétnou, subvertikálnou a hladkou zlomovou plochou. Nasleduje asi 5 m hrubá sekvencia pestrých slieňov vrchnokriedového veku. V červených slieňoch hneď za zlomom sa zistilo spoločenstvo sčasti rekryštalizovaných foraminifer, hlavne globotrunkán: *Macroglobigerinelloides* cf. *prairiehillensis, Heterohelix* sp., *Globotruncana insignis, Globotruncana arca, Globotruncana linneiana, Globotruncana orientalis, Globotruncanita stuartiformis,* ktoré poukazujú na vrchnokampánsko-spodnomástrichtský vek. Sivozelené vápnité ílovce obsahujú asociáciu planktonických foraminifer *Dicarinella hagni, Dicarinella oraviensis, Helvetoglobotruncana helvetica, Praeglobotruncana gibba, Marginotruncana* cf. *schneegansi, Marginotruncana* sp., *Whiteinella baltica, Whiteinella aprica, Whiteinella brittonensis,* ktorá reprezentuje spodnoturónsku zónu Helvetoglobotruncana helvetica. Zriedkavá prítomnosť dinoflagelát *Palaeohystrichophora infusorioides* a *Dinogymnium* sp. poukazuje na spodnoturónsky až spodnomástrichtský vek. V laterálnom pokračovaní tejto sekvencie pár 10 m na Z vystupuje malé bradlo strednojurských piesčito-krinoidových vápencov, na základe čoho zaraďujeme celú sekvenciu do czorsztynskej sukcesie subpieninskej jednotky PBP. Sliene sú mezoskopicky silne duktilne-krehko deformované so šupinovitou (scaly) stavbou a s početnými kalcitovými žilkami a strižnými vláknami (slickenfibres). Tretia sekvencia pozostáva z pestrých slabo vápnitých ílových bridlíc obsahujúcich asociáciu hlbokovodných aglutinovaných foraminifer (DWAF) indikujúcich vrchnoturónsko-koňacký vek (zóna Uvigerinammina jankoi). Spoločenstvo je diverzifikované a okrem bežného indexového druhu *Uvigerinammina jankoi* je reprezentované taxónmi *„Rhabdammina"* sp., *Rhizammina* sp., *Nothia* sp., *?Psammosphaera* sp., *Pseudonodosinella* spp., *„Saccammina"* spp., *Subreophax* sp., *Reophax* sp., *Calamopsis grzybowskii, Caudammina ovula, Ammodiscus tenuissimus, Ammodiscus cretaceous, Glomospira* spp., *Bulbobaculites problematicus, Haplophragmoides* spp., *Tritaxia gaultina, Gaudryina pyramidata, Spiroplectinella dentata, Spiroplectammina navarroana, Paratrochamminoides* spp., *Trochamminoides* spp., *Gerochammina* spp., *Trochammina* sp., *Recurvoides* spp., *Pseudobolivina* sp.. Zistila sa aj zriedkavá prítomnosť planktonických foraminifer *Marginotruncana coronata,* hedbergel a vápnitých bentických foraminifer. Spolu s vloženým telesom vápencov pieninského typu reprezentuje táto sekvencia šarišskú jednotku, ktorá je najrozšírenejšou jednotkou v tejto časti PBP. Na základe štruktúr v študovanom profile a regionálnych tektonických súvislostí predpokladáme, že PBP prekonalo silné deformácie spojené s príkrovovým nasúvaním a následnou transpresiou v predoligocénnom období, kým spodnomiocénne spätné juhovergentné nasúvanie vrátane magurskej jednotky spôsobilo exhumáciu PBP a sformovanie jeho strmých zlomových okrajov.

Poďakovanie. Práca vznikla s finančnou pomocou grantových agentúr VEGA (projekt 1/0712/11) a APVV (projekty APVV-0465-06 a LPP-0225-06).

L. ŠIMON, V. KOLLÁROVÁ, M. KOVÁČIKOVÁ a B. ŠIMONOVÁ: **Paleovulkanická rekonštrukcia vulkánu Poľana v oblasti Konce**

Na základe vulkanologického výskumu a litofaciálnej analýzy sme urobili paleovulkanickú rekonštrukciu vulkanického územia Poľany v oblasti Konce, ktorá je lokalizovaná vo východnom svahu k. 1344 m Konce v pohorí Poľana. Rekonštruovaná vulkanická stavba Poľany má rôznorodý charakter vulkanických fácií a jedinečný model uloženia vulkanických zón vulkánu.

Vulkanickú asociáciu Konce reprezentuje sukcesia vulkanických produktov lávových prúdov a vulkanoklastických hornín. V spodnej časti vulkanickú asociáciu Konce strieda sukcesia epiklastických vulkanických brekcií, brekcií pyroklastických prúdov striedajúcich sa s epiklastikami a vložkou brekciovitého lávového prúdu amfibolicko-pyroxénického andezitu. Vo vrchnej časti sa striedajú lávové prúdy s doskovitou a blokovitou odlučnosťou amfibolicko-pyroxénického andezitu typu Brusniansky grúň a vrcholovú časť tvoria lávové prúdy pyroxénických andezitov s amfibolom typu Konce.

Z výsledkov štúdia vyplýva, že vulkanická asociácia Konce je uložená na vonkajšom vulkanickom plášti prechodnej vulkanickej zóny sarmatského vulkánu Poľana. Študované územie v kontexte vulkanitov Poľany reprezentuje relikt pôvodnej vulkanickej stavby komplexného stratovulkánu Poľana. Vulkanická asociácia Konce je charakteristická striedaním vulkanoklastických hornín s horninami lávových prúdov, ktoré sú typické pre uloženie a vývoj vulkanických fácií v prechodnej vulkanickej zóne andezitového vulkánu (Cas a Wright, 1988).

V. KONEČNÝ a P. KONEČNÝ: **Pokoradzské súvrstvie – distálna zóna veporského stratovulkánu**

Vulkanosedimentárne horniny pokoradzského súvrstvia (formácie) rozšírené pri severnom okraji Rimavskej kotliny budujú zvyšky pôvodnej náhornej planiny pokoradzskej a blšskej tabule oddelených hlbokou dolinou S – J smeru potoka Blh. Menšie relikty vulkanosedimentárnych hornín v podobe izolovaných chrbtov vystupujú severnejšie v oblasti južných svahov Slovenského rudohoria. Vulkanosedimentárne horniny pokoradzského súvrstvia sú na základe výskumov v rokoch 2009 – 2012 považované za uloženiny južnej distálnej vulkanickej zóny veporského stratovulkánu.

Fácie západnej distálnej vulkanickej zóny sa zachovali v podobe výplne paleodoliny v oblasti Hájnej hory (východne od Brezna a severne od Čierneho Balogu) s orientáciou v smere ZSZ – VJV a ďalšej paleodoliny situovanej južnejšie, orientovanej v smere ZJZ –VSV so zvyškom lávového prúdu v nadloží (horský chrbát Klenovského Vepora). Tieto denudačné relikty vrátane intruzívnych hornín centrálnej vulkanickej zóny (dioritový komplex Magnetového vrchu severne od Tisovca) a intruzívno-extruzívne telesá proximálnej vulkanickej zóny boli v poslednom období skúmané a mapované v mierke 1 : 10 000 (Konečný, P. a Konečný, V., 2011).

V podstatne väčšom plošnom rozšírení sa zachovali denudačné relikty distálnej vulkanickej zóny pri južnom úpätí stratovulkánu zahrnuté do pokoradzského súvrstvia (formácie). V severnej časti, t. j. v oblasti južných svahov Slovenského rudohoria, tieto relikty tvoria výplne pôvodných paleodolín predstavujúcich komunikačné cesty, resp. kanály, ktorými bol tufový a vulkanoklastický materiál transportovaný z oblasti južných svahov veporského stratovulkánu v smere na juh a deponovaný v sedimentačnom bazéne jazerného typu.

Prevedené litofaciálne štúdium vulkanosedimentárnych hornín a ich mapovanie v mierke 1 : 10 000 s cieľom zostavenia litofaciálnej mapy a série priečnych rezov umožnili identifikáciu jednotlivých typov vulkanických a vulkanosedimentárnych fácií a stanovenie ich sukcesie vo vertikálnom rozmere, ako aj v laterálnom rozšírení. Tieto výsledky štúdia sú využité pri rekonštrukcii stavby výplne pôvodného sedimentačného bazénu. Na stavbe výplne sedimentačného bazénu sa okrem sedimentárnych fácií (epiklastické vulkanické pieskovce, konglomeráty a brekcie) zúčastňujú vo významnej miere uloženiny masových prúdov tufového a úlomkového vulkanického materiálu. V rámci masových prúdov boli identifikované uloženiny hyperkoncentrovaných prúdov, úlomkových prúdov zahrnutých do skupiny laharov. Ďalej sú to uloženiny pyroklastických prúdov, pričom na základe ich litológie a textúr sú rozlíšené pyroklastické prúdy produkované v súvislosti s erupciami vulkánskeho typu (kolaps eruptívneho stĺpu), ako aj pyroklastické prúdy vznikajúce pri kolapse a explozívnej deštrukcii extruzívnych dómov. Uloženinám uvedeného typu a mechanizmu transportu je v tomto príspevku venovaná hlavná pozornosť.

J. LEXA a K. POŠTEKOVÁ: **Bolo extruzívne teleso Szabovej skaly zdrojom perlitických brekcií ložiska Lehôtka pod Brehmi?**

Lexa (1971) charakterizoval ryolitové teleso Szabovej skaly ako extruzívny dóm s vytlačením jeho centrálnej časti v záverečnom štádiu jeho vývoja vo forme protrúzie. V jeho bezprostrednom okolí identifikoval sklovité perlitické brekcie hyaloklastitového typu, ktoré považoval za dôsledok interakcie s vodným prostredím Žiarskej kotliny. Identické perlitické brekcie ložiska Lehôtka pod brehmi boli preto považované za produkt dezintegrácie východnej časti telesa Szabova skala (Lexa in Demko et al., 2010). Detailné terénne štúdium realizované v lete 2012 preukázalo, že realita je iná.

V spodnej časti ložiska perlitu sú v hrúbke okolo 30 m odkryté freatomagmatické pyroklastiká proximálnej fácie, ktoré predstavujú uloženiny vnútorného svahu pôvodného pyroklastického prstenca (plochého kužeľa s maarovou depresiou/kráterom v strede). Napriek druhotným pohybom priebeh sklonov vrstiev poukazuje na eruptívne centrum južne od ložiska. V uloženinách pyroklastického prstenca sa striedajú vytriedené vrstvy napadaných tufov s vrstvami pyroklastických prívalov a netriedenými brekciami proximálnej fácie. Materiál predstavujú najmä angulárne úlomky sivého perlitu a svetlejšieho pórovitého perlitického skla. Variabilne sú prítomné obliaky andezitov a sedimentárna prímes v matrixe.

V nadloží uložení pyroklastického prstenca, v priestore pôvodného maaru/kráteru vystupujú prevažne chaotické, netriedené hrubé až blokové perlitické brekcie, tvorené najmä sivým perlitom, v menšej miere tmavším sklovitým ryolitom, respektíve svetlejším mierne pórovitým perlitom. Ojedinele boli pozorované útržky tufitických sedimentov. Perlitické brekcie lokálne prechádzajú do tmavších partií s nižším stupňom perlitizácie a menším zastúpením matrixu, naznačujúc prechod ku koherentnej fácii. Naopak, v niektorých partiách perlitické brekcie vykazujú náznaky triedenia a zvrstvenia, ktoré sú prejavom druhotného pohybu materiálu. Vrstvy sú v tomto prípade uklonené k severu, proti vnútornému svahu pyroklastického prstenca. Takéto uloženie vykazuje aj relikt lávového prúdu tmavého sklovitého ryolitu, ktorý je súčasťou akumulácie perlitických brekcií. Jeho prítomnosť poukazuje na čiastočne exogénny charakter materského ryolitového telesa, ktorého brekciácia a perlitizácia prebiehala v procese výstupu na povrch v interakcii s vodou maaru/kráteru a jeho podložia. Prítomnosť jemnejších perlitických brekcií s náznakmi triedenia a zvrstvenia v nadloží hrubých brekcií svedčí o lokálnej redepozícii materiálu. Perlitické brekcie boli bezprostredne prekryté prevažne napadanými ryolitovými tufmi a pemzovými tufmi záverečnej explozívnej erupcie plinianskeho typu, ktorých vrstvy kopírujú k severu uklonený svah pôvodnej akumulácie perlitových brekcií. Po erozívnom zreze bola uvedená sukcesia hornín prekrytá fluviálnymi konglomerátmi a redeponovanými ryolitovými tufmi paleohrona.

Teleso Szabovej skaly je situované približne 200 – 600 m ZJZ smerom od predpokladaného centra. Na jeho JZ strane sú kolmé steny sivého sklovitého ryolitu s výraznou vertikálnou fluidalitou a litofýzami orientovanými v smere fluidality. Deformácia litofýz poukazuje na plasticitu, ktorá je v rozpore s vyššie uvedenou predstavou vytlačenej protrúzie – stena zrejme bola pôvodne v kontakte s eróziou odstránenými ryolitovými brekciami/tufmi. V hornej časti Szabovej skaly vystupujú brekciovité sklovité až sférolitické ryolity s prejavmi silicifikácie. Na JV svahu Szabovej skaly sú lokálne zachované relikty sklovitých brekcií, ale pri strope telesa pozorujeme tiež vývoj sklovitého ryolitu s laminációu paralelnou s pôvodným kontaktom. Uvedené znaky naznačujú, že Szabova skala nebola povrchovým extruzívnym telesom, ale intrúziou umiestnenou do prostredia perlitických brekcií.

V závere možno konštatovať, že ložisko perlitu Lehôtka pod Brehmi je produktom aktivity vulkanického centra situovaného v južnej časti ložiska, respektíve južne od ložiska, východne od telesa Szabovej skaly, ktorá je laterálne umiestneným kryptodómom.

Poďakovanie. Príspevok vznikol s podporou grantu VEGA 162/11.

K. POŠTEKOVÁ: **Charakteristika ryolitového extruzívneho telesa Panská Hora v Štiavnických vrchoch**

Extruzívne lávové teleso Panská Hora tvorí nápadnú geomorfologickú vyvýšeninu vystupujúcu v severozápadnej časti Štiavnických vrchov približne 2 km juhovýchodne od obce Hliník nad Hronom. Predstavuje produkt jastrabskej formácie, ktorá vznikla v dôsledku ryolitového vulkanizmu v tejto oblasti v období vrchného sarmatu až spodného panónu. Produkty tohto vulkanizmu zaraďujeme k vulkanitom Žiarskej kotliny, ktorých vznik je spätý s vulkanizmom na okrajových zlomoch kremnického grabenu. Ryolitová láva je typická veľmi vysokou viskozitou, podmieňujúcou okrem iného aj tvar a charakteristiku vulkanických telies, ktoré z nej vznikajú. Teleso Panská Hora má typickú „bochníkovitú“ formu s oválnym pôdorysom a s dlhšou osou približne 1 km orientovanou v smere V – Z. Petrograficky ide o biotitický plagioklasový ryolit, ktorý podobne ako pri ostatných

telesách formácie vykazuje značnú variabilitu v rámci stavby telesa; vnútorná časť je tvorená svetlým masívnym až pórovitým ryolitom s felzitickou základnou hmotou, ktorý smerom k okrajom telesa prechádza do sférulitických a felzosférulitických variet. Ojedinele bol v apikálnych a okrajových častiach telesa identifikovaný výskyt brekcií sférulitického až sklovitého charakteru. Prítomné „jig-saw" textúry naznačujú ich pôvod v procese hydraulického štiepenia unikajúcimi fluidmi počas záverečnej fázy kryštalizácie. Vnútornú štruktúru telesa vytvorenú kombináciou subvertikálnych prvkov a cibuľovitej formy zdôrazňuje najmä v okrajových častiach miestami výrazná fluidalita (obr. 1). Množstvo extenzných a zvrásnených štruktúr, ako aj lokálne identifikovaná rozdielnosť v orientácii usmernených pórov a fluidality svedčí o druhotnej deformácii telesa po jeho umiestnení plytko pod povrchom; vplyvom gravitácie sa vertikálne sploštilo a súčasne laterálne roztieklo. Na základe podrobnej štruktúrnej, litologickej a petrografickej analýzy možno usúdiť, že extruzívne teleso Panská Hora predstavuje kryptodóm, či – inak povedané – „plytký lakolit", ktorý bol umiestnený do prostredia freatomagmatických tufov. Tie boli následne druhotne deformované a uklonené; zmeraný sklon tufových vrstiev smerom od telesa potvrdil uvedený záver.



Obr. 1. Typický vývoj fluidálnej textúry na vzorke z okrajovej časti telesa (Foto K. Pošteková).

K. FORDINÁL, J. MAGLAY, M. ELEČKO, A. NAGY, M. MORAVCOVÁ, M. VLAČIKY, M. KUČERA, M. POLÁK, D. PLAŠIENKA, I. FILO, M. OLŠAVSKÝ, S. BUČEK, M. HAVRILA, M. KOHÚT, V. BEZÁK, Z. NÉMETH, I. BARÁTH, D. BOOROVÁ, P. ŠEFČÍK, P. UHER, A. ZLINSKÁ a K. ŽECOVÁ: **Nová geologická mapa Záhorskej nížiny v mierke 1 : 50 000**

Nová regionálna *Geologická mapa Záhorskej nížiny v mierke 1 : 50 000* vyšla v roku 2012 spolu s textovými vysvetlivkami. Nadväzuje na *Geologickú mapu Záhorskej nížiny v mierke 1 : 50 000* zostavenú V. Baňackým a A. Sabolom, vydanú tlačou v roku 1973 bez vysvetliviek.

Geologická mapa Záhorskej nížiny v mierke 1 : 50 000 (Fordinál et al., 2012) podáva kartografický obraz geologicky rozmanitého územia, zostavený na základe nového geologického mapovania a výsledkov biostratigrafického (foraminifery, vápnitý nanoplanktón) a petrografického výskumu. Textové vysvetlivky ku geologickej mape reprezentujú syntézu o geológii neogénnych a kvartérnych sedimentov výplne slovenskej časti Viedenskej panvy a paleozoických a mezozoických hornín okrajovej časti Malých Karpát.

Neogénne sedimenty na území uvedenej mapy vystupujú na povrch na západnom okraji Malých Karpát a v menšej miere vo Viedenskej panve. Najstaršie neogénne horniny sú spodnomiocénneho veku (*podbrančský zlepenec, lakšárske* a *závodské súvrstvie, jablonický zlepenec*). V ich nadloží sa vo výplni Viedenskej panvy nachádzajú *kútske vrstvy* spodnobádenského veku, ktoré prechádzajú do pelitických usadenín *lanžhotského súvrstvia*. Na báze *jakubovského súvrstvia* (stredný báden) sa nachádzajú *žižkovské vrstvy*, vystupujúce na povrch na lakšárskej elevácii. Vo výplni panvy sa v ich nadloží vyskytujú prevažne piesčité sedimenty *stupavských vrstiev* a íly *jakubovského súvrstvia*. Na západnom okraji Malých Karpát vystupujú na povrch sedimenty *devínskonovoveského súvrstvia* z rôznorodou litologickou náplňou (brekcie, štrky, piesky, íly), v ktorom bol po prvýkrát zistený výskyt ryolitových tufov (Šimon et al., 2009). Vrchnobádenské usadeniny reprezentuje *studienčanské súvrstvie* s okrajovými *sandberskými vrstvami*. V ich nadloží sa nachádzajú usadeniny sarmatského veku reprezentované *holíčskym* a *skalickým súvrstvím*. Najmladšie sedimenty sú usadeniny panónskeho veku reprezentované *bzeneckým, čárskym* a *gbelským súvrstvím*. Pliocénne sedimenty sú zachované len v kútskej a zohorsko-plaveckej depresii.

