

1 B 19 a



GEOLOGICKÉ PRÁCE

ISSN 0433-4795

SPRÁVY

110

06 MAJ 2010

Ústredná geologická knižnica SR
ŠGÚDŠ



3902001013124

GEOLOGICKÉ PRÁCE, SPRÁVY 110

Vydal Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava 2004.

Vedúca redaktorka: Gabriela Šipošová

Jazyková redaktorka: Ing. Janka Hrtusová

Grafická úprava a technické spracovanie: Gabriela Šipošová

Príprava textov na počítači: Mária Cabadajová

Náklad 350 kusov. Tlač a knihárske spracovanie ALFAPRINT Martin.

**GEOLOGICKÉ
PRÁCE
SPRÁVY 110**

Vedecký redaktor

RNDr. Ladislav Šimon, PhD.

Členovia redakčnej rady

RNDr. K. Fordinál, PhD., RNDr. J. Hók, CSc., Ing. J. Janočko, CSc., RNDr. A. Klukanová, CSc., RNDr. P. Liščák, CSc., RNDr. P. Malík, CSc., RNDr. A. Nagy, CSc., RNDr. P. Šiman, PhD., RNDr. J. Zuberec, CSc.

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA, BRATISLAVA 2004



GEOLOGICKÉ PRÁCE

SPRÁVY

110

Geological Works – Reports 110



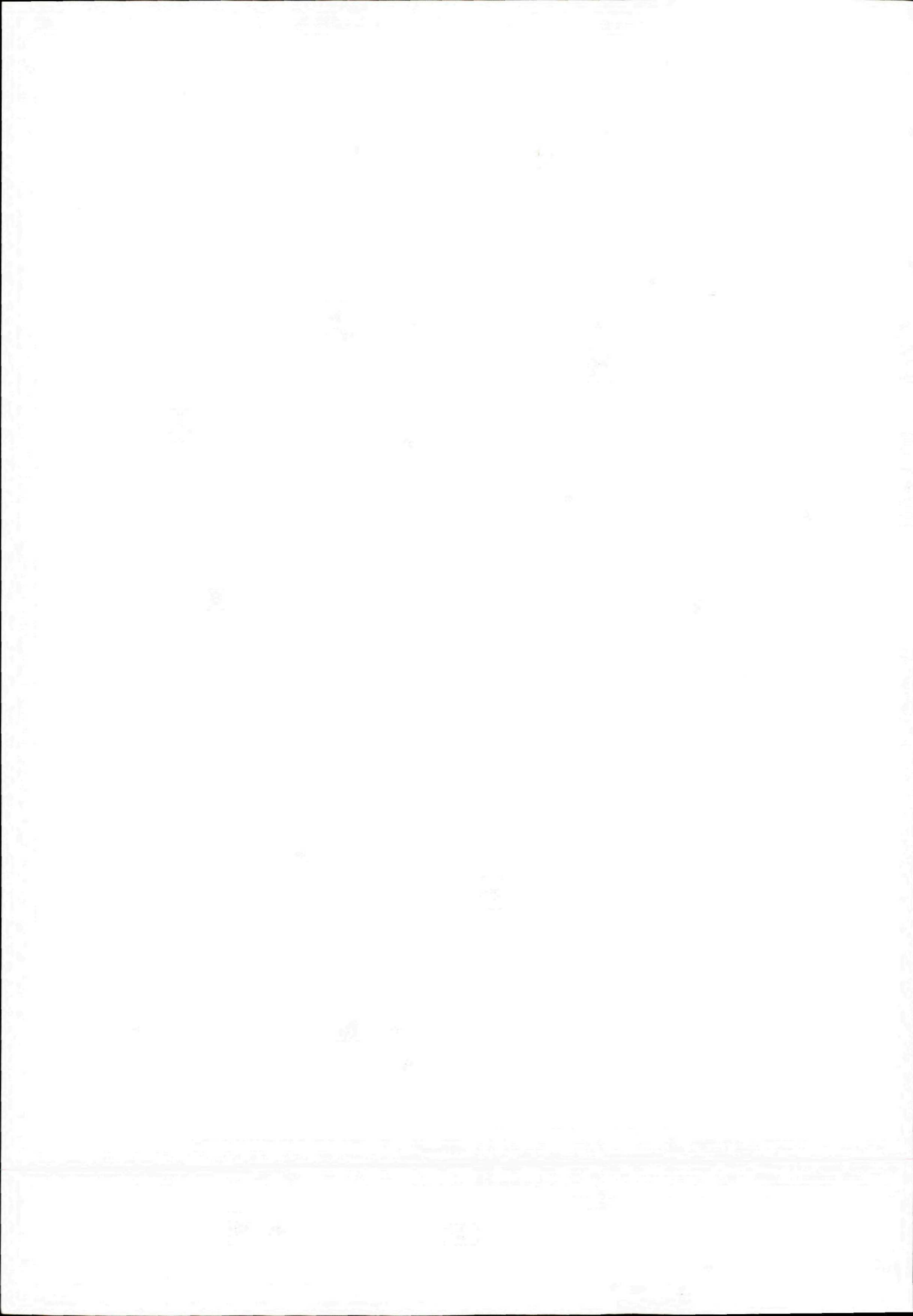
Contributions to knowledge of Slovak geology

**devoted to 50th jubilee of founding
of the journal Geological Works – Reports**

Edited by Ladislav Šimon and Michal Kaličiak

Obsah

<i>Kaličiak, M. a Šimon, L.: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra 50 rokov vydáva odborný časopis Geologické práce, Správy – Geological Survey of Slovak Republic (ŠGÚDŠ) issues 50 years the scientific journal Geological Works – Reports</i>	7
<i>Polák, M., Bezák, V., Elečko, M. a Mello, J. : Geologické mapy regiónov Slovenska – Geological maps of the regions of Slovakia</i>	11
<i>Bezák, V.: Tektonická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000 – Tectonic map of Slovak Republic 1 : 500 000</i>	17
<i>Maglay, J. a Pristaš, J.: Neotektonická mapa Slovenska a možnosti jej využitia v praxi – Neotectonic map of Slovakia and possibilities of its practical use</i>	23
<i>Lexa, J.: Ložiskové modely rudných mineralizácií Slovenska – Deposit models for ore mineralizations of Slovakia</i>	27
<i>Malík, P., Bajtoš, P., Benková, K., Černák, R., Marcin, D., Michalko, J., Olekšák, S., Scherer, S. a Švasta, J.: Postupnosť zostavovania základných hydrogeologických máp na území Slovenska – Sequence of compiling of basic hydrogeological maps for the Slovak territory</i>	33
<i>Fendek, M., Remšík, A. a Fendeková, M.: Aktuálny stav preskúmanosti geotermálnych vôd na Slovensku – Actual state of exploration of geothermal waters in Slovakia</i>	43
<i>Klukanová, A., Frankovská, J., Iglárová, L., Ondrášik, M., Pauditš, P. a Wagner, P.: Mapovanie a monitorovanie geologických faktorov na oddelení inžinierskej geológie ŠGÚDŠ – Mapping and monitoring of geological factors in the branch of engineering geology of Geological Survey of Slovak Republic (ŠGÚDŠ)</i>	55
<i>Rapant, S., Cicmanová, S., Dietzová, Z. a Khun, M.: Medicínsko-geochemický výskum v oblasti Zlatej Idky – Medical-geochemistry research in the surrounding of Zlatá Idka village</i>	65



Štátny geologický ústav Dionýza Štúra 50 rokov vydáva odborný časopis *Geologické práce, Správy*

MICHAL KALIČIAK a LADISLAV ŠIMON

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Založenie odborných časopisov bolo jedným z najvýznamnejších činov zameraných na rozvoj karpatskej geológie na Slovensku. Vytvorili sa podmienky na prezentáciu geologických výskumov. Rozvoj geológie na Slovensku sa odzrkadlil vo vedeckej činnosti a v prezentovaní dosiahnutých výsledkov.

Žiadna vedecká a výskumná činnosť sa nezaobíde bez zverejnenia výsledkov výskumu tlačou, ktoré následne tvoria poznatkovú bázu ďalšieho rozvoja výskumu. Na Slovensku pri etablovaní Štátneho geologického ústavu v roku 1940 prvým krokom bolo založenie edície *Práce Štátneho geologického ústavu, Zošit*.

Založenie tohto odborného časopisu bolo jedným z najvýznamnejších činov podporujúcich rozvoj slovenskej geológie. Týmto aktom sa vytvorili podmienky na prezentáciu výsledkov výskumu novotvoriaceho sa kolektívu odborných pracovníkov pod vedením už vtedy medzinárodne uznávaného geológa prof. Dimitrija Andrusova.

Po skromnej počiatkovej edičnej činnosti sa postupne vyvinula rozsiahla periodická tlač. Už v priebehu prvého desaťročia existencie sa stala významnou platformou na prezentáciu výsledkov geologického výskumu a prieskumu najmä z oblasti Západných Karpát. Tým sa časopis a zároveň aj geologická problematika Západných Karpát dostali do širšieho povedomia nielen domácich, ale aj zahraničných odborných kruhov.

Prvé číslo edície *Práce Štátneho geologického ústavu* vyšlo v roku 1941. Veľkú zásluhu na tom mal prvý riaditeľ Štátneho geologického ústavu Dimitrij Andrusov.

Edícia *Práce Štátneho geologického ústavu* od svojho založenia prešla viacerými formálnymi a vecnými úpravami. Rozvoj geológie na Slovensku sa odzrkadlil vo vedeckej činnosti a v prezentovaní dosiahnutých výsledkov.

V roku 1954 Geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave založil edíciu **Geologické práce, Správy**. Edícia *Geologické práce, Správy* predstavuje jedinú kontinuálnu sériu vychádzajúcu až dodnes. Úlohou časopisu *Geologické práce, Správy* bolo čo najpružnejšie informovať širokú odbornú verejnosť o najnovších poznatkoch z výskumov zo všetkých vedných disciplín geológie.

V prvých rokoch *Geologické práce, Správy* vychádzali v slovenskom jazyku s krátkym cudzojazyčným resumé, postupne sa však publikovali aj celé články v cudzom jazyku. Pri vydaní jubilejného čísla 100 sa zmenil formát časopisu na A4.

Dosiaľ vyšlo 110 čísel časopisu *Geologické práce, Správy* (tab. 1). Pričinili sa o to najmä vedeckí redaktori časopisu M. Maheľ, E. Brestenská, O. Samuel, M. Slavkay, J. Lexa, D. Vass, M. Rakús, P. Kováč a L. Šimon (tab. 2). Za 50 rokov existencie časopisu bolo v ňom publikovaných vyše 1 968 odborných článkov zo všetkých geologických odvetví

V súčasnosti *Geologické práce, Správy* ako neperiodický časopis vychádzajú v slovenskom jazyku s anglickým abstraktom, prípadne aj resumé. Sú zamerané predovšetkým na zverejňovanie výsledkov geologických výskumných a prieskumných prác v rámci ŠGÚDŠ, ale aj iných organizácií.

Záverom chceme poďakovať všetkým, ktorí sa akokoľvek pričinili o kontinuitu vydávania časopisu *Geologické práce, Správy*, a zaželať redaktorskému kolektívu mnoho úspechov do ďalšej práce a veľa dobrých odborných príspevkov pre ďalší rozvoj slovenskej geológie.

Geological Survey of Slovak Republic (ŠGÚDŠ) issues 50 years the scientific journal **Geological Works – Reports**.

MICHAL KALIČIAK and LADISLAV ŠIMON

Geological Survey of Slovak Republic (ŠGÚDŠ), Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Founding of scientific journals represented one of the most important acts impacting on the development of Carpathian geology in Slovakia. They formed the ground for presentation of results of geological investigation. Continual development of geology in Slovakia had its reflection in scientific research and corresponding presentation of obtained results.

The scientific and investigative activities require their presentation by publishing, by this way forming the knowledge ground for further continuation of research. In Slovakia the first step during founding of the State geological institute in 1940 was the establishing of edition "Works of the State Geological Institute – Notebook".

Establishing of this scientific journal belonged among the most important acts for the development of Slovak geology, because it had prepared a ground for research presentations of the newly formed scientific team led by already well-known geologist Prof. Dimitrij Andrusov.

The slighter editorial activities at the beginning later expanded into extensive periodical press, which already during the first decade of its existence became the important platform for presentation of geological results mainly from the area of the Western Carpathians. By this way the journal as well as the geological problematics of Western Carpathians inputted into deeper consciousness not only of domestic, but also foreign scientific community.

The first number of edition "Works of the State Geological Institute" was issued in 1941 owing to Dimitrij Andrusov being the first director of the State geological institute.

From its beginning the edition "Works of the State Geological Institute" passed through several formal and principal upgradings. The development of geology in

Slovakia found its reflection in scientific activity and increased presentation of obtained results.

In 1954 the Dionýz Štúr Geological Institute in Bratislava founded the edition **Geological Works – Reports**. This edition represents one continual series being published till recent. The main task of the journal **Geological Works – Reports** was maximal flexibility in informing the wide scientific community about the newest research knowledge from all branches of geosciences.

During first years the Geological Works – Reports were issued in Slovak with a short resumé in foreign language. Later also the whole articles were published in foreign language. When issuing the jubilee number 100 the journal format was enlarged to A4.

Until recent the issues of the journal Geological Works – Reports (Tab. 1) reached the number 110. The important role in this progress belonged mainly to following scientific editors of the journal: M. Mahel', E. Bresťenská, O. Samuel, M. Slavkay, J. Lexa, D. Vass, M. Rakús, P. Kováč a L. Šimon (Tab. 2). During 50 years of the journal existence more than 1968 scientific papers from all geoscientific branches were published.

Recently the Geological Works – Reports as a non-periodical journal are issued in Slovak with English abstract. The journal is targetted to publish the results of geological investigation and exploration in the frame of Geological Survey of Slovak Republic (ŠGÚDŠ), but also further institutes.

We take this privilege to express our thanks to everybody participating in uninterrupted issuing of the journal Geological Works – Reports and wish the editorial team great success in following work and a lot of good scientific contributions for further development of Slovak geology.

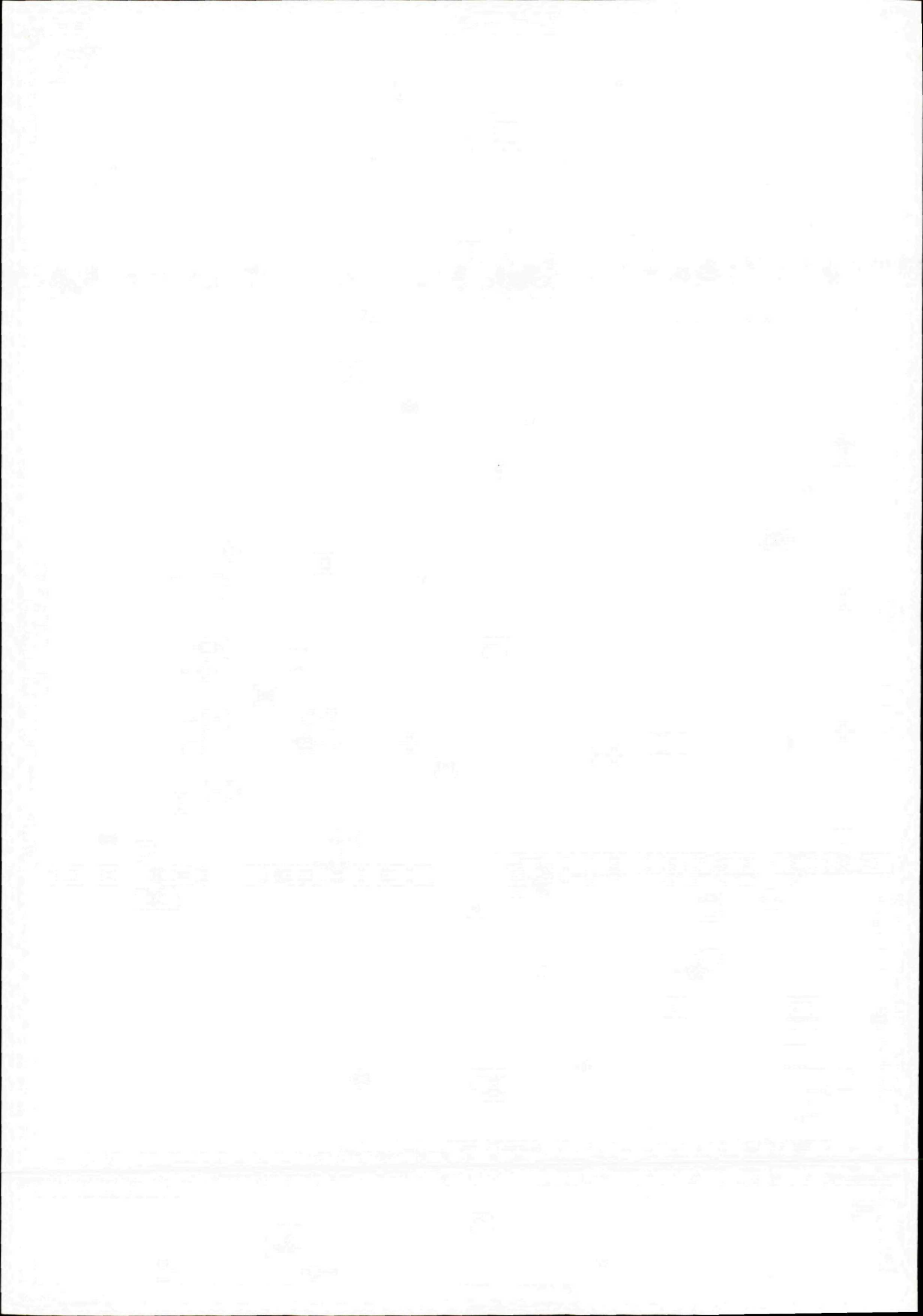
Tab. 1 Geologické práce. Správy (roky 1954 – 2004, čísla 1 – 110).
Table 1 Geological Works – Reports (years 1954 – 2004 numbers 1 – 110).

Rok vydania Year of issuing	Poradové číslo Order number
1954	1
1955	2, 3, 4
1956	5, 6, 7, 8
1957	10, 11
1958	12, 13, 14
1959	15, 16
1960	17, 18, 19, 20
1961	21, 22, 23
1962	24, 25, 26
1963	27, 28, 29, 30
1964	31, 32, 33,
1965	34, 35, 36, 37
1966	38, 39, 40
1967	41, 42, 43
1968	44, 45, 46
1969	47, 48, 49, 50
1970	51, 52, 53, 54
1971	55, 56, 57
1972	58, 59
1973	60, 61
1974	–
1975	62, 63, 64
1976	65
1977	66, 67, 68
1978	69, 70, 71
1979	72, 73
1980	74
1981	75, 76
1982	77, 78
1983	79
1984	80, 81
1985	82, 83
1986	84, 85
1987	86

Rok vydania Year of issuing	Poradové číslo Order number
1988	87
1989	88, 89, 90
1990	91
1991	92, 93
1992	94, 95, 96
1993	97, 98
1994	99
1995	100
1996	101, 102
1997	–
1998	103
1999	–
2000	104
2001	105
2002	106
2003	107, 108
2004	109, 110

Tab. 2 Vedeckí redaktori časopisu Geologické práce, Správy.
Table 2 Scientific editors of the journal Geological Works – Reports.

Vedecký redaktor	Rok	Číslo
M. Maheľ	1954 – 1956	1 – 8
E. Brestenská	1957 – 1958	9 – 13
M. Maheľ	1959 – 1963	14 – 30
O. Samuel	1964 – 1988	31 – 87
M. Slavkay	1989 – 1991	88 – 92
J. Lexa	1991 – 1993	93 – 97
D. Vass	1994	98 – 99
M. Rakús	1995 – 1997	100 – 102
P. Kováč	1998 – 2000	103 – 104
L. Šimon	2001 – dosiaľ	105 – 110



Geologické mapy regiónov Slovenska

MILAN POLÁK, VLADIMÍR BEZÁK, MICHAL ELEČKO a JÁN MELLO

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Abstract. The geological map is the fundamental source of information on the territory, in which whatever superstructural activity takes place, with direct influence on the economy of the state.

The territory of the Slovak Republic is covered by regional geological maps in scale 1 : 50 000 for about 80 %. These geological maps were prepared in the period of the last 30 years. At present further regions, from which no regional geological maps and/or new re-editions of some regions exist, are under preparation.

Key words: Western Carpathians, Regional geological maps

Úvod

Geologická mapa je základný zdroj informácií o území. Čerpajú z nej všetky nadstavbové geologické disciplíny, ktoré už majú priamy dosah na hospodárstvo štátu.

Geologické mapovanie má v Západných Karpatoch dlhú tradíciu už od čias Ríšskeho geologického ústavu. Mapovanie územia Slovenska prebiehalo v rôznych mierkach aj za 1. ČSR, keď vznikali aj prvé ucelené koncepcie o stavbe Západných Karpát. Od r. 1940, keď bol založený Štátny geologický ústav, základné geologické mapovanie zabezpečuje Štátny geologický ústav D. Štúra. Veľký rozmach zaznamenalo mapovanie po 2. svetovej vojne v súvislosti s potrebou nerastných surovín.

Vrcholom vydávania geologických máp prvého obdobia bola kompletná edícia prehľadných geologických máp v mierke 1 : 200 000 z celého územia Česko-Slovenska začiatkom 60. rokov minulého storočia. Tieto generálne mapy boli zostavené na základe všetkých starších geologických máp a terénnej reambulácie. V ďalšom období sa ťažisko prenieslo na systematické geologické mapovanie územia SR v mierke 1 : 25 000. Mapovanie sa organizuje v jednotlivých regiónoch, ktoré sú dané osobitou morfológiou Slovenska (striedanie pohorí a kotlín).

Systém základného geologického mapovania územia SR

Novodobé geologické mapovanie územia Slovenska prebieha systematicky v mierke 1 : 25 000. Základné mapy 1 : 25 000 prechádzajú verejnou oponentúrou a spolu s vysvetlivkami sa aj archivujú v archíve ŠGÚDŠ (Geofonde). Po skončení mapovania uceleného regiónu (čo je zvyčajne niekoľkoročný projekt) sa na základe týchto máp zostavuje regionálna mapa 1 : 50 000 s textovými vysvet-

livkami. Tá sa po oponentúre a aprobácii vydáva tlačou spolu s knižnými vysvetlivkami na verejné užívanie.

Mapy väčšej mierky (najmä 1 : 10 000) sa zostavujú len ako medzimierka alebo ako účelové mapy pre potreby líniových stavieb, vodných stavieb, ložiskového prieskumu a podobne.

Regionálnymi geologickými mapami mierky 1 : 50 000 je doteraz pokrytá väčšina územia SR (asi 85 %) (obr. 1). Vzhľadom na to, že regionálne mapy vznikajú v pomerne dlhom časovom diapazóne, majú aj rôznu výpovednú hodnotu. Každá mapa približne za 15 – 20 rokov zastaráva a informácie na nej treba spresňovať a aktualizovať.

Na základe máp 1 : 50 000 sa zostaví nová syntetizujúca prehľadná geologická mapa SR 1 : 200 000, ktorá by mala vyriešiť mnohé interregionálne problémy, ktoré sa vynorili počas dlhého obdobia mapovania.

Okrem uvedených základných a regionálnych máp ŠGÚDŠ zostavuje aj tieto druhy máp:

- prehľadné a tematické mapy mierky 1 : 500 000, prípadne 1 : 1 000 000 (Geologická mapa SR, Geologická mapa Západných Karpát a príľahlých území, Tektonická mapa SR) na pedagogické a syntetizujúce účely a na účely medzinárodných korelácií;
- mapy prihraničných území v medzinárodnej spolupráci v dohodnutých mierkach 1 : 50 000, 1 : 100 000 a podobne (napr. Danreg, Gemer – Bük);
- účelové mapy pre potreby aplikovanej geológie (najmä podklady pre dopravné podzemné stavby, úložiská odpadu, vodné stavby, hodnotenie zdrojov vôd, geotermálnej energie, surovín atď.). Tieto mapy sa zostavujú v rôznych mierkach podľa požiadaviek v projektoch.

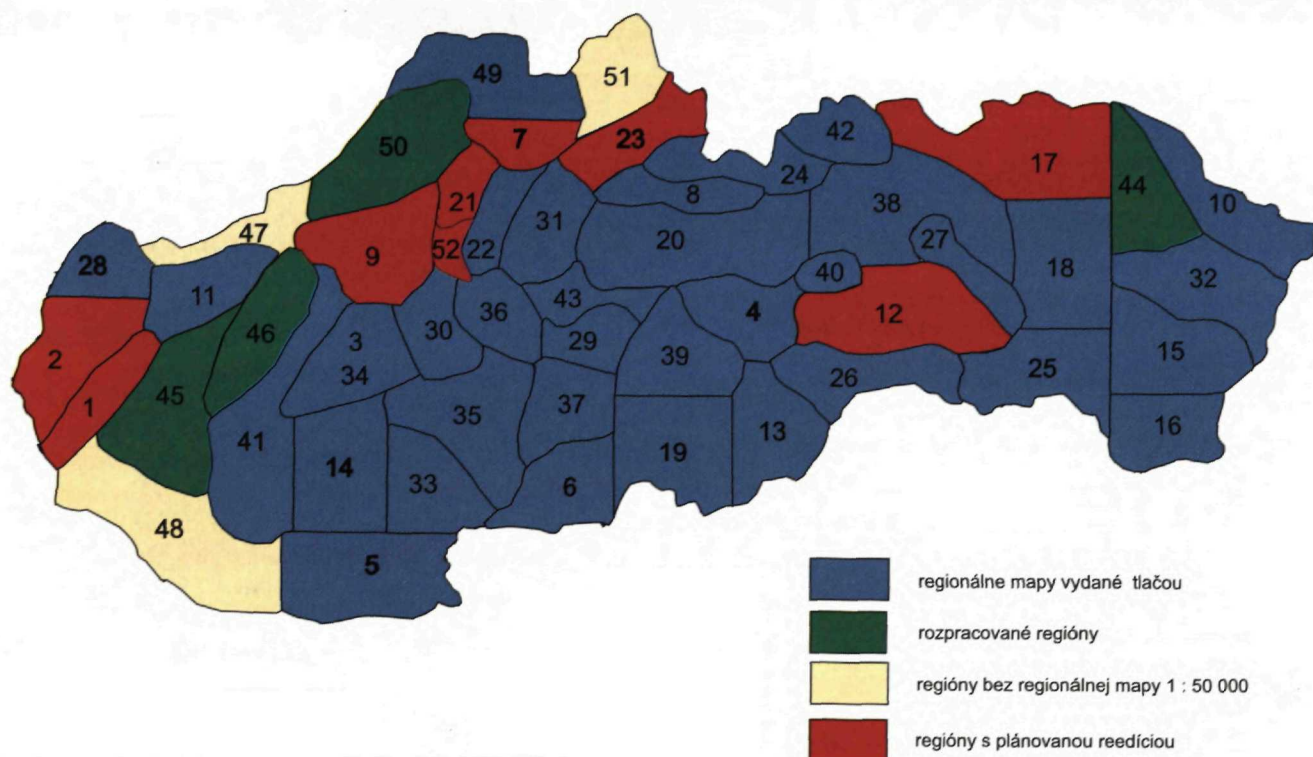
Geologické mapovanie využíva výsledky projektov základného výskumu (ako napr. Geodynamický model Západných Karpát, Tektogenéza sedimentárnych panví Západných Karpát atď.). K zostavovaniu máp sa v záujme ich skvalitnenia prizývajú odborníci najmä zo SAV a VŠ, najmä z oblasti biostratigrafie, petrológie a ďalších špeciálnych oblastí.

Je potrebné zdôrazniť, že v takom extrémne geologicky a morfológicky komplikovanom území, ako sú Západné Karpaty, je nepretržitý geologický výskum a mapovanie nutnosťou. Každá mapa je len modelom geologickej stavby územia, ktorý sa viac alebo menej približuje skutočnosti a v danom čase zodpovedá stupňu vývoja metodík výskumu horninového prostredia. Vždy je zaťažený aj istou dávkou subjektivity. Preto geo-

logické mapovanie musíme chápať ako permanentný proces spresňovania informácií o geologickej stavbe daného územia. Neustále riešenie a spresňovanie geologickej stavby je základom všetkých činností týkajúcich sa zemskej kôry ako napr. projektovania geotermálnych vrtov, modelovania prúdenia podzemných vôd, projektovania tunelov, vodných stavieb a ďalších objektov dôležitých z hľadiska štátneho hospodárstva.

Stav geologického mapovania v SR

Od r. 1972, keď vyšla prvá regionálna geologická mapa Malých Karpát 1 : 50 000, bolo do konca roku 2003 vydaných tlačou 43 regionálnych máp z celkového plánovaného počtu 51 (obr. 1). V porovnaní s okolitými krajinami je to pomerne vysoké percentuálne pokrytie územia (85 %).



Regionálne geologické mapy Slovenska 1 : 50 000

Poradové číslo	Rok vydania	Názov	Autor(i), editor(i)
1.	1972	Geol. mapa Malých Karpát	M. Maheľ
2.	1973	Geol. mapa Záhorskej nížiny	V. Baňacký a A. Sabol
3.	1974	Geol. mapa Trávnice	A. Biely
4.	1976	Geol. mapa Slov. rudohoria – stred a Nízke Tatry – východ	A. Klíneč
5.	1976	Geol. mapa Podunajskej nížiny, jv. časť	J. Vaškovič a R. Halouzka
6.	1978	Geol. mapa Ipeľskej kotliny a južnej časti Krupinskej planiny	V. Konečný, J. Pristaš a D. Vass
7.	1978	Geol. mapa Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry	J. Haško a M. Polák
8.	1979	Geol. mapa Liptovskej kotliny	P. Gross
9.	1981	Geol. mapa Strážovských vrchov	M. Maheľ
10.	1983	Geol. mapa Nízkych Beskyd – východná časť	T. Koráb
11.	1984	Geol. mapa Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát	A. Began et al.
12.	1984	Geol. mapa Slovenského rudohoria – východná časť	Š. Bajanič et al.
13.	1985	Geol. mapa Rimavskej kotliny a príľahlej časti Slovenského rudohoria	M. Elečko et al.
14.	1988	Geol. mapa Podunajskej nížiny – sv. časť	J. Harčár a Z. Priehodská
15.	1988	Geol. mapa s. časti Východoslovenskej nížiny	V. Baňacký
16.	1988	Geol. mapa j. časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov	V. Baňacký
17.	1990	Geol. mapa Pienin, Čergova, Lubovnianskej a Ondavskej vrchoviny	J. Nemček
18.	1991	Geol. mapa Slanských vrchov a Košickej kotliny – s. časť	M. Kaličiak et al.
19.	1992	Geol. mapa Lučenskej kotliny a Cerovej vrchoviny	D. Vass et al.

20.	1992	Geol. mapa Nízkyh Tatier	A. Biely et al.
21.	1993	Geol. mapa Lúčanskej Malej Fatry	M. Rakús et al.
22.	1993	Geol. mapa Turčianskej kotliny	J. Gašparik a R. Halouzka
23.	1994	Geol. mapa južnej a východnej Oravy	P. Gross et al.
24.	1994	Geol. mapa Tatier	J. Nemčok et al.
25.	1996	Geol. mapa Slanských vrchov a Košickej kotliny – j. časť	M. Kaličiak et al.
26.	1996	Geol. mapa Slovenského krasu	J. Mello et al.
27.	1996	Geol. mapa Braniska a Čiernej hory	M. Polák, S. Jacko et al.
28.	1996	Geol. mapa Chvojnickej pahorkatiny a s. časti Borskej nížiny	V. Baňacký
29.	1997	Geol. mapa Poľany	L. Dublan et al.
30.	1997	Geol. mapa Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny	L. Šimon et al.
31.	1997	Geol. mapa Veľkej Fatry	M. Polák et al.
32.	1997	Geol. mapa Vihorlatských a Humenských vrchov	B. Žec et al.
33.	1998	Geol. mapa Podunajskej nížiny – v. časť	A. Nagy et al.
34.	1998	Geol. mapa Tribeča	J. Ivanička et al.
35.	1998	Geol. mapa Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca	V. Konečný et al.
36.	1998	Geol. mapa Kremnických vrchov	J. Lexa et al.
37.	1998	Geol. mapa Javoria	V. Konečný et al.
38.	1999	Geol. mapa Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny	P. Gross et al.
39.	1999	Geol. mapa Slovenského rudohoria – západ	V. Bezák et al.
40.	2000	Geol. mapa Slovenského raja	J. Mello et al.
41.	2000	Geol. mapa Nitrianskej pahorkatiny	J. Pristaš et al.
42.	2000	Geol. mapa Spišskej Magury	J. Janočko et al.
43.	2003	Geol. mapa Starohorských vrchov, Čierťáže a s. časti Zvolenskej kotliny	M. Polák et al.
44.		Geol. mapa Nízkyh Beskýd – stredná časť	
45.		Geol. mapa Trnavskej pahorkatiny	
46.		Geol. mapa Považského Inovca	
47.		Geol. mapa Bielyh Karpát	
48.		Geol. mapa Podunajskej nížiny – j. časť	
49.	2002	Geol. mapa regiónu Kysúc	M. Potfaj et al.
50.	2004	Geol. mapa Stredného Považia	J. Mello et al.
51.		Geol. mapa Oravy – sever	
52.		Geol. mapa Žiaru	

Od roku 1972, keď vyšla prvá regionálna geologická mapa Malých Karpát, do roku 1980 vyšlo 8 regionálnych geologických máp:

Poradové číslo	Rok vydania	Názov	Autor(i), editor(i)
1.	1972	Geol. mapa Malých Karpát	M. Maheľ
2.	1973	Geol. mapa Záhorskej nížiny	V. Baňacký a A. Sabol
3.	1974	Geol. mapa Tribeča	A. Biely
4.	1976	Geol. mapa Slov. rudohoria – stred a Nízke Tatry – východ	A. Klinec
5.	1976	Geol. mapa Podunajskej nížiny, jv. časť	J. Vaškovský a R. Halouzka
6.	1978	Geol. mapa Ipeľskej kotliny a južnej časti Krupinskej planiny	V. Konečný, J. Pristaš a D. Vass
7.	1978	Geol. mapa Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry	J. Haško a M. Polák
8.	1979	Geol. mapa Liptovskej kotliny	P. Gross

Prvé mapy boli vytlačené bez sprievodných vysvetliviek, k ďalším boli neskôr vysvetlivky vypracované.

V rokoch 1981 – 1994 bolo vytlačených ďalších 16 regionálnych geologických máp klasickým kartografickým spracovaním s rozkresňovaním jednotlivých farebných hladín litostratigrafických jednotiek.

9.	1981	Geol. mapa Strážovských vrchov	M. Maheľ
10.	1983	Geol. mapa Nízkyh Beskýd – východná časť	T. Koráb
11.	1984	Geol. mapa Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát	A. Began et al.

12.	1984	Geol. mapa Slovenského rudohoria – východná časť	Š. Bajaník et al.
13.	1985	Geol. mapa Rimavskej kotliny a príľahlej časti Slovenského rudohoria	M. Elečko et al.
14.	1988	Geol. mapa Podunajskej nížiny – sv. časť	J. Harčár a Z. Priechodská
15.	1988	Geol. mapa s. časti Východoslovenskej nížiny	V. Baňacký
16.	1988	Geol. mapa j. časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov	V. Baňacký
17.	1990	Geol. mapa Pienin, Čergova, Lubovnianskej a Ondavskej vrchoviny	J. Nemčok
18.	1991	Geol. mapa Slanských vrchov a Košickej kotliny – s. časť	M. Kaličiak et al.
19.	1992	Geol. mapa Lučenskej kotliny a Cerovej vrchoviny	D. Vass et al.
20.	1992	Geol. mapa Nízkych Tatier	A. Biely et al.
21.	1993	Geol. mapa Lúčanskej Malej Fatry	M. Rakús et al.
22.	1993	Geol. mapa Turčianskej kotliny	J. Gašparik a R. Halouzka
23.	1994	Geol. mapa južnej a východnej Oravy	P. Gross et al.
24.	1994	Geol. mapa Tatier	J. Nemčok et al.

K takmer všetkým týmto mapám boli vydané aj sprievodné textové vysvetlivky (s výnimkou Lúčanskej Malej Fatry). Doslova explózia nastala najmä po r. 1994. Odvtedy vyšlo tlačou 20 regionálnych geologických máp.

25.	1996	Geol. mapa Slanských vrchov a Košickej kotliny – j. časť	M. Kaličiak et al.
26.	1996	Geol. mapa Slovenského krasu	J. Mello et al.
27.	1996	Geol. mapa Braniska a Čiernej hory	M. Polák, S. Jacko et al.
28.	1996	Geol. mapa Chvojnickej pahorkatiny a s. časti Borskej nížiny	V. Baňacký
29.	1997	Geol. mapa Poľany	L. Dublan et al.
30.	1997	Geol. mapa Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny	L. Šimon et al.
31.	1997	Geol. mapa Veľkej Fatry	M. Polák et al.
32.	1997	Geol. mapa Vihorlatských a Humenských vrchov	B. Žec et al.
33.	1998	Geol. mapa Podunajskej nížiny – v. časť	A. Nagy et al.
34.	1998	Geol. mapa Tribeča	J. Ivanička et al.
35.	1998	Geol. mapa Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca	V. Konečný et al.
36.	1998	Geol. mapa Kremnických vrchov	J. Lexa et al.
37.	1998	Geol. mapa Javoria	V. Konečný et al.
38.	1999	Geol. mapa Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny	P. Gross et al.
39.	1999	Geol. mapa Slovenského rudohoria – západ	V. Bezák et al.
40.	2000	Geol. mapa Slovenského raja	J. Mello et al.
41.	2000	Geol. mapa Nitrianskej pahorkatiny	J. Pristaš et al.
42.	2000	Geol. mapa Spišskej Magury	J. Janočko et al.
43.	2003	Geol. mapa Starohorských vrchov, Čierťaze a s. časti Zvolenskej kotliny	M. Polák et al.

Všetkých týchto 20 máp už bolo spracovaných technológiou digitalizácie a ofsetovej tlače. Aj to prispelo k zvýšenej frekvencii tlače máp.

Takáto rýchlosť zostavovania a vydávania geologických máp v iných krajinách nie je zvykom.

Veľmi komplikovanú geologickú stavbu, ktorou sú Západné Karpaty povestné, zobrazujú regionálne mapy SR na dobrej profesionálnej úrovni a sú aj technicky veľmi dobre zvládnuté. Neraz boli za to ocenené na rozličných medzinárodných fórach (KBGA, kongresy o regionálnej geologickej kartografii, svetový geologický kongres a pod.). Informácie o priebehu mapovania v SR sa podávajú aj v medzinárodných geologických a profesionálnych časopisoch (napr. *European Geologist*).

Projekt *Digitálne geologické mapy SR 1 : 50 000*, ktorý v súčasnosti prebieha, odstraňuje najmä technické problémy starších máp (deformovaný topopodklad, pre-

vedenie do digitálnej formy s databázou) a vytvára priestor na možné korelácie. Vážne geologické problémy sa musia riešiť ďalším terénnym výskumom. Digitálna mapa bude podkladom na tvorbu nastavbových účelových máp rôzneho zamerania, prípadne máp administratívnych celkov a pod. Od tohto projektu očakávame, že geologická mapa sa stane živou mapou, ktorá bude môcť zachytávať a zapracúvať do systému nové poznatky získané novým geologickým mapovaním a reambuláciou územia. Základom však aj naďalej zostanú tlačene geologické mapy regiónov v mierke 1 : 50 000.

Do skončenia edície máp v mierke 1 : 50 000 chýba zmapovať ešte 6 regiónov, z toho 3 sú rozpracované (Považský Inovec, Trnavská pahorkatina a Nízke Beskydy – stred). Zostávajúce 3 mapy regiónov (Biele Karpaty, Podunajská nížina – juh a Orava – sever) by sa mali dokončiť do r. 2008. Najaktuálnejšie je zostavenie regionál-

nej mapy Bielych Karpát, lebo v tomto roku bude z tohto regiónu vypracovaná účelová geologická mapa. Tú je možné dopracovať a záujem o spoluprácu prejavila aj česká strana.

Po r. 2004 je nutná aj reedícia niektorých starších máp ako Malé Karpaty, Strážovské vrchy, Spišsko-gemerské rudohorie, Záhorská nížina, Malá Fatra, Čergov, Orava – juh či Žiar. Väčšina geologických máp týchto regiónov je zastaraná a je potrebné spresniť geologický model územia. Niektoré z týchto regiónov sú aktuálne vzhľadom na projekt *Povodia*.

Celý postup geologického mapovania a vydávania geologických máp je v súlade s *Koncepciou geologického mapovania* (MŽP 1997) a s *Koncepciou geologického výskumu a prieskumu územia SR* (MŽP 2002).

Literatúra

- Bajaník, Š., Vozárová, A. (eds.), Hanzel, V., Ivanička, J., Mello, J., Pristaš, J., Reichwalder, P., Snopko, L. a Vozár, J., 1983: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria – východná časť v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 223 s.
- Baňacký, V. (ed.), Elečko, M., Kaličiak, M., Straka, P., Škvarka, L., Šucha, P., Vass, D., Vozárová, A. a Vozár, J., 1989: Vysvetlivky ku geologickej mape južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 143 s.
- Baňacký, V. (ed.), Elečko, M., Vass, D., Potfaj, M., Čechová, A., Slavkay, M. a Iglárová, L., 1996: Vysvetlivky ku geologickej mape Chvojnickej pahorkatiny a severnej časti Borskej nížiny 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 144 s.
- Baňacký, V., Vass, D., Kaličiak, M., Remšík, A. a Pospíšil, L., 1987: Vysvetlivky ku geologickej mape severnej časti Východoslovenskej nížiny v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 117 s.
- Bezák, V. (ed.), Hraško, L., Kováčik, M., Madarás, J., Šiman, P., Pristaš, J., Dublan, L., Konečný, V., Plašienka, D., Vozárová, A., Kubeš, P., Švasta, J., Slavkay, M. a Liščák, P., 1999: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria – západná časť 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 178 s.
- Biely, A., Bezák, V. (eds.), Bujnovský, A., Vozárová, A., Klínek, A., Miko, O., Halouzka, R., Vozár, J., Beňuška, P., Hanzel, V., Kubeš, P., Liščák, P., Lukáčik, E., Maglay, J., Molák, B., Pulec, M., Putiš, M. a Slavkay, M., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkyh Tatier 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 232 s.
- Dublan, L. (ed.), Bezák, V., Biely, A., Bujnovský, A., Halouzka, R., Hraško, L., Köhlerová, M., Marcin, D., Onačila, D., Scherer, S., Vozárová, A., Vozár, J. a Žáková, E., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Poľany 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 240 s.
- Gašparik, J. (ed.), Halouzka, R., Miko, O., Gorek, J., Rakús, M., Bujnovský, A., Lexa, J., Panáček, A., Samuel, O., Gašpariková, V., Planderová, E., Snopková, P., Fendek, M., Hanáček, J., Modlitba, I., Klukanová, A., Žáková, E., Horniš, J. a Ondrejčíková, A., 1995: Vysvetlivky ku geologickej mape Turčianskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 196 s.
- Gross, P. (ed.), Buček, S., Ďurkovič, T., Filo, I., Maglay, J., Halouzka, R., Karolí, S., Nagy, A., Spišák, Z., Žec, B., Vozár, J., Borza, V., Lukáčik, E., Janočko, J., Jetel, J., Kubeš, P., Kováčik, M., Žáková, E., Mello, J., Polák, M., Siráňová, Z., Samuel, O., Snopková, P., Raková, J., Zlinská, A., Vozárová, A. a Žecová, K., 1999: Vysvetlivky ku geologickej mape Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 239 s.
- Gross, P., 1982: Vysvetlivky ku geologickej mape Liptovskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 80 s.
- Gross, P., Köhler, E., Biely, A., Franko, O., Hanzel, V., Hricko, J., Kupčo, G., Papšová, J., Priečhodská, Z., Szalaiová, V., Snopková, P., Stránska, M., Vaškovský, I. a Zbořil, L., 1980: Geológia Liptovskej kotliny. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 242 s.
- Gross, P., Köhler, E., Haško, J., Halouzka, R., Mello, J., Nagy, A., Kováč, P., Filo, I., Havrila, M., Maglay, J., Salaj, J., Franko, O., Zakovič, M., Pospíšil, L., Bystrická, H., Samuel, O. a Snopková, P., 1993: Geológia južnej a východnej Oravy. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 319 s.
- Haško, J. a Polák, M., 1979: Vysvetlivky ku geologickej mape Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 148 s.
- Ivanička, J., Hók, J., Polák, M., Határ, J., Vozár, J., Nagy, A., Fordinál, K., Pristaš, J., Konečný, V., Šimon, L., Kováčik, M., Vozárová, A., Fejdiová, O., Marcin, D., Liščák, P., Macko, A., Lanc, J., Šantavý, J. a Szalaiová, V., 1998: Vysvetlivky ku geologickej mape Tribeča 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 247 s.
- Janočko, J. (ed.), Gross, P., Polák, M., Potfaj, M., Jacko ml., S., Rakús, M., Halouzka, R., Jetel, J., Petro, L., Kubeš, P., Buček, S., Köhler, E., Siráňová, Z., Zlinská, A., Halasová, E., Hamrsmíd, B., Karolí, S., Žec, B., Fejdiová, O., Milička, J., Boorová, D. a Žecová, K., 2000: Vysvetlivky ku geologickej mape Spišskej Magury 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 174 s.
- Kaličiak, M. (ed.), Baňacký, V., Bodnár, J., Dubéciová, A., Jacko, S., Janočko, J., Jetel, J., Karolí, S., Petro, L., Spišák, Z., Syčev, V., Zlinská, A. a Žec, B., 1996: Vysvetlivky ku geologickej mape Slanských vrchov a Košickej kotliny – južná časť 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 206 s.
- Kaličiak, M., Baňacký, V., Jacko, S., Janočko, J., Karolí, S., Molnár, J., Petro, L., Priečhodská, Z., Syčev, V., Škvarka, L., Vozár, J., Zlinská, A. a Žec, B., 1991: Vysvetlivky ku geologickej mape severnej časti Slanských vrchov a Košickej kotliny v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 231 s.
- Konečný, V. (ed.), Bezák, V., Halouzka, R., Konečný, P., Mihalíková, A., Marcin, D., Iglárová, L., Panáček, A., Štohl, J., Žáková, E., Galko, I., Rojkovičová, E. a Onačila, D., 1998: Vysvetlivky ku geologickej mape Javoria 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 304 s.
- Konečný, V. (ed.), Lexa, J., Halouzka, R., Hók, J., Vozár, J., Dublan, L., Nagy, A., Šimon, L., Havrila, M., Ivanička, J., Hojstričová, V., Mihalíková, A., Vozárová, A., Konečný, P., Kováčiková, M., Filo, M., Marcin, D., Klukanová, A., Liščák, P. a Žáková, E., 1998: Vysvetlivky ku geologickej mape Štiavnických vrchov a Pohronskeho Inovca (štiavnický stratovulkán), II. diel. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 473 s.
- Koráb, T. a Ďurkovič, T., 1978: Geológia dukelskej jednotky (flyš východného Slovenska). Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 194 s.
- Lexa, J. (ed.), Halouzka, R., Havrila, M., Hanzel, V., Kubeš, P., Liščák, P. a Hojstričová, V., 1998: Vysvetlivky ku geologickej mape Kremnických vrchov 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 308 s.
- Mahel', M., 1983: Vysvetlivky ku geologickej mape Strážovských vrchov v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 89 s.
- Mahel', M., 1985: Geologická stavba Strážovských vrchov. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 221 s.

