



LIFE číslo projektu
LIFE10 ENV/SK/086

Stručná správa



NÁZOV PROJEKTU LIFE+: “Vplyv geologickej zložky životného prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky”, Akronym “GEOHEALTH”

Kontaminované oblasti a ich vplyv na zdravotný stav obyvateľstva

(Aktivita A5: „Environmentálna analýza“)

27/01/2014

S. Rapant, V. Cvečková, K. Fajčíková

Abstrakt

Vplyv potenciálne toxických prvkov (PTP) na zdravotný stav obyvateľstva bol sledovaný v troch historických bankských oblastiach Slovenskej republiky. V týchto troch oblastiach bol porovnávaný zdravotný stav obyvateľstva v obciach so zvýšenými obsahmi PTP (As, Pb, Zn, Cu, Cd, Hg a Sb) so susednými obcami s nízkymi obsahmi PTP. Celkovo bolo porovnávaných 138 kontaminovaných a 155 nekontaminovaných obcí obdobného socioekonomického, prírodného a geochemicko-geologického charakteru. Obsahy PTP v pôdach v kontaminovaných obciach boli výrazne vyššie – 2 až 10 krát v porovnaní s nekontaminovanými obcami. Obsahy PTP v podzemných vodách boli prakticky rovnaké v kontaminovaných aj nekontaminovaných oblastiach a boli vo veľkej väčšine pod limitnými hodnotami normy pre pitnú vodu. Na základe zhodnotenia zdravotného stavu obyvateľstva pomocou 43 zdravotných indikátorov (ukazovateľov zdravotného stavu a demografického vývoja obyvateľstva) sme nezistili žiadne významné rozdiely v zdravotnom stave obyvateľstva medzi kontaminovanými a nekontaminovanými obcami.

Môžeme teda konštatovať, že pokiaľ nie sú v týchto historických bankských oblastiach kontaminované podzemné vody, používané na pitné účely, miestnej populácii hrozí oveľa menšie nebezpečenstvo ako sa doposiaľ všeobecne konštatuje.

ÚVOD

Vzťah medzi geologickým prostredím a ľudským zdravím je známy už od staroveku. Negatívne účinky na ľudské zdravie môže vyvolávať nadbytok ako aj nedostatok chemických prvkov v prostredí. Prevažná väčšina štúdií z oblasti medicínskej geológie a geochemie sa zaoberá vplyvom zvýšených obsahov potenciálne toxických prvkov (PTP) v jednotlivých geologických zložkách životného prostredia geogénne resp. antropogénne kontaminovaných oblastí na zdravie miestnej populácie. Klasickým príkladom takýchto štúdií sú výskumy venované dopadom zvýšených obsahov arzénu najmä v podzemných/pitných vodách na ľudské zdravie (Smedley & Kinniburgh 2002, Duker et al., 2005).

Historické banské oblasti predstavujú oblasti, ktorým je často v rôznych krajinách sveta venovaná pozornosť z pohľadu potenciálneho negatívneho dopadu kontaminácie geologického prostredia PTP na miestne žijúcich ľudí (Wcisło et al., 2002, Peplow and Edmonds 2004, Lim et al., 2008). V týchto oblastiach je zvýšený predpoklad zdravotných rizík vzhľadom na výrazne zvýšené obsahy rôznych PTP najmä v pôdach a podzemných vodách v dôsledku intenzívnej historickej banskej činnosti.

Na Slovensku sa nachádza niekoľko historické banské oblasti ako pozostatok dlhodobej historickej banskej činnosti (ťažba a spracovanie Ag-Au-Sb rúd, Pb-Zn-Cu rúd, Hg rúd, hnedého uhlia,...). Vo vybraných 3 banských oblastiach Slovenskej republiky, v ktorých sú dokumentované zvýšené obsahy PTP v geologických zložkách životného prostredia bol porovnávaný zdravotný stav obyvateľstva so zdravotným stavom obyvateľstva žijúceho v susedných oblastiach rovnakej, resp. podobnej geologickej stavby s nízkym až žiadnym stupňom kontaminácie PTP a podobného socioekonomického charakteru. Hlavným cieľom predkladaného príspevku je posúdiť ako a do akej miery vplýva kontaminácia geologického prostredia PTP na zdravie ľudí žijúcich v daných historických banských oblastiach.

MATERIÁL

Vzťah medzi kontaminovaným geologickým prostredím vo vybraných historické banské oblasti a zdravotným stavom miestne žijúcej populácie bol hodnotený na základe spracovania a analýzy celoslovenských databáz environmentálnych a zdravotných indikátorov (Rapant et al., 2013).