Kvartérne sedimenty pokrývajú takmer celé územie študovanej časti Záhorskej nížiny. Na kvartérno-geologickej stavbe územia sa podieľajú takmer všetky základné genetické typy terestrických uložení (eolické, fluviálne, proluviálne, deluviálne a chemogénne). Zo zachovaných genetických typov majú z hľadiska hrúbok, plošného rozsahu a špecifickosti vývoja dominantné postavenie hrubé akumulácie eolických pieskov, tvoriacich dominantný a pre Borskú nížinu charakteristický reliéfotvorný prvok. Eolické piesky tvoria jednak plošne rozsiahle dunové komplexy, ale vyskytujú sa aj ako plošne aj výškou malé lokálne presypy a ploché akumulácie. Väčšina presypov eolických pieskov sa sformovala počas vrchného pleistocénu (Borský Mikuláš 12 150 ±600 r. BP; Plavecký Štvrtok 14 710 ±710 r. BP; Šajdíkové Humence 16 130 ±765 r. BP), no za vhodných podmienok dochádzalo k ich previevaniu aj v období holocénu až recentu (Borský Mikuláš, 1 215 ±15 r. BP a 460 ±10 r. BP; Moravcová a Fordinál, 2010).

Ďalším významným kvartérnym typom sedimentov na území regiónu sú fluviálne akumulácie. Najstaršie fluviálne sedimenty (spodný pleistocén) sú známe z bazálnych častí kvartérnych výplní kútskej a zohorsko-marcheggskej depresie Viedenskej panvy. Na základe AMS datovania kostí druhu *Megaloceros giganteus* sa nám podarilo nepriamo datovať vek sedimentov dnovej akumulácie nízkej terasy (würm) pri Malých Leváročh, ktorý sa pohyboval od 24 010 ±160 r. BP do 39 700 ±1000 r. BP (Moravcová et al., 2011).

Novým zistením bol nález doteraz neznámych výskytov chemogénno-organogénnych pramenných vápencov pri Borinke (holocén, 6 940 ±50 r. BP) a pri Perneku (R/W, ém).

K. FEKETE a R. VOJTKO: **Neotektonická aktivita pravnianskeho zlomu v oblasti pohoria Žiar (Západné Karpaty)**

Pohorie Žiar patrí orograficky do tatransko-fatranskej oblasti subprovincie vnútorných Západných Karpát. Podľa regionálno-geologického členenia patrí Žiar do pásma jadrových pohorí. Zo severnej strany je pohorie ohraničené Turčianskou kotlinou (TK) a z južnej strany Hornonitrianskou kotlinou (HK). Obidve kotliny patria do tzv. vnútrohorských paniev Západných Karpát (ZK). HK predstavuje členitú zníženinu na hornom toku rieky Nitry. TK je najuzavretejšia a najjednotnejšia kotlina v ZK. Dnešný povrch kotlín sa vytváral erózno-denudačnými procesmi v pliocénnom a kvartérnom období. Na geologickej stavbe územia regiónu sa podieľajú paleoalpínske jednotky (tatrikum, fatrikum, hronikum) a jednotky pokryvných útvarov (podtatranská skupina, neovulkanity, neogénne a kvartérne uloženiny). Územie charakterizuje neogénna hrasťovo-prepadlinová stavba. Zlomy s veľkou vertikálnou amplitúdou rozčleňujú región na hlavné bloky, zvyčajne naklonené (rotované), ktoré sa zlomami s menšou vertikálnou amplitúdou ďalej členia na segmenty. Pravniansky zlom v jeho JV segmente oddeľuje kryštalinikum

pohoria Žiar od mezozoických, paleogénnych a neogénnych uložením. V SZ pokračovaní (v severnej časti HK) pravniansky zlom oddeľuje pliocénne lelovské súvrstvie od pleistocénnych aluviálnych sedimentov. Na základe hypsometrie je úroveň HK oproti TK približne o 200 m nižšie. Prejav pravnianskeho zlomu je výrazný aj na mape sklonov svahov. Veľké sklony svahov SV od pravnianskeho zlomu (blok Žiaru) sú spôsobené pravdepodobne kombináciou aktívneho poklesového pohybu a spätnej erózie v pohorí. Doliny nachádzajúce sa v tejto časti územia sú hlboko rezané v tvare písmena „V" so strmými bočnými svahmi, čo poukazuje na dominantnú hĺbkovú spätnú eróziu v dolinách. Naopak, SV časť pohoria Žiar je tvorená dlhšími menej zarezanými dolinami, kde dominantným erózno-denudačným činiteľom v dolinách je laterálna erózia. Tieto plytké údolia majú charakteristický tvar otvoreného „U". Priľahlé svahy takýchto dolín sú menej strmé ako na JZ okraji pohoria, čo poukazuje na to, že tieto údolia majú vyrovnaný spád. Okrem toho priebeh pravnianskeho zlomu striktne oddeľuje hodnoty sklonov svahov na jeho JZ strane so sklonmi 0 – 10°, na rozdiel od SV časti, kde sú sklony 20 – 61°. Na základe expozície svahov môžeme študované územie rozdeliť pozdĺž rozvodnice na dve rozdielne časti. Územie SV od rozvodnice (SV časť Žiaru a priľahlá TK) je reprezentované dominanciou svahov orientovaných generálne na SV (interval 315 až 135°). Naopak, územie situované JZ od rozvodnice (JZ časť Žiaru a priľahlá HK) sa vyznačuje výraznou dominanciou svahov exponovaných generálne na JZ (135 – 315°). Hodnoty spádnicovej a vrstevnicovej krivosti poukazujú na difúzny prechod zo Žiaru do TK, na rozdiel od JZ časti pohoria reprezentovaného pravnianskym zlomom. Pozdĺž zlomu dochádza k výraznej, skokovitej zmene morfoštruktúrnych parametrov. V prípade facetovania horského úpätia je možné konštatovať, že facetované svahy pravnianskeho zlomu sú značne erodované, čiastočne zaoblené, no stále tvoria výrazný reliéf. Hrebeň aj úpätie pohoria sú zaoblené a sklony facetovaných plôch dosahujú 15 – 24°. Na základe klasifikácie sa facetované plochy nad pravnianskym zlomom zaraďujú do triedy 2 až 3. Na pozdĺžnych dolinových krivkách je možné pozorovať výrazné rozdiely medzi údoliami HK s priemerným sklonom kriviek 9,77° a údoliami TK so sklonom 2,64°. Na základe uvedených údajov je možné konštatovať, že pravniansky zlom patrí medzi potenciálne neotektonicky aktívne až aktívne zlomové štruktúry ZK.

Poďakovanie. Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja prostredníctvom finančnej podpory č. APVV-0099-11 a APVV-0625-11.

P. GROSS a A. ZLINSKÁ: **Prítomnosť kamenského súvrstvia vo vrte FGHn-1 Handlová (Handlovská kotlina)**

Na základe nových mikrofaunistických a petrografických rozborov vzoriek z vrtu FGHn-1 Handlová reinterpretujeme skoršie výsledky geologického vyhodnotenia vrtu (Šimon in Fendek et al., 2004), podľa ktorých je vrstevný sled takýto: 0 – 10 m kvartérne sedimenty, 10 – 130 m kamenské súvrstvie (báden), 130 – 370 m hutianske a zuberecké súvrstvie paleogénu, 370 – 470 m dolomitové brekcie a dolomitový piesok triasu? (470 m havária vrtu). Revíziou profilu vrtu FGHn-1 sme kamenské súvrstvie bádenu nepotvrdili a reinterpretujeme ho takto: v hĺbke 0 – 10 m sú kvartérne sedimenty, od 10 – 370 m hutianske a zuberecké súvrstvie, od 370 – 470 m borovské súvrstvie.

Ako vyplýva z analýz úložných pomerov v geologickej mape, tektonickej pozície vrtu a faciálnych celkov, v najbližšom i vzdialenejšom okolí vrtu nie je možné, aby vrchných 10 až 130 m tvorilo kamenské súvrstvie.

Rozbor mikrofaunistického spoločenstva z vrchných 130 m vrtu FGHn-1 potvrdzuje kišcel až egerský vek. K typickým foraminiferám patria napr.: *Globigerina angulisuturalis* Bolli v panvách centrálnej Paratetýdy rozšírená od vrchného kišcelu po spodný eger (v hĺbke 15 a 40 m). *Turborotalia ampliapertura* (Bolli; v hĺbke 40 m), *Chiloguembelina gracillima* (Andreae; v hĺbke 65, 100 a 130 m), *Globigerina* aff. *prasaepis* Blow (v hĺbke 65 m), *Pseudohastigerina praemicra* (Subb.) a *Tenuitella danvilensis* (Howe-Wallace; v hĺbke 75 m) a *Uvigerina tenuistriata* Rss. (v hĺbke 80 m) v panvách centrálnej Paratetýdy obmedzené na kišcel. Ďalej formy: *Globigerina officinalis* Subb. (v hĺbke 40 m), *Globigerina ouachitaensis* Howe-Wallace (v hĺbke 80 m), *Cibicidoides oligocenicus* (Samoylova), *Globigerina ouachitaensis* Howe-Wallace a *Subbotina galavisi* (Bermudez; v hĺbke 90 m), *Subbotina pseudoeoceana* (Subb.) a *Bolivina crenulata* Cush. (v hĺbke 130 m) nepresahujúce vrchnú hranicu výskytu eger. Výlučne miocénne formy zistené neboli.

Výbrusové štúdium hornín tu potvrdilo prítomnosť paleogénnych hornín, klasifikovaných ako: jemnozrnný vápnitý kremenný arenit (z hĺbky 30 m), piesčito-vápnitý ílovec (z hĺbky 65 m) a strednozrnná subarkóza (z hĺbky 100 m). V študovaných vzorkách nebol prítomný vulkanický materiál, či už vulkanické horniny, vulkanické sklo, pemza, ani typické vulkanické minerály (Siráňová in Zlinská et al., 2011).

Vápnitý nanoplanktón (Žecová in Fendek et al., 2004) analyzovaný z hĺbok 15, 45, 80 a 110 m poukazuje na strednooligocénny vek s rozsahom biozón NP–21 až NP–23 (Martini, 1971), čo zodpovedá kišcelu.

V závere konštatujeme, že najvyššie situované časti hutianskeho a zubereckého súvrstvia v tomto vrte na základe mikrofauny zasahujú až do egeru, čo je z hľadiska doterajších poznatkov paleogénu podtatranskej skupiny na Slovensku nová skutočnosť.

R. LÉNÁRT a J. HÓK: **Polyfázová deformácia hornín tatrika zoborskej časti Tribeča**

Na geologickej stavbe zoborskej časti Tribeča sa podieľajú hlavne granitoidné horniny a sedimenty tektonickej jednotky tatrika. V nepodstatnej miere sú zastúpené sedimenty fatrika.

Objektom štruktúrneho výskumu boli granitoidy a sedimenty mezozoika tatrika. Výskum kinematických indikátorov prítomných v mylonitizovaných granitoidoch a sedimentoch tatrika umožnil determinovať polyfázovú deformáciu tektonickej jednotky tatrika. Najstaršia alpínska deformačná fáza (cenoman – turón) bola charakterizovaná kompresným tektonickým režimom spojeným s presunom horninových más generálne z východu na západ. Kompresný tektonický režim bol nasledovaný transpresiou (vrchná krieda – paleocén), ktorá podmienila počiatočnú exhumáciu granitoidného jadra spojenú s odstrešovaním horninových komplexov hronika, fatrika a čiastočne aj tatrika. Záverečná fáza tektonickej evolúcie je charakterizovaná extenzným tektonickým režimom v podmienkach krehkej deformácie (miocén).

Poďakovanie. Tento projekt bol financovaný z projektu VEGA č. 1/0587/11 „Tektonická interakcia kryštalinika a sedimentov obalu tatrika Západných Karpát".

4. časť – Part 4

Sedimentológia, biostratigrafia a paleontológia

Sedimentology, biostratigraphy and paleontology

V. ŠIMO a M. OLŠAVSKÝ: **Spodnotriasové fosílne stopy szinského súvrstvia pri Rakovnici a Drnave – stratigrafický a paleoekologický význam**

V spodnotriasovej sekvencii juhozápadne od Rakovnice boli bez bližšieho určenia na vrstvových plochách opísané bioturbácie (Fejdiová a Salaj, 1994). Asociácia fosílnych stôp z Rakovnice predstavuje typické spodnotriasové spoločenstvo stôp v transgresnom režime. Potvrdili sa tu rovnaké spoločenstvá fosílnych stôp opísané už v hronseckých vrstvách vo frankovskom a drienockom príkrove na Horehroní (Olšavský et al., 2010), ale aj v najvyššej časti lúžňanského súvrstvia tatrika (Olšavský a Šimo, 2007). Sedimentárna sekvencia na severnom svahu Plešiveckej planiny nad Rakovnicou zastupuje vyššiu časť spodného triasu s výrazným stúpaním karbonátovej zložky smerom do nadložia. V nižšej piesčitejšej časti sekvencie sa vyskytujú fosílne stopy skolitovej ichnofácie *(Skolithos, Arenicolites, Diplocraterion, Planolites)*. Piesčito-ílovitá, resp. slienito-karbonátová sekvencia (s výskytom fosílnej stopy *Rhizocorallium*), smerom do nadložia prechádza do silno bioturbovaných vápencov s dominantnou textúrou vetviacich thalassinoidných chodieb, ktoré pripomínajú strednotriasové „červíkovité“ gutensteinské vápence (Andrusov, 1959). Výskyt „červíkovitej“ karbonátovej litofácie v spodnom triase (skýt) bol v siliciku sv. časti Maďarska definovaný ako szinpetriské súvrstvie (Szinpetri Limestone Formation: Kovács et al., 1989; Hips, 1996). Aj v našom prípade je situované v nadloží szinského súvrstvia a sprostredkúva prechod do nadložných gutensteinských vápencov. Uvedený analóg, žiaľ, nebol evidovaný na mape Slovenského krasu (Mello et al., 1996). Na geologickej mape (l. c.) je zobrazené opakovanie szinského súvrstvia, pod aj nad starším členom – silickojablonickými vrstvami. V úseku východne od Lipovníka (na západ od Drnavy) boli v bodvaszilašskom súvrství nájdené fosílne stopy s porovnateľnou spodnotriasovou asociáciou fosílnych stôp *(Skolithos, Diplocraterion)* ako pri Rakovnici, pričom tu bol dokumentovaný aj výskyt mikročerín, globálne rozšírených v plytkomorskom prostredí počas spodného triasu. Zistené súvislosti ohľadom rozšírenia ichnofosílií, ako aj špecifických sedimentárnych znakov a fácií umožňujú zasadiť študované územie do paleoenvironmentálneho a taktiež paleogeografického kontextu v spodnotriasovom období.

Poďakovanie. Výskum bol podporený grantom VEGA 2/0100/11.

M. KOVÁČIK (Ke) a M. OLŠAVSKÝ: **Provenienčné štúdium obliakového materiálu mladšieho paleozoika hronika v Malých Karpatoch**

V spodnej časti veterlínskeho príkrovu bola z petrklínskych vrstiev malužinského súvrstvia, v menšej miere aj z nižnobocianskeho súvrstvia, vyzbieraná kolekcia cca 35 obliakov za účelom analýzy zdrojového materiálu. Petrklínske vrstvy (Olšavský in Polák et al., 2011) sú situované v strednej časti malužinského súvrstvia a vyznačujú sa prítomnosťou hruboklastického polymiktného materiálu, ktorý je zároveň aj najhrubším v rámci výskytov malužinského súvrstvia v Západných Karpatoch. Otázkam zdrojového materiálu vrchného paleozoika hronika, ktoré bolo sledované najmä na severných svahoch Nízkych Tatier, venovali pozornosť Drnzík (1969), Ďurovič (1971), Novotný a Tulis (1971), Vozárová (1981), Vozárová a Vozár (1988) a pod..

Obliakový materiál je väčšinou dobre opracovaný, oproti základnej bridličnatosti materských sedimentárnych hornín býva orientovaný v rozličných smeroch. Obliaky reprezentujú ako extra-, tak aj intraformačné horniny. Okrem prevažujúceho kremenného materiálu, ktorý je prítomný v rôznorodej podobe, početné obliaky pochádzajú z kryštalinika, kde prevažujú muskovitické leukokratné granity (± granát almandínovo-spessartínového zloženia) s istou tendenciou k aplitoidným typom. Časť granitov je deformovaná za vzniku sekundárnej bridličnatosti, občas badať i mikroskopické mylonitové zóny. Bridličnatosť naložená na všesmerné granitické horniny svedčí v prospech neskorohercýnskej deformácie („hercýnskej diaftorézy“) – staršej alebo súvekej s vývinom vrchnopaleozoickej hronickej panvy. Tieto deformačné plochy sú oproti jednotnej bridličnatosti materských hornín orientované rozmanitými smermi. V obnažených horninách kryštalinika a staropaleozoických vulkanicko-sedimentárnych formáciách veporsko-gemerskej oblasti je – vzhľadom na alpínske tektono-metamorfné prepracovanie – identifikácia predalpínskych nízkostupňových štruktúr len hypotetická. V súbore obliakov petrklínskych vrstiev sa vyskytujú aj svetlé kremité horniny fylitovo--rulovej povahy. Ich (semi)duktilná deformácia a vývoj muskovitu indikuje hercýnsku regionálnu metamorfózu vo fácii zelených bridlíc.

Nemetamorfované horniny obliakov zastupujú polymiktné hrubozrnné pieskovce, zložené z minerálnych a litických klastov na rôznom stupni opracovania. Okrem živcov, kremeňa a svetlej sľudy tieto pieskovce obsahujú litoklasty jemnozrnných kremencov, sericitických bridlíc, kyslých vulkanitov, ako aj veľké fragmenty hornín rulovo-granitického pôvodu. Prízнačné sú tiež obliaky kyslých tufitov zložené z jemnozrnného sericitického pieskovca zmiešaného s drobnými sklovitými lapilami. Pozoruhodný horninový typ predstavuje silicit, ktorý popri masívnej kremitej hmote pozostáva z chalcedónových pseudomorfóz, v menšej miere aj karbonátu ankeritového zloženia. V otázke genézy prichádzajú do úvahy hydrotermálne silicity z okolia potenciálnych vulkanických centier. Nemožno vylúčiť ani silicifikované paleo-evapority, pričom chalcedónové útvary mohli vzniknúť na úkor kryštálov sadrovca či anhydritu.

Vulkanicko-sedimentárny vývoj mladšieho paleozoika hronika prebiehal kontinuálne, bez diskordancií, ako doložili mnohé doterajšie práce. V permskom obliakovom materiáli prevažuje kryštalinikum a kyslé tufity, zatiaľ čo v niekoľkých vzorkách z vrchného karbónu, ktoré boli k dispozícii, dominujú nemetamorfované sedimenty. V prípade pyroklastických a klastických sedimentov je síce možný intraformačný pôvod, avšak môžu tiež pochádzať zo zvyškových bazénov najvyšších etáží predvrchnokarbónskej stavby. Horniny gemerickej provenience sa nepodarilo presvedčivo doložiť, preto sa v otázke zdrojového materiálu malokarpatského mladšieho paleozoika hronika prikláňame k hercýnskym doménam dnešnej veporickej jednotky.