- Mello, J. (ed.), Elečko, M., Pristaš, J., Reichwalder, P., Snopko, L., Vass, D., Vozárová, A., Gaál, L., Hanzel, V., Hók, J., Kováč, P., Slavkay, M. a Steiner, A., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 256 s.
- Mello, J. (ed.), Filo, I., Havrila, M., Ivan, P., Ivanička, J., Madarás, J., Németh, Z., Polák, M., Pristaš, J., Vozár, J., Vozárová, A., Liščák, P., Kubeš, P., Scherer, S., Siráňová, Z., Szalaiová, V. a Žáková, E., 2000: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského raja, Galmusu a Hornádskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 304 s.
- Nagy, A. (ed.), Halouzka, R., Konečný, V., Lexa, J., Fordinál, K., Havrila, M., Vozár, J., Liščák, P., Stolár, M., Benková, K. a Kubeš, P., 1998: Vysvetlivky ku geologickej mape Podunajskej nížiny, východná časť, 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 187 s.
- Nemčok, J. (ed.), Bezák, V., Janák, M., Kahan, Š., Ryka, W., Kohút, M., Lehotský, I., Wiczorek, J., Zelman, J., Mello, J., Halouzka, R., Raczkowski, W. a Reichwalder, P., 1993: Vysvetlivky ku geologickej mape Tatier 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 136 s.
- Nemčok, J. (ed.), Zakovič, M., Gašpariková, V., Ďurkovič, T., Snopková, P., Vrana, K. a Hanzel, V., 1990: Geologická mapa Pienin, Čergova, Lubovnianskej a Ondavskej vrchoviny v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 131 s.
- Polák (ed.), Filo, I., Havrila, M., Bezák, V., Kohút, M., Kováč, P., Vozár, J., Mello, J., Maglay, J., Elečko, M., Olšavský, M., Pristaš, J., Šiman, P., Buček, S., Hók, J., Rakús, M., Lexa, J. a Šimon, L., 2003: Geologická mapa Starohorských vrchov, Čierťaž a severnej časti Zvolenskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 218 s.
- Polák, M. (ed.), Jacko, S., Vozárová, A., Vozár, J., Gross, P., Harčár, J., Zacharov, M., Baláž, B., Liščák, P., Malík, P., Zakovič, M., Karolí, S., Kaličiak, M. a Sasvári, T., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Braniska a Čiernej hory 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 202 s.
- Polák, M., Bujnovský, A., Kohút, M. (eds.), Pristaš, J., Filo, I., Havrila, M., Vozárová, A., Vozár, J., Kováč, P., Lexa, J., Rakús, M., Malík, P., Liščák, P., Hojstričová, V., Žáková, E., Siráňová, Z., Boorová, D. a Fejdiová, O., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Veľkej Fatry 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 206 s.
- Priehodská, Z., Harčár, J. (eds.), Karolus, K., Karolusová, E., Remšík, A. a Šucha, P., 1988: Vysvetlivky ku geologickej mape severovýchodnej časti Podunajskej nížiny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 114 s.
- Pristaš, J. (ed.), Elečko, M., Maglay, J., Fordinál, K., Šimon, L., Gross, P., Polák, M., Havrila, M., Ivanička, J., Határ, J., Vozár, J., Tkáčová, H., Tkáč, J., Liščák, P., Jánová, V., Švasta, J., Remšík, A., Žáková, E. a Töröková, I., 2000: Vysvetlivky ku geologickej mape Podunajskej nížiny – Nitrianskej pahorkatiny 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 252 s.
- Salaj, J. (ed.), Began, A., Hanáček, J., Mello, J., Kullman, E., Čechová, A. a Šucha, P., 1987: Vysvetlivky ku geologickej mape Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 181 s.
- Šimon, L. (ed.), Elečko, M., Lexa, J., Kohút, M., Halouzka, R., Gross, P., Pristaš, J., Konečný, V., Mello, J., Polák, M., Vozárová, A., Vozár, J., Havrila, M., Köhlerová, M., Stolár, M., Jánová, V., Marcin, D. a Szalaiová, V., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 282 s.
- Vass, D. (ed.), Bodnár, J., Elečko, M., Gaál, L., Hanáček, J., Hanzel, V., Lexa, J., Mello, J., Pristaš, J., Vass, D. a Vozárová, A., 1986: Vysvetlivky ku geologickej mape Rimavskej kotliny a príľahlej časti Slovenského rudohoria 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 180 s.
- Vass, D. (ed.), Konečný, V. a Pristaš, J., 1983: Vysvetlivky ku geologickej mape Ipeľskej kotliny a Krupinskej planiny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 126 s.
- Vass, D., Elečko, M. (eds.), Bezák, V., Bodnár, J., Konečný, V., Lexa, J., Molák, B., Straka, P., Stankovič, J., Stolár, M., Škvarka, L., Vozár, J. a Vozárová, A., 1992: Vysvetlivky ku geologickej mape Lučenskej kotliny a Cerovej vrchoviny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 196 s.
- Vass, D., Elečko, M., Pristaš, J., Lexa, J., Hanzel, V., Modlitba, I., Jánová, V., Bodnár, J., Husák, L., Filo, M., Májovský, J. a Linkeš, V., 1989: Geológia Rimavskej kotliny. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 162 s.
- Vass, D., Konečný, V., Šefara, J., Pristaš, J. a Škvarka, L., 1979: Geologická stavba Ipeľskej kotliny a Krupinskej planiny. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 277 s.
- Vaškovský, I., Bárta, R., Hanzel, V., Halouzka, R., Harčár, J., Karolus, K., Pristaš, J., Remšík, A., Šucha, P., Vass, D. a Vaškovská, E., 1982: Vysvetlivky ku geologickej mape juhovýchodnej časti Podunajskej nížiny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 115 s.
- Žec, B. (ed.), Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J., Jacko ml., S., Baňacký, V., Karolí, S., Potfaj, M., Rakús, M., Petro, L., Spišák, Z., Bodnár, J., Jetel, J., Boorová, D. a Zlinská, A., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Vihorlatských a Humenských vrchov 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 256 s.

Tektonická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000

VLADIMÍR BEZÁK

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Abstract. Tectonic development of the Western Carpathians is the basis of the division of the Tectonic map of Slovakia 1 : 500 000. The fundamental division sets out from the results of the latest Nealpine tectonic processes the result of which is the accretion flysch prism of the Outer Carpathians thrust over the European platform by influence of the activity of the Carpathian block. This block carries incorporated fragments of all preceding stages of development, which was taking place in various time and space.

The youngest Nealpine structural elements of the Inner Western Carpathians are superimposed on the Palealpine nappe system. There are sedimentation basins with Quaternary, Neogene, Paleogene and Late Cretaceous filling and neovolcanic complexes. The Nealpine tectonic units of the Outer Carpathians form a system of flysch nappes. The relics of Mesalpine units occur only at the boundary of the present-day Outer and Inner Carpathians and are predominantly reworked structurally.

The Palealpine tectonic units of the Inner Carpathians are divided into two groups: near-surface nappes (Fatricum, Hronicum, Meliaticum, Turnaicum, Silicikum) and crustal units (Tatricum, Veporicum, Gemicum, Zemplinicum). The crustal units are built up of the crystalline basement, which includes fragments of Hercynian tectonic units and of cover units of the Late Paleozoic and Mesozoic.

Key words: Western Carpathians, tectonic map

Úvod

Rozhodnutie zostaviť tektonickú mapu SR 1 : 500 000 v rámci projektu *Prehľadná geologická mapa SR 1 : 200 000* vyplynulo najmä z týchto dôvodov:

- tektonická mapa je nutná pri orientácii v tektonických jednotkách v rámci mapových listov 1 : 200 000, ktoré sa zostavujú na litostratigrafických princípoch, pričom však vysvetlivky k nim sa členia podľa tektonických jednotiek;
- slovenská geológia nemá v súčasnosti tektonickú mapu založenú na najnovších poznatkoch (posledné tektonické mapy sú *Tektonická mapa Československa 1 : 500 000* (Maheľ et al., 1984) a *Tektonická mapa ČSSR 1 : 1 000 000* (Biely et al., 1968);
- tektonická mapa je potrebná aj z hľadiska medzinárodných korelácií, najmä v karpatsko-alpsko-bal-kánskom systéme.

Na zostavovaní tektonickej mapy sa podieľal pomerne široký kolektív odborníkov – špecialistov na jednotlivé skupiny tektonických jednotiek, pričom do zostavovania boli zapojení aj pracovníci PriF UK a SAV. Redaktorom

mapy je V. Bezák. Nealpínske sedimentárne formácie a štruktúry vnútorných Západných Karpát spracovali D. Vass, M. Elečko, J. Janočko, M. Pereszlényi, F. Marko a J. Pristaš, neovulkanické komplexy V. Konečný, J. Lexa, M. Kaličiak a B. Žec, flyš a bradlové pásmo M. Potfaj, mezozoikum M. Polák, M. Havrila, J. Mello, A. Biely a D. Plašienka, paleozoikum J. Ivanička, P. Reichwalder a J. Vozár a kryštalínikum V. Bezák a I. Broska.

Tektonická mapa vychádza z kontúr geologických jednotiek, ako sú zobrazené na geologických mapách Bieleho et al. (1996) a Lexu et al. (2000). Za princíp členenia mapy a legendy prijal kolektív zostavovateľov štádia tektonického vývoja Západných Karpát. Mapa vyjde tlačou v roku 2004 a jej súčasťou budú aj stručné textové vysvetlivky s charakteristikou základných tektonických jednotiek.

Tektonický vývoj ako základ členenia tektonickej mapy

Na území Slovenskej republiky sa rozprestiera väčšia časť horskej sústavy Západných Karpát. Tektonická mapa vyjadruje súčasné náhľady na tektonickú stavbu Západných Karpát, ktorá je výsledkom dlhodobého a zložitého tektonického vývoja.

Tektonická štruktúra Západných Karpát obsahuje fragmenty viacerých orogénov a mladé naložené sedimentárne a vulkanické útvary. Formovanie tektonických elementov Západných Karpát sa dialo počas dvoch hlavných orogén – hercýnskej a alpínskej. Každá z nich mala niekoľko samostatných, geotektonicky rozdielnych etáp.

Najstaršie jednotky v tektonickej stavbe Slovenska sú fragmenty hercýnskych tektonických jednotiek. Budujú kryštalínový fundament a sú základnými stavebnými elementmi dnešnej kôry Západných Karpát. Do určitej miery sa pod Západné Karpaty od SZ a S ešte ponárajú formácie európskej platformy (najmä kadomské kryštalínikum Brunie) a taktiež predpokladané útržky kadomského fundamentu neznámej príslušnosti v podloží hercýnskych jednotiek na juhu Slovenska. Hercýnske tektonické jednotky vznikali počas dlhodobého vývoja v paleozoiku v priestore medzi vtedajšími kontinentmi Gondwanou a Lauráziou. V tomto priestore sa predpokladá existencia ešte niekoľkých mikrokontinentálnych blokov a menších oceánskych domén.

Hercýnske jednotky sú strednokôrové príkrovy, ktoré vznikli pri hercýnskych kolíznych procesoch. Sú zložené

z komplexov metamorfovaných hornín líšiacich sa stupňom metamorfózy a litológiou. V závere svojho vývoja boli v rôznych obdobiach intrudované telesami granitoidov. V neskoršom tektonickom vývoji sa hercýnska stavba dezintegrovala a fragmenty hercýnskych jednotiek boli zakomponované do nových alpínskych jednotiek a štruktúrne prepracované. Dezintegrácia hercýnsky vytvorenej kontinentálnej kôry začala prebiehať už od vrchnopaleozoickej riftogenézy a pokračovala v mezozoiku až do vytvorenia oceánskych bazénov a mikrokontinentov.

Alpínska orogenéza prebiehala počas mezozoika a terciéru. Mala niekoľko etáp, ktoré konvenčne členíme (pozri napr. Suk et al., 1996) podľa uzatvárania oceánskych domén v priestore medzi európskou a africkou platňou na paleo-, mezo- a neoalpínsku etapu. Počas mezozoika a terciéru predpokladáme existenciu troch oceánskych bazénov s rozdielnym vývojom. V súvislosti s ich uzatváraním sa vytvárali základné alpínske tektonické jednotky Západných Karpát v rôznom čase a priestore. Tieto jednotky sa postupne dostávali do súčasného priestoru a do súčasnej pozície pri najmladších neoalpínskych etapách vývoja oblúka Západných Karpát.

Paleoalpínska etapa sa začala uzatváraním meliatskeho oceánu v jure a skončila sa kolíziou pred vrchnou kriedou. Mezoalpínska etapa súvisela s uzatváraním juhopeninského, váhického oceánu a s následnými kompresívnymi udalosťami koncom kriedy a začiatkom paleogénu. V neoalpínskej etape koncom paleogénu a v neogéne sa uzatváral severopeninský, flyšový bazén. Následne nastala šikmá kolízia a prejavili sa transpresné a transtenzné pohyby medzi európskou platformou a karpatským blokom.

Pri známej polarite alpínskeho orogénu z juhu na sever sa ako prvý uzatváral meliatsky oceánsky bazén. O jeho existencii svedčia len fragmenty oceánskej kôry, zachované v podobe príkrovov. S jeho uzavretím a následnou kolíziou spájame vznik hlavných kôrových paleoalpínskych jednotiek Západných Karpát, ale aj pripovrchových príkrovov. Dlhodobá paleoalpínska tektonická etapa sa skončila v strednej kriede vytvorením karpatského kontinentálneho bloku. Tento blok v mezoalpínskej etape (zhruba koncom kriedy a začiatkom paleogénu) pravdepodobne po uzavretí predpokladaného oceánskeho bazénu juhopeninského typu kolidoval s ďalším kontinentálnym blokom oddeleným od európskej platformy (hypotetické oravikum a jeho fundament). Tektonické jednotky z tejto etapy boli v ďalšom vývoji štruktúrne prepracované a stali sa súčasťou neoalpínskej stavby na rozhraní dnešných vnútorných a vonkajších Karpát. Preto o mezoalpínskej vývojovej etape uvažujeme len na základe nepriamych indícií a analógie s vývojom susedných segmentov najmä v Alpách.

Po mezoalpínskej kolízii karpatský blok sa postupne dostával do šikmej kolízie s európskou platformou a uzatváral pritom oceánsky bazén vonkajšieho flyšu. Vytvárala sa zóna akrečnej prizmy flyšových príkrovov (vonkajšie Západné Karpaty). Karpatský blok (vnútorné Karpaty) bol dezintegrovaný najmä horizontálnymi posunmi. Zároveň prebiehala aj extenzia kôry spojená so vznikom sedimentárnych paniev a s vulkanizmom.

Od tektonického vývoja sa odvíja aj tektonické členenie Západných Karpát. Základné členenie vychádza

z najmladších neoalpínskych tektonických procesov, pri ktorých vznikla flyšová prizma vonkajších Západných Karpát ako interakcia bloku vnútorných Západných Karpát s európskou platformou. Blok vnútorných Západných Karpát v sebe nesie zakomponované fragmenty všetkých predchádzajúcich etáp vývoja, ktorý sa odohrával v rôznom čase a priestore. Základné stavebné jednotky tohto bloku sú paleoalpínske kôrové jednotky a odlepené pripovrchové príkrovy. Zvyšky mezoalpínskych jednotiek vystupujú len na rozhraní vonkajších a vnútorných Karpát a sú prevažne neoalpínsky štruktúrne prepracované. Naša predstava o tektonickej stavbe Západných Karpát je znázornená na schematickom profile (obr. 1).

Hlavné vyčlenené tektonické jednotky a formácie

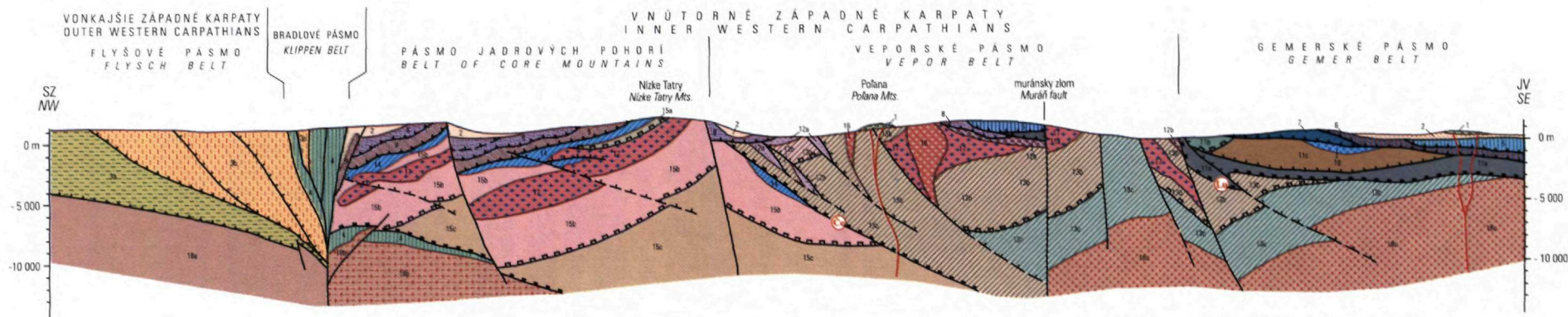
V legende sú teda vyčlenené dve základné skupiny tektonických jednotiek a formácií: neoalpínske tektonické štruktúry vnútorných a vonkajších Západných Karpát a paleoalpínske tektonické jednotky vnútorných Západných Karpát.

Paleoalpínske tektonické jednotky zahŕňajú jednak kôrové jednotky, jednak sústavu pripovrchových príkrovov. Kôrové tektonické jednotky – tatrikum, veporikum, gemerikum a zemplinikum – sú budované kryštalinickým fundamentom, ktorý obsahuje aj fragmenty hercýnskych tektonických jednotiek, a obalovými jednotkami vrchného paleozoika a mezozoika.

Tatrikum je najhlbšia obnažená tektonická jednotka vnútorných Západných Karpát. Je odkryté v jadrových pohoriach Západných Karpát. Tvorí ho kryštalinické jadro a sedimentárny obal zastúpený mladopaleozoickými klastickými sedimentmi karbónu a permu, a predovšetkým mezozoickými obalovými sekvenciami. Veporikum je ďalšia kôrová tektonická jednotka vnútorných Západných Karpát sformovaná pri paleoalpínskej kolízii. Je zložená z kryštalinického sokla a jeho obalu. Veporikum je nasunuté na tatrikum – plochu násunu indikuje čertovická línia a ponára sa pod gemerikum na lubenícko-margeciánskej línii. Gemerikum je alpínsky sformovaná príkrovová tektonická jednotka, presunutá na veporikum. Pozostáva zo staropaleozoicko-karbónskeho sokla a permsko-mezozoického obalu. Tektonická jednotka zemplinika sa stala súčasťou bloku vnútorných Západných Karpát až zrejme v najmladších neogénnych etapách tektonického vývoja. Jej pôvodná príslušnosť je však neznáma. Môže byť súčasťou južnejších jednotiek s kadomským fundamentom. Jednotka sa skladá z kryštalického fundamentu a vrchnopaleozoicko-mezozoického obalu. Vrchnopaleozoické sedimenty majú oproti iným jednotkám v Západných Karpatoch svoje osobitosti.

Hercýnske tektonické jednotky, ktoré sú súčasťou tatrika a veporika, mali spoločný tektonický vývoj. Paleozoické jednotky v gemeriku boli súčasťou inej, externejšej vetvy hercyníd. V rámci hercýnskych jednotiek v tatriku a veporiku rozlišujeme vrchné epizonálne komplexy, vrchnú rulovú tektonickú jednotku, strednú litotektonickú jednotku a spodnú subautochtónnu jednotku. Paleozoické jednotky v gemeriku sú gelnická, rakovecká, štóška, klátovská, ochtinská a črmeľská jednotka.

Hercýnske granitoidné horniny Západných Karpát sa delia podľa vzťahu ku geotektonickým procesom na



Neoalpínske formácie a štruktúry:
Neoalpine formations and structures:

- neovulkanické komplexy s prívodným kanálom
neovolcanic complexes with vent
- terciálne parvy (prevažne paleogénne a neogénne sedimenty)
Tertiary basins (prevalingly Paleogene and Neogene sediments)
- neoalpínske jednotky vonkajších Západných Karpát:
Neoalpine units of Outer Western Carpathians:
 - a) sliezsky príkrov,
a) Silesian nappe,
 - b) magurský príkrov
b) Magura nappe
- neoalpínske štruktúrne modifikované jednotky na styku vonkajších a vnútorných Západných Karpát (bradlové pásmo)
Neoalpine structurally reworked units at the contact of Outer and Inner Western Carpathians (Klippen belt)

Paleoalpínske tektonické jednotky
Paleoalpine tectonic units

- Pripovrchové príkrovy
Near-surface nappes
- silicikum
Silicium
- turnaikum
Turnaicum

- meliatikum
Meliaticum
- hronikum
Hronicum
- fatrikum
Fatricum

Kôrové tektonické jednotky
Crustal tectonic units

- Gemerikum / *Gemicum*
- vrchnopaleozoické a triasové formácie
Upper Paleozoic and Triassic formations
- hercýnske tektonické jednotky:
Hercynian tectonic units:
 - a) ochtinská,
a) Ochtiná,
 - b) rakovecká,
b) Rakovec,
 - c) gelnická
c) Gelnica

Veponikum / *Veporicum*

- a) vrchné paleozoikum – spodná krieda (severné veponikum),
a) Upper Paleozoic to Lower Cretaceous (Northern Veporicum),
- b) vrchné paleozoikum a trias (južné veponikum)
b) Upper Paleozoic and Triassic (Southern Veporicum)

hercýnske tektonické jednotky:
Hercynian tectonic units:

- a) vrchná,
a) upper,
- b) stredná,
b) middle,
- c) spodná
c) lower

Tatrikum / *Tatricum*

- vrchné paleozoikum – stredná krieda
Upper Paleozoic – Middle Cretaceous
- hercýnske tektonické jednotky:
Hercynian tectonic units:
 - a) vrchné epizonálne komplexy,
a) upper epizonal complexes,
 - b) vrchná jednotka,
b) upper unit,
 - c) stredná jednotka
c) middle unit

Hercýnske granitoidy / *Hercynian granitoids*

- neohercýnske,
Neohercynian,
- mezohercýnske
Mesohercynian

Kadomské fragmenty v podloží západokarpatskej sústavy
Cadomian fragments in footwall of Western Carpathian system

- a) európska platforma,
a) European platform,
- b) predpokladaný fundament oravika,
b) supposed basement of Oravicum,
- c) predpokladaný kadomský fundament v južných zónach Západných Karpát
c) supposed Cadomian basement in southern zones of Western Carpathians

Tektonické línie
Tectonic lines

- hercýnske násuny
Hercynian overthrusts
- alpské násuny fundamentu
Alpine overthrusts of the basement
- alpské pripovrchové príkrovy
Alpine near-surface nappes
- násuny a prešmyky
overthrusts and reverse faults
- zlomy (prešmyky, horizontálne posuny, poklesy)
faults (reverse faults, strike-slip, normal faults)

Obr. 1 Schematický rez hlavnými tektonickými jednotkami a formáciami Slovenska.
 Če – čertovická násunová zóna, Lu – lubenícka násunová zóna.

Fig. 1 Schematic cross-section through the main tectonic units and formations of Slovakia.
 Če – Čertovica thrust zone, Lu – Lubeník thrust zone.

orogénne a postorogénne, resp. anorogénne. Tvoria suity, ktoré sa vekovo zaraďujú predovšetkým do obdobia hlavnej hercýnskej kolízie (mezohercýnskej etapy) a postkolízneho neohercýnskeho obdobia. Každú suitu tvorí viacero petrografických typov granitoidných hornín odrážajúcich špecifický fyzikálno-chemický charakter rozličných geotektonických podmienok, v ktorých sa tieto suity formovali.

Medzi paleoalpínske príporchové príkrovové jednotky zaraďujeme príkrovovú sústavu fatrika, hronika, meliatika, turnaika a silicika. Fatrikum predstavuje sústavu príkrovových jednotiek v nadloží tatrika, hronikum sústavu príkrovových jednotiek v nadloží tatrika, veporika a fatrika, meliatikum je triasovo-jurská metamorfovaná jednotka vzniknutá na oceánskej kôre, turnaikum vrchnoplaeozoicko-jurská metamorfovaná jednotka vzniknutá na kontinentálnej kôre a silicikum vrchnopermsko-jurská nemetamorfovaná jednotka vzniknutá na kontinentálnej kôre.

Neopalínske tektonické jednotky sa delia na:

- neoalpínske jednotky vonkajších Západných Karpát: ide o flyšové pásmo, ktoré tvorí charakteristický oblúk po vonkajšom obvode Karpát. Zasahuje na územie Moravy, Poľska a Ukrajiny, kde sa napája na flyšové pásmo Východných Karpát. Flyšové pásmo tvoria čiastkové príkrovy a prešmykové šupiny. Tieto štruktúry členíme podľa litofaciálnej náplne ich vrstvových sledov na vonkajšiu (krosniansku) skupinu príkrovov a na vnútornú (magurskú) skupinu príkrovov.
- neoalpínske štruktúrne modifikované jednotky z rozhrania vnútorných a vonkajších Západných Karpát: sem zaraďujeme vrchnokriedové a mladšie formácie bradlového pásma, mezoalpínske jednotky bradlového pásma s. s., paleoalpínske alebo mezoalpínske jednotky bradlového pásma s. l. (klapská, drietomská a manínska) a belickú jednotku.
- formácie vnútorných Západných Karpát naložené na paleoalpínsku príkrovovú sústavu, ktoré sa delia na sedimentárne panvy s neogénnou a kvartérnou a paleogénnou a vrchnokriedovou výplňou a neovulkanické komplexy. Sedimentárne panvy sa ďalej rozdeľujú podľa tektonických procesov, ktoré ich formovali. Neovulkanické komplexy sa rozdeľujú na vulkanity so vzťahom k subdukcii a so vzťahom k zaoblúkovej extenzii.

Záver

Tektonická mapa vypracovaná kolektívom autorov poskytuje syntézu súčasných názorov na tektonickú stavbu Západných Karpát. Táto syntéza bude, prirodzene, prechádzať ďalším vývojom, nehovoriac o tom, že na mnohé problémy existujú protichodné názory.

Oproti starším verziám tektonických máp sa táto tektonická mapa vyznačuje novým prístupom k členeniu popríkrovových sedimentárnych a vulkanických formácií. Toto členenie je založené na ich vzťahu k tektonickým procesom. Do zvláštnej skupiny sú zaradené tektonické jednotky z rozhrania vnútorných a vonkajších Západných Karpát. V príporchových príkrovových tektonických

jednotkách (najmä v hroniku) sa uplatnil princíp faciálneho členenia náplne čiastkových príkrovov. V kryštalinikom fundamente sú vyjadrené aj relikty hercýnskych tektonických jednotiek. Granitoidy sa členia na suity podľa ich genetického vzťahu ku geotektonickým procesom. V prípade zlomových štruktúr je vyjadrená ich hierarchia, sčasti kinematika a pri mnohých sú doplnené aj názvy. Znázornené sú aj vulkanotektonické štruktúry, izopachy hrúbky sedimentárnych výplní paniev a ďalšie štruktúry.

Literatúra

- Biely, A., Buday, T., Dudek, A., Fusán, O., Kodym, O., Kopecný, I., Kuthan, M., Matějka, A., Sattran, V. a Svoboda, J., 1968: Tektonická mapa ČSSR 1 : 1 000 000. Praha, Úst. Úst. Geol.
- Biely, A., Bezák, V., Elečko, M., Kaličák, M., Konečný, V., Lexa, J., Mello, J., Nemčok, J., Potfaj, M., Rakús, M., Vass, D., Vozár, J. a Vozárová, A., 1996: Geologická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000. Bratislava, GS SR.
- Lexa, J., Bezák, V., Elečko, M., Eliáš, M., Konečný, V., Less, Gy., Mandl, G. W., Mello, J., Pálenský, P., Pelikán, P., Polák, M., Potfaj, M., Radócz, Gy., Rylko, W., Schnabel, G. W., Stráník, Z., Vass, D., Vozár, J. a Zelenka, T., 2000: Geologická mapa Západných Karpát a príľahlých území 1 : 500 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Maheľ, M., Kodym, O. a Malkovský, M., 1984: Tektonická mapa Československa 1 : 500 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Suk, M., Reichwalder, P., Šefara, J. a Schenk, V., 1996: Regionalizace v geologických vědách. Brno, Masarykova Univerzita, Geologia.

Tectonic map of Slovakia 1 : 500 000

Summary

The tectonic map expresses recent views of the tectonic structure of the Western Carpathians. The major part of the Western Carpathians extends on the territory of Slovakia and their tectonic structure is the result of long-term tectonic development. Its typical feature is incorporation of fragment of several orogens. The tectonic elements of the Western Carpathians originated in two main orogenic stages – the Hercynian and the Alpine. The Hercynian orogeny took place during the Palaeozoic between Gondwana and Laurasia. The Alpine orogeny in the Mesozoic and Tertiary had several stages, which we distinguish conventionally according to closing of oceanic domains in the region between the European and Alpine plate. The Palealpine stage started by closing of the Meliatic Ocean in the Jurassic and ended by subsequent collision prior to the Late Cretaceous, the Mesalpine stage was connected with closing of the Southern Penninic – Vahic Ocean and subsequent – compressional events to the end of the Cretaceous and of beginning of the Paleogene, in the Nealpine stage the Northern Penninic – Flysch Basin was closed in the Neogene and following transpressional and transtensional movements took place between the European platform and Carpathian block.

The earliest tectonic elements of the Western Carpathians are fragments of Cadomian blocks in the substratum (European platform in the north, fragments in the substratum in southern Slovakia) and Hercynian tectonic units of the crystalline basement, which are the fundamental structural unit of the Western Carpathians crust. The Hercynian units are middle crustal nappes composed of complex of metamorphosed rocks differing in the grade of metamorphism and lithology. To the close of its

development they were intruded by bodies of granites in various periods. In later tectonic development the Hercynian structure was disintegrated and fragments of the Hercynian unit were incorporated in new Alpine units and reworked structurally.

Disintegration of Hercynian-formed continental crust started to take place already from Late Paleozoic rift genesis and continued in the Mesozoic until of oceanic basins and microcontinents were formed. Throughout the Mesozoic and Tertiary we assume the existence of three oceanic basins with different development. In connection with their closing the fundamental Alpine tectonic units of the Western Carpathians formed in various time and space. These units gradually came into present-day space with latest stages of development of the Neoalpine arc of the Western Carpathians.

With known polarity of the Alpine orogen from south to north as first the Meliata Oceanic Basin was closed. Its existence is testified only by fragments of oceanic crust preserved in form of nappes. Its closing and subsequent collision we put into connection with formation of principal crustal Palealpine units of the Western Carpathians but also of near-surface nappes. The long-term Palealpine tectonic stage ended in the Middle Cretaceous with formation of the Carpathian continental block, which collided with the further continental block rifted away from the European platform (hypothetical Oravicum) in the Mesosalpine stage (roughly to the end of the Cretaceous and the beginning of the Paleogene) probably after closing of the supposed oceanic basin of Southern Penninic type. The tectonic units from this stage were reworked structurally in further development and became a part of the Neoalpine structure at the boundary of the recent Inner and Outer Carpathians. Therefore we consider the Mesosalpine stage of development from indirect indications and according to analogy with development of adjacent segments, mainly in the Alps only.

After Mesosalpine collision the Carpathian block gradually closed the oceanic basin of the outer flysch from W to E and oblique collision with the European platform took place. The

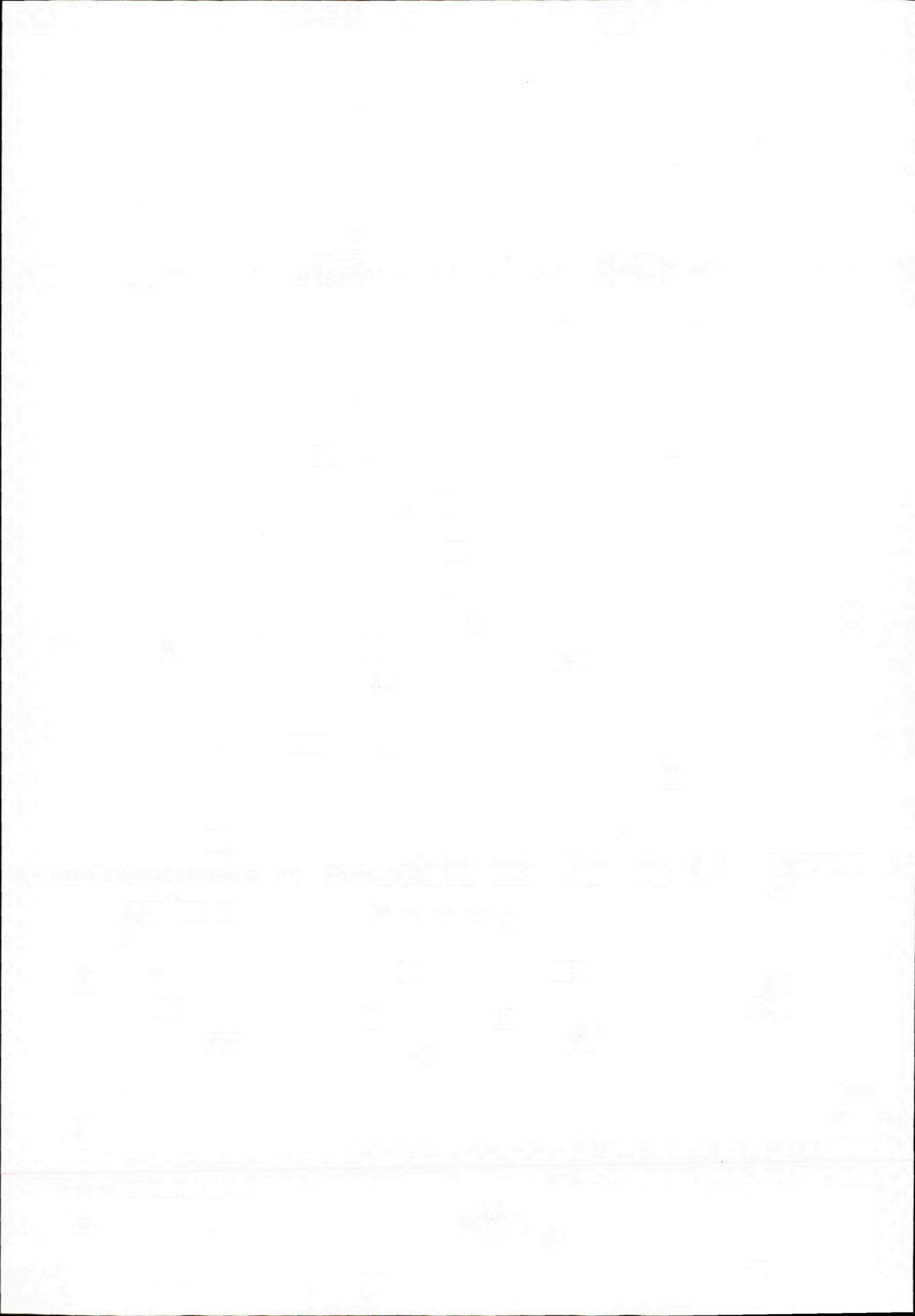
zone of accretion prism of flysch nappes formed (Outer Western Carpathians). The Carpathian block (Inner Carpathians) was mainly disintegrated by horizontal strike-slip movements, at the same time there was also extension of crust connected with formation of sedimentation basins and volcanism.

From tectonic development also division of the Western Carpathians results. The fundamental division sets out from the results of the latest Neoalpine tectonic processes the result of which is the accretion flysch prism of the Outer Carpathians thrust over the European platform by influence of the activity of the Carpathian block. This block carries incorporated fragments of all preceding stages of development, which was taking place in various time and space. Between its tectonic elements we already often are not able to place a strict boundary and they are frequently only in shape of nappe fragments. Therefore we include this block in the Inner Carpathians and its further division is according to tectonic units from the individual stages.

The youngest Neoalpine structural elements are superimposed on the Palealpine nappe system. There are sedimentation basins with Quaternary, Neogene, Paleogene and Late Cretaceous filling and neovolcanic complexes. The Neoalpine tectonic units of the Outer Carpathians form a system of flysch nappes. The relics of Mesosalpine units occur only at the boundary of the present-day Outer and Inner Carpathians and are predominantly reworked structurally. Formations of the Klippen Belt s. l. and the Belice tectonic unit belong here.

The Palealpine tectonic units of the Inner Carpathians are divided into two groups: near-surface nappes (Fatricum, Hronicum, Meliaticum, Turnaicum, Silicikum) and crustal units (Tatricum, Veporicum, Gemicum, Zemplinicum). The crustal units are built up of the crystalline basement, which includes fragments of Hercynian tectonic units and of cover units of the Late Paleozoic and Mesozoic.

Translated by J. Pevný



Neotektonická mapa Slovenska a možnosti jej využitia v praxi

JURAJ MAGLAY a JÁN PRISTAŠ

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

Abstract. The neotectonic map of Slovakia should be understood as a model presenting for the first time the qualitative and areal evaluation of the last cycle of youngest tectonic activity in Western Carpathians and Pannonian Basin in the area of Slovakia. By this way there originates the relatively complete picture about tectonics in time span of the last 3.5 Ma, i. e. during Upper Pliocene and Quaternary. The map by comprehensive manner displays the final structuralization of tectonic activity of this cycle. Moreover, the map registers the relative dynamics of vertical movements of individual, in this scale distinguishable blocky structures and describes their actual state including designation of accompanying manifestations of tectonic activity. The principle and way of designation of individual elements is comprehensive from explanations being a part of the neotectonic map.

The map was composed by the way suitable for a large scientific and amateur community, that guarantees its increased practical use. It serves the principal picture not only about individual movements, but also about their changes during particular geochronological ages, by this way obtaining the dynamic character. Exactly this fact predestines the map for versatile use in applied scientific branches.

Key words: neotectonics, Quaternary, geomorphology, morphostructures, geodynamics

Úvod

Aj napriek tomu, že obdobie kvartéru v porovnaní so staršími geologickými útvarmi je extrémne krátke, poskytuje možnosť podrobného a priameho štúdia geologických a geomorfologických javov prebiehajúcich na území strednej Európy v podmienkach kontinentálneho, čiastočne subakvatického, no väčšinou subaerického vývoja. Tieto javy sú vo všeobecnosti výsledkom vzájomnej interakcie celého radu endogénnych, a zvlášť pre kvartér charakteristických exogénnych procesov. Výhoda priameho štúdia príčín a dôsledkov takejto interakcie prostredníctvom procesov erózie, denudácie a depozície hornín umožňuje aplikovať získané poznatky na štúdium starších geologických útvarov, najmä v oblasti sedimentológie. Predmetom kvartérneho výskumu nie je len štúdium zákonitostí vzniku, vývoja, transportu, depozície a priestorového rozloženia jednotlivých typov sedimentárnych a vulkanických hornín, ale aj štúdium ich vnútornej litologickej náplne prostredníctvom všetkých sledovateľných parametrov počnúc sedimentárnou petrografiou a končiac úložnými pomermi. Každý genetický typ kvartérnych úložnín je spravidla deponovaný na zemskom povrchu. Stáva sa tak význam-

nou súčasťou reliéfu, ktorý, naopak, často spätne modifikuje úložné pomery a priestorové rozloženie jednotlivých typov kvartérnych sedimentov. Povedané zjednodušene, kvartérne sedimenty môžeme chápať aj ako akumulčné formy reliéfu predstavujúce významné indikátory geodynamických javov najmladšieho vývoja Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území Slovenska.

Územie Slovenska už svojím reliéfom, na jednej strane pomerne členitým v horských oblastiach a na druhej strane hladkým v priľahlých panvách či kotlinách, poukazuje na základné tendencie vývoja hlavných morfoštruktúr, sprevádzaného mladou zlomovou tektonikou spojenou s prejavmi seizmickej činnosti. Morfoštruktúry horských oblastí Karpát s pozitívnou pohybovou tendenciou (elevácie) vďaka podrobným morfoanalytickým metódam síce poskytujú základné údaje o intenzite pohybov v kvartéri, no väčšinou neumožňujú priame štúdium sedimentov. Príčinou je to, že ide prevažne o znosové oblasti poznačené silnou eróziou a denudáciou s minimom zachovaných vrchnopliocénnych a spodnopleistocénnych sedimentov. Z tohto hľadiska prejavy kvartérneho vývoja sú najvýznamnejšie predovšetkým v depresiách, reprezentovaných medzihorskými kotlinami Karpát, okrajovými pahorkatinami a nížinami panví, kde zdanlivo málo členitý reliéf je výsledkom kompenzácie mladých tektonických pohybov akumuláčnými procesmi. V dôsledku toho sa na týchto miestach stretávame aj s niekoľko sto metrov hrubou kvartérnou akumuláciou. Práve tieto subsidenčné oblasti sú už niekoľko desaťročí objektom podrobného výskumu a na rozdiel od horských oblastí poskytujú oveľa ucelenejšie informácie o tektonike počas vrchného pliocénu a kvartéru.

Kvartérnogeologický výskum a v nadväznosti na to v posledných rokoch aj geodynamický a tektonický výskum prebiehal v jednotlivých regiónoch Slovenska nerovnomerne a nevyvážene. Napriek tomu systematickým zhodnotením neotektonických pohybov samostatne mapovateľných štruktúr, resp. tektonických blokov a ich vzťahov k susedným blokom sa podarilo získať pomerne ucelený obraz o pohyboch a ich zmenách počas jednotlivých chronologických stupňov pliocénu a kvartéru. V závere minulého storočia bolo teda technicky možné urobiť širšie závery. Podarilo sa vytvoriť pre túto etapu základný neotektonický model – neotektonickú mapu Slovenska.

Tento článok prináša retrospektívny pohľad na históriu vzniku neotektonickej mapy, v stručnosti oboznamuje s jej obsahovou náplňou vrátane použitých metód zostavovania a v neposlednej miere poukazuje na možnosti praktického využitia takejto mapy. Obsah článku tvorí stručný súhrn údajov a faktov, ktoré odzneli v rovnomennom príspevku na seminári venovanom 50. výročiu založenia časopisu Geologické práce, Správy.

Stručná história vzniku neotektonickej mapy

Idea zostavenia mapového diela, ktoré by v prehľadnej podobe zobrazilo priebeh a rozšírenie, ako aj stavbu a charakteristiku tektonických línií a štruktúr najmladšieho obdobia posledného megacyklu tektonického vývoja Západných Karpát a Panónskej panvy (Kováč a Baráth, 1995; Kováč et al., 1997; Hrašna, 1998) vrátane sprievodných prejavov tektonickej aktivity a znázornenia jednotlivých tektonických štruktúr, je stará približne 30 rokov. Jej počiatky, aj keď nie v takej podobe, ako boli spomenuté, siahajú do konca 60. rokov. Vtedy sa začal rozbiehať systematický geologický výskum a mapovanie pre základné geologické mapy mierky 1 : 25 000 a regionálne geologické mapy mierky 1 : 50 000. Týmto mapami sa do súčasnosti pokrylo už takmer celé územie Slovenska. V dôsledku veľkého pokroku v systematickom výskume geológie kvartéru a neogénu Slovenska sa od spomenutého obdobia pri mapovaní a identifikácii neotektonicky aktívnych línií a štruktúr zdokonalila, otestovala a preukázala účelnosť rôznych metód výskumu mladej tektoniky. Súbežne s tým postupne pri podpore výsledkov výskumu z oblasti štruktúrnej geológie sa spresňovala chronostratigrafická definícia neotektonickej aktivity a zároveň sa čoraz viac potvrdzovalo, že táto aktivita nie je (napriek istým špecifikám) osobitým fenoménom, odlišným od bezprostredne staršej aktivity, ale jej pokračovaním.

V 70. rokoch minulého storočia si tento fakt okrem geológov všimli najmä geomorfológovia. Reliéf poskytoval mnoho možností štúdia endogénnych tektonických prejavov, vzniknutých často nielen počas obdobia kvartéru, ale už vo vrchnom miocéne a pliocéne. Štúdium tektonicky podmienených tvarov zemského povrchu sa odrazilo v množstve geomorfologických prác. Ich súhrn podávajú Urbánek (1993) a Jakál et al. (in Hók et al., 1997) na mape geomorfologicky interpretovaných zlomov SR. Recentné seizmické prejavy boli zasa predmetom štúdia geofyzikálnych inštitúcií. Práce geografov vyústili koncom 70. rokov do niekoľkých máp zostavených pre atlas SSR. Z nášho pohľadu sú dôležité najmä mapy 1 : 1 000 000 Mazúra a Kvitkoviča (in Mazúr a Jakál, 1980), znázorňujúce mladé pohyby, a Vanka a Kvitkoviča (in Mazúr a Jakál, 1980), zobrazujúce recentné vertikálne pohyby zemskej kôry na základe opakovaných geodetických meraní.

Prvým geologickým výstupom zaznamenávajúcim vertikálne pohyby zemského povrchu bola Neotektonická mapa ČSSR (Kopecký, 1973). Vzhľadom na to, že mapa z územia Západných Karpát znázorňuje len vrchnomiocénne pohyby zemského povrchu, z hľadiska neskorších definícií neotektonickej aktivity bola nepoužiteľná. V nasledujúcom období sa s interpretáciami neotektonickej

aktivity stretávame čoraz častejšie v kapitolách o tektonike, tvoriacich súčasť vysvetliviek k jednotlivým mapám regiónov, ako aj súčasť archivovaných čiastkových záverečných správ k základným geologickým mapám. Na mapách z území regiónov s poklesovou pohybovou tendenciou štruktúrno-tektonických blokov (severné výbežky Panónskej a Viedenskej panvy, juhoslovenské a vnútrohorské kotliny) sa objavujú priebehy neotektonických, a zvlášť kvartérnych zlomov. V monografii ku geologickej stavbe Ipeľskej kotliny (Pristaš in Vass et al., 1979) sa objavuje samostatná kapitola o morfofotektogenéze a neotektonike. Prvá samostatná tematická mapa, ktorej obsah vychádza z údajov geologického mapovania regiónu, je mapa kvartérnych neotektonických štruktúr Východoslovenskej nížiny (Baňacký, 1986). Ako prvá ukázala možný spôsob využitia primárnych údajov základného geologického mapovania.

Počas 90. rokov pri výskume neotektonických štruktúr a ich dynamiky významnú úlohu zohrali hneď dva súbežne prebiehajúce projekty. Prvým z nich bol medzinárodný projekt *Podunajsko – DANREG*. V rámci neho okrem iných tematických máp bola zostavená aj neotektonická mapa jz. časti regiónu (Halouzka et al., 1994). Neskôr vyústila do publikovanej neotektonickej mapy Podunajska (Halouzka et al., 1998).

Druhý projekt sa zaoberal geodynamickým vývojom a hlbinnou stavbou Západných Karpát (1991 – 1993). Jednou z jeho súčastí sa stal aj subprojekt *Geodynamický vývoj regiónov Slovenska v období vrchný pliocén – kvartér* (Maglay et al., 1993). Tento projekt umožnil vytvoriť účelovú syntézu veľkého množstva použiteľných údajov. Jej výsledkom bol geodynamický model troch vybraných regiónov. Potreba vytvoriť takýto model pre celé územie Slovenska sa stala aktuálna v nasledujúcom období, v ktorom uvedený projekt prešiel do II. etapy. V jeho závere v rámci čiastkovej úlohy tohto projektu (Halouzka et al. in Rakús et al., 1997) sa podarilo v autorskej čistokresbe zostaviť štruktúrnu neotektonickú mapu Slovenska. Svojím obsahom sa následne stala východiskovým podkladom samotnej neotektonickej mapy Slovenska.

Reálna šanca na zostavenie **neotektonickej mapy Slovenska** v takej podobe, aby sa mohla poskytnúť širšej odbornej i laickej verejnosti a zaručila tak mnohostranné praktické využitie, vznikla na základe predchádzajúcich dlhoročných požiadaviek a záujmu vedeckej i aplikovanej sféry, ale najmä po skončení a vyhodnotení výskumných prác na spomínanom projekte, riešenom slovenskými odborníkmi z oblasti geológie počas 90. rokov (Maglay et al., 1999).

Obsahová stránka neotektonickej mapy

V celom tektonickom vývoji Západných Karpát a Panónskej panvy je možné vyčleniť niekoľko tektonicko-sedimentárnych megacyklov. Práve začiatok posledného z nich sa kladie na hranicu miocén/pliocén. Zhodne so začiatkom posledného megacyklu, t. j. od začiatku pliocénu, sa zároveň zmenili charakteristiky napätového poľa, ktoré pretrvávajú do recentu (Bada, 1999). Hrašna (1998) definuje pojem neotektonika pre územie Slovenska ako tektonické udalosti a procesy, ktoré sa odohrali v období od konca miocénu po recent,

teda v časovom úseku megacyklu zahŕňajúcom posledných 5,4 milióna rokov. Neotektonická mapa Slovenska zasahuje ešte bližšie k súčasnosti. V prehľadnej podobe zobrazuje najmladšie tektonické procesy a udalosti, ktoré vznikli alebo pretrvávajú v aktuálnom tektonickom režime. Obdobie pliocénu sa tu považuje len za iniciálne obdobie pre neotektonický vývoj v kvartéri, tvoriaci základ obsahu mapy. Vzhľadom na to, že v porovnaní so staršími útvarmi obdobie kvartéru je extrémne krátke a na území Slovenska navyše reprezentované výlučne kontinentálnym vývojom, situácia na mape sa neobmedzuje striktne len na kvartérne obdobie. Zachytáva pohyby v časovom diapazóne rozšírenom na **posledných 3,5 mil. rokov**, čím zohľadňuje aj dynamiku obdobia vrchného pliocénu.