Pod environmentálnymi indikátormi rozumieme obsahy chemických prvkov/zložiek alebo hodnoty chemických parametrov, analyzovaných a meraných v životnom prostredí (Rapant et al., 2013). V danej práci hodnotíme environmentálne indikátory v podzemných vodách a pôdach, keďže tieto zložky geologického prostredia majú určite najväčší súvis s ľudským

zdravím a obsahy PTP prvkov v podzemných vodách a pôdach môžu potenciálne najviac ovplyvňovať ľudské zdravie.

Podzemné vody predstavujú najdôležitejší zdroj pitnej vody na Slovensku pre väčšinu obyvateľstva. Sú využívané na pitné účely viac ako 90% obyvateľstva (Klinda and Lieskovská, 2010). Pôdy tvoria základ potravinového reťazca a predstavujú tú časť životného prostredia, na ktorej sa priamo odohráva život človeka. Plodiny, ktoré jeme sú dopestované na pôde, mäso, vajcia a mlieko pochádzajú zo živočíchov, ktoré na pôdach žijú, deti a niektorí dospelí jedinci dokonca pôdu jedia. Chemické zloženie pôd ako aj podzemných vôd je zdokumentované prostredníctvom „celkových obsahov“ (metódy vzorkovania, rozkladu vzoriek a chemických analýz v zmysle Rapant et al.1996, Čurlík and Šefčík 1999).

Súbory environmentálnych indikátorov a ich priemerné hodnoty pre podzemné vody a pôdy Slovenskej republiky sú prehľadne spracované v tabuľke 1 (podľa Rapant et al., 2013).

Tab. 1 Charakteristika environmentálnych indikátorov Slovenskej republiky (priemerné hodnoty)

PODZEMNÁ VODA (n=20 339)												
pH	MIN	ChSK_{Mn}	Ca+Mg	Li	Na	K	Ca	Mg	Sr	Fe	Mn	NH₄
7,33	629,75	2,18	3,5	0,019	20,34	11,10	93,56	28,29	0,36	0,17	0,12	0,10
F	Cl	SO₄	NO₂	NO₃	PO₄	HCO₃	SiO₂	Cr	Cu	Zn	As	Cd
0,13	32,96	79,32	0,11	38,76	0,20	303,85	18,21	0,0013	0,0026	0,2673	0,0019	0,0010
Se	Pb	Hg	Ba	Al	Sb	Poznámka: Údaje okrem pH v mg.l ⁻¹ , Ca+Mg v mmol.l ⁻¹						
0,0010	0,0014	0,0001	0,0747	0,0297	0,0009							
PÔDY (n=10 738)												
Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	F
5,90	12,45	65,03	392,78	1,39	0,41	1,46	0,60	64,65	11,77	87,55	26,15	330,98
Fe	Hg	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	Sn
2,71	0,24	1,70	0,87	0,08	0,68	0,85	29,29	0,07	29,62	3,69	0,16	4,71
Sr	V	W	Zn	pH_{H2O}	pH_{KCl}	karbonáty	Poznámka: makroprvky v %, mikroprvky v mg.kg ⁻¹					
101,38	79,07	0,92	75,79	6,26	5,52	2,45						

Celkový počet chemických analýz bol pre podzemné vody 20 339 a pre pôdy 10 738. Zahrnuté boli chemické analýzy od roku 1991, keď sa začalo moderné environmentálno-geochemické mapovanie Slovenskej republiky v zmysle IGCP 360 Geochemical Correlation Programme (Darnley et al., 1995). Hustota vzoriek bola pre podzemné vody cca 1 vzorka na 2,5 km² a pre pôdy 1 vzorka na 5 km².

Zdravotné indikátory (ukazovatele zdravotného stavu a demografického vývoja obyvateľstva) sú premennou, ktorá umožňuje prostredníctvom priameho merania alebo pozorovania vyjadriť zdravotný stav osôb v spoločnosti (Last, 2001). O tom či je zdravotný stav hodnotenej oblasti dobrý alebo zlý, dokážeme povedať až keď hodnotíme viacero oblastí,

resp. viacero časových období a vzájomne ich porovnáваме medzi sebou, so štandardom alebo publikovanými údajmi pre väčšie celky, za dostatočne dlhé časové obdobie.

Neexistuje jeden komplexný indikátor, ktorý by v sebe zachytil všetky alebo väčšinu aspektov zdravotného stavu populácie. Preto používame relatívne široký súbor viacerých indikátorov hodnoteného územia.