M. HYŽNÝ, Š. JÓZSA, J. A. DUNLOP and P. A. SELDEN: ***Anthracomartus voelkelianus* Karsch, 1882 from the Carboniferous of the Zlatník Formation: First fossil arachnid from Slovakia**

Trigonotarbids form an extinct order of diverse spider-like arachnids which are currently known from Late Silurian (Přídolí) to Early Permian (Asselian) (Dunlop, 2010). Arachnids are generally uncommon as fossils, therefore the discovery of any well-preserved specimen is of note. A trigonotarbid referable to *Anthracomartus voelkelianus* Karsch, 1882 reported herein (Fig. 1) was discovered during routine revision of samples from an Upper Carboniferous (Moscovian) site – equivalent to the Westphalian C in more traditional terminologies – near Dobšiná in eastern Slovakia and deposited at the Department of Geology and Paleontology of the Comenius University in Bratislava, Slovakia (KGP-MH). The material comes

from the Jerusalemsberg locality where fine-grained to slightly sandy siltstones of the Zlatník Formation are exposed. The studied specimen comes from the horizon ε *sensu* Koubek (1992) and was directly associated with macrofloral remains; no other faunal elements were found in this horizon. Fully marine associations consisting of e.g. corals, trilobites, brachiopods, and cephalopods were identified in different lithological members below and above the horizon with the arachnid fossil (Koubek, 1992). Thus, the paleoenvironment of this particular find can be characterized as low-lying swamps, and was thus not very different from the typical paleoenvironment of other arachnid fossils found in the Coal Measures. The studied arachnid specimen represents the first (and only) record of a trigonotarbid from Slovakia. Moreover, it constitutes the first fossil chelicerate reported from the country.

Acknowledgement. The research was funded by APVV-0465-06, APVV-0644-10 and VEGA 2/0068/11.

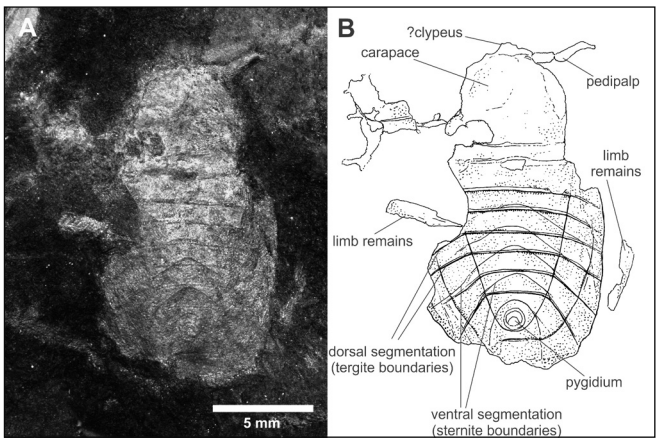


Fig. 1. *Anthracomartus voelkelianus* Karsch, 1882. Near complete specimen (KGP-MH DO-001). A – under alcohol in cross-polarized light; B – interpretative drawing.

D. PIVKO: **Historické kameňolomy v neogénnych sedimentárnych horninách na Devínskej Kobyle**

Devínska Kobyla je súčasťou jadrového pohoria Malé Karpaty. Na jej svahoch sú zachované erózne zvyšky neogénnych, prevažne morských sedimentov. Neogénne sedimenty vrchného bádenu sú v podobe zlepencov morského zrubu tvorených rôznym pomerom hornín podložia (vápence, dolomity, kremence, kryštalické bridlice a granitoidy) a schránok organizmov (červené riasy, machovky, lastúrniky, ježovky). Nad nimi vystupujú piesky, pieskovce a drobnozrnné zlepence pobrežného čela (pláže) a vyššie litavské vápence dvoch typov – rifové vápence s prevahou koralinných rias a organodetritické vápence. Časť litavských vápencov pri Devíne môže byť strednobádenská. Spodnosarmatská etapa je zastúpená machovkovo-serpulovými vápencami a vrchný sarmat rôznymi vápencami s moluskami, ooidmi a nubekuláriami (Polák et al., 2012). Z petrografického hľadiska piesčité horniny neogénu tvoria prechody medzi klasickými pieskovcami, kalklititmi a kalkarenitmi (Zuffa, 1980).

Neogénne pieskovce a vápence boli oddávna ťažené na kamenárske výrobky, prípadne sochy, pre ich pevnosť a zároveň ľahkú opracovateľnosť spôsobenú silnou pórovitosťou. Najstaršie použitie bolo v 1. stor. pr. Kr., keď si dal keltský panovník Rimanmi postaviť palác na hradnom kopci v Bratislave. Rimania aj v nasledujúcich storočiach v malej miere ťažili neogénne vápence v okolí Devína.

Nový rozvoj stavebníctva nastal v stredoveku od 13. stor. Sprvoti ťažili v lokalitách Líščia stráň a Merice (Metzen) pri Devíne, napr. na staršie etapy Dómu sv. Martina. Až v 14. stor. otvorili veľký kameňolom S od Devína. Z neho sa použil materiál napr. na Klariský kostol. Najväčší rozmach ťažby neogénnych hornín bol v 15. storočí, keď sa devínske pieskovce, vápence a zlepence upotrebili na stavbu Bratislavského hradu, Dómu sv. Martina, veže františkánskeho kostola, Academie Istropolitany, radnice a meštianskych domov. V nasledujúcich storočiach nastáva postupný útlm ťažby v okolí Devína. Počas renesancie sa ešte dosť využíval napr. na hradoch v Bratislave a v Devíne, ale počas baroka už len zriedkavo. Dôvodom boli väčšie nároky na kvalitu kameňa, jeho pevnosť, rovnomernú zrnitosť a výbornú opracovateľnosť. Nový rozvoj ťažby neogénnych hornín nastal v pol. 19. stor., keď sa stavala železnica medzi Viedňou a Budapešťou. Vtedy sa ťažili zlepence a pieskovce vo viacerých kameňolomoch z okolia Devínskej Novej Vsi, napr. vo Fuchsovom lome. Ťažba tu pokračovala ešte začiatkom 20. stor., o čom svedčia aj stopy po vertikálnych a šikmých vrtoch vo viacerých kameňolomoch. Kameň sa využíval aj na schodišťové stupne, obklady, dlažby, hraničné kamene, mosty a pomníky (Schafarzik, 1904; Koutek a Zoubek, 1936).

Menšia ťažba sarmatských vápencov, prípadne pieskovcov z okolia Dúbravky, je známa od rímskej doby. Osobitnú pozornosť si zasluhuje ťažba piesku, resp. pieskovca, na Sandbergu. Podľa obrazov Johanna Christiana Branda existovala pieskovňa už v 2. pol. 18. stor., zrejme sa využívala pri stavbe neďalekého Schlosshofu v 1. pol. 18. stor..

J. MADZIN: **Wildflyšový charakter jarmutského a pročského súvrstvia v pieninskom bradlovom pásme na východnom Slovensku**

V poslednom období bola publikovaná nová koncepcia stavby pieninského a šarišského úseku bradlového pásma na východnom Slovensku a vyčlenené tri základné príkrovové oravické jednotky, teda jednotky PBP s. s. vo vzájomnom superpozičnom vzťahu (Plašienka a Mikuš, 2010; Plašienka, 2012; Plašienka et al., 2012). Sú to od juhu na sever a od štruktúrne najvyššej po najnižšiu pieninská, subpieninská a šarišská jednotka. Príkrovové tektonické procesy sú v týchto jednotkách dokumentované nahor hrubnúcim trendom sedimentárnych sekvencií, ktoré sú ukončené vrchnokriedovo-paleogénnym synorogénnym „wildflyšovým" jarmutským a pročským (jarmutsko-pročským) súvrstvím (Jm-Pr) s olistostromatickými telesami brekcií, známymi ako gregoriánske (Nemčok,1980; Nemčok et al.,1989) a milpošské brekcie (Plašienka a Mikuš, 2010). V šarišskej jednotke sú hrubé masy Jm-Pr ukončené telesami mástrichtsko-spodnoeocénnych milpošských brekcií (MB) s pestrým bradlovým materiálom a veľkými olistolitmi z nadložnej subpieninskej a pieninskej jednotky a tiež exotickým valúnovým materiálom neznámym z bradlových sukcesií. Milpošské brekcie tvoria ploché alebo šošovkovité izolované telesá hrubé do 20 m vo vápnitých stredno- až hrubozrnných masívnych, miestami lavicovitých pieskovcov s ojedinelými sivohnedými ílovcami (Jm-Pr). MB predstavujú chaotické (bez znakov gradácie) veľmi slabo vytriedené gravitačne generované mass-flow sedimenty s podpornou štruktúrou klastov. Litologické zloženie MB je zastúpené hlavne klastmi jurských a spodnokriedových bradlových súvrství a miestami aj klastmi vrchnokriedových púchovských slieňov. Matrix brekcií tvorí jemno- až strednozrnný pieskovec, alebo sú tmelené karbonátovým cementom. Asociované pieskovce Jm-Pr reprezentujú prevažne droby, ktoré predstavujú sedimenty piesčitých úlomkotokov (sandy debris flows), fluxoturbiditov a ojedinele turbiditov s vyvinutými T_{a-b-c} intervalmi Boumu. Subpieninská jednotka má sedimentárny sled ukončený neporovnateľne tenším jarmutským súvrstvím, ktoré v najvrchnejších častiach obsahuje tabulárne alebo šošovkovité telesá gregoriánskych brekcií. Kampánsko-mástrichtské gregoriánske brekcie subpieninskej jednotky sú charakteristické monotónnym zložením materiálu z nadložnej pieninskej jednotky. Predstavujú olistostromatické telesá, ktoré vystupujú v zložitých imbrikovaných zónach v priamom podloží nasunutej pieninskej jednotky (Plašienka et al., 2012). Vyznačujú sa svojou chaotickou textúrou, značným nevytriedením a neopracovanosťou materiálu s podpornou štruktúrou klastov. Brekcie sú tvorené hlavne klastmi rádioláriových

a kalpionelových vápencov pieninského súvrstvia. Nesú v sebe aj tektonicky odseparované fragmenty jednotlivých vrstiev a blokov vrstiev pieninských vápencov až metrových rozmerov. Sporadicky sa vyskytujú aj klasty ílovcov, metamorfovaných hornín a siliciklastická prímes detritického kremeňa a živca subangulárneho až angulárneho tvaru. Brekcie sú zväčša tmelené karbonátovým cementom, ojedinele sa vyskytuje slienitý a jemnozrnný piesčitý matrix. Olistostromatické telesá predstavujú typ hrubozrnných resedimentov s „block in matrix" stavbou ukladaných pri náhlych gravitačne riadených udalostiach a sú typické pre wildflyšové formácie tvorené v čele a predpolí postupujúcich príkrovových systémov.

Poďakovanie. Finančné zabezpečenie výskumu bolo podporené projektmi APVV-0465-06, VEGA 1/0388/10 a GUK 421/2011.

S. OZDÍNOVÁ: **Paleoekologické vyhodnotenie stredno-eocénnych až oligocénnych vápnitých nanofosílií**

V strednoeocénnych až oligocénnych sedimentoch Západokarpatských paniev boli skúmané a vyhodnotené vápnité nanofosílie z hľadiska biostratigrafického, ale najmä paleoekologického.

V strednoeocénnych sedimentoch z vrtu Veľké Kršteňany bolo určené vápnité nanospoločenstvo zón NP 16 a NP 17. V oligocénnych sedimentoch vrtov Rapovce a Vlachy boli určené zóny NP 21, NP 22, NP 23 a NP 24/25 (Martini, 1971).

Pre stredný eocén a vrchný oligocén bola charakteristická pomerne teplá klíma, avšak vo vrchnom eocéne došlo k ochladeniu, ktoré pretrvávalo aj v spodnom oligocéne (Bohaty a Zachos, 2003; Krhovský a Djurasinovic, 1994).

Zo spoločenstva vápnitých nanofosílií zo zón NP 16, NP 17, NP 21, NP 22, NP 23 a NP 24/25 (Martini, 1971) boli štatisticky vyhodnotené druhy, pri ktorých sú často uvádzané reakcie na zmeny paleoklimatických podmienok sedimentačného priestoru. Boli to druhy *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller, *Cyclicargolithus floridanus* (Hay) Bukry, *Coccolithus eopelagicus* (Bramlette & Riedel) Bramlette & Sullivan, *Coccolithus formosus* (Kamptner) Wise, *Dictyococcites bisectus* (Hay, Mohler & Wade) Bukry & Percival a *Reticulofenestra umbilica* (Levin) Martini & Ritzkowski. Cieľom výskumu bolo zistiť, či sa menili rozmery týchto druhov v súvislosti so zmenou paleoklimatických podmienok, najmä zmenou teploty sedimentačného prostredia. Na základe štatistického vyhodnotenia možno konštatovať, že pri druhoch *Coccolithus pelagicus, Reticulofenestra umbilica, Dictyococcites bisectus, Coccolithus eopelagicus* je viditeľné zväčšenie ich rozmerov v zónach NP 21 – 23, ktoré sa uvádza ako reakcia druhov vápnitých nanofosílií na spodnooligocénne ochladenie. Oproti tomu pri druhoch *Cyclicargolithus floridanus, Coccolithus formosus* nebola takáto reakcia viditeľná.

A. STRAKA a Z. WEISSOVÁ: **Morfologická klasifikácia klastických zirkónov z flyšových pieskovcov (Nosice)**

Flyšové sekvencie, ktoré lemujú oblasť Nosickej priehrady, predstavujú súčasť upohlavského súvrstvia integrovanej klapskej jednotky bradlového pásma. Ide o turbiditové sedimenty so stanoveným stratigrafickým vekom mladší alb – stredný cenoman, ktoré vo svojom psamiticko-pelitickom vývoji nesú aj telesá konglomerátov s exotickými obliakmi. Na účely separácie klastických zirkónov boli vybrané tri reprezentatívne vzorky litických arenitov s označením NOS-4A, NOS-6 a NOS-11. Z pieskovcov, ktoré sú relatívne jemnozrnné, dobre vytriedené a mineralogicky zrelé, bolo vyseparovaných približne 120 zŕn frakcie pod 0,5 mm. Morfologický opis a charakteristika boli urobené vďaka SEM mikrofotografiám zhotoveným v Laboratóriu elektrónovej mikroskopie, GÚ SAV, Banská Bystrica. Vzhľadom na to, že išlo o klastické zrná, ktoré prešli procesmi mechanického opracovania, až 20 % zŕn zo súboru bolo vyčlenených so stratou morfologických tvarov, plôch priziem a dipyramíd typických pre zirkóny a zvyšných 80 % predstavovalo typy P a S podľa dostupnej klasifikácie. Z nich sumárne typy P (P1, P2, P3, P4, P5) tvorili 42,4 % a typy S (S5, S7, S10, S12, S13, S15, S17, S19, S20) zvyšných 37,6 % zo súboru. Dá sa povedať, že kým morfologické typy P prevažovali čo do kvantitatívnej početnosti, typy S zasa väčšou tvarovou variabilitou vo svojom rozsahu. Vypočítané koordináty celého vyseparovaného súboru zirkónov pri klastoch, ktoré sa dali morfologicky zaradiť, priniesli hodnoty T. E. T. („typologický evolučný trend") 56,0, indexu alkalinity (I. A.) na 616 a index teploty (I. T.) 461. Ide o pomerné, teda relatívne hodnoty fyzikálno-chemických podmienok vzniku zirkónov vo svojom magmatickom protolite a zároveň o určitý popis vývoja ich kryštalizácie. Pri klastických zirkónoch by mohol byť takýto rezultát značne rozporuplný, pretože sa dá predpokladať nejednotný, teda kombinovaný zdroj primárnych hornín. Napriek tomu sa aspoň pre porovnanie dá použiť aplikácia zdrojových hornín, ktorá by v tomto prípade zodpovedala magmaticky diferencovaným acidným horninám typu monzogranity, mozonity, prípadne alkalickým až hyperalkalickým syenitom a granitom, či v inej aplikácii alkalickým, subalkalickým granitom – prevažne kôrového pôvodu.

B. ZAHRADNÍKOVÁ: **Paleoecology of Badenian fossil fish from the Borský Mikuláš – "Vinohrádky" (Vienna Basin, Slovakia)**

The village of Borský Mikuláš is situated in the northern part of the Vienna Basin, southwest of the town of Senica. The studied outcrop, Vinohrádky, is located at the water source site on the left side of the road from Lakšárska Nová Ves to Borský Mikuláš in the vineyards. Otoliths recovered were found in the Upper Badenian sandy sediments of Studienka Fm. In addition to the fish remains (otoliths), a rich community of marine molluscs is also often present. Two studies describing the fish otoliths from studied locality were published (Holec, 1978a, b).

Studied material consisted of 66 otoliths (sagittae), which are deposited in the Natural History Museum in Bratislava, Slovakia. In the processed material there were found otoliths belonging to the family Mugilidae Cuvier, 1829: *Mugil* sp. – 1 otolith; Pomadasyidae Regan, 1913: *Brachydeuterus latior* (Schubert, 1906) – 5 otoliths; Sparidae Bonaparte, 1832: *Sparus doderleini* (Bassoli & Schubert, 1906) – 3 otoliths and *Boops insignis* (Procházka, 1893) – 3 otoliths; Gobiidae Bonaparte, 1832: *Gobius vicinalis* Koken, 1891 – 29 otoliths, *Gobius multipinnatus* (H. V. Meyer, 1852) – 11 otoliths, *Gobius brevis* (Agassiz, 1839) – 2 otoliths and *Acentrogobius* sp. – 10 otoliths and the last family Soleidae Bonaparte, 1832: *Buglossidium frequens* Steurbaut, 1981 – 2 otoliths.

The spectrum of fish species corresponds to a typical neritic zone (depth of water ranges from about 50 to 100 m) in the subtropical to tropical marine associations. The largest representation was found in the case of otoliths from the Gobiidae family, especially *Gobius vicinalis* Koken, 1891; with 29 occurrences, what is almost half of the otoliths in studied sample. This is in concordance with the results of the study of Holec (1978b), who notes that the sediments were examined in the area of neritic, near the coast. His samples show also the major occurrence of *Gobius* genus.

Acknowledgement. I thank to Štefan Meszároš for providing the samples.

A. ZLINSKÁ: **Mikrobiostratigrafia chrenoveckých vrstiev v typovej lokalite v Brusne-Chrenovci (Handlovská kotlina) na základe foraminifer a revízia výsledkov starších prác**

Z piesčitých chrenoveckých vrstiev bielopotockého súvrstvia v typovej lokalite v pieskovni v Brusne-Chrenovci sme po prvýkrát získali foraminifery, ktoré poukázali a doložili vek týchto vrstiev na vrchný oligocén – eger. K smerodajným planktonickým formám patria: *Paragloborotalia opima* (Bolli) a *Tenuitella munda* (Jenkins) v centrálnej Paratetýde rozšírené od vrchného kišcelu po eger, *Chiloguembelina gracillima* (Andreae) obmedzená na kišcel, *Globigerinoides trilobus* (Rss.) vyskytujúci sa od vrchného oligocénu, ktorého FAD donedávna bol udávaný z egeru (akvitánu, napr. Cicha

et al., 1998). Získané foraminifery sú veľkostne nevytriedené, morské. V zmysle biozonácie Berggrena a Pearsona (2005) zodpovedajú biozónam O5 – O6. Nevylučujeme však, že môže ísť aj o sedimenty mladšieho egeru (akvitán, zóna M1). Okrem „malých" foraminifer boli v pieskovni získané aj úlomky makrofauny, Bryozoa, ostne ježoviek a „veľké" foraminifery, hlavne rodu *Operculina* a *Planostegina costata* (Orb.).

Pri revízii foraminiferových asociácií z oligomiocénnych sedimentov Handlovska, ktoré sme získali teraz a boli prv zaradené do eocénu Kantorovou (1955), Lehotayovou (1959, 1961) a Vavrovou (1959), sme našli totožné planktonické formy typické pre kišcel, ako napr. *Paragloborotalia opima* (Bolli), *Tenuitella munda* (Jenkins), *Tenuitella danvillensis* (Howe et Wallace) a *Chiloguembelina gracillima* (Andreae). Posledný menovaný taxón je zastúpený vo všetkých vzorkách súčasne a v panvách centrálnej Paratetýdy sa vyskytuje len v kišceli, takže sedimenty nemôžu byť eocénne, ale oligocénne. Ďalším spoločným znakom sú vzrastové parametre tanatocenóz, foraminifery sú veľmi drobného vzrastu, čo indikuje náhlu a rýchlu zmenu sedimentačných podmienok. V tomto prípade môže ísť o zmenu salinity (zníženie) a teploty.

