

Vplyv geologickej zložky životného prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky

STANISLAV RAPANT¹, VERONIKA CVEČKOVÁ¹, ZUZANA DIETZOVÁ²,
KATARÍNA FAJČÍKOVÁ¹, MÁRIA LETKOVIČOVÁ³, DARINA SEDLÁKOVÁ⁴

¹Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 814 04 Bratislava

²Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Košiciach, Ipelská 1, 040 11 Košice

³Environment, a. s., Nitra, Dlhá 108, 949 07 Nitra

⁴Kancelária WHO na Slovensku, Limbová 2, 837 52 Bratislava

The impact of geological environment on health status of residents of the Slovak Republic

Extensive environmental-geochemical mapping of the Slovak Republic performed from the 1990s has created scientific premise for the initiation of medical-geochemical researches. These researches were progressively realized in three contaminated areas of the Slovak Republic. In these three regions, entire pathway – geological environment (mainly soils and groundwater), food chain (mainly locally grown vegetables) and biomonitoring (risk elements in hair and nails), was analysed. Further, the health status of residents (health indicators) in relation to the contamination of geological environment was assessed.

These regional researches encouraged the realization of national project “Environmental and health indicators of the Slovak Republic” (2007–2010). Within this project, the datasets of environmental (average values of chemical elements/compounds in groundwater and soil) and health indicators (indicators of demographic evolution and health status of population) were compiled for all Slovak municipalities (about 2900) in the table as well as map forms. Further, linking of these two datasets was realized, mainly through the use of artificial network (neural network). The results indicate that naturally conditioned levels of chemical elements, mainly macro-elements (Ca, Mg, Na, Al, K, SiO₂, carbonate in soils, ...) have greater influence on health status of residents of the Slovak Republic than potentially toxic elements (As, Sb, Hg, Cu, Se, ...). This fact, which is in contradiction with present knowledge, is set up as the main aim to be solved by the new project: *The impact of geological environment on health status of residents of the Slovak Republic (Geohealth) – LIFE 10 ENV/SK/086*, which ŠGÚDŠ as project implementer started to solve from September 2011. Within this project, the impact of anthropogenic contamination (mainly by potentially toxic elements) on health status of Slovak residents will be analysed and assessed. The emphasis will be put mainly on the impact of various character of geological environment (crystalline complexes, Paleozoic and Mesozoic rocks, Neogene volcanics, Neogene and Quaternary sediments) and various geochemical background on health status of residents of the Slovak Republic.

Key words: medical geology, environmental indicators, health indicators, geology and health status of inhabitants

Úvod

Geologické prostredie, najmä horniny a minerály, je hlavnou zložkou životného prostredia povrchu našej planéty. Horniny a minerály sú prírodným zdrojom väčšiny chemických prvkov, ktoré sa vplyvom prírodných, resp. antropogénnych faktorov uvoľňujú často vo zvýšených koncentráciách do ostatných zložiek životného prostredia, s ktorými je človek v bezprostrednom kontakte (vody, pôdy, sedimenty, biota). Obsah chemických prvkov môže byť vo vzťahu k ľudskému zdraviu buď v deficite, alebo v nadbytku. Na úrovni súčasného poznania je možné obidva prípady pri určitej skupine prvkov považovať z hľadiska ľudského zdravia za nepriaznivé. Chemické prvky z hľadiska ich vplyvu na ľudské zdravie môžeme rámcovo rozdeliť na: 1. stavebné, 2.

esenciálne, 3. pravdepodobne esenciálne, 4. toxické, 5. zatiaľ bez známeho vplyvu (Kabata-Pendias a Pendias, 1992; Bencko et al., 1995; Adriano, 2001; Selinus et al., 2005).

Pôsobenie jednotlivých chemických prvkov na ľudský organizmus však veľmi výrazne závisí od ich koncentrácie v životnom (geologickom) prostredí. Napríklad zinok, meď, selén a ďalšie prvky považujeme za esenciálne, t. j. prvky, ktoré sú nevyhnutné na udržiavanie životných funkcií. Pri zvýšenej koncentrácii v geologickom prostredí sa však tieto esenciálne prvky stávajú toxickými a vyvolávajú celý rad chronických a karcinogénnych ochorení.

Veľmi dôležitou úlohou geologických vied je nájsť a odvodiť priaznivé hodnoty koncentrácie chemických prvkov v geologickom prostredí, ktoré pozitívne pôsobia na ľudské zdravie, a určiť limitné hodnoty koncentrácie

zdraviu škodlivých, resp. pre zdravie potrebných chemických prvkov (minimálne potrebné a maximálne prípustné hodnoty z hľadiska ľudského zdravia).

Geologická stavba územia Slovenskej republiky je veľmi rôznorodá. Jej odrazom je rozdielne geochemické pozadie, ktoré sa vyznačuje skladbou chemických prvkov buď priaznivých, alebo nepriaznivých z hľadiska ľudského zdravia. Problémom je aj relatívne výrazne rozšírená antropogénna kontaminácia, dokumentovaná na približne 10 % územia Slovenskej republiky. Tieto skutočnosti sa pomerne výrazne prejavujú na zdravotnom stave obyvateľstva. Na území Slovenskej republiky sa vyskytujú viaceré oblasti, resp. obce alebo skupiny obcí, kde je priemerná dĺžka života obyvateľstva o 3 – 5 rokov (často aj viac) kratšia a kde pozorujeme zvýšenú incidenciu rôznych ochorení (2 – 5-krát v porovnaní s ostatným územím Slovenskej republiky). Týka sa to najmä najzávažnejších ochorení, ako sú karcinogénne a kardiovaskulárne ochorenia. Ide predovšetkým o oblasti, ktoré môžeme spájať s antropogénne kontaminovanými územiami Slovenskej republiky, resp. o oblasti, kde pozorujeme nepriaznivé prírodné geologické prostredie z hľadiska obsahu chemických prvkov potrebných alebo toxických pre ľudské zdravie. Doterajšie výskumy (Rapant et al., 2010a) naznačujú, že existuje rozdielna vhodnosť geologického prostredia pre ľudský život. Najmä sedimentárne horniny a karbonáty sú zdrojom takej skladby chemických prvkov, ktorá je pre ľudské zdravie priaznivá. Na druhej strane, silikátové horniny – vulkanity, žuly a kryštallické bridlice – sa väčšinou vyznačujú deficitným obsahom chemických prvkov potrebných pre ľudské zdravie.

Toto sú dôvody, prečo sa problematika potenciálneho vplyvu geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva sleduje a rieši v ostatných rokoch regionálne aj celoslovensky v rámci výskumných úloh, ktoré zadáva sekcia geológie a prírodných zdrojov MŽP SR Štátnemu geologickému ústavu D. Štúra. V rámci tejto medicínsko-geochemickej problematiky Štátny geologický ústav D. Štúra riešil v poslednom období tri regionálne projekty a jeden celoslovenský projekt.

Čo sa týka regionálnych projektov, komplexne medicínsko-geochemicky sa študovali tri významné kontaminované oblasti Slovenskej republiky, a to Spišsko-gemerské rudohorie (Rapant et al., 2003; Rapant et al., 2009), oblasť Hornej Nitry (Bodiš et al., 2005; Krčmová a Rapant, 2007) a územie Štiavnických vrchov (Rapant et al., 2010b). Zamerali sme sa hlavne na sledovanie refazca – geologické prostredie (najmä voda a pôda), potravinový reťazec (najmä miestne pestovaná zelenina) a biomonitring (najmä sledovanie obsahu rizikových prvkov vo vlasoch a nechtoch obyvateľstva). Dávali sme do vzťahu ukazovatele demografického vývoja a zdravotného stavu obyvateľstva s kontamináciou geologického prostredia. V rámci celoslovenského projektu *Environmentálne a zdravotné indikátory Slovenskej republiky* (2007 – 2010) z celého územia Slovenskej republiky (zo všetkých asi 2 900 obcí, 79 okresov a 8 krajov) boli zostavené v tabulkovej a mapovej forme hodnoty environmentálnych indikátorov (priemerný obsah cca 35 chemických prvkov/zložiek)

v podzemnej vode a pôde (Rapant et al., 2010a). Takou istou formou z celého územia Slovenskej republiky bolo zostavených 100 ukazovateľov demografického vývoja zdravotného stavu obyvateľstva – zdravotných štatistických indikátorov. Tieto dve, na prvý pohľad veľmi rozdielne, databázy sme za použitia najmodernejších štatistických metód (neurónové siete) spájali a hľadali vzťahy medzi geologickým prostredím a zdravotným stavom obyvateľstva. Všetky údaje sú k dispozícii na internetovom portáli Štátného geologického ústavu D. Štúra www.geology.sk.

V nadväznosti na uvedený pilotný projekt celoslovenských medicínsko-geochemických prác bol vypracovaný a EÚ schválený projekt (v programe LIFE+): **Vplyv geologickej zložky životného prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky (LIFE 10 ENV/SK/086).**

Tento projekt (začiatok riešenia 1. 9. 2011) si dáva za cieľ riešiť obidva základné druhy vplyvu geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky, a to:

- vplyv antropogénnej kontaminácie geologického prostredia,
- vplyv prírodne podmieneného geologického prostredia.

V rámci projektu sa bude riešiť najmä problematika rozličnej vhodnosti rôznorodého geologického prostredia (kryštalínium, paleozoikum, neovulkanity, neogénne a kvartérne sedimenty) pre zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky.