S ohľadom na citlivosť a najmä rôznorodosť údajov je potrebné použiť dlhšie časové obdobie, v ktorom sa sledujú a vyhodnocujú zdravotné indikátory. V našom štúdiu sme použili desať ročné obdobie (1994–2003) a aj to sa ukazuje v niektorých malých a problémových obciach ako nedostatočné. Zdrojom dát zdravotných indikátorov boli databázy Štatistického úradu Slovenskej republiky, ktoré garantuje štát (www.statistics.sk). Používame len dáta popisujúce demografiu a úmrtnosť. Dáta hodnotiace incidenciu rôznych ochorení nie sú k dispozícii.

Na zhodnotenie zdravotného stavu obyvateľstva kontaminovaných, resp. nekontaminovaných oblastí bolo vybraných 43 zdravotných indikátorov, u ktorých sa dá predpokladať najväčší súvis s geologickou zložkou životného prostredia. Prehľad hodnotených zdravotných indikátorov je uvedený v tabuľke 2 spolu s celoslovenskými priemernými hodnotami.

Vybrané zdravotné indikátory popisujú dôležité informácie o veku a najmä rôznym spôsobom analyzujú úmrtnosť. Zámerne sme vybrali iba robustné indikátory, ktoré sú stabilné, nie sú zriedkavé a nemenia sa skokom. Z hodnotených 43 zdravotných indikátorov môžeme prvé 4 vyčleniť ako pozitívne, t.j. ako najpriaznivejšie hodnoty sú čo najvyššie hodnoty. Ostatných 39 zdravotných indikátorov môžeme vyčleniť ako negatívne, t.j. ich najpriaznivejšie hodnoty by mali byť čo najnižšie až nulové.

Tab. 2 Hodnotené zdravotné indikátory Slovenskej republiky

číslo	indikátor	popis indikátora	popis výpočtu	jednotka	priemer SR*
Demografické indikátory, popisujúce vekové zloženie obcí					
1	DOZ	očakávané roky života pri narodení – obyvateľstvo	kumulatívny počet všetkých „odžitých“		72,60
2	DOZM	očakávané roky života pri narodení – muži	rokov v období každého roku veku /počet	roky	67,44
3	DOZZ	očakávané roky života pri narodení – ženy	žijúcich ľudí na začiatku roku		77,07
4	V60a	percento starších 60 a viac rokov	100 x [počet obyvateľov vo veku 60 a viac rokov/počet obyvateľov]	%	15,38
Hrubá úmrtnosť, predčasná					
5	SMRV	obyvateľstvo	nepriamo vekovo štandardizovaná		100
6	SMRM	muži	úmrtnosť na slovenský štandard	%	100
7	SMRZ	ženy	(19 vekových skupín)		100
8	PYLL100	potenciálne roky strateného života	100 000 x [súčet nedožítých rokov do veku 65 rokov (úmrtnia vo veku 1–64 rokov)/počet obyvateľov]	roky	4033,00
Relatívna úmrtnosť na vybranú príčinu úmrtia					
9	ReC00-C97	zhubné nádory			212,79
10	ReC15-C26	zhubné nádory tráviaceho systému			76,14
11	ReC16	zhubné nádory žalúdka			15,20
12	ReC18-C20	zhubné nádory hrubého čreva a konečníka			24,24
13	ReC30-C39	zhubné nádory dýchacieho systému			45,19
14	ReC50	zhubné nádory prsníka			24,80
15	ReC64-C68	zhubné nádory močovej sústavy			11,25
16	ReC81-C96	zhubné nádory orgánov krvotvorby			13,28
17	ReC91-C95	všetky leukémie	100 000 x [počet úmrtí na vybrané ochorenie/počet obyvateľov]	počet úmrtí na 100 000 obyvateľov	6,20
18	ReC00-D48	nádory (zhubné, nezhubné spolu)			213,62
19	ReE00-E99	žľazy s vnútorným vylučovaním, metabolické procesy			14,38
20	ReI00-I99	obehový systém			531,05
21	ReI21-I25	ischemické choroby srdca			269,82
22	ReI63-I64	mozgové porážky a infarkty			63,57
23	ReJ00-J99	dýchacia sústava			58,08
24	ReK00-K93	tráviaca sústava			45,83
25	ReN00-N99	močová a pohlavná sústava			13,69
Štandardizovaná úmrtnosť na vybranú príčinu úmrtia					
26	SMRC00-C97	zhubné nádory			100
27	SMRC15-C26	zhubné nádory tráviacej sústavy			100
28	SMRC30-C39	zhubné nádory dýchacej sústavy			100
29	SMRC81-C96	zhubné nádory lymfatického krvotvorného tkaniva			100
30	SMRE00-E99	choroby žliaz s vnútorným vylučovaním	nepriamo vekovo štandardizovaná		100
31	SMRI00-I99	obehový systém	úmrtnosť na slovenský štandard	%	100
32	SMRI21-I25	ischemické choroby srdca	(19 vekových skupín)		100
33	SMRI63-I64	mozgové porážky a infarkty			100
34	SMRJ00-J99	choroby dýchacej sústavy			100
35	SMRK00-K93	choroby tráviacej sústavy			100
36	SMRN00-N99	choroby močovej a pohlavnej sústavy			100
Potenciálne roky strateného života na vybranú príčinu úmrtia					
37	PYLLC00-C97	zhubné nádory			1005,20
38	PYLLC15-C26	zhubné nádory tráviacej sústavy			242,26
39	PYLLC30-C39	zhubné nádory dýchacej sústavy	100 000 x [súčet nedožítých rokov do veku 65 rokov (úmrtnia vo veku 1–64 rokov) pri úmrtí na vybranú príčinu/počet obyvateľov]	roky	186,2
40	PYLLI00-I99	obehový systém			866,19
41	PYLLI21-I25	ischemické choroby srdca			396,32
42	PYLLJ00-J99	choroby dýchacej sústavy			172,69
43	PYLLK00-K93	choroby tráviacej sústavy			334,80