Revidovaná metráž z vrtu ČČ – 4/150,95 – 161,25 m v oblasti Čausy pozostáva hlavne z planktonických foraminifer vyskytujúcich sa výlučne od kišcelu. Dva z identifikovaných taxónov [(*Chiloguembelina gracillima* (Andreae) a *Turborotalia ampliapertura* (Bolli)] sú obmedzené na kišcel. Po zhliadnutí faunenlistov z vrtov ČČ 1 – 4 (Čausa) vypracovaných Lehotayovou (1959) sa náš predpoklad, že súvrstvie nemôže byť eocénne, doložil a potvrdil. Hĺbky ČČ – 4 vrtu 74 – 235 m na základe revízie foraminifer preraďujeme do oligocénneho veku, následne aj celý rozsah vrtu ČČ – 1 (9 – 105 m), ČČ – 2 (60 – 105 m) a vo fáciostratotypovom vrte egenburgu ČČ – 3 úsek 308 – 327,2 m. Litologicky ide o hutianske a zuberecké súvrstvie.

Najvýznamnejšie geologické práce za roky 2009 – 2011, ktorým bola udelená Cena Slovenskej geologickej spoločnosti

The most significant geological publications in 2009–2011 awarded by the Slovak Geological Society

Dušan Plašienka

Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského Bratislava

Abstract: *Contribution reports about the results of the SGS contest for the most significant geological publications in the years 2009–2011. Altogether 29 publications were nominated into the contest in 7 categories. Individual nominations were evaluated by the professional jury and the winners were awarded during the 11. Annual Seminar of SGS on 13. December 2012.*

Key words: *contest, significant publications in 2009–2011, winners of individual categories*

Na jeseň 2012 prebehlo už piate kolo súťaže o Cenu Slovenskej geologickej spoločnosti za najvýznamnejšie geologické práce, ktoré boli publikované v rokoch 2009 až 2011. Do súťaže bolo nominovaných spolu 29 prác v siedmich kategóriách. Návrhy posúdila a bodovo ohodnotila odborná porota v zložení: prof. RNDr. Miriam Fendeková, CSc., prof. RNDr. Miroslav Bielik, DrSc., doc. RNDr. Jozef Michalík, DrSc., RNDr. Igor Petrík, DrSc., a prof. RNDr. Dušan Plašienka, DrSc.. Poradie, ktoré vzišlo z hodnotenia odbornej poroty, následne prerokoval a práce na ocenenie schválil Rozšírený výbor SGS. Autorom víťazných prác boli ceny odovzdávané na predvianočnom seminári SGS dňa 13. decembra 2012.

Navrhované a ocenené boli tieto práce:

I. kategória: vedecké práce autorov bez vekového obmedzenia

Cena bola udelená Mgr. Adamovi Tomašových, PhD., za prácu:

Tomašových, A. & Kidwell, S. M., 2010: The effects of temporal resolution on species turnover and on testing metacommunity models. *American Naturalist, 175, 5, 587 – 606.*

Ostatné nominované práce:

Putiš, M., Frank, W., Plašienka, D., Siman, P., Sulák, M. & Biroň, A., 2009: Progradation of the Alpidic Central Western Carpathians orogenic wedge related to two subductions: constrained by $^{40}Ar/^{39}Ar$ ages of white micas. *Geodinamica Acta, 22, 1 – 3, 31 – 56.*

Uher, P., Mikuš, T., Milovský, R., Biroň, A., Spišiak, J., Lipka, J. & Jahn, J., 2009: Lazulite and Ba, Sr, Ca, K-rich phosphates–sulphates in quartz veins from metaquartzites of Tribeč Mountains, Western Carpathians, Slovakia: Compositional variations and evolution. *Lithos, 112, 447 – 460.*

Uher, P., Ondrejka, M. & Konečný, P., 2009: Magmatic and post--magmatic Y-REE-Th phosphate, silicate and Nb-Ta-Y-REE oxide

minerals in A-type metagranite: an example from the Turčok massif, the Western Carpathians, Slovakia. *Mineral. Mag., 73, 895 – 911.*

Pašteka, R., Richter, F. P., Karcol, R., Brazda, K. & Hajach, M., 2009: Regularized derivatives of potential fields and their role in semi--automated interpretation methods. *Geophysical Prospecting, 57, 4, 507 – 516.*

Uher, P., Chudík, P., Bačík, P., Vaculovič, T. & Galiová, M., 2010: Beryl composition and evolution trends: an example from granitic pegmatites of the beryl-columbite subtype, Western Carpathians, Slovakia. *J. Geosci., 55, 69 – 80.*

Hurai, V., Janák, M. & Thomas, R., 2010: Fluid-assisted retrogression of garnet and P-T history of metapelites from HP/UHP metamorphic terrane (Pohorje Mountains, Eastern Alps). *Contr. Mineral. Petrology, 160, 2, 203 – 218.*

Spišiak, J., Plašienka, D., Bučová, J., Mikuš, T. & Uher, P., 2011: Petrology and palaeotectonic setting of Cretaceous alkaline basaltic volcanism in the Pieniny Klippen Belt (Western Carpathians, Slovakia). *Geol. Quart., 55, 1, 27 – 48.*

Janák, M., Froitzheim, N., Georgiev, N., Nagel, T. & Sarov, S., 2011: P-T evolution of kyanite eclogite from the Pirin Mountains (SW Bulgaria): implications for the Rhodope UHP Metamorphic Complex. *J. metamorph. Geol., 29, 317 – 332.*

II. kategória: vedecké práce mladých autorov (1. autor do 35 rokov)

Vzhľadom na vyrovnanosť hodnotenia a s cieľom naďalej výraznejšie motivovať mladých autorov boli v tejto kategórii udelené dve ceny, a to Mgr. Adamovi Tomašových, PhD., a Mgr. Matúšovi Hyžnému, PhD., za práce:

Tomašových, A. & Kidwell, S. M., 2009: Fidelity of variation in species composition and diversity partitioning by death assemblages: time-averaging transfers diversity from beta to alpha levels. *Paleobiology, 35, 1, 94 – 118.*

Hyžný, M. & Schlögl, J., 2011: An early Miocene deep-water decapod crustacean faunule from the Vienna Basin (Western Carpathians, Slovakia). *Palaeontology, 54, 2, 323 – 349.*

Ostatné nominované práce:

Bučová, J., Plašienka, D. & Mikuš, V., 2010: Geology and tectonics of the Vršatec klippen area (Pieniny Klippen Belt, Western Slovakia). *Scientific Annals, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, Proceedings of the XIX CBGA Congress, Thessaloniki, Greece. Special Volume, 100, 197 – 207.*

Bačík, P. & Uher, P., 2010: Dissakisite-(La), mukhinite, and clinozoisite: (V, Cr, REE)-rich members of the epidote group in amphibolite–pyrite–pyrrhotite matabasic rocks from Pezinok, Rybníček mine, Western Carpathians, Slovakia. *Canad. Mineralogist, 48, 523 – 536.*

Danišík, M., Kohút, M., Broska, I. & Frisch, W., 2010: Thermal evolution of the Malá Fatra Mountains (Central Western Carpathians): insights from zircon and apatite fission track thermochronology. *Geol. Carpath., 61, 1, 19 – 27.*

Danišík, M., Kadlec, J., Glotzbach, C., Weisheit, A., Dunkl, I., Kohút, M., Evans, N., Orvošová, M. & McDonald, B. J., 2011: Tracing metamorphism, exhumation and topographic evolution in orogenic belts by multiple thermochronology: a case study from the Nízke Tatry Mts., Western Carpathians. *Swiss Jour. Geosci., 104, 285 – 298.*

Bačík, P., Ozdín, D., Miglierini, M., Kardošová, P., Pentrák, M. & Haloda, J., 2011: Crystallochemical effects of heat treatment on Fe-dominant tourmalines from Dolní Bory (Czech Republic) and Vlachovo (Slovakia). *Phys. Chem. Minerals, 38, 599 – 611.*

Bačík, P., Méres, Š. & Uher, P., 2011: Vanadium-bearing tourmaline in metacherts from Chvojnica, Slovak republic: crystal chemistry and multistage evolution. *Canad. Mineralogist, 49, 195 – 206.*

Karcol, R., 2011: Gravitational attraction and potential of spherical shell with radially dependent density. *Stud. Geophysica et Geodaetica, 55, 1, 21 – 34.*

III. kategória: vedecké monografie

Cena bola udelená RNDr. Jozefovi Vozárovi, DrSc., hlavnému editorovi medzinárodnej monografie:

Vozár, J., Ebner, F., Vozárová, A., Haas, J., Kovács, S., Sudar, M., Bielik, M. & Péró, Cs. (eds.), 2010: Variscan and Alpine terranes of the Circum-Pannonian Region. *Slov. Acad. Sci., Geol. Inst., Bratislava, 233 p.*

Ostatné nominované monografie:

Radvanec, M., Németh Z. & Bajtoš, P., 2010: Magnesite and Talc in Slovakia – Genetic and geoenvironmental models (Magnezit a talk na Slovensku – genetický a geoenvironmentálny model). *ŠGÚDŠ, Bratislava, 189 p.*

Fendeková, M., Ženišová, Z. (eds.), Demeterová, B., Fendek, M., Fľaková, R., Gavurník, J., Krčmář, D., Macura, V., Némethy, P. & Slivová, V., 2010: Hydrogeologické sucho. *SAH, Bratislava, 190 s.*

Frankovská, J., Kordík, J., Slaninka, I. (eds.), Jurkovič, Ľ., Greif, V., Šottník, P., Dananaj, I., Mikita, S., Dercová, K. & Jánová, V., 2010: Atlas sanačných metód environmentálnych zátaží. *ŠGÚDŠ, Bratislava, 360 s.*

IV. kategória: mapové diela

Ocenenie získalo jediné navrhované dielo, cenu prevzal RNDr. Milan Polák, CSc.:

Polák, M. (ed.), Plašienka, D., Kohút, M., Putiš, M., Bezák, V., Filo, I., Olšavský, M., Havrila, M., Buček, S., Maglay, J., Elečko, M., Fordinál, K., Nagy, A., Hraško, Ľ., Németh, Z., Ivanička, J. & Broska, I., 2011: Geologická mapa Malých Karpát 1 : 50 000. *MŽP SR, Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.*

V. kategória: práce zo sféry aplikovaného výskumu

Nominovaná bola jedna práca, ktorá získala ocenenie a to prevzal doc. RNDr. Rudolf Holzer, CSc.:

Holzer, R., Laho, M., Wagner, P. & Bednarik, M., 2009: Inžinierskogeologický atlas hornín Slovenska. *Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 532 s.*

VI. kategória: edukačné práce

Cenu prevzal prof. RNDr. Rudolf Ondrášik, CSc. za prácu:

Ondrášik, R., Vlčko, J. & Fendeková, M., 2011: Geologické hazardy a ich prevencia. *Univerzita Komenského, Bratislava, 288 s.*

Druhá nominovaná práca:

Fľaková, R., Ženišová, Z. & Seman, M., 2010: Chemická analýza vody v hydrogeochémii. *SAH, Bratislava, 166 s.*

VII. kategória: popularizačné práce

Ocenenie získalo jediné navrhované dielo (súbor mapa + sprievodca + CD), cenu prevzal hlavný editor RNDr. Vladimír Bezák, CSc.:

Bezák, V. (ed.), Maglay, J., Polák, M., Kohút, M., Gross, P., Fleischer, P., Hanzel, V., Chovancová, B., Koreň, M., Kyselová, Z., Madarás, J., Pavlarčík, S., Reichwalder, P., Piotrowska, K., Iwanow, A., Gaździcka, E. & Raczkowski, W., 2011: Geologicko-náučná mapa Tatier 1 : 50 000. *ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Bezák, V. (ed.), Fleischer, P., Hanzel, V., Chovancová, B., Koreň, M., Kyselová, Z., Madarás, J., Maglay, J., Ostrožlík, M., Pavlarčík, S., Reichwalder, P., Bohuš st., I., Čurlík, J., Ferenc, Š., Ferenčík, J., Michalík, D., Soják, M., Kucharič, Ľ., Olšavský, M., Gross, P., Sýkora, M., Borecká, A., Danel, W., Derkacz, M., Gaździcka, E., Iwanow, A., Piotrowska, K. & Zabielski, R., 2011: Sprievodca ku geologicko-náučnej mape Tatier 1 : 50 000. *ŠGÚDŠ, Bratislava, 99 s.*

Pavlarčík, S., Kucharič, Ľ., Bezák, V., Michalík, J., Olšavský, M., Madarás, J., Gross, P., Sýkora, M., Borecká, A., Danel, V., Derkacz, M., Gaździcka, E., Iwanow, A., Piotrowska, K. & Zabielski, R., 2011: Geologicko-náučná mapa Tatier 1 : 50 000. Interaktívne CD. Ed.: Bezák V.. *ŠGÚDŠ, Bratislava.*

Výbor SGS zároveň vyhlasuje 6. kolo súťaže o najvýznamnejšie geologické práce slovenských autorov, týkajúce sa prác publikovaných v rokoch 2012 – 2013. Uzávierka súťaže bude na jeseň 2014, návrhy ale možno priebežne zasielať predsedovi odbornej komisie prof. RNDr. Dušanovi Plašienkovi, DrSc., mailom na adresu plasienka@fns.uniba.sk. Návrh by mal obsahovať kategóriu, v ktorej je práca nominovaná na ocenenie, ďalej jej krátku charakteristiku a pri publikovaných článkoch aj ich pdf..

Z činnosti košickej pobočky Slovenskej geologickej spoločnosti v roku 2012

The activities of the Slovak Geological Society, branch Košice, in 2012

Zoltán Németh
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum, Jesenského 8, 040 01 Košice

Abstract: *Two scientific geological seminars, held in the State Geological Institute of Dionýz Štúr, as well as one field seminar, were organized by the Slovak Geological Society, branch Košice, in 2012. First – afternoon seminar* ***Actual results of geological and environmental projects researched by geologists from Košice*** *– was held on 12. June 2012 with 9 presentations and introduction of a new publication – Explanations to geological map of the Spiš-Gemer Ore Mts. (P. Grecula and J. Kobulský, eds.). Second seminar –* ***Eastern Slovakia – Geological setting and geological factors of environment*** *– held on 8. November 2012 – represented a supporting event to the Week of Science and Technology in Slovakia. Totally 11 lectures included also an introduction of a new publication Explanations to geological map of the Nízke Beskydy Mts. – western part (M. Kováčik, ed.). Field seminar* ***From the Rakovec geosuture to margin of Gondwana,*** *held in 2. June 2012, was focused on Paleozoic sequences of Gemericum. The contribution provides more detail information about these evens, including selected abstracts of presentations.*

Key words: *scientific seminars, field seminar, Slovak Geological Society, Eastern Slovakia*

Košická pobočka Slovenskej geologickej spoločnosti (SGS) zorganizovala v roku 2012 dve prednáškové popoludnia a terénny seminár v západnej časti Spišsko-gemerského rudohoria.

Prednáškové popoludnie *Aktuálne výsledky geologických a environmentálnych projektov riešených košickými geológmi* sa konalo 12. júna 2012 v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ) v Košiciach. Spoluorganizátorom podujatia bola Slovenská asociácia ložiskových geológov (SALG). Odborný program pozostával z 11 prednášok, členených do troch tematických blokov.

V prvom tematickom bloku, venovanom ložiskovej geológii a environmentalistike, **P. Bačo** a **Z. Bačová** uviedli poslucháčov do problematiky kritických nerastných surovín EÚ a aktuálneho hodnotenia potenciálu týchto surovín na Slovensku. Nasledujúca prednáška autorov **P. Bača,**

Obr. 1 – 2. D. Dirnerová prednáša o vývoji Duklianskeho bazénu na prednáškovom popoludní SGS-SALG 12. júna 2012; pohľad na časť účastníkov tohto prednáškového popoludnia. Foto Z. Németh.

Figs. 1 – 2. D. Dirnerová lecturing about the development of the Dukla Basin in SGS-SALG geological seminar on 12. June 2012. View on part of participants of this scientific event. Photo Z. Németh.

Obr. 3. „Krst" novej publikácie *Vysvetlivky ku geologickej mape Spišsko-gemerského rudohoria 1 : 50 000* na prednáškovom popoludní SGS-SALG 12. júna 2012. Zľava: P. Grecula, J. Kobulský, B. Bartalský, L. Novotný a Z. Németh. Foto P. Bačo.

Fig. 3. Introduction of a new publication *Explanations to geological map of the Spiš-Gemer Ore Mts. 1 : 50 000* in SGS-SALG seminar on 12. June 2012. From the left: P. Grecula, J. Kobulský, B. Bartalský, L. Novotný and Z. Németh. Photo P. Bačo.













Obr. 4. „Krst“ novej publikácie *Vysvetlivky ku geologickej mape Nízke Beskydy-západná časť 1 : 50 000* na prednáškovom popoludní SGS-SAIG 8. novembra 2012. Zľava: M. Kaličiak a M. Kováčik. Foto Z. Németh.

Fig. 4. Introduction of a new publication *Explanations to geological map of the Nízke Beskydy Mts. – western part 1 : 50 000* in SGS-SAIG seminar on 8. November 2012. From the left: M. Kaličiak and M. Kováčik. Photo Z. Németh.

Obr. 5. Časť účastníkov terénneho seminára SGS 2. júna 2012 pri vysvetľovaní litologických a štruktúrnych pomerov v odkryve mylonitizovaných chloritických bridlíc neďaleko uzáveru Rakoveckej doliny. Vľavo: Z. Németh. Foto I. Hadbavníková.

Fig. 5. Part of participants of the SGS field seminar on 2. June 2012 at explanation of lithological and structural relations in the outcrop of mylonitized chloritic schists near the closure of Rakovec valley. Left: Z. Németh. Photo I. Hadbavníková.

Obr. 6. Výhľad z hrebeňa kóty Ostrá smerom na západ. Svahy až po mesto Dobšiná v popredí sú budované paleozoickými horninami gemerika. Vpravo od Dobšinej je bývalá povrchová dobývka na chryzotilový azbest v plocho uloženom telese serpentinizovaných ultrabázik, tvoriaca príkrovovú trosku meliatika, presunutého z juhu. Horské hrebene v pozadí (zľava Stolica, Trsteník a Kráľova hoľa) patria veporiku. Foto Z. Németh.

Fig. 6. View from the ridge of the Ostrá hill westward. The slopes towards the town of Dobšiná in the foreground are built by the Paleozoic rocks of Gemericum. Right of Dobšiná, the quarry on chrysotile asbestos is located in flatly lying body of serpentinized ultramafics, representing the outlier of Meliaticum, transported from the south. The mountain ranges in the background (from the left Stolica, Trsteník and Kráľova hoľa) belong to Veporicum. Photo Z. Németh.

Ľ. Kovaničovej, Z. Bačovej a **Ľ. Tučeka** prezentovala výsledky v súčasnosti realizovaného technologického výskumu sorpčných parametrov zeolitových surovín. V závere tohto tematického bloku **P. Bačo** za kolektív zostavovateľov – **M. Abraham, P. Bačo, Z. Bačová, M. Repčiak, B. Veleba** a **M. Žáček** – prezentoval nový Atlas máp 1 : 100 000 ekologických záťaží vo vonkajšom flyši Západných Karpát – v oblasti Jablunkoskej brázdy (ČR) a Kysuckých Beskýd (SR).