Environmentálno-geochemické mapovanie Slovenskej republiky

Podkladom na začatie medicínsko-geochemického výskumu bolo rozsiahle environmentálno-geochemické mapovanie Slovenskej republiky. To jednoznačne začalo projektom „Výskum geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky“ (Vrana, 1992), v rámci ktorého bol zostavený Geochemický atlas Slovenskej republiky (6 dielov) a prvé geochemické mapy regiónov geofaktorov životného prostredia (v mierke 1 : 50 000), postupne zostavené takmer z 2/3 územia Slovenskej republiky. V rámci environmentálno-geochemického mapovania boli zostavené národné geochemické databázy pre všetky hlavné zložky geologického prostredia, a to: horniny, podzemné a povrchové vody, pôdy, riečne sedimenty, taktiež pre lesnú biomasu a pre rôzne parametre prírodnej rádioaktivity v pôdach a v prírodných vodách (Rapant et al., 1999).

Na základe výsledkov národných geochemických databáz bola spracovaná environmentálno-geochemická regionalizácia Slovenska (obr. 1). V rámci nej, najmä na základe obsahu potenciálne toxických prvkov v pôde, podzemnej vode a riečnych sedimentoch bolo definovaných päť základných úrovní životného prostredia Slovenskej republiky. Okrem toho sa vyčlenili a charakterizovali najviac kontaminované regióny Slovenska (Rapant et al., 2005).

Úroveň znečistenia obcí Slovenskej republiky je uvedená na internetovom portáli www.geology.sk.

Rôznu úroveň kontaminácie geologického prostredia územia Slovenskej republiky presvedčivo dokumentuje hodnota environmentálneho rizika z najmenej a najviac kontaminovaných obcí Slovenska. Obec Ruská Bystrá (okres Sobrance) má index environmentálneho rizika 0,06 a obec Závadka (okres Gelnica) má tento index 439,2.

Prehľad úrovne kontaminácie geologického prostredia Slovenskej republiky podľa jednotlivých okresov je v tabuľke 1. Jednotlivé okresy sú zoradené podľa stupňa znečistenia (indexu environmentálneho rizika) z kontaminácie pôdy, podzemnej vody a riečnych sedimentov a geologického prostredia v celku. Najnižšou úrovňou kontaminácie sa vyznačujú najmä okresy severného a severovýchodného Slovenska (Púchov, Námestovo, Nové Mesto nad Váhom) a najviac narušené životné prostredie majú najmä okresy s historickou ťažbou nerastných surovín (Spišská Nová

Ves, Gelnica). Obdobne je spracovaná aj úroveň stavu životného prostredia v jednotlivých obciach Slovenska (www.geology.sk).

Charakteristika zdravotného stavu obyvateľstva – zdravotné indikátory

Zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky je v našom výskume vyjadrený na základe zdravotných indikátorov – ukazovateľov demografického vývoja a zdravotného stavu obyvateľstva Slovenskej republiky. *Zdravotný indikátor* je premenná, ktorá umožňuje prostredníctvom priameho alebo nepriameho pozorovania vyjadrovať zdravotný stav osôb v spoločnosti. Zdravotný indikátor popisuje ucelenú časť obyvateľstva, určitú populáciu, napr. jednu obec. Je vždy zovšeobecňovaním

Tab. 1

Úroveň kontaminácie geologickej zložky životného prostredia v okresoch Slovenskej republiky (vyjadrené pomocou indexu environmentálneho rizika z kontaminácie geologického prostredia, Rapant et al., 2010a)

The contamination level of the geological component of the environment in the districts of the Slovak Republic (expressed through the index of environmental risk from contamination of geological environment, Rapant et al., 2010a)

Okres	I _{ER}	I _{ERpv}	I _{ERp}	I _{ERis}	Okres	I _{ER}	I _{ERpv}	I _{ERp}	I _{ERis}
1 Spišská Nová Ves	12,81	1,41	16,60	20,41	37 Vranov nad Topľou	1,35	2,30	0,44	1,30
2 Gelnica	12,74	2,38	23,59	12,24	38 Trnava	1,27	2,88	0,09	0,84
3 Šala	6,18	15,08	0,20	3,25	39 Detva	1,25	0,57	0,48	2,70
4 Banská Bystrica	5,28	1,58	6,49	7,76	40 Dolný Kubín	1,23	0,84	1,64	1,21
5 Banská Štiavnica	5,22	2,96	3,16	9,55	41 Snina	1,18	2,02	0,47	1,05
6 Galanta	4,99	11,45	0,14	3,37	42 Sobrance	1,17	2,97	0,10	0,44
7 Bratislava	4,04	10,64	0,25	1,23	43 Rimavská Sobota	1,16	2,65	0,27	0,57
8 Krupina	3,49	3,58	0,70	6,18	44 Stará Ľubovňa	1,14	0,56	1,37	1,50
9 Komárno	3,43	9,06	0,11	1,12	45 Brezno	1,11	0,92	1,09	1,31
10 Košice	3,41	3,80	1,32	5,11	46 Poltár	1,09	2,18	0,43	0,67
11 Michalovce	3,16	8,14	0,38	0,95	47 Zlaté Moravce	1,06	1,51	0,24	1,43
12 Nové Zámky	3,14	6,51	0,11	2,81	48 Revúca	1,06	1,85	0,56	0,77
13 Malacky	3,12	7,72	0,28	1,37	49 Topoľčany	1,04	1,81	0,18	1,12
14 Dunajská Streda	2,92	7,39	0,06	1,30	50 Ilava	1,02	0,22	0,60	2,23
15 Liptovský Mikuláš	2,73	5,84	0,93	1,43	51 Poprad	1,00	1,25	0,60	1,15
16 Žarnovica	2,65	2,35	2,08	3,52	52 Žilina	0,99	1,35	0,88	0,74
17 Prievidza	2,63	4,85	0,60	2,45	53 Martin	0,87	0,69	1,10	0,82
18 Trebišov	2,49	6,71	0,25	0,50	54 Humenné	0,83	1,61	0,51	0,37
19 Košice-okolie	2,47	2,43	2,02	2,95	55 Svidník	0,78	1,20	0,45	0,69
20 Prešov	2,32	2,99	0,84	3,12	56 Stropkov	0,78	1,65	0,20	0,48
21 Partizánske	2,30	2,91	0,26	3,72	57 Myjava	0,73	0,66	0,69	0,82
22 Hlohovec	2,26	4,29	0,14	2,33	58 Bardejov	0,71	1,27	0,37	0,50
23 Pezinok	2,10	3,22	0,75	2,32	59 Medzilaborce	0,71	0,68	0,78	0,67
24 Ružomberok	2,07	2,81	2,61	0,78	60 Bytča	0,68	0,87	0,56	0,62
25 Senec	2,05	2,80	0,06	3,30	61 Kežmarok	0,66	0,54	0,75	0,68
26 Žiar nad Hronom	1,97	0,94	2,37	2,61	62 Trenčín	0,65	0,90	0,34	0,71
27 Levice	1,93	3,84	0,25	1,72	63 Sabinov	0,63	0,73	0,70	0,46
28 Skalica	1,92	4,32	0,11	1,33	64 Bánovce nad Bebravou	0,62	1,37	0,15	0,34
29 Senica	1,90	4,83	0,20	0,68	65 Tvrdosín	0,60	0,86	0,41	0,53
30 Veľký Krtíš	1,84	4,60	0,12	0,82	66 Považská Bystrica	0,56	0,73	0,57	0,38
31 Rožňava	1,80	0,79	1,58	3,03	67 Čadca	0,55	0,35	0,41	0,90
32 Piešťany	1,68	3,21	0,34	1,50	68 Kysucké Nové Mesto	0,53	0,69	0,36	0,54
33 Nitra	1,67	3,06	0,06	1,89	69 Turčianske Teplice	0,50	0,28	0,77	0,44
34 Lučenec	1,41	3,15	0,17	0,93	70 Nové Mesto nad Váhom	0,49	0,77	0,34	0,35
35 Levoča	1,40	1,16	1,04	2,00	71 Námestovo	0,48	0,42	0,14	0,87
36 Zvolen	1,37	1,30	0,63	2,19	72 Púchov	0,42	0,29	0,31	0,65

Poznámka: I_{ERpv}, I_{ERp}, I_{ERis}, I_{ER} – indexy environmentálneho rizika pre podzemnú vodu, pôdu, riečne sedimenty a geologické zložky spolu.

Note: I_{ERpv}, I_{ERp}, I_{ERis}, I_{ER} – indexes of environmental risk for the groundwater, soil, stream sediments and geological components altogether.

a ako taký sa nikdy nezaobrá konkrétnym jedincom. Obvykle je zostavovaný ako určitá miera alebo pomer, aby sa dali porovnávať rôzne populácie, resp. rôzne obce/oblasti navzájom.