METÓDY

Spracovanie environmentálnych indikátorov

Pri spracovaní a výpočte environmentálnych indikátorov sme pristúpili k takému spracovaniu geochemických dát a k takému vyjadreniu environmentálnych indikátorov, aby ich bolo možné zjednotiť so zdravotnými indikátormi. Museli sme teda environmentálne indikátory transformovať do podoby zdravotných indikátorov. Tie predstavujú jedno číslo pre

hodnotený administratívny celok Slovenskej republiky – obec, resp. región. Do takejto istej podoby sme teda transformovali geochemické údaje o chemickom zložení pôd a podzemných vôd z územia Slovenskej republiky. Environmentálne indikátory boli teda vypočítané pre základné územnosprávne jednotky Slovenskej republiky – obce (2 883 obcí). Výpočty environmentálnych indikátorov predstavovali stanovenie určitej priemernej hodnoty prvku/zložky pre hodnotený celok (obce SR) z obsahov všetkých vzoriek pôd a vôd spadajúcich do príslušného celku, pomocou krigingu (Rapant et al., 2013).

Z vyššie uvedených celoslovenských geochemických dát vyjadrených formou environmentálnych indikátorov pre všetky obce Slovenskej republiky boli následne vybrané a ďalej analyzované dáta pre tie obce, ktoré spadajú do 3 hodnotených oblastí s historickou banskou činnosťou (celkovo 293 obcí).

Spracovanie zdravotných indikátorov

Všetky zdravotné indikátory sú vypočítané ako kumulatívna skutočnosť za roky 1994 až 2003, t.j. za 10 rokov, keď všetky prípady boli sčítané a všetky počty obyvateľov boli brané ako osoboroky (počet obyvateľov k 31. 12. príslušného roka) pre každú hodnotenú územnú jednotku – obec.

Metodika výpočtov a štandardizácia zdravotných indikátorov bola realizovaná podľa doporučení WHO, Beaghole et al. (1993), Jeníček (1995), Last (2001), Bencko et al. (2003a,b).

Pri výbere zdravotných indikátorov vychádzame z Medzinárodnej klasifikácie chorôb WHO 10. revízia (www.who.int/classifications/icd/en/). Demografické indikátory popisujúce vekové zloženie obcí vyjadrujú priemerný vek obyvateľstva pre hodnotené obce, resp. oblasti. Percento starších ľudí ako 60 rokov je vypočítané ako $100 \times \text{počet obyvateľov vo veku 60 rokov a viac} / \text{počet obyvateľov}$. Nepriamo vekovo štandardizované indikátory úmrtnosti sú štandardizované na slovenský štandard (19 vekových skupín). Indikátory relatívnej úmrtnosti sú počítané ako $\text{počet úmrtí na 100 000 obyvateľov (bez sledovania vplyvu veku obyvateľov)}$. Potenciálne roky strateného života sú počítané ako $100\,000 \times \text{súčet nedožitéch rokov do veku 65 rokov (úmrtia vo veku 1–64 rokov)} / \text{počet obyvateľov}$. Metódy výpočtov jednotlivých zdravotných indikátorov, resp. použité vzorce pri jednotlivých zdravotných indikátoroch sú uvedené v tabuľke 2.

Z vyššie uvedených celoslovenských databáz zdravotných indikátorov boli následne vybrané a ďalej analyzované dáta pre tie obce, ktoré spadajú do 3 hodnotených oblastí s historickou banskou činnosťou.