Druhý tematický blok, venovaný regionálnej geológii a sedimentológii, začal **J. Janočko** prednáškou o gravitačných prúdoch hruboúlomkovitých sedimentov na strmouklonenej podmorskej rampe, zistených štúdiom paleogénnych zlepencov Tokárne v oblasti Ždiaru. Vývoj Duklianskeho bazénu na základe štúdia jeho sedimentárnej výplne prezentovali **D. Dirnerová** (obr. 1, 2), **M. Prekopová** a **J. Janočko**. Možnosti modelovania architektúry kvartérnych fluviálnych prvkov uviedla **M. Prekopová.** Uprostred tohto tematického bloku sa uskutočnil „krst" a prezentácia novej publikácie *Vysvetlivky ku geologickej mape Spišsko-gemerského rudohoria* zostavovateľov **P. Greculu** a **J. Kobulského** (obr. 3).

Druhá časť bloku o regionálnej geológii bola zameraná na nové geologicko-tektonické zistenia zo severogemerickej zóny v prednáške autorov **Z. Németha, M. Radvanca, J. Kobulského, Ľ. Gazdačka, M. Putiša** a **B. Zákršmidovej** a tiež na novú geologicko-náučnú mapu Zemplínskych vrchov v mierke 1 : 50 000 v prednáške autorov **J. Kobulského, Ľ. Gazdačka, K. Žecovej** a **M. Repčiaka.**

V závere prednáškového popoludnia, v bloku venovanom histórii montanistiky a geologického bádania, **J. Slavkovský** odprednášal históriu baníckeho školstva na Slovensku s aspektom na geológiu (250. výročie Banskej akadémie v Banskej Štiavnici a 60. výročie založenia Vysokej školy technickej v Košiciach).

Jesenné prednáškové popoludnie SGS *Východné Slovensko – Geologická stavba a geofaktory životného prostredia,* spoluorganizované Slovenskou asociáciou inžinierskych geológov (SAIG), sa uskutočnilo 8. novembra 2012 v ŠGÚDŠ v Košiciach v rámci *Týždňa vedy a techniky na Slovensku.* V štyroch tematických blokoch na ňom odznelo 9 prednášok.

Blok regionálnej a ložiskovej geológie sa začal prednáškou autorov **Z. Németha** a **M. Radvanca:** Variská tektonická stavba a alpínsky prepis zóny Dobšiná-Hnilec v severnom gemeriku: Koexistencia dvoch nesúvekých akrečných priziem? Následne **S. Szabó** a **I. Juríк** uviedli nové poznatky o geologicko-litostratigrafickej stavbe ložiska Košice I-Kurišková vo východnej časti severogemerickej zóny; **S. Jacko, R. Farkašovský, J. Kondela** a **T. Sasvári** informovali o predbežných výsledkoch štruktúrneho výskumu v oblasti žily Mária (Rožňava, južné gemerikum). Na nové geologické poznatky v pohorí Branisko so zameraním sa na výskyt uránovej mineralizácie bola upriamená pozornosť poslucháčov v prednáške **J. Gregoroviča** a **P. Chudíka.**

Blok prednášok o regionálnej geológii a sedimentológii kenozoických sekvencií východného Slovenska sa začal „krstom" a prezentáciou *Vysvetliviek ku geologickej mape Nízke Beskydy-západná časť 1 : 50 000* rozsiahleho autorského kolektívu s redakciou **M. Kováčika** (obr. 4). **J. Janočko** následne oboznámil poslucháčov s geometriou telies sedimentov vrchného miocénu a pliocénu východoslovenskej neogénnej panvy a autori **J. Gumáňová** a **J. Janočko** uviedli nové zistenia z výskumu gravitačných sedimentov Tatier.

V rámci problematiky aplikovanej geológie odzneli tri prednášky: Recentnú geodynamickú aktivitu vybratých zlomov v Západných Karpatoch zdokumentovali **Ľ. Petro, J. Bóna, B. Košťák, J. Hók** a **P. Bella,** prepracovanie hornín pri termickom hĺbení diel zdokumentovali **R. Farkašovský** a **M. Zacharov.** Komplexný 1D – 2D koncepčný model hydrogeotermálnej štruktúry bešeňovská elevácia uviedli **B. Fričovský, L. Vizi** a **L. Tometz.**

Abstrakty niektorých prednášok z obidvoch prednáškových popoludní sú k dispozícii za úvodným textom o aktivitách košickej pobočky SGS.

Terénny seminár ***Z rakoveckej geosutúry na okraj Gondwany*** po trase Rakovec – Ostrá (1014,4) – Smrečinka (1266,3) – Vlachovo sa uskutočnil v sobotu 2. júna 2012. Táto terénna akcia svojou dĺžkou korešpondovala s fyzicky náročnejšou geologickou túrou (4 hodiny chôdze, prevýšenie 550 m). Zameraná bola na styk niektorých exhumovaných sekvencií rakoveckej skupiny s marginálnymi spodnopaleozoickými sekvenciami gelnickej skupiny gemerika v západnej časti Spišsko-gemerského rudohoria. Popri vedeckom programe s prezentáciou mnohých typových odkryvov spodnopaleozoických hornín rakoveckej a gelnickej skupiny v profile priečne na tektonizovaný kontakt obidvoch jednotiek boli účastníci obohatení aj o mimoriadnu scenériu tejto trasy (obr. 5). Jej väčšia časť viedla po odkrytých horských hrebeňoch s vynikajúcim výhľadom aj na ďalšie megatektonické jednotky vnútorných Západných Karpát (obr. 6) a umožňovala vysvetľovanie a diskusiu o geologicko-tektonických vzťahoch v širokom okolí navštívenej oblasti.

Abstrakty z prednáškového popoludnia 12. júna 2012

D. DIRNEROVÁ, M. PREKOPOVÁ and J. JANOČKO: **Evolution of the Dukla Basin with respect to its deposits**

The Dukla Unit represents one of the Outer Western Carpathians nappes. Its sediments are of Upper Cretaceous to Oligocene age, encompassing the time interval of the Dukla Basin transformation from a remnant ocean to peripheral foreland basin as a result of closuring of the Tethys.

In the upper Cretaceous and beginning of Paleogene, the Dukla Basin represented a part of the Magura Basin, interpreted as a remnant ocean basin (Oszczypko, 1999; Poprawa et al., 2002; Golonka et al., 2011). The main sediment source at that time, occurring in the E(NE), supplied sediments of Lupkow Formation (Cenomanian – Paleocene) and overlying Cisna Formation (Senonian – Paleocene). This sedimentary succession is interpreted as channel-lobe transition and channelized lobes of the turbidity system.

The Eocene is typical by deposition of Submenilite Formation, represented by thick finning upward succession of alternating thin and medium-thick sandstone and mudstone beds. The succession is interpreted to be deposited on a submarine slope/ramp. For the depositional basin it was also time of tectonic changes, resulting in emerging of new source area and separation from the Magura Basin. Developed elevation most likely relates to onset of transformation from the remnant to foreland basin.

More distinct features of the tectonic activity, connected with the formation of the foreland basin, are preserved in the Cergowa sandstones, which is a member of Menilite Formation (Lower Oligocene). The formation is mainly typical by menilite-type claystones, mudstones and rare interbeds of sandstone, indicating quiet pelagic/hemipelagic and hemiturbiditic sedimentation. However, these quiet depositional conditions were interrupted by abrupt incursion of the thick fine- to medium-grained Cergowa sandstones typical by a lot of sole marks demonstrating flow direction from NW to SE. With respect to depositional conditions, presence of tectonic indicators like synsedimentary faults and folds, change in paleoflow direction, as well as sediment character itself, Cergowa sandstones are interpreted as seismoturbidites developed in consequence of the foreland basin formation. Sedimentary record of the Dukla Basin is terminated by deposition of the Krosno Formation showing a decrease of tectonic activity.

Acknowledgement. This paper was written thanks to the support of the Operation Program Research and Development for the Project 26220220031 co-financed from the resources of the European Foundation of Regional Development.

M. PREKOPOVÁ: **Modelling of architecture of Quaternary fluvial elements: Case study from the Latorica river**

Fluvial system consists of sediments forming 8 basic architectonic elements – river channels, sediment gravity flows, gravel bars and bedforms, lateral accretion, sand bedforms, laminated sand, foreset macroforms and overbank fines (Miall, 1985), characterized by specific geometry and sedimentary composition.

Importance of identification of sedimentary bodies is connected with their potential as aquifers/aquitards, they can influence the ground-water flowing and contaminants migration. The spatial distribution of concrete lithotypes is related to the genetic relations in depositional system, therefore understanding the evolution of the fluvial system and modelling of its elements can facilitate the more precise location of sediments which we are interested in.

The studied area (2.9 km^2) is located 3 km NE–E from Boťany village near Latorica river. The input data were obtained from 11 hydrogeological wells. Due to their poor quality only 2 elements were recognized– channel and overbank sediments. Via facial modelling in Petrel software we could determine the elements geometry (parameters of the present-day river) and thus model each element. The final 3D model displays the spatial distribution of individual lithotypes, Quaternary sediments geometry, fluvial elements (Fig. 1) and time sequences of the fluvial system evolution. According to given conditions, 100 % correspondence with the input data was achieved after modelling of 796 channels.

The accuracy of the modelling of fluvial elements depends mainly on the quality of input data. For modelling of lithotypes, the data obtained from wells are sufficient. Complications arise with interpretation of fluvial elements, where data regarding sediments structure and geometry are required. Considering the accessible data, we can model only 2 basic elements of the fluvial system. As a consequence, the exactness of the 3D spatial distribution of the fluvial elements is decreased and modelling of the system evolution is generalized. For more precise interpretation and modelling it would be appropriate to supplement the new well survey with detailed sedimentological descriptions.

Acknowledgement. This paper was written thanks to the support of the Operation Program Research and Development, for the Project: New detection methods for inquiring unconventional energy sources of the Earth (ITMS project code: 26220220031) co-financed from the resources of the European Foundation of Regional Development.

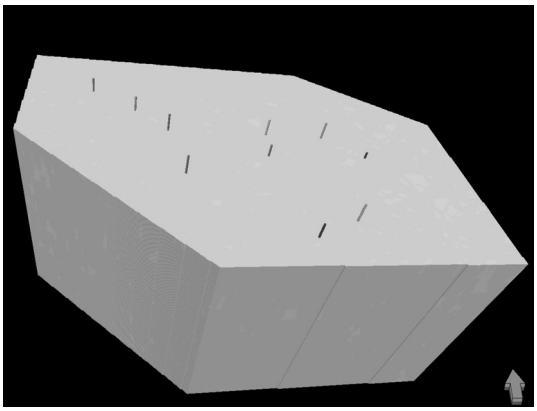


Fig. 1. Spatial distribution of the fluvial elements based on the data from 11 wells; yellow – channels, white – overbank sediments (arrow marks the N).

Z. NÉMETH, M. RADVANEC, J. KOBULSKÝ, Ľ. GAZDAČKO, M. PUTIŠ a B. ZÁKRŠMIDOVÁ: **Nové poznatky o geologickej stavbe severogemerickej zóny**

Do pruhu vrchnokarbónskych, permských a triasových sekvencií severogemerickej zóny (dobšinská, krompašská a stratenská skupina gemerika) s generálnym priebehom Z – V od oblasti na S od Rejdovej po Margecany, a potom ďalej na JV po Košice, sú z pohľadu paleogeografických a evolučných vzťahov zaraďované aj horninové sekvencie rakoveckej a klátovskej skupiny gemerika. Individualizácia severogemerickej zóny začala pokolíznou extenziou a sedimentáciou vrchnokarbónskych sekvencií hámorského súvrstvia v povestfálskom období (pokolízne molasové sedimenty). Odzrkadlením pokračujúcej extenzie bola permo-triasová sedimentácia a tiež výrazný vulkanizmus v strednom perme (petrovohorské súvrstvie) s postupným prechodom do triasovej karbonatickej sedimentácie stratenskej skupiny. Pri komplexnom hodnotení severogemerickej zóny je preto potrebné zahrnúť všetky litológie a tektonity, vrátane spodnopaleozoických hornín generujúceho sa pretiahnutého oceánskeho bazénu v rakoveckej zóne, neskôr jeho predstefanského (predgželského) uzavretia (rakovecká geosutúra) a tiež pokolízneho

stefansko(gželsko)-mezozoického sedimentárno-vulkanického vývoja so zohľadnením princípu nelinearity konvergentných rozhraní (Németh, 2003; šikmá konvergencia a kolízia).

Nový petrologický, tektonický a mikrotektonický výskum v zóne Jakloviec, ktorý sa začal v roku 2011, umožnil jednoznačne zadefinovať alochtónnu pozíciu karbonatického horizontu vo vrchnej časti kameňolomu na Kurtovej skale na SSZ od Jakloviec. Alochtónne teleso (alpínsky severovergentne presunutá príkrovová troska meliatika) vykazuje výraznú uhlovú diskordanciu plôch primárnej foliácie (vrstvovitosti) aj sekundárnej foliácie (v obidvoch prípadoch priebeh SV – JZ a stredný sklon na SZ) oproti generálnemu alpínskemu štruktúrnemu plánu severogemerickej zóny v tejto oblasti (priebeh planárnych štruktúr SZ – JV). Mikroštruktúrny výskum zistil celoobjemovú rekryštalizáciu alochtónnych vápencov pri extrémne vysokých diferenciálnych napätiach 347 – 430 MPa, čo výrazne kontrastuje s plasticky nedeformovanými karbonátmi bez deformačných lamiel, ktoré sú prítomné v autochtónnej stratenskej skupine v podloží (Németh et al., 2012). Súčasťou tejto príkrovovej trosky pri Jaklovciach sú v jej centrálnej a JV časti aj gabrá, amfibolity, retrográdne eklogity, metaperidotity a metalamprofýry (cf. Radvanec et al., 2011; Putiš et al., 2011; Ivan et al., 2009), vykazujúce tiež SZ sklony planárnych štruktúr. Sporadicky zistené guľovité tvary blokov silicitov, rádiolaritov a tiež mafických a ultramafických hornín v melanži príkrovovej trosky interpretujeme ako dôsledok diferenciálneho pohybu a rotácie týchto telies pri exhumácii v subdukčnom kanáli.

Podobná situácia ako vo východnej časti severogemerickej zóny (oblasť Jakloviec) bola zistená novým štruktúrnym a petrologickým výskumom aj v jej západnej časti v prípade plocho ležiacej príkrovovej trosky meliatika (príkrovu Bôrky) v oblasti Dobšinej. Výskum priniesol nové dôkazy o alochtonite a severovergentnosti alpínskeho presunu melanžového serpentinizovaného telesa (povrchová dobývka na chryzotilový azbest v severnom susedstve Dobšinej).

J. KOBULSKÝ, Ľ. GAZDAČKO, K. ŽECOVÁ a M. REPČIAK: **Informácia o geologicko-náučnej mape Zemplínskych vrchov v mierke 1 : 50 000**

Pri zjednodušení geologickej stavby pre potreby geologicko-náučnej mapy sa využívali údaje z Prehľadnej geologickej mapy Slovenskej republiky v mierke 1 : 200 000 a jej vysvetliviek (Bezák et al., 2008, 2009) a hlavne z aktuálneho výskumu v rámci úlohy Aktualizácia geologickej stavby problémových území Slovenskej republiky (Kobulský et al., 2011). Zohľadnili sa aj staršie regionálne mapy v mierke 1 : 50 000 a k nim prislúchajúce vysvetlivky z 80. rokov.

Spodná stavba skúmaného regiónu je začlenená do iňačovskej a ptrukšianskej tektonickej jednotky a zemplinika. Prvé dve jednotky v regióne nevystupujú na povrch a vyjadrujeme ich iba v geologickom reze vcelku. V zempliniku sme rozlíšili 13 samostatných členov. Vrchná stavba regiónu (po vrchnej kriede) je zastúpená hlavne neogénnymi sedimentmi, vulkanicko-sedimentárnymi formáciami (útvarmi) a vulkanickými komplexmi. V neogénnych útvaroch, ktoré budujú podstatnú časť regiónu, sa vyčlenilo najviac samostatných členov (až 28). Najmladšie členy zastupujú kvartérne sedimenty (20 samostatných litologických členov). Mapa obsahuje tri výpovedné geologické rezy.

V legende ku geologickej náučnej mape Zemplínskych vrchov je zobrazených aj 17 významných lokalít s ložiskami a výskytom nerastných surovín, ďalej významné pramene (minerálne pramene a kyselky), múzeá, kaštiele, kúrie, kostoly (rozčlenené podľa rímskokatolíckej, reformovanej, gréckokatolíckej a pravoslávnej cirkvi), kaplnky, ruiny hradov, židovské cintoríny, archeologické lokality, kúpele, autokempy, letiská (športové a agroletiská), čerpacie stanice pohonných hmôt, hraničné priechody, vyhliadky a cykloturistické trasy. Na mape sú zobrazené vybrané nemocnice, reštaurácie a priváty, ale tiež vinice, vínne pivnice, parky, plošné rozšírenie lesných porastov, táboriská a horárne.

Geologicko-náučná mapa Zemplínskych vrchov bude poskytovať údaje o:

- CHKO Latorica a prírodných rezerváciách,
- tokajskej vínnej ceste,
- každoročných podujatiach v Medzibodrodží,
- 54 obciach v okrese Trebišov a 19 obciach v okrese Michalovce,
- 15 múzeách a muzeálnych objektoch,
- 5 kúpeľoch, minerálnych a termálnych objektoch,
- 27 objektoch na ubytovanie a stravovanie,
- 5 lokalitách (službách), ktoré ponúkajú možnosť jazdenia na koni alebo požičania lodí,
- 3 turisticko-informačných centrách.

Pozoruhodnosti Zemplínskych vrchov a južnej časti Východoslovenskej nížiny sú rozčlenené do niekoľkých trás:

- geologická trasa,
- trasa národných prírodných rezervácií a prírodných rezervácií,
- južná a severná trasa Východoslovenskej roviny,
- vinohradnícka trasa (jej súčasťou je aj tokajská vínna cesta),
- vyhliadková trasa.

J. SLAVKOVSKÝ: **História baníckeho školstva na Slovensku s aspektom na geológiu** (250. výročie Baníckej akadémie v Banskej Štiavnici a 60. výročie založenia VŠT v Košiciach)

Banská Štiavnica je historicky spätá s ťažbou rúd drahých a farebných kovov. Stáročia trvajúca ťažba týchto rúd poznačila scenériu jej okolia, ale zároveň tu postupne dochádzalo k zavádzaniu nových technických a technologických poznatkov a to neskoršie ovplyvnilo aj vytváranie podmienok pre výchovu banských odborníkov. V súbornom diele o baníctve (Zámora et al., 2003, 2004) sa konštatuje, že historicky najvýznamnejším prínosom Slovenska do rozvoja vedy, techniky a hospodárstva Európy a sveta je banské školstvo.

Práve rozkvet baníctva a rozvoj banskej vedy a techniky našiel odraz v založení odbornej baníckej školy (1735) a neskoršie, v roku 1762, v založení prvej baníckej školy vyššieho typu v Európe – Baníckej akadémie, ktorá v Banskej Štiavnici pôsobila s určitými zmenami až do roku 1919. Banícku akadémiu zriadila panovníčka Mária Terézia a práve vďaka tejto škole, kde vyučovali vynikajúci odborníci z oblasti vedy a techniky vtedajšej Európy, dosiahlo aj vlastné banské mesto a jeho širšie okolie popredné postavenie a význam nielen v habsburskej monarchii, ale aj v širšom svete. Banská Štiavnica v roku 1782 s počtom obyvateľov 24 000 bola tretím najväčším mestom vo vtedajšom Uhorsku.

Celá história vzniku a postupného formovania katedier a samotnej vysokoškolskej inštitúcie počas jej pôsobenia v Banskej Štiavnici je podrobne spracovaná v novodobej monografii (Herčko, 2010). Prvá katedra tu bola zriadená v roku 1763 profesorom Nicolasom Joshepom Jacquinom, a to katedra chémie, mineralógie a metalurgie, ktorú od roku 1769 viedol Giovanni Antonio Scopoli. Nadväzne vznikla v roku 1765 katedra matematiky, mechaniky a hydrauliky, ktorej zakladateľom bol profesor Nicolas Poda, a v roku 1770 katedra o banských dielach pod vedením Christopha Tadeusa Deliusa. Po ňom ju viedol Johann Tadeas Peithner, ktorého myšlienky výrazne ovplyvnili viedenský dvor pri zakladaní banskoštiavnickej akadémie.