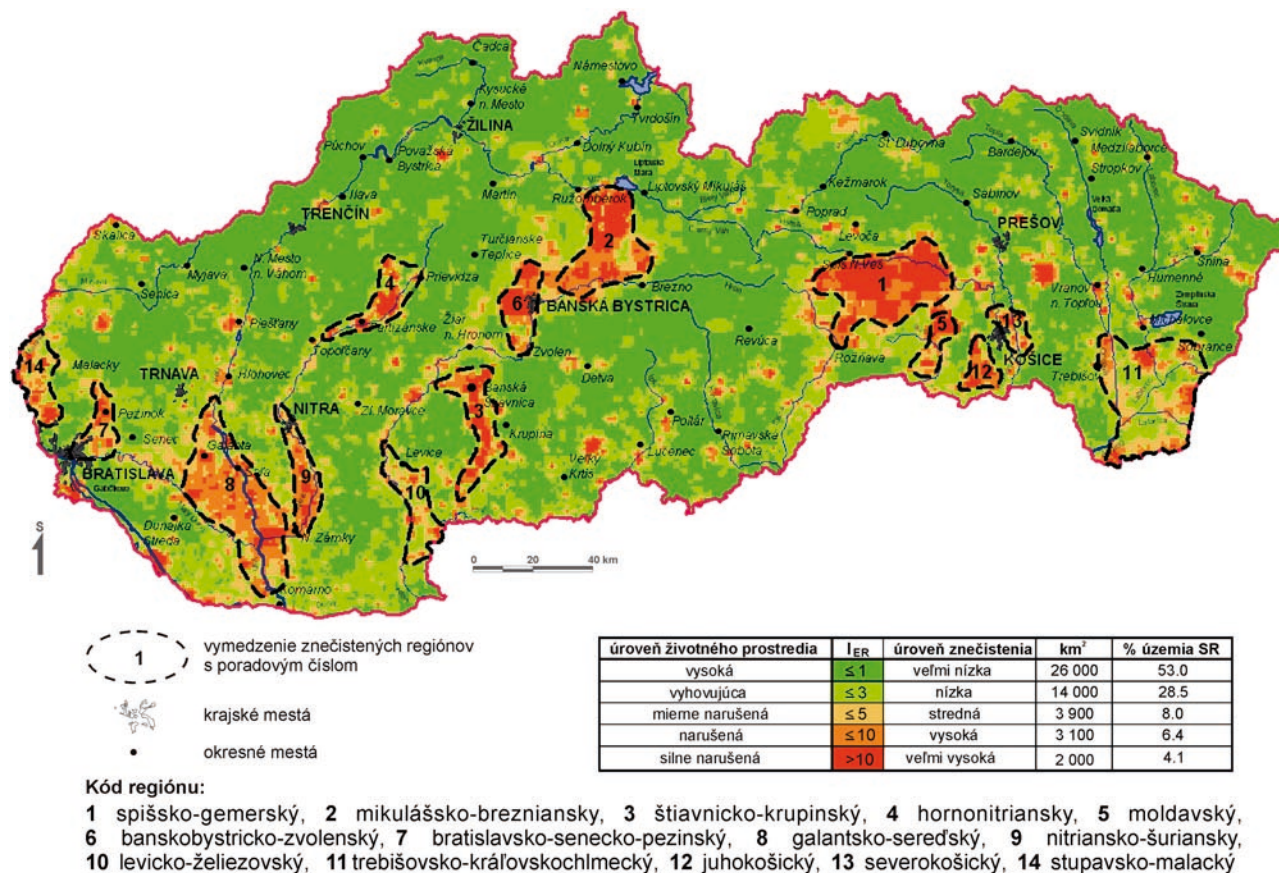
Všetky údaje použité pri našom výskume sú prevzaté z oficiálnych databáz Štatistického úradu Slovenskej republiky (prípadne z bývalého Československého štatistického ústavu). Použité boli priemerné údaje z rokov 1994 – 2003. Pri hodnotení zdravotného stavu obyvateľstva sme vychádzali len z týchto štátom garantovaných údajov. V prvom kroku sme spracovali 100 zdravotných indikátorov, ktoré mohli súvisieť so životným prostredím (geologické prostredie). Z týchto 100 indikátorov sme potom matematicko-štatistickými operáciami vybrali 30 najdôležitejších zdravotných indikátorov (tab. 2), ktoré preukázateľne najviac súviseli so životným prostredím. Distribúcia zdravotných indikátorov v jednotlivých obciach, resp. okresoch Slovenskej republiky je v mapovej aj databázovej forme zverejnená na internetovej stránke ŠGÚDŠ www.geology.sk (mapový server).

Úroveň zdravotného stavu obyvateľstva Slovenskej republiky (30 hlavných zdravotných indikátorov) môžeme sumárne najnázornejšie vyjadriť prostredníctvom fuzzy c-zhlukovej analýzy (obr. 2). V analýze sme modelovali slovný pojem „daj okresy s podobným stavom v 30 zdravotných indikátoroch do jedného zhluku“.

Slovensko je jasne rozdelené na horší juh a lepší sever. To odráža vyššiu úroveň kontaminácie geologického prostredia, resp. nepriaznivejšiu skladbu chemických prvkov v geologickom prostredí v južnej časti územia Slovenskej republiky. Najpriaznivejší zdravotný stav obyvateľstva je charakteristický pre okresy s najpriaznivejším geologickým prostredím a najmenšou mierou kontaminácie (Tvrdošín, Bardejov, Trenčín). Naproti tomu najhorší zdravotný stav obyvateľstva je zaznamenaný v okresoch s najnepriaznivejším geologickým prostredím, resp. v okresoch s najväčšou mierou kontaminácie (Krupina, Detva, Banská Štiavnica).

Odhad zdravotného rizika z kontaminácie geologického prostredia Slovenskej republiky

Na základe environmentálnej expozície ľudí žijúcich v kontaminovaných oblastiach so zvýšeným obsahom prvkov/zložiek prostredníctvom ich kontaktu (ingescia, orálna expozícia) s kontaminovanými podzemnými vodami/pôdami sa vyjadruje potenciálny vznik rakovinových a chronických ochorení (zdravotné riziko). Metodika výpočtu odhadu zdravotného rizika z obsahov prvkov/zložiek v geologickom prostredí bola prevzatá z US EPA (United States Environmental Protection Agency 1989, 1997, 2004, 2005, 2008, 2009).

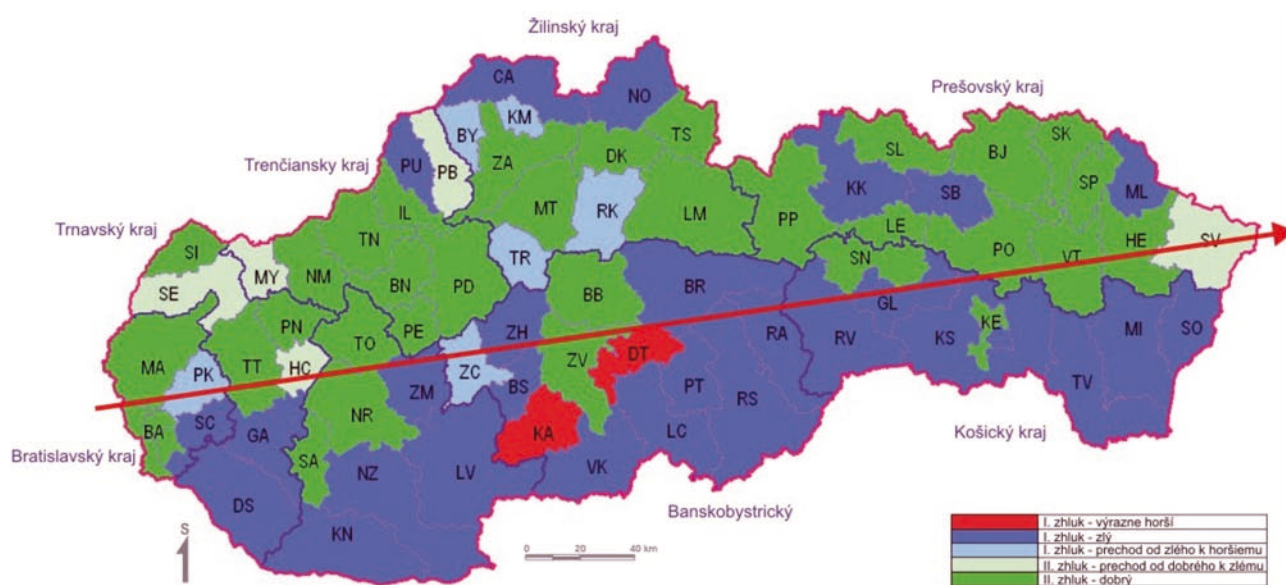


Obr. 1. Environmentálno-geochemická regionalizácia Slovenskej republiky (Rapant, 2005).

Fig. 1. Environmental-geochemical regionalization of the Slovak Republic (Rapant, 2005).