Mapa svojím obsahom predstavuje účelovú syntézu veľkého množstva vyhodnotených starších aj najnovších a najaktuálnejších údajov spracovaných pre II. etapu projektu *Geodynamický vývoj Západných Karpát v kvartéri*. Ako podklad na tvorbu mapy z hľadiska charakteru obsahu a kvality boli zvolené najvhodnejšie použiteľné poznatky a údaje získané pri dlhodobom regionálnom geologickom mapovaní Slovenska a následnom zostavovaní máp regiónov v mierke 1 : 50 000. Zistené skutočnosti z mapovania pritom zahrnuli aj všetky predchádzajúce dostupné údaje o príslušných regiónoch (literatúra, staršie prieskumné, vrtné, sondážne a iné technické práce) vrátane údajov z prác negeologických inštitúcií. Tieto údaje sa priebežne aktualizovali a dopĺňali o nové údaje z pracoviska Geofondu ŠGÚDŠ v Bratislave, ako aj o výsledky iných tematických prác s podobným zameraním.

Z výsledkov vyplýva, že dynamika tektonických procesov Západných Karpát a Panónskej panvy je aj v období vrchného pliocénu a kvartéru veľmi zložitá a značne diferencovaná. Prejavuje sa to aj v častom striedaní pozitívnych a negatívnych tektonických štruktúr, a teda istou mozaikovitosťou reliéfu, na mnohých miestach s prejavmi analogických procesov. Pokiaľ ide o obsahovú stránku mapy, nebolo dôležité zaoberať sa len idiografiou a priestorovým rozložením jednotlivých skúmaných javov, ale predovšetkým zmenou ich kvality vo vymedzenom časovom úseku. Tým nadobudli dynamický charakter. Všetky javy zobrazené na mape treba teda v širšom zmysle slova chápať ako momentálny stav interakcie vnútornej a vonkajšej geodynamiky. Aj keď z tohto hľadiska geologický vývoj najmä v kvartéri predurčujú predovšetkým exogénne procesy v podobe špecifických účinkov pleistocénnej klímy, na mape sú akceptované najmä tie faktory, ktoré sú najvýraznejším odrazom vnútornej geodynamiky, teda najmladšej tektoniky skúmaného územia Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy.

Okrem plošných prvkov mapa obsahuje aj celý rad lineárnych značiek vymedzujúcich jednotlivé neotektonické bloky. Ide predovšetkým o zistený a predpokladaný priebeh neotektonických zlomových línií. V zobrazených častiach Panónskej panvy sú navyše línie zlomov označené zodpovedajúcimi farbami stratigrafie vyjadrujúcimi vek ich prevažujúcej, resp. najmladšej aktivity.

Vybrané sprievodné znaky neotektonickej aktivity, akými sú napr. výskyt sladkovodných vápencov, traver-

stínov a penovcov, resp. prejavy najmladšieho vulkanizmu, zobrazuje mapa bodovými značkami.

Metodika zostavovania mapy

Na identifikáciu prvkov dôležitých pre zostavenie neotektonickej mapy sa popri vybraných geologických metódach zároveň použili najmä rôzne geomorfologické (morfometria, geomorfologická analýza) a iné podporné metódy. V zásade išlo o rozbor a neotektonickú interpretáciu údajov pochádzajúcich najmä z dlhoročného komplexného a systematického výskumu územia a geologického mapovania kvartéru, ako aj o využitie záverov z kvartérnej paleogeografie (najmä paleogeomorfológie a paleohydrografie). Pri rozbere relatívnej výšky a hrúbky terasových akumulácií, zarovnaných povrchov a dnových fluviaálnych akumulácií v priečných a pozdĺžnych spádových profiloch sa použili aj porovnávacie morfometrické údaje. V subsidenčných celkoch zasa prevládali geologické údaje o hrúbke a charaktere sedimentárnej výplne negatívnych štruktúr pochádzajúcich z vyhodnotení a rozborov geologických alebo geofyzikálnych profilov a vrto.

Pri zostavovaní mapy sa zohľadnili aj výsledky získané pri štúdiu recentných vertikálnych pohybových tendencií zemskej kôry na území Slovenska, spracované geodetickými metódami za posledné desaťročia (Vanko, 1988; Joó, 1992). Údaje o recentných vertikálnych pohyboch sa korelovali s hodnotami hrúbky kôry (Horváth, 1993; Šefara et al., 1996) a teplotného toku (Franko et al., 1995). Výsledky paleostresovej analýzy z tektonicky porušených pliocénnych a kvartérnych sedimentov umožnili detailizovať funkciu a charakter zlomových línií. V regiónoch s dostatočnou geofyzikálnou preskúmanosťou sa výsledky paleostresových analýz korelovali s výsledkami geofyzikálnych prác. Pomocou spracovania údajov z leteckých a satelitných snímkov a čiastočne aj seizmologických údajov bola pomerne detailne vyhodnotená diferencovanosť, rýchlosť a etapovitosť poklesávania, resp. výzdvihu jednotlivých tektonických blokov.

Záver (využitie mapy v praxi)

Neotektonickú mapu Slovenska je potrebné chápať ako model znázorňujúci v primeranom rozsahu kvalitatívne a plošné vyhodnotenie najmladšej tektonickej aktivity na našom území formou prehľadnej štrukturalizácie posledného cyklu geodynamického vývoja. Mapa touto formou zaznamenáva relatívnu dynamiku predbežne len vertikálnych pohybov v danej mierke (1 : 500 000) rozlíšiteľných kryhových štruktúr – blokov; zobrazuje ich aktuálny stav a z toho vyplývajúce pravdepodobné pohybové tendencie na prognózu následného vývoja tektonickej aktivity v ďalšom geologickom období. V tomto smere je to jediná mapa svojho druhu nielen u nás, ale aj v ostatných štátoch Európy.

Mapa je koncipovaná tak, aby sa mohla poskytnúť širšej odbornej i laickej verejnosti a aby sa zaručilo jej mnohostranné praktické využitie. V nadväznosti na jednotlivé vyčlenené štruktúry mapa podáva základný a pomerne ucelený obraz nielen o samotných pohyboch, ale aj o ich zmenách počas jednotlivých geochronologických

stupňov. Tým nadobúda dynamický ráz. Práve tento fakt ju predurčuje na využitie v aplikovanej sfére.

Napríklad v oblasti geomorfológie mapa poskytuje primárne informácie o dispozícii jednotlivých štruktúrno-tektonických blokov pre rôzne druhy procesov formovania reliéfu a indikuje ich intenzitu. Monitorovaním druhu a intenzity erózie, denudácie a akumulácie umožňuje vyhodnotiť a posúdiť genézu, súčasný stav aj prognózu ďalšieho vývoja tvarov zemského povrchu. Mapa poskytuje základné informácie pri tvorbe rozličných účelových a odvodených máp, zvlášť mapy rizík geofaktorov životného prostredia. V hospodárskej oblasti je zdrojom základných informácií pri lokalizácii a zakladaní strategických stavieb, ako sú elektrárne (vrátane jadrových), hydrocentrály, úložiská toxického a rádioaktívneho odpadu, cestné a železničné líniové stavby, produktovody, tunely a iné.

Literatúra

- Bada, G., 1999: Cenozoic stress field evolution in the Pannonian Basin and surrounding orogens. *Academisch profeschrift. Vrije Universiteit Amsterdam*, s. 1 – 187.
- Bañacký, V., 1986: Mapa kvartérnych neotektonických štruktúr Východoslovenskej nížiny 1 : 100 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Franko, O., Remšík, A. a Fendek, M., 1995: Atlas geotermálnej energie Slovenska. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Halouzka, R., Horniš, J., Pristaš, J. a Tkáčová, H., 1994: Neotektonická mapa jz. časti regiónu Podunajsko – DANREG (územie dotknuté výstavbou VD Gabčíkovo) 1 : 100 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Halouzka, R. (ed.), Schäffer, G., Kaiser, M., Molnár, P., Scharek, P., Halouzka, R. a Pristaš, J., 1998: Danube Region Vienna – Bratislava – Budapest, Neotectonic map 1 : 200 000. DANREG (Danube region Environmental Geology Programme). Budapest, MÁFI.
- Halouzka, R., Baňacký, V., Maglay, J., Pristaš, J. a Horniš, J., 1997: Geodynamický vývoj Západných Karpát v kvartéri. In: Rakús, M. (ed.), Aubrecht, R., Baňacký, Bezák, V., Bielik, M., Biroň, A., Maglay, J., V., Boorová, D., Halouzka, R., Havrila, M., Hók, J., Horniš, J., Hraško, L., Hrnčárová, M., Jablonský, J., Janák, M., Konečný, V., Kováč, P., Lexa, J., Madarás, J., Michalík, J., Milovský, R., Mello, J., Plašienka, D., Potfaj, M., Petřík, I., Pitoňák, P., Polák, M., Pristaš, J., Prokešová, R., Putiš, M., Reháková, D., Soták, J., Šimon, L., Spišiak, J., Sýkora, M., Szalayová, V., Šantavý, J., Šefara, J., Tomek, Č. Vass, D., Vozár, J., a Vozárová, A., 1997: Geodynamický vývoj Západných Karpát – II. etapa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Horváth, F., 1993: Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin. In: *Tectonophysics* (Amsterdam), 226, s. 333 – 357.
- Hrašna, M., 1998: Tektonická a seizmická aktivita územia Slovenska. In: *Geology & Environment* (Int. Conf., Eds.: Wagner, P. a Durmeková, T.). Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, s. 107 – 109.
- Jakál, J., Lacika, J. a Urbánek, J., 1997: Mapa geomorfologicky interpretovaných zlomov SR. In: Hók, J., Kováč, P., Madarás, J., Maglay, J., Kováč, M., Baráth, I., Sabol, I., Slávik, M., Lukaj, M., Lacika, J., Jakál, J. a Urbánek, J.: Neotektonický a geomorfologický vývoj územia Slovenska. Záverečná správa. Č. ú. ŠO/95/5435/009 Prieskum hlbinného ukladania vyhoreného paliva a vysokoaktívnych odpadov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, Geol. časť s. 1 – 90, Geomorfol. časť s. 1 – 141.
- Joó, I., 1992: Recent vertical surface movement in the Carpathian basin. In: *Tectonophysics* (Amsterdam), 202, s. 129 – 134.
- Kopecný, A., 1973: Neotektonická mapa ČSSR. Praha, Ústř. Úst. geol.
- Kováč, M. a Baráth, I., 1995: Tektonicko-sedimentárny vývoj alpsko-karpatsko-panónskej styčnej zóny počas miocénu. In: *Miner. slov.*, roč. 28, s. 1 – 11.
- Kováč, M., Baráth, I. a Nagymárosy, A., 1997: The Alpine collapse of the Alpine-Carpathian-Pannonian junction – an overview. In: *Acta Geol. Hung.*, roč. 40, č. 3, s. 241 – 264.
- Maglay, J., Baňacký, V., Halouzka, R., Horniš, J. a Pristaš, J., 1993: Geodynamický vývoj regiónov Slovenska v období vrchný pliocén – kvartér. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, s. 1 – 43.
- Maglay, J., Halouzka, R., Baňacký, V., Pristaš, J. a Janočko, J., 1999: Neotektonická mapa Slovenska 1 : 500 000. Bratislava, GS SR.
- Mazúr, E. a Kvitkovič, J., 1980: Mladé pohyby 1 : 1 000 000. In: Mazúr, E. a Jakál, J., (eds.): Atlas SSR. Bratislava, Veda.
- Pristaš, J., 1979: Morfotektogenéza a geologický vývoj v štvrtohorách. In: Vass, D., Konečný, V., Šefara, J., Pristaš, J. a Škvarka, L.: Geologická stavba Ipel'skej kotliny a Krupínskej planiny. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, s. 186 – 187.
- Šefara, J., Bielik, M., Konečný, P., Bezák, V. a Hurai, V., 1996: The latest stage of development of the lithosphere and its interaction with the asthenosphere (Western Carpathians). In: *Geol. Carpath.*, roč. 47, č. 6, s. 339 – 347.
- Urbánek, J., 1993: Geomorfologické formy tektonického pôvodu (identifikácia a mapovanie). In: *Miner. slov.*, roč. 25, s. 131 – 137.
- Vanko, J. a Kvitkovič, J., 1980: Recentné pohyby zemskej kôry 1 : 1 000 000. In: Mazúr, E. a Jakál, J. (eds.): Atlas SSR. Bratislava, Veda.
- Vanko, J., 1988: A rectified map of recent vertical surface movements in the West Carpathians in Slovakia. In: *Journal of Geodynamics*, 10, s. 147 – 155.

Ložiskové modely rudných mineralizácií Slovenska

JAROSLAV LEXA

Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava, lexa@gssr.sk

Abstract. Fifty-two ore deposit models representing mineralizations of Western Carpathians were compiled in the framework of the project *Metallogenetic evaluation of the Slovak republic territory* during the years 1998 – 2002 to serve needs of the regional resource assessment. Models have uniform structure including: list of relevant occurrences and commodities; data on past exploitation, grades and tonnage; information on geotectonic, geological and structural setting; data on mineralogy, alteration and genesis of mineralization; list of main factors involved in the origin of deposits; list of associated mineralization types; information on related geochemical and geophysical anomalies; list of exploration criteria; list of relevant references. Models were compiled for 10 mineralization types occurring in Hercynian basement of the Taricum and Veporicum tectonic units, 9 mineralization types occurring in Paleozoic rocks of the Gemericum unit, 5 mineralization types occurring in Permian rocks, 3 mineralization types occurring in Mesozoic and Paleogene rocks and 25 mineralization types hosted by Neogene volcanic formations.

Key words: Western Carpathians, ore deposit models

V rámci geologickej úlohy *Metalogenitické hodnotenie územia Slovenskej republiky* riešenej na základe zadania Ministerstva životného prostredia SR v rokoch 1998 až 2002 Štátnym geologickým ústavom D. Štúra v spolupráci s Prírodovedeckou fakultou Univerzity Komenského v Bratislave (Lexa et al., 2002a) bol v samostatných čiastkových správach vypracovaný súbor ložiskových modelov rudných mineralizácií Slovenska (Lexa et al., 2002b, c). Tento článok má len informatívny charakter vo vzťahu k uvedeným správam uloženým v archíve ŠGÚDŠ (Geofonde) – uvádza princípy zostavovania ložiskových modelov, zoznam zostavených ložiskových modelov a ako prílohu jeden zo zostavených modelov (skarnovo-porfýrové Cu ± Au mineralizácie s väzbou na subvulkanické intrúzie granodioritových porfýrov). Záujemcov o samotné ložiskové modely odkazujeme na uvedené správy.

Cieľom zostavenia ložiskových modelov je vytvoriť podmienky na racionálne regionálne prognózovanie zdrojov rudných surovín, ktoré v súčasnosti realizujeme najmä konfrontáciou ložiskových modelov s údajmi o geologickej stavbe a vývoji, výskyte mineralizácií, primárnych a sekundárnych geochemických poliach a geofyzikálnych poliach, využívajúc technológiu GIS. Vychádzajúc z metódy rozpracovanej Geologickou službou USA (Cox a Singer, 1986; Kirkham et al., 1997), pod ložiskovým modelom chápeme súbor geologických, ložiskových, mineralogických, geochemických a geofyzikálnych atribútov

charakteristických pre daný ložiskový typ či typ mineralizácie. Zostavujeme ho ako zovšeobecnenie informácií o všetkých ložiskách a výskytoch priradených k danému typu mineralizácie, a to vrátane typických ložísk, respektíve ložiskových typov opísaných vo svetovej literatúre.

Ložiskové modely sú spracované v stručnej a prehľadnej forme podľa nasledujúcej osnovy:

- ložiskový či mineralizačný typ (pre ktorý zostavujeme model);
- ložiská a výskyty, ktoré model reprezentuje (vrátane prípadného výberu zahraničných);
- hlavné a vedľajšie suroviny (komodity);
- ťažba (súčasná či minulá), kvalitatívne parametre (vrátane grade/tonnage modelu, ak pre daný ložiskový typ bol spracovaný v publikácii USGS);
- geotektonické postavenie či režim (v čase vývoja mineralizácie);
- geologické postavenie;
- horninové prostredie (vrátane veku);
- geometria ložiskových akumulácií či mineralizovaných zón;
- štruktúrna kontrola mineralizácie;
- vek mineralizácie;
- mineralógia (vrátane paragenéz, zonality a hlavných výsledkov štúdia izotopov a fluidných inklúzií);
- premeny a ich zonalita;
- genéza mineralizácie;
- hlavné faktory kontrolujúce vývoj mineralizácie a vznik ložiskových akumulácií;
- asociujúce typy mineralizácie;
- primárne a sekundárne geochemické aureoly;
- geofyzikálne prejavy;
- hlavné vyhľadávacie a prognózne kritériá (znaky a prejavy);
- doplnujúci komentár a poznámky;
- referencie.

Ložiskové modely sme spracovali najmä pre tie typy mineralizácií, ktoré v minulosti mali, majú alebo v budúcnosti môžu mať aj ekonomický význam. Celkove sme spracovali 52 modelov, z toho 10 pre ložiská a výskyty v kryštaliniku tatrika veporika, 9 pre ložiská a výskyty v paleozoiku gemerika, 5 pre ložiská a výskyty v perme Západných Karpát, 3 pre ložiská a výskyty Mn mineralizácií v mezozoiku a paleogéne a 25 pre ložiská a výskyty v neovulkanitoch.

V kryštalíniku tatrika a veporika:

1. Pyritovo-pyrotínová metamorfovaná, primárne exhalčno-sedimentárna mineralizácia;
2. Antimonitová (\pm Au, As) hydrotermálna mineralizácia v čiernych bridliciach (strata-bound typ);
3. Scheelitovo-zlatá hydrotermálna žilná a impregnačná mineralizácia;
4. Arzenopyritovo-pyritová mineralizácia s neviditeľným zlatom;
5. Zlato-kremenná žilná hydrotermálna mineralizácia;
6. Antimonitová (\pm Au) žilná hydrotermálna mineralizácia;
7. Polymetalická Pb-Zn žilná hydrotermálna mineralizácia;
8. Sideritová žilná hydrotermálna mineralizácia;
9. Barytová žilná hydrotermálna mineralizácia;
10. Molybdénovo-wolfrámová porfýrová mineralizácia.

V paleozoiku gemerika:

11. Cínová greisenová a žilná mineralizácia;
12. Antimonitová (\pm Au) žilná (žilníková) hydrotermálna mineralizácia;
13. Sideritová (sideritovo-sulfidická, sideritovo-barytová) žilná hydrotermálna mineralizácia;
14. Sideritová metasomatická mineralizácia;
15. Magnezitová metasomatická mineralizácia;
16. Mastencová metasomatická mineralizácia;
17. Medená a polymetalická exhalčno-sedimentárna (VMS) mineralizácia;
18. Drahokovová stratiformná (čierne bridlice) mineralizácia;
19. Mangánová stratiformná mineralizácia.

V perme Západný Karpát:

20. Medená stratiformná mineralizácia;
21. Uránovo-molybdénová stratiformná a žilná mineralizácia;
22. Uránová mineralizácia v pieskovcoch;
23. Medená žilná mineralizácia;
24. Medená (barytová) mineralizácia v bazaltoch.

Mangánové mineralizácie v mezozoiku a paleogéne Západných Karpát:

25. Sedimentárno-diagenetické mangánové mineralizácie v jure;
26. Sedimentárno-diagenetické mangánové mineralizácie vo vnútrokarpatskom paleogéne;
27. Mangánové mineralizácie infiltračného typu.

V neovulkanitoch Slovenska a v súvislosti s nimi:

Modely mineralizácií vo vzťahu k subvulkanickým intrúziám dioritových porfýrov a dioritov v centrálnych zónach andezitových statovulkánov

28. Porfýrová Cu \pm Au mineralizácia;
29. Skarnová mineralizácia;
30. Vysokosulfidačná epitermálna Au mineralizácia;
31. Nízkosulfidačná epitermálna polymetalická žilno-žilníková mineralizácia;

32. Nízkosulfidačná epitermálna drahokovová žilníkovo-impregnačná mineralizácia;
33. Nízkosulfidačná epitermálna Sb-Au mineralizácia;
34. Žilníkovo-impregnačná Hg mineralizácia;
35. Žilníkovo-impregnačná mineralizácia drahého opálu.

Modely mineralizácií vo vzťahu k subvulkanickým intrúziám granodioritových porfýrov

36. Skarnovo-porfýrové Cu \pm Au mineralizácie;
37. Polymetalické žilno-žilníkové mineralizácie;
38. Vysokosulfidačné epitermálne Cu-Au mineralizácie;
39. Nízkosulfidačné epitermálne Cu-Au mineralizácie.

Modely mineralizácií vo vzťahu k subvulkanickým intrúziám granodioritu

40. Magnetitové skarny;
41. Polymetalická žilníkovo-impregnačná mineralizácia.

Modely mineralizácií bez bezprostredného vzťahu k subvulkanickým intrúziám (vo vzťahu k hlbšiemu magmatickému zdroju alebo ryolitovému magmatizmu)

42. Epitermálna Au mineralizácia typu Hodruša – Rozália;
43. Polymetalické epitermálne žily štiavnického typu;
44. Polymetalické metasomatické mineralizácie;
45. Striebornopolymetalické žily hodrušského typu;
46. Drahokovové žily a žilníky kremnického typu;
47. Drahokovové metasomatické mineralizácie;
48. Drahokovové mineralizácie horúcich prameňov.

Modely mineralizácií v prostredí sedimentárnych hornín

49. Žilníkové polymetalické mineralizácie vo vzťahu k štokom dioritových porfýrov;
50. Žilníkovo-impregnačné Hg mineralizácie vo vzťahu k intrúziám;
51. Teletermálne impregnačné Hg mineralizácie;
52. Teletermálne impregnačné a metasomatické Au mineralizácie.

Literatúra

- Lexa, J., Bačo, P., Bahna, B., Bakoš, F., Baláž, P., Bezák, V., Bystrická, G., Cicmanová, S., Ferenc, Š., Gazdačko, E., Grecula, P., Háber, M., Helma, J., Hojstříčková, V., Hraško, L., Hurai, V., Huraiová, M., Chovan, M., Jeleň, S., Kobulský, J., Koděra, P., Kohút, M., Kollárová, V., Konečný, P., Konečný, V., Kováčik, M., Král, J., Kyselica, M., Luptáková, J., Marsina, K., Mackových, D., Maťo, L., Michalko, J., Mákuš, T., Moravanský, D., Németh, Z., Ozdín, D., Petro, M., Pršek, J., Radvanec, M., Rojkovič, I., Rojkovičová, L., Tréger, M., Smirnov, A., Smolka, J., Šesták, P., Žák, K., Žáková, E. a Žec, B., 2002a: Metalogenetické hodnotenie územia Slovenskej republiky. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Lexa, J., Grecula, P., Chovan, M., Ozdín, D., Radvanec, M., Rojkovič, I. a Tréger, M., 2002b: Ložiskové modely rudných mineralizácií Slovenska. Čiastková správa. In: Lexa, J. et al., 2002: Metalogenetické hodnotenie územia Slovenskej republiky. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Lexa, J., Koděra, P. a Bačo, P., 2002c: Ložiskové modely mineralizácií neovulkanitov Slovenska. Čiastková správa. In: Lexa, J. et al., 2002: Metalogenetické hodnotenie územia Slovenskej republiky. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Príloha: ložiskový model skarnovo-porfýrových Cu ± Au mineralizácií vo vzťahu k subvulkanickým intrúziám granodioritových porfýrov (obr. 1)

Ložiská a výskyty, ktoré model reprezentuje

Zlatno, Šementlov, Sklené Teplice – Vydričná dolina, Kozí potok, Medené, Handerlová, Pukanec – Budačka.

Hlavné a vedľajšie suroviny

Cu, Au, Mo. Z hľadiska zastúpenia kovov hovoríme o Cu ± Mo a Au mineralizácii, ale obsah Au dosahuje miestami aj parametre porfýrovej Au mineralizácie.

Ťažba a kvalitatívne parametre

Ložiská a výskyty neboli objektom ťažby. Zásoby overené prieskumom majú obsah Cu 0,3 – 0,6 %, Au 0,3 – 0,6 g/t a Mo do 0,01 %. Alternatívy výpočtu s lepšími parametrami podstatne znižujú rozsah zásob a ložiská sa rozpadajú na viacero menších blokov.

Geotektonické postavenie

Oblasti aktívnej subdukcie. Variabilne vyvinuté ostrovné oblúky alebo kontinentálne okraje s prejavmi vnútrooblúkovej alebo zaoblúkovej extenzie. Stredoslovenské neovulkanity predstavujú areálny typ alkalicko-vápenatého vulkanizmu iniciovaného zaoblúkovou extenziou v oblasti hrubej kontinentálnej kôry.

Geologické postavenie

Väzba na subvulkanické štoky a dajkové roje granodioritových až kemitodioritových porfýrov vystupujúcich v rámci rozsiahleho stratovulkánu s prejavmi výraznej diferenciacie, vývojom kaldery, postvulkanickým výzdvihom resurgentnej hrasti a mohutným subvulkanickým intruzívnym komplexom. Vývoj mineralizácie je podmienený koincidenciou apikálnej časti štoka a karbonatických súvrství série Veľkého boku. Horniny prináležia k vysoko draselnej alkalicko-vápenatej sérii. Úroveň intrúzií okolo hranice vulkanity/podložie indikuje primárnu hĺbku intrúzií okolo 1 200 až 1 800 m.

Horninové prostredie

Mineralizácia sa priestorovo viaže na horečnaté a vápenaté endoskarny a exoskarny na kontakte granodioritových porfýrov s vápencami a dolomitmi stredného a vrchného triasu série Veľkého boku. Pre zónu skarnov a mineralizácie je charakteristické intímne prenikanie porfýru do sedimentárnych súvrství – rozpad stropu štoka na bloky pohlcované penikajúcim porfýrom. Alteračné zóny mineralizácie zasahujú aj do nadložných sedimentov permu hronika a do andezitových vulkanitov. Intrúzie majú v úrovni vulkanického komplexu charakter dajkových rojov, ktoré v úrovni hranice vulkanity/podložie prechádzajú do štokov s množstvom uzavretých blokov rozpadajúceho sa podložie. Vzájomné kontakty telies indikujú viacfázové umiestnenie. Plošný rozmer dajkových rojov dosahuje 2 až 3 km², plošný rozmer rudonosných štokov je menší a nepresahuje 1 km². Prevládajú granodioritové porfýry, ktoré s narastajúcou hĺbkou prechádzajú do porfýrického granodioritu. Granodioritové porfýry sú zvyčajne sprevádzané kemitodioritovými porfýrmi, ojedinele aj dioritovými porfýrmi.

Geometria ložiskových akumulácií a mineralizovaných zón

Nepriavidelné trojrozmerné akumulácie so značnou variabilitou obsahu podmienenou primárnym rozložením skarnov a poruchových zón. Geometriu ložiska podmieniajú aj podmienky výpočtu zásob (hodnotou okrajovej vzorky).

Štruktúrna kontrola mineralizácie

Dominantná je kontrola formou intruzívneho štoka a geometriou blokov karbonatických hornín uzavretých v porfýre. Prenikanie intrúzie porfýru a rozpad karbonatických hornín na

bloky je kontrolovaný preexistujúcim tektonickým porušením a rozpukaním, ako aj panujúcim napätovým poľom.

Vek mineralizácie

Stredný miocén (vrchný bádén).

Mineralógia

Ložiskové akumulácie predstavuje najmä skarnovo-porfýrová chalkopyritovo-pyrotínovo-pyritová mineralizácia s malým zastúpením rýdzeho zlata a molybdenitu, viazaná na horečnaté a vápenaté exo- a endoskarny. Klasická vtrúsená porfýrová mineralizácia pyritu, pyrotínu a chalkopyritu s menším zastúpením molybdenitu a zlata v prostredí premenených porfýrov či andezitov je vyvinutá vo väčšej miere len na lokalite Šementlov.

V súlade s genetickým modelom mineralizáciu možno rozdeliť na skarnové, porfýrové a hydrotermálne štádium (pozri ďalej).

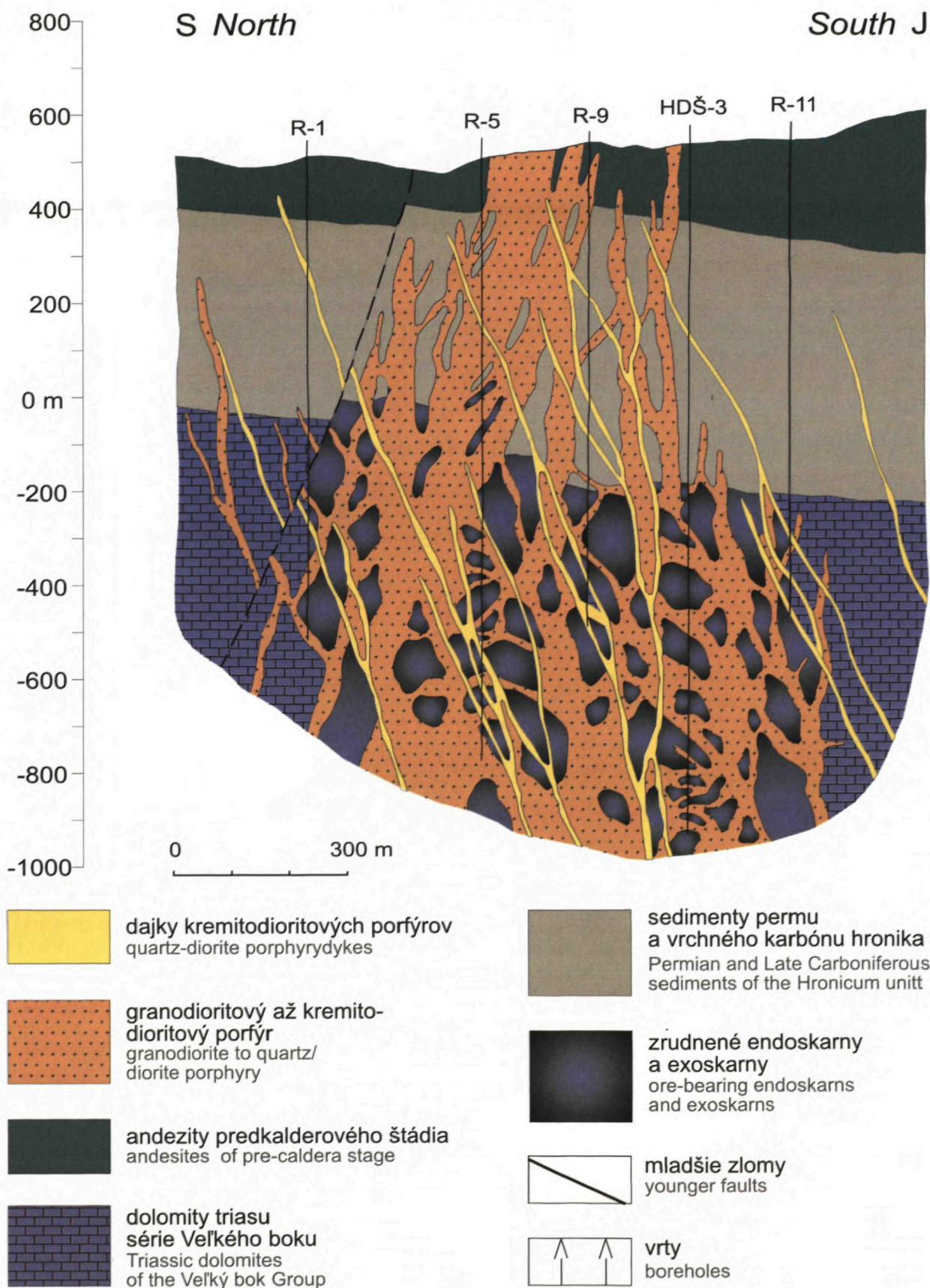
Premeny a ich zonalita

Najvnútornejšia a najtermálnejšia je zóna aktinolitizácie. Táto zóna v prípade deficitu draslíka externe prechádza do zóny albitizácie a epidotizácie. V prípade prínosu draslíka (draselnej metasomatózy) je v tejto pozícii K-silikátová zóna so sekundárnym ortoklasom a biotitom. Zóna albitizácie a epidotizácie a K-silikátová zóna sa intímne prelínajú a nemožno ich jednoznačne rozdeliť. S K-silikátovou zónou a vnútornou časťou kremeňovo-sericitovo-pyritovej zóny sa prekrýva zóna skarnov v prípade, že štok granodioritového porfýru je situovaný v prostredí mezozoických karbonátov. Podľa charakteru pôvodných hornín sú prítomné Mg skarny, zmiešané Ca-Mg skarny a Ca skarny. Klastické sedimenty v tom istom postavení sú postihnuté zrohovcovatím. Externe od uvedených premien je v porfýroch a andezitoch vyvinutá relatívne rozsiahla a výrazná fylitická (kremeňovo-sericitovo-pyritová) zóna, miestami dosahujúca súčasný povrch. V prostredí karbonatických hornín je v tejto pozícii zóna rekryštalizácie s variabilným zastúpením epidotu, tremolitu alebo mastenca. Zóna argilitizácie prekrýva produkty fylitickej zóny a siaha od povrchu do hĺbky 100 – 200 m, miestami až 400 m. Vonkajšiu zónu premien skarnovo-porfýrových systémov s postupným prechodom do nepremenených hornín predstavuje zóna propylitizácie.

Genéza mineralizácie

Vývoj porfýrovo-skarnových mineralizácií chápeme ako sukcesiu prográdnych a retrográdnych procesov. Prográdne procesy sa začínajú umiestnením magmy ako intruzívneho telesa, kryštalizáciou a oddelením magmatických fluíd ako samostatnej fázy. Tepelným účinkom intrúzie vznikajú v klastických sedimentoch rohovec, karbonátové horniny rekryštalizujú na mramory. Oddelené fluída sa následne štiepia na pary a soľanky. Pary unikajú a vyvolávajú v nadloží intrúzie premeny vysokosulfidačného typu. Soľanky s teplotou okolo 600 °C vyvolávajú v samotnej intrúzii procesy draselnej metasomatózy s dominantným zastúpením biotitu (prípadne ortoklasu pri magmách bohatších na draslík). Prográdne procesy pokračujú mobilizáciou fluíd v dôsledku kontrakčného rozpukania a hydrodynamického štiepenia. Frakturáciu sprevádza pervazívna silicifikácia a s narastajúcou vzdialenosťou od zdroja aj pyritizácia. V prostredí karbonátových hornín unikajúce fluída vyvolávajú vznik metasomatických skarnov.

Retrográdne procesy súvisia so skončením kryštalizácie intruzívneho telesa, nastolením podmienok hydrostatického (hydrodynamického) tlaku a s tým súvisiacim nastolením cirkulácie vôd meteorického pôvodu. Toto štádium je aj hlavným rudonosným štádiom. V porfýrových systémoch okrem rudnej mineralizácie výsledkom tohto štádia sú aj intenzívne premeny s asociáciou sekundárnych minerálov kremeň – sericit – pyrit, ktoré sú naložené na premeny predchádzajúceho štádia. Miešanie magmatických fluíd s vodami meteorického pôvodu a sulfidizácia sú hlavným dôvodom precipitácie rudných komponentov.



Obr. 1 Schéma stavby porfýrovo-skarnového Cu ± Au ložiska Zlatno (Lexa et al., 1997).
Fig. 1 Scheme of the porphyry/skarn type Cu ± Au deposit Zlatno (Lexa et al., 1997).

V skarnovom prostredí sa nástup cirkulácie flúid s prevahou meteorického komponentu prejavuje vývojom mladšej retrográdnej asociácie hydratovaných minerálov – epidotu, chloritu, biotitu, flogopitu, tremolitu, aktinolitu, mastenca a serpentinitu v asociácii s magnetitom, kremeňom, kalcitom a rudnými minerálmi. Ďalší pokles teploty systému sa v závere jeho aktivity prejavuje naloženými prejavmi argilitizácie pozdĺž permeabilných zón a vývojom nižšetermálnych polymetalických sulfidických mineralizácií v okrajových častiach systému.

Hlavné faktory kontrolujúce vývoj mineralizácie a vznik ložiskových akumulácií

Pozícia v rámci stratovulkánu s vývojom plytkého magmatického rezervoáru a subvulkanickým intruzívnym komplexom, stupeň diferencie magmy a jej nasýtenia vodou, umiestnenie subvulkanických štokov v úrovni 1 000 – 3 000 m pod povrchom, priestorová koincidencia apikálnych častí štokov s karbonátovými horninami podložia vulkanitov, veľkosť intrúzií, výzdvih resurgentnej hrasti. V našom prípade v materských intrúziách absentuje intenzívne rozpukanie, charakteristické pre typické porfýrové systémy. To sa odrazilo v nízkej permeabilite intruzívnych telies tak v prípade prenikajúcich magmatických flúid, ako aj vôd meteorického pôvodu v retrográdnom štádiu. Považujeme to za hlavný dôvod toho, že skarny sa priestorovo obmedzujú prevažne len na utopené bloky karbonátových hornín v apikálnej časti intrúzií a že väčšia časť mineralizácie sa viaže na skarnové prostredie. Jej prejavy za hranicami skarnov, okrem výnimiek, sú minimálne.

Asociujúce typy mineralizácie

Nevýrazné prejavy polymetalickej mineralizácie v zónálnom usporiadaní s porfýrovo-skarnovými systémami. Na lokalite Šementlov sú prejavy samostatnej drahokovovej mineralizácie (kremeňovo-sulfidickej).

Primárne a sekundárne geochemické aureoly

Zóna vlastnej mineralizácie skarnovo-porfýrového typu je výrazne obohatená o dominantné rudné prvky Cu, Mo a Au, ale v menšej miere aj o Pb, Zn, Sn, Fe, Si a výrazne ochudobnená o K, Na a Rb. Zóna biotitizácie a kremeňovo-sericitovo-pyritová zóna, ktoré predstavujú stredné zóny v úrovni povrchu, sa prejavujú anomálne vysokým obsahom Cu, Mo, Ag a S a mierne zvýšeným obsahom Pb a Zn v zónálnom usporiadaní a zníženým obsahom Fe, Mn, Mg, Ca, Sr a Na (odnos z priestoru intenzívnych premien).

Zóna argilitizácie a vonkajšia zóna propylitizácie nevykazujú podstatnejšie zmeny chemického zloženia. V riečnych sedimentoch sú len nevýrazné anomálie Cu a Au. V šlichoch sa mineralizácia prejavuje hojným pyritom.

Geofyzikálne prejavy

Skarnovo-porfýrové objekty vystupujú v rámci výrazných kladných anomálií gravitačného poľa, ktoré sú odrazom výzdvihu. Prejavujú sa pokojným magnetickým poľom zodpovedajúcim nízkej až nulovej magnetickej susceptibilitě premenených hornín – nevýrazné pozitívne anomálie v strede takéhoto poľa indikujú mineralizovanú zónu s prítomnosťou pyrotínu, prípadne aj magnetitu. Objekty s mohutnejšími premenami sa prejavujú striedaním nízkeho a vysokého odporu zodpovedajúceho argilitom a metasomatickým kvarcitom. Charakteristické sú výrazné anomálie vybudovaných potenciálov, ktoré sú vyvolané pervazívnou pyritizáciou fylitickéj a argilitovej zóny premien.

Hlavné vyhľadávacie a prognózne kritériá

Priaznivá geologická situácia, prítomnosť dajok porfýrov, premeny a ich zonalita, geochemické a geofyzikálne anomálie.

Doplňujúci komentár a poznámky

Primárny obsah tohto typu mineralizácie neumožňuje podzemnú ťažbu. Ekonomicky zaujímavé sú len povrchovo ťažiteľné výskyty do hĺbky 100 – 200 m.

Literatúra

- Burian, J., Slavkay, M., Štohl, J. a Tözser, J., 1985: Metalogenéza neovulkanitov Slovenska. Bratislava, Alfa 269 s.
- Burian, J., Smolka, J., Januš, J. a Valko, P., 1980: Záverečná správa a výpočet zásob – Zlatno, VP. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Burian, J., Smolka, J. a Kámen, M., 1981: Vývoj neogénneho magmatického komplexu v oblasti Zlatna a s ním spätéj mineralizácie. In: Miner. slov., roč. 13, s. 489 – 508.
- Burian, J. a Smolka, J., 1982: Geologická stavba meďnato-porfýrového ložiska Zlatno. In: Miner. slov., roč. 14, s. 517 – 538.
- Corbett, G. J. a Leach, T. M., 1996: Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: structure, alteration, and mineralization. Manual for an exploration workshop presented in Jakarta, August 1996, 186 s.
- Daubner, J., Mihálik, F., Novák, P., Petr, K., Martuševová, I., Jurenka, S., Soviček, S., Tarhanič, L., Mjartanová, H. a Stupák, I., 1992: Vysoká – Šementlov, Cu rudy, stav k 31. 7. 1992. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Einaudi, M. T., 1982a: Descriptions of skarns associated with porphyry copper plutons. In: Titley, S. R. (ed.): Advances in geology of porphyry copper deposits – southwestern North America. Tuscon, University of Arizona Press, s. 139 – 184.
- Einaudi, M. T., 1982b: General features and origin of skarns associated with porphyry copper plutons. In: Titley, S. R. (ed.): Advances in geology of porphyry copper deposits – southwestern North America. Tuscon, University of Arizona Press, s. 185 – 210.
- Gustafson, L. B., 1978: Some major factors of porphyry copper genesis. In: Econ. geol., 73, s. 600 – 607.
- Hollister, V. F., 1975: An appraisal of the nature and source of porphyry copper deposits. In: Minerals Sci. and Engineering., 7, s. 225 – 233.
- Hollister, V. F., 1978: Geology of the porphyry copper deposits of the Western Hemisphere. New York, Soc. Mining Engineers AIME, 219 s.
- Kámen, M., Jurenka, S., Petr, K., Martuševová, I., Skaviniak, M., Smolka, J. a Šály, J., 1992: Štiavnicko-hodrušský rudný obvod – okolie, Cu-Pb-Zn-Au-Ag rudy, VP. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Krivcov, A. I., 1977: Tipi rajonov mednoporfýrovogo orudnenia. In: Geol. rudnych mestorozdenij, 4, s. 44 – 57.
- Kúšik, R., 1992: Mineralógia a genéza Cu-porfýrového ložiska Zlatno v Štiavnických vrchoch. In: Miner. slov., roč. 24, s. 69 – 82.
- Lexa, J., Štohl, J. a Konečný, V., 1999a: Banská Štiavnica ore district: relationship among metallogenetic processes and the geological evolution of a stratovolcano. In: Miner. Deposita, 34, s. 639 – 665.
- Lexa, J. a Konečný, V., 1999: Geodynamic aspects of the Neogene to Quaternary volcanism. In: Rakús, M. (ed.): Geodynamic development of the Western Carpathians. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, s. 219 – 240.
- Lowell, J. D. a Guillbert, J. M., 1970: Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. In: Econ. geol., 65, s. 373 – 408.
- Marsina, K., 1995: Prognózne hodnotenie skarnovo-mednoporfýrovej mineralizácie v Štiavnických vrchoch na základe litogeochemických a iných kritérií. In: Miner. slov., roč. 27, s. 89 – 98.
- Marsina, K., Lexa, J., Štohl, J., Mihaliková, A., Žáková, E., Rojkovičová, L., Ivan, P., Kácer, Š., Kantor, J., Ďurkovičová, J., a Filo, M., 1990: Geologicko-ložiskové pomery vrtu ST-5 – Sklenné Teplice. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

- Marsina, K., Lexa, J., Štohl, J., Mihalíková, A., Žáková, E., Rojkovičová, L., Ivan, P., Káčer, Š. a Fiľo, M., 1991: Nový skarnovo-medenoporfýrový ložiskový objekt v štíavnických vrchoch. In: Geol. Průzk., 33, s. 42 – 48.
- Marsina, K., Lexa, J., Konečný, V., Žáková, E., Hojstričová, V., Konečný, P., Káčer, Š. a Orlický, O., 1993: Geochemický model Cu-porfýrových zrudnení v centrálnej zóne štíavnického stratovulkánu. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Marsina, K., Lexa, J., Rojkovičová, L., Konečný, V., Žáková, E., Hojstričová, V., Konečný, P. a Káčer, Š., 1995: Porovnanie skarnovo-medenoporfýrových objektov v centrálnej zóne štíavnického stratovulkánu a ich prognózne zhodnotenie. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Onačila, D., Lexa, J., Marsina, K., Rojkovičová, L., Káčer, Š., Hojstričová, V., Žáková, E., Štohl, J., Konečný, V., Nemčok, M., Koděra, P., Konečný, P., Repčok, I., Hurai, V., Háber, M., Jeleň, S., Mat'o, E., Sasvári, T., Schmidt, R., Zvara, I. a Grant, T., 1995: Metalogenetický model a prognózne zhodnotenie centrálnej zóny štíavnického stratovulkánu. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 231 s.
- Rozložník, L. a Záborský, F., 1971: O výskyte žilnikovo-impregnačného zrudnenia medzi obcami Banská Hodruša, Vysoká a Uhliská. In: Miner. slov., roč. 10, s. 85 – 94.
- Sillitoe, R. H., 1973: The tops and bottoms of porphyry copper deposits. In: Econ. geol., 68, s. 799 – 815.
- Sillitoe, R. H., 1993b: Gold-rich porphyry copper deposits: Geological model and exploration implications. In: Kirkham, R. V., Sinclair, W. D., Thorpe, R. I., Duke, J. M. (eds.): Mineral deposit modeling. Geol. Assoc. Canada, Special Paper, 40, s. 465 – 478.
- Titley, S. R. a Beane, R. E., 1981: Porphyry copper deposits. In: Skinner, B. J. (ed.): Econ. geol., 75th Anniv. Vol., s. 214 – 269.
- Smolka, J., 1985: Vyhľadávacie kritériá Cu-porfýrových rúd na príklade ložiska Zlatno. Kandidátska dizertačná práca. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Záborský, F., 1976: Žilnikovo-impregnačné zrudnenie Cu – lokalita Zlatno. Habilitačná práca. Manuskript. Košice, archív Katedry geológie a mineralógie TU.

Postupnosť zostavovania základných hydrogeologických máp na území Slovenska

PETER MALÍK*, PETER BAJTOŠ**, KATARÍNA BENKOVÁ*, RADOVAN ČERNÁK*, DANIEL MARCIN*, JURAJ MICHALKO*, STANISLAV OLEKŠÁK**, SVETozár SCHERER* a JAROMÍR ŠVASTA*

*Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

**Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum Spišská Nová Ves, Markušovská cesta 1, 052 40 Spišská Nová Ves

Abstract. First maps showing hydrogeological features on the territory of Slovakia were drawn by mapping geologists, mostly to point out the most important springs – sources of potable groundwater, thermal or mineral water. These maps were usually simple schemes depicting surface water bodies together with position of springs and wells. Sometimes hydrogeological features were discussed on the geological background to explain the genesis of groundwater. Later, with the starting development of hydrogeological science at the end of fifties and especially in sixties of XXth century, maps were produced to accompany the results of massive regional hydrogeological investigations. After that time the whole area of Slovakia, 49 030 km² in total, was covered by the uniformly created basic hydrogeological maps in 1 : 200 000 scale, accompanied by the maps of groundwater chemistry in the same scale. 12 map sheets, each ideally covering 7 448 km² (98 km x 76 km) were produced in a time of eight years (1970 – 1978) and up to now; this is the only edition of hydrogeologic maps that is covering the whole Slovakia. The content of basic hydrogeologic maps at 1 : 50 000 covering Slovakia is gradually developed since 1991. This type of hydrogeological map shows the background color according to the average value of transmissivity of the hydrogeological unit, but also respects boundary conditions of hydrogeological units. In the mountainous regions where transmissivity data is unavailable this characteristic is replaced by specific groundwater outflow, but these two parameters should be strictly distinguished. The aim of these maps (1 : 50 000) is to depict the aerial extent and qualitative characteristics of the upper aquifer and the more important deeper ones. The basic characteristics of aquifers – transmissivity and the variability of transmissivity, groundwater outflow, lithology and stratigraphy are expressed as follows: the mean value of the aquifer transmissivity (m² · s⁻¹) by background colour, variability of the transmissivity (lateral filtration inhomogeneity) by intensity of colour and the number (index), aquifer lithology by hatching, and aquifer lithostratigraphy by index. Hydrogeologic maps are gradually being transferred to geographical information systems, and published electronically in HTML format, so that any user of internet viewer can open the map of the area and can extract the required point information.