O prínose banskoštiavnickej akadémie pre rozvoj baníctva a tým aj geologických vied svedčia učebnice významných profesorov (K. T. Delius, J. Pettko), ale aj absolventov (D. Štúr, Ľ. Cseh) tejto historickej vysokoškolskej inštitúcie. Zásluhou Krištofa Traugotta Deliusa, prvého profesora baníctva, dosiahla táto výučba vysokú úroveň. Aj keď pôsobil na katedre baníctva iba dva roky (1771 – 1773), svojou učebnicou „Úvod do baníctva", ktorá bola vydaná tlačou v roku 1773, dal progresívny základ pre rozvoj poznatkov o geológii a baníctve na potrebnej teoretickej a praktickej úrovni (Snopko, 1992).

V začiatkoch otvorenia akadémie boli predmety geológia a mineralógia prednášané profesormi baníctva, prípadne metalurgie a chemických náuk, a až po vzniku samostatnej katedry geologických vied, čo sa uskutočnilo prostredníctvom Dvorskej komory vo Viedni roku 1840, došlo k definitívnemu odčleneniu prednášok geológie od prednášok z baníctva, ako aj prednášok mineralógie od prednášok

z chémie a metalurgie. Prvými prednášajúcimi suplentmi tejto katedry boli Gustav Rössler a Jozef Niederrista, ktorí tu pôsobili krátko, a preto vývoj katedry neovplyvnili. Rozvoj katedry nastal až pričinením Jána Pettka (1812 – 1890), ktorý ovplyvnil úroveň katedry, ale aj celej akadémie. Pôsobil tu od roku 1843 až do roku 1871, keď odišiel do dôchodku. Za jeho pôsobenia na baníckej akadémii študoval aj Dionýz Štúr (1827 – 1893), ktorý v roku 1846 získal štipendium na Baníckej akadémii v Banskej Štiavnici a po jej absolvovaní sa vypracoval na popredného geológa Rakúsko-uhorskej monarchie. Bol pracovníkom Ríšskeho geologického ústavu vo Viedni od roku 1850 (do 1892) a od roku 1885 až do roku 1892 bol jeho riaditeľom. Práce D. Štúra sa stali základom geologických poznatkov Západných Karpát v 19. storočí. Na jeho počesť bol pomenovaný aj Geologický ústav v Bratislave, ktorý v súčasnosti nesie názov Štátny geologický ústav Dionýza Štúra.

Ďalšou výraznou osobnosťou, študujúcou na Banskej akadémii v Banskej Štiavnici za pôsobenia prof. Pettka, bol Ľudovít Cseh (1840 – 1908), ktorý sa po štúdiu na tejto škole (1860 – 1864) postupne vypracoval na významného banského geológa na Banskom riaditeľstve v Banskej Štiavnici. Od roku 1898 popri svojej funkcii banského geológa bol výpomocným profesorom na tejto škole. Jeho geologické dielo, ktoré vytvoril počas viac ako tridsaťročnej geologickej práce v podzemí a na povrchu banskoštiavnicko-hodrušského revíru, bolo zdrojom cenných informácií pre ďalšie generácie. Zvláštnym vkladom sú autorove nové metodické prístupy pri zostavovaní bansko-geologických máp, ako aj systém celej primárnej geologickej dokumentácie. Jeho geologické podklady (banské a povrchové mapy, geologické rezy, ako aj presne evidovaný vzorkový materiál) boli využívané vo vedeckých prácach iných kolegov (J. Szabó, L. Litschauer, H. Böckh). Výsledkom rozsiahleho montanného bádania banského geológa Ľudovíta Cseha bola aj bohatá zbierka hornín a rúd, ktorá sa stala základom pre založenie Štátneho banského múzea Dionýza Štúra v Banskej Štiavnici v roku 1927. Súčasťou Csehovej zbierky bola aj zbierka profesora Jána Pettka.

Po ukončení pôsobenia Vysokej školy baníckej a lesníckej v Banskej Štiavnici v roku 1919, ktorá sa odsťahovala do Šoprone, nastala u nás značná medzera v technickom školstve. Opätovný vývoj baníckeho vysokoškolského štúdia na Slovensku bol obnovený až v roku 1941 založením odboru špeciálnych náuk na SVŠT v Bratislave, kde neskôr, v roku 1951, vznikla aj samostatná baníčka fakulta, ktorá sa v r. 1952 stala súčasťou novozaloženej VŠT v Košiciach. Tu sa intenzívne rozvíja až po súčasnosť, ale od roku 1994 pod novým názvom Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií Technickej univerzity v Košiciach – F BERG TUKE (Rybár et al., 2001).

V nových podmienkach rozvoja baníckeho školstva na Slovensku výrazné miesto dostali nové poznatky geológie, o čo sa ešte na SVŠT v Bratislave pričinil prof. D. Andrusov a na Vysokej škole technickej v Košiciach jeho prví žiaci a neskoršie profesori, prof. V. Zorkovský, prof. J. Šalát, prof. L. Rozložník, prof. V. Radzo. O rozvoj baníctva sa pričinila aj neskôr pôsobiaca generácia na Katedre geológie a mineralógie, ale aj dnešní pracovníci Ústavu geovied Fakulty baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií Technickej univerzity v Košiciach (Floreková, 2012).

Po výrazných zmenách našej spoločnosti v roku 1989 dochádza v rámci demokratizačného procesu aj k zmenám v školstve, čoho dôsledkom je postupná vnútorná prestavba štúdia súvisiaca s prudkým rozvojom informatiky, výpočtovej techniky atď..

Tieto zmeny priniesli aj zmenu názvu našej Vysokej školy technickej na Technickú univerzitu v Košiciach v zmysle zákona SNR zo dňa 1. apríla 1991 a v roku 1994 aj zmenu Baníckej fakulty na Fakultu baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií Technickej univerzity v Košiciach (F BERG TUKE). Transformáciou fakulty v roku 1994 došlo k jej dynamickejšiemu rozvoju v nových podmienkach a okrem tradičných baníckych odborov tu majú svoje pole pôsobnosti aj netradičné smery geotechnológií, informatiky, riadenia výrobných procesov, ale aj ekológie a geológie. Geologické disciplíny sú pestované v samostatnom odbore „geoprieskum“ a v menšej miere ako v minulosti sú s geológiou oboznamovaní aj študenti ostatných odborov. Prehľad o súčasnom vývoji Fakulty BERG TU v Košiciach je zosumarizovaný v publikácii (Floreková, 2012), ktorá bola vydaná pri príležitosti 60. výročia založenia VŠT v Košiciach.

Abstrakty z prednáškového popoludnia 8. novembra 2012

Z. NÉMETH a M. RADVANEC: **Variská tektonická stavba a alpínsky prepis zóny Dobšiná – Hnilec v severnom gemeriku: koexistencia dvoch nesúvekých akrečných priziem?**

Podobne ako vo východnej časti severogemerickej zóny (oblasť Jakloviec), aj v jej západnej časti – v severnom okolí Dobšinej – sme získali nové štruktúrne dôkazy o severovergentnosti alpínskeho príkrovového presunutia melanžového serpentinizovaného telesa. V rámci povrchového lomu na chryzotilový azbest boli zistené tri šošovky s prejavmi vysokotlakovej metamorfózy, pričom petrologický výskum preukázal glaukofanit, Fe-glaukofanitovo-riebeckitovú horninu a granatický pyroxenit. Tieto vysokotlakové metamorfity boli v oblasti pôvodného subdukčného kanála exhumované z rôznych hĺbok a potom alpínsky (v spodnej kriede) severovergentne presunuté ponad gemerikum v melanžovom príkrovovom telese spolu so serpentinitmi a karbonátmi. Prítomnosť blokov vysokotlakových metamorfitov v lome pri Dobšinej uvádzajú aj Ivan (2007), Ivan a Méres (2009) a interpretujú ich v spojitosti s hačavskou formáciou príkrovu Bôrky.

Kinematiku transportu sme študovali v eróznej ryhe v severnej časti dobývky dosahujúcej bázu presunu, ale tiež v štôlni vo východnej časti serpentinizovaného telesa. Štúdium vzájomného prepisu štruktúr v štôlni preukázalo ako najstaršie severovergentné, až severovýchodovergentné subhorizontálne presunové plochy (presun príkrovu; alpínske deformačné štádium AD_{1a}), ktoré boli následne imbrikované S – SV-vergentnými prešmykmi so sklonom cca 45° k JZ (AD_{1b}). Viaceré bloky kompaktnejšieho serpentinitu vykazovali znaky rotácie rovnakej vergencie. Tieto staršie alpínske štruktúry boli neskôr prestúpené subvertikálnymi strižnými zónami priebehu SZ – JV z deformačného štádia AD_3. Vďaka veľkej plasticite, ale aj reologickej rôznorodosti tektonizovaného materiálu je vzájomný štruktúrny prepis v štôlni mimoriadne názorný a jej zachovanie ako významnej geologickej lokality sa stáva nanajvýš aktuálnym.

Pozoruhodnosťou severogemerickej zóny je výskyt vyššie uvedených alpínskych plocho ležiacich tektonických trosiek (Jaklovce, Dobšiná) na paleozoických až triasových horninách gemerika (rakoveckej, dobšinskej, krompašskej a stratenskej skupiny). Tieto horniny gemerika v podloží vykazujú nielen alpínsku severovergentnú krehkú až krehko-duktilnú imbrikáciu (AD_{1b}), ale hlavne (v rakoveckej zóne) aj staršiu – protiklonnú juhovergentnú pravostrannú transpresnú duktilnú exhumáciu variského deformačného štádia VD_1 (vrchný serpuchov-pensylván). Dvojnásobný tektonický prepis v severogemerickej zóne je teda produktom juhovergentnej exhumácie a kolízie v prostredí variskej akrečnej prizmy (rakovecká geosutúra) a tiež mladšej – alpínskej severovergentnej imbrikácie (AD_{1b}), ktorá progradovala smerom na sever z juhogemerickej zóny po priestorovej redukcii v nej a po presune príkrovu Bôrky do severogemerickej zóny (AD_{1a}). Z pohľadu spodnokriedovej tektogenézy reprezentuje teda celé gemerikum, vrátane severogemerickej zóny, alpínsku severovergentnú akrečnú prizmu so zachovanými reliktmi variskej akrečnej prizmy kontrastnej tektogenézy.

S. SZABÓ, I. JURÍK a L. NOVOTNÝ: **Nové poznatky o geologicko-litostratigrafickej stavbe ložiska U-Mo rúd Košice I-Kurišková**

Ložisko Kurišková sa nachádza v permskom vulkanicko-sedimentárnom petrovohorskom súvrství ako súčasť krompašskej skupiny.

V priestore vlastného ložiska a jeho okolia je vyvinutých 5 tektonických blokov. Vrstvy hornín majú priebeh JV – SZ s úklonom k JZ. V priestore vlastného ložiska je zastúpené petrovohorské a knolské súvrstvie. U-Mo mineralizácia sa nachádza v hutianskom vulkanicko-sedimentárnom komplexe a je zastúpená uraninitom, coffinitom, zriedkavo branneritom a v hlavnej polohe je doprevádzaná molybdenitom. Cu mineralizácia je zastúpená tennantitom a chalkopyritom, čiastočne bornitom a chalkozínom.

V podloží ložiska vystupujú markušovské pieskovce (knolské súvrstvie) s fialovými aleurolitmi (bridlice) a polohami jemnozrnných svetlozelených až tmavozelených pieskovcov.

Fialové aleurolity prechádzajú plynule do nadložia, do jemnozrnných svetlo- až sivozelených metatufov, v ktorých je vyvinutá (hlavná) rudná poloha s U-Mo mineralizáciou. V SV časti ložiska sú vyvinuté polohy čiernohorských zlepencov sivej farby, ktoré tvoria bázu petrovohorského súvrstvia. V nadloží čiernohorských zlepencov vystupujú polohy jemno- až hrubozrnných svetlozelených až sivozelených pieskovcov a polohy svetlozelených, fialových sedimentov (bridlíc). Vystupuje v nich podložná rudná poloha hlavne v SV časti ložiska. Označujeme ich ako spodné prechodné vrstvy (sú to nové údaje).

Nadložné teleso vulkanitov je tvorené sivými až sivozelenými bazaltoidnými metaandezitmi až metabazaltmi, v ktorých vystupuje lokálna žilníková U mineralizácia (2. rudná poloha).

V nadloží týchto metavulkanitov vystupujú vrstvy nadložných masívnych metatufov súvisiacich s týmito vulkanitmi, sivozelenej, sivej farby s výskytmi žilníkovej U-Mo mineralizácie (3. rudná poloha). V nadložných metatufoch je vyvinutá sedimentárna poloha bridlíc fialovej, miestami zelenej farby s U-Mo mineralizáciou označovaná ako rudná poloha 45.

Celý komplex nadložných metatufov, metavulkanitov, vrátane podložných metatufov, zaraďujeme k hutnianskemu vulkanicko--sedimentárnemu komplexu.

Smerom do nadložia sú vyčlenené prechodné tufogénne vrstvy s pestrými metatufmi, v ich nadloží vystupujú kyslé metatufy, piesčité, lapilové, bombové (až vulkanické brekcie) často chloritizované, svetlozelenej, fialovej až sivej farby, ktoré zaraďujeme ku grúnskemu vulkanicko-sedimentárnemu komplexu. Nadložné novoveské súvrstvie nie je v priestore vlastného ložiska zachované, vystupuje len západne od ložiska a je zastúpené strážanskými vrstvami.

S. JACKO, R. FARKAŠOVSKÝ, J. KONDELA a T. SASVÁRI: **Predbežné výsledky štruktúrneho výskumu v oblasti žily Mária (východná časť rožňavského rudného poľa)**

Východná časť rožňavského rudného poľa je generálne budovaná porfyroidmi vystupujúcimi na povrch v oblasti Tri Vrchy – Rákoš – Rozgang a nadložnými kvarcitickými metapsamitmi, metapsamitmi a viacvarietnými fylitmi. Na uvedené horniny sa viažu viaceré žilné systémy, avšak k najvýznamnejším patrí žila Mária a s ňou paralelná Strieborná žila. SV – JZ priebeh žily Mária je kontrolovaný smernými strižnými systémami zlomov, na ktorých je žila Mária výrazne sigmoidálne ohnutá. Strieborná žila má rovnaký smer a sklon, avšak jej priebeh je limitovaný úrovňou Čučmianskej doliny, kde je žilný systém ukončený. Výrazná genetická a štruktúrna podobnosť medzi obidvoma žilnými systémami otvorila otázku pokračovania Striebornej žily smerom na SV, tak ako v prípade žily Mária. Štruktúrny výskum realizovaný v širšom okolí obidvoch žilných systémov poukázal na prítomnosť viacerých tektonických štruktúr, ktoré výrazne modifikovali priebeh žily Mária a zrejme aj Striebornej žily. Z výsledkov štruktúrnych meraní sme doložili SV – JZ výrazné zmeny smeru, sklonu bridličnatosti a litologického zloženia. Táto zmena je kontrolovaná aj zmenou litológie. Bridličnatosť pri JZ okraji profilu má generálne SSV – JJZ smer so sklonom k VJV resp. ZSZ. Smerom na SV dochádza k postupnej reorientácii bridličnatosti a ohybu vrstiev do SV – JZ smeru so stredným sklonom k JV. Celá študovaná oblasť je segmentovaná reaktivovanými strižnými zónami, ktoré sú orientované v smere SV – JZ. Strižné zóny sú situované penetratívne, pričom vzdialenosť medzi nimi je od 100 do 300 m. Najvýznamnejšie strižné zóny sú situované v oblasti medzi Čučmou a Rožňavským údolím, t. j. miesto, kde je amputovaná Strieborná žila. Súčasťou strižných zón sú aj prízlomové vrásy s priebehom osí vrás v smere SSV – JJZ a SV – JZ. Reorientácia smeru vrásovej osi sleduje aj zmenu smeru bridličnatosti, čím si vysvetľujeme variabilitu smeru bridličnatosti ako dôsledok pohybu na strižných zónach. Súčasťou štruktúrneho inventára sú aj budiny reprezentujúce duktilno-krehké prostredie deformácie hornín, keď došlo k vytiahnutiu a vybudinovaniu kompetentných hornín. Existencia takýchto budín bola často doložená južne od Rožňavskej doliny, čiže v priestore predpokladanej amputácie Striebornej žily, ale aj v oblasti Zvonivej žily na styku Rožňavskej a Čučmianskej doliny. Prítomnosť mladej kvarciticko-sideritovej mineralizácie je úzko spätá s tvorbou extenzných štruktúr, ktoré sa tvorili v čase iniciovania strižných zón, kde predpokladáme, že ide o AC plochy strižných vrás impregnované v mladšom vývoji mineralizácie rudného poľa. Vznik žíl a ich mineralizácie v oblasti Striebornej žily a žily Mária súvisí s rovnakými etapami rudnej mineralizácie, ale aj rovnakými etapami štruktúrnej deformácie. Ako už bolo uvedené, celá skúmaná oblasť je porušená viacerými strižnými zlomami, ktoré výrazne narušili pôvodný „lineárny" priebeh mineralizovaných žíl, pričom ako sme už preukázali, tieto deformácie spôsobili flexúrovitý ohyb žily Mária, čo je doložené na povrchu banskými prácami, ale aj geofyzikálnymi anomáliami. Ak predpokladáme, že Strieborná žila je geneticky aj vekovo totožná so žilou Mária, je viac ako pravdepodobné, že hľadané pokračovanie Striebornej žily, resp. hornín, kde by sa mala vyskytovať, bude obdobné. Na základe štruktúrnych podkladov boli realizované geofyzikálne CSAMT profily (Komoň et al., 2012), ktoré potvrdili výrazné nízko-/vysoko- odporové rozhrania, ktoré považujeme (na základe analógie s ložiskom Mária) za pravdepodobné miesta výskytu pokračovania Striebornej žily na severovýchod. Tento príspevok vznikol vďaka podpore z operačného programu Výskum a vývoj ITMS: 26220220031 „Nové detekčné metódy a technológie pre získavanie nekonvenčných energetických zdrojov Zeme".

M. KOVÁČIK, J. BÓNA, Ľ. GAZDAČKO, J. KOBULSKÝ, J. MAGLAY, M. KUČERA, K. ŽECOVÁ, J. DERCO, A. ZLINSKÁ, Z. SIRÁŇOVÁ, D. BOOROVÁ, K. BÓNOVÁ, S. BUČEK, Ľ. KUCHARIČ, P. KUBEŠ, N. BAČOVÁ, Ľ. PETRO a H. VANĚKOVÁ: **Geologická mapa Nízkych Beskýd--západná časť v mierke 1 : 50 000 s vysvetlivkami a ich prínos k poznaniu geológie flyšového pásma a kvartéru východnej časti vonkajších Západných Karpát**

Geologická mapa Nízke Beskydy-západná časť v mierke 1 : 50 000 (Kováčik et al., 2011) a vysvetlivky k nej (Kováčik et al., 2012) prinášajú nové informácie o geológii, tektonike, geofyzikálnych pomeroch, nerastných surovinách, hydrogeológii a o geofaktoroch životného prostredia v západnej časti Nízkych Beskýd. Pri spracúvaní celého spektra problematiky týkajúcej sa geológie sledovaného regiónu bol použitý multidisciplinárny prístup. Na základe nového detailného geologického mapovania v mierke 1 : 25 000 (Kováčik et al., 2008, 2010) sa využitím špeciálneho výskumu (štruktúrnogeologického, litofaciálneho, sedimentologického, biostratigrafického a mineralogicko-petrografického), ako aj laboratórnych prác zhodnotilo územie s rozlohou 1 015 km^2.