Tab. 2
Zoznam 30 najdôležitejších zdravotných indikátorov
The list of 30 the most significant health indicators

	Skratka	Obsah	Skupina
1	DOZM	očakávané dožitie mužov pri narodení	vekové charakteristiky
2	DOZZ	očakávané dožitie žien pri narodení	
3	V60A	podiel obyvateľstva vo veku 60 a viac rokov	
4	V85A	podiel obyvateľstva vo veku 85 a viac rokov	
5	BIR	hrubá pôrodnosť	reprodukčné zdravie
6	GFR	generálna miera fertility (plodnosť)	
7	POD	podiel detí s nízkou pôrodnou hmotnosťou	
8	SPOT	podiel spontánnych potratov	
9	HUM	hrubá úmrtnosť mužov	úmrtnosť
10	HUZ	hrubá úmrtnosť žien	
11	SMRV	nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť	
12	SMRM	nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť mužov	
13	SMRZ	nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť žien	
14	PUM	podiel predčasných úmrtí mužov	predčasná úmrtnosť
15	PUZ	podiel predčasných úmrtí žien	
16	PUSBU	podiel predčasných úmrtí z prirodzených príčin	
17	PYLL1M	počet PYLL (potenciálne roky strateného života) na 1 úmrtie muža	
18	PYLL1Z	počet PYLL na 1 úmrtie ženy	
19	PYLL100	počet PYLL na 100 000 obyvateľov	
20	PYLLC	počet PYLL zo zhubných nádorov na 100 000 obyvateľov	
21	REC	relatívna úmrtnosť na zhubné nádory	relatívna úmrtnosť
22	REE	relatívna úmrtnosť na choroby žliaz s vnútorným vylučovaním a metabolizmu	
23	REI	relatívna úmrtnosť na kardiovaskulárne choroby	
24	SMRC	SMR – zhubné nádory	nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť
25	SMRC1526	SMR – zhubné nádory tráviacej sústavy	
26	SMRC3039	SMR – zhubné nádory dýchacej sústavy	
27	SMRI2125	SMR – srdcové infarkty	
28	SMRI6364	SMR – mozgové porážky a infarkty	
29	SMRJ	SMR – dýchacia sústava (okrem nádorov)	
30	SMRK	SMR – tráviaca sústava (okrem nádorov)	

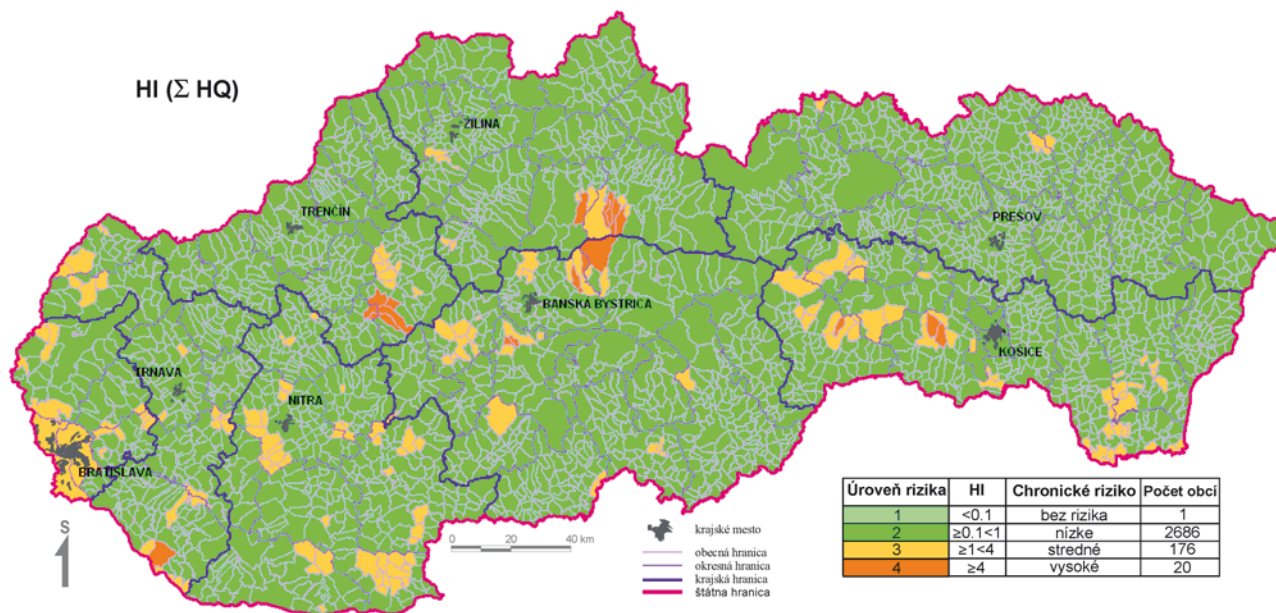


Obr. 2. Zdravotný stav obyvateľstva na Slovensku ako 30-rozmerná fuzzy c-zhluková analýza (Rapant et al., 2010a).

Fig. 2. Health status of Slovak residents expressed through 30-dimensional fuzzy c-cluster analysis (Rapant et al., 2010a).

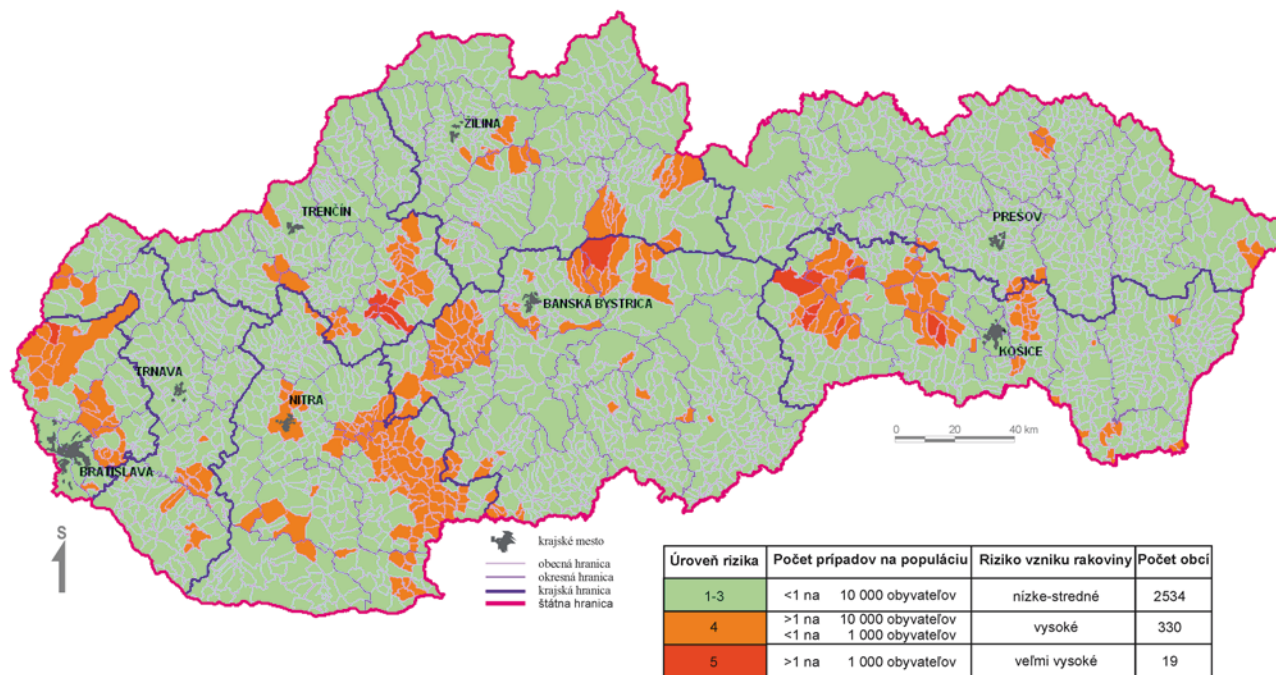
Metodika transformácie výpočtu odhadu zdravotného rizika do mapovej formy je podľa Rapanta et al., 2009, 2010a. Upozorňujeme však, že do výpočtov odhadu zdravotného rizika z obsahov prvkov v geologickom prostredí (podzemné vody, pôdy) boli brané do úvahy prakticky len potenciálne

toxické prvky (As, B, Ba, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se a Zn). Z makroprvkov/makrozložiek boli zahrnuté do výpočtov len NO_3 (podzemná voda) a Mn (pôdy aj podzemná voda). Len pre ne existujú referenčné dávky. Do výpočtov a mapového vyjadrenia odhadu zdravotného rizika neboli zahrnuté



Obr. 3. Odhad rizika vzniku chronických ochorení z celkovej kontaminácie podzemnej vody (As, Ba, Cd, Cu, F, Hg, Mn, N- NO_3 , Pb, Sb, Se, Zn) pre dospelú populáciu Slovenskej republiky (Rapant et al., 2010a).

Fig. 3. Risk estimate of chronic disease occurrence from total groundwater contamination (As, Ba, Cd, Cu, F, Hg, Mn, N- NO_3 , Pb, Sb, Se, Zn) for adult population of the Slovak Republic (Rapant et al., 2010a).

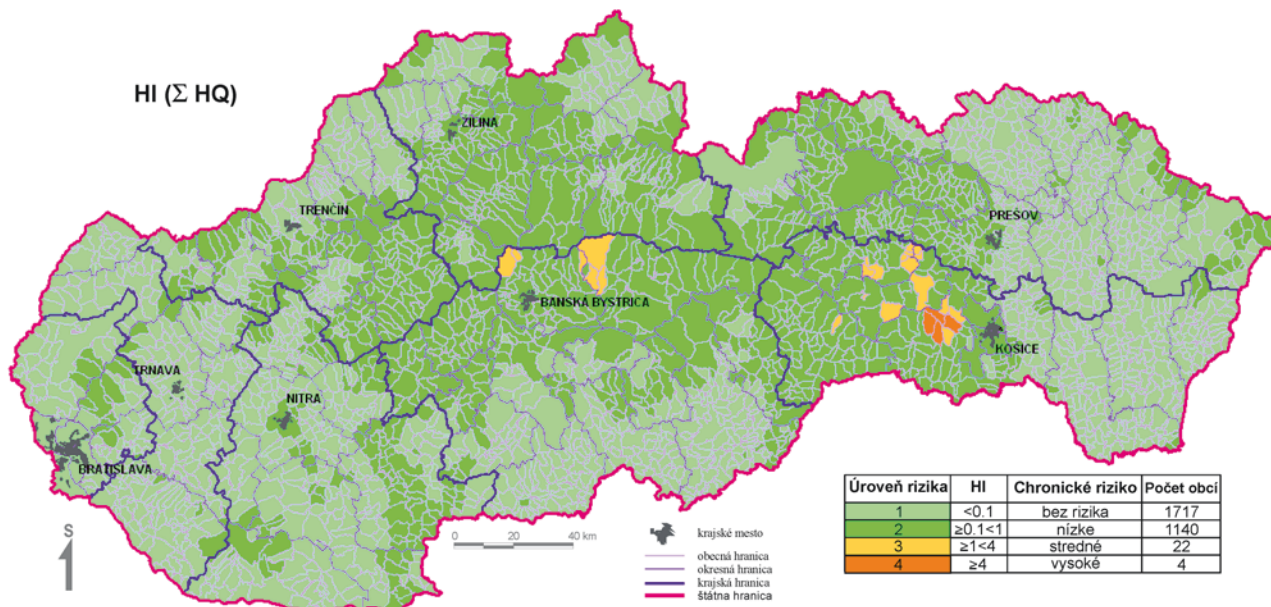


Obr. 4. Odhad rizika vzniku rakovinových ochorení z kontaminácie podzemnej vody arzénom pre dospelú populáciu Slovenskej republiky (Rapant et al., 2010a).