Key words: hydrogeologic maps, Slovak Republic, hydrogeological mapping, hydraulic properties

Úvod

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra už od počiatkov vzniku oddelenia hydrogeológie v polovici šesťdesiatych rokov 20. storočia (od roku 1990 oddelenie hydrogeológie a geotermálnej energie) zostavoval hydrogeologické mapy rôzneho formátu, rôznej mierky a rozličného obsahového zamerania. S postupom rozvoja geologického poznania

územia Slovenska a zároveň s hĺbkou detailu, s akou sa mohli spracúvať a postupne sa aj spracúvali poznatky z hydrogeologických vrtov a hydrogeologických rekognoskácií prameňov, vzniklo viacero generácií a typov hydrogeologických máp. Ich účelom vo väčšine prípadov bolo získanie a zhodnotenie základných informácií o zdrojoch podzemných vôd a podmienkach tvorby, akumulácie a pohybu podzemných vôd v hodnotenom území a súčasne poskytnutie objektívnych ucelených podkladov na racionálne využívanie a účinnú ochranu podzemných vôd pri územnoplánovacom rozhodovaní, sanácii, ochrane a skvalitňovaní činiteľov životného prostredia. Ich obsahom bolo zväčša zobrazenie hydrogeologických pomerov územia najmä prostredníctvom grafického vyjadrenia priestorových zmien prietochnosti horninového prostredia a jej variability, hraníc zvodnených kolektorov a zvodnených systémov, izolátorov a poloizolátorov, dynamiky podzemných vôd, vymedzenie hydrogeologických štruktúr, lokalizácia a kvantifikácia výverov podzemných vôd a umelých hydrogeologických objektov. S rozvojom technických kartografických prostriedkov spôsob zhostenia sa tejto problematiky mapujúcimi hydrogeológmi sa vyvíjal. Cieľom tohto príspevku je podať stručný prehľad histórie a súčasnosti hydrogeologického mapovania na území Slovenska, ako aj náčrt pravdepodobných budúcich cieľov hydrogeologickej kartografie v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra.

Najstaršie hydrogeologické mapy územia Slovenska

Prvé mapy zobrazujúce hydrogeologické pomery územia v rámci Slovenskej republiky zostavili mapujúci geológovia zväčša s cieľom zobraziť významné pramene vhodné na zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou alebo vývery geotermálnych alebo minerálnych vôd (Záruba-Pfefferman a Andrusov, 1937, 1939; Andrusov, 1942; Mahel', 1950, 1954). Tieto mapy boli zväčša jednoduché schematické znázornenia siete povrchových tokov s bodovými značkami pre pramene, studne alebo vrty. V niektorých prípadoch sa hydrogeologické pomery hodnotili na pozadí geologických máp alebo schém v snahe vysvetliť genetické súvislosti vzniku zdrojov podzemných vôd. Neskôr s narastajúcim počtom hydrogeológov a rozvíjajúcim sa vedným odborom hydrogeológie na konci päťdesiatych rokov a zvlášť v šesťdesiatych rokoch 20. storočia vznikali prvé hydrogeologické mapy. Vznikali ako nástroj kartografickej

dokumentácie rozsiahlych masívnych hydrogeologických výskumov a prieskumov, spočiatku sústredených na kvarterné zvodnenca (napr. Porubský, 1963, 1964; Bujalka, 1962, 1963), ale aj na horské oblasti s krasovým a krasovo-puklinovým typom priepustnosti (napr. Hanzel a Choma, 1962; Kullman, 1962, 1966). Tieto mapy sa väčšinou zostavovali v mierke 1 : 50 000. Výsledky hydrogeologických zistení sa znázorňovali farebnými bodovými značkami pre kvalitatívne ukazovatele alebo bodovými značkami s rôznou veľkosťou pre výdatnosť/čerpané množstvo. V týchto rokoch sa prvýkrát objavil dodnes nesprávne uvádzaný a replikovaný termín „zvodnenie“, opisujúci skôr hydrogeologickú produktivitu alebo veľkosť priepustnosti horninových celkov než prítomnosť podzemnej vody v hornine. Táto vlastnosť („zvodnenie“) bola v tých časoch charakterizovaná len slovné v rozsahu „veľmi nízke – nízke – stredné – vysoké – veľmi vysoké“. „Zvodnenie“ sa znázorňovalo pomocou farby plochy v pozadí spolu so šrafovaním zodpovedajúcim litológii zvodnenca. Prvým mapovým prehľadom hydrogeologických pomerov vtedajšieho Česko-Slovenska bola *Hydrogeologická mapa Československa* v mierke 1 : 1 000 000 (Franko et al., 1964). Táto mapa bola založená na priradení typovo znázornených hydrogeologických vlastností k hlavným geologickým jednotkám územia s viditeľnou závislosťou od stratigrafického zariadenia zobrazených štruktúr.

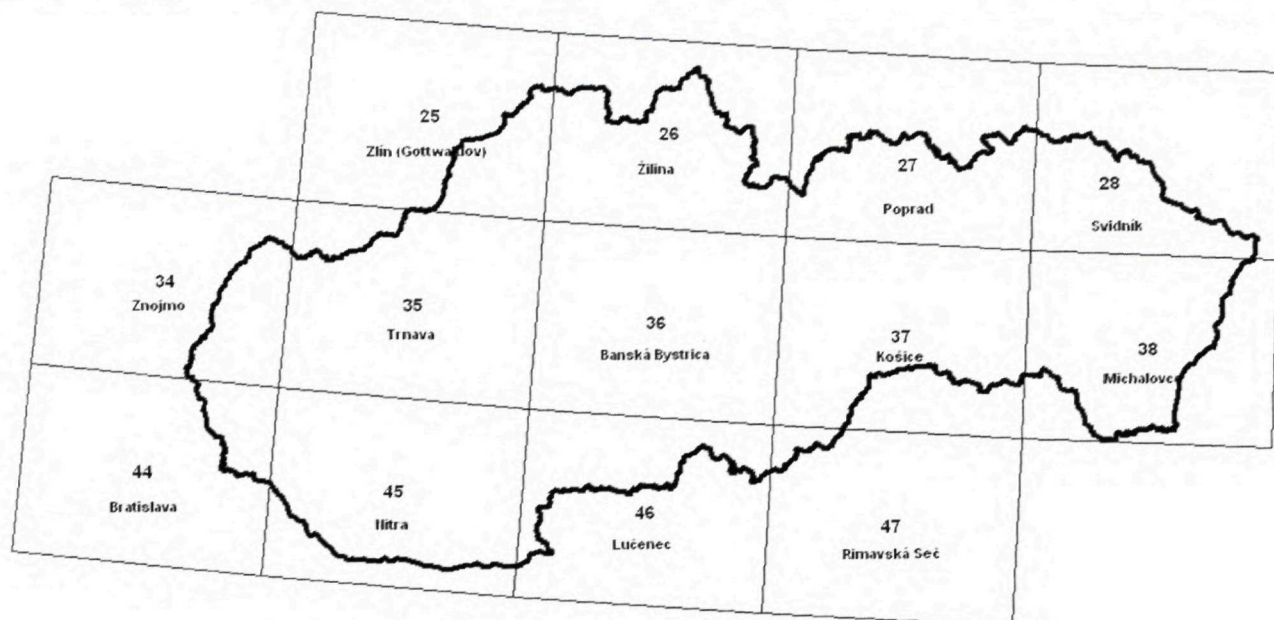
Základné hydrogeologické mapy v mierke 1 : 200 000

Prvý komplexný program zostavovania základných hydrogeologických máp je spätý so začiatkom sedemdesiatych rokov. V rokoch 1971 až 1978 bolo týmito mapami pokryté celé územie Slovenska, pričom pri zostavovaní každého z 12 mapových listov bol aplikovaný rovnaký metodický postup (Jetel a Kullman, 1970). Išlo o mapové listy Křovákova listokladu (JTSK), kde pre mierku 1 : 200 000 je rozmer mapovaného územia 98 km x 76 km (7 448 km²). Tieto mapy sa zostavovali v edícii dvojlistových máp, t. j. ku každej hydrogeologickej mape sa paralelne zostavil list hydrogeochemickej mapy, v tom čase označovanej ako mapa chemizmu podzemných vôd (termín „chemizmus“ sa v súčasnosti považuje za nekorrektný až slangový výraz).

Úloha sa riešila postupným zostavovaním jednotlivých listov 1 : 200 000, ktoré sa dokončovali spolu s textovou časťou. Územie Slovenska je spracované v rámci tejto edície na 12 listoch základných hydrogeologických máp a 12 listoch hydrochemických máp 1 : 200 000. Mapový list 36 Banská Bystrica je jediný, ktorý kompletne pokrýva len územie SR. Na ďalších 8 listoch hydrogeologicky hodnotené územie zaberá ich podstatnú časť. V dvoch listoch [list 34 Znojmo a list 25 Gottwaldov (Zlín)] zaberá územie Slovenska menšiu časť (väčšiu časť týchto listov tvorí územie Českej republiky a spracoval ho ÚÚG Praha). V rámci zostavovania listu 34 Znojmo bola slovenská časť oponovaná vo vtedajšom Geologickom ústave Dionýza Štúra (GÚDŠ). Na liste 25 Gottwaldov (Zlín), ktorý sa zostavoval v ÚÚG Praha, sa pracovníci GÚDŠ podieľali priamou spolupracou. Práce na hraničných listoch ČSR a SSR riadil príslušný redaktor listu zodpovedný za jednotné poňatie mapy, príloh,

dokumentácie a textových vysvetliviek. Mapové listy z hraničných území riadili buď redaktori z GÚDŠ, alebo ÚÚG, a to podľa prevládajúcej rozlohy listu. Malá rozloha územia SR a podobnosť hydrogeologických pomerov na mapových listoch 46 Lučenec a 47 Rimavská Seč viedla k ich zlúčeniu do jedného mapového diela s jednými textovými vysvetlivkami.

Jednotnosť spracovania celoštátnej edície listov základnej hydrogeologickej mapy v mierke 1 : 200 000 bola zaistená záväznou jednotnou smernicou Slovenského geologického úradu a Českého geologického úradu na zostavovanie listov základnej hydrogeologickej mapy 1 : 200 000. Bola spracovaná v roku 1971 a revidovaná v roku 1973 podľa záverov z koordinačných rokovaní hlavných redaktorov oboch častí edície (časť SSR a časť ČSR). Smernice na zostavovanie základných hydrogeologických máp ČSSR v mierke 1 : 200 000 boli schválené ako smernice č. 40/90/75. Schválil ich Slovenský geologický úrad s platnosťou od 1. 3. 1975. Súčasne SGÚ zrušil platnosť *Prozatímní směrnice pro sestavování základních hydrogeologických map v měřítku 1 : 200 000* vydané ÚÚG Praha a GÚDŠ Bratislava v roku 1971. V týchto smerniciach sa odrážala väčšina odporúčaní UNESCO/IAH na zostavovanie hydrogeologických máp (Anon., 1970). Hlavným redaktorom a zodpovedným riešiteľom úlohy pre územie Slovenska ako celku bol E. Kullman. V súbežne prebiehajúcej úlohe v ČSR sa v priebehu riešenia vystriedali viacerí hlavní redaktori, a to V. Myslík (1966 – 1967), G. Kačura (1967 – 1972) a M. Hazdrová (1972 – 1976). Zodpovední redaktori jednotlivých listov z územia Slovenska boli: list 44 Bratislava – E. Kullman (Kullman et al., 1973), list 34 Znojmo – J. Krásný; slovenská časť – E. Kullman (Kullman et al., 1974), list 27 Poprad – V. Hanzel (Hanzel et al., 1974), list 46-47 Lučenec, Rimavská Seč – L. Škvarka (Škvarka et al., 1975), list 37 Košice – V. Hanzel (Hanzel et al., 1975), list 35 Trnava – E. Kullman (Kullman et al., 1975), list 38 Michalovce – L. Škvarka (Škvarka et al., 1976), list 26 Žilina – M. Zakovič (Zakovič et al., 1976), list 25 Gottwaldov – J. Jetel (Jetel, 1991) (slovenská časť listu v priamej spolupráci s ÚÚG Praha; A. Remšík), list 45 Nitra – O. Franko (Franko et al., 1976), list 28 Svidník – M. Zakovič (Zakovič et al., 1977) a list 36 Banská Bystrica – E. Kullman (Kullman et al., 1978). Listy sú uvedené v poradí podľa časovej postupnosti ich dokončovania. Autormi záverečnej správy o celom priebehu zostavovania základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 200 000 boli E. Kullman a S. Gazda (1978). V rukopisnej forme boli zostavené v priebehu prvej polovice sedemdesiatych rokov a vydané tlačou o desaťročie neskôr – v rokoch 1983 až 1991. Postupné tlačenie hydrogeologických máp sa vzťahovalo na roky 1983 (listy 44 a 45), 1984 (listy 27, 46 – 47), 1985 (listy 28 a 38), 1987 (list 26), 1988 (listy 35, 36 a 37), 1989 (list 34) a 1991 (list 25). Podobne to bolo v prípade vydávania tlačou textových vysvetliviek k jednotlivým listom – v tomto prípade však táto edícia doteraz nebola dokončená. Do roku 1998 vyšli tlačou iba textové vysvetlivky k týmto listom: list 34 Znojmo – Krásný et al. (1987); list 27 Poprad – Hanzel et al. (1996); list 46 – 47 Lučenec, Rimavská Seč – Škvarka et al. (1989); list 26 Žilina



Obr. 1 Listoklad základných hydrogeologických máp (a máp „chemizmu podzemných vôd“) v mierke 1 : 200 000 (Křovák – JTSK) na území Slovenska.

Fig. 1 Sheets of basic hydrogeological maps (and "maps of groundwater chemistry") in 1 : 200 000 scale (Křovák – JTSK sheet coverage) on the Slovak territory

– Zakovič et al. (1990); list 28 Svidník – Zakovič et al. (1988) a list 25 Zlín (Gottwaldov) – Jetel (1991).

Táto generácia hydrogeologických máp predstavuje prvé priblíženie v rámci komplexného zobrazenia hydrogeologických pomerov. Na jednotlivých mapových listoch sú znázornené horninové celky prvého zvodneného horizontu podzemných vôd, farebne rozlíšené podľa svojej stratigrafickej príslušnosti. Druh horniny je znázornený šrafou, ktorej farba závisí od hydrogeologickej produktivity kolektora. Okrem najzákladnejších plošných hydrogeologických informácií mapa v mierke 1 : 200 000 obsahuje líniové prvky, lokálne znázorňujúce hydroizohypsy (izolínie nadmorskej výšky hladiny podzemných vôd), hĺbkové úrovne podloží kolektorov a geologické prvky ako zlomy a presunové línie príkrovov. Na týchto mapách boli navyše zobrazené všetky najdôležitejšie pramene na území Slovenska a hydrogeologické vrty reprezentujúce dosiahnuté výsledky pri zachytávaní podzemných vôd jednotlivých základných kategórií kolektorských hornín. Tieto bodové prvky boli očíslované a podrobnejšie charakterizované v tabuľkách textových príloh k jednotlivým listom. Textové vysvetlivky boli vypracované v rozsiahlej predpísanej forme. Spolu s mapami predstavujú dodnes zdroj základných informácií o hydrogeologických pomeroch jednotlivých regiónov Slovenska. V textových vysvetlivkách sa okrem hydrogeologických pomerov hodnotili aj hydrogeochemické pomery jednotlivých mapových listov, pretože tieto mapy sa chápali ako jednotné mapové dielo pozostávajúce okrem hydrogeologickej mapy aj z hydrochemickej mapy. Hydrochemické mapy v mierke 1 : 200 000 sa zostavovali v rovnakom období ako hydrogeologické mapy. Znázorňujú predovšetkým genetické typy chemického zloženia podzemných vôd jednotlivých území.

Územie SR bolo dosiaľ úplne pokryté hydrogeologickými mapami iba v mierke 1 : 200 000. Táto mierka

predstavuje dodnes jediný základ komplexného hodnotenia hydrogeologických pomerov. Listoklad základných hydrogeologických (a hydrochemických) máp v mierke 1 : 200 000 možno vidieť na obr. 1.

Základné hydrogeologické mapy v mierke 1 : 50 000 – princípy zostavovania

Ďalšia generácia hydrogeologických máp, tentoraz už v mierke 1 : 50 000, sa na území Slovenska spočiatku zostavovala analogicky podľa predtým používanej metodiky zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 200 000. Neskôr sa aplikovala metodika zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 používaná v Českej republike (Krásný, 1980; Jetel, 1985) s kvantifikáciou – t. j. na základe interpretácie výsledkov hydrogeologických meraní a pozorovaní presným číselným ohodnotením a zatriedením jednotlivých kolektorov. Pre spornú aplikovateľnosť niektorých kritérií tejto metodiky v západokarpatských pomeroch bol v roku 1991 vypracovaný prvý návrh metodiky zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 (Malík a Jetel, 1991, 1994). Táto metodika sa pokúsila skĺbiť prednosti a odstrániť nedostatky predchádzajúcich metodík. Mapa zostavená podľa tejto metodiky mala zobrazovať predovšetkým hydraulické parametre hodnoteného územia – transmisivitu (prietoknosť). Zároveň však mala rešpektovať zobrazovanie geologickej stavby, ktorá – najmä v podmienkach Západných Karpát – značne vplyva na utváranie okrajových podmienok prúdenia podzemných vôd. Pre mapy ďalšej generácie v mierke 1 : 50 000 bolo takisto potrebné previazať jednotnú metodiku s metodikou pre hydrogeochemické mapy v tej istej mierke tak, aby zodpovedala súčasnej úrovni odborného prístupu. Bolo potrebné dosiahnuť, aby oba súbory máp vo vzájomnej súvislosti odrážali kvalitatívne a kvantitatívne stránky hydrogeolo-

gických pomerov v zobrazovanom území (Rapant a Bodiš, 1994). Pri zostavovaní týchto metodík sa zohľadnili aj princípy hydrogeologickej kartografie uvádzané v prácach Margata (1980, 1989) a Struckmeiera a Margata (1995). V priebehu vypracúvania prvých mapových diel prebiehalo zároveň kritické prehodnocovanie týchto princíпов zostavovateľskou praxou – na tomto základe sa uvedené metodiky prepracovali do výslednej podoby, v akej boli neskôr publikované (Malík et al., 2003; Rapant a Bodiš, 2003).

Hydrogeologická mapa zostavená podľa tejto metodiky zobrazuje hydraulické parametre hodnoteného územia – transmisivitu (prietoknosť), pričom zároveň zobrazuje základné črty geologickej stavby vplývajúce na pohyb podzemných vôd v území. Na mape nechýba ani tretí rozmer – hydrogeologický rez zobrazujúci priestorové usporiadanie základných kolektorov a izolátorov budujúcich zobrazované územie. Súčasťou mapy sú textové vysvetlivky obsahujúce okrem slovného hodnotenia hydrogeologických pomerov územia aj prílohovú časť – tabelárnu sumarizáciu všetkých prameňov a hydrogeologických vrtov v danom území, teda základ databázy potrebnej ako východisko ľubovoľných ďalších hydrogeologických, environmentálnych a vodohospodárskych hodnotení.

Kartografické vyjadrenie hydrogeologických pomerov jednotlivých regiónov sa realizuje plošným vyčlenením hydrogeologických celkov a štruktúr a ich charakterizáciou pomocou farby plochy, tvarom a farbou použitého rastra. Okrem toho sa líniovými značkami charakterizujú dôležité zóny prestupov podzemných vôd do povrchových tokov, smery prúdenia podzemných vôd, hydrogeologický charakter litologických rozhraní a hydrogeologicky významné tektonické prvky. Bodové značky sú priradené k jednotlivým prameňom, hydrogeologickým vrtom alebo výtokom z banských diel. Na základe ich veľkosti je vizualizovaná kvantitatívna charakteristika – odtekajúce, resp. čerpané množstvo podzemnej vody. Obe mapy – hydrogeologická aj hydrogeochemická – sú umiestnené na topografickom podklade Křovákovo listokladu v súradnicovom systéme S-JTSK.

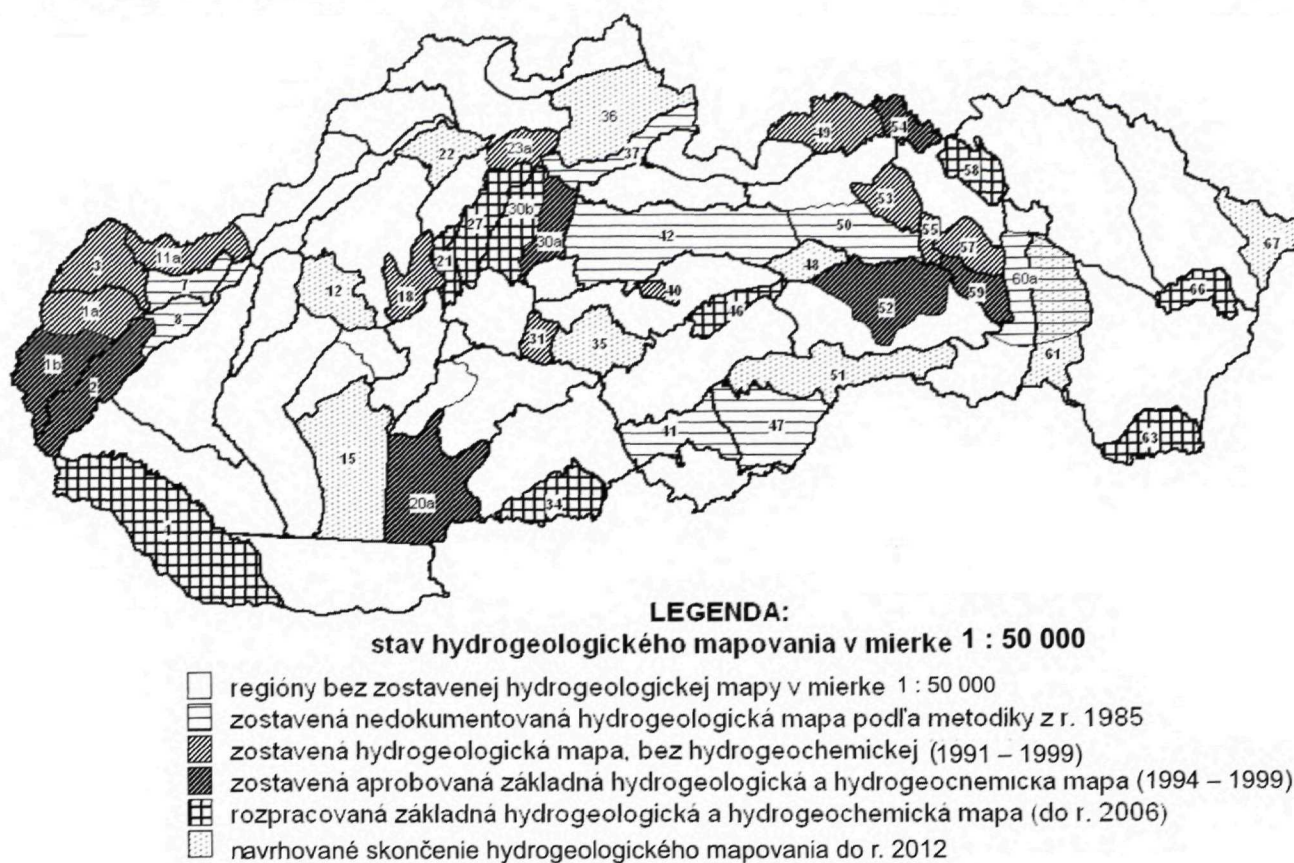
Súčasťou hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 každého regiónu sú textové vysvetlivky s veľmi stručným opisom prírodných (geografických, geomorfologických, klimatologických, hydrografických a geologických) pomerov (odporúčaný súhrnný rozsah maximálne 20 až 30 % celkového rozsahu textových vysvetliviek k hydrogeologickej mape), charakteristikou geologickej a hydrogeologickej preskúmanosti, prehľadom doteraz stanovených zásob podzemných vôd v oblasti, opisom režimu a obehu podzemných vôd a charakteristikou hydrogeochemických pomerov. Obsah textových vysvetliviek k základným hydrogeologickým mapám mierky 1 : 50 000 je záväzný a má takúto štruktúru členenia:

1. ÚVOD.
2. PRÍRODNÉ POMERY.
 - 2.1.1. Geomorfologické pomery, charakter krajiny a vegetácie v území;
 - 2.1.2. Klimatické pomery;
 - 2.2. Hydrologické pomery;
 - 2.3. Činnosť človeka významne ovplyvňujúca hydrogeologické a hydrogeochemické pomery územia;

- 2.3.1. Geologické pomery.
- 2.3.2. Súčasný stav geologickej preskúmanosti územia;
 - 2.3.2.1. Geologický vývoj a charakteristika litostratigrafických jednotiek;
- 2.3.3. Geologicko-tektonická stavba územia.
3. HYDROGEOLOGICKÁ A HYDROGEOCHEMICKÁ PRESKÚMANOSŤ ÚZEMIA.
 - 3.1. Súčasný stav hydrogeologickej preskúmanosti územia;
 - 3.2. Súčasný stav hydrogeochemickej preskúmanosti územia;
 - 3.3. Hranice hydrogeologických rajónov v území.
4. POUŽITÉ ÚDAJE A METODIKA ICH SPRACOVANIA.
 - 4.1. Charakteristika dokumentačného materiálu použitého na zostavenie hydrogeologickej mapy;
 - 4.2. Spôsob spracovania hydrogeologických údajov;
 - 4.3. Charakteristika reprodukovateľnosti použitého hydrogeochemického dokumentačného materiálu.
 - 4.4. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA.
 - 4.5. Hydrogeologická charakteristika hornín (vrátane charakteristiky rozdelenia hydraulických parametrov hornín);
 - 4.6. Obeh a režim podzemných vôd.
5. HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY.
 - 5.1. Charakteristika procesov tvorby chemického zloženia podzemných vôd regiónu;
 - 5.2. Charakteristika a klasifikácia chemického zloženia podzemných vôd;
 - 5.3. Charakteristika kvalitatívnych vlastností podzemných vôd z hľadiska vodárenského využívania.
6. PREHLAD PRÍRODNÝCH ZDROJOV A VYUŽITELNÉHO MNOŽSTVA PODZEMNÝCH VÔD, ICH SÚČASNÁ EXPLOATÁCA.
7. BANSKÉ VODY, ZDROJE MINERÁLNYCH A GEOTERMÁLNYCH VÔD.
8. ZÁVER.
9. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.

So základnou hydrogeologickou mapou v mierke 1 : 50 000 a jej textovou časťou sú záväzne spojené tri prílohy: zoznam dokumentovaných prameňov, zoznam dokumentovaných vrtov a mapa hydrogeologickej dokumentácie. Tieto prílohy slúžia ako podklad na následnú prípravu databázových súborov. Zoznam dokumentovaných prameňov sa skladá z dvoch častí: zo zoznamu dokumentovaných prameňov s jednorazovým pozorovaním výdatnosti a ďalších fyzikálno-chemických parametrov a zo zoznamu dokumentovaných prameňov s dlhodobým pozorovaním výdatnosti a ďalších fyzikálno-chemických parametrov.

Zoznam dokumentovaných prameňov s jednorazovým pozorovaním výdatnosti a ďalších fyzikálno-chemických parametrov obsahuje: číslo prameňa na mape dokumentačných bodov, názov lokality, v ktorej sa prameň nachádza, litologický a stratigrafický index horninového prostredia odvodňovaného prameňom, nadmorskú výšku prameňa, výdatnosť prameňa (jednorazové meranie), teplotu vody prameňa (jednorazové meranie), dátum merania výdatnosti a teploty vody, dátum prípadného odberu vzorky, krátku hydrogeochemickú charakteristiku mine-



Obr. 2 Regióny základných hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 zostavovaných na území Slovenska.
Fig. 2 Regions of basic hydrogeological and hydrogeochemical maps in 1 : 50 000 scale, constructed on the Slovak territory.

ralizácie, chemického typu a komponentov nad medznými hodnotami stanovenými súčasnou normou pre pitnú vodu, mernú elektrickú vodivosť (ak sa merala) a prípadnú poznámku o zachytení alebo využívaní prameňa.

Zoznam dokumentovaných prameňov s dlhodobým pozorovaním výdatnosti a ďalších fyzikálno-chemických parametrov obsahuje: číslo prameňa na mape dokumentačných bodov, názov lokality, v ktorej sa prameň nachádza, litologický a stratigrafický index horninového prostredia odvodňovaného prameňom, nadmorskú výšku prameňa, výdatnosť prameňa (minimálna, priemerná, maximálna), teplotu vody prameňa (minimálna, priemerná, maximálna), časový rozsah pozorovaného obdobia, dátum prípadného odberu vzorky, krátku hydrogeochemickú charakteristiku mineralizácie, chemického typu a komponentov nad medznými hodnotami stanovenými aktuálnou normou pre pitnú vodu, mernú elektrickú vodivosť (ak sa merala) a prípadnú poznámku o zachytení alebo využívaní prameňa.

Zoznam dokumentovaných hydrogeologických vrtov obsahuje: označenie vrtu na mape dokumentačných bodov, názov lokality, v ktorej sa hydrogeologický vrt nachádza, stručný geologický profil vrtu, hĺbkový rozsah skúšaného úseku, dátum a čas trvania čerpacej skúšky, nadmorskú výšku odmerného bodu, hĺbku narazenej a statickej hladiny vody pod terénom, maximálnu ustálenú čerpanú výdatnosť, príslušné zníženie hladiny vody vo vrte, štandardnú mernú výdatnosť ($l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$), celkovú mineralizáciu, dátum eventuálneho odberu vzorky vody,

chemickú klasifikáciu vody, prípadne hlavné komponenty presahujúce limit stanovený aktuálnou normou pre pitnú vodu a poznámku o prípadnom využívaní hydrogeologického vrtu.

Základné hydrogeologické mapy v mierke 1 : 50 000 zostavované na území Slovenska od roku 1991

Pred rokom 1991 sa na území Slovenska v mierke 1 : 50 000 bežne zostavovali účelové hydrogeologické mapy ako prílohy k záverečným správam regionálnych hydrogeologických výskumov a vyhľadávacích hydrogeologických prieskumov spojených s výpočtom prírodných zdrojov a využiteľného množstva podzemných vôd. Hydrogeologické mapy rovnakej miery (1 : 50 000) sprevádzali aj správy k regionálnym hydrogeologickým výskumom (napr. Chochol et al., 1984; Kullman et al., 1985; Malík et al., 1986; Malík et al., 1990). V osemdesiatych rokoch 20. storočia sa však uskutočnilo aj viacero pokusov o zostavenie hydrogeologických máp s textovými vysvetlivkami. Boli to regióny severnej časti Košickej kotliny a Slanských vrchov (pod č. 60a na obr. 2; Jetel et al., 1989), Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát (7 a 8; Čechová et al., 1990), Chočských a Skorušinských vrchov (37; Dovina et al., 1990), Nízkych Tatier (42; Hanzel et al., 1990), Hornádskej kotliny (50; Jetel et al., 1990), v časti Cerovej vrchoviny a Rimavskej kotliny (47; Zakovič et al., 1989) a Lučenskej kotliny (41; Škvarka a Bodiš, 1988). Spoloč-

ným princípom bolo ich zostavovanie po regiónoch v súčinnosti s geologickými mapami, t. j. nie po listoch „Křovákovo“ listokladu. Metodicky v zásade vychádzali z Jetelovej metodiky (1985), kombinovanej vo viacerých prípadoch s princípmi využívanými pri zostavovaní hydrogeologických máp v mierke 1 : 200 000. Išlo o riedko dokumentované mapy (užívateľovi bol k dispozícii len výberový zoznam najcharakteristickejších prameňov a hydrogeologických vrtoŕ).

Podľa novoprijatej jednotnej metodiky bolo v rokoch 1991 – 1993 zostavených prvých 11 hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 (obr. 2). Boli to hydrogeologické mapy Braniska (pod č. 55 na obr. 2; Malík a Lánczos, 1993), Šarišskej vrchoviny (57; Zakovič et al., 1993b), Levočských vrchov (53; Zakovič et al., 1993a), Krivánskej Malej Fatry (23a; Hanzel et al., 1993a), Chvojnickej pahorkatiny (3; Čechová a Kúšiková, 1993), Hornonitrianskej kotliny (12; Franko et al., 1993), Zvolenskej kotliny (31; Fendeková et al., 1993), Breznianskej kotliny (40; Böhm et al., 1993) a severnej časti Záhorskej nížiny (1a; Čech a Zváž, 1993). V tom istom čase sa dokončili regionálne hydrogeologické výskumy z časti Bielych Karpát (11a; Čechová et al., 1993) a Spišskej Magury (49; Jetel et al., 1993), kde jeden z výstupov tvorili hydrogeologické mapy v mierke 1 : 50 000, zostavené podľa tej istej metodiky. Patril k nim aj regionálny hydrogeologický výskum sz. svahov Pezinských Karpát (Hanzel et al., 1993b). V tomto prípade však bola neskôr pre celé územie Pezinských Karpát zostavená základná hydrogeologická aj hydrogeochemická mapa v mierke 1 : 50 000. Základné hydrogeologické mapy mierky 1 : 50 000 prvej generácie boli zostavené v kooperácii s Katedrou hydrogeológie (v tom čase Katedrou podzemných vôd) Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. K týmto mapám (spolu 11 regiónov) však neboli zostavené hydrogeochemické ekvivalenty a prehľad hydrogeochemických pomerov bol len súčasťou textových vysvetliviek. Týchto 11 máp zobrazovalo celkove plochu 2 889 km² (5,9 % rozlohy Slovenska).

V rokoch 1994 – 1999 boli zostavené dvojlistové základné hydrogeologické a hydrogeochemické mapy týchto regiónov: Čierna hora (č. 59 na obr. 2; Zakovič et al., 1997), Pezinské Karpaty (2; Hanzel et al., 1999), severovýchodná časť Podunajskej nížiny (20a; Malík et al., 1999a), východná časť Veľkej Fatry (30a; Malík a Kordík, 1999), južná časť Záhorskej nížiny (1b; Marcin et al., 1995), Ľubovnianska vrchovina (54; Jetel, 1999) a severná časť Spišsko-gemerského rudohoria (52; Scherer et al., 1999). Na obr. 2 je sedem uvedených regiónov označených číslami uvedenými v zátvorkách. Celková plocha územia zobrazeného na týchto mapách zostavených v rokoch 1994 až 1999 je 4 078 km², čo je 8,31 % celkovej rozlohy Slovenskej republiky (Malík et al., 1999b).

Od roku 2002 prebieha zostavovanie základných hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 ďalších 9 regiónov Slovenska s celkovou plochou 4 272 km² (8,71 % plochy SR). Sú to: Medzibodrožie (č. 63 na obr. 2; riešitelia Bajtoš, Lenhardtová a Stupák), Vihorlat (66; Olekšák a Bajtoš), pohorie Žiar (21; Černák a Kordík), pohorie Čergov (58; Marcin, Olekšák a Cicmanová), Muránska planina (46; Švasta, Malík a Slaninka), západná časť Veľkej Fatry (30b; Ma-

lík a Kordík), Turčianska kotlina (27; Michalko, Bottlik a Kordík), Ipeľská kotlina (34; Scherer a Slaninka) a región Podunajská rovina – Žitný ostrov (4; Benková a Bodiš). Celý projekt, v rámci ktorého sa tieto mapy zostavujú, by sa mal skončiť v roku 2006.

V ďalšej výhľadovej etape je koncepčný zámer zostaviť základné hydrogeologické a hydrogeochemické mapy v mierke 1 : 50 000 ďalších 9 regiónov s celkovou plochou 5 548 km² (11,3 % plochy Slovenskej republiky). Perspektívne sa koncepčne uvažuje o regiónoch Slovenský raj (č. 48 na obr. 2), Slanské vrchy (61), Poľana (35), Súľovské vrchy a Žilinská kotlina (22), Slovenský kras (51), Žitavská a Hronská pahorkatina (15), Bánovská kotlina (12), Oravská Magura a Oravská vrchovina (36) a Bukové vrchy (67).

Nedokumentované (účelové a iné) hydrogeologické mapy v mierke 1 : 50 000

Okrem základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 vzniklo a neustále vzniká množstvo účelových hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000. Zostavujú sa ako prílohy k záverečným správam vyhľadávacích hydrogeologických prieskumov spojených s výpočtom prírodných zdrojov a využiteľného množstva podzemných vôd alebo ako súčasť regionálnych máp geofaktorov životného prostredia. Často ide o mapové diela obsahujúce cenné hydrogeologické podklady. Ich kvalita však kolíše v závislosti od individuálneho zostavovateľa, resp. miery aplikácie jednotných metodických postupov. V mnohých fázach sa hydrogeologické mapy zostavovali ako nedokumentované (t. j. bez zoznamu dokumentačných bodov). Rozdiely sú aj v podrobnosti spracovania hydrogeologickej dokumentácie. V niektorých prípadoch sa úroveň máp približuje k dokumentovaným základným hydrogeologickým mapám, inde sú hydrogeologické mapy len vo forme ručne vyfarbených exemplárov, resp. ako tlačené obrázky („hardcopy“). V iných prípadoch sa na účelových hydrogeologických mapách zvyrazňujú len niektoré prvky – členenie litostratigrafických jednotiek na hydrogeologické celky a štruktúry, okrajové podmienky, prietočnosť. Na rozdiel od základných hydrogeologických máp prechádzajúcich procesom aprobácie, ich vzájomné zosúladovanie nie je jednoduché, čo v prípade účelových máp ani nie je ich cieľom. Cieľom tohto článku nie je odsúdenie účelových hydrogeologických máp, ale iba poukázanie na rozdielnosti vyplývajúce z ich charakteru.

Záver

Základné hydrogeologické a hydrogeochemické mapy predstavujú prvotnú podkladovú informáciu o hydrogeologických pomeroch územia Slovenskej republiky, vhodnú na hodnotenie aktivít, ktoré v danom území ovplyvňujú alebo potenciálne môžu ovplyvniť množstvo alebo kvalitu podzemných vôd nachádzajúcich sa v území, najmä využívaných alebo využiteľných na zabezpečenie zásobovania obyvateľstva pitnou vodou. Na základe týchto podkladov je možné prijímať závažné vodohospodárske opatrenia a územnoplánovacie rozhodnutia zohľadňujúce výskyt a pohyb podzemných vôd, projektovať prieskumné hydrogeologické práce, čerpať

vstupné údaje o okrajových podmienkach a hydraulických vlastnostiach hornín pri regionálnych modeloch prúdenia podzemných vôd a posudzovať stupeň znečistenia podzemných vôd, resp. ohrozenia jestvujúcich zdrojov. Vznikajú na základe podrobnej hydrogeologickej dokumentácie prameňov, hydrogeologických vrtov, prírastkov alebo úbytkov prietokového množstva v povrchových tokoch, vyhodnotenia režimových pozorovaní na povrchových tokoch, prameňoch a sondách v súčinnosti so základnou geologickou mapou. Základné hydrogeologické mapy v mierke 1 : 50 000 sa v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra vytvárajú na podklade mapovania do dokumentačných máp v mierke 1 : 10 000 v horských územiach, resp. 1 : 25 000 v nížinných oblastiach. Pôvodný zámer vydania edície hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 na papieri klasickou tlačiarenskou technológiou neskôr nahradil úmysel vydávať hydrogeologické a hydrogeochemické mapy na CD, a to vo forme relatívne jednoduchého informačného systému. Tento elektronický systém musí byť ako nositeľ geografických hydrogeologických informácií dostupný každému užívateľovi PC a Windows. Jednoduchým kliknutím na bodový údaj (prameň, vrt) je možné zobrazíť jeho parametre (napr. výdatnosť či kvalitu vody) a zároveň je možné každému majiteľovi CD nechať si vytlačiť celú mapu alebo jej požadovanú časť.

Najbližšia budúcnosť základných hydrogeologických a hydrogeochemických máp je v geografických informačných systémoch, v ktorých sa budú mapy tvoriť, prezentovať a odovzdať užívateľom – odbornej verejnosti, ktorá dokáže relevantne narábať s obsiahnutými informáciami. Vzhľadom na rýchly rozvoj postupov matematického modelovania prúdenia podzemných vôd a možností rýchleho priemetu ich výsledkov do geografického priestoru však môžeme predpovedať aj ďalší vývoj základného hydrogeologického mapovania. Ten by mal spočívať v zostavovaní georeferencovaných regionálnych modelov prúdenia podzemných vôd (kvantitatívnych modelov a modelov látkového prenosu) s priemetom modelových vstupov a výstupov do databáz geografických informačných systémov. Tieto riešenia by zároveň mali byť schopné zachovať si interdisciplinárnu informačnú výpočtovú schopnosť (pre iné vedné disciplíny a praktické aplikácie), ako aj udržať si dostatočnú hĺbku špecificky odborných detailov (na detailnejšie hydrogeologické štúdie). Georeferencované regionálne matematické modely prúdenia podzemných vôd by mali potom slúžiť ako podklad – vstupné okrajové podmienky – detailnejších štúdií spojených s modelovaním hydraulických dejov na konkrétnych lokalitách. Potrebným posudzovaním konkrétnych lokalít by mali slúžiť aj všetky ostatné informácie zaznamenané na základnej hydrogeologickej mape – v geografickom informačnom systéme. Dúfame, že k takémuto rozvoju hydrogeologického poznania prírodnej reality prispeje aj doterajšia postupnosť krokov pri zostavovaní základných hydrogeologických a hydrogeochemických máp na našom území.

Literatúra

- Andrusov, D., 1942: Prešovský vodovod – geologické posúdenie prameňov v Brezovici. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Anon., 1970: International Legend for hydrogeological maps. London, UNESCO/IASH/IAH/Institute of Geol. Sciences, 101 s.
- Böhm, V., Hyánková, K. a Fendeková, M., 1993: Hydrogeologická mapa Breznianskej kotliny v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Bujalka, P., 1962: Hydrogeologický prieskum Podunajskej nížiny, časť I – II, III, IV, VI. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Bujalka, P., 1963: Hydrogeologický výskum Podunajskej nížiny II. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Čech, F. a Zváč, V., 1993: Hydrogeologická mapa severnej časti Záhorskej nížiny v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Čechová, A., Malík, P. a Vrana, K., 1990: Hydrogeologická mapa Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Čechová, A. a Kúšiková, S., 1993: Hydrogeologická mapa Chvojnickej pahorkatiny v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Čechová, A., Kúšiková, S. a Potfaj, M., 1993: Hydrogeologické pomery západnej časti Bielych Karpát. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Dovina, V., Rapant, S., Gross, P., Bujnovský, A. a Halouzka, R., 1990: Hydrogeologický výskum Oravskej vrchoviny a Skorušinských vrchov. Čiastková záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Fendeková, M., Hyánková, K., Malík, P., Némethy, P., Škvarka, L. a Ženišová, Z., 1993: Hydrogeologická mapa Zvolenskej kotliny v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Franko, O., Hazdrová, M., Chaloupská, M., Jetel, J., Kačura, G., Kullman, E., Myslíl, V. a Pospíšil, P., 1964: Hydrogeological map of Czechoslovakia (1 : 1 000 000). Praha, Ústf. Úst. geol.
- Franko, O., Kullman, E., Melioris, L. a Vrana, K., 1993: Hydrogeologická mapa Horného Ponitria v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Franko, O., Pospíšil, P. a Gazda, S., 1976: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 45 Nitra, Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 216 s.
- Hanzel, V. a Choma, M., 1962: Hydrogeologické rajónovanie juhoslovenskej panvy. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Hanzel, V., Zakovič, M. a Gazda, S., 1974: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 27 Poprad. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 296 s.
- Hanzel, V. et al., 1975: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 37 Košice. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 428 s.
- Hanzel, V., Dovina, V., Kullman, E., Malík, P. a Vrana, K., 1990: Vysvetlivky k hydrogeologickej mape Nízkych Tatier v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 180 s.
- Hanzel, V., Šalagová, V. a Vrana, K., 1993a: Hydrogeologická mapa Krivánskej Malej Fatry v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Hanzel, V., Vrana, K. a Čimborová, S., 1993b: Hydrogeologické pomery západnej časti Pezinských Karpát. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Hanzel, V. (ed.), Zakovič, M., Vrana, K., Elečko, M., Klinec, A., Polák, M., Pristaš, J. a Vaškovec, I., 1996: Vysvetlivky k základnej hydrogeologickej mape SR 1 : 200 000, list 27 Poprad. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 165 s.
- Hanzel, V., Vrana, K., Švasta, J., Kohút, M., Nagy, A., Maglay, J., Bujnovský, A. a Malík, P., 1999: Hydrogeolo-

- gická a hydrogeochemická mapa Pezinských Karpát v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 179 s.
- Chochol, M., Škvarka, L., Rapant, S. a Molnár, J., 1984: Hydrogeologické pomery Šarišskej vrchoviny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 189 s.
- Jetel, J., 1985: Legenda hydrogeologickej mapy souboru geologických a účelových map prírodných zdrojů měřítka 1 : 50 000. Manuskript. Praha, archív Ústř. Úst. geol., 14 s.
- Jetel, J., 1991: Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000. List 25 Zlín. Praha, Ústř. Úst. geol.
- Jetel, J., 1999: Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Lubovnianskej vrchoviny v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 105 s.
- Jetel, J. a Kullman, E., 1970: Koncepcia základnej hydrogeologickej mapy ČSSR 1 : 200 000. In: Sbor. ref. V. hydrogeolog. konfer., Gottwaldow, s. 106 – 111.
- Jetel, J., Škvarka, L. a Vranovská, A., 1989: Vysvětlivky ku hydrogeologickej mape 1 : 50 000 – Košícká kotlina a Slanské vrchy (severná časť). Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 49 s.
- Jetel, J., Molnár, J. a Vranovská, A., 1990: Hydrogeologický výskum Hornádskej kotliny – záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Jetel, J., Nemčok, J. a Tkáč, J., 1993: Hydrogeologický výskum Spišskej Magury – záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 222 s.
- Krásný, J., 1980: New concept of synthetic hydrogeological maps. In: Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), roč. 55, č. 1, s. 53 – 62.
- Krásný, J., Kullman, E., Vrana, K. (eds.), Dostál, I., Kněžek, M., Kouřimová, J., Procházková, J., Sukovitá, D., Šuba, J. a Trefná, E., 1987: Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000. List 34 Znojmo. Praha, Ústř. Úst. geol., 130 s.
- Kullman, E., 1962: Orientačné hydrogeologické mapovanie Trávnice. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Kullman, E., 1966: Základný hydrogeologický výskum kvartéru Záhorskej nížiny – záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Kullman, E., Pospíšil, P., Gazda, S. a Krippel, E., 1973: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 44 Bratislava. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Kullman, E., 1974: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 34 Znojmo, slovenská časť. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 174 s.
- Kullman, E., Gazda, S., Jetel, J., Škvarka, L. a Franko, O., 1975: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 35 Trnava. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 308 s.
- Kullman, E. et al., 1978: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 36 Banská Bystrica. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Kullman, E. a Gazda, S., 1978: Základný hydrogeologický výskum spojený so zostavovaním hydrogeologických máp. (Základná hydrogeologická mapa 1 : 200 000 SSR). Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 106 s.
- Kullman, E., Kullmanová, A. a Rapant, S., 1985: Hydrogeologické pomery Slovenského raja. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 134 s.
- Mahel, M., 1950: Původ minerálních vod v Piešťanoch. In: Geol. Sbor., I/2-3-4 (Bratislava).
- Mahel, M., 1954: Niektoré hydrogeologické poznatky zo západného Slovenska. In: Geol. Práce, Zpr. (Bratislava), č. 1.
- Malík, P., Hanzel, V. a Vrana, K., 1986: Hydrogeologické pomery mladšieho paleozoika severozápadných svahov Nízkyh Tatier. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 118 s.
- Malík, P., Vrana, K. a Ivanička, J., 1990: Hydrogeologické pomery Volovských vrchov v povodí Hnilca. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Malík, P. a Jetel, J., 1991: Metodika zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Malík, P. a Láncoz, T., 1993: Hydrogeologická mapa Braniska v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Malík, P. a Jetel, J., 1994: Metodika zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Malík, P. a Kordík, J., 1999: Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa východnej časti Veľkej Fatry v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 241 s.
- Malík, P., Benková-Dulovičová, K., Helma, J. a Slaninka, I., 1999a: Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa severovýchodnej časti Podunajskej nížiny v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 253 s.
- Malík, P., Hanzel, V., Jetel, J., Zakovič, M. a Fendeková, M., 1999b: Basic Hydrogeological Maps of Slovakia. In: Slovak Geol. Mag. (Bratislava), roč. 5, č. 1 – 2, s. 45 – 51.
- Malík, P., Jetel, J. a Švasta, J., 2003: Metodika zostavovania základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000. In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), č. 108, s. 23 – 44.
- Marcin, D., Kullman, E., Bodiš, D., Kordík, J. a Zakovič, M., 1995: Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa južnej časti Záhorskej nížiny v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 101 s.
- Margat, J., 1980: Carte hydrogéologique de la France. Systèmes aquifères, 1 : 1 500 000. Orléans, France, BRGM.
- Margat, J., 1989: La cartographie géohydrodynamique: étape de la modélisation des systèmes aquifères. In: Mem. Int. Symposium on Hydrogeological Maps as Tools for Economic and Social Development. Hannover, FRG, s. 524 – 526.
- Porubský, A., 1963: Hydrogeologická charakteristika alúvia Váhu v úseku Krpel'any – Sereď. In: Geol. Práce, Zoš. (Bratislava), č. 64.
- Porubský, A., 1964: Podzemné vody neogénnych a kvartérnych usadenín Slovenska. In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), č. 32.
- Rapant, S. a Bodiš, D., 1994: Metodika zostavovania hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Rapant, S. a Bodiš, D., 2003: Metodika zostavovania základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), č. 108, s. 11 – 22.
- Scherer, S., Bajtoš, P., Malík, P. a Kordík, J., 1999: Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa severnej časti Spišskogemerského rudohoria v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 229 s.
- Struckmeier, W. F. a Margat, J., 1995: Hydrogeological maps. In: A guide and Standard Legend. International Contributions to Hydrogeology, 17, Heise, Hannover.
- Škvarka, L., Franko, O., Gazda, S., Vass, D., Pristaš, J. a Konečný, V., 1975: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 46-47 Lučenec – Rimavská Seč. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 271 s.
- Škvarka, L., Frankovič, J., Zakovič, M., Franko, O., Baňacký, V., Vass, D. a Koráb, T., 1976: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 38 Michalovce. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 314 s.
- Škvarka, L. a Bodiš, D., 1988: Hydrogeologická mapa Lučeneckej kotliny M 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 30 s.