Na geologickej stavbe regiónu sa zúčastňujú jednotky flyšového pásma vonkajších Západných Karpát, na ktorých sú erozívne a diskordantne uložené kvartérne sedimenty. Flyšové pásmo sa skladá z niekoľkých bezkoreňových príkrovov presunutých na S na neogénne molasové sedimenty karpatskej predhlbne. V skúmanom území ho zastupuje magurský príkrov a grybowská jednotka. Magurský príkrov sa skladá z niekoľkých čiastkových tektonicko-litofaciálnych násunových jednotiek (vonkajšej a vnútornej račianskej, bystrickej a krynickej jednotky). Pre každú z nich je charakteristická vlastná litostratigrafia a tektonika. Litologickou náplňou týchto jednotiek sú prevažne siliciklastické hlbokovodné sedimenty mladokriedového až oligocénneho veku.

Z celého radu dosiahnutých výsledkov získaných výskumom vo vymedzenom regióne môžeme spomenúť nasledujúce: 1. definícia nových a redefinícia už známych litostratigrafických jednotiek (napr. spodná časť belovežského súvrstvia račianskej jednotky bola definovaná ako mrázovské vrstvy), 2. detailnejšie faciálne členenie litostratigrafických jednotiek (prakticky každé súvrstvie sa v porovnaní so staršími geologickými mapami faciálne detailnejšie rozčlenilo, fácie sa podrobne litologicky, sedimentologicky, mineralogicko-petrograficky charakterizovali a pokiaľ to bolo možné, stanovil sa ich stratigrafický rozsah), 3. nové poznatky o sedimentológii (presný opis litofácií a interpretácia depozičných procesov, definovanie litofaciálnych asociácií a interpretácia depozičných prostredí, nové poznatky o paleoprúdení v magurskom bazéne), 4. nové poznatky o proveniencii (stanovenie zdrojových hornín a predpokladanej znosovej oblasti na základe analýzy ťažkých minerálov separovaných z pieskovcov a zlepencov magurskej jednotky a mikrobiofaciálneho štúdia karbonátov z exotických obliakov), 5. nové poznatky o biostratigrafii (stanovovanie veku vyčlenených litostratigrafických jednotiek na základe nanoplanktónu a foraminifer), 6. nové poznatky o kvartérnom pokryve (detailné faciálne a stratigrafické členenie kvartérneho pokryvu sa odráža v pestrejšom kartografickom zobrazení vyčlenených fácií na väčšej ploche), 7. nové poznatky o tektonike (zvýraznenie vrásovo-šupinovej stavby flyšového pásma na skúmanom území, detailné hierarchické rozčlenenie jednotlivých tektonicko-litofaciálnych jednotiek na štruktúry nižšieho radu – šupiny, synklinály a antiklinály, synklinálne a antiklinálne pásma, synklinóriá a antiklinóriá, štruktúrno-tektonická schéma v mierke 1 : 100 000, klasifikácia vrás, zlomov a puklín a interpretácia ich genézy, nové poznatky o neotektonike skúmaného územia).

Okrem spomenutých najdôležitejších výsledkov boli súhrnne spracované aj všetky doteraz známe poznatky o geofyzikálnej charakteristike, nerastných surovinách, hydrogeológii a geofaktoroch životného prostredia regiónu. Podaný bol tiež opis významných geologických lokalít nachádzajúcich sa na študovanom území.

Množstvo získaných informácií a poznatkov o geologickej stavbe západnej časti Nízkych Beskýd zároveň nastolilo aj nové otázky, úlohy a problémy, ktoré poukazujú na nevyhnutnosť pokračovať v ďalšom výskume v samotnom skúmanom území (nadstavbové projekty na riešenie otázok týkajúcich sa sedimentologického, štruktúrnogeologického, biostratigrafického a mineralogicko-petrografického výskumu flyšových sedimentov) alebo v regiónoch, ktoré s ním bezprostredne susedia.

J. GUMÁŇOVÁ a J. JANOČKO: **Moderné gravitačné sedimenty Tatier**

Poznanie procesu transportu a výslednej depozičnej formy hrubozrnných gravitačných sedimentov vyskytujúcich sa v oblastiach s vysokou energiou reliéfu (vysoké pohoria, podmorské svahy, aktívne tektonické depresie) prináša nový pohľad na morfogenézu pohorí, ale aj na geometriu výsledných foriem sedimentov, ktorá je často objektom záujmu ložiskových geológov. Cieľom tejto štúdie je analýza procesov a foriem sedimentov, ktoré sú dominantné v oblasti záveru Veľkej studenej doliny. Výsledky budú tvoriť podklad na ďalšie úvahy o vývoji reliéfu v analogických oblastiach a o možnostiach ich použitia na porozumenie stavby uhľovodíkových ložísk tvorených hruboklastickými gravitačnými sedimentmi.

Záver Veľkej studenej doliny je z veľkej miery tvorený mladými kvartérnymi sedimentmi, reprezentovanými predovšetkým glaciálnymi sedimentmi, podieľajúcimi sa na glaciálnom reliéfe tejto časti doliny, a mladými holocénnymi gravitačnými sedimentmi, tvoriacimi takmer súvislé lemy strmých skalných stien. Podľa tvaru možno v týchto lemoch rozlíšiť viaceré formy, z ktorých prevládajú osypové kužele a kamenné moria.

Analýza sedimentov osypových kužeľov ukázala komplexnosť procesov, ktoré ich formujú, od čoho sa odvíja aj rôznorodosť ich tvaru. Väčšina študovaných kužeľov mala v proximálnej časti vyvinutý hlboký a široký kanál, ktorý sa smerom k čelu kužeľa splytčoval a rozširoval. Latelárne je obmedzený agradačnými valmi, tie sú občasne pretrhnuté prietržovými deltami. V distálnych častiach osypových kužeľov sú vyvinuté viaceré jednoduché alebo zložené laloky, ktoré sa navzájom často spájajú.

Na dne kanálov v proximálnej časti kužeľov sa nachádzajú veľké bloky (do 3 m), často tvoriace priečne bariéry zachytávajúce menšie úlomky hornín. Steny kanála sú tvorené hrubozrnnými angulárnymi úlomkami (s priemernou veľkosťou 10 cm), ktoré majú podpornú štruktúru klastov. Medzerná hmota je nevytriedený hrubozrnný piesok. Vo vertikálnych zárezoch vidieť občasnú vrstevnatosť týchto sedimentov, ktorá ukazuje striedanie hrubozrnnejších a jemnozrnnejších polôh.

Agradačné valy, vyvinuté v distálnejších častiach kužeľa, ako aj distálne laloky sú tvorené úlomkami subangulárneho až suboválneho tvaru. Ich opracovanosť závisí od dĺžky transportu. Imbrikácia klastov meraná v agradačných valoch a lalokoch je prednostne orientovaná paralelne so smerom transportu prúdu.

Agradačné valy boli niekedy počas katastrofických prívalov sedimentu pretrhnuté s následným vývojom prietržovej delty mimo hlavného „distribučného“ kanála. Štúdium distribúcie veľkosti úlomkov v týchto deltách ukazuje, že väčšie úlomky sú uložené v distálnejších častiach delt.

Analýza procesov v akumuláciách gravitačných sedimentov v závere Veľkej studenej doliny poukázala na komplexnosť pri ich tvorbe. Na vzniku akumulácií sa podieľali predovšetkým gravitačné odvaly, gravitačné prúdy a úlomkové prúdy spolu so zrnotokmi a plazením.

Poďakovanie. Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

R. FARKAŠOVSKÝ a M. ZACHAROV: **Štúdium prepracovania hornín na účely termického hĺbenia**

Termické hĺbenie vrtov predstavuje jednu z možných technológií na získavanie a využívanie energetických zdrojov Zeme. Výskum tejto technológie súvisí s výskumom horninového prostredia, v ktorom bude termické hĺbenie vrtov vykonávané. Dôležitou súčasťou výskumu je spracovanie makroskopických a mikroskopických charakteristík hornín po ich vystavení vysokým teplotám. Pokusy s termickým hĺbením boli realizované v laboratórnych podmienkach na niekoľkých typoch magmatických a sedimentárnych hornín. Počas experimentov boli horniny vystavené pôsobeniu plameňa s teplotou 1 700 – 1 800 °C počas dvoch minút.

Zmeny v horninách súvisiace s procesom termického hĺbenia boli študované na rezoch makroskopickými vzorkami a v plochách výbrusov. Plochy študovaných výbrusov boli vedené naprieč termicky hĺbenými otvormi, prípadne pretínali vzorky v blízkosti hĺbených otvorov paralelne s ich osou.

Makroskopický a mikroskopický výskum zahŕňal: petrografickú charakteristiku (názov a zaradenie horniny, textúra a štruktúra horniny, minerálne zloženie), štruktúrnu charakteristiku hornín (predovšetkým krehké porušenie horniny a minerálov, systémy štiepateľnosti) pred a po termickom hĺbení; pozorovanie vyhĺbených priestorov (parametre ústia hĺbeného otvoru, rozmery a tvar hĺbeného otvoru, tvar a distribúcia stuhnutej taveniny); pozorovanie termickej aureoly (rozmery, farba, tvar); analýzu deformácie a premeny minerálov a štruktúry hornín v najbližšom okolí termicky hĺbených otvorov; charakteristiku tavenín; charakteristiku trhlín (typ, vertikálny a laterálny dosah, orientácia, otvorenosť); výplň a prienik taveniny do trhlín.

Po procese termického hĺbenia boli v testovaných vzorkách vyčlenené rôzne štruktúrne zóny v závislosti od charakteru porušenia horniny termickým účinkom. V bezprostrednej blízkosti hĺbeného priestoru sa vytvorila zóna skla so sférickými bublinami a prvkami fluidálnej štruktúry. V smere od okraja hĺbeného priestoru sa v skle zvyšuje podiel úlomkov minerálov a hornín. Ďalšie zóny predstavujú

časti horniny zreteľne porušené účinkom termického hĺbenia. Termický efekt sa prejavuje v závislosti od typu horniny výrazným porušením mikrotrhlinami, prípadne premenami minerálov termickým účinkom. Niektoré zo vzniknutých mikrotrhlín porušujú väčšiu časť horniny, niektoré len blízke okolie hĺbeného priestoru, iné predstavujú drobné poruchy na úrovni plôch štiepateľnosti jednotlivých minerálov. Predpokladané prenikanie roztaveného materiálu do trhlín nebolo pozorované.

Detailné štúdium termického prepracovania hornín v laboratórnych podmienkach v makro- aj mikromierke môže priniesť dôležité informácie pre aplikáciu technológie termického hĺbenia v teréne. Pre komplexné testovanie správania sa hornín pri termickom hĺbení je nevyhnutné rozšíriť skupinu študovaných hornín. Vybrané horniny by mali reprezentovať široké spektrum genetických typov s rôznym minerálnym zložením, chemizmom, textúrnou aj štruktúrnou charakteristikou. Zvláštnu pozornosť by bolo vhodné venovať horninám s anizotropnou stavbou (planárne a lineárne stavby), tektonitom (súdržné a nesúdržné kataklazity, mylonity) a nespevneným sedimentom.

Poďakovanie. Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

60 rokov geológie v Spišskej Novej Vsi

60 years of geology in Spišská Nová Ves

Peter Baláž
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum Spišská Nová Ves

Abstract: *Article reports about the seminar and celebration of the 60th anniversary of geology in the town of Spišská Nová Ves. Altogether 12 presentations covered evolution and history of economic geology, geophysics, geochemistry, hydrogeology, petrology, geoanalytical laboratories and mathematical methods in geology. In celebration, besides the recent and former employees of the State Geological Institute of Dionýz Štúr and former state enterprises Geologický prieskum, š. p., and Slovenská geológia, š. p., also guests from the Ministry of Environment of Slovak Republic, mayor of Spišská Nová Ves town, representatives of self-government, geological and other organizations took part. The seminar and celebration were accompanied by photo exhibition of geological works and Cantus Villa Nova choir performance.*

Key words: *history of geology, seminar, Spišská Nová Ves, Slovakia*

Slávnostný seminár pri príležitosti 60. výročia vzniku organizovaného štátneho geologického prieskumu a výskumu v Spišskej Novej Vsi sa uskutočnil 11. decembra 2012 na pôde ŠGÚDŠ v regionálnom centre Spišská Nová Ves. Na seminári a následných oslavách sa zúčastnili súčasní aj bývalí zamestnanci, zástupcovia ŠGÚDŠ z Košíc, zástupcovia Ministerstva životného prostredia SR, primátor a zástupcovia mesta Spišská Nová Ves, predstavitelia samosprávy, Múzea Spiša, reprezentanti geologických organizácií a ďalší hostia.

Primátor mesta Spišská Nová Ves, PhDr. Ján Volný, PhD., a riaditeľka Múzea Spiša Ing. Zuzana Krempaská odovzdali RC pamätné listy.

Počas seminára odznelo 12 prednášok pokrývajúcich témy histórie ložiskovej geológie (autori M. Fabian, J. Hudáček, P. Baláž), geofyziky (J. Komoň, A. Gluch), geochémie (S. Pramuka), hydrogeológie (S. Cicmanová, P. Bajtoš, D. Cabala), petrológie (M. Radvanec), geoanalytických laboratórií (D. Mackových) a použitia matematických metód a výpočtovej techniky v geológii (M. Dvorčáková, P. Šesták). Mimoriadne zaujímavé boli prednášky a najmä osobné spomienky P. Greculu (Geologicko-ložisková štúdia Spišsko-gemerského rudohoria), H. Mjartanovej (Geoanalytické laboratóriá) a T. Furiela (Geologický prieskum na Cu-Mo ložisku Erdentuin – Mongolsko).

Seminár doplnila výstava historických aj súčasných fotografií dokumentujúca vykonávané geologické terénne i kamerálne práce. Po skončení prednáškových blokov vystúpil spevácky zbor Cantus Villa Nova. Mnohí jeho členovia začínali v miešanom speváckom zbore Geológ, založenom v roku 1988 pri Geologickom prieskume.

Geológia je úzko spätá s mestom, ako aj regiónom Spiša a má svoje nezastupiteľné miesto v jeho histórii i súčasnosti. História organizácií geologického prieskumu a výskumu v Spišskej Novej Vsi začína rokom 1952, keď vznikol Východoslovenský rudný prieskum. Podnik v rokoch 1952 – 1958 zabezpečoval výpočty zásob v ťažobných závodoch Železorudných baní a Rudných baní najmä v priestore Spišsko-gemerského rudohoria, vykonával geologický prieskum rudných surovín (antimón, meď, železná ruda), ale aj azbestu, vápenca, sadrovca, magnezitu, stavebného kameňa a tehliarskej suroviny.

V roku 1958 dochádza k zjednoteniu geologického prieskumu a geologickej služby rozptýlenej vo viacerých národných podnikoch do organizácie Geologický prieskum.


1


2


3


4


5


6


7


8

Podnik sídlil najskôr v Turčianskych Tepliciach, od roku 1961 v Žiline. Ďalšia zmena nastala v roku 1965, keď sa rozdelil na Geologický prieskum so sídlom v Spišskej Novej Vsi s celoslovenskou pôsobnosťou v ložiskovej geológii a IGHP so sídlom v Žiline s celoslovenskou pôsobnosťou v inžinierskej geológii a hydrogeológii. Národnému podniku Geologický prieskum v Spišskej Novej Vsi boli podriadené prevádzkové závody v Spišskej Novej Vsi, Rožňave, Turčianskych Tepliciach, Novej Bani a Geologická služba podniku v Spišskej Novej Vsi, Košiciach, Rožňave, Banskej Bystrici, Žiline, Banskej Štiavnici a Bratislave.

Výsledkom činnosti organizácie do roku 1989 bolo objavenie a preskúmanie cca 750 ložísk s geologickými zásobami vyše 17 miliárd ton. Na území Spiša a Gemera sa geologický prieskum sústredil najmä na železné rudy, mangán, meď, cín, ortuť, hliníkové rudy, nikel, kobalt, pyrit, síru, magnezit, talk, cementárske suroviny, vápenec, kremeň, azbest, sadrovec, stavebný kameň, dekoračný kameň a tehliarske suroviny. Pôsobnosť spišskonovoveskej organizácie geologického prieskumu sa neobmedzovala len na priľahlý región, záverečné správy výskumu a výpočty zásob zahŕňajú celé územie Slovenska a celú škálu nerastných surovín.

V roku 1994 bol na základe rozhodnutia ministra životného prostredia zrušený štátny podnik Geologický prieskum a zakladajúcou listinou bol zriadený štátny podnik Slovenská geológia. Ďalším rozhodnutím ministra životného prostredia z roku 1995 bol podnik začlenený spolu s Geologickým ústavom Dionýza Štúra a Geofondom Bratislava do príspevkovej organizácie Geologická služba Slovenskej republiky. V roku 2000 bola Geologická služba Slovenskej republiky rozhodnutím ministra životného prostredia premenovaná na Štátny geologický ústav Dionýza Štúra. V súčasnosti je Spišská Nová Ves sídlom jedného z regionálnych centier.



Obr. 1. Primátor mesta Spišská Nová Ves PhDr. Ján Volný, PhD., a vedúci Regionálneho centra Spišská Nová Ves Ing. Peter Baláž, PhD., po odovzdaní Pamätného listu mesta.

Fig. 1. Mayor of Spišská Nová Ves PhDr. Ján Volný, PhD., and Head of Regional centre Spišská Nová Ves Ing. Peter Baláž, PhD., after receiving the honour of the Town Memorial Letter.

Obr. 2. Príhovor primátora mesta Spišská Nová Ves PhDr. Jána Volného, PhD.

Fig. 2. Mayor´s speech (PhDr. Ján Volný, PhD).

Obr. 3. Príhovor zástupcu Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky RNDr. Borisa Antala, CSc.

Fig. 3. Address speach by RNDr. Boris Antal, CSc., representative of the Ministry of Environment of Slovak Republic.

Obr. 4 – 6. Účastníci slávnostného seminára.

Figs. 4 – 6. Seminar participants.

Obr. 7. V priestoroch pred kongresovou halou bola inštalovaná výstava fotografií dokumentujúca geologické práce pracovníkov Regionálneho centra Spišská Nová Ves.

Fig. 7. Photo exhibition installed in the lounge in front of ŠGÚDŠ congress hall (geological works of Regional centre Spišská Nová Ves staff).

Obr. 8. Prednáška Dr. Pavla Greculu na tému Geologicko-ložisková štúdia Spišsko-gemerského rudohoria.

Fig. 8. Lecture about Geological-deposit study of the Spiš-Gemer Ore Mts. by Dr. Pavol Grecula.

Obr. 9. Vystúpenie speváckeho súboru Cantus Villa Nova, ktorého mnohí členovia začínali v miešanom speváckom zbore Geológ, založenom pri Geologickom prieskume v roku 1988.

Fig. 9. Choir performance by Cantus Villa Nova. A great number of its members started their singing carreer in the Mixed choir Geológ, established in the frame of enterprise Geologický prieskum in 1988.

Zdravica k významnému životnému jubileu člena – korešpondenta SAV RNDr. Ota Fusána, DrSc.

Greetings to significant life jubilee of RNDr. Oto Fusán, DrSc.