Fig. 4. Risk estimate of carcinogenic disease occurrence from the groundwater contamination by arsenic for adult population of the Slovak Republic (Rapant et al., 2010a).

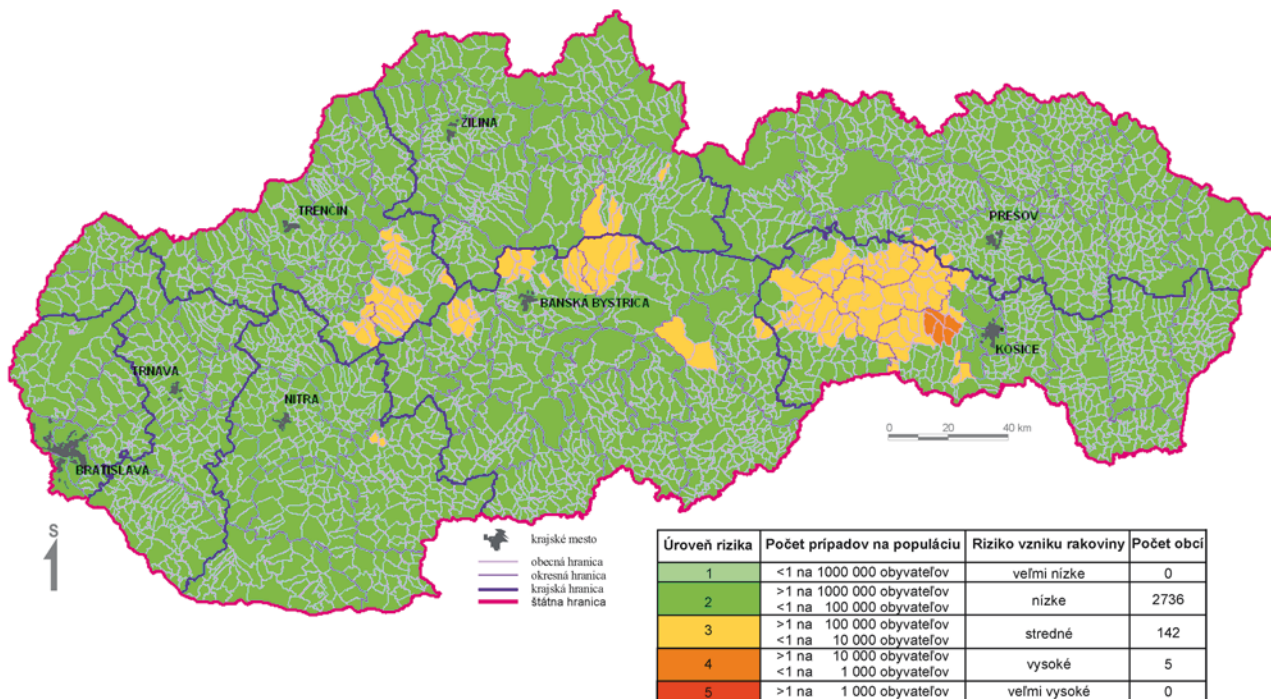
makroprvky (napr. Ca, Mg, Al, Na, K a ďalšie), pre ktoré nie sú stanovené referenčné dávky. Tieto makroprvky však môžu taktiež výrazne vplyvať na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky. Preto uvedené výpočty a mapy odhadu zdravotného rizika predstavujú len odhady zdravotného rizika

z kontaminácie geologického prostredia z hľadiska obsahov potenciálne toxických prvkov v pôdach a v podzemných vodách Slovenskej republiky. Na obrázku 3 je vyjadrený odhad zdravotného rizika vzniku chronických ochorení a na obrázku 4 je vyjadrený odhad zdravotného rizika



Obr. 5. Odhad rizika vzniku chronických ochorení z celkovej kontaminácie pôdy (As, B, Ba, Be, Cd, Cu, F, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn) pre detskú populáciu Slovenskej republiky (Rapant et al., 2010a).

Fig. 5. Risk estimate of chronic disease occurrence from the soil contamination (As, B, Ba, Be, Cd, Cu, F, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se and Zn) for child population of the Slovak Republic (Rapant et al., 2010a).



Obr. 6. Odhad rizika vzniku rakovinových ochorení z kontaminácie pôdy arzénom pre populáciu Slovenskej republiky (Rapant et al., 2010a).

Fig. 6. Risk estimate of carcinogenic disease occurrence from the soil contamination by arsenic for Slovak population (Rapant et al., 2010a).

vzniku karcinogénnych ochorení obyvateľstva Slovenskej republiky z podzemných vôd. Na obrázku 5 je vyjadrený odhad rizika vzniku chronických ochorení a na obrázku 6 je vyjadrený odhad rizika vzniku karcinogénnych ochorení z kontaminácie pôd. Detailne si je možné uvedené (v tabuľkovej a v mapovej forme v obciach a okresoch SR) pozrieť na internetovom portáli Štátneho geologického ústavu D. Štúra www.geology.sk. Poznamenávame, že na území Slovenskej republiky sú oblasti (približne do 10 % územia) s obsahmi chemických prvkov v geologickom podloží, ktoré môžu nepriaznivo vplyvať na zdravotný stav obyvateľstva. Ide najmä o obce (resp. skupiny obcí) v okresoch Spišská Nová Ves, Gelnica, Rožňava, Liptovský Mikuláš, Partizánske, Prievidza, Malacky a Levice. Administratívne orgány v týchto okresoch (obciach) by mali byť o zvýšenom zdravotnom riziku z geologického prostredia upovedomené.

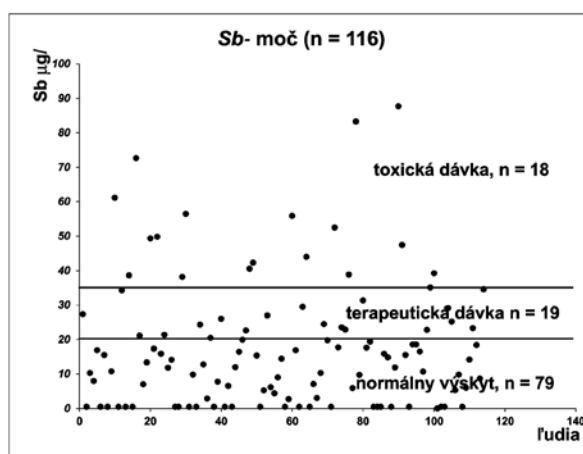
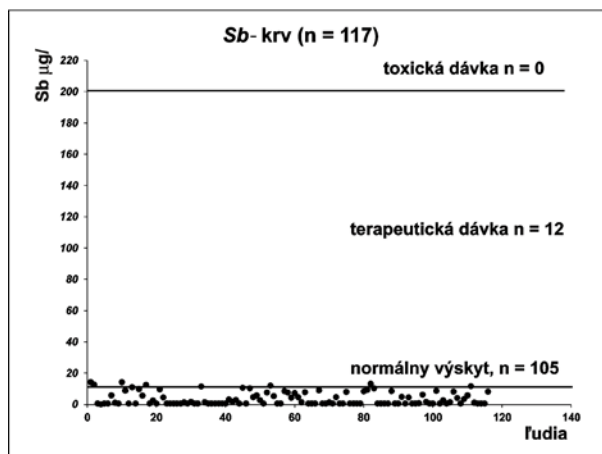
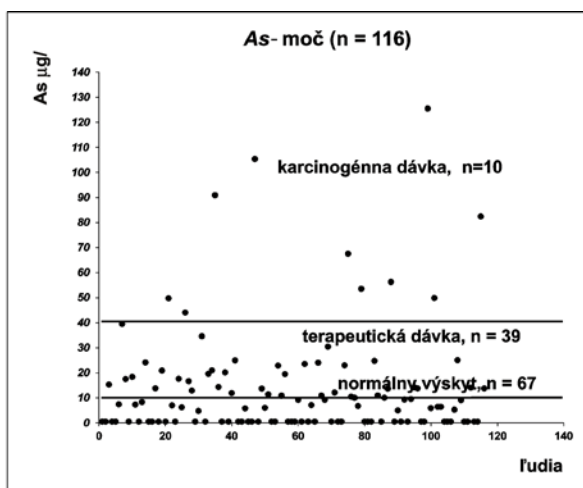
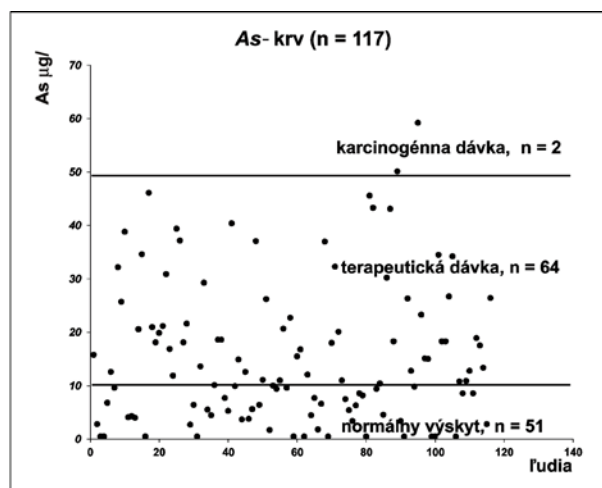
Vplyv kontaminácie, resp. vhodnosti geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky

V zmysle všeobecnej deklarácie WHO je zdravotný stav obyvateľstva podmienený najmä životným štýlom

(spôsob života a práce), ktorému sa pripisuje podiel približne 50 %. Ďalším trom hlavným faktorom – životnému prostrediu, úrovni medicínskej starostlivosti a genetickým faktorom – sa prisudzuje väčšinou približne rovnaký podiel (10 – 20 %). Podiel vplyvu životného prostredia v prípade kontaminovaných oblastí, resp. prírodne nepriaznivého geologického prostredia však môže výrazne narastať.