- Škvarka, L. (ed.), Elečko, M., Franko, O., Konečný, V., Kováč, J., Krippel, E., Lukniš, M., Pristaš, J., Šuba, J. a Vrana, K., 1989: Vysvetlivky k základnej hydrogeologickej mape ČSSR 1 : 200 000, list 46 a 47 Lučenec a Rimavská Seč. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 117 s.
- Zakovič, M., Hanzel, V., Kullman, E., Franko, O., Móza, A., Jetel, J., Klinec, A., Polák, M., Haško, J., Gross, P., Gašparik, J. a Vaškovský, I., 1976: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 26 Žilina. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 358 s.
- Zakovič, M., Hanzel, V., Franko, O., Gazda, S., Koráb, T. a Baňacký, V., 1977: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list 28 Svidník. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 166 s.
- Zakovič, M. (ed.), Baňacký, V., Bodiš, D., Franko, O., Hanzel, V. a Koráb, T., 1988: Vysvetlivky k základnej hydrogeologickej mape ČSSR 1 : 200 000, list 28 Svidník. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 79 s.
- Zakovič, M., Bodiš, D. a Lopašovský, K., 1989: Hydrogeologická mapa Rimavskej kotliny a východnej časti Cerovej vrchoviny 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 51 s.
- Zakovič, M. (ed.), Hanzel, V., Kullman, E., Jetel, J., Franko, O., Bodiš, D., Polák, M., Gross, P., Potfaj, M., Gašparik, J., Vaškovský, I., Klinec, A. a Haško, J., 1990: Vysvetlivky k základnej hydrogeologickej mape ČSSR 1 : 200 000, list 26 Žilina. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 146 s.
- Zakovič, M., Bodiš, D. a Lopašovský, K., 1993a: Hydrogeologická mapa Levočských vrchov v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Zakovič, M., Bodiš, D. a Lopašovský, K., 1993b: Hydrogeologická mapa Šarišskej vrchoviny v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond).
- Zakovič, M., Kordík, J., Polák, M., Bodiš, D., Lopašovský, K. a Malík, P., 1997: Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Čiernej Hory v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (Geofond), 108 s.
- Záruba-Pfefferman, Q. a Andrusov, D., 1937: Geologické pomery území projektované dráhy Banská Bystrica – Diviaky. Zvláštni otisk časopisu Zprávy železničních inženýrů, roč. XIV, č. 9 a 11, Noviny v Praze, s. 1 – 10, 160 – 163 a 193 – 196.
- Záruba-Pfefferman, Q. a Andrusov, D., 1939: Srovnání geologických profilů Harmaneckým tunelem na dráze Banská Bystrica – Diviaky. Zvláštni otisk z časopisu Technický obzor, roč. XLVII, s. 1 – 4.



Aktuálny stav preskúmanosti geotermálnych vôd na Slovensku

MARIÁN FENDEK*, ANTON REMŠÍK* a MIRIAM FENDEKOVÁ**

* Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

** Katedra hydrogeológie PriF UK, Pavilón G, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

Abstract. Geothermal energy in the territory of the Slovak Republic is related to geothermal waters which largely occur in Triassic carbonates of Inner Western Carpathian nappes and, to a lesser extent in Neogene sands, sandstones and conglomerates or in Neogene andesites and related pyroclastics. The distribution of aquifers with geothermal waters and the thermal manifestation of hydrogeothermal structures have enabled the definition of 26 prospective areas and structures with potentially exploitable geothermal energy resources. These aquifers lie at depths of 200 – 5 000 m (except in spring areas) and the reservoir temperatures of their geothermal waters range from 20 to 240 °C. Lately, following prospective areas were explored: the Košice basin (Ďurkov area), the Poprad basin, the Liptov basin, the Skorušina depression, and the Central depression of the Danube basin (Galanta area). Geothermal waters were documented by 117 geothermal wells. Their total discharge amounts app. 1 690 l/s which represents the thermal power of 314.3 MW. In the paper, the order of prospective areas which should be the target of further hydrogeothermal assessment is proposed.

Key words: renewable energy sources, prospective hydrogeothermal areas, geothermal wells, geothermal waters

1. Úvod

Nevyhnutnou podmienkou ďalšieho rozvoja ľudstva je popri dostatku vody najmä dostatok energie. Doterajší spôsob získavania zdrojov energie predovšetkým spaľovaním fosílnych a jadrových palív sa dostáva do rozporu s koncepciou trvalo udržateľného rozvoja, najmä z pohľadu zvyšujúcej sa produkcie skleníkových plynov. Oxid uhličitý, ktorého najväčším zdrojom je práve spaľovanie fosílnych palív, je po vodnej pare druhý najvýznamnejší skleníkový plyn. Jeho podiel na skleníkovom efekte je 30 %.

Z uvedených skutočností vyplýva potreba hľadania takých zdrojov energie, ktoré zabezpečia v budúcnosti jej dostatočné množstvo, pričom sa zníži spotreba fosílnych palív a zaťaženie životného prostredia. Z hľadiska dlhodobej perspektívy v rámci koncepcie trvalej udržateľnosti je nevyhnutný prechod od využívania neobnoviteľných zdrojov k energetickým systémom založeným na využívaní obnoviteľných zdrojov.

Energetická koncepcia SR (1993) schválená uznesením vlády SR č. 562/1993 zahŕňa medzi obnoviteľné netradičné energetické zdroje využitie lesnej biomasy, malých vodných elektrární, geotermálnej energie, slnečnej a veternej energie, bioplynu z odpadu, komunálneho a priemyselného odpadu, ako aj odpadové teplo. Reálne využiteľný poten-

ciál obnoviteľných a druhotných zdrojov energie predstavuje 63 474 TJ, t. j. 6,5 % z celkovej predpokladanej spotreby palivovo-energetických zdrojov v roku 2010. Ak od neho odpočítame vodné elektrárne (s výnimkou malých vodných elektrární), dostaneme využiteľný potenciál 39 548 TJ. Podiel jednotlivých druhov obnoviteľných a druhotných zdrojov energie na celkovom množstve je uvedený v tabuľke 1.

Tab. 1 Podiel jednotlivých druhov obnoviteľných a druhotných zdrojov energie na reálne využiteľnom potenciáli (Aktualizácia Energetickej koncepcie SR, 1997).

Druh	Využiteľný potenciál [TJ]	Využiteľný potenciál [%]
Lesná biomasa	11 414	28,9
Geotermálna energia	7 160	18,1
Solárna energia	4 900	12,4
Odpadové teplo	4 500	11,4
Bioplyn z odpadu	4 300	10,9
Komunálny a priemyselný odpad	3 600	9,1
Malé vodné elektrárne	2 574	6,5
Veterná energia	1 100	2,7
Spolu	39 548	100,0

Z uvedených zdrojov (tab. 1) na prvé miesta patrí energia získaná využitím lesnej biomasy a geotermálnej energie. Využívanie geotermálnych vôd má z hospodárskeho hľadiska nielen energetický, ale aj ekologický význam. K nesporným výhodám využívania geotermálnej energie patrí to, že:

- predstavuje vlastný (domáci) zdroj energie, nezávislý od medzinárodných konfliktov,
- predstavuje lacnejší zdroj energie ako fosílna palivá,
- patrí medzi obnoviteľné zdroje energie,
- znižuje zaťaženie transportných komunikácií redukciami transportu fosílnych palív,
- znižuje nebezpečenstvo ohrozenia životného prostredia redukciami transportu, spracovania a využívania fosílnych palív (havárie produktovodov, výstavba a prevádzka zásobníkov plynov a ropných produktov, skládkové hospodárstvo, emisie),
- umožňuje ovládanie ceny energie,
- prevádzka je bezpečná, s minimálnym dosahom na životné prostredie a záber pôdy.

Využívanie geotermálnej energie sa môže stať aj hybnou silou rozvoja malého a stredného podnikania, napríklad pri pestovaní rýchlenej zeleniny a kvetov, chove rýb a hydiny, pri výstavbe a využívaní zariadení určených na rekreačné a rehabilitačné účely.

Zdroje geotermálnej energie sú na Slovensku zastúpené predovšetkým geotermálnymi vodami, ktoré sa viažu najmä na triasové dolomity a vápence vnútrokarpatských tektonických jednotiek, menej na neogénne piesky, pieskovce a zlepenice, resp. na neogénne andezity a ich pyroklastiká. Tieto horniny ako kolektory geotermálnych vôd mimo výverových oblastí sa nachádzajú v hĺbke 200 – 5 000 m a vyskytujú sa v nich geotermálne vody s teplotou 15 až 240 °C.

2. Aktuálny stav preskúmanosti geotermálnych vôd

Geotermálny výskum na území Slovenskej republiky sa začal v sedemdesiatych rokoch minulého storočia. Poznatky získané počas viac ako dvoch desaťročí boli prvýkrát komplexne vyhodnotené a zhrnuté v *Atlase geotermálnej energie Slovenska* [Franko, Remšík a Fendek (eds.), 1995].

Toto odborné široko koncipované dielo predstavuje komplexný pohľad na rozšírenie, kvalitu, množstvo a možnosti likvidácie zdrojov geotermálnej energie Slovenska. Atlas vydal Geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave, v súčasnosti Štátny geologický ústav Dionýza Štúra. Predstavuje výstup z rovnomenného projektu riešeného v tomto ústave v rokoch 1991 – 1994, financovaného z prostriedkov štátneho rozpočtu. Pri zostavovaní atlasu spolupracovali Geocomplex, a. s., Bratislava, Výskum a vyhľadávanie nafty a plynu, š. p., Bratislava, Výskumný ústav vodného hospodárstva Bratislava, THERMEX Pezinok a Esprit, spol. s r. o., Bratislava.

Atlas predstavuje súhrn geologických, geofyzikálnych, hydrogeotermických a geochemických poznatkov, ktoré sa získali počas dlhodobého skúmania geotermálnej energie. Jeho základom sú poznatky najmä z geotermálneho výskumu a prieskumu, pri ktorom sa podstatne rozšírili vedomosti o terciérnej výplni panví a kotlín, o predterciérnom podloží celých vnútorných Západných Karpát, a najmä o teplotnom poli, tepelnom poli a hydrogeotermálnych pomeroch. Atlas bol zostavený na základe údajov o teplote z 376 vrto, o tepelnom toku zo 136 vrto a hydrogeotermálnych pomeroch zo 61 geotermálnych vrto.

Atlas farebne znázorňuje teplotné a tepelné pole na úrovňových mapách od povrchu terénu. Litostratigrafické a tektonické jednotky sú na týchto mapách znázornené rastrom a ich stratigrafia písmenami abecedy. Bodovými značkami sú znázornené geotermálne zariadenia, vrty s geotermickými meraniami, geologické vrty a hydrogeologické objekty. Číslami, resp. kombináciou číselných a bodových značiek je vyjadrená výdatnosť geotermálnych zariadení a ostatných objektov, teplota a celková mineralizácia vôd. Prítomnosť CO₂, H₂S a chemické zloženie vôd znázorňujú bodové značky. V oblastiach, kde sa geotermálne vody viažu na mezozoické karbonáty, boli zostavené aj mapy predterciérneho podložia.

Geotermálna aktivita územia je znázornená na 6 druhoch máp, ku ktorým patria:

- tematická geotermálna mapa,

- mapa tepelného toku na povrchu,
- mapa tepelného toku na Moho-diskontinuitu,
- geotermálne mapy Slovenska,
- mapy geotermálnej aktivity vymedzených oblastí,
- hydrogeotermálne mapy vymedzených oblastí.

Územie Slovenska je v podstate znázornené na mapách v 2 mierkach. V mierke 1 : 1 000 000 a väčších sú zostavené mapy Slovenska a v mierke 1 : 200 000 a menších sú mapy vymedzených oblastí. Okrem uvedených máp je v atlase aj mapa indexov nasýtenia geotermálnych vôd, mapa využiteľného množstva geotermálnej energie a mapy technologických vlastností geotermálnych vôd a ich likvidácie po tepelnom využití. Tento súbor máp dopĺňa mapa priemernej ročnej teploty vzduchu a mapa vykurovacieho obdobia. Geotermálne mapy Slovenska a hydrogeotermálne mapy vymedzených oblastí sprevádzajú rezy a karotážne profily geotermálnych vrto s typickými zvodnencami (piesky, karbonáty a pod.). Pre všetky mapy a rezy je vypracovaná jedna všeobecná legenda. Odlišnosti od nej sú v legendách k jednotlivým druhom máp a k mapám vymedzených oblastí.

Okrem máp a rezov atlas obsahuje textovú a tabuľkovú časť. Vysvetlivky (textová časť) pozostávajú z koncepcie atlasu, metodiky jeho zostavenia, geotermálnej preskúmanosti územia, jeho geotermálnej charakteristiky a hydrogeotermálnej charakteristiky vymedzených oblastí. Vysvetlivky sú doplnené tabuľkami, obrázkami a diagramami.

V rámci Atlasu geotermálnej energie Slovenska je vyčlenených 26 perspektívnych oblastí alebo štruktúr, na ktoré sa viažu zdroje geotermálnej energie vhodné na energetické využitie. Ich celkový tepelnoenergetický potenciál pre územie Slovenska predstavuje 5 538 MW_t. Teplota geotermálnych vôd je väčšinou v hĺbke 1 000 až 3 500 m do 100 °C a v hĺbke 3 000 – 5 000 m do 150 °C.

Atlas plní 3 hlavné funkcie:

- *všeobecno-vzdelávaciu*, resp. *kultúrnu* – poskytuje ucelenú predstavu o priestorovej geotermálnej aktivite územia širokému okruhu odbornej, ale aj laickej verejnosti;
- *praktickú*, resp. *národohospodársko-ekologickú* – informuje o geotermálnych zdrojoch a využiteľnom množstve geotermálnej energie, o možnostiach šetrenia klasických palív a zníženia emisií do ovzdušia, skvalitnení životného prostredia a zdravia obyvateľstva, využívaní geotermálnych vôd v rekreačných a zdravotných zariadeniach (sedacie a plavecké bazény, rehabilitácia);
- *nadnárodnú*, resp. *integračnú*, ktorú zabezpečuje jeho vydanie v slovensko-anglickej verzii.

Históriu využívania geotermálnych vôd v Západných Karpatoch v 16. – 19. storočí, ktoré spočívalo vo využívaní týchto vôd vystupujúcich na zemský povrch v prameňoch, približuje jedna z kapitol publikácie *Stories from a heated Earth*, a to kapitola *Our geothermal heritage* [Cataldi, Hodgson a Lund (eds.), 1999]. V kapitole 16. *A spell cast: Historical aspects of thermal spring use in the Western Carpathian region* (Fendek et al., 1999) sú prezentované poznatky o významných osobnostiach, ktoré sa zaoberali výskytom a využívaním geotermálnych vôd na území terajšieho Slovenska v 16. – 19. storočí. Je

tam aj charakteristika využívania geotermálnych vôd v lokalitách Piešťany, Trenčianske Teplice, Sklené Teplice, Vyhne, Sliac, Kováčová a Dudince v tom období.

Poznatky o geotermálnych zdrojoch vybraných oblastí Slovenska sa stali súčasťou ďalšieho významného diela, ktorým je *Atlas of Geothermal Resources in Europe* [Hurter a Haenel (eds.), 2002]. Pokiaľ ide o územie Slovenska, súčasťou tohto atlasu je stručná hydrogeotermálna charakteristika s hodnotením zdrojov perspektívnych oblastí, pričom detailnejšie sa hodnotili Liptovská kotlina a centrálna depresia Podunajskej panvy (Remšík et al., 2002). Text sprevádza tematická geotermálna mapa Slovenska, mapa distribúcie teplôt v hĺbke 500 m, mapa geotermálnych zdrojov Slovenska a osem máp charakterizujúcich hydrogeotermálne pomery Liptovskej kotliny v oblasti chočského a krížňanského príkrovu. Rovnako osem máp zobrazuje hydrogeotermálne pomery centrálnej depresie Podunajskej panvy v sedimentoch pontu a panónu.

Výskyt zdrojov geotermálnych a minerálnych vôd na Slovensku zobrazuje mapa *Zdroje geotermálnych a minerálnych vôd* (Fendek et al., 2002), ktorá je súčasťou *Atlasu krajiny Slovenskej republiky* (Atlas krajiny SR, 2002). Na mape je schematicky znázornená geologická stavba územia, hlavné kolektory geotermálnych vôd, perspektívne oblasti alebo štruktúry geotermálnych vôd, výdatnosť a teplota zdrojov, ako aj tepelný výkon geotermálnych vôd v jednotlivých perspektívnych oblastiach.

2.1. Výsledky hydrogeotermálneho hodnotenia

Geotermálne vody na Slovensku boli doteraz overené pomocou vrtov v 22 vymedzených oblastiach (obr. 1; tab. 2). Na Slovensku je doteraz evidovaných spolu 117 geotermálnych vrtov (z toho 5 negatívnych). Overili okolo 1 690 l/s vôd s teplotou na ústí vrtu 18 – 129 °C. Ich tepelný výkon predstavuje 314,3 MW_t (pri využití po referenčnú teplotu 15 °C). Geotermálne vody sa získali vrtmi hlbokými 92 – 3 616 m. Výdatnosť vrtov pri voľnom prelive sa pohybovala v rozmedzí od desiatín litra do 100 l/s. Prevažuje Na–HCO₃–Cl, Ca–Mg–HCO₃ a Na–Cl typ vôd s mineralizáciou 0,4 – 90,0 g/l. V tabuľke 2 vyjadruje Q (l/s) výdatnosť voľného prelivu z vrtu, T na ústí (°C) je teplota geotermálnej vody na povrchu, M (g/l) je celková mineralizácia, chemický typ zodpovedá klasifikácii geotermálnej vody na princípe prevládajúcich iónov s hodnotou viac ako 10 c_i · z_i %.

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky v spolupráci s Ministerstvom hospodárstva SR v roku 1996 vypracovalo *Návrh koncepcie využitia geotermálnej energie v SR*, ku ktorej vláda SR prijala *uznesenie č. 861/1996*. V tomto uznesení vláda, okrem iného, uložila ministrom životného prostredia zabezpečiť do konca roku 1998 vypracovanie regionálnych hodnotení zásob geotermálnych vôd a energie centrálnej depresie Podunajskej panvy – oblasť Galanty, Popradskej kotliny, Liptovskej kotliny a skorušinskej depresie (oblasť Oravice). Nariadila pripraviť do konca roku 2000 hydrogeotermálne zhodnotenie Žiarskej kotliny s návrhom vrtného overenia. Vykonané regionálne hodnotenia zásob geotermálnych vôd a energie v spomínaných štruktúrach a oblastiach prinieslo tieto výsledky:

Košická kotlina – oblasť Ďurkov

Oblasť Ďurkov (Vranovská et al., 1999) sa nachádza v juhovýchodnej časti Košickej kotliny. Na východe ju ohraničujú neovulkanity Slanských vrchov. V priebehu roku 1998 a v prvej polovici roku 1999 sa v nej realizovali a odskúšali tri geotermálne vrty, GTD-1 až 3, s vertikálnou hĺbkou 2 252 – 3 210 m.

Rezervoár geotermálnych vôd je v hĺbke 2 000 až 3 500 m. Najvýznamnejšie prítokové zóny sú lokalizované na strope triasových dolomitov veporika s puklinovou a krasovou priepustnosťou. Výdatnosť voľného prelivu počas krátkodobých hydrodynamických skúšok sa pohybovala v intervale 50 – 65 l/s s teplotou na ústí vrtov od 123 do 129 °C. Nameraná ložisková teplota v hĺbke 3 000 m dosahovala 143 °C. Priemerná hustota tepelného toku je 94,4 mW/m².

Z geochemického hľadiska je oblasť Ďurkov charakteristická zložitým systémom voda – para – pevná fáza. Hodnota celkovej mineralizácie sa pohybuje v intervale 25 – 32 g/l. Chemické zloženie geotermálnych vôd je výrazného Na–Cl typu s nízkym zastúpením Na–HCO₃ zložky.

Využiteľné množstvo geotermálnej energie stanovené matematickým modelom je 92,63 MW_t. Do kategórie C bolo navrhnuté zaradiť 115 l/s, čomu zodpovedá tepelný výkon 27,85 MW_t.

Popradská kotlina

Kolektory geotermálnych vôd (Daniel et al., 1998) sú v predterciérnom podloží tvorené triasovými karbonátmi reprezentujúcimi chočský a krížňanský príkrov. V centre Popradskej kotliny chočský príkrov dosahuje hrúbku 200 – 1 100 m. Neobyčajne veľkú hrúbku, 1 200 – 2 000 m, dosahuje chočský príkrov v oblasti v. a jv. od vrbovského zlomu pri prechode do Levočských vrchov.

V Popradskej kotline je priemerná hodnota teplotného gradientu 32,6 – 34,5 °C/km a priemerná hustota tepelného toku 67 mW/m². Teplota na predpaleogénnom podloží Popradskej kotliny dosahuje 50 – 85 °C.

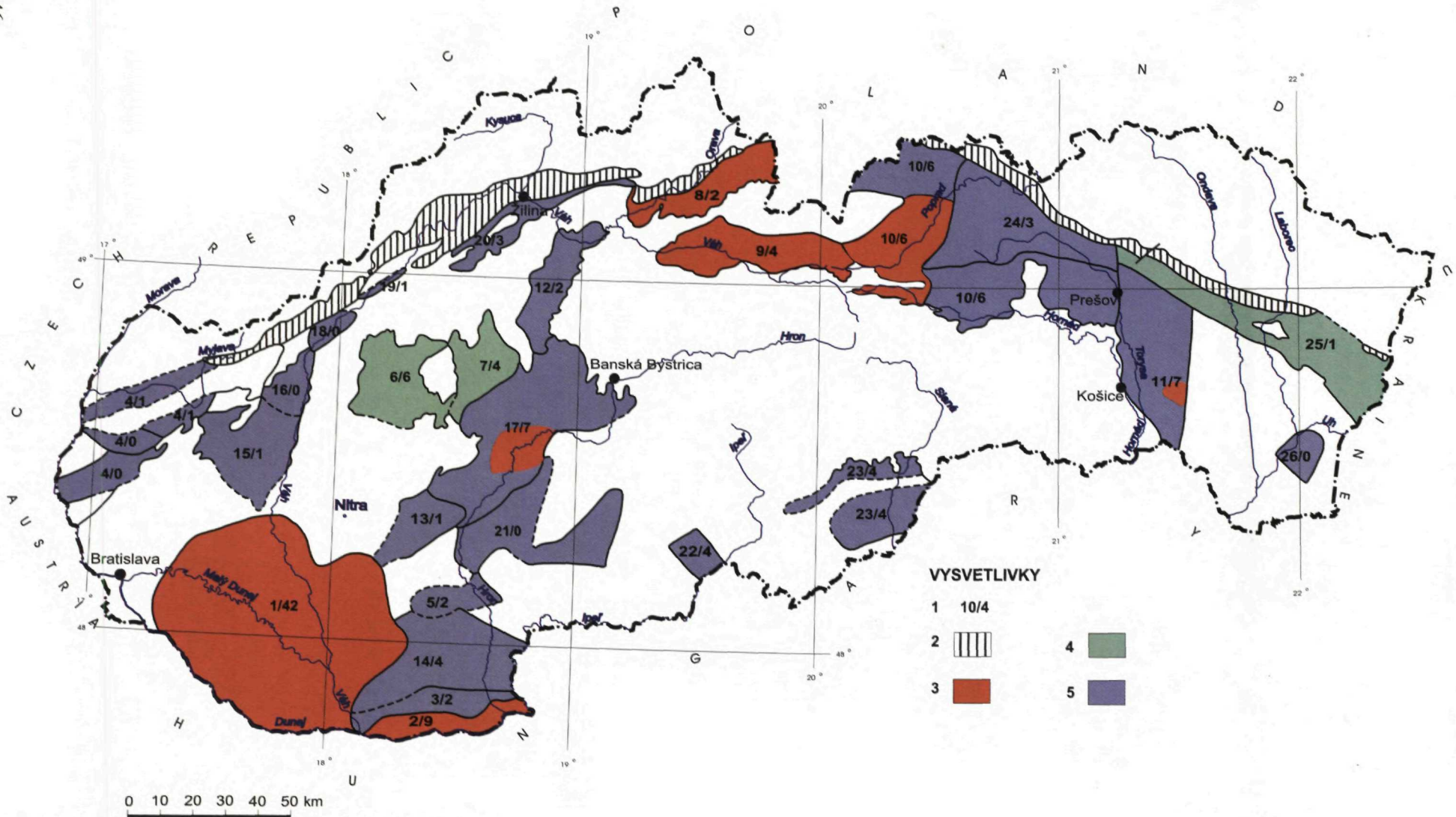
Hodnota merného tepelnoenergetického potenciálu sa pohybuje od 0,023 do 10,007 GJ/m². Chemický typ vody je Ca–Mg–HCO₃–SO₄, mineralizácia sa pohybuje od 2,9 do 4,1 g/l. Prevládajúci chemický typ plynu je CO₂.

Celkové prírodné množstvo geotermálnych vôd Popradskej kotliny je 216,2 l/s. Zodpovedá to celkovému množstvu tepelnej energie 33,884 MW_t v kategórii C. Do kategórie B bolo navrhnuté preradiť množstvo 120,3 l/s, čo zodpovedá 18,38 MW_t tepelnej energie.

Liptovská kotlina

Podložie paleogénu Liptovskej kotliny (Remšík et al., 1998) je budované chočským a krížňanským príkrovom. Z morfoštruktúrneho hľadiska je možné rozdeliť ho na niekoľko depresí a elevácií. Najväčšiu hrúbku majú paleogénne sedimenty v depresii Liptovskej Mary a dosahujú 2 200 – 2 300 m.

Teplotné pole v Liptovskej kotline je značne variabilné. V kokavskej depresii a bešeňovskej elevácii je teplotné pole porušené konvektívnym prenosom tepla. Teplota



Obr. 1 Stav zhodnotenia perspektívnych oblastí geotermálnych vôd.

1 – centrálna depresia Podunajskej panvy, 2 – komárňanská vysoká kryha, 3 – komárňanská okrajová kryha, 4 – Viedenská panva, 5 – levická kryha, 6 – topoľčiansky záliv a Bánovská kotlina, 7 – Hornonitrianska kotlina, 8 – Skorušinská panva, 9 – Liptovská kotlina, 10 – Levočská panva, z. a j. časť, 11 – Košická kotlina, 12 – Turčianska kotlina, 13 – komjatická depresia, 14 – dubnícka depresia, 15 – trnavský záliv, 16 – piešťanský záliv, 17 – stredoslovenské neovulkanity, sz. časť, 18 – Trenčianska kotlina, 19 – Ilavská kotlina, 20 – Žilinská kotlina, 21 – stredoslovenské neovulkanity, jv. časť, 22 – hornosthársko-trenčská prepadlina, 23 – Rimavská kotlina, 24 – Levočská panva, sv. časť, 25 – humenský chrbát, 26 – štruktúra Beša – Čičarovce.

Vysvetlivky: 1 – číslo perspektívnej oblasti/počet geotermálnych vrtov, 2 – bradlové pásmo, 3 – perspektívne oblasti, v ktorých sa realizovalo hydrogeotermálne zhodnotenie, 4 – perspektívne oblasti, v ktorých prebieha hydrogeotermálne zhodnotenie, 5 – perspektívne oblasti, v ktorých sa doteraz nerealizovalo hydrogeotermálne zhodnotenie.

v hĺbke 1 000 m sa pohybuje v rozmedzí 29 až 46 °C, v hĺbke 2 000 m 46 až 76 °C. Priemerná hodnota geotermického gradientu v paleogénnych a mezozoických horninách vo vrtoch hlbokých 2 000 – 2 500 m predstavuje 17,8 – 31,9 °C/km. Hustota zemského tepelného toku sa pohybuje od 52,0 do 71,7 mW/m². Hodnoty geotermického gradientu a tepelného toku rozdeľujú Liptovskú kotlinu na dve geotermicky rozdielne oblasti, a to západnú s vyššou geotermickou aktivitou a východnú s podstatne nižšou aktivitou.

V hydrogeotermálnych štruktúrach chočského príkrovu (ivachnovská depresia, depresia Liptovskej Mary, demänovská depresia, vavrišovsko-kokavská depresia, bielovážska depresia) v hĺbke 500 – 3 000 m sa vyskytujú vody s teplotou v intervale 20 – 90 °C. Chemické zloženie vôd reprezentuje Ca–Mg–HCO₃, ale aj Ca–Na–Mg–HCO₃–SO₄ typ s mineralizáciou 0,35 – 5,0 g/l. Spomedzi plynov vody obsahujú najmä CO₂, a to vo všetkých štruktúrach Liptovskej kotliny. Zo štruktúrneho hľadiska ide o poloopené hydrogeologické štruktúry.

V hydrogeotermálnych štruktúrach krížňanského príkrovu (kokavská depresia, bešeňovská elevácia, štruktúry v oblasti depresie Liptovskej Mary a v oblasti ivachnovskej depresie) v hĺbke 900 – 3 500 m predpokladáme výskyt vôd s teplotou 30 – 100 °C. Chemické zloženie vôd predstavuje Ca–Mg–HCO₃–SO₄, resp. Ca–Mg–SO₄–HCO₃ typ s mineralizáciou 3 – 5 g/l. Ide o otvorené, resp. poloopené hydrogeologické štruktúry.

Celkové prírodné množstvo geotermálnych vôd Liptovskej kotliny zaradené do kategórie C predstavuje 248 l/s. Zodpovedá to celkovému množstvu tepelnej energie 34,589 MW_t. Toto množstvo sa pomerne dobre zhoduje s výsledkami geotermickej bilancie (30,103 MW_t). Geotermická bilancia je však podhodnotená, lebo nezahŕňa zbernú plochu zemského tepla v infiltračnej oblasti.

Z tohto množstva vôd zaradeného do kategórie C sa navrhlo vyčleniť do kategórie B množstvo geotermálnych vôd overené realizovanými geotermálnymi vrtmi s celkovou výdatnosťou 84 l/s a tomu zodpovedajúce množstvo tepelnej energie 14,038 MW_t. Z vôd v kategórii B z vrtu ZGL-1 Bešeňová sa navrhlo preradiť do kategórie A množstvo 17 l/s geotermálnych vôd a tomu zodpovedajúce množstvo tepelnej energie 3,337 MW_t.

Skorušinská panva

Skorušinskú panvu budujú horniny centrálnekarpatiského paleogénu s hrúbkou od 200 do 2 600 m. V ich podloží je chočský a krížňanský príkrov, obalová jednotka a kryštalinikum. Geotermálne vody sa viažu na triasové dolomity krížňanského a chočského príkrovu. Ich hrúbka sa pohybuje od 300 do 600 m. Maximálna hĺbka ich uloženia je v sv. časti depresie, a to –3 600 m n. m. V závislosti od hĺbky uloženia kolektorov sa teplota geotermálnych vôd pohybuje v intervale 25 – 125 °C. V Skorušinskej panve sú štyri hydrogeotermálne štruktúry (Bajo et al., 2004). Najperspektívnejšia a najrozsiahlejšia je zábiedovská štruktúra, ktorú buduje krížňanský príkrov a tvorí synklinálu s hĺbkou –1 400 až –1 600 m n. m. Teplota na povrchu karbonátov dosahuje 60 – 120 °C. Na túto štruktúru nadväzuje dolnokubínska štruktúra, ktorá tvorí hrast' a leží v strede panvy. Karbonáty sa v jej jz. časti nachádzajú v hĺbke 0 až –800 m n. m. Teplota

stúpa od 30 do 45 °C. V sv. časti ležia karbonáty v hĺbke –600 až –1 200 m n. m. a teplota dosahuje 40 – 55 °C. Veličnianska štruktúra je zhruba medzi obcami Párnica a Oravská Poruba. V nej sú triasové karbonáty v hĺbke –400 až –1 800 m n. m. Teplota sa pohybuje od 35 do 70 °C. V triasových karbonátoch chočského príkrovu je perspektívna maloborovská štruktúra. Karbonáty sú tu uložené v hĺbke +800 až –600 m n. m. Teplota na ich povrchu je 10 – 50 °C.

Počas dlhodobej hydrodynamickej skúšky na geotermálnom vrte OZ-2 Oravice bola dokumentovaná výdatnosť voľného prelivu 86,8 l/s s teplotou vody na ústí vrtu 52,5 °C. Matematickým modelovaním sa v tomto vrte určilo exploatačné množstvo 65 l/s pri maximálnej depesii 0,331 MPa. Prírodné zdroje geotermálnej energie predstavujú 24,0 MW_t. Z toho 4,0 MW_t sa viažu na chočský príkrov, čo zodpovedá 48 l/s geotermálnych vôd s teplotou na ústí vrtu 28 – 35 °C. Na krížňanský príkrov sa viaže 20 MW_t. Zodpovedá to 118 l/s geotermálnych vôd s teplotou na ústí vrtu 43 – 60 °C.

Centrálna depresia Podunajskej panvy – oblasť Galanty

Centrálna depresia Podunajskej panvy – oblasť Galanty (Bondarenková et al., 1998) – predstavuje zo štruktúrmo-geologického hľadiska galantskú priehlbínu a jej najbližšie okolie s výskytom, resp. využívaním geotermálnych vrtov. Na západe zasahuje do okolia Senca a Zlatých Klasov, na juhu ju vymedzuje spojnice Zlaté Klasy – Horné Mýto – Kráľov Brod. Východná hranica prebieha medzi Žihárcom – Selicami – Trnovcom a Dlhou n/Váhom. Severné ohraňenie pokračuje cez Váhovce, Dolnú Stredú, Majcichov a Čataj až k Sencu.

Vyčlenené hĺbkové intervaly na hodnotenie využiteľného množstva geotermálnej vody 1 200 – 1 600 m a 1 600 až 2 100 m zodpovedajú konkrétnym kvalitatívnym parametrom vody nachádzajúcej sa v kolektoroch. Prvá hĺbková skupina kolektorov zahŕňa stratigrafické rozpätie sedimentov od pontu po vrchnú časť panónu. Litologicky kolektory tvorí piesok, sčasti fľovitý piesok. Celková hrúbka hodnoteného úseku je 400 m. Vrstvy sú uklonené na juh a juhozápad. Celková plošná rozloha hodnotených kolektorov je 322 km². Druhá hĺbková skupina kolektorov zahŕňa stratigrafické rozpätie od spodnej časti pontu až po najvrchnejšiu časť sarmatu. Kolektory tvorí piesok, jemne až stredne zrnitý, miestami slabo stmelený pieskovcom. Celková hrúbka hodnoteného úseku je 500 m.

V oblasti sa vyskytujú geotermálne vody s petrogénou mineralizáciou výrazného Na–HCO₃ typu s mineralizáciou do 1 g/l, vody Na–Cl typu s prítomnosťou zložky A₁ nad 30 mval %, Na–HCO₃ typu s mineralizáciou 1 až 5 g/l a výrazného Na–Cl typu s mineralizáciou 5 – 10 g/l.

Oblasť Galanty možno z geotermického hľadiska charakterizovať ako oblasť s vysokou geotermickou aktivitou. Priemerná hodnota teploty v hĺbke 1 000 m je 50,3 °C, v hĺbke 1 500 m 69,6 °C, v hĺbke 2 000 m 88,5 °C a v hĺbke 2 500 m dosahuje 106,0 °C. Priemerná hodnota geotermického gradientu je 40 °C/km. Prevažnú časť územia charakterizuje hustota tepelného toku na úrovni okolo 78 MW/m². Hustota tepelného toku sa pohybuje v rozmedzí 71,4 – 81,6 mW/m² s priemernou hodnotou 76,8 mW/m².

Tab. 2 Prehľad geotermálnych vrtov.

Lokalita; vrt	Rok reali- zácie	Hĺbka vrtu (m)	Perforovaný úsek (m)	Vek; litológia kolektorov	Q (l/s)	T na ústí (°C)	Tepelný výkon (MW _t)	M (g/l)	Chemický typ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Centrálna depresia Podunajskej panvy									
Rusovce; HGB-1	1974	1 493	1 067 – 1 493	báden; andezity	0,1	28	–	18,6	Na–Cl
Chorvátsky Grob; FGB-1	1974	1 231	971 – 1 150	báden; bazálne klastiká	1,9	47	0,26	1,9	Na–Cl–HCO ₃
Chorvátsky Grob; FGB-1/A	1975	500	276 – 299	pont; piesky	3,5	24	0,13	0,5	Na–Mg–Ca–HCO ₃
Kráľová pri Senci; FGS-1/A	1974	1 500	910 – 1 370	pont – panón; piesky	13,0	52	2,01	7,7	Na–HCO ₃ –Cl
Kráľová pri Senci; FGS-1	1974	810	430 – 570	pont; piesky	0,3	23	0,01	3,6	Na–Mg–HCO ₃
Senec; BS-1	1981	1 350	928 – 1 181	pont; piesky	12,0	49	1,71	2,5	Na–HCO ₃ –Cl
Topoľníky; FGT-1	1975	2 501	1 394 – 2 487	pont; piesky	23,0	74	5,68	2,2	Na–HCO ₃ –Cl
Čilistov; FGČ-1	1979	2 500	1 195 – 1 549	panón; pieskovce	15,0	52	2,32	6,9	Na–HCO ₃ –Cl
Dvory nad Žitavou; FGDŽ-1	1980	2 500	1 024 – 1 607	pont; piesky	7,2	62	1,42	3,4	Na–HCO ₃ –Cl
Galanta; FGG-1	1975	1 990	1 212 – 1 670	pont; piesky	10,8	62	2,13	3,2	Na–HCO ₃ –Cl
Galanta; FGG-2	1983	2 100	1 706 – 2 032	panón; piesky	25,0	80	6,80	4,9	Na–HCO ₃ –Cl
Galanta; FGG-3	1984	2 102	1 731 – 1 999	panón; piesky	25,0	77	6,49	5,9	Na–HCO ₃ –Cl
Tvrdošovce; FGTv-1	1978	2 406	1 362 – 1 637	pont; piesky	20,0	70	4,60	2,5	Na–HCO ₃
Horná Potôň; FGHP-1	1978	2 500	1 394 – 1 804	pont; piesky	20,0	68	4,43	4,7	Na–Cl–HCO ₃
Horná Potôň; VHP-12-R *	1987	2 100	1 380 – 1 832	pont; piesky	22,3	68	4,94	4,3	Na–HCO ₃ –Cl
Dunajská Streda; DS-1	1971	2 500	2 183 – 2 432	pont; piesky	15,2	91	5,82	6,9	Na–Cl–HCO ₃
Dunajská Streda; DS-2	1985	1 600	1 190 – 1 549	dák – pont; piesky	23,0	55	3,85	1,6	Na–HCO ₃
Čiližská Radvaň; ČR-1	1986	2 513	1 614 – 2 430	pont – panón; piesky	6,0	82	3,30	1,6	Na–HCO ₃ –Cl
Čiližská Radvaň; VČR-16	1990	1 800	1 390 – 1 745	pont; piesky	14,5	64	2,93	0,8	Na–HCO ₃
Zlaté Klasy – Eliášovce; VZK-10	1987	1 800	1 331 – 1 457	pont; piesky	12,5	65	2,60	8,3	Na–Cl–HCO ₃
Veľký Meder (Čalovo); Č-1	1972	2 502	1 573 – 1 791	pont; piesky	10,0	79	2,59	1,1	Na–HCO ₃
Veľký Meder (Čalovo); Č-2	1983	1 503	1 037 – 1 439	pont; piesky	18,2	57	3,20	0,9	Na–HCO ₃
Šaľa; HTŠ-2, 1, 3	1983	1 200	880 – 1 169	pont; piesky	3,1	42	0,36	1,5	Na–HCO ₃
Polný Kesov; BPK-1	1980	847	387 – 737	neogén; piesky	1,0	26	0,15	1,1	Na–Ca–HCO ₃
Polný Kesov; BPK-2	1981	1 200	1 089 – 1 189	neogén; piesky	4,0	49	0,60	1,8	Na–HCO ₃
Lehnice; BL-1	1985	1 500	1 031 – 1 455	dák – pont; piesky	23,2	54	3,78	2,2	Na–HCO ₃
Diakovce; Di-1	1962	3 303	–	pont – panón; piesky	4,0	38	0,39	0,5	Na–HCO ₃
Diakovce; Di-2	1972	1 551	1416 – 1 536	pont – panón; piesky	12,0	68	2,66	2,1	Na–HCO ₃ –Cl
Diakovce; Di-3	1983	306	215 – 275	pont; piesky	15,0	19	0,25	0,6	Ca–Na–HCO ₃
Vlčany; FGV-1	1982	2 500	1244 – 1 852	pont; piesky	10,0	68	2,22	2,1	Na–HCO ₃
Gabčikovo; FGGa-1	1982	2 582	1122 – 1 926	pont; piesky	10,0	52	1,64	1,1	Na–HCO ₃
Boheľov; GBP-1 **	1982	2 800	–	–	–	–	–	–	–
Ňárada (Topoľovec); VTP-11	1988	2 500	1533 – 2 482	pont – panón; piesky	14,6	74	3,60	1,2	Na–HCO ₃ –Cl
Zlatná na Ostrove; VZO-13	1990	1 650	1089 – 1 625	pont – panón; piesky	7,5	51	1,25	7,5	Na–Cl
Zemianska Oľča, VZO-14	1990	1 849	1 555 – 1 839	pont; piesky	10,0	74	2,51	2,7	Na–HCO ₃ –Cl

Dunajský Klátov; VDK-15	1990	2 240	1 425 – 2 222	pont – panón; piesky	15,4	74	3,75	2,4	Na-HCO ₃ -Cl
Nové Zámky; GNZ-1	1983	1 506	1 236 – 1 473	pont; piesky	4,5	59	0,83	3,2	Na-HCO ₃ -Cl
Šurany; GŠM-1	1989	1 500	892 – 1 400	pont; piesky	3,5	49	0,50	3,0	Na-Cl-HCO ₃
Komárno; M-2	1971	1 060	771 – 1 025	pont – panón; piesky	+4,5	42	0,51	3,9	Na-HCO ₃ -Cl
Komárno; FGK-1	1976	1 970	904 – 1 082	pont – panón; piesky	4,0	45	0,50	2,0	Na-HCO ₃ -Cl
Komárňanská vysoká kryha									
Patince; SB-1	1959	226	130 – 160	trias; vápence	29,1	26	nevyuž.	0,7	Ca-Mg-HCO ₃
Patince; SB-2	1972	160	129 – 146	lias – trias; vápence	45,0	27	2,26	0,7	Ca-Mg-HCO ₃
Patince; SB-3	1982	170	132 – 167	trias; vápence	29,4	26	1,35	0,7	Ca-Mg-HCO ₃
Virt; JRD	1973	260		trias; vápence, dolomity	6,6	26	0,30	0,7	Ca-Mg-HCO ₃
Virt; HVB	1973	241	139 – 233	trias; vápence, dolomity	+10,0	26	0,46	0,7	Ca-Mg-HCO ₃
Virt; vrt VŠE	1976	280	155 – 263	trias; vápence, dolomity	+18,3	24	0,69	0,7	Ca-Mg-HCO ₃
Štúrovo; FGŠ-1	1975	210	77 – 128	trias; dolomitické vápence	70,0	40	7,33	0,8	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Obid; FGO-1	1979	1 000	736 – 1 000	trias; dolomitické vápence	2,1	20	0,05	0,8	Ca-Mg-HCO ₃
Kravany; FGKr-1	1979	1 021	723 – 920	trias; dolomitické vápence	5,5	20	0,12	0,8	Ca-Mg-HCO ₃
Komárňanská okrajová kryha									
Komárno; M-3	1976	1 184	1 139 – 1 184	jura – trias; dolomitické vápence	5,0	51	0,75	3,1	Ca-Na-Mg-SO ₄ -Cl-
Marcelová; GTM-1	1987	1 763	1 037 – 1 761	neogén – trias; zlepenca, vápence	6,0	56	1,02	90,0	HCO ₃ Na-Cl
Viedenská panva									
Šaštín-Stráže; RGL-2	1983	2 605	2 005 – 2 570	egenburg – trias; klastiká, vápence	12,0	73	2,91	10,9	Na-Cl
Lakšárska Nová Ves; RGL-1	1984	2 100	1 242 – 2 065	egenburg – trias; klastiká, vápence	25,0	78	6,59	6,8	Na-Ca-Cl-SO ₄
Levická kryha									
Podhájska; Po-1	1973	1 900	1 155 – 1 740	báden – trias; klastiká, vápence	53,0	80	14,42	19,6	Na-Cl
Podhájska; GRP-1 *	1986	1 470	995 – 1 365	báden – trias; klastiká, vápence	28,0	69	6,32	19,2	Na-Cl
Topoľčiansky záliv a Bánovská kotlina									
Malé Bielice; MB-3	1974	160	80 – 100	paleogén; karbonatické brekcie	8,5	40	0,89	1,1	Ca-Mg-HCO ₃
Veľké Bielice; VB-3	1983	102	27 – 90	paleogén; karbonatické brekcie	+8,3	39	0,83	0,8	Ca-Mg-HCO ₃
Brodzany; HGT-9	1982	160	133 – 139	trias; karbonáty	+1,7	32	0,12	1,5	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Topoľčany; FGTz-1	1985	2 106	1 512 – 1 917	trias; karbonáty	+2,0	55	0,33	5,9	Na-HCO ₃ -SO ₄
Partizánske; HGTP-1	2000	500	265 – 474	trias; karbonáty	+18,8	20	0,37	0,7	Ca-Mg-HCO ₃
Bánovce nad Bebravou; BnB-1	1984	2 025	2 000 – 2 025	trias; dolomity	+17,0	40	1,78	0,7	Ca-Mg-HCO ₃ -Cl
Hornonitrianska kotlina									
Koš; Š-1-NB II	1980	1 851	1 677 – 1 851	trias; karbonáty	22,0	59	4,08	0,8	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Chalмовá; BCH-3	1983	150	30 – 120	trias; karbonáty	+5,0	39	0,50	1,9	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
Chalмовá; HCH-1	1992	200	50 – 194	trias; karbonáty	+13,4	33	1,01	1,3	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
Handlová; FGHn-1	2002	475	370 – 430	paleogén – trias; brekcie, dolomity	+2,5	19	0,05	0,4	Ca-Mg-HCO ₃
Skorušinská panva									
Oravice; OZ-1	1979	600	342 – 561	trias; dolomity	35,0	28	1,09	0,8	Ca-HCO ₃
Oravice; OZ-2	1991	1 601	950 – 1 565	trias; dolomity	100,0	56	17,20	1,3	Ca-Mg-HCO ₃