Jubilant sa narodil 30. marca 1922 v Dolnej Tureckej (obec Staré Hory). Po piatich rokoch ľudovej školy, ktorú vychodil v rodisku, študoval na štátnom reálnom gymnáziu v Banskej Bystrici. Po maturite v roku 1941 sa zapísal na Prírodovedeckú fakultu Slovenskej univerzity v Bratislave, kde sa venoval štúdiu prírodopisu a zemepisu. Už v roku 1945 sa stal pomocným asistentom vynikajúceho vedca profesora D. Andrusova v Geologicko-paleontologickom ústave PFUK, v r. 1947 jeho riadnym asistentom. Láska k prírode a náklonnosť k baníctvu, ovplyvnená rodným krajom a zdedená po otcovi-baníkovi, rozhodli, že posledné roky štúdia venoval hlavne geológii. Vysokoškolské štúdium ukončil v roku 1947. Po vypracovaní rigoróznej práce Geológia západného okolia Rožňavy a po jej obhájení získal v roku 1948 titul RNDr.. V tom istom roku nastúpil do služieb Geologického ústavu D. Štúra.

Začiatok odbornej kariéry O. Fusána, rovnako ako celej jeho generácie, bol spätý s bezprostrednými potrebami praxe, ako ich diktovali povojnové časy. Pracoval v odbore inžinierskej geológie najmä pre vodné diela na Orave, Váhu a Hornáde, železničné stavby a v ložiskovej geológii. Od roku 1952 bol vedúcim oddelenia paleozoika. Od roku 1951 až do roku 1959 sa venoval Spišsko-gemerskému rudohoriu, priľahlej Čiernej hore a čiastočne Branisku. Geológovia, ktorí dôverne poznajú zložitú geologickú problematiku týchto horstiev, oceňujú priekopnícku prácu O. Fusána o litostratigrafii paleozoika i mezozoika, jeho postuláty o stavbe a tektogenéze. Oceniteľné sú aj geologické mapy, z ktorých geologická mapa Spišsko-gemerského rudohoria v mierke 1 : 100 000 bola prvou publikovanou mapou celého rudohoria. Vďaka bohatým skúsenostiam z regionálnej geológie vymenovali v roku 1959 O. Fusána za hlavného redaktora geologických generálnych máp ČSSR 1 : 200 000 pre územie Slovenska. Toto kolektívne dielo československých geológov bolo po ukončení vyznamenané Radom republiky. Po skončení tejto práce bol hlavným redaktorom slovenskej časti geologickej mapy ČSSR 1 : 1 000 000, pričom bol redaktorom listu Vysoké Tatry, Rimavská Sobota, Zvolen a Trebišov. Kandidátsku dizertačnú prácu obhájil v roku 1962. V rokoch 1964 – 1968 bol vedúcim odboru regionálneho výskumu v ústave. Od roku 1965 sa O. Fusán zameral najmä na výskum geologickej stavby podložia terciérnych sedimentov. Sústredil sa najmä na oblasť stredoslovenských neovulkanitov, a to v súvislosti s prognózami nerastných surovín viažucich sa na podložie produktov vulkanických aparátov. S kolektívom geológov a geofyzikov podal prvý obraz o morfoštruktúrach a stavbe podložia neovulkanitov a postupne ho rozšíril na Podunajskú, Juhoslovenskú a Východoslovenskú nížinu. Túto tematiku spracoval v dizertačnej práci, za ktorú dostal v roku 1970 hodnosť doktora vied. V polovici roka 1968 sa stal námestníkom riaditeľa a po odchode prof. dr. M. Kuthana bol vo februári 1969 vymenovaný za riaditeľa Geologického ústavu D. Štúra. Túto funkciu zastával do r. 1976, keď ho vystriedal Dr. J. Gašparík.



Bývalí riaditelia GÚDŠ, prvý nositeľ Ceny Dionýza Štúra O. Fusán počas slávnostného prihovoru. Foto: L. Martinský

V poslednej dekáde aktívnej činnosti sa venoval hlbinnej a blokovej stavbe Západných Karpát. Výsledky svojich výskumov zverejnil O. Fusán vo vyše 60 publikáciách zameraných najmä na litostratigrafiu, tektoniku a tektogenézu vnútorných Západných Karpát, z ktorých k najvýznamnejším patria *Outline of the Structure of West Carpathians* (1973, ako spoluautor s D. Andrusovom a J. Bystrickým) a *Tektonická mapa podložia terciéru vnútorných Západných Karpát* (1987, spolu s J. Plančárom, J. Ibrmajerom). Záslužná je aj jeho popularizačná práca, v rámci ktorej poznatky o geológii Slovenska pretlmočil do reči zrozumiteľnej širokej verejnosti v diele Slovensko II – Príroda.

Od oslobodenia, keď sa na širokej základni začala budovať geologická služba na Slovensku, sa aktívne a účinne zapojil prakticky do všetkých organizačných činností, ktorými geológia u nás prešla. V Geologickom ústave D. Štúra prešiel cez všetky stupne hierarchie, od radového pracovníka cez vedúceho oddelenia a výskumu až po riaditeľa ústavu (1969 – 1976). Vykonával mnohé funkcie v národných aj celoštátnych orgánoch, vo vedeckých, edičných a redakčných radách. V rokoch 1964 až 1966 bol tajomníkom československého výboru Karpatsko-balkánskej geologickej asociácie a v rokoch 1973 až 1977 bol jej prezidentom. Bol predsedom Československého národného geologického komitétu a predsedom Problémovej komisie IX. mnohostrannej spolupráce akadémií socialistických štátov. Bol dlhoročným aktívnym členom Slovenskej geologickej spoločnosti a od roku 1978 do roku 1981 bol predsedom jej ústredného výboru. Popri výskumnej a organizátorskej práci sa venoval aj výchove odborných kádrov. Počas svojho pôsobenia v ústave bol členom rôznych odborných a vedeckých komisií a inštitúcií. V rokoch 1956 až 1960 prednášal na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského historickú geológiu, viedol študentov pri diplomových prácach, bol školiteľom ašpirantov z geológie, predsedom komisie pre obhajobu kandidátskych dizertačných prác a členom komisie pre obhajobu doktorských prác.

Za vedeckú a organizačnú prácu jubilanta poctili radom vyznamenaní, ako napr. Najlepší pracovník geologickej služby (1960), Rad červenej zástavy práce (1968), Vyznamenanie za zásluhy o výstavbu (1970), Čestná plaketa D. Štúra za zásluhy v prírodných vedách SAV (1977), Pamätná medaila k 30. výročiu SNP. Ako popredný slovenský vedec bol v roku 1977 zvolený za člena-korešpondenta SAV. Do zaslúženého dôchodku odišiel v r. 1987. Pri príležitosti 70. výročia založenia ŠGÚDŠ v r. 2010 mu ako prvému bola odovzdaná Cena Dionýza Štúra za celoživotné dielo a prínos pre rozvoj ústavu.

K významnému životnému jubileu 90 rokov želáme jubilantovi veľa krásnych chvíľ v kruhu rodiny a pevné zdravie.

Adriena Zlinská

Oznam

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra nezmenil cenu predplatného časopisu *Mineralia Slovaca* na rok 2013 vrátane DPH (10 %).

Vzhľadom na to, že od januára 2013 Slovenská pošta upravila ceny smerom nahor, museli sme pristúpiť na úpravu ceny poštovného.

Ročné predplatné:	pre jednotlivcov	–	19,44 €
	pre členov Slovenskej geologickej spoločnosti a členov geologických asociácií	–	17,24 €
	pre organizácie v SR	–	23,84 €
	pre organizácie v zahraničí	–	41,84 €
Cena jedného čísla		–	4,50 €

Úhrada je možná prevodným príkazom alebo poštovou poukážkou:

Názov účtu:	Štátna pokladnica
Číslo účtu:	7000390960
Kód banky:	8180
Variabilný symbol:	2013

Zásielky, predplatné a reklamácie vybavuje Monika Vancáková
tel: 055/62 500 43 fax: 055/62 500 44 e-mail: monika.vancakova@geology.sk
secretary.ke@geology.sk

V zmysle rozhodnutia Vydavateľstva ŠGÚDŠ a Redakčnej rady časopisu *Mineralia Slovaca* zo dňa 7. 12. 2010 bolo počnúc číslom MS 4/2010 zavedené spoplatnenie tlače farebných strán v časopise sumou **40,00 €** (33,33 € + 6,67 € DPH) za jednu farebnú stranu časopisu v celom náklade daného čísla. Jedna farebná strana môže obsahovať aj niekoľko farebných obrázkov. Webová verzia časopisu bude celofarebná, t. j. vo farbe budú aj obrázky, ktorých farebné publikovanie nebolo zaplatené, a teda v časopise budú tlačené v čiernobielej verzii.

Platba je možná prevodným príkazom:

Názov účtu:	Štátna pokladnica
Číslo účtu:	7000390960
Kód banky:	8180
Variabilný symbol:	2013

Spoplatnenie publikovania stránok s farebnými obrázkami bolo iniciované požiadavkou zníženia celkových nákladov vydavateľstva ŠGÚDŠ.

Ing. Branislav Žec, CSc.
riaditeľ ŠGÚDŠ
predseda redakčnej rady *Mineralia Slovaca*

Inštrukcie autorom

Všeobecné inštrukcie

1. Rukopis v dvoch exemplároch a originály obrázkov musia byť zhotovené podľa inštrukcií pre autorov časopisu *Mineralia Slovaca.* V opačnom prípade redakcia článok vráti autorovi pred jeho zaslaním recenzentovi.
2. Rozsah článku je najviac 30 rukopisných strán včítane literatúry, obrázkov a vysvetliviek. Uverejnenie rozsiahlejších článkov musí schváliť redakčná rada a ich zaradenie do tlače bude zdĺhavejšie.
3. Články sa publikujú v slovenčine, češtine alebo v angličtine. Uprednostňuje sa angličtina. Abstrakt a skrátené znenie článku napísaného v slovenčine alebo češtine (resumé) musia byť v angličtine.
4. Text článku spracovaný v editore MS Word PC zašlite redakcii v dvoch vytlačených exemplároch s riadkovaním 2 a tiež na CD. Obrázky a tabuľky musia byť vytlačené samostatne vo formáte nepresahujúcom formát A4 a na CD uložené v samostatných súboroch.
5. Súčasne s článkom treba redakcii poslať autorské vyhlásenie, že nijaká časť rukopisu ešte nebola publikovaná a originálne sú aj obrázky. Kópie obrázkov z iných publikácií musia byť legalizované získaním práva na publikovanie. Vyhlásenie musí obsahovať meno autora (autorov), akademický titul a trvalé bydlisko.

Text

1. Úpravu textu aj zoznamu literatúry treba prispôsobiť súčasnej úprave článkov v časopise.
2. Text sa má písať s dvojitou linkovou medzerou (riadkovačom 2), na strane má byť približne 30 riadkov, šírka riadka je asi 60 znakov.
3. Abstrakt stručne sumarizujúci hlavné výsledky článku môže mať najviac 200 slov a nemá obsahovať citácie.
4. Text má mať úvod, charakteristiku (stav) skúmaného problému, použitú metodiku práce, zistené údaje a poznatky, diskusiu, záver a zoznam literatúry.
5. V článku treba zreteľne odlíšiť východiskové údaje od interpretácií.
6. Údaje z tabuliek a obrázkov v texte neopakovať, iba ich komentovať a odvolať sa na príslušnú tabuľku, resp. obrázok.
7. Text treba členiť nadpismi – hlavné písať do stredu a vedľajšie na ľavý okraj strany. Použiť možno najviac tri druhy hierarchických nadpisov a podľa dôležitosti ich vyznačiť ceruzkou na ľavom okraji strany: 1 – najvyšší, 2 – nižší, 3 – najnižší.
8. V texte sa uprednostňuje citácia v zátvorke, napr. (Dubčák, 1987; Hrubý et al., 1988), pred formou ... podľa Dubčáka (1987). Krstné (rodné) mená sa ani v jednom prípade neuvádzajú.
9. Umiestnenie obrázkov a tabuliek sa označí ceruzkou na ľavom okraji rukopisu. Nie je vhodné, aby text v editore MS Word obsahoval vložené obrázky.
10. Grécke písmená použité v texte treba identifikovať na ľavom okraji slovom (napr. sigma).
11. Pri písaní treba dôsledne odlišovať pomlčku od spojovníka.
12. Symboly, matematické značky, názvy skamenelín, slová a pod., ktoré sa majú vysádzať kurzívou, autor v rukopise podčiarkne vlnovkou.
13. Články napísané v slovenčine alebo češtine musia obsahovať anglický preklad názvu, abstraktu, kľúčových slov, resumé a popisov k obrázkom a tabuľkám.

Ilustrácie

1. Ilustrácie musia byť vysokej kvality, majú dokumentovať a vysvetľovať text. **Musia sa pripravovať s vedomím, že budú zmenšené na šírku stĺpca (81 mm) alebo strany (170 mm).** Tomu treba prispôsobiť ich veľkosť a formu, resp. zoskupenie. Vhodne upravený obrázok (veľkosť písmen, hrúbka čiar) možno reprodukovať aj v pomere 1 : 1, ale kresby (perovky) odporúčame urobiť väčšie, ako budú vytlačené. Perovky majú byť zhotovené sýtym čiernym tušom. Úmerne k predpokladanému zmenšeniu treba zvoliť hrúbku čiar, veľkosť písma, čísiel, hustotu šrafovania a pod. Obrázky treba popisovať šablónou, nie voľnou rukou. Optimálna veľkosť písma v časopise po zmenšení je pri veľkých písmenách a číslach 2 mm. Ak je článok v slovenčine, popisy v obrázkoch musia byť v slovenčine, ak je v angličtine, aj ilustrácie musia byť v angličtine. Originál (pred zmenšením) môže mať najviac 340 x 210 mm. **Maximálny rozmer ilustrácie vytlačený v časopise je 170 x 230 mm.** Skladacie ilustrácie treba podľa možnosti úplne vylúčiť.

Obrázky urobené na počítači musia byť vytlačené laserovou tlačiarňou v kamerálnej podobe pri vysokom rozlíšení (min. 300 DPI) a musia sa poslať spolu s textom na CD. **Pri počítačovej tvorbe obrázkov redakcia odporúča pracovať s programami vo vektorovom zobrazení (napr. Corel Draw).** Veľmi tenké čiary (tzv. vlasovej hrúbky) sa nesmú používať ani na obrysy, ani vo výplni. Vylučuje sa používanie softvérovej výplne (napr. v Corel Draw). Výplne v obrázkoch sa musia skladať zo samostatne vysádzaných objektov. Vhodné nie sú ani rastrové výplne.
2. Všetky ilustrácie včítane fotografií musia obsahovať grafickú (metrickú) mierku.
3. Zoskupené obrázky, napr. fotografie a 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.
4. Fotografie musia byť ostré, čiernobiele, kontrastné a vyhotovené na lesklom papieri. Je vhodné, aby sa pre tlač zmenšovali najmenej o 50 %. **Pri zasielaní fotografií vo forme počítačových súborov (vo formáte JPG alebo TIF) sa požaduje vysoké rozlíšenie – minimálne 600 DPI.**
5. Na všetkých obrázkoch sa na okraji (na fotografiách na zadnej strane) ceruzkou uvedie číslo obrázka a meno autora a na fotografiách sa šípkou označí aj orientácia obrázka.
6. Na mapách a profiloch treba voliť jednotné vysvetlivky, ktoré sa uvedú pri prvom obrázku.
7. Názvy obrázkov s vysvetlivkami treba priložiť k textu na osobitnom liste v slovenčine a v angličtine.
8. Všetky ilustrácie sa musia citovať v texte.
9. Ilustrácie sa zasielajú redakcii už imprimované. Pri korektúre ich už nemožno opravovať a dopĺňať.
10. Farebné ilustrácie vysokej kvality možno publikovať po dohode s vydavateľstvom.
11. Redakcia si vyhradzuje právo vrátiť autorovi grafické prílohy na opravu po jazykovej úprave, resp. požiadať o ich nahradenie za prílohy v požadovanej kvalite.

Tabuľky

1. Tabuľky treba písať na osobitný list. Ich rozsah a vnútornú úpravu limituje maximálna šírka tlačového stĺpca (81 mm) alebo strany (170 mm). **Rozsiahlejšie tabuľky sa neprijímajú.**
2. Údaje sa zaraďujú do tabuľky, iba ak sa nedajú uviesť v texte.
3. Vertikálne čiary sa v tabuľkách nepoužívajú.
4. Tabuľky sa číslujú priebežne a uverejňujú sa v číselnom poradí.

Literatúra

1. V zozname literatúry sa v abecednom poradí 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. „Osobná informácia“ sa cituje iba v texte (Zajac, os. informácia, 1988).
2. Spôsob uvádzania literatúry
Knižná publikácia
Gazda, L. & Čech, M., 1988: Paleozoikum medzevského príkrovu. *Alfa, Bratislava, 155.*
Časopis
Vrba, P., 1989: Strižné zóny v komplexoch metapelitov. *Miner. 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. Spišská Nová Ves, archív ŠGÚDŠ, 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 (v knižnej publikácii) cituje názov, údaje a pod. iného autora, ktorý nie je spoluautorom publikácie, v texte sa cituje vo forme (Gerda in Kubka, 1975), ale v zozname literatúry sa uvádza iba Kubka, J., 1975.

V prípade nejasností si možno vyžiadať podrobnosti e-mailom na adrese mineralia.slovaca@geology.sk, alena.wolfova@geology.sk, alebo zoltan.nemeth@geology.sk

OBSAH – CONTENT

PÔVODNÉ ČLÁNKY – ORIGINAL PAPERS

Liščák, P., Klukanová, A. & Jánová, V.
Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov a jeho odpovede na potreby spoločnosti
Partial Monitoring System of Geological Factors and Its Responses to the Public Needs

Ondrejka, P. & Wagner, P.
Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií v období rokov 2002 až 2009
Monitoring of landslides and other slope deformations in the period from 2002 to 2009

Madarás, J., Fojtíková, L., Hrašna, M., Petro, Ľ., Ferianc, D. & Briestenský, M.
Vymedzenie seizmicky aktívnych oblastí na Slovensku na základe záznamov historických zemetrasení a súčasného monitorovania tektonickej a seizmickej aktivity
Definition of the seismic active regions in Slovakia based on historical earthquake records and current monitoring of tectonic and seismic activity

Mikita, S.
Monitorovanie a hodnotenie vplyvu antropogénnych sedimentov charakteru environmentálnych záťaží na vodnú zložku prostredia v rámci monitorovania geologických faktorov
Monitoring and evaluation of the impact of anthropogenic sediment having character of environmental load on the hydrosphere within the monitoring of geological factors

Bajtoš, P., Záhorová, Ľ., Rapant, S. & Pramuka, S.
Monitoring geologických faktorov vplyvu ťažby nerastov na životné prostredie v rizikových oblastiach na Slovensku v rokoch 2007 – 2011
Geological monitoring of mining influence on the environment in risk-bearing Slovak areas in years 2007–2011

Gluch, A. & Pramuka, S.
Monitorovanie variácií objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí vo vybraných objektoch v rámci územia Slovenskej republiky
Monitoring of radon volume activity variations in geological surroundings of selected objects in Slovak Republic

Petro, Ľ., Brček, M., Vlčko, J., Šimková, M., Balík, D. & Žilka, A.
Výsledky monitorovania stability vybratých historických objektov na území SR
Stability of selected historical objects in Slovakia: Monitoring results

Kordík, J., Slaninka, I. & Bodiš, D.
Monitorovanie riečnych sedimentov na Slovensku
Monitoring of stream sediments in Slovakia

Bodiš, D., Kordík, J. & Slaninka, I.
Variabilita chemického zloženia zimných zrážok na Slovensku za 36 rokov pozorovania
Variability of chemical composition of winter precipitations in Slovakia for 36 years of observation

Dananaj, I., Klukanová, A. & Liščák, P.
Problematika monitoringu objemovo nestálych zemín a ich vlastností – prípadová štúdia Veselé
Problems of monitoring of volume unstable soils and their properties: A case study Veselé (Slovakia)

Iglárová, Ľ., Pauditš, P. & Drotár, D.
Informačný systém údajov z monitoringu geologických faktorov
Information system of geological factors monitoring

www.geology.sk/mineralia