Všetky tieto hlavné faktory sa vzájomne prelínajú a vzájomne ovplyvňujú. V mnohých oblastiach sa negujú alebo interferujú. Vplyv týchto hlavných faktorov je určite v rôznych oblastiach Slovenskej republiky rozdielny. Cieľom našej práce je však vyjadriť sa k vplyvu životného (geologického) prostredia na ľudské zdravie.

Úroveň životného prostredia Slovenskej republiky, ktorú môžeme sprostredkovanne hodnotiť podľa obsahu chemických prvkov/zložiek v geologickom prostredí (najmä podzemná voda a pôda), je z regionálneho hľadiska veľmi rozdielna. Geochemické pozadie územia Slovenskej republiky je na jednej strane najmä odrazom rôznorodosti geologickej stavby, na druhej strane je výrazne modifikované prínosom prvkov a látok sekundárneho pôvodu z antropogénnej kontaminácie. Tieto dve základné skutočnosti sa zrejme odrážajú aj na zdravotnom stave



Obr. 7. Obsahy As, Sb v biologických materiáloch ľudí z obce Zlatá Idka (Spišsko-gemerské rudohorie).

Fig. 7. Contents of As, Sb in biological materials of residents of the Zlatá Idka municipality (Spiš-Gemer Ore Mts.).

obyvateľstva. Z toho vyplývajú dve závažné úlohy pre geológiu, a to zhodnotenie:

1. antropogénnej kontaminácie geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky,
2. vhodnosti/nevhodnosti geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky.

Zhodnotenie vplyvu antropogénnej kontaminácie geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky

Na základe medicínsko-geochemických prác realizovaných v troch kontaminovaných oblastiach Slovenskej republiky (Spišsko-gemerské rudohorie, Horná Nitra, banskoštiavnická oblasť) môžeme jednoznačne skonštatovať, že v uvedených oblastiach pozorujeme v geologickom prostredí zvýšené obsahy potenciálne toxických prvkov, najmä As, Sb, Pb, Cu, Hg, Cd a ďalších. Tieto rizikové prvky prestupujú do pôdy, podzemnej vody a potravinového reťazca. Následne sa dostávajú do ľudských tkanív a tekutín a podmieňujú tak zvýšený výskyt chronických aj karcinogénnych ochorení.

Pre kontaminované oblasti Slovenskej republiky sú z hľadiska ľudského zdravia dôležité najmä nasledujúce skutočnosti:

- **Kontaminovaná pôda.** Vo viac ako 50 % prípadov pôd zo záhrad rodinných domov sa vyskytuje zvýšený (nadlimitný) obsah potenciálne toxických prvkov (najmä As, Pb, Zn, Hg) v porovnaní s príslušnými slovenskými legislatívnymi predpismi. Napríklad pre oblasť Hornej Nitry boli limitné hodnoty pre pôdy prekročené vo viac ako 65 %, pre oblasť Spišsko-gemerského rudohoria vo viac ako 70 % prípadov a v oblasti Štiavnických vrchov vo viac ako 75 % prípadov.

- **Kontaminovaná podzemná voda.** Vo viac ako 60 % vzoriek vody z individuálnych domových studní používanej na pitie sa vyskytuje nadlimitný obsah zdraviu škodlivých prvkov/zložiek. Vo veľkej väčšine prípadov však nejde o znečistenie potenciálne toxickými prvkami. Takáto situácia je charakteristická pre celé územie Slovenskej republiky. Ide najmä o miestne komunálne a poľnohospodárske znečistenie a to je charakteristické pre celé územie Slovenskej republiky, nielen pre kontaminované oblasti.

- **Nadlimitný obsah potenciálne toxických prvkov v biologických materiáloch ľudí.** Vo vzorkách biologických materiálov (vlasy, nechty, krv a moč) ľudí žijúcich v kontaminovaných oblastiach bol dokumentovaný výrazne vyšší (nadlimitný) obsah predovšetkým potenciálne toxických prvkov (As, Sb a Pb) ako v nekontaminovaných oblastiach. Najnázornejšie túto skutočnosť dokumentuje obrázok 7 – obsahy As, Sb v biologických materiáloch ľudí z obce Zlatá Idka (Spišsko-gemerské rudohorie).

- **Nadlimitný obsah potenciálne toxických prvkov v miestne pestovanej zelenine.** Vo vzorkách miestne pestovanej zeleniny (mrkva, petržlen, zemiaky) v kontaminovaných oblastiach bol vo viac ako 50 % prípadoch dokumentovaný obsah potenciálne toxických prvkov (As, Sb, Pb a Hg) prevyšujúci limitné hodnoty potravinového kódexu Slovenskej republiky. V nekontaminovaných

oblastiach boli prekročené limity len približne v 10 % prípadoch.

- **Zhoršené hodnoty zdravotných indikátorov.** Obyvateľstvo žijúce v kontaminovaných oblastiach sa vyznačuje výrazne horšou úrovňou zdravotných indikátorov v porovnaní s ostatnými oblasťami Slovenskej republiky.

Zhodnotenie vplyvu (vhodnosti/nevhodnosti) geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky

Vzhľadom na skutočnosť, že približne len 10 % územia Slovenskej republiky zaberaajú kontaminované oblasti, z čoho asi polovica sú horské oblasti bez osídlenia, pre drvivú väčšinu obyvateľstva Slovenskej republiky má oveľa väčší vplyv na zdravotný stav primárne geologické prostredie a z neho odvodený obsah chemických prvkov. Poradie vplyvu chemických prvkov (na základe výpočtov neurónových sietí) na zdravotný stav obyvateľstva (Rapant et al., 2010a) je v prípade pôdy a vody takéto:

Pôda:

Be > Na > $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ > pH_{KCl} > Mg > V > Se > karbonáty > Mn > K > Ca > Se > F > Co > Mo > Fe > Al > W > P > Cr > Ba > Sr > Bi > Sn > B > Ni > Zn > Cd > Cu > Pb > As > Sb > Hg.

Podzemná voda:

SiO_2 > pH > Mg > Cl > tvrdosť (Ca+Mg) > Sr > Na > F > Ca > NO_3 > Se > MIN > ChSK_{Mn} > SO_4 > Ba > Zn > HCO_3 > NO_3 > Al > Cu > K > PO_4 > Sb > Fe > Cr > Pb > NH_4 > Mn > Li > Hg > Cd > As.

Z uvedeného prehľadu je zrejmé, že potenciálne toxické prvky, ako As, Sb, Cd, Hg a Pb, a bežné antropogénne kontaminanty podzemnej vody, ako napr. NO_3 , SO_4 a Cl, majú oveľa menší vplyv, ako sme sa dosiaľ domnievali. Významnú úlohu majú len v silne kontaminovaných oblastiach. V nekontaminovaných oblastiach Slovenskej republiky je ich vplyv výrazne potlačený a hlavnú úlohu tu zohrávajú makroprvky a bežné súčasti chemického zloženia vody a pôdy. Obsah týchto makroprvkov z hľadiska ľudského zdravia však nie je prakticky doteraz vôbec hodnotený ani na Slovensku, ani v rámci EÚ a ani vo svete, pričom tieto makroprvky nie sú limitované v normách pre pitnú vodu a pôdu. Ich obsah závisí najmä od geologickej stavby a nie od antropogénnej kontaminácie.

Z uvedeného je zrejmé, že existuje určitý značný nesúlad s doterajšími svetovými poznatkami. Vplyv makroprvkov na zdravotný stav obyvateľstva môže byť výrazne vyšší, ako sa doposiaľ predpokladalo. Prečo je zdravotný stav obyvateľstva v rámci Slovenskej republiky najhorší v okresoch Krupina a Detva? Tieto dva okresy sa vyznačujú naozaj len minimálnou úrovňou kontaminácie potenciálne toxickými prvkami, najmä výrazne nižšími obsahmi viacerých makroprvkov, a to Ca a Mg (aj v pôdach, aj v podzemných vodách) v porovnaní s priemernými hodnotami pre Slovenskú republiku (Rapant et al., 2010a). Je táto skutočnosť z hľadiska zdravotného stavu obyvateľstva spomínaných dvoch okresov naozaj relevantná? Môže sa podieľať na zhoršenom zdravotnom stave (najmä kardiovaskulárne ochorenia a ochorenia žliaz

s vnútorným vylučovaním) obyvateľstva týchto okresov deficit makroprvkov? Aký je vplyv rôznorodosti geologickej stavby a následne rôznorodosti geochemického pozadia na zdravie ľudí Slovenskej republiky si dáva za cieľ vyriešiť nový projekt LIFE 10 ENV/SK/086 – Vplyv geologickej zložky životného prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky, ktorý začal riešiť ŠGÚDŠ od septembra 2011.