Vymedzenie kontaminovaných/nekontaminovaných oblastí

Na území Slovenskej republiky (relatívne malá krajina, celková plocha územia je necelých 50 000 km²) môžeme vyčleniť len tri regióny s historickou banskou činnosťou, ktoré sú dostatočne veľké na sledovanie vplyvu kontaminácie PTP po banskej činnosti na zdravie obyvateľstva: oblasť Stredoslovenských neovulkanitov, oblasť Slovenského rudohoria a oblasť Hornej Nitry (obr. 1). Prvé dve oblasti predstavujú historické banské oblasti s bývalou ťažbou rúd. Banská činnosť v týchto dvoch oblastiach bola skončená koncom dvadsiateho storočia. Tretia oblasť predstavuje územie s ťažbou hnedého uhlia. Hnedé uhlie sa tu ťaží od roku 1909 a v súčasnosti sa ťažba pohybuje cca 2 mil. ton ročne. Toto uhlie sa hodne využíva na kúrenie v domácnostiach v regióne, no taktiež sa spaľuje v elektrárni situovanej v centre regiónu. Vyznačuje sa najmä zvýšeným obsahom As (cca 0,8 hmotnostných %) a S (cca 2 hmotnostných %).

Pri vyčlenení kontaminovaných oblastí a susedných porovnávacích nekontaminovaných oblastí v jednotlivých vyššie uvedených regiónoch sme vychádzali zo základnej podmienky minimálneho počtu 15 obcí v každom z nich.

Pri vymedzení kontaminovaných a nekontaminovaných oblastí sme vychádzali z limitných hodnôt platných v Slovenskej republike pre hodnotenie znečistenia pôd a kvality pitnej vody (tab. 3). Kontaminované, resp. nekontaminované obce sme vyčlenili na základe obsahu PTP v pôdach, keďže obsahy rizikových prvkov v pôdach sú oveľa kontrastnejšie ako v podzemných vodách. Vďaka relatívne vysokej hodnote pH vôd, blízko neutrálnej oblasti (hojná prítomnosť karbonátov v rudných žilách) je mobilita PTP relatívne veľmi nízka. Potenciálne toxické prvky vypadávajú z podzemných vôd a viažu sa v pôdach a sedimentoch.

Ako nekontaminované obce boli vyčlenené obce, v ktorých obsah PTP v pôdach neprekračuje referenčné hodnoty ani v jednom hodnotenom prvku.

Tab. 3 Hodnotené prvky a ich limitné hodnoty

Pôdy („A“ referenčné hodnoty rozhodnutia MP SR č. 531/1994-540)															
Prvok	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Sn	V	Zn
Limit (mg.kg ⁻¹)	29	500	3	0,8	20	130	36	0,3	1	35	85	0,8	20	120	140
Podzemné vody (medzné hodnoty nariadenie vlády SR č. 496/2010 Z. z.) – pitná voda															
Prvok	MIN	NO ₃	Cl	SO ₄	F	NH ₄	Na	Fe	Mn	Al	As	Cd	Cr	Cu	Hg
Limit (mg.l ⁻¹)	1000	50	100	250	1,5	0,5	200	0,2	0,05	0,2	0,01	0,003	0,05	1,0	0,001
Prvok	Pb	Sb	Zn												
Limit (mg.l ⁻¹)	0,01	0,005	3,0												

Vymedzenie kontaminovaných a nekontaminovaných oblastí v rámci hodnotených 3 regiónov s historickou banskou činnosťou na základe vyššie uvedených kritérií je znázornené na obr. 1. Celkovo bolo vyčlenených 138 kontaminovaných obcí a 155 nekontaminovaných

obcí, ktoré boli následne porovnávané v rámci jednotlivých hodnotených regiónov z pohľadu úrovne koncentrácií chemických prvkov/látok v podzemných vodách a pôdach (environmentálne indikátory) a zdravotného stavu obyvateľstva (zdravotné indikátory).

CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

Geologické prostredie

Geologická stavba hodnotených oblastí je budovaná rôznymi geologicko-tektonickými jednotkami a teda sa vyznačuje aj rôznym petrografickým a geochemickým charakterom (Marsina et al., 1999). Zatiaľ čo horninové prostredie Stredoslovenských neovulkanitov je dominantne budované neogénnymi vulkanitmi, v ostatných dvoch oblastiach je geologická stavba komplikovanejšia a vyskytujú sa v nich horniny rôzneho geologického charakteru.