Lokalita; vrt	Rok realizácie	Hĺbka vrtu (m)	Perforovaný úsek (m)	Vek; litológia kolektorov	Q (l/s)	T na ústí (°C)	Tepelný výkon (MW _t)	M (g/l)	Chemický typ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Liptovská kotlina									
Pavčina Lehota; FGL-1	1977	2 129	1 315 – 1 570	trias; karbonáty	+6,0	32	0,43	0,5	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
Bešeňová; ZGL-1	1987	1 987	1 540 – 1 987	trias; dolomity	27,0	62	5,30	3,0	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
Liptovská Kokava; ZGL-3	1990	2 373	1 475 – 2 365	trias; karbonáty	+20,0	43	2,39	4,4	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Liptovský Trnovec; ZGL-2/A	1992	2 500	1 624 – 2 486	trias; karbonáty	31,0	60	5,18	4,7	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Levočská panva, západná a južná časť									
Vrbov; Vr-1	1982	1 742	1 493 – 1 734	trias; dolomity	28,3	56	4,86	4,0	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Vrbov; Vr-2	1989	2 502	1 539 – 1 983	trias; karbonáty	33,0	59	6,08	4,0	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Letanovce; HKJ-4	1989	607	408 – 589	trias; karbonáty	8,0	25	0,33	0,6	Ca-Mg-HCO ₃
Arnútovce; HKJ-3	1990	1 133	489 – 1 133	trias; karbonáty	11,8	31	0,79	1,4	Ca-Mg-HCO ₃
Poprad; PP-1	1994	1 205	634 – 1 128	trias; dolomity	61,2	48	6,60	2,8	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
Stará Lesná; FGP-1	1995	3 616	1 431 – 2 092	trias; dolomity	22,0	58	3,95	3,2	Ca-Mg-HCO ₃
Košická kotlina									
Valaliky; KAH-3	1976	190	158 – 171	neogén; piesčité íl	+7,2	21	0,18	2,2	Na-Cl
Valaliky; KAH-5	1976	160	124 – 148	neogén; štrk, piesok	+14,3	21	0,36	0,7	Na-HCO ₃
Šebastovce; KAH-6	1976	164	45 – 149	neogén; štrk, piesok	+10,0	18	0,12	3,6	Na-Ca-Cl-HCO ₃
Košice; G-4	1982	310	72 – 273	trias – perm; dolomity, fylonity	+4,9	26	0,22	4,5	Na-Ca-Mg-HCO ₃ -Cl
Ďurkov; GTD-1	1998	3 210	2 109 – 3 155	trias; dolomity	56,0	125	25,00	30,0	Na-Cl
Ďurkov; GTD-2 ***	1998	3 151	2 600 – 3 704	trias; dolomity	50,0	129	24,00	30,0	Na-Cl
Ďurkov; GTD-3 ***	1999	2 252	2 223 – 2 246	trias; dolomity	65,0	123	29,00	31,0	Na-Cl
Turčianska kotlina									
Turčianske Teplice; TTŠ-1	1988	1 503	810 – 1124	trias; karbonáty	12,4	54	2,02	2,5	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Martin; ZGT-3	1990	2 461	-	-	-	-	-	-	-
Komjatická depresia									
Komjatice G-1	1989	1 830	1509 – 1700	panón; piesky, pieskovce	12,0	78	2,50	20,1	Na-Ca-Cl-HCO ₃
Dubnícka depresia									
Bruty; VTB-1	1990	1 927	1599 – 1905	báden; pieskovce, zlepence	+15,0	75	2,40	30,0	Na-Cl
Svätý Peter; PTG-11	1990	1 856	972 – 1321	neogén; piesky	6,0	50	0,88	5,3	Na-Cl
Želiezovce; HGŽ-1	1972	350	100 – 234	neogén; piesky, pieskovce	+13,5	18	0,17	1,6	Na-Ca-HCO ₃
Želiezovce; HGŽ-3	1990	916	342 – 900	báden; klastiká	+1,5	52	0,25	10,0	Na-SO ₄ -Cl
Trnavský záliv									
Koplotovce; KB-1	1976	118	78 – 108	trias; dolomity	14,5	24	0,55	2,52	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Stredoslovenské neovulkanity, severozápadná časť									
Kremnica; KŠ-1****	1967	531	476 – 531	mezozoikum; karbonáty	23,2	47	3,10	1,5	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
Vyhne; H-1	1967	92	19 – 78	trias; vápence, dolomity	5,0	36	0,44	1,1	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Zlatno; R-3	1975	710	660 – 710	neogén – trias; porfyrit, dolomit	10,0	35	0,84	5,0	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃

Lukavica; LKC-4	1980	876	792 – 851	trias; karbonáty	10,0	35	0,80	0,4	Ca-Mg-HCO ₃
Sklené Teplice; ST-4	1981	1 820	1 453 – 1 695	trias; karbonáty	16,0	57	3,00	2,6	Ca-SO ₄ -HCO ₃
Topoľčianky; KD-1	1984	500	404 – 500	trias; dolomity	3,5	27	0,17	4,5	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
Žiar nad Hronom; RGŽ-2	2000	2 500	–	–	–	–	–	–	–
Iľavská kotlina									
Belušké Slatiny; BHS-3	1990	1 761	–	–	–	–	–	–	–
Žilinská kotlina									
Rajec; RK-22	1974	1 308	1064 – 1308	trias; karbonáty	22,0	26	0,60	0,5	Ca-Mg-HCO ₃
Stráňavy; ŽK-2	1990	600	339 – 550	paleogén; pieskovce	22,0	24	0,84	0,4	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Kamenná Poruba; RTŠ-1	1991	1 831	1370 – 1830	trias; karbonáty	13,4	42	1,51	0,5	Ca-Mg-HCO ₃
Žilina; HŽK-10	1993	2 258	–	–	–	–	–	–	–
Hornostrážsko-trenčská prepadlina									
Dolná Strehová; M-4	1956	520	–	neogén; piesky	2,5	35	0,50	0,4	Na-HCO ₃
Dolná Strehová; HGDŠ-1	1985	625	593 – 615	neogén; piesky	1,5	29	0,09	0,4	Na-HCO ₃
Slovenské Kľačany; TSK-1	1991	600	–	neogén; piesky	2,0	38	0,20	0,7	Na-HCO ₃
Vinica; HG-18	–	320	–	neogén; piesky	10,0	21	0,25	3,1	Na-HCO ₃
Rimavská kotlina									
Bátka; RKZ-1	1989	658	435 – 658	trias; karbonáty	–	–	–	–	–
Tornaľa; HM-5	1973	158	–	trias; vápence	45,0	18	0,56	1,8	Ca-HCO ₃
Cakov; BČ-3	1984	876	489 – 874	trias; karbonáty	3,3	29	0,19	5,9	Ca-Mg-HCO ₃
Rimavské Janovce; GRS-1	2003	2 020	–	trias; karbonáty	+13,0	33	1,01	1,7	Ca-Mg-HCO ₃
Levočská panva, severovýchodná časť									
Plavnica; P1-1	1988	3 500	2 306 – 3 360	paleogén – trias; pieskovce, karbonáty	5,0	65	12,0	10,0	Na-Cl
Plavnica; P1-2	1989	3 500	2 500 – 3 010	–	4,0	53	0,57	12,3	Na-Cl
Lipany; L-2	1981	3 500	3 176 – 3 245	paleogén – trias; pieskovce, karbonáty trias; dolomity	4,5	51	0,68	8,7	Na-Cl
Humenský chrbát									
Sobrance; TMS-1	1975	823	487 – 625	neogén; piesky, pieskovce	4,0	29	0,25	11,9	Ca-Na-Cl-SO ₄

* reinjektážny vrt; ** geotermický pozorovací vrt; *** šikmý vrt (perforovaný úsek zodpovedá dĺžke vrtu, nie hĺbke); **** vrt hĺbený zo štôlne; + výdatnosť pri čerpaní

Tab. 3 Rozdelenie využívaných zdrojov geotermálnych vôd podľa krajov.

Kraj	Počet využívaných lokalít	Celkový tepelný výkon [MW _t]	Využitý tepelný výkon [MW _t]	Využitý tepelný výkon [%]
Bratislava	0	4,42	0,00	0,00
Trnava	11	72,27	44,47	31,05
Nitra	9	57,57	40,13	28,11
Trenčín	3	4,54	4,49	3,14
Žilina	6	40,43	30,74	21,43
Banská Bystrica	5	9,39	5,15	3,86
Prešov	3	33,47	17,76	12,40
Košice	1	33,54	0,01	0,01
Spolu	38	281,73	142,75	100,00

Hodnota merného tepelnoenergetického potenciálu prírodného množstva geotermálnej vody v tomto území v hĺbke 1 200 m sa pohybuje v rozmedzí od 0,420 do 4,288 GJ/m² s priemernou hodnotou pre celé územie 2,074 GJ/m². V hĺbke 1 600 m sa hodnota merného tepelnoenergetického potenciálu pohybuje v rozmedzí od 0,747 do 3,809 GJ/m² s priemernou hodnotou pre celé územie 1,161 GJ/m².

Celkové exploatačné množstvo geotermálnych vôd z tohto územia sa stanovilo na základe matematického modelu. Celkový odber geotermálnych vôd z tohto územia spolu s doteraz realizovanými geotermálnymi vrtmi predstavuje hodnotu 176,0 l/s. Porovnanie výsledkov matematického modelu a geotermickej bilancie dokumentovalo veľmi dobrú zhodu výsledkov. Preto sa navrhlo zaradiť do kategórie C celkovo 176,0 l/s geotermálnych vôd hodnotenej oblasti, čo zodpovedá 39,77 MW_t tepelnej energie. Do kategórie B sa navrhlo zaradiť 47,7 l/s z vrtov FGG-2 a 3 predstavujúcich 9,03 MW_t, z vrtu FGG-1 množstvo vody s tepelnou energiou 1,73 MW_t a z vrtu Di-2 s tepelnou energiou 0,96 MW_t. Do kategórie A sa navrhlo zaradiť 33,7 l/s z vrtov FGG-2 a 3, čo zodpovedá 9,03 MW_t tepelnej energie.

Žiarska kotlina

Výsledkom geologicko-geofyzikálnej interpretácie Žiarskej kotliny (Remšík et al., 2000) je nová morfoloģická a geologická schéma predterciérneho podložja, mapy povrchu a hrúbky triasových karbonátov chočského príkrovu a série Veľkého boku, resp. krížňanského príkrovu. Predterciérne podložie je budované chočským príkrovom, a to v jv. a sz. časti územia triasovými karbonátmi a v strednej časti ipoltickou sériou (bridlice a pieskovce). V hlbšej stavbe pod chočským príkrovom ležia mezozoické horniny (trias – krieda) série Veľkého boku, resp. krížňanského príkrovu. Hustota tepelného toku sa pohybuje v intervale 80 – 100 mW/m² s charakteristickou hodnotou 95 mW/m². Značnú (centrálnu) časť predterciérneho podložja kotliny charakterizuje teplota 100 °C a vyššia, a to od hĺbky –2 100 m n. m. a hlbšie. Najvyššia teplota je v strednej časti kotliny v čiastkovej depresii medzi Lovčou a Žiarom nad Hronom, kde v hĺbke –3 400 až –3 500 m n. m. je teplota okolo 130 °C.

Z hľadiska kolektorov geotermálnych vôd triasové karbonáty chočského príkrovu budujú vrchné hydrogeotermálne štruktúry. V nich v hĺbke 200 až –4 100 m n. m.

sa predpokladajú geotermálne vody s rezervoárovou teplotou v intervale 20 – 150 °C. Triasové karbonáty série Veľkého boku, resp. krížňanského príkrovu budujú spodné hydrogeotermálne štruktúry, kde v hĺbke 600 až –4 700 m n. m. sa uvažuje s geotermálnymi vodami s rezervoárovou teplotou 30 – 160 °C. Chemické zloženie geotermálnych vôd v Žiarskej kotline reprezentuje pravdepodobne Ca–Mg–SO₄, resp. Ca–Mg–SO₄–HCO₃ typ s mineralizáciou 2 – 4 g/l a s obsahom CO₂, prípadne H₂S. Merný tepelnoenergetický potenciál prírodného množstva geotermálnej vody triasových karbonátov chočského príkrovu bol určený na 0,091 – 6,307 GJ/m² s priemernou hodnotou 3,251 GJ/m² a potenciál triasových karbonátov série Veľkého boku, resp. krížňanského príkrovu na 0,329 – 3,658 GJ/m² s priemernou hodnotou 2,357 GJ/m².

Prírodné množstvo geotermálnych vôd s teplotou 60 °C (sklenoteplická štruktúra) a 110 °C (žiarska štruktúra) predstavuje 65,3 l/s. Zodpovedá to prognóznemu množstvu geotermálnej energie prírodných zdrojov 22,296 MW_t.

Hydrogeotermálne zhodnotenie sa v súčasnosti realizuje v troch perspektívnych oblastiach, a to v Hornonitrianskej kotline, topolčianskom zálive a Bánovskej kotline, ako aj v humenskom chrbte (obr. 1).

Geotermálna energia na Slovensku sa využíva v 38 lokalitách s tepelne využiteľným výkonom 142,75 MW_t (tab. 3), ktorý predstavuje 938,6 l/s geotermálnych vôd.

Z tabuľky 3 je zrejme, že najväčší využiteľný výkon (31,05 %) zdrojov geotermálnych vôd sa viaže na Trnavský kraj a reprezentuje 44,47 MW_t. K najvýznamnejším lokalitám v tomto kraji patria Galanta, Dunajská Streda, Veľký Meder a Topoľníky. V poradí druhý najvyšší využiteľný výkon (28,11 %) sa viaže na Nitriansky kraj a reprezentuje 40,13 MW_t. K najvýznamnejším lokalitám v tomto kraji patria Podhájska, Tvrdosovce, Diakovce a Štúrovo. Tretí najvyšší využiteľný výkon (21,43 %) sa viaže na Žilinský kraj a reprezentuje 30,74 MW_t. V súčasnosti najvýznamnejšie lokality využívajúce geotermálne vody sú Bešeňová a Liptovský Trnovec v Liptovskej kotline a Oravice v Skorušinskej panve.

3. Návrh ďalšieho postupu hodnotenia perspektívnych oblastí

Z hľadiska kontinuálneho zabezpečenia hodnotenia prírodného množstva geotermálnych vôd je potrebné pokračovať v hydrogeotermálnom zhodnocovaní ďalších

perspektívnych oblastí. Hlavnými kritériami na určenie poradia geotermálnych oblastí zaradených do hodnotenia by mali byť význam oblasti a výhodnosť možnosti využitia, rozpracovanie oblastí, záujem o využívanie geotermálnej energie v danej oblasti, ako aj rovnomerné rozdelenie skúmania na Slovensku.

Z hľadiska etapovitosti geologických prác v etape regionálneho geologického výskumu by sa mali hodnotiť:

1. Rimavská kotlina,
2. komárňanská okrajová kryha,
3. Turčianska kotlina,
4. levická kryha,
5. komjatická depresia,
6. Levočská panva (z. a j. časť); doteraz bola zhodnotená iba Popradská kotlina (obr. 1),
7. Košická kotlina; doteraz bola zhodnotená iba oblasť Ďurkova (obr. 1),
8. dubnícká depresia,
9. trnavský záliv,
10. Levočská panva, sv. časť,
11. piešťanský záliv,
12. stredoslovenské neovulkanity, sz. časť; doteraz bola zhodnotená iba Žiarska kotlina (obr. 1),
13. Trenčianska kotlina,
14. Ilavská kotlina,
15. Žilinská kotlina,
16. stredoslovenské neovulkanity, jv. časť,
17. hornosthrásko-trenčská prepadlina,
18. štruktúra Beša – Čičarovce.

V etape vyhládavacieho hydrogeologického prieskumu by sa mala zhodnotiť Viedenská panva.

Väčšina uvedených geotermálnych oblastí je rozpracovaná na rôznej úrovni hydrogeotermálneho skúmania. Niektoré z nich, ako napríklad sv. časť Levočskej panvy, hornosthrásko-trenčská prepadlina, štruktúra Beša – Čičarovce, sa ešte vôbec neskúmali.

Kvôli urýchleniu získania výsledkov je možné niektoré z uvedených geotermálnych oblastí zlúčiť do väčšieho regionálneho celku a hodnotiť ich súčasne. Takto sa do jedného celku môže napríklad zahrnúť komárňanská okrajová kryha s dubníckou depresiou, pričom sa bude riešiť v rámci regionálneho hydrogeotermálneho zhodnotenia jv. časti Podunajskej panvy, a levická kryha s komjatickou depresiou, ktorá sa môže riešiť v rámci regionálneho hydrogeotermálneho zhodnotenia sv. časti Podunajskej panvy.

Literatúra

Aktualizácia Energetickej koncepcie pre SR do roku 2005 (s výhľadom do roku 2010). Manuskript. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR, 1997.

Atlas krajiny Slovenskej republiky. I. vyd. Bratislava – Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica – Agentúra životného prostredia, 2002, 344 s.

- Bajo, I., Franko, O., Král, M. a Grexová, S., 2004: Hydrogeotermálne zhodnotenie skorušinskej depresie. In: Podzemná voda, roč. X, č. 1, s. 136 – 143.
- Bondarenková, Z., Vranovská, A., Fendek, M. a Král, M., 1998: Centrálna depresia Podunajskej panvy, oblasť Galanta – regionálne hydrogeotermálne zhodnotenie. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Cataldi, R., Hodgson, S. F. a Lund, J. W. (eds.), 1999: Stories from a Heated Earth – Our Geothermal Heritage. Geothermal Resources Council and International Geothermal Association. Sacramento, California, USA, 569 s.
- Daniel, J., Fendek, M., Novotný, L., Grand, T., Lučivjanský, L., Vika, K., Komoň, J., Daniel, S., Michalko, J. a Král, M., 1998: Popradská kotlina – regionálne hydrogeotermálne zhodnotenie. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Energetická koncepcia SR. Manuskript. Bratislava, Ministerstvo hospodárstva SR, 1993.
- Fendek, M., Franko, J. a Čavojová, K., 1999: Geothermal energy utilization in Slovak Republic. In: Slovak Geol. Mag., roč. 5, č. 1 – 2, s. 131 – 140.
- Fendek, M., Poráziková, K., Štefanovičová, D. a Supuková, M., 2002: Zdroje geotermálnych a minerálnych vôd, mapa 1 : 500 000. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky, Ministerstvo životného prostredia SR a Slovenská agentúra životného prostredia, s. 214 – 215.
- Fendek, M., Rebro, A. a Fendeková, M., 1999: Historical Aspects of Thermal Spring Use in the Western Carpathian Region. In: Cataldi, R., Hodgson, S. F. and Lund, J. W., Eds.: Stories from a Heated Earth – Our Geothermal Heritage. Geothermal Resources Council and International Geothermal Association. Sacramento, California, USA, s. 250 – 265.
- Franko, O., Remšík, A. a Fendek, M. (eds.), 1995: Atlas geotermálnej energie Slovenska. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 268 s.
- Hurter, S. a Haenel, R. (eds.), 2002: Atlas of Geothermal Resources in Europe. Publ. No. EUR 17 811 of the European Commission, L – 2985, Luxembourg, European Communities, 182 s.
- Návrh koncepcie využitia geotermálnej energie SR. Manuskript. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR, 1996.
- Remšík, A., Fendek, M., Král, M. a Mello, J., 2002: National geothermal resource assessments – Slovakia. In: Hurter, S. a Haenel, R. (eds.): Atlas of Geothermal Resources in Europe. Publ. No. EUR 17 811 of the European Commission, L – 2985, Luxembourg, European Communities, s. 53 – 54, tab. 70 – 73.
- Remšík, A., Fendek, M., Mello, J., Král, M., Bodiš, D. a Michalko, J., 1998: Liptovská kotlina – regionálne hydrogeotermálne zhodnotenie. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Remšík, A., Konečný, V., Fendek, M., Král, M., Lexa, J., Hók, J., Maďar, D., Vika, K. a Drozd, V., 2000: Žiarska kotlina – hydrogeotermálne zhodnotenie. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Vranovská, A., Bondarenková, Z., Král, M. a Drozd, V., 1999: Košická kotlina – štruktúra Ďurkov – hydrogeotermálne zhodnotenie. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív MŽP SR.

Explanations to Fig. 1 and Tab. 1 – 3.

Fig. 1 Evaluation stage of geothermal water prospective areas.

1 – Danube Basin central depression, 2 – Komárno high block, 3 – Komárno marginal block, 4 – Vienna Basin, 5 – Levice marginal block, 6 – Topolčany embayment and Bánovce Basin, 7 – Upper Nitra Basin, 8 – Skorušina Basin, 9 – Liptov Basin, 10 – Levoča Basin, W and S parts, 11 – Košice Basin, 12 – Turiec Basin, 13 – Komjatice depression, 14 – Dubník depression, 15 – Trnava embayment, 16 – Piešťany embayment, 17 – Central Slovakian Neogene volcanics, NW part, 18 – Trenčín Basin, 19 – Ilava Basin, 20 – Žilina Basin, 21 – Central Slovakian Neogene volcanics, SE part, 22 – Horné Strháre – Trenč graben, 23 – Rimava Basin, 24 – Levoča Basin, NE part, 25 – Humenné ridge, 26 – Beša – Čičarovce structure.

Explanation: 1 – number of the prospective area/number of geothermal wells, 2 – Clippen belt, 3 – prospective areas in which the hydrogeothermal assessment was already performed, 4 – prospective areas in which the hydrogeothermal assessment is being performed, 5 – prospective areas in which the hydrogeothermal assessment wasn't performed yet.

Tab. 1 Share of renewable and secondary energy sources on the really utilisable potential (Actualisation of the Energy conception of the Slovak Republic, 1997).

Tab. 2 Review of geothermal wells.

Tab. 3 Distribution of the utilised sources of geothermal waters in respective counties.

Mapovanie a monitorovanie geologických faktorov na oddelení inžinierskej geológie ŠGÚDŠ

ALENA KLUKANOVÁ, JANA FRANKOVSKÁ, LUBICA IGLÁROVÁ, MARTIN ONDRÁŠIK,
PETER PAUDITŠ A PETER WAGNER

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Abstract: The article describes the history of compiling of engineering-geological maps in Geological Survey of Slovak Republic (ŠGÚDŠ). The content of engineering-geological maps was gradually shifted from a bare description of geological setting of the territory towards the evaluation of reaction of geological environment, targetted to predict the changes in natural balance caused by human activities. The compiling of the map set of geological factors of living environment was the inherent eventuation from the above mentioned trend. The maps reflect the immediate state of the living environment, but to make a correct prediction of its evolution, the only tool for forecasting of changes is represented by monitoring of geological factors. The monitoring system united with an information system represent the most important facility to guarantee the protection of living environment of Slovak Republic. It is simultaneously a base for decisions about recent activities as well as perspective intentions in the area of living environment aimed at obtaining the best possible state.

Key words: mapping, environment monitoring, geological factors

Úvod

Dominujúcim znakom inžinierskej geológie je poskytovanie exaktných údajov o prírodnom prostredí, ktoré sú rozhodujúce a často aj limitujúce pri posudzovaní interakcie stavebného diela a geologického prostredia. Dopyt praxe riešiť geologické práce inžinierskeho charakteru pri budovaní náročných inžinierskych stavieb si vyžiadala v roku 1949 vznik oddelenia inžinierskej geológie v GÚDŠ (dnes ŠGÚDŠ). Medzi prvé práce patrilo prieskum a rekonštrukcia železničných tratí, tunelov a mostov (napr. na trase Košice – Rožňava, Banská Bystrica – Diviaky), situovanie a zakladanie priehrad a vodných elektrární (Oravská vodná nádrž, Vážska kaskáda), ako aj vypracovanie rozličných štúdií na energetické využitie riek Poprad, Čierny Váh a Revúca. Súčasťou prvého oddelenia inžinierskej geológie bolo aj vlastné laboratórium mechaniky zemín. Malo krátke trvanie, pretože v roku 1951 väčšia časť oddelenia prešla delimitačným protokolom do Ústavu stavebných hmôt a konštrukcií. V GÚDŠ zostala časť inžinierskych geológov, ktorá pripravovala podklady na urbanizáciu. Tie sa stali základom inžinierskogeologického mapovania.

Katastrofálny zosuv v Handlovej v roku 1960 podnietil výskum svahových deformácií. V roku 1961 bola zalo-

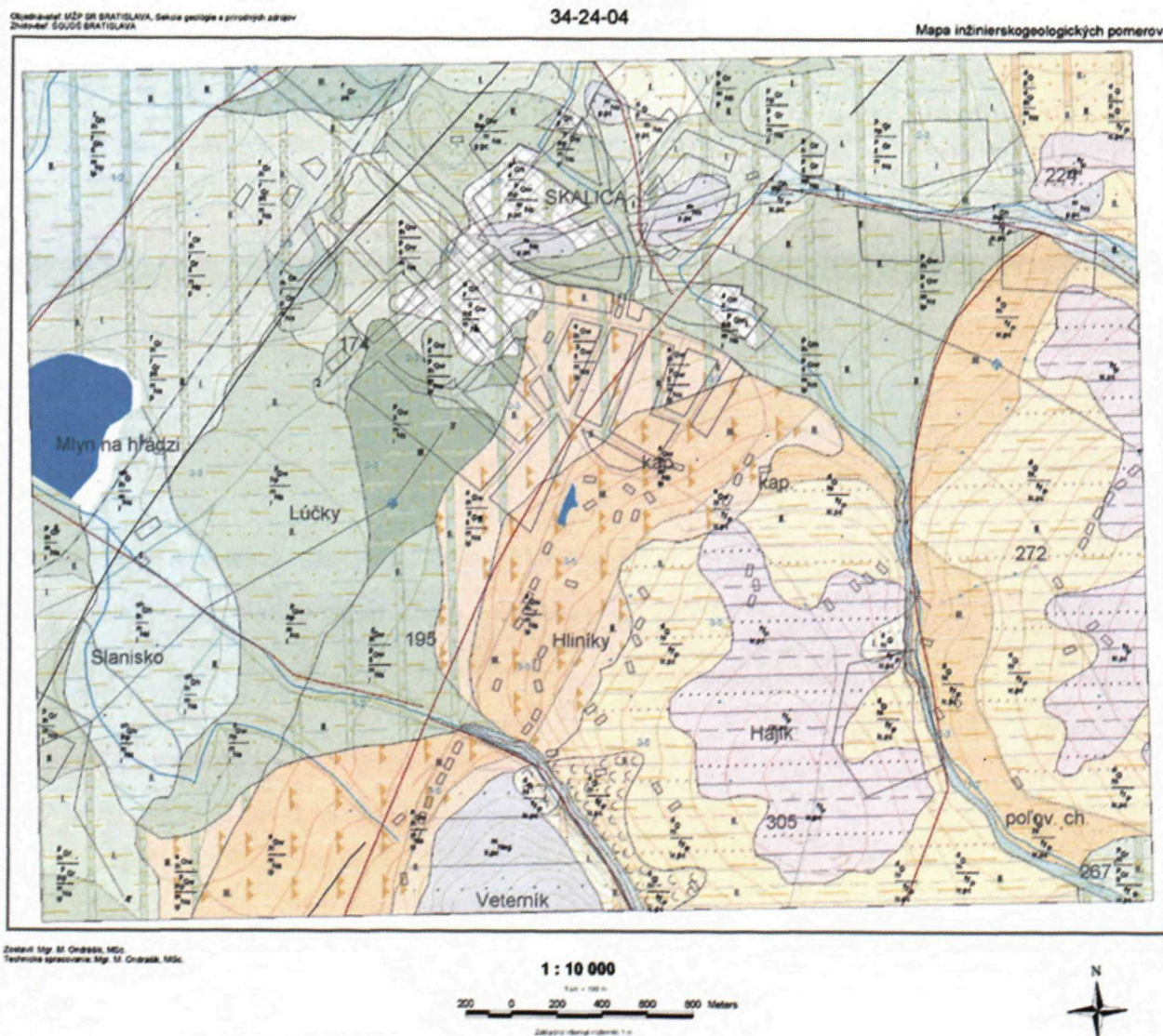
žená protizosuvná stanica pri GÚDŠ s pôsobiskom v Handlovej. V roku 1965 prešla pod IGHP, n. p., Žilina a krátko potom aj zanikla. V tom období sa uskutočnila prvá registrácia svahových deformácií na území Slovenskej republiky. V rokoch 1970 až 1975 vznikla prvá „oficiálna“ inžinierskogeologická mapa v mierke 1 : 50 000 (Záhorská nížina). Metodika jej zostavovania bola podkladom na návrh smernice o zostavovaní inžinierskogeologických máp.

Súčasnú oddelenie inžinierskej geológie vzniklo v roku 1980. Jeho počiatky boli zamerané na tvorbu rôznych typov inžinierskogeologických máp z hľadiska účelu, obsahu a mierky.

Inžinierskogeologické mapy

V rokoch 1980 až 1988 sa realizovali práce v rámci úloh *Inžinierskogeologický výskum investične významných oblastí* a *Inžinierskogeologický výskum vybraných oblastí SR*. Ich súčasťou bolo zostavovanie súborov inžinierskogeologických máp v mierke 1 : 10 000 s podrobnosťou 1 : 25 000 v košicko-prešovskom urbanizačnom regióne (listy Myslava, Drieňov, Ťahanovce, Prešov a Solivar, Kapušany, Šarišské Michaľany, Košice-juh) a strednopovažskom urbanizačnom regióne (listy Ilava a Dubnica). Boli zostavené aj účelové inžinierskogeologické mapy (PVE Bystrá, Poprad) v mierke 1 : 10 000 a mapa inžinierskogeologického rajónovania (Turčianska kotlina) v mierke 1 : 50 000. Celkovo sa v rokoch 1981 až 1988 zostavilo 34 mapových listov inžinierskogeologických súborov máp v mierke 1 : 10 000. Súbor obsahoval mapu inžinierskogeologických pomerov (obr. 1), mapu inžinierskogeologickej rajonizácie a dokumentačnú mapu.

Technické riešenie inžinierskych diel, ale najmä prísne požiadavky na zachovanie kvality pôvodného životného prostredia prinútili inžinierskych geológov zaoberať sa nielen krátkodobými a bezprostrednými zmenami, ale aj dlhodobými a nepriamo súvisiacimi zmenami. Výsledkom bolo riešenie úlohy *Inžinierskogeologický výskum pre optimálne využitie krajiny a ochranu životného prostredia* (1989 až 1992). V roku 1991 sa táto úloha včlenila do štátnej úlohy *Výskum geologických faktorov životného prostredia* ako tretia čiastková úloha. Smerovanie inžinierskej geológie sa posunulo od opisovania geologic-



Obr. 1 Inžinierskogeologická mapa Skalica – Holíč.

kých pomerov územia k hodnoteniu reakcie geologického prostredia tak, aby sa dali predvídať zmeny v prírodnej rovnováhe vyvolané činnosťou človeka. Prítom je potrebné mať na zreteli, že práve geologické prostredie vytvára bázu rozvoja biosféry a ekologických systémov človeka.

Mapy geologických faktorov

Prirodzeným vyústením tohto výskumu bolo zostavenie máp geologických faktorov životného prostredia. Geologické faktory sú vlastnosti zložiek životného prostredia a procesy prebiehajúce v ňom, ktoré ovplyvňujú spôsob využitia geologického, krajinného, resp. životného prostredia. Vyjadrenie najdôležitejších zložiek geologického prostredia vo vzťahu k ochrane či optimálnemu využívaniu životného prostredia kartografickou formou je náplňou máp geologických faktorov.

V rokoch 1991 až 1993 boli v ústave zostavené súbory máp geofaktorov životného prostredia regiónov Horná Nitra a Nízke Tatry. Ďalšie geologické organizácie spracovali tieto regióny: Hornádska kotlina a východná časť Slovenského rudohoria, Košická kotlina a Slanské vrchy,

Malá Fatra a priľahlé kotliny, Ždiarska kotlina a oblasť Banskej Štiavnice.

V rokoch 1994 až 2001 boli zostavené súbory máp geofaktorov životného prostredia regiónov Vysoké Tatry a Liptovská kotlina, Galanta, Levice a Banská Bystrica. Regióny Vysoké Tatry, Galanta a Levice boli zostavené v geologickom ústave.

V súčasnosti prebiehajú práce na regiónoch Stredné Považie, Povodie Kysuce, Poprad a horná Torysa, Myjavská pahorkatina a Biele Karpaty, Trnavská pahorkatina, Chvojnická pahorkatina, Záhorská nížina, Lučenská a Rimavská kotlina, Vranov – Humenné – Strážske. Oddelenie inžinierskej geológie sa podieľa na zostavovaní máp regiónov: Stredné Považie, Poprad a horná Torysa, Myjavská pahorkatina a Biele Karpaty.

Súbor máp geologických faktorov životného prostredia tvorí:

- účelová geologická mapa,
- účelová hydrogeologická mapa,
- mapa geochemických typov hornín,
- mapa kvality prírodných vôd,
- geochemická mapa riečnych sedimentov,

- pedologická a pedogeochemická mapa,
- mapy prírodnej rádioaktivity,
- súbor inžinierskogeologických máp.

Inžinierskogeologické mapy geologických faktorov životného prostredia sú osobitným typom inžinierskogeologických máp odvodeným zo základných inžinierskogeologických máp pomerov a rajonizácie, ako aj ďalších geologických podkladov. Znáročujú tie prírodné geologické aj antropogénne javy, ktoré majú podstatný význam pre racionálne a optimálne využívanie krajiny a ochranu životného prostredia. Zostavujú sa podľa smernice MŽP SR č. 3/99-3 z 25. júna 1999 na zostavovanie inžinierskogeologických máp geologických faktorov životného prostredia v mierke 1 : 50 000 (Vestník MŽP SR 1999). Súbor máp tvoria:

- mapa inžinierskogeologickej rajonizácie,
- mapa významných geologických faktorov,
- mapa relatívnej náchylnosti územia na svahové pohyby,
- mapa náchylnosti územia na presadanie,
- prípadne ďalšie mapy podľa potreby a regionálnych zvláštností.

Monitorovanie geologických faktorov životného prostredia SR

Mapy geologických faktorov zachytávajú okamžitý stav v životnom prostredí. Ak chceme správne predvídať jeho vývoj, jediným nástrojom na prognózovanie zmien je monitorovanie geologických faktorov. Systém monitorovania spojený s informačným systémom je teda najvýznamnejší prostriedok na zabezpečenie ochrany životného prostredia SR, ktorý je súčasne základom rozhodovania o súčasných aktivitách a perspektívnych zámeroch v oblasti životného prostredia s cieľom dosiahnuť dobrý stav.

Koncepcia Čiastkového monitorovacieho systému (ČMS) *Geologické faktory životného prostredia SR* vychádza z celkovej koncepcie monitorovania životného prostredia pre územie Slovenskej republiky. Pozorujú sa najmä geologické hazardy, t. j. škodlivé prírodné alebo antropogénne geologické procesy, ktoré ohrozujú prírodné prostredie a v konečnom dôsledku človeka.

ČMS *Geologické faktory životného prostredia SR* pozostáva z 13 samostatných podsystémov. Ich charakteristickým odlišujúcim znakom je pôsobenie špecifického geologického procesu, aktivovaného prírodnými alebo antropogénnymi faktormi. K riešeniu každého podsystému sa pristupuje samostatne. Optimálnym riešením je však vzájomné prepojenie niektorých častí monitoringu geologických faktorov tak, aby sa jednotlivé merania navzájom dopĺňali a podávali ucelený obraz o stave geologického prostredia ako celku. Tejto základnej myšlienke je podriadený výber monitorovacích miest, frekvencia zberu údajov a odberu vzoriek geologických materiálov, ako aj spôsoby získavania údajov a spracovania vzoriek.

V tabuľke 1 sú prehľadne po jednotlivých podsystémoch opísané oblasti monitorovania, údaje získavané monitorovaním a ciele monitorovania. Schematické znázornenie monitorovaných lokalít je na obr. 2.

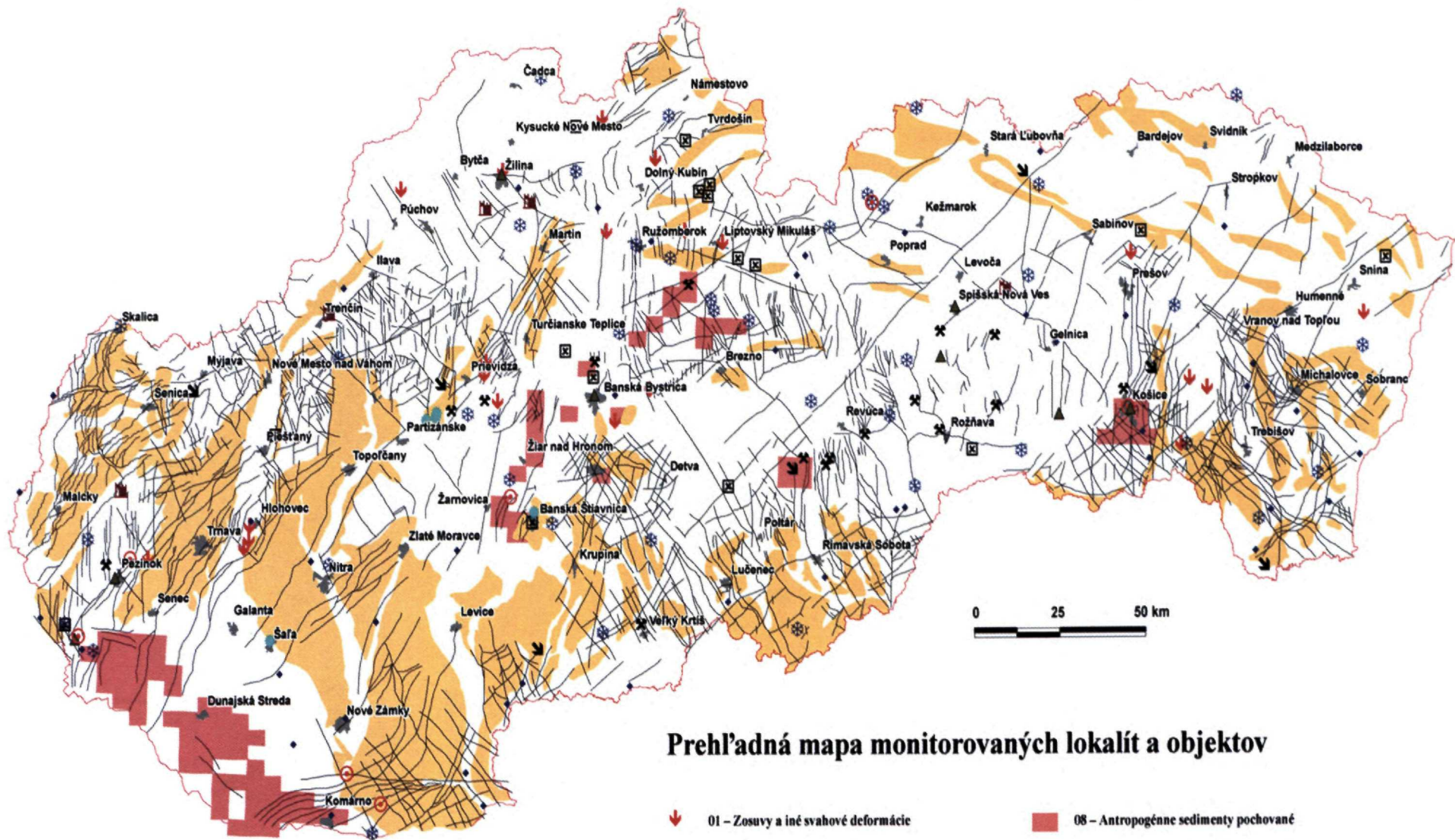
Výsledky monitorovania za roky 1993 až 2000 sú prehľadne uvedené v monotematickom čísle *Geologické práce*, Správy 106 [Klukanová (ed.), 2002].

K plošne najrozšírenejším a z celospoločenského hľadiska najobávanejším geodynamickým javom patria **zosuvy a iné svahové deformácie**. Monitorovanie sa vykonáva na súbore asi 20 lokalít so svahovými poruchami. Celospoločenská dôležitosť vybraných reprezentatívnych lokalít rozhoduje o počte aplikovaných metód monitorovania, ako aj o frekvencii realizovaných meraní. Základný súbor metód na pozorovanie pohybov typu zosúvania tvoria predovšetkým geodetické a inklinometrické merania; zmeny napätostného stavu sa zisťujú meraniami povrchových reziduálnych napätí a geofyzikálnymi metódami. Režimovými pozorovaniami zmien hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení sa zisťuje stav najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora – podzemnej vody. Primárne výsledky meraní sa ukladajú do databázy, ktorá je súčasťou podrobného informačného systému. V databáze monitorovacích meraní k 31. decembru 2003 bolo 163 048 záznamov. Na základe hodnotenia rozsiahleho súboru nameraných údajov sa vytvorila trojstupňová účelová hodnotiacia škála na posudzovanie výsledkov získaných rôznymi meraniami. V prípade, ak výsledky viacerých typov meraní dosiahnu podľa tohto hodnotenia 3. stupeň (indikuje výrazné prejavy zmien pozorovaného parametra), aktivizáciu svahového pohybu možno považovať za vysoko pravdepodobnú. Na základe takto spracovaných výsledkov monitorovania boli na nepriaznivý stav pozorovanej lokality viackrát upozornené orgány štátnej správy alebo vlastníci príslušných objektov. V mnohých prípadoch to viedlo k včasnemu prijatiu potrebných preventívnych opatrení. Výsledky sledovania svahových deformácií dokumentujú lokálnu periodickú aktivizáciu pohybu predovšetkým na lokalitách Veľká Čausa, Handlová – zosuv z roku 1960, Fintice a Okolichné (obr. 3). Na uvedených lokalitách je preto potrebné monitorovaciu sieť aj frekvenciu meraní rozšíriť. Z ostatných monitorovacích systémov vyberáme iba najdôležitejšie poznatky.

Najvýraznejšie pôsobenie **erózných procesov** sa zistilo na lokalite Plaveč. Celková dĺžka identifikovaných erózných rýh sa tam predĺžila priemerne o 0,05 km za rok, čo je 0,27 % za obdobie 46 rokov. Ich plocha sa zväčšila priemerne o 0,006 km². Je to 1,4 % pôvodnej plochy. Na území Podunajskej nížiny boli registrované porušené objekty založené na **objemovo nestálych sedimentoch** v 72 obciach, na území Východoslovenskej nížiny v 54 obciach. Predpokladá sa, že **zmeny antropogénnych sedimentov** (vlastností popolčeka) v odkaliskách sú spôsobené najmä ich postupnou kompaktiou a hydratáciou. Dôležitú úlohu však pri tom zohráva aj zmena ich minerálneho zloženia a vnútornej stavby. Pri hodnotení **stability horninových masívov pod historickými objektmi** najväčšie pohyby sa zaznamenávajú na Spišskom hrade na Perúnovej skale. Dosahujú hodnoty v priemere 0,8 mm · rok⁻¹. V súlade s novými poznatkami o starých ekologických záťažiacich sa spracovali nové formy hodnotenia lokalít **pochovaných antropogénnych sedimentov**. Výsledky **monitorovania tektonickej a seizmickej aktivity** potvrdzujú tendenciu vertikálnych pohybov povrchu na území Slovenska, a to pomalé výzdvihy centrálnej oblasti, flyšového a bradlového pásma v úseku od Bytče po Bardejov a poklesávanie západnej a východnej oblasti vnútorných Západných Karpát, ako aj prevažne poklesávanie ostatných častí

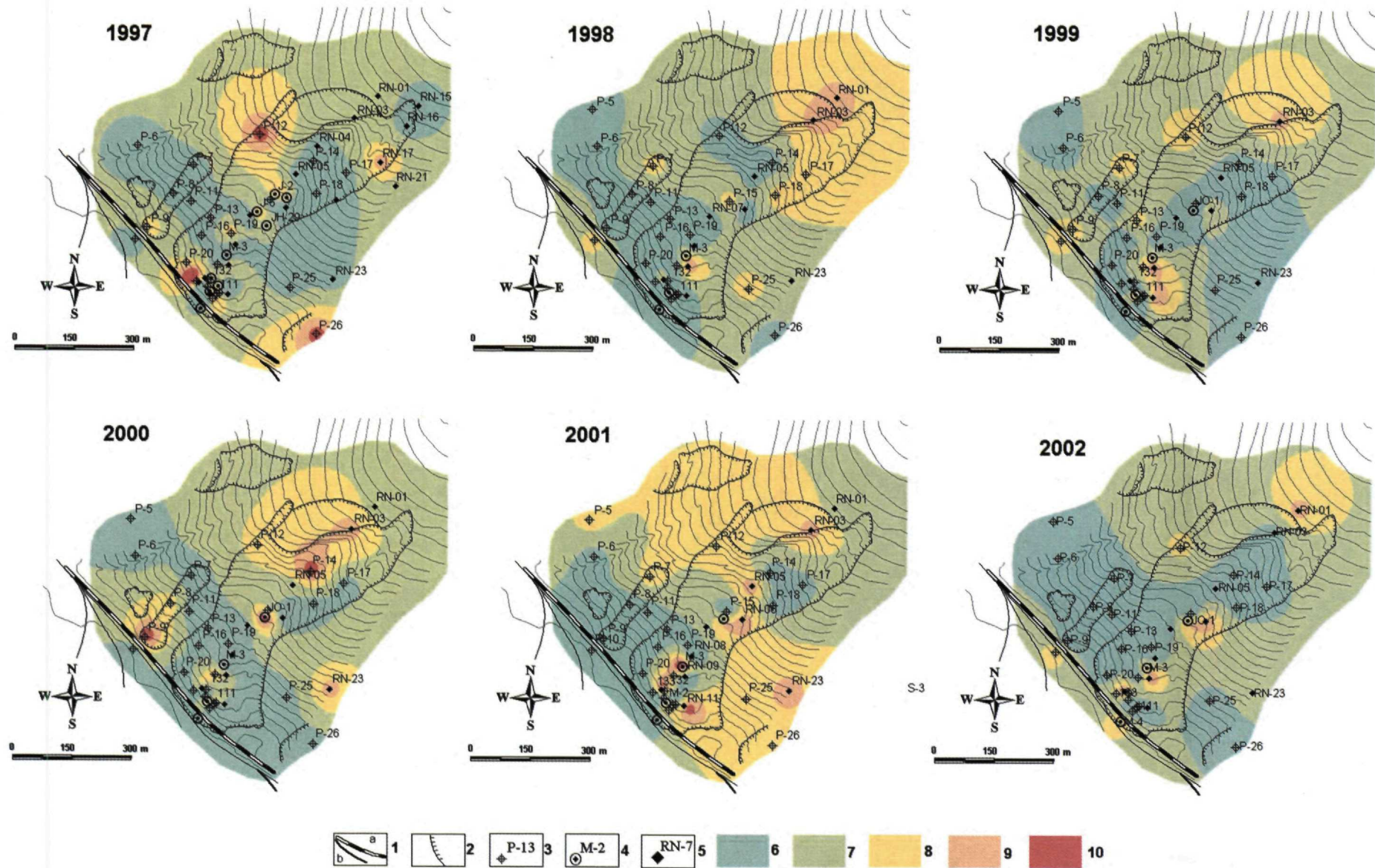
Tab. 1 Prehľadná charakteristika monitorovania jednotlivých podsystémov.