PROJEKT: LIFE 10 ENV/SK/086 – VPLYV
GEOLOGICKEJ ZLOŽKY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
NA ZDRAVOTNÝ STAV OBYVATELSTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Cieľom projektu je zníženie dosahu nepriaznivého vplyvu geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky. Na dosiahnutie vytýčeného cieľa sa budú riešiť nasledujúce odborné aktivity:

Aktivita A1: Zostavenie súboru environmentálnych indikátorov

Environmentálne indikátory (chemické prvky/zložky/parametre v podzemných vodách a pôdach) budú zostavené z existujúcich báz dát chemických analýz podzemných vôd (cca 20 000) a pôd (cca 10 000) z celého územia Slovenskej republiky. Bude využitá široká škála chemických prvkov/zložiek z doposiaľ vykonaného environmentálno-geochemického mapovania Slovenskej republiky, vrátane parametrov prírodnej rádioaktivity. Environmentálne indikátory budú zostavené pre najmenšie územnosprávne celky Slovenskej republiky – obce (cca 2 880), ďalej pre okresy (79) a vyššie územné celky (8). Pre každý územnosprávny celok bude hodnota environmentálneho indikátora predstavovať priemernú hodnotu chemického prvku/zložky/parametra zo všetkých vzoriek spadajúcich do územnosprávneho celku.

Aktivita A2: Zostavenie súboru zdravotných indikátorov

Zdravotné indikátory budú zostavené z existujúcich báz dát ukazovateľov demografického vývoja a zdravotného stavu obyvateľstva. Pôjde o zdravotné indikátory popisujúce demografiu, reprodukčné zdravie, úmrtnosť a incidenciu rôznych ochorení, najmä onkologických a kardiovaskulárnych. Hodnotené budú tie indikátory, ktoré úzko súvisia s geologickou zložkou životného prostredia. Budú zostavené obdobnou formou ako environmentálne indikátory, a to pre obce, okresy a vyššie územné celky.

Aktivita A3: Spracovanie environmentálnych a zdravotných indikátorov

Environmentálne a zdravotné indikátory budú zostavené pre jednotlivé územnosprávne celky Slovenskej republiky. Takto bude k dispozícii jednotná a vzájomne porovnateľná báza dát geochemických a medicínsko-epidemiologických údajov, ktoré je možné vzájomne hodnotiť, spájať a štatisticky spracovať. Zostavené databázy environmentálnych a zdravotných indikátorov sa rozčlenia podľa základného geologického prostredia, a to pre: karbonáty, granitoidné horniny, metamorfity, vulkanické horniny, flyšové sedimenty a kvartérne a neogénne sedimenty. Taktiež sa samostatne vyčlenia a spracujú kontaminované oblasti Slovenskej

republiky. Takýmto rozčlenením získame objektívny podklad pre hodnotenie rôznorodosti geologického prostredia z hľadiska jeho rozdielného vplyvu na ľudské zdravie. Taktiež dostaneme podklad pre hodnotenie vplyvu kontaminovaných oblastí na zdravotný stav ľudí, žijúcich v kontaminovaných oblastiach.

Aktivita A4: Prepojenie environmentálnych a zdravotných indikátorov

Metódami vyššej štatistiky – neurónové siete a fuzzy c-zhluková analýza – sa spoja a zjednotia environmentálne a zdravotné indikátory. Takto bude možné určiť, ktoré environmentálne indikátory najviac vplyvajú na ľudské zdravie a, naopak, ktoré zdravotné indikátory sú najviac ovplyvňované geologickou zložkou životného prostredia. Spájanie obidvoch súborov bude vykonané z celoslovenských súborov dát, ďalej pre súbory rozčlenené podľa rozdielnosti geologického prostredia a taktiež pre kontaminované oblasti Slovenskej republiky.

Aktivita A5: Environmentálna analýza

V rámci environmentálnej analýzy bude podané zhodnotenie vplyvu geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľov Slovenskej republiky. Ďalej sa spracuje environmentálno-zdravotná regionalizácia Slovenskej republiky a vyčlenia sa oblasti, kde je markantne zhoršený zdravotný stav obyvateľstva v dôsledku prírodne nepriaznivého, resp. kontaminovaného geologického prostredia. Taktiež budú určené limitné obsahy (optimálne, maximálne prípustné, no aj minimálne potrebné) chemických prvkov/zložiek z hľadiska ich dosahu na ľudské zdravie.

Aktivita A6: Vypracovanie návrhu opatrení

Bude vypracovaný návrh opatrení na zníženie negatívneho vplyvu geologického prostredia na ľudské zdravie. Tento návrh bude spracovaný metódou logickej analýzy – príčina – účinok – opatrenie – pre všetky oblasti/obce Slovenskej republiky so zhoršeným zdravotným stavom obyvateľstva v dôsledku nepriaznivého (kontaminovaného) geologického prostredia.

Aktivita A7: Realizácia opatrení

V rámci realizácie opatrení na zmiernenie negatívneho vplyvu geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva bude realizovaná osвета a environmentálno-zdravotná výchova obyvateľstva. Obyvateľstvu bude vysvetľované, akým spôsobom sa ho dotýka nepriaznivé geologické prostredie a ako je možné tomuto nepriaznivému vplyvu predchádzať alebo ho eliminovať v každodennom živote. Ďalej sa v rámci tejto aktivity spracuje „Návrh legislatívnych opatrení“ na zmiernenie negatívneho vplyvu geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľov Slovenskej republiky.

Výsledkom projektu bude postupné a dlhodobé zlepšenie zdravotného stavu obyvateľstva Slovenskej republiky, dosiahnuté najmä:

1. spracovaním súboru environmentálnych a zdravotných indikátorov (mapové a databázové), ktoré je potrebné monitorovať a hodnotiť;

2. vymedzením a charakterizovaním oblastí Slovenskej republiky so zhoršeným zdravotným stavom obyvateľstva v dôsledku nepriaznivého (kontaminovaného) geologického prostredia;

3. definovaním limitných hodnôt všetkých environmentálnych indikátorov z hľadiska ich vplyvu na ľudské zdravie, čo bude podkladom pre ich legislatívne zapracovanie do príslušných noriem;

4. spracovaním návrhu opatrení na redukciiu nepriaznivého vplyvu geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky;

5. implementáciou vyššie navrhnutých opatrení a environmentálno-zdravotnou osvetou.

Záver

Hodnota ľudského zdravia je nevyčísliteľná. Nikde vo svete, v Európskej únii ani na Slovensku neexistujú nijaké predpisy, metódy alebo legislatívne normatívy, ktoré by umožňovali finančne oceňovať ľudské zdravie. Treba však upozorniť na to, že finančné prostriedky vynaložené na životné prostredie, environmentálno-zdravotnú výchovu a osvetu sa väčšinou mnohonásobne vrátia vo forme znížených nákladov na zdravotnú starostlivosť a vo forme zvýšenej kvality života. Do výskumu zaoberajúceho sa zdravotným stavom obyvateľstva Slovenskej republiky je určite potrebné zapojiť aj geologické vedy.

Podakovanie. Projekt je podporovaný z finančného nástroja LIFE+ a z príspevku MŽP SR.