Oblasť Slovenského rudohoria je vo východnej časti budovaná hlavne staropaleozoickými (kambrium – karbón) slabo matamorfovanými flyšovými metasedimentami (metapieskovce, metadroby, fylity) a metavulkanitmi – bazaltoidného, keratofýrového a ryolitového charakteru. Západnú časť budujú dominantne vrchnopaleozoické-staropaleozoické vyššie metamorfované horniny kryštallického sokla s prejavmi migmatizácie a granitizácie, najmä ortoruly, paraluly, migmatity, amfibolity, diority a metakarbonáty. Približne na 5 % územia je zastúpený mezozoický (karbonatický) obal, ktorý pozostáva zo spodnotriasových kremencov, dolomitov a vápencov. V oblasti Slovenského Rudohoria boli od stredoveku až do súčasnosti ťažené hlavne metasomatické a žilné mineralizácie Fe, Cu, Pb, Zn, Sb, Ag, Hg a Au.

Stredoslovenské neovulkanity sú dominantne (viac ako 95 %) budované neogénnymi vulkanitmi, hlavne andezity, čadiče (menej ryolity a dacity) a ich pyroklastiká. Lokálne aj ako xenolity sa vyskytujú horniny kryštalinika (ortoruly, pararuly, granitoidy) a mezozoické karbonatické horniny s vysokými prejavmi skarnizácie. Oblasť Stredoslovenských neovulkanitov bola v minulosti (od stredoveku) významným metalogenetickým revírom s ťažbou Au, Ag, Pb, Zn, Cu a Hg rúd. Dnes sa tu v obmedzenej miere ťažia Au rudy.

Centrom regiónu **Hornej Nitry** je Hornonitrianska kotlina, typická vnútrohorská terciérna depresia Západných Karpát, ktorá je obkolesená jadrovými a neovulkanickými pohoriami. Oblasť kotliny je na báze budovaná hlavne paleogénnymi piesčitými numulitovými vápencami a polymiktnými a dolomitickými brekciami a zlepenkami, ktoré postupne prechádzajú do ílovcov, prachovcov a pieskovcov. Nasleduje flyš, hlavne pieskovce striedajúce sa s ílovcami a prachovcami. Z neogénnych hornín sú tu zastúpené hlavne egenburské pieskovce a zlepenca, íly a bádenské vulkanoklastiká s uhoľnými slojmi

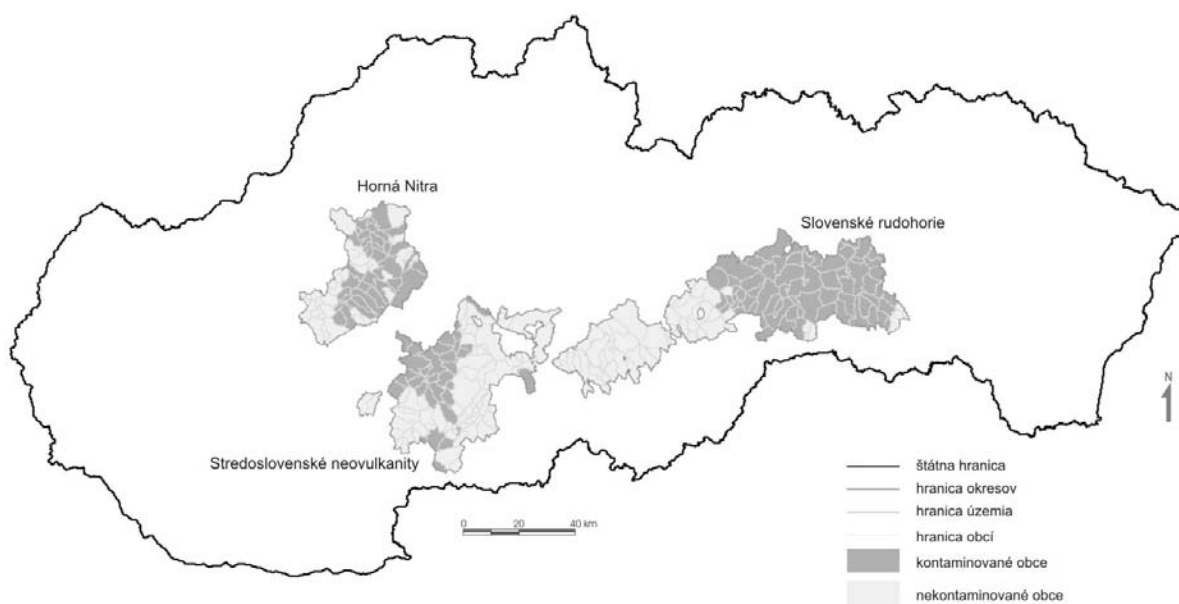
prekrytými bazaltickými andezitmi. Tieto prevažne sedimentárne, terciérne členy budujú približne 40–45 % plochy hodnoteného územia. Mezozoické (prevažne karbonatické) komplexy okolitých jadrových pohorí sú budované najmä rôznymi varietami vápencov a dolomitov, menej pieskocov, bridlíc a kremencov. Zastúpené sú približne na 20 % hodnoteného územia. Kryštalikum okrajových jadrových pohorí je budované hlavne kyslými granitoidnými horninami, menej migmatitami a rulami (približne 20 % hodnoteného regiónu). Približne 20 % hodnoteného územia, najmä vo východnom okraji tvoria neovulkanické horniny – andezity, čadiče a ich pyroklastiká.