Podsystém ČMS GF	Oblasť monitorovania	Údaje získavané monitorovaním	Cieľ monitorovania
01) Zosuvy a iné svahové deformácie	svahy postihnuté svahovými pohybmi, zárezy komunikácií	<ul style="list-style-type: none"> parametre vývoja povrchového a podpovrchového pohybu zosuvných hmôt, zmeny úrovne hladiny podzemných vôd a výdatnosti odvodňovacích zariadení v čase 	odvodenie zákonitostí vývoja stabilného stavu monitorovanej lokality vrátane limitných úrovní, charakterizujúcich kritický stabilný stav
02) Erózne procesy	erózne ryhy	<ul style="list-style-type: none"> vývoj zmien tvaru a rozmerov erózných rýh, vývoj relevantných faktorov eróznej aktivity 	posúdenie stavu krajinného prostredia postihnutého eróziou a prognózy vývoja erózných rýh
03) Procesy zvetrávania	povrchová vrstva horninových masívov	<ul style="list-style-type: none"> parametre vývoja mikromorfologických zmien povrchu hornín, vývoj zmien fyzikálnych a chemických vlastností hornín 	analýza postupu degradácie horninového materiálu a povrchu horninových masívov a prognóza tohto vývoja v rôznych geologických prostrediach
04) Objemovo nestále zeminy	podzákladie stavebných objektov	<ul style="list-style-type: none"> vývoj zmien stupňa presadavosti základových pód, vývoj zmien napúčavosti základových pód, vývoj porúch na objektoch 	na základe vývoja zmien fyzikálno-mechanických vlastností objemovo nestálych zemín prognóza deštrukcie podzákladia pozorovaných objektov
05) Vplyv ťažby nerastov na životné prostredie	širšie okolie ťažobných priestorov	<ul style="list-style-type: none"> vývoj vertikálnych a horizontálnych terénnych deformácií, zmeny zloženia banskej a priesakovej vody z odkalísk a hald a riečnych sedimentov 	vývoj degradácie životného prostredia v dôsledku deformácií terénu, zmien kvality podzemných a povrchových vôd a riečnych sedimentov
06) Zmeny antropogénnych sedimentov	rozličné typy sedimentov uložených v odkaliskách	<ul style="list-style-type: none"> vývoj zmien vlastností sedimentov 	na základe zmien presiometrických a penetračných parametrov prognóza vývoja inžinierskogeologických vlastností sedimentov a ich stability
07) Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi	komplex horninového masívu a historického objektu	<ul style="list-style-type: none"> parametre vývoja pohybu horninových blokov, vývoj porušovania častí objektov vplyvom procesov zvetrávania 	vývoj porušovania stability historických objektov v dôsledku rozvoľňovania a zvetrávania horninových masívov
08) Pochované antropogénne sedimenty	materiál antropogénnych sedimentov a ich geologické podložie	<ul style="list-style-type: none"> charakteristika pochovaných antropogénnych sedimentov a horninového prostredia úložiska, vývoj vplyvu pochovaných sedimentov na okolie 	identifikácia zakrytých antropogénnych sedimentov a analýza ich negatívnych vplyvov na životné prostredie okolitého územia
09) Tektonická a seizmická aktivita územia	regionálne geologické štruktúry	<ul style="list-style-type: none"> vývoj tektonických pohybov geol. štruktúr pozdĺž zlomov, vývoj a zmeny seizmickej aktivity 	na základe pozorovania pozdĺž nivelačných ťahov analýza interakcie geologických štruktúr a seizmickej aktivity
10) Monitorovanie kvality snehovej pokrývky	snehová pokrývka a jej kontakt s horninovým prostredím	<ul style="list-style-type: none"> chemické zloženie snehovej pokrývky a vývoj jeho zmien, vplyv zloženia snehovej pokrývky na tvorbu chemického zloženia podzemných vôd 	vytvorenie modelu vývoja znečistenia životného prostredia snehovými roztokmi (prenos znečistenia atmosféry do geolog. prostredia)
11) Monitorovanie seizmických javov	povrchová vrstva zemskej kôry	<ul style="list-style-type: none"> seizmologické údaje o zemetraseniach, údaje o makroseizmických účinkoch zemetrasení na území Slovenska 	na základe pozorovania seizmického pohybu pôdy na 7 stálych seizmických staniách detekcia seizmických javov
12) Monitorovanie aktívnych riečnych sedimentov	riečne sedimenty	<ul style="list-style-type: none"> vývoj zmien chemického stavu riečnych sedimentov, vzťah obsahu vybraných zložiek v riečnom sedimente a vo vode povrchového toku 	identifikácia kritických koncentrácií iónov významne ovplyvňujúcich kvalitu vody v tokoch a nádržiach
13) Monitoring objemovej aktivity radónu	rozličné typy geologického prostredia	<ul style="list-style-type: none"> prítomnosť a zmeny výskytu pôdného radónu vo vybraných miestach, tektonicky porušených zónach vo vodných zdrojoch 	detekcia hodnôt obsahu radónu v geologickom prostredí a odvodenie kritických stavov



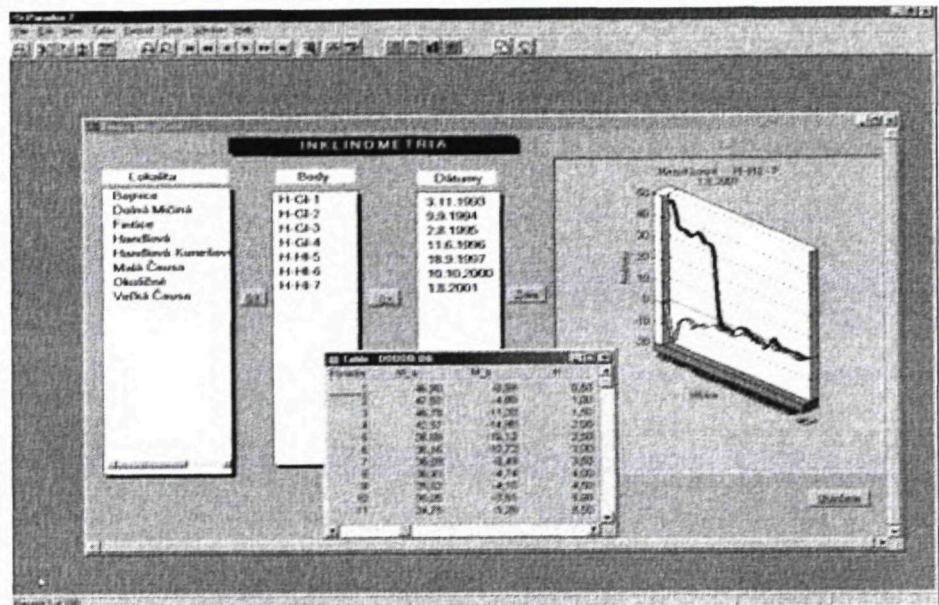
Prehľadná mapa monitorovaných lokalít a objektov

- | | | | |
|---|---|---|--|
| ↓ | 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie | ■ | 08 – Antropogénne sedimenty pochované |
| ↘ | 02 – Erózne a abrázne procesy | ∕ | 09 – Tektonická a seizmická aktivita územia |
| ☒ | 03 – Procesy zvetrávania | ❄ | 10 – Monitorovanie kvality snehovej pokrývky |
| ■ | 04 – Výskyt sedimentov náchylných na objemové zmeny | ⊙ | 11 – Monitorovanie seizmických javov |
| ✱ | 05 – Vplyv ťažby nerastov | ◆ | 12 – Aktivita riečnych sedimentov |
| ● | 06 – Zmeny antropogénnych sedimentov | ▲ | 13 – Monitorovanie objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí |
| ■ | 07 – Stabilita horninových masívov pod historickými objektami | | |



Obr. 3 Komplexné spracovanie výsledkov monitorovacích meraní na lokalite Okoličné za roky 1997 až 2002. 1 – železničná trať: a) hlavný ťah Žilina – Košice, b) priemyselná vlečka, 2 – geomorfologické ohraničenie zosuvov, 3 – body geodetickej siete, 4 – inklinometrické vrty, 5 – miesta merania povrchových reziduálnych napätí, 6 – stabilný stav častí územia, 7 – náznaky pohybovej aktivity zosuvu, 8 – mierne aktívny stav, 9 – aktívny stav, 10 – vysoko aktívny stav.

Obr. 4 Ukážka databázy primárnych parametrov deformácie inklinometrického vrtu.



flyšového a bradlového pásma. Dokumentovali sa aj vzájomné väzby tektonických pohybov a seizmicity územia. V monitoringu **kvality snehovej pokrývky** boli identifikované globálne a lokálne vplyvy na chemické zloženie snehu a interpretovali sa zákonitosti vzťahov medzi jednotlivými iónmi v čase. Globálne vplyvy charakterizujú tzv. horské lokality ako Čertovica, Chopok – J a S, Donovaly, Lomnický štít, Tatranská Lomnica, Skalnaté a Štrbské pleso. Lokálne vplyvy najviac postihujú tzv. nížinné oblasti ako oblasť Bratislavy, Patince, Prievidze – Handlovej, Žiaru, Vojan a pod. **Monitorovaním seizmických javov** v období od 1. 1. 1995 do 31. 12. 2003 sa na území Slovenska makroseizmicky pozorovalo 48 zemetrasení, z toho 39 s epicentrom na území Slovenska. Seizmometrocky sa lokalizovalo 43 mikrozemtrasení (magnitúdo > 2,5 až 3) s epicentrom na území Slovenska. **Monitorovaním kvality aktívnych riečnych sedimentov** sa zistilo, že najvýraznejšie kontaminované sú oblasti: Nitra-Chalmová, Štiavnica-ústie do Ipeľa, Ipeľ – Ipeľský Sokolec, Hornád – Kolinovce, Hnilec – prívod do nádrže Ružín. Sú ovplyvnené predovšetkým antropogénnou činnosťou, najmä historickým aj súčasným bankovým a hutníckym priemyslom. V dôsledku toho obsah Cu, Zn, Hg a Cd výrazne prekračuje platné štandardy. **Obsah radónu** výrazne podlieha cyklickým a sezónnym zmenám. Zistené zmeny koncentrácie sú také významné, že pri ich podceňení a nezohľadnení by mohlo dôjsť k nesprávnej interpretácii, dokonca až k hrubým chybám pri hodnotení radónového rizika meraných plôch. Na presnejšiu identifikáciu uvedených zmien je potrebné rozšíriť frekvenciu pozorovaní.

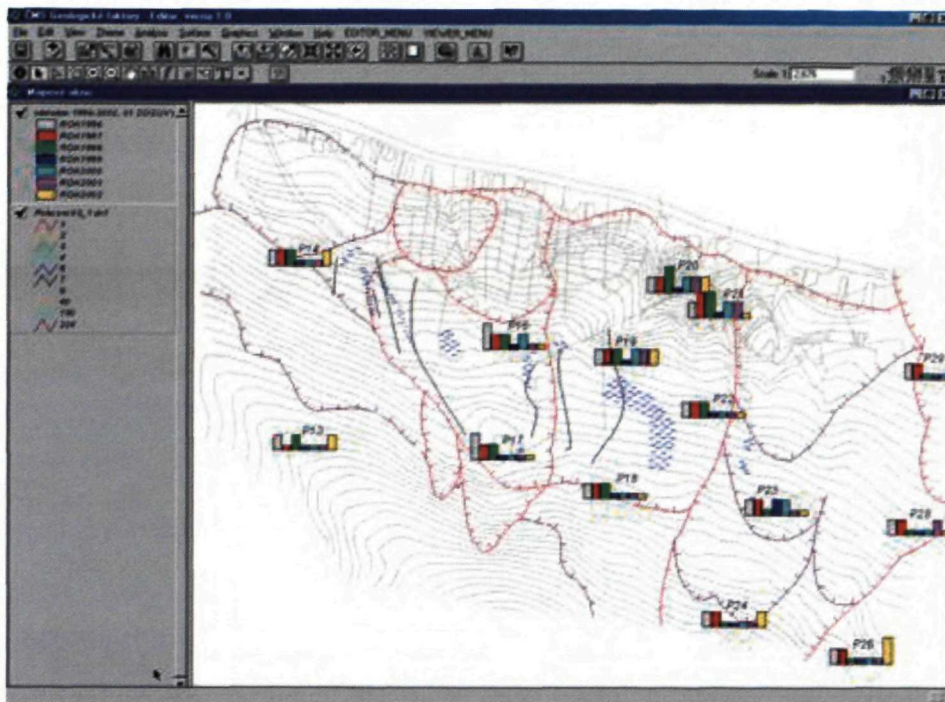
Parciálny informačný systém geologických faktorov

Na zber a archivovanie informácií o monitorovaných lokalitách slúži parciálny informačný systém geologických faktorov. Na základe jednotného prístupu v spracúvaní údajov vo forme geografického informačného systému (GIS) sa vytvára ucelený súbor informácií o vývoji negatívnych vplyvov geologických faktorov na životné prostredie.

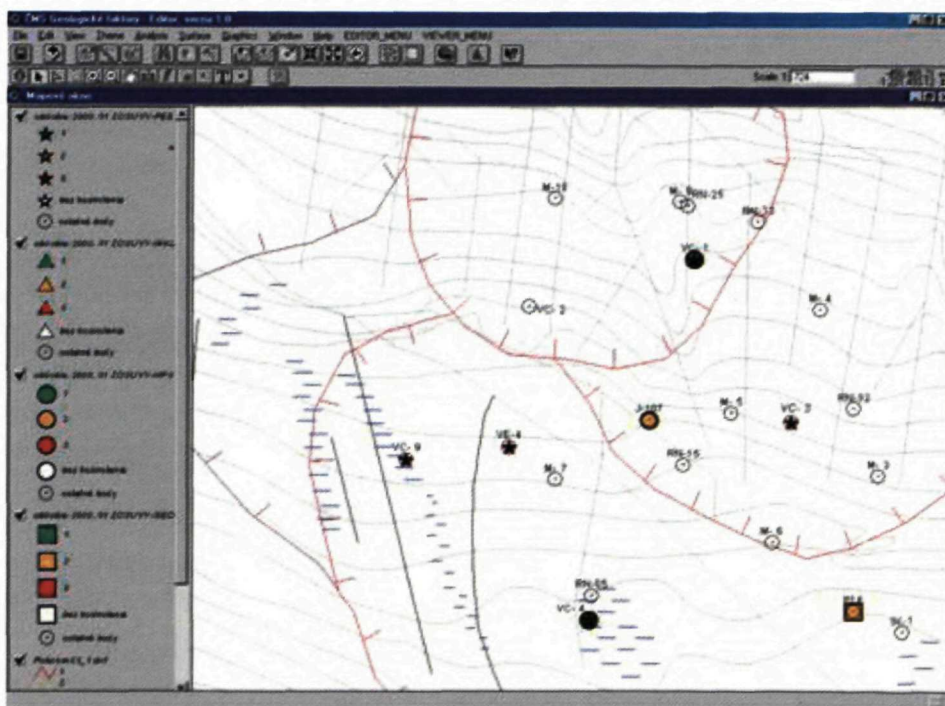
Informačný systém monitoringu archívuje údaje všetkých čiastkových systémov ako jeho parciálne časti. Jednou z nich je parciálny informačný systém geologických faktorov (PIS GF). Vzhľadom na svoju rozsiahlosť a rozmanitosť údajov je koncipovaný v niekoľkých úrovniach. Tým spĺňa všetky žiadané funkcie, od archivácie primárnych údajov až po rýchlu orientáciu hodnotenia trendov vo vývoji monitorovaných parametrov pomocou semikvantitatívneho hodnotenia a sprístupnenie základných informácií o výsledkoch monitorovania na internete.

Základnou úrovňou PIS GF je podrobný IS, ktorý archívuje všetky detailné informácie potrebné na hodnotenie monitorovacích aktivít. Jednotlivé podsystémy monitorovania geologických faktorov majú na tejto úrovni vytvorený vlastný užívateľský softvér, pomocou ktorého je organizovaná jednoduchá orientácia, spájanie a spracovanie. Hodnotenie a ďalšie následné získanie sekundárnych údajov sa zabezpečuje špecializovanými softvérovými nástrojmi pomocou výpočtov, analýz a vizualizácie údajov. Spracovanie primárnych údajov, ktoré sa merajú rôznymi metódami monitorovania, vyžaduje odlišný spôsob spracovania. Príkladom výstupu je obr. 4, kde je ukážka databázy primárnych parametrov deformácie inklinometrického vrtu (subsystém *Zosuny a iné svahové deformácie*). Na nej pre vybraný monitorovací bod a dátum merania sú zobrazené hodnoty pohybu v rôznych hĺbkových úrovniach v smere dvoch kolmých osí a ich grafické spracovanie.

Pravidelné spracúvanie a analýza primárnych údajov sústredených v podrobnom informačnom systéme monitoringu geologických faktorov vyústili do prehľadného informačného systému, ktorý slúži ako ľahko dostupná informácia a schematický výstup o stave monitorovaných lokalít. Jeho najvýznamnejšie funkcie umožňujú spracovať a zobraziť sledovanú problematiku v semikvantitatívnej forme vo zvolenom priestorovom, tematickom a časovom rozsahu. Vizualizácia vybraných údajov sa rieši dvoma typmi tematických máp. Sú to kartodiagram a kartogram. Kartodiagram (obr. 5) slúži na zobrazenie výsledkov monitorovania jednou metódou počas zvoleného intervalu rokov. Aktivita monitorovacieho bodu sa



Obr. 5 Kartodiagram.



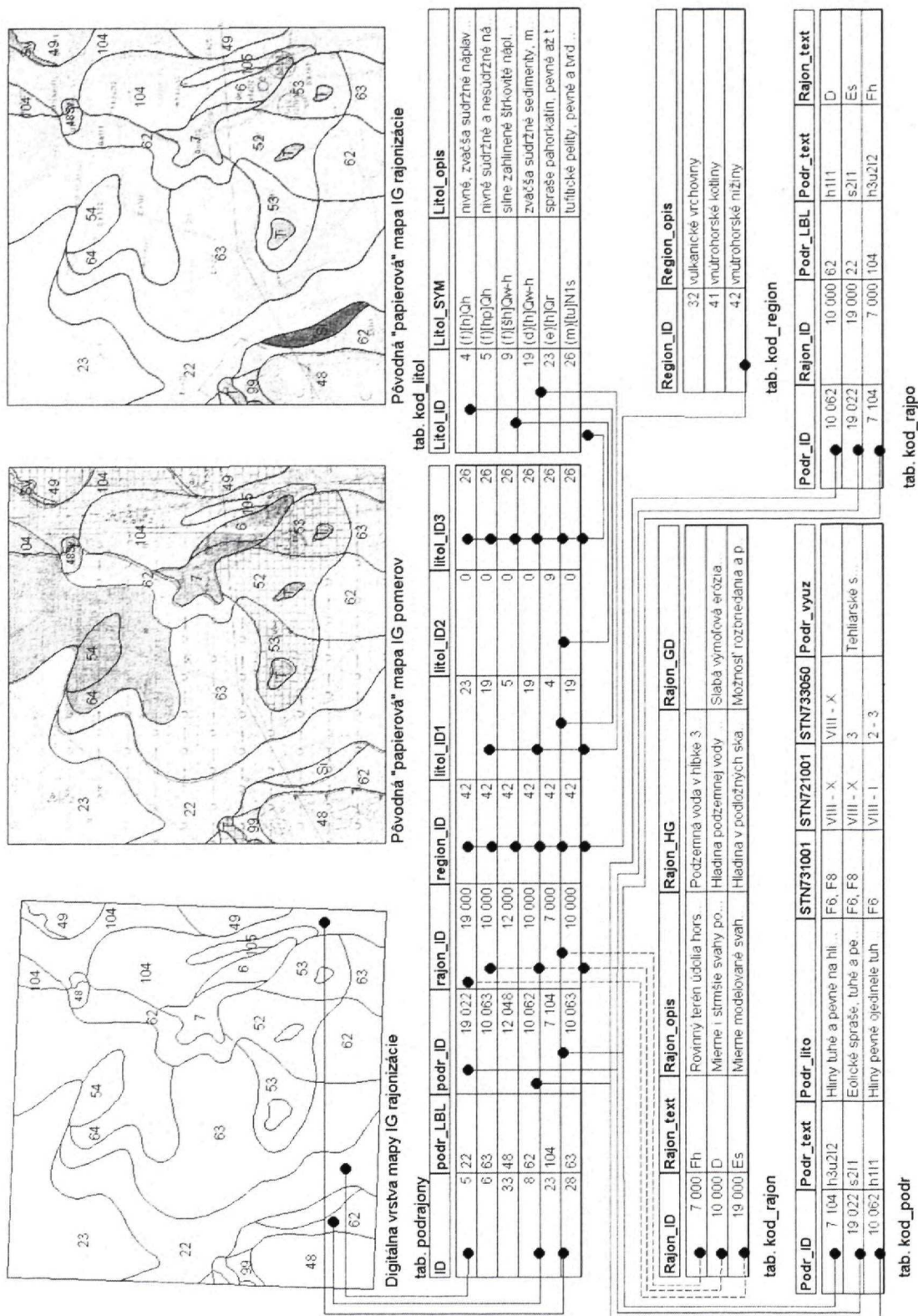
Obr. 6 Kartogram.

hodnotí väčšinou tromi úrovňami aktivity, ktoré sú vyjadrené výškou stĺpca v diagrame. Kartogram (obr. 6) slúži na hodnotenie výsledkov monitorovania jednou alebo viacerými metódami v jednom zvolenom roku. Na zobrazenie aktivity v monitorovacích bodoch slúžia rôzne typy symbolov pre každú použitú metódu a trojstupňová (semaforová) metóda hodnotenia.

Zhrnutie základných informácií o priebehu monitorovania geologických faktorov je pre širokú verejnú sprístupnené na internetovej stránke. Sú tam aj informácie o štruktúre databáz parciálneho informačného systému.

Geografický informačný systém GIS

Rozvoj technických nástrojov a moderné metódy výskumu umožnili zvýšenie kvalitatívnej úrovne výstupov a spracúvania výsledkov práce inžinierskych geológov. Príkladom je využitie technológie GIS, ktorá umožňuje prepojenie grafických, priestorovo definovaných objektov (body, línie, polygóny) s databázami (opis profilu vrtu, hĺbka hladiny podzemnej vody, výsledky laboratorných skúšok mechaniky zemín, agresivity podzemnej vody, opis charakteru základových pôd a pod.). Výsledkom je tzv. parametrická mapa.



Obr. 7 Schematické znázornenie digitálnej inžinierskeogeologickej mapy.

Mapa inžinierskogeologických pomerov a mapa inžinierskogeologického rájónovania sa spájajú do jednej digitálnej inžinierskogeologickej mapy (obr. 7). Táto mapa môže obsahovať ďalšie informácie, ktoré doteraz boli náplňou špeciálnych inžinierskogeologických máp (mapa náchylnosti na presadenie, únosnosti základových pôd, náchylnosti na zosúvanie a pod.).

Legislatívnym predpokladom použitia GIS je zákon č. 2/2000 z 13. 4. 2000 o zásadách spracovania a odovzdávania environmentálnych úloh a projektov v predpísanom formáte GIS. Po odstránení určitých nedostatkov umožní rozvoj perspektívnych a moderných metód na báze GIS a ich použitie v širokej odbornej verejnosti.

Iné významné aktivity oddelenia

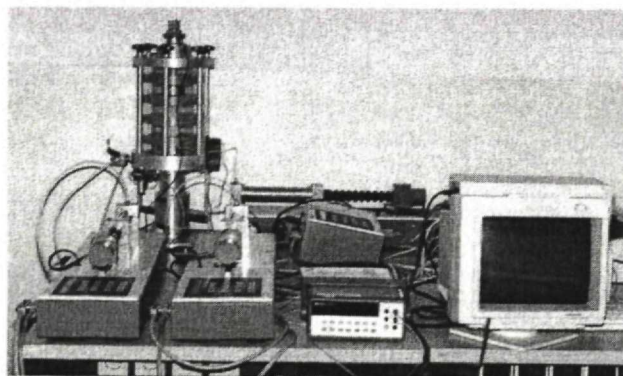
Okrem spomínaných máp sa na oddelení zostavovali aj ďalšie špeciálne, účelové a valorizačné inžinierskogeologické mapy. Okrem mapovania sa na oddelení inžinierskej geológie realizovalo štúdium inžinierskogeologických vlastností hornín. V rokoch 1981 až 1992 pracovníci oddelenia vykonali tretiu registráciu svahových deformácií na území SR. V súčasnosti register svahových deformácií obsahuje takmer 15 000 záznamov. Ďalšie významné práce oddelenia sa týkali inžinierskogeologického prieskumu podložia skládok odpadu a prieskumu zameraného na hľadanie úložiska vysoko rádioaktívneho odpadu. S ohľadom na vývoj situácie v nakladaní s rádioaktívnym odpadom na území Slovenskej republiky sa riešil problém definitívneho ukladania rádioaktívneho, vysoko toxického odpadu. Na základe doterajšieho výskumu sa vypracovali kritériá hodnotenia horninového prostredia z hľadiska vhodnosti na budovanie potenciálneho úložiska. Vybrali sa dve lokality, ktoré boli predmetom ďalšieho výskumu a prieskumu. Definitívnu lokalitu zistí ďalší prieskum.

Významnou činnosťou oddelenia bola aj príprava smernice na zostavovanie máp vhodnosti územia na skládky odpadu, smernice na zostavovanie inžinierskogeologických máp geologických faktorov životného prostredia v mierke 1 : 50 000 a novelizácie smernice na zostavovanie inžinierskogeologických máp.

Oddelenie sa aktívne zapojilo aj do procesu tvorby a pripomienkovania slovenských technických noriem z oblasti inžinierskej geológie, geotechniky a environmentálnej geológie. Od roku 2003 sa Slovensko stalo členom CEN (Európsky výbor pre normalizáciu), spoločnosti európskych štátov, ktoré sa zaviazali používať jednotné európske technické normy EN alebo prevzaté normy ISO (medzinárodná organizácia pre normalizáciu) platiace na území celého vyspelého sveta. Od nášho vstupu do EÚ sa na tvorbu a zavedenie európskych noriem musíme pozeráť ako na tvorbu našich noriem. Jednotná technická normalizácia je nevyhnutná najmä kvôli vytvoreniu harmonizovaného európskeho trhu potrebného na zlepšenie vzájomnej spolupráce a výmeny skúseností, harmonizovaniu metód a následnému odstraňovaniu technických prekážok voľného obchodu medzi členskými krajinami EÚ. Preto sme sa aktívne zapojili do procesu tvorby noriem v technických komisiách (TC) CEN a ISO. ŠGÚDŠ je účastníkom normalizačnej spolupráce pri Slovenskom ústave technickej normalizácie, technickej komisii CEN/TC 250 SC7 a ISO/TC 182 SC 1.

Inžinierskogeologické vlastnosti zemín a hornín sú základné vstupné údaje na navrhovanie a zhotovovanie technických diel, či už sú to dopravné stavby, inžinierske konštrukcie alebo pozemné stavby. Súčasťou oddelenia je laboratórium inžinierskej geológie. Vykonáva štandardné skúšky na stanovenie fyzikálnych a chemických vlastností, potrebných na klasifikáciu zemín a hornín na rôzne účely. Pracuje s novými metodikami, ktoré sa na Slovensku doteraz nepoužívali. Po vstupe do EÚ a vytvorení jednotných európskych noriem sa budú musieť aplikovať vo všetkých akreditovaných laboratóriách. Ide napr. o stanovenie medze tekutosti alebo neodvodnenej šmykovej pevnosti jemnozrnných zemín kuželovou metódou.

Laboratórium je vybavené modernými prístrojmi na stanovenie priepustnosti, deformačných vlastností zemín, ktoré sa určujú v oedometrických prístrojoch, a charakteristík potrebných na odvodenie šmykovej pevnosti zemín. V krabicových šmykových prístrojoch alebo v triaxiálnom prístroji (obr. 8) môžeme stanovovať efektívne, totálne aj reziduálne šmykové charakteristiky zemín a pevnosť zemín v prostom tlaku. Prístroje na stanovenie pevnosti zemín sú plne automatizované, s riadením napätia alebo deformácie. Umožňujú vykonávať aj špeciálne skúšky ako napr. riadené dráhy napätia alebo nízkofrekvenčné cyklické zaťaženie vzoriek.



Obr. 8 Triaxiálny prístroj.

Záver

Súčasný trendy v inžinierskej geológii smerujú k vytvoreniu jednotného informačného systému, ktorý bude súčasťou informačného systému rezortu geológie. Bude zameraný na vytvorenie štruktúry jednotnej relačnej databázy, ktorá sa bude naplňať podľa presného metodického pokynu. Jej náplňou budú vektorové plošné, líniové a bodové informácie zobrazené v jednotnom súradnicovom systéme (S-JTSK). Budú prepojené s údajmi týkajúcimi sa inžinierskogeologickej preskúmanosti (opis vrtných profilov, výsledky laboratórných skúšok a pod.). Takto zostavená štruktúra databázy umožňuje jej kontinuálnu aktualizáciu novozískanými údajmi. Údaje tejto databázy budú slúžiť všetkým oprávneným užívateľom prostredníctvom internetu.

Medicínsko-geochemický výskum v oblasti Zlatej Idky

¹STANISLAV RAPANT, ²SOŇA CICMANOVÁ, ³ZUZANA DIETZOVÁ a ⁴MILOŠ KHUN

¹Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava, rapant@gssr.sk

²Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum, Markušovská cesta 1, 052 40 Spišská Nová ves

³Štátny zdravotný ústav, Ipeľská 1, 042 20 Košice

⁴Prírodovedecká fakulta UK, Katedra geochemie, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava

Abstract. The paper presents the results of environmental-geochemical and medical research. Zlatá Idka Village is a typical montane settlement. Its environment is extensively affected by pollution with potential toxic elements, as a consequence of more than 500 years of mining activity. The geochemical research has revealed increased contents of As and Sb in soils, ground- and surface waters as well as in stream sediments. The average As and Sb contents in soils are 892, resp. 818 mg · kg⁻¹, in stream sediments 195, resp. 249 mg · kg⁻¹, in groundwaters 0,028, resp. 0,021 mg · l⁻¹ and in surface waters 0,024, resp. 0,034 mg · l⁻¹. Increased As and Sb contents (exceeding upper permissible limits) have been documented also in locally grown vegetables. Within the medical research the As and Sb contents in biological materials have been observed (blood, urine, nails and hairs) in approximately one third of the village population. The average As and Sb contents in blood were 16,3, resp. 3,8 µg · l⁻¹, in urine 15,8, resp. 18,8 µg · l⁻¹, in nails 3 179, resp. 1 140 µg · kg⁻¹ and in hairs 379, resp. 357 µg · kg⁻¹. These contents are comparatively much higher than at the average population. The health risk calculations – ingestion from soil, water and vegetables very high carcinogen risk has been detected (>1 · 10⁻³) for As content in soil and water. The HQ (ADD/RfD) calculation method gave values HQ>1 for As and Sb from waters.

Key words: medical geochemistry, environmental geochemistry, pollution, environmental risk, health risk

Úvod

Životné prostredie je popri životnom štýle (spôsob života a práce), genetických faktoroch a úrovni medicínskej starostlivosti jeden z rozhodujúcich faktorov ovplyvňujúcich zdravotný stav obyvateľstva. Jeho význam a vplyv rastie najmä v silne znečistených regiónoch, kde sa môže vyskytovať až geograficky významné zvýšenie chorobnosti. K takýmto silne znečisteným oblastiam Slovenska patrí oblasť Spišsko-gemerského rudohoria (obr. 1), ktorá bola vybraná ako pilotné územie na regionálne geomedicínske výskumy (Rapant et al., 1998). V tejto oblasti sa rozpracovali a overili metodické postupy hodnotenia vplyvu kontaminácie geochemického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva. Kauzalita týchto vzťahov bola rozpracovaná spoločnými medicínskymi (Dietzová, 2003) a geochemickými výskumami (Cicmanová a Rapant, 2002) v jednej z najviac geogénne kontaminovanej obci regiónu, a to v obci Zlatá Idka. Vysoké environmentálne a zdravotné riziko v tejto obci predstavujú potenciálne toxické prvky, najmä As a Sb.

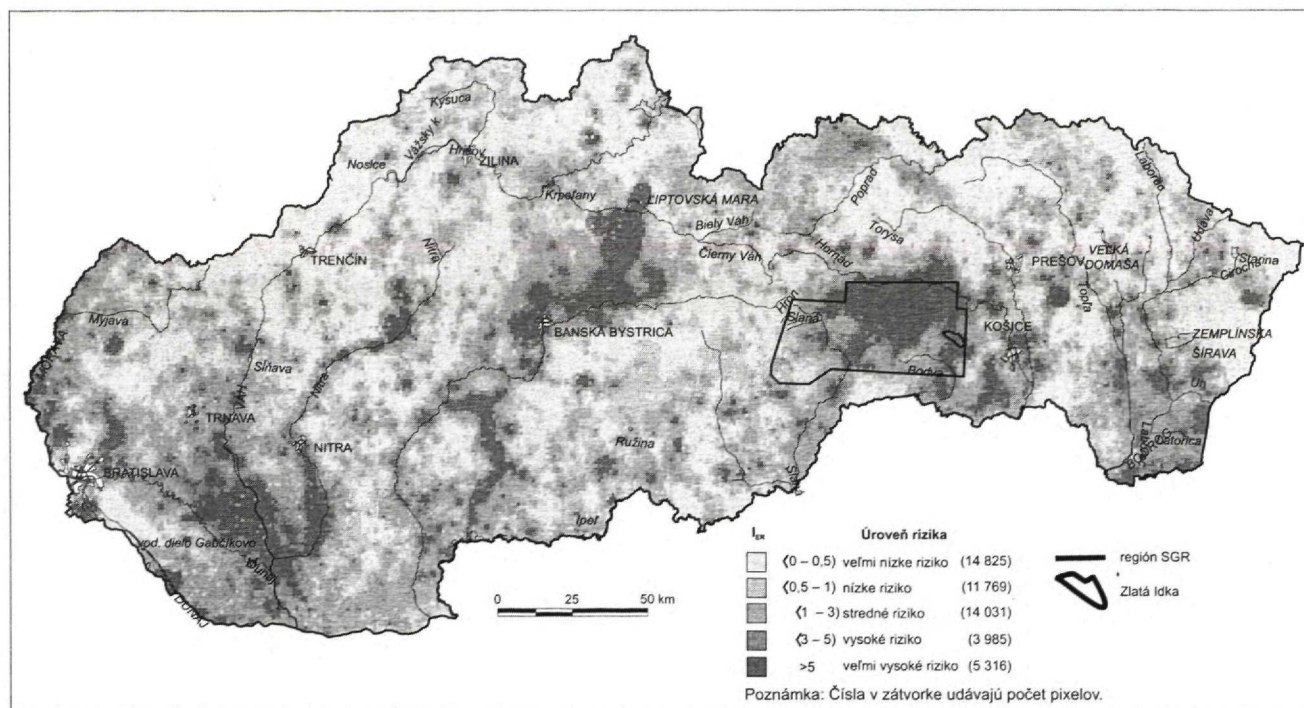
Tie vo všetkých hlavných zložkách životného prostredia – pôdy, riečne sedimenty, podzemné a povrchové vody – veľmi výrazne prevyšujú všetky platné limitné hodnoty pre zdravé, neznečistené životné prostredie. Tieto limity boli prekročené aj v prípade podzemných vôd používaných ako zdroje pitnej vody do obecného vodovodu a taktiež v pôdach záhrad, kde si miestni obyvatelia pestujú ovocie a zeleninu na samozásobovanie.

ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA OBLASTI

Geologické pomery

Zlatá Idka sa nachádza (obr. 1) vo východnej časti Slovenskej republiky v oblasti Spišsko-gemerského rudohoria (SGR). Z hľadiska geologickej stavby okolie Zlatej Idky prináleží k vnútorným Západným Karpatom a je súčasťou gemerického fundamentu. Územie budujú nízko metamorfované staropaleozoické vulkanicko-sedimentárne súvrstvia. Zastúpené sú najmä sericiticko-kremité fylity a metaryolitové tufy a tufity (Bajaník et al., 1984). Oblasť Zlatej Idky predstavuje najvýchodnejší segment tzv. antimónového rudného pruhu v SGR so žilnými ložiskami Ag-Au-Sb rúd. Zrudnenie vystupuje v žilných štruktúrach prevažne v kyslých metapyroklastikách. Je späté s prítomnosťou mladšieho (permského?) granitu. Celková dĺžka rudného poľa s rudnými žilami je asi 9 km a jeho šírka je okolo 1 km. Jednotlivé rudné žily majú generálny smer JZ – SV a dĺžku prevažne 200 – 500 m. Ich hrúbka je od 0,5 do 4 m a hĺbkový vývoj je maximálne 350 m. Rudné telesá sú veľmi tektonicky prerušované a segmentované na šošovky (Rozložník, 1978). Základná výplň žíl je kremeňovo-sideritová alebo len kremeňová. Vystupujú tu aj sulfidické minerály – najmä jamesonit, arzenopyrit, chalkopyrit, sfalerit a galenit, a najmä minerály Sb – antimónit a tetraedrit. Antimónit má často charakter liatej rudy a intenzívnej impregnácie v kremeňi.

Banská činnosť v oblasti Zlatej Idky sa datuje už od 14. storočia. Využívanie nerastnej suroviny sa spočiatku (14. – 17. storočie) orientovalo na získavanie zlata. V 18. a 19. storočí sa ťažilo najmä striebro. Zlato a neskôr aj antimón sa popri striebre získavali ako vedľajšie produkty. V tom období boli priamo v obci vybudované aj viaceré huty na spracovanie striebra. Postupne s vyčerpaním zásob sa ťažba striebra obmedzovala. Koncom



Obr. 1 Ohodnotenie environmentálneho rizika z kontaminácie geologického prostredia Slovenskej republiky.

19. a začiatkom 20. storočia sa ťažili najmä Sb rudy. Celú oblasť obce Zlatá Idka charakterizuje vysoký stupeň rozrušenia horninového prostredia banskou činnosťou (štôlna a šachty). Pri vyústení banských diel sú haldy vytáženého materiálu. Priamo v obci bolo rozvinuté aj spracúvanie strieborných a antimónových rúd. Bolo tu viacero hút a hlavnou metódou spracovania rúd bola tzv. amalgamácia v rotačných sudoch. K hutám patrili aj sklady na rudné koncentráty a chemikálie, pražiareň, amalgámovne a sklady amalgamačných kalov. Časť hald sa v minulosti použila na vyrovnávanie terénnych nerovností v obci, a to aj priamo v záhradách rodinných domov. Tieto všetky pozostatky banskej činnosti sa v súčasnosti prejavujú ako zdroje vysokej kontaminácie geologického prostredia v obci. Ide najmä o kontamináciu potenciálne toxickými prvkami, z ktorých domínujú As a Sb.

Zdravotný stav obyvateľstva

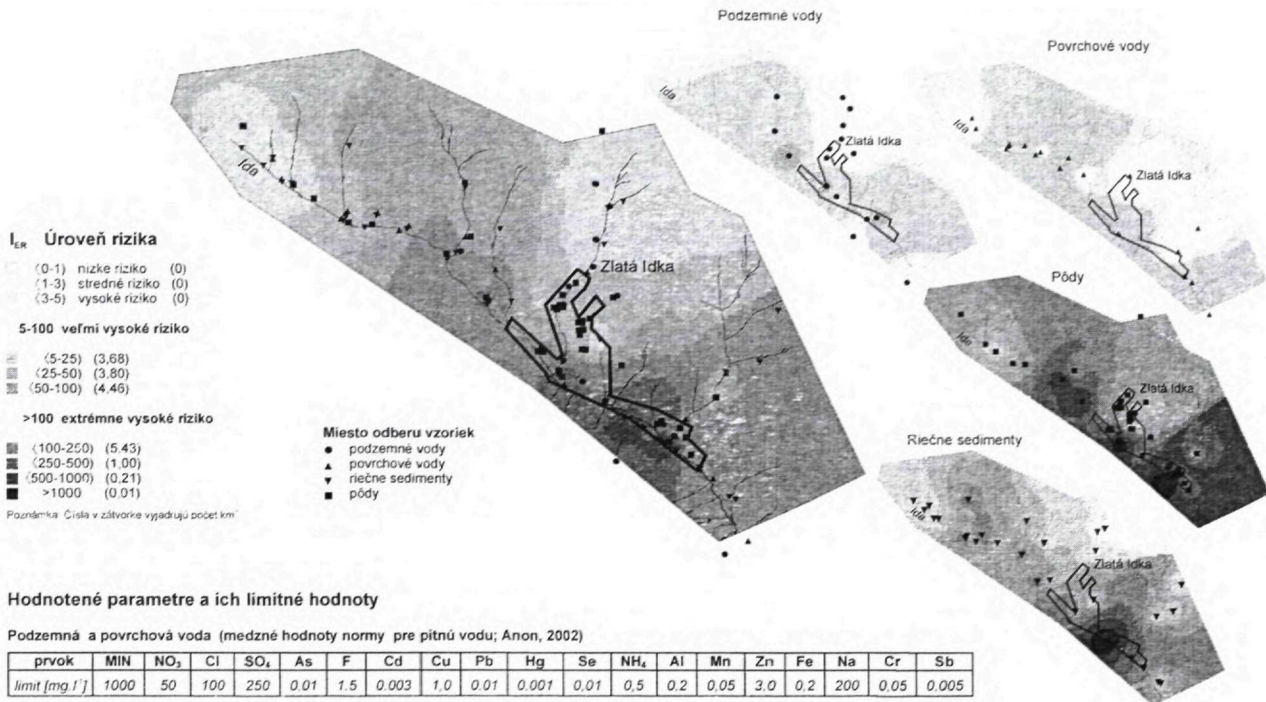
Obec Zlatá Idka predstavuje typické vidiecke sídlo. Celkový počet obyvateľov v obci je okolo 350. Ľudia bývajú v rodinných domoch a prakticky každý rodinný dom má vlastnú niekoľkoárovú záhradu. V nej si obyvatelia pestujú ovocie, zeleninu, zemiaky a iné plodiny na vlastné zásobovanie. Väčšina obyvateľstva dochádza do práce do mesta Košice (cca 20 km v. od obce). Len malá časť obyvateľov je zamestnaná v obci (služby, turistický ruch, poľnohospodárstvo). Prehľad základných vybraných demografických a zdravotných indikátorov obyvateľstva Zlatej Idky v porovnaní s celoslovenskými údajmi je uvedený v tabuľke 1 (spracované podľa Letkovičovej et al., 2001). Ide o štandardizované údaje prepočítané na 100 000 obyvateľov. Údaje predstavujú priemer za 5-ročné obdobie (roky 1993 až 1997).

Z údajov uvedených v tabuľke je zrejme, že veľká väčšina zdravotných indikátorov vykazuje výrazne nepriaznivejšie hodnoty v porovnaní s celoslovenskými priemernými údajmi. Tento trend je zrejme najmä v prípade úmrtí na zhubné nádory a v počte úmrtí na infarkty. V dôsledku toho veľmi nepriaznivé hodnoty vykazujú indikátory úmrtnosti (hrubá úmrtnosť, priamo štandardizovaná úmrtnosť) a indikátory predčasnej úmrtnosti (stratené roky potenciálneho života). Z uvedených 18 indikátorov zdravotného stavu v obci Zlatá Idka len v jednom prípade sa zaznamenala lepšia ako priemerná celoslovenská hodnota (úmrtnosť na leukémiu) a v dvoch prípadoch (počet úmrtí na zhubné nádory tráviaceho traktu a nepriamo štandardizovaná úmrtnosť žien) sa zaznamenali údaje v rozmedzí celoslovenských priemerných hodnôt. Okrem uvedených údajov v tabuľke treba ešte uviesť, že obyvateľstvo sa vyznačuje veľmi zlým stavom zubov.

MATERIÁL A METÓDY SPRACOVANIA

Geochemický výskum

V rámci geochemických prác zameraných na charakteristiku geochemického pozadia oblasti Zlatej Idky sa v rokoch 2000 – 2002 realizovali odbery a analýzy environmentálnych vzoriek zo všetkých štyroch hlavných zložiek geologického prostredia – pôd (horizont A), riečnych sedimentov, podzemných vôd a povrchových vôd. Laboratórne práce sa vykonávali v akreditovanom laboratóriu ŠGÚDŠ v regionálnom centre v Spišskej Novej Vsi. Okrem celkového obsahu makro- a mikroprvkov v menšej miere sa sledoval aj obsah organických polutantov (EOX, PAU, PCB a OCP). Sledovali sa aj formy vystupovania – špeciácie a mocenstvo dvoch naj-



Hodnotené parametre a ich limitné hodnoty

Podzemná a povrchová voda (medzné hodnoty normy pre pitnú vodu; Anon, 2002)

prvok	MIN	NO ₃	Cl	SO ₄	As	F	Cd	Cu	Pb	Hg	Se	NH ₄	Al	Mn	Zn	Fe	Na	Cr	Sb
limit [mg l ⁻¹]	1000	50	100	250	0,01	1,5	0,003	1,0	0,01	0,001	0,01	0,5	0,2	0,05	3,0	0,2	200	0,05	0,005

Pôdy a riečne sedimenty ("A" referenčné hodnoty pre pôdy; Anon, 1994a)

prvok	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Sn	V	Zn
limit [mg l ⁻¹]	29	500	3	0,8	20	130	36	0,3	1	35	85	0,8	20	120	140

Obr. 2 Ohodnotenie environmentálneho rizika obce Zlatá Idka.

kritickejších prvkov oblastí – As a Sb. V pôdach a riečnych sedimentoch sa urobili aj testy akútnej ekotoxicity. Na charakteristiku geochemického pozadia oblastí sa využili aj výsledky chemických analýz (celkový obsah) zo starších regionálnych geochemických prác – geochemické atlasy [Rapant et al., 1996; Bodiš a Rapant (eds.), 1999; Čurlík a Šefčík, 1999] a environmentálno-geochemické mapy 1 : 50 000 (Husár, 1993; Sláma, 1999; Stupák et al., 2002). Prehľad výsledkov charakterizujúcich geochemické pozadie oblastí je v tabuľkách 2 – 5. Obsah analyzovaných organických polutantov vo väčšine prípadov je hlboko pod príslušnými limitnými hodnotami pre neznečistené životné prostredie a taktiež väčšinou pod analytickými detekčnými limitmi, a preto sa nimi ďalej nebudeme zaoberať. Výsledky orientačného ekotoxikologického testovania vôd, pôd a sedimentov, ktoré sa realizovali prednostne na miestnych vodných zdrojoch a z pôd záhrad v obci, sú uvedené v tabuľke 6. Do testovania sa zaradili vzorky, v ktorých sa v základných chemických analýzach zistil zvýšený obsah potenciálnych toxických prvkov (As a Sb). Percentuálny podiel jednotlivých frakcií-špeciácií (5-kroková sekvencia analýza) týkajúci sa As a Sb v pôdach a riečnych sedimentoch je uvedený v tabuľke 7.

Analyzovaná škála chemických prvkov v jednotlivých zložkách geologického prostredia bola oveľa širšia, než je uvedené v tabuľkách 2 – 5. Chemická analýza na anorganické zložky predstavovala v priemere 30 – 35 prvkov. Okrem prvkov uvedených v tabuľkách sa sledovali aj Li, Sr, B, Bi, Ga, K, Mg, Na, Rb, Sn, Ti, W, Zr a ďalšie prvky. Obsah týchto prvkov však bol nízky, v drvivej väčšine nižší ako limitné hodnoty environmentálnych

normami, a preto ich neuvádzame a nehodnotíme. Z najviac kontaminovaných záhrad sa spolu so vzorkami pôdy odobrali a analyzovali aj vzorky zeleniny. Vzorky zeleniny sa analyzovali v laboratóriu ŠGÚDŠ v regionálnom centre v Spišskej Novej Vsi. Rozklad vzorky sa urobil za tepla v prostredí koncentrovanej HNO₃. Výsledky analýz vzoriek zeleniny spolu s uvedením príslušných limitných hodnôt sú uvedené v tabuľke 8.