References

- ADRIANO, D. C., 2001: Trace Elements in Terrestrial Environments and Risk of Biogeochemistry. Bioavailability Metals. *Berlin, Springer-Verlag*, 867 p.
- BENCKO, V., ČIKRT, M. & LENER, J., 1995: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. *Praha, Grada Publishing*, 282 s.
- BODIŠ, D., KLUKANOVÁ, A., ŠVASTA, J., RAPANT, S., GAJDOŠ, V. & HÓK, J., 2005: Vplyv geologických faktorov na kvalitu života. *Manuskript. Bratislava, archív ŠGÚDŠ*.
- KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H., 1992: Trace Elements in Soils and Plants. 2nd edition. *London, CRC Press*, 365 p.
- KRČMOVÁ, K. & RAPANT, S., 2007: Environmental exposure to arsenic and associated health risk for residents in Horná Nitra region: A geochemical and medical research. *Bratislava, Miner. Slov.*, 39, 75 – 80.
- RAPANT, S., RAPOŠOVÁ, M., BODIŠ, D., MARSINA, K. & SLANINKA, I., 1999: Environmental-geochemical mapping program in the Slovak Republic. *J. Geochem. Exploration*, 66, 151 – 158.
- RAPANT, S., ČIGMANOVÁ, S., MACKOVÝCH, D., LUČIVJANSKÁ, V. & BODIŠ, D., 2003: Zhodnotenie potenciálneho vplyvu geochemického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva v oblasti Spišsko-gemerského rudohoria. Regionálny geologický výskum, MŽP SR. *Manuskript. Bratislava, archív ŠGÚDŠ*, 39 s.
- RAPANT, S., 2005: Návrh environmentálno-geochemickej regionalizácie Slovenskej republiky. *Bratislava, Miner. Slov.*, 37, 1, 1 – 8.
- RAPANT, S., CVEČKOVÁ, V., DIETZOVÁ, Z., LETKOVIČOVÁ, M. & KHUN, M., 2009: Medical geochemistry research in SGR Mts. *Environmental Geochemistry and Health*, 31, 1, 11 – 25.
- RAPANT, S., LETKOVIČOVÁ, M., CVEČKOVÁ, V., FAJČIKOVÁ, K., GALBAVÝ, J. & LETKOVIČ, M., 2010a: Environmentálne a zdravotné indikátory Slovenskej republiky. *Bratislava, ŠGÚDŠ*, 245 s.
- RAPANT, S., FAJČIKOVÁ, K., CVEČKOVÁ, V., LETKOVIČOVÁ, M. & NIKODÉMOVÁ, D., 2010b: Zhodnotenie potenciálneho vplyvu geochemického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva banskoštiavnickej oblasti. *Manuskript. Bratislava, archív ŠGÚDŠ*, 193 s.
- SELINUS, O., ALLOWAY, B. J., CENTENO, J. A., FINKELMAN, R. B., FUGE, R., LINDH, U. & SMEDLEY, P., 2005: Essentials of Medical Geology, Impacts of the Natural Environment on Public Health. *Elsevier Academic Press*, 793 p.
- VRANA, K., 1992: Výskum geologických faktorov životného prostredia – perspektívny program slovenskej geológie. *Bratislava, Miner. Slov.*, 24, 441 – 451.
- US EPA, 1989: Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual (HHEM), Part A – Baseline risk assessment, Interim Final. United States Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC, (EPA/540/1-89/002).
- US EPA, 1997: Exposure factors handbook I., II., III. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC, (EPA /600/P-95/002Fa).
- US EPA, 2004: Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual (HHEM), Part E – Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment, Final. United States Environmental Protection Agency, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Washington, DC.
- US EPA, 2005: Guidelines for carcinogen risk assessment. United States Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, Washington, DC, (EPA/630/P-03/001F).
- US EPA, 2008: Child-specific Exposure Factors Handbook. United States Environmental Protection Agency, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington, DC (EPA/600/R-06/096F).
- US EPA, 2009: Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual (HHEM), Part F – Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment, Final. United States Environmental Protection Agency, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Washington, DC (EPA-540-R-070-002).

Rukopis doručený 5. 9. 2011

Revidovaná verzia doručená 1. 12. 2011

Rukopis akceptovaný red. radou 13. 9. 2011

The impact of geological environment on health status of residents of the Slovak Republic

Geological structure of the Slovak Republic is particularly varied. It reflects different geochemical background that has various influences (positive or negative) on human health. Anthropogenic contamination of geological environment, documented on about 10 % of Slovak territory, plays also an important role. Up-to-date surveys suggest that human organism reacts with various health responses on different geological (geochemical) bedrock. Mainly

sedimentary and carbonatic rocks emit from the geological bedrock a group of chemical elements favourable for human health. On the other hand, silicate rocks (volcanics, granitoids and crystalline schists) are characterized by deficit contents of chemical elements necessary for human health. These facts may have influence on the occurrence of areas in the territory of the Slovak Republic (districts, municipalities, group of municipalities) where the average

lifetime of resident population is significantly lower and where the increased incidence of various diseases (2–5 times), mainly those cardiovascular and carcinogenic, is observed in comparison with average values for the Slovak Republic.

Very important task of geological sciences is to find and derive values of concentration levels of chemical elements in geological environment that have positive influence on human health, and to define limit values for the chemical concentrations that are toxic or necessary to human organism (minimum necessary and maximum permissible values in relation to the human health).

This task will be the object of the research within the new project **LIFE 10 ENV/SK/086 – The impact of geological environment on health status of residents of the Slovak Republic (Geohealth).**

An essential basis for the beginning of medical-geochemical researches in Slovakia was represented by an extensive environmental-geochemical mapping of the Slovak Republic (Vrana, 1992; Rapant et al., 1999), that led to subsequent compilation of geochemical databases for the main components of the geological environment (rocks, soils, sediments, natural radioactivity) and for the forest biomass. Based on national geochemical datasets, an environmental – geochemical regionalization of the Slovak Republic (Rapant, 2005) and five basic levels of contamination of geological environment of the Slovak Republic were defined (Fig. 1).

Within the regional medical-geochemical researches three contaminated areas of the Slovak Republic were studied (region of Spiš-Gemer Ore Mts., Horná Nitra and the region of Banská Štiavnica). In these three regions, entire geochemical pathway including geological environment, soils, groundwater, locally grown vegetables and contents of potentially toxic elements in biological materials of residents. Further, the relationship between contamination of geological environment and health status of residents was correlated.

Health status of residents of the Slovak Republic is presented in the form of health indicators – indicators of demographic evolution and health status of population.

All data used in our research are taken from the official datasets of the Statistical Office of the Slovak Republic (or from the former Czechoslovak Statistical Office). Average values from the years 1994–2003 were used. In the first step, 100 health indicators potentially associated with the environment (geological environment) were elaborated. This dataset of 100 health indicators was further reduced to the dataset of 30 the most relevant health indicators (Tab. 2) for which the relation to the environment was documented through mathematical-statistical operations.

The level of health status of Slovak residents can be more clearly expressed (30 main health indicators) via fuzzy c-cluster analysis (Fig. 2). This analysis included modelling of the term “put the districts with the similar status in 30 health indicators in one cluster”.

Slovakia is clearly divided into the worse South and better North. This reflects higher level of contamination of geological environment or more unfavourable composition of chemical elements in the geological environment in southern part of Slovak territory.

According to the general declaration of WHO the health status of population is influenced mainly by the lifestyle (way of life and occupation) for which 50 % rate is attributed. Further, for three main factors – environment, level of health care and genetic factors – is attributed mostly the same rate (10–20 %). However, the rate of the influence of the environment in the case of contaminated areas can significantly increase.

All these main factors mutually overlap and interact. In many areas they negate or interfere. The influence of these main factors is certainly in various areas of the Slovak Republic different. However, the aim of our work is only to analyse and identify the impact of the (geological) environment on human health.

The level of quality of the environment in the Slovak Republic that can be indirectly assessed according to the contents of chemical elements/compounds in geological environment (mainly

groundwater and soils) is from the regional view very different. Geochemical background of territory of the Slovak Republic on the one hand reflects mainly the variability of the geological structure, on the other hand it is significantly modified by the input of chemical elements/compounds of secondary origin from anthropogenic contamination. These two basic facts are probably reflected on health status of residents. Based on these findings two main tasks for geology result, including the evaluation of:

1. the impact of anthropogenic contamination of geological environment on health status of residents of the Slovak Republic,
2. suitability/unsuitability of the geological environment for the health status of residents of the Slovak Republic.

Based on the results of three regional studies (Spiš-Gemer Ore Mts., Horná Nitra and region of Banská Štiavnica) we can definitely state that population living in the contaminated areas features worse health status (shorter lifetime, more unfavourable values of health indicators) in comparison with the non-contaminated areas of the Slovak Republic. Contaminated areas are characterized mainly by the following issues: contaminated soils, contaminated groundwater, excess contents (above limit value) of potentially toxic elements in locally grown vegetables, excess content (above limit value) of potentially toxic elements in biological materials of residents, worse levels of health indicators.

Considering the fact that about 10 % of Slovak territory comprises contaminated areas, half of them are the mountainous areas without settlement, for overwhelming majority of the population of the Slovak Republic the basic geological environment and associated contents of chemical elements has more significant impact on the health status of residents. The order of the influence of chemical elements (based on the calculation of neural network) on health status of residents (Rapant et al., 2010) is in the case of soil and groundwater following:

Soil:

Be > Na > pH_{H₂O} > pH_{KCl} > Mg > V > Se > carbonates > Mn > K > Ca > Se > F > Co > Mo > Fe > Al > W > P > Cr > Ba > Sr > Bi > Sn > Ni > Zn > Cd > Cu > Pb > As > Sb > Hg.

Groundwater:

SiO₂ > pH > Mg > Cl > hardness > Sr > Na > F > Ca > NO₃ > Se > TDS > COD_{Mn} > SO₄ > Ba > Zn > HCO₃ > NO₃ > Al > Cu > K > PO₄ > Sb > Fe > Cr > Pb > NH₄ > Mn > Li > Hg > Cd > As.

From the above list it is evident that potentially toxic elements such as As, Sb, Cd, Hg and Pb and common anthropogeneous contaminants of the groundwater including NO₃, SO₄ and Cl have much more minor influence as we have supposed up-to-date. They play a significant role only in highly contaminated areas. In non-contaminated areas of the Slovak Republic their influence is suppressed and macro elements as well as common compounds of chemical composition of the groundwater and soil play the main role. From the point of view of human health, the contents of these most significant macro elements are practically not assessed at all and are not limited in guidelines for drinking water and for soils. Their contents depend mainly on the geological structure of the area.

This issue – the impact of various geological bedrock on health status of residents is the objective of the new running project (from 01.09.2011) **LIFE 10 ENV/SK/086 – GEOHEALTH.**

The main activities within the new project LIFE 10 ENV/SK/086 are following: compilation of data set of environmental indicators, compilation of data set of health indicators, linking of environmental and health indicators, environmental analysis, elaboration of the proposal of measures, realization of measures.

The value of human life is incalculable. Nowhere in the world, European Union even Slovakia, any regulations, methods, legislative guidelines exist that would allow to financially appreciate human health. But it is necessary to highlight the fact that financial resources invested on the environment, environmental-health education and propagation will be manifold restored in the form of reduced expenses on health care. The research focused on health status of residents in the Slovak Republic certainly requires the engagement of geological sciences.