V oblasti Hornej Nitry (Prievidza, Handlová, Nováky) sa už viac ako 100 rokov ťaží hnedé uhlie a lignit.

Socioekonomická charakteristika

V Slovenskej republike bolo v posledných rokoch realizovaných viacero štúdií analyzujúcich prevalenciu determinantov zdravia (najčastejšie rizikových faktorov životného štýlu, ale aj chudoby, vzdelania, zamestnanosti, etnickej príslušnosti a bývania) vo vybratých modelových okresoch (Vilinová, 2012, Michálek a Podolák, 2007). Z územia sledovaných oblastí však neexistujú ucelené údaje hodnotiace rizikové faktory zdravia podmienené neoptimálnym životným štýlom obyvateľov týchto oblastí. Z uvedených epidemiologických štúdií vyplýva, že v rámci okresov Slovenskej republiky existujú určité rozdiely v životnom štýle. Tieto rozdiely sa však nedajú predpokladať v prípade susedných, resp. blízko pri sebe ležiacich obcí, resp. obcí rovnakého charakteru v jednotlivých hodnotených oblastiach (vidiecke obyvateľstvo, prevažne horské oblasti, približne rovnaká socioekonomická úroveň obyvateľstva, podobný životný štýl). Teda ľudia žijúci v kontaminovaných aj nekontaminovaných oblastiach majú životný štýl približne rovnaký. Zrejme najpresnejšou metódou ako porovnať ekonomickú úroveň ľudí žijúcich v kontaminovaných a nekontaminovaných oblastiach je porovnať mieru nezamestnanosti. Z tabuľky 4, kde je uvedená miera nezamestnanosti v kontaminovaných a nekontaminovaných oblastiach pre tri hodnotené oblasti vyplýva, že miera nezamestnanosti je približne rovnaká. Dokonca v dvoch oblastiach (Horná Nitra a Slovenské rudohorie) je miera nezamestnanosti mierne vyššia v nekontaminovaných obciach. Z tohto je zjavné, že ekonomická úroveň je v hodnotených oblastiach prakticky rovnaká a zrejme tiež nemá významný vplyv na zdravotný stav obyvateľstva v porovnávaných oblastiach.

Obr. 1 Kontaminované a nekontaminované oblasti Slovenskej republiky



Tab. 4 Miera nezamestnanosti v hodnotených oblastiach v roku 2001 a 2011

región	miera nezamestnanosti v %			
	kontaminovaná oblasť		nekontaminovaná oblasť	
	2001	2011	2001	2011
Horná Nitra	19,09	14,81	19,14	15,20
Slovenské rudohorie	27,32	25,65	32,20	25,78
Stredoslovenské neovulkanity	25,90	23,19	24,21	24,86
Slovenská republika	2001		2011	
	19,2		13,6	

Zdroj dát: www. statistics.sk

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základná charakteristika vybraných chemických prvkov v podzemných vodách a pôdach (environmentálnych indikátorov) hodnotených oblastí je podaná v tabuľke 5. Charakteristika zdravotného stavu obyvateľstva hodnotených kontaminovaných a nekontaminovaných oblastí je podaná v tabuľke 6.

Zdravotný stav obyvateľstva je v zmysle všeobecnej deklarácie WHO podmienený hlavne nasledovnými štyrmi faktormi, Približne na 50 % je podmienený životným štýlom (spôsob života a práce). Genetickým faktorom a úrovni zdravotnej starostlivosti sa prisudzuje 10–20 % podiel. Životnému prostrediu, teda hlavne jeho geologickej zložke sa prisudzuje približne 20 % podiel. Ak vychádzame z predpokladu, že prvé tri faktory v kontaminovaných a nekontaminovaných oblastiach Slovenskej republiky pôsobia približne rovnako, určujúci

vplyv by mala v hodnotenom území zohrávať rozdielna úroveň kontaminácie geologického prostredia PTP.