Na výpočet a mapové znázornenie ohodnotenia environmentálneho rizika (ER) z kontaminácie geologického prostredia sa použili metodické princípy vychádzajúce z metodických pokynov EÚ (Anon, 1994) a Slovenskej republiky (Anon, 1998) na hodnotenie a riadenia rizík. V zmysle uvedených metodických postupov environmentálne riziko pre jednotlivý kontaminant predstavuje pomer jeho koncentrácie v životnom prostredí – PEC (predicted environmental concentration) – ku koncentrácii, o ktorej sa predpokladá, že nemá žiadny účinok na organizmy alebo ekologické systémy – PNEC (predicted non effect concentration). Na základe toho možno teda environmentálne riziko z jedného kontaminantu vyjadriť číslom – koeficientom ER – a sumu ER zo všetkých kontaminantov indexom ER. Výpočet indexu environmentálneho rizika (I_{ER}) je podľa Rapanta (2002) takýto: v prvom kroku sa vypočítajú koeficienty ER pre jednotlivé kontaminanty a v druhom kroku index ER pre všetky kontaminanty v environmentálnej vzorke.

$$Q_{ERi} = \frac{AC_i}{RC_i} - 1 \quad I_{ER} = \sum_{i=1}^n Q_{ERi}$$

Q_{ERi} – kvocient environmentálneho rizika i-tého prvku prevyšujúceho limitovanú (rizikóvu) koncentráciu;

AC_I – analytická koncentrácia i-tého prvku;
 RC_I – limitná (riziková) koncentrácia i-tého prvku;
 I_{ER} – index environmentálneho rizika hodnotenej vzorky.

V prípade, keď žiaden z analyzovaných prvkov kontaminantov neprekračuje rizikové (limitné) koncentrácie, hodnota I_{ER} takejto vzorky je rovná 0. Matematicko-štatistickými postupmi bežne zaužívanými v geochémii

(inverzná vzdialenosť a kľzavý medián) sa potom zostavili mapy ohodnotenia ER pre jednotlivé zložky životného prostredia – zvlášť pre podzemné vody, riečne sedimenty a pôdy. Ich zjednotením sa zostavila mapa ohodnotenia ER z kontaminácie geologického prostredia v obci Zlatá Idka (obr. 2).

Tab. 1 Porovnanie vybraných prepočítaných štandardizovaných ukazovateľov zdravotného stavu obyvateľov v obci Zlatá Idka s priemernými celoslovenskými hodnotami (roky 1993 – 1997).

UKAZOVATEĽ	SLOVENSKÁ REPUBLIKA			ZLATÁ IDKA	
	Podpriemer	Priemer	Nadpriemer	Hodnota	Zaradenie
Hrubá úmrtnosť obyvateľstva na 1 000 obyv.	8,2	9,6	11,2	14,08	nad
Hrubá úmrtnosť mužov na 1 000 obyv.	9	10,6	12,4	17,19	nad
Hrubá úmrtnosť žien na 1 000 obyv.	7,2	8,7	10,2	18,16	nad
Štandardizovaný úmrtnostný index, SMR muži	85	99,9	115	120,48	nad
Štandardizovaný úmrtnostný index, SMR ženy	85	99,9	115	92,31	priemer
Percento predč. úmrtí obyvateľov <65 r.	23,2	24,9	28,2	40,00	nad
Percento predč. úmrtí mužov <65 r.	30,9	32,2	35,8	50,00	nad
Percento predč. úmrtí žien <65 r.	14,3	16,4	19	30,77	nad
Priamo štandardizovaná úmrtnosť	966	1 076,5	1 186	1 401,5	nad
PYLL na 100 000 obyvateľov	3 787	4 267	4 747	7 418,04	nad
PYLL na 100 000 mužov	5 400	6 270	7 140	8 641,75	nad
PYLL na 100 000 žien	1 892	2 372	2 852	12 121,75	nad
Počet úmrtí na zhubné nádory na 100 000 obyvateľov	174	199,1	224	455,3	nad
Počet úmrtí na leukémiu na 100 000 obyvateľov	0	3,5	6,2	0	pod
Počet úmrtí na zhubné nádory pľúc na 100 000 obyvateľov	32,9	44,7	50,2	113,8	nad
Počet úmrtí na zhubné nádory tráviaceho traktu na 100 000 obyvateľov	56,8	71,9	79,8	56,9	priemer
Počet úmrtí na infarkty na 100 000 obyvateľov	182,3	262,3	277,5	739,9	nad
Percento spontánnych potratov zo všetkých počatí	5,1	5,9	6,8	22,22	nad

Poznámka: Podpriemerná hodnota predstavuje 30. percentil zdravotného indikátora a nadpriemerná hodnota predstavuje 70. percentil zdravotného indikátora pre všetkých obyvateľov Slovenska. Za priemer zdravotných indikátorov sa považuje 30. – 70. percentil. SMR – Standardized Mortality Ratio v %.

Tab. 2 Základná environmentálno-geochemická charakteristika pôd obce Zlatá Idka.

Prvok	Priemer	Štand. odch.	Medián	Min.	Max.	Počet vz.	LV	ne	n %
As	892,68	2 224	194	37	13 040	46	29	46	100
Ba	38 200	144	291	257	570	5	500	2	40
Be	1,78	0,41	1,6	1,5	2,5	5	3	0	0
Cd	2,79	4,27	1,65	0,15	23,2	46	0,8	30	65,2
Co	5,40	2,19	5	3	9	5	20	0	0
Cr	69,43	35,13	61	13	221	30	130	1	3,33
Cu	156,66	364,13	53,5	19	2 019	30	36	16	53,33
Hg	3,70	16,62	0,55	0,12	1 106	45	0,3	31	68,89
Mo	0,70	0,27	0,7	0,3	1	5	1	0	0
Ni	15,80	8,53	14	7	27	5	35	0	0
Pb	1 283,1	4 325	144	12,6	23 900	31	85	20	64,52
Sb	818,75	2 184	147	7,4	13 610	46	3	46	100
Se	0,07	0,03	0,05	0,05	0,1	5	0,8	0	0
Sn	7,20	3,49	7	3	12	5	20	0	0
V	80,00	17,03	77	65	109	5	120	0	0
Zn	66,80	23,23	68	34	89	5	140	0	0

Poznámka: Hodnoty sú uvedené v mg · kg⁻¹. LV – limitné hodnoty (A – referenčné hodnoty; Anon 1994a); ne – počet vzoriek prekračujúcich LV, n % – percento vzoriek prekračujúcich LV.

Tab. 3 Základná environemntálno-geochemická charakteristika riečnych sedimentov obce Zlatá Idka.

Prvok	Priemer	Štand. odch.	Medián	Min.	Max.	Počet vzoriek	LV	ne	n %
As	195,06	250,0	54,25	4,9	974	38	29	23	60,53
Ba	414,31	56,49	404	317	558	22	500	1	4,55
Be	2,32	0,42	2,4	1,4	3,5	22	3	1	4,55
Cd	2,33	2,32	1,35	0,05	9,2	38	0,8	24	63,13
Co	4,63	2,90	4	0,5	12	22	20	0	0,00
Cr	46,40	14,84	45	20	90	32	130	0,	0,00
Cu	29,00	22,01	19,5	8	93	32	36	9	28,12
Hg	0,534	1,07	0,23	0,05	4,78	38	0,3	11	28,95
Mo	0,347	0,30	0,3	0,05	1,3	22	1	1	4,55
Ni	19,45	9,37	16	10	45	22	35	2	9,10
Pb	175,78	285,9	36	5	1 339	32	85	11	34,37
Sb	249,70	798,4	19,35	1,3	4 880	38	3	32	84,21
Se	0,288	0,38	0,1	0,05	1,4	22	0,8	2	9,09
Sn	5,22	1,66	5	3	10	22	20	0	0,00
V	65,00	14,31	60	45	110	22	120	0	0,00
Zn	141,72	104,11	99	40	501	22	140	7	31,82

Poznámka: Hodnoty sú uvedené v mg . kg⁻¹. LV – limitné hodnoty (A – referenčné hodnoty; Anon, 1994a),
ne – počet vzoriek prekračujúcich LV, n % – percento vzoriek prekračujúcich LV.

Tab. 4 Základná environemntálno-geochemická charakteristika podzemných vôd obce Zlatá Idka.

Prvok/ zložka	Priemer	Štand. odch.	Medián	Min.	Max.	Počet vzoriek	LV	ne	n %
TDS	100,24	56,67	74,62	42	220	18	1 000	0	0,00
NO ₃	4,48	2,49	4,00	0,25	9,7	18	50	0	0,00
Cl	2,42	0,61	2,70	1,6	3,3	18	100	0	0,00
SO ₄	18,38	10,07	16,80	9,5	54,5	18	250	0	0,00
F	0,108	0,10	0,05	0,05	0,4	18	1,5	0	0,00
NH ₄	0,015 0	0,01	0,015 0	0,005	0,025	18	0,05	0	0,00
Na	3,187 2	0,97	2,915 0	1,88	5,7	18	200	0	0,00
Fe	0,029 1	0,02	0,028 0	0,005	0,09	18	0,2	0	0,00
Mn	0,004 4	0,002	0,002 5	0,003	0,02	18	0,05	0	0,00
Al	0,063 6	0,075	0,025 0	0,005	0,19	18	0,2	0	0,00
As	0,027 7	0,061	0,002 5	0,000 5	0,24	20	0,01	7	35,00
Cd	0,000 2	0,000	0,000 2	0,000 2	0,000 7	20	0,003	0	0,00
Cr	0,001 0	0,000	0,001 0	0,000 3	0,006 9	18	0,05	0	0,00
Cu	0,001 2	0,000	0,001 0	0,000 3	0,004	18	1	0	0,00
Hg	0,000 2	0,002	0,000 1	0,000 1	0,001 3	20	0,001	1	2,00
Pb	0,002 5	0,001	0,002 0	0,000 5	0,006	18	0,01	0	0,00
Se	0,000 5	0,000	0,000 5	0,000 5	0,000 5	9	0,01	0	0,00
Zn	0,018 7	0,031	0,002 0	0,000 5	0,082	9	3	0	0,00
Sb	0,020 7	0,044	0,002 0	0,000 1	0,115	20	0,005	6	30,00

Poznámka: Hodnoty sú uvedené v mg . kg⁻¹. LV – limitné hodnoty – najvyššie medzné hodnoty pre pitnú vodu (Anon, 2002),
ne – počet vzoriek prekračujúcich LV, n % – percento vzoriek prekračujúcich LV.

Tab. 5 Základná environmentálno-geochemická charakteristika povrchových vôd obce Zlatá Idka.

Prvok/ zložka	Priemer	Štand. odch.	Medián	Min.	Max.	Počet vzoriek	LV	ne	n %
TDS	103,03	61,32	86,696 5	42,36	296,86	20	1 000	0	0,00
NO ₃	5,82	2,32	5,450 0	0,25	9,7	20	50	0	0,00
Cl	2,60	1,12	2,450 0	0,89	6,38	20	100	0	0,00
SO ₄	23,79	20,52	17,555 0	10,1	104,48	20	250	0	0,00
F	0,126	0,115	0,100 0	0,05	0,42	20	1,5	0	0,00
NH ₄	0,018	0,012	0,025 0	0,005	0,025	20	0,05	0	0,00
Na	3,088	0,796	3,080 0	1,7	5	20	200	0	0,00
Fe	0,049 3	0,065	0,035 0	0,015	0,287	20	0,2	1	5,00
Mn	0,005 5	0,002	0,002 5	0,003	0,01	20	0,05	0	0,00
Al	0,097 3	0,086	0,095 0	0,015	0,33	20	0,2	1	5,00
As	0,023 8	0,038	0,014 0	0,000 5	0,103 5	23	0,01	14	60,87
Cd	0,000 4	0,001	0,000 5	0,000 2	0,000 7	23	0,003	0	0,00
Cr	0,002 3	0,002	0,001 2	0,000 3	0,005 8	20	0,05	0	0,00
Cu	0,001 3	0,000	0,001 3	0,000 3	0,002	20	1	0	0,00
Hg	0,000 1	0,000	0,000 1	0,000 1	0,000 2	23	0,001	0	0,00
Pb	0,001 4	0,000	0,001 0	0,000 5	0,005	20	0,01	0	0,00
Se	0,000 5	0,000	0,000 5	0,000 5	0,000 5	13	0,01	0	0,00
Zn	0,010 5	0,016	0,008 0	0,000 5	0,045	13	3	0	0,00
Sb	0,033 7	0,04	0,012 0	0,000 2	0,143	23	0,005	14	60,87

Poznámka: Hodnoty sú uvedené v mg · kg⁻¹. LV – limitné hodnoty – najvyššie medzné hodnoty pre pitnú vodu (Anon, 2002),
ne – počet vzoriek prekračujúcich LV, n % – percento vzoriek prekračujúcich LV.

Tab. 6 Výsledky testov akútnej toxicity z environmentálnych vzoriek zo Zlatej Idky.

Testovaný organizmus	Dafnia magna	Scenedesmus quadricauda	Sinapis alba	Riziko	As	Sb
PODZEMNÉ VODY						
						μg · l ⁻¹
Štôlna Breuner*	mortalita 5 %	stimulácia 18 %	inhibícia 5 %	0	80	115
Štôlna Michal*	mortalita 10 %	inhibícia 18 %	stimulácia 8 %	1	75	110
Studňa v dome pod haldou štôlna Michal	mortalita 30 %	IC(50) = 495 ml · l ⁻¹	stimulácia 2,7 % inhibícia 6 % inhibícia 9 %	2		
PÔDY						
						mg · kg ⁻¹
Zlatá Idka, dom č. 64	mortalita 5 %	a) IC(50) = 124 ml · l ⁻¹ b) inhibícia 41 %	stimulácia 6 %	2	171	293,0
Zlatá Idka, dom č. 31	mortalita a 0 %	a) inhibícia 48 % b) inhibícia 7 %	stimulácia 24 %	0	1 858	1 651,0
Zlatá Idka, dom č. 56	mortalita 5 %	a) IC(50) = 152 ml · l ⁻¹ b) inhibícia 49 %	inhibícia 14 %	2	6 536	4 594,0
RIEČNE SEDIMENTY						
						mg · kg ⁻¹
Potok Ida pod štôlnou Breuner	mortalita 0 %	IC(50) = 687 ml · l ⁻¹	inhibícia 36 %	2	215	69,5
Potok pod štôlnou Michal	mortalita 0 %	inhibícia 3 %	inhibícia 14 %	1	378	149,0
Potok pod obcou Zlatá Idka	mortalita 0 %	inhibícia 24 %	stimulácia 25 %	1	298	217

Poznámka: Riziko reprezentuje akútne ekotoxikologické riziko;

0 – žiadne, 1 – nízke, 2 – stredné, 3 – vysoké, 4 – veľmi vysoké (podľa Lučivjanskej a Cicmanovej, 2002).

* – v minulosti využívaný vodný zdroj pre obecný vodovod.

Tab. 7 Percentuálne zastúpenie jednotlivých frakcií As a Sb v pôdach a riečnych sedimentoch Zlatej Idky.

Prvok	Prostredie	Celkový obsah [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]			Frakcia [%]				
		x	MIN	MAX	I.	II.	III.	IV.	V.
As	pôda	2 051	171	13 040	2,42	1,9	38,92	5,46	52,15
	riečny sediment	186	162	974	2,04	0,62	38,30	8,68	50,45
Sb	pôda	2 043	76	13 610	2,26	0,15	5,15	2,26	89,59
	riečny sediment	258,4	62,5	616	4,79	0	2,24	3,58	89,98

Poznámka: Údaje reprezentujú aritmetické priemery zo 14 vzoriek pôd a 9 vzoriek riečnych sedimentov.

I. – vodorozpusťná frakcia, II. – ionovymeniteľná a karbonátová frakcia, III. – redukovateľná frakcia,

IV. – organicko-sulfidická frakcia, V. – zvyšková frakcia. MIN – minimum, MAX – maximum, x – aritmetický priemer.

Tab. 8 Obsah potenciálne toxických prvkov vo vzorkách zeleniny zo Zlatej Idky (wet mass).

Miesto odberu	Zelenina	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Zn
LV		0,5	0,1	0,5	10	0,05		0,5	1	0,3	10
Č. d. 239	kaleráb	0,50	0,011	0,13	0,76	0,000 48	<0,05	0,38	0,2	<0,03	2,06
Č. d. 56	mrkva	1,50	0,023	0,16	0,75	0,001 07	<0,05	0,10	3,2	0,73	2,94
	cvikla	1,38	0,032	<0,05	0,78	0,000 43	<0,05	<0,05	0,5	0,43	3,79
Č. d. 57	mrkva	0,98	0,015	0,13	0,98	0,000 68	<0,05	0,07	1,3	0,06	2,15
	cvikla	0,84	0,009	<0,05	1,02	0,000 43	<0,05	<0,05	0,3	0,21	7,92
Č. d. 31	kaleráb	0,54	0,017	0,07	0,38	0,000 50	0,06	<0,05	0,2	0,17	1,87
	mrkva	0,73	0,029	0,12	1,79	0,001 28	<0,05	0,14	0,2	0,11	2,70
	cvikla	1,27	0,215	0,05	1,80	0,001 13	<0,05	0,07	0,5	0,64	9,63
Č. d. 157	kaleráb	0,35	0,010	<0,05	0,61	0,000 40	0,05	0,08	<0,1	0,08	2,11
	mrkva	0,47	0,014	0,12	1,00	0,000 90	<0,05	0,19	0,2	0,14	3,35
	petržlen	0,74	0,015	0,09	1,67	0,001 39	<0,05	0,17	<0,1	0,14	4,06
Č. d. 200	kaleráb	0,24	0,018	0,11	0,41	0,000 28	0,09	0,07	0,1	0,03	2,17
	cvikla	0,53	0,023	0,05	2,22	0,000 37	<0,05	<0,05	0,1	0,08	8,34

Poznámka: Údaje v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

LV – limitné hodnoty podľa Anon, 1996.

Tab. 9 Základná charakteristika obsahu As v biologických materiáloch obyvateľov Zlatej Idky.

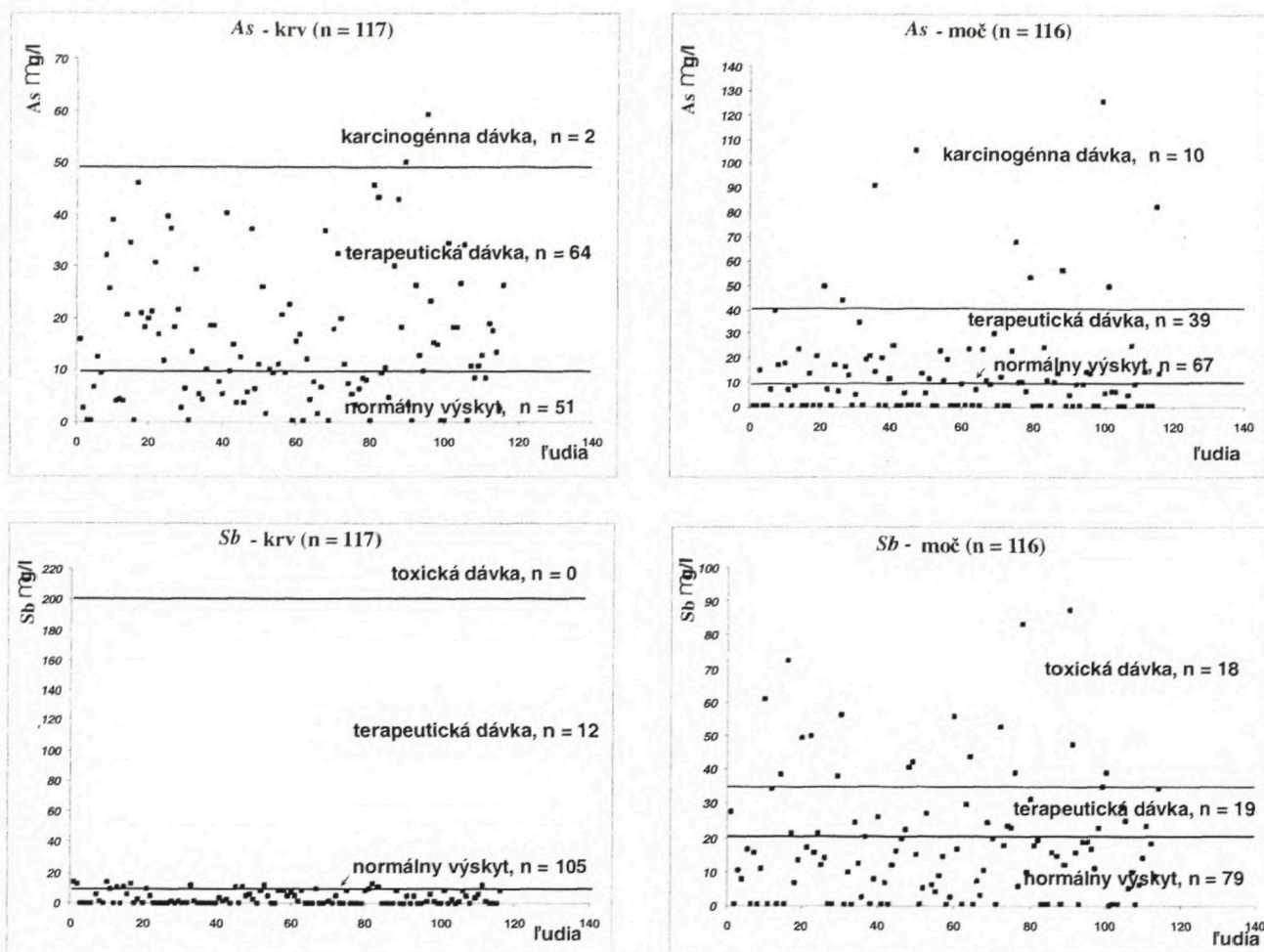
Materiál	n	Aritmetický priemer	Medián	MIN	MAX	LV	TRD	CaD
Vlasy	71	379,1	255,7	17,3	3 051,5	<25	*	>25
Nechty	73	3 179,2	1 598,6	215,9	16 671,0	<1,08	*	>1,08
Moč	116	15,8	12,0	0,8**	59,2	<10	10 – 39	>40
Krv	117	16,3	7,0	2,3**	125,4	<10	10 – 49	>50

Poznámka: Údaje v $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ (krv a moč) a $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (vlasy a nechty), n – počet vyšetrených respondentov, LV – limitná hodnota pre normálny výskyt, * – vo svete doteraz nezavedený limit, resp. nám nie je známy, TRD – terapeutická dávka, CaD – karcinogénna dávka, limitné hodnoty pre vlasy, nechty a moč podľa Anon, 1998a, pre krv podľa Anon, 1998b, **MIN pre moč a krv predstavuje 1/2 detekčného limitu.

Tab. 10 Základná charakteristika obsahu Sb v biologických materiáloch obyvateľov Zlatej Idky.

Materiál	n	Aritmetický priemer	Medián	MIN	MAX	LV	TRD	TXD
Vlasy	71	357,4	221,0	30,9	5 072,8	*	–	
Nechty	73	1 140,5	473,7	123,8	15 225,6	*		
Moč	116	18,8	14,3	1,3	87,7	<20	20 – 34	>35
Krv	117	3,8	1,1	0,34	14,2	<10	10 – 199	>200

Poznámka: Údaje v $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ (krv a moč) a $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (vlasy a nechty), n – počet vyšetrených respondentov, LV – limitná hodnota pre normálny výskyt, * – vo svete doteraz nezavedený limit, resp. nám nie je známy, TRD – terapeutická dávka, TXD – toxická dávka, limitné hodnoty pre vlasy, nechty a moč podľa Anon, 1998a, pre krv podľa Anon, 1998b, **MIN pre moč a krv predstavuje 1/2 detekčného limitu.



Obr. 3 Obsah AS a SB v krvi a moči obyvateľov obce Zlatá Idka.

Medicínsky výskum

V rámci medicínskeho výskumu v obci Zlatá Idka sa sledovala koncentrácia As a Sb v biologických materiáloch u cca 120 obyvateľov obce vo veku od 10 do 90 rokov, t. j. približne u 1/3 trvalo žijúcej populácie. Odobrali a analyzovali sa vzorky krvi, moču, vlasov a nechťov. U všetkých členov vybraného súboru (náhodným štatistickým výberom) sa vykonala lekárska prehliadka zameraná na celkový zdravotný stav, stav ústnej dutiny a chrupu a vyhľadávanie pigmentových zmien na koži. Vzorky odobraných biologických materiálov sa analyzovali v Štátnom zdravotnom ústave v Košiciach metódou AAS v grafitovej peci, priamo, bez mineralizácie vzoriek (SpectrAA Zeeman 220, firma Varian).

Obyvatelia boli dopredu oboznámení s cieľom výskumných prác a projektu poskytol všestrannú pomoc aj miestny samosprávny orgán. Napriek tomu sa nepodarilo získať kompletne výsledky od všetkých vybraných 120 obyvateľov, a to tak z objektívnych dôvodov (strach detí z vpichu, vlasy od lysých, moč od žien v menštruačnom cykle, migrácia obyvateľstva, ...), ako aj zo subjektívnych príčin (nedisciplinovanosť obyvateľov pri odovzdávaní vlasov a nechťov).

Počet získaných vzoriek od respondentov bol takýto: krv 117 obyvateľov, moč 116 obyvateľov, vlasy 71 obyvateľov, nechty 73 obyvateľov. Výsledky vyšetrov

obsahu As a Sb v biologických materiáloch sledovaného súboru obyvateľov Zlatej Idky sú uvedené v tabuľkách 9 a 10 a na obrázku 3.

Na sledovanie vzťahov medzi obsahom toxických prvkov (As a Sb) v biologických materiáloch ľudí a pôdach záhrad sa použil Spearmanov korelačný koeficient. V prípade, keď v jednej domácnosti sa sledovalo viacero respondentov, použila sa tá istá hodnota koncentrácie prvku v pôde. Hodnoty Spearmanových korelačných koeficientov spolu s hladinou významnosti α sú uvedené v tabuľke 11.

Potenciálny vplyv z kontaminácie životného prostredia toxickými prvkami na zdravotný stav obyvateľstva v obci Zlatá Idka bol vyjadrený výpočtami zdravotného rizika. Zdravotné riziko sa počítalo z pôdy a podzemnej vody (pitná voda) z priemerných hodnôt pre celú obec (tab. 2 a 4). Výpočty sa robili dvomi spôsobmi, a to metódikou US EPA (Anon, 1999) a výpočtom Hazard Quocient (HQ = ADD/RfD) podľa slovenských metodických pokynov (Anon, 2001) pre pitné vody. Pri výpočtoch sa uvažovalo s celoživotným príjmom (70 r.), hmotnosťou človeka 70 kg a vstupnou cestou do organizmu ingesciou. Do úvahy sa bral priemerný denný príjem pitnej vody 2 l. Výsledky výpočtov zdravotného rizika (karcinogénnych aj chronických účinkov) podľa jednotlivých zložiek sú uvedené v tabuľkách 12, 13 a 14. Na hodnotenie úrovne karcinogénneho rizika (rizika prírastku rakovinových

ochorení) sa v zmysle US EPA (Anon, 1999) použila nasledujúca 5-stupňová hodnotiaci škála:

Stupeň rizika	Vypočítaný vznik prípadov rakovinových ochorení	Riziko vzniku rakovinových ochorení
1	<1 na 1 000 000 obyvateľov	veľmi nízke
2	>1 na 1 000 000 obyvateľov <1 na 100 000 obyvateľov	nízke
3	>1 na 100 000 obyvateľov <1 na 10 000 obyvateľov	stredné
4	>1 na 10 000 obyvateľov <1 na 1 000 obyvateľov	vysoké
5	>1 na 1 000 obyvateľov	veľmi vysoké

Úroveň chronického rizika sa hodnotila v zmysle US EPA (Anon, 1999) nasledujúcou štvorstupňovou hodnotiacou škálou podľa veľkosti pomeru ADD/RfD.

Stupeň rizika	ADD/RfD	Riziko vzniku chronických ochorení
1	≤ 1	bez rizika
2	$>1 \leq 5$	nízke
3	$>5 \leq 10$	stredné
4	>10	vysoké

Pri výpočte HQ nekarcinogénneho rizika z vody sa hodnota $HQ > 1$ považuje za prítomnosť rizika. Ako cesta vstupu kontaminantov do organizmu sa uvažovala ingescia. Uvažovalo sa s denným príjmom vody 2 litre.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Ako je zrejmé z mapy ohodnotenia environmentálneho rizika obce Zlatá Idka (obr. 2), celá oblasť obce a jej bezprostredného okolia sa vyznačuje veľmi vysokým ($I_{ER} > 5$) až extrémne vysokým ($I_{ER} > 100$) environmentálnym rizikom z kontaminácie geologických zložiek životného prostredia. Najintenzívnejšie je táto kontaminácia zdokumentovaná v prípade pôd a riečnych sedimentov. Pokiaľ ide o tieto zložky, prakticky celé územie obce Zlatá Idka sa vyznačuje len veľmi vysokým ($I_{ER} > 5$) a extrémne vysokým ($I_{ER} > 100$) environmentálnym rizikom. V prípade podzemných a povrchových vôd v sv. časti územia je zastúpené aj nízke ($I_{ER} \leq 1$) a stredné ($I_{ER} < 3$) environmentálne riziko. Ako je zrejmé z uvedenej mapy, priamo pre obývanú časť obce je však charakteristické vysoké až extrémne vysoké ER, a to vo všetkých štyroch hodnotených zložkách geologického prostredia. Uvedené environmentálne riziko je podmienené najmä obsahom As a Sb. Tieto dva prvky v prípade pôd vo všetkých analyzovaných vzorkách prekračujú limitné hodnoty pre neznečistené prostredie. V prípade riečnych sedimentov obsah As prekračuje limitnú hodnotu ($29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) vo vyše 60 % vzoriek a v prípade Sb ($3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) vo vyše 84 % vzoriek. As a Sb predstavujú najrizikovejšie prvky aj v prípade podzemných vôd (približne 1/3 vzoriek prekračuje limitné hodnoty). Z ďalších potenciálne toxických kovov pozorujeme v oblasti Zlatej Idky zvýšený obsah Cu, Hg, Pb a Cd, a to v pôdach a v riečnych sedimentoch (pozri tab. 2 a 3).

Mobilita a bioprístupnosť dvoch najkritickejších prvkov lokality – As a Sb – v pôdach a riečnych sedimentoch sa sledovala pomocou 5-krokovej sekvenčnej extrakcie (tab. 7), na základe ktorej sa celkový obsah toxických prvkov rozdelil na päť frakcií: 1. vodorozpustná, 2. iónovymeniteľná a karbonátová, 3. redukovateľná, 4. organiko-sulfidická, 5. zvyšková. Za bezprostredne bioprístupné možno považovať prvé dve frakcie a piatu frakciu (zvyškovú) možno považovať za stabilnú. Bioprístupnosť 3. a 4. frakcie je obmedzená. Môže byť podmienená výraznými zmenami termodynamických podmienok (pH, teplota, oxidačno-redukčný potenciál). Pri sledovaných prvkoch najvýraznejšie zastúpená je 5. frakcia (v prípade Sb okolo 90 %, As okolo 50 %). V prípade As je výrazne zastúpená ešte 3., redukovateľná frakcia (okolo 38 %). Aj keď relatívne mobilné a bioprístupné prvé dve frakcie predstavujú v priemere len 2,5 – 4 % z celkového obsahu As a Sb, aj tieto relatívne nízke podiely sledovaných prvkov v týchto dvoch prvých frakciách v absolútnom obsahu v priemere prevyšujú limitné hodnoty environmentálnych štandardov pre dané prvky založené na ich celkovom obsahu. Na základe výsledkov testov akútnej toxicity (tab. 6) vo väčšine vzoriek pôd, riečnych sedimentov a podzemných vôd sa preukázalo nízke až stredne akútne ekotoxikologické riziko. Zvýšenú toxicitu v sledovaných vzorkách vôd, pôd a sedimentov takmer s určitou možnosťou spájať so zvýšeným obsahom potenciálne toxických prvkov, a to opäť najmä s As a Sb.

Zvýšený obsah toxických prvkov v geochemickom pozadí oblasti Zlatej Idky sa následne prejavuje aj v miestnej pestovanej zelenine zo záhrad pri rodinných domoch. Limitné hodnoty prípustného obsahu toxických prvkov v zelenine boli prekročené najmä v prípade As (v 9 zo sledovaných 13 vzoriek zeleniny) a čiastočne aj pri Sb (v 3 vzorkách), Pb (v 2 vzorkách) a Cd (v 1 vzorke). Potvrdený prestup potenciálne toxických prvkov z geologického prostredia do potravinového reťazca sa zrejme následne veľmi nepriaznivo odráža na zdravotnom stave obyvateľstva v obci Zlatá Idka. Miestni obyvatelia takmer výhradne konzumujú zeleninu a ovocie z vlastných záhrad.

Tab. 11 Spearmanove korelačné koeficienty a hladiny významnosti α medzi obsahom As a Sb v pôdach a biologických materiáloch obyvateľov v obci Zlatá Idka.

As		n	R	α
Pôda	krv	27	0,031	0,881
Pôda	moč	36	0,248	0,188
Pôda	nechty	24	0,698	0,000 1
Pôda	vlasý	25	0,295	0,157
Sb		n	R	α
Pôda	krv	14	0,241	0,393
Pôda	moč	22	0,146	0,534
Pôda	nechty	25	0,597	0,001
Pôda	vlasý	23	0,091	0,693

Poznámka: n – počet korelovaných párov, R – Spearmanov poradový korelačný koeficient; α – hladina významnosti.

Z výsledkov korelačnej analýzy (tab. 11) vyplýva, že vo viacerých prípadoch existuje štatistický významný vzťah medzi hodnotami obsahu As a Sb v pôde a v biologických materiáloch ľudí. Najvyššie hodnoty korelačných koeficientov sa zistili v prípade nechto (Sb 0,597, As 0,698). Na základe hodnôt hladín významnosti ich možno považovať za štatisticky vysoko preukázané.

Zvýšený obsah sledovaných toxických prvkov As a Sb bol zdokumentovaný aj v biologických materiáloch obyvateľov Zlatej Idky (tab. 9 a 10, obr. 3). Už aritmetické priemery oboch sledovaných prvkov, s výnimkou obsahu Sb v krvi, väčšinou veľmi výrazne prekračujú zavedené limitné hodnoty pre normálny výskyt. Priemerné hodnoty As a Sb v moči a As v krvi sú v rozsahu terapeutickkej dávky, ktorú je možné tolerovať len na krátky čas, ale pri prísnom sledovaní pacienta počas hospitalizácie v zdravotnom zariadení. Terapeutická dávka As bola prekročená u 33 % respondentov v moči a 54 % v krvi. Terapeutická dávka Sb bola prekročená u 16,4 % sledovaných respondentov v moči, v krvi prekročená nebola. Prakticky všetci sledovaní respondenti mali výrazne prekročenú limitnú karcinogénnu dávku As vo vlasoch a nechtoch. Jedine nález priemernej koncentrácie Sb v krvi možno považovať za normálny (10 % respondentov v rozmedzí terapeutickkej dávky, toxická dávka sa nezistila), bežne sa vyskytujúci v populácii viacerých krajín. Z uvedeného je zrejme, že nález toxických kovov v biologických materiáloch obyvateľstva v Zlatej Idke je pre bežnú populáciu netypický a neželateľný.

Z výpočtov zdravotného rizika vzniku rakovinových ochorení z príjmu As ingesciou z pôdy, vody a zeleniny (tab. 12, 13, 14) vyplýva, že v prípade vody a zeleniny sa zistil piaty, najvyšší stupeň rizika (veľmi vysoké riziko) a v prípade pôdy štvrtý stupeň (vysoké riziko). Stredné riziko chronických ochorení (tretí stupeň) vyplynulo z prítomnosti As v zelenine a nízke riziko chronických ochorení (druhý stupeň) sa vypočítalo z obsahu Sb (voda a zelenina), Hg a Cu (zelenina) a As vo vode. Netolerovateľné hodnoty HQ (väčšie ako jedna) z prítomnosti As a Sb boli zdokumentované vo vodách.

Z uvedeného je zrejme, že realizované výpočty zdravotného rizika z obsahu kontaminantov v geologickom prostredí preukázali, že obsah As a Sb predstavuje vysoké potenciálne zdravotné riziko a má zrejme priamy negatívny vplyv na zhoršený zdravotný stav obyvateľstva v Zlatej Idke. Ten, ako je to zrejme z tabuľky 1, vo veľkej väčšine zdravotných indikátorov vykazuje výrazne horšie parametre v porovnaní so slovenskými priemernými údajmi.

Záver

Realizovaným medicínsko-geochemickým výskumom v obci Zlatá Idka sa zdokumentovalo, že zvýšený obsah potenciálne toxických prvkov, najmä As a Sb, v geologickom prostredí (pôdy, vody, sedimenty) sa výrazne prejavuje aj v miestne pestovanej zelenine a v biologických materiáloch ľudí (krv, moč, vlasy, nechty) žijúcich v obci. Výpočtami zdravotného rizika ingesciou z pôdy, vody a zeleniny sa zdokumentovalo vysoké karcinogénne riziko z As a hodnoty HQ boli vyššie ako 1 v prípade As a Sb. Zvýšený obsah uvedených dvoch kovov v životnom prostredí obce má teda

Tab. 12

Prvok	Podľa US EPA (Anon 1999)				Podľa OUMZ SR (Anon 2001)							
	CC [mg/l]	RfD [mg/kg - deň]	ADD [mg/kg - deň]	ELChR	ChRL	CSF [mg/kg - deň]	ELCR	CRL	ADD [mg/kg - deň]	HQ [ADD/RfD]	ELCR	CRL
Pre priemerné obsahy pre obec												
As	0,0277	0,0003	0,00079	3E+00	2	1,5	1,1E-03	5	0,00079	2,638	1,2E-03	5
Cd	0,0002	0,001	0,0000057	6E-03	1	-	-	-	0,0000057	0,028	-	-
Cr	0,0010	1,0	0,000029	3E-05	1	-	-	-	0,000029	0,000029	-	-
Pb	0,0025	0,09	0,000071	8E-04	1	-	-	-	0,000071	0,000789	-	-
Hg	0,0002	0,0002	0,0000057	3E-02	1	-	-	-	0,0000057	0,0285	-	-
Se	0,0005	0,005	0,000014	3E-03	1	-	-	-	0,000014	0,0028	-	-
Cu	0,0012	0,0371	0,000034	9E-04	1	-	-	-	0,000034	0,001186	-	-
Zn	0,0187	0,3	0,00053	2E-03	1	-	-	-	0,00053	0,001767	-	-
Sb	0,0207	0,0004	0,00059	1E+00	2	-	-	-	0,00059	1,475	-	-
Pre priemerné obsahy v minulosti využívaných vodných zdrojov												
As	0,0670	0,0003	0,0019	6E+00	3	1,5	1,8E-01	5	0,0019	6,33	2,9E-03	5
Sb	0,0304	0,0004	0,00087	2E+00	2	-	-	-	0,00087	2,175	-	-

Poznámka: CC – koncentrácia kontaminanta (contaminant concentration), RfD – referenčná dávka (reference dose), ADD – priemerná denná dávka (average daily dose), ELChR – celoživotné riziko prírastku chronických ochorení (excess lifetime chronic noncancerogenous risk), ChRL – stupeň chronického rizika (chronic risk level), CSF – smerný faktor rakoviny (cancer slope factor), ELCR – celoživotné riziko prírastku rakovinových ochorení (excess lifetime cancer risk), CRL – stupeň rakovinového rizika (cancer risk level), HQ – koeficient rizika (hazard quotient).

Tab. 12 Výpočet zdravotného rizika z podzemných vôd (ingesciou) v oblasti Zlatej Idky.

Tab. 13 Výpočet zdravotného rizika z pôd (ingesciou) v oblasti Zlatej Idky.

Podľa US EPA (Anon, 1999)								
Prvok	CC [mg/kg]	RfD [mg/kg-deň]	ADD [mg/kg-deň]	ELChR	ChRL	CSF [mg/kg-deň]	ELCR	CRL
Pre priemerný obsah za obec								
As	892,69	0,000 3	0,000 076	3E - 01	1	1,5	1,04E - 04	4
Cd	2,796	0,001	0,000 000 24	2E - 04	1	-	-	-
Cr	69,43	1,0	0,000 005 9	6E - 06	1	-	-	-
Pb	1 283,1	0,09	0,000 11	1E - 03	1	-	-	-
Hg	3,704	0,000 2	0,000 000 31	2E 03	1	-	-	-
Se	0,070	0,005	0,000 000 06	1E - 06	1	-	-	-
Cu	156,67	0,037 1	0,000 013	4E - 04	1	-	-	-
Zn	66,80	0,3	0,000 005 7	2E - 05	1	-	-	-
Sb	818,75	0,000 4	0,000 07	2E - 01	1	-	-	-

Poznámka: CC – koncentrácia kontaminantu (contaminant concentration), RfD – referenčná dávka (reference dose), ADD – priemerná denná dávka (average daily dose), ELChR – celoživotné riziko prírastku chronických ochorení (excess lifetime chronic noncarcinogenous risk), ChRL – stupeň chronického rizika (chronic risk level), CSF – smerný faktor rakoviny (cancer slope factor), ELCR – celoživotné riziko prírastku rakovinových ochorení (excess lifetime cancer risk), CRL – stupeň rakovinového rizika (cancer risk level), HQ – koeficient rizika (hazard quocient).

Tab. 14 Výpočet zdravotného rizika zo zeleniny (prepočítané z obsahu kontaminantov v pôde) v oblasti Zlatej Idky.

Podľa US EPA (Anon, 1999)									
Prvok	CCs [mg/kg]	CCv [mg/kg]	RfD [mg/kg-deň]	ADD [mg/kg-deň]	ELChR	ChRL	CSF [mg/kg-deň]	ELCR	CRL
Pre priemerný obsah za obec									
As	892,69	0,774 6	0,000 3	0,001 8	6E + 00	3	1,5	3,2E - 03	5
Cd	2,796	0,033 1	0,001	0,000 122	1E - 01	1	-	-	-
Cr	69,43	0,074 1	1,0	0,000 082	8E - 05	1	-	-	-
Pb	1 283,1	0,537 0	0,09	0,003 6	4E - 02	1	-	-	-
Hg	3,704	0,000 72	0,000 2	0,000 225	1E + 00	2	-	-	-
Cu	156,67	1,090 0	0,037 1	0,037 3	1E + 00	2	-	-	-
Zn	66,80	4,084 0	0,3	0,015 9	5E - 02	1	-	-	-
Sb	818,75	0,216 9	0,000 4	0,000 43	1E + 00	2	-	-	-

Poznámka: CC – koncentrácia kontaminantu (contaminant concentration), RfD – referenčná dávka (reference dose), ADD – priemerná denná dávka (average daily dose), ELChR – celoživotné riziko prírastku chronických ochorení (excess lifetime chronic noncarcinogenous risk), ChRL – stupeň chronického rizika (chronic risk level), CSF – smerný faktor rakoviny (cancer slope factor), ELCR – celoživotné riziko prírastku rakovinových ochorení (excess lifetime cancer risk), CRL – stupeň rakovinového rizika (cancer risk level), HQ – koeficient rizika (hazard quocient).

priamy negatívny vplyv na zdravotný stav obyvateľov. Zdravotný stav obyvateľov obce Zaltá Idka v porovnaní s celoslovenskými priemernými parametrami vykazuje výrazne zhoršené hodnoty prakticky vo všetkých zdravotných indikátoroch.

Jedno z prvých opatrení na zlepšenie zdravotného stavu obyvateľstva v obci Zlatá Idka bolo vybudovanie úpravne na čistenie pitnej vody v obci (odstránenie As a Sb). Obyvateľstvo bolo informované o vysokej kontaminácii pôdy v záhradách a o jej nevhodnosti na pestovanie zeleniny na samozásobovanie. Obyvatelia boli upozornení na vysoké environmentálne a zdravotné riziko z materiálov hľad, odkalísk a úpravni rúd a o nevhodnosti použitia týchto materiálov na vyrovnávanie a úpravu terénnych nerovností v záhradách a okolí rodinných domov.

Preukázaný významný vzťah medzi obsahom potenciálne toxických prvkov v geologickom prostredí, pestovanej zelenine a biologických materiáloch miestneho obyvateľstva sa následne využije pri regionálnych a celoslovenských výskumoch. Uvedené metodické postupy

hodnotenia vplyvu kontaminácie geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva poskytujú možnosť včasného objavenia zdravotných rizík. Aj keď sa im nebude dať úplne predísť, aspoň sa budú dať minimalizovať ich možné následky.

Literatúra

- Anon, 1994: Commision regulation (EC) No 1488/94 of 28 June 1994 laying down the principles for the assessment of risk to man and the environment of existing substances in accordance with Council Regulation (EEC) No 793/93 (text with EEA relevance). Official journal No L 161, 29/06/1994, 0003 - 0011.
- Anon, 1994a: 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). Bratislava, MP SR, 1994.
- Anon, 1996 Výnos Ministerstva pôdohospodárstva a Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 981/1996 - Potravinový kódex Slovenskej republiky.

- Anon, 1998: Metodický pokyn MŽP SR č. 623/98-2 na postup hodnotenia a riadenia rizík.
- Anon, 1998a: World Health organization (WHO). Guidelines for drinking water quality, 2nd ed., Vol. I. Recommendations. Geneva, s. 8 – 50.
- Anon, 1998b: London Health Sciences Centre Foundation, Ontario, Canada – Guidelines for the interpretation of analytical toxicology results and unit of measurement conversion factors.
- Anon, 1999: United States Environmental Protection Agency (US EPA) – A Risk Assessment – Multiway exposure spreadsheet calculation tool.
- Anon, 2001: Odborné usmernenie MZ SR, HH SR na posudzovanie miery prijateľného zdravotného rizika v súvislosti s určením najvyššej medznej hodnoty kvality pitnej vody orgánom na ochranu zdravia pri posudkovej činnosti č. 5448/2001-Há. Bratislava, 2001.
- Anon, 2002: Vyhláška MZ SR 29/2002 Z. z. z 9. januára 2002 o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody.
- Bajaník, S., Ivanička, J., Mello, J., Reichvalder, P., Pristaš, J., Snopko, L., Vozár, J. a Vozárová, A., 1984: Geological Map of the Slovenské Rudohorie Mts. – Eastern part. Regional Geological Maps of Slovakia 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Cicmanová, S. a Rapant, S., 2002: Zhodnotenie potenciálneho vplyvu geochemického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva v oblasti SGR – lokalita Zlatá Idka. Čiastková záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Dietzová, Z., 2003: Odhad zdravotného rizika u obyvateľov obce Zlatá Idka z arzenu a antimónu prítomného v životnom prostredí. Manuskript. Košice, SZÚ.
- Husár, M., 1993: Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia – Hornádska kotlina a východná časť Slovenského rudohoria. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Letkovičová, M., Stehlíková, B., Smatanová, K. a Ďurov, M., 2001: Analýza indikátorov demografického vývoja a zdravotného stavu obyvateľstva SGR. Čiastková záverečná správa. Manuskript. Nitra, Environment.
- Lučivjanská, V. a Cicmanová, S., 2002: Ekotoxikologická charakteristika rizikových oblastí. Čiastková záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Mackových, D., Cicmanová, S. a Pramuka, S., 2002: Stanovenie foriem výskytu vybraných toxických prvkov. Čiastková záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Rapant, S., Bodiš, D., Mackových, H., Mjartanová, H., Čížek, V. a Pramuka, S., 1998: Zhodnotenie potenciálneho vplyvu geochemického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva v oblasti SGR. Projekt geologických prác. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Rapant, S., Rapošová, M., Bodiš, D., Marsina, K. a Slaninka, I., 1999: Environmental-geochemical mapping program in the Slovak Republic. In: Journal of Geochemical Exploration, č. 66, s. 151 – 158.
- Rapant, S., Khun, M., Jurkovič, L. a Letkovičová, M., 2002: Potential Influence of Geochemical Background on the Health State of Population of the Slovak Republic. In: Slovak Geol. Mag., roč. 8, č. 2, s. 137 – 145.
- Rapant, S., 2002: Výpočet a mapové vyjadrenie environmentálneho rizika z kontaminácie geologického prostredia Slovenskej republiky. In: Zborník ref. Geochémia. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, s. 18 – 23.
- Rozložník, O., 1984: SGR – Sb – Poproč. ZS VP. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Sláma, M., 1999: Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia regiónu Jelšava – Lubeník – Hnúšťa v mierke 1 : 50 000. ZS. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Stupák, Š., Čurlík, J., Pramuka, S., Bajtoš, P., Petro, L., Bezák, J. a Lučivjanský, L., 2002: Súbor máp geologických faktorov životného prostredia v povodí Slanej. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