Tab. 5 Vybrané hodnoty environmentálnych v kontaminovaných oblastiach Slovenskej republiky (priemerná hodnota pre všetky obce)

	STREDOSLOVENSKÉ NEOVULKANITY		HORNÁ NITRA		SLOVENSKÉ RUDOHORIE	
	kontaminovaná oblasť	nekontaminovaná oblasť	kontaminovaná oblasť	nekontaminovaná oblasť	kontaminovaná oblasť	nekontaminovaná oblasť
Pôdy						
As	11,03	7,06	32,38	16,90	96,68	13,14
Cd	3,34	0,60	0,24	0,34	0,79	0,31
Cu	35,67	19,18	19,15	17,91	139,89	22,68
Hg	0,16	0,08	0,15	0,10	3,03	0,18
Pb	91,42	29,63	37,65	29,95	118,34	26,26
Sb	2,96	1,53	1,23	0,97	76,79	2,36
Zn	134,14	78,40	88,32	72,75	89,81	74,59
Ca	1,14	0,96	1,47	1,55	0,65	0,91
Mg	0,73	0,59	0,95	0,91	0,69	0,84
karbonáty	0,86	1,21	1,74	2,14	0,62	0,22
Podzemná voda						
As	0,00194	0,00160	0,02096	0,00194	0,01217	0,00165
Cd	0,00139	0,00286	0,00444	0,00818	0,00054	0,00205
Cu	0,00263	0,00239	0,00129	0,00169	0,00413	0,00112
Hg	0,00014	0,00012	0,00015	0,00014	0,00016	0,00013
Pb	0,00198	0,00106	0,00107	0,00193	0,00163	0,00104
Sb	0,00024	0,00021	0,00019	0,00023	0,00941	0,00048
Zn	0,17592	0,25344	0,20046	0,15462	0,12486	0,12066
Ca	43,87	48,98	63,32	93,82	38,33	33,02
Mg	11,75	13,25	18,65	25,72	14,09	9,88
Ca+Mg	1,58	1,77	2,34	3,40	1,54	1,23

Poznámka: obsah prvkov v podzemnej vode v mg.l⁻¹, Ca+Mg v mmol.l⁻¹, pre pôdy v mg.kg⁻¹, Ca, Mg a karbonáty v %

Vo všetkých troch hodnotených oblastiach sú hodnoty PTP v pôdach väčšinou výrazne vyššie v kontaminovaných oblastiach ako v nekontaminovaných oblastiach. Jedinú výnimku predstavuje Cd v regióne Horná Nitra, ktorý je mierne vyšší v nekontaminovanej oblasti. Uvedený región je však kontaminovaný hlavne As zo spaľovania hnedého uhlia (vplyv atmosférickej depozície). S ohľadom na prevažujúci charakter polymetalického zrudnenia v Stredoslovenských neovulkanitoch sú najväčšie rozdiely v prípade Cd, Pb, Zn a Cu v pôdach. V Slovenskom rudohorí (prevažujú polymetalické rudy a Au-Sb rudy) sú najväčšie rozdiely v obsahoch Sb, Hg, Cu a As v pôdach.

V prípade podzemných vôd pozorujeme výrazný rozdiel medzi kontaminovanou a porovnávacou oblasťou len v prípade As v regióne Horná Nitra. Obsahy ostatných PTP v podzemných vodách kontaminovaných a nekontaminovaných oblastí hodnotených regiónov sú vo všeobecnosti veľmi podobné. Súvisí to už s vyššie uvedenou nízkou mobilitou PTP v podzemnej vode v daných hypergénnych podmienkach. Určitú úlohu v tejto skutočnosti môže zohrať aj skutočnosť, že pri geochemickom mapovaní a odbere vzoriek vôd sme sa

snažili vyhýbať extrémnym zdrojom vôd – výtokom zo štôlní, odkalísk a pod. Tak isto sme neodoberali extrémne vzorky ani v prípade pôd, kde sme neodoberali vzorky pôd z hál, odkalísk, pozostatkov z úpravni rúd a ďalších extrémne kontaminovaných zdrojov.

Tab. 6 Charakteristika zdravotného stavu obyvateľstva kontaminovaných a nekontaminovaných oblastí

	STREDOSLOVENSKÉ NEOVULKANITY		SLOVENSKÉ RUDOHORIE		HORNÁ NITRA	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*
DOZ	71,10	70,99	71,12	71,53	73,55	73,45
DOZM	65,78	66,10	66,49	66,99	69,75	69,62
DOZZ	75,96	75,65	72,88	74,95	77,06	77,13
V60A	18,16	17,89	15,31	16,91	17,87	17,99
SMRV	112,40	112,15	112,25	110,32	94,98	94,38
SMRM	122,67	117,58	115,75	111,37	94,07	91,57
SMRZ	105,94	107,21	110,60	109,88	94,74	96,03
PYLL100	5244,41	5049,83	4527,48	4985,29	3485,95	3504,16
ReC	252,60	240,31	211,78	229,03	223,96	238,11
ReC1526	85,26	96,23	70,73	72,94	77,28	94,21
ReC16	14,24	20,72	14,30	15,34	22,60	20,90
ReC1820	27,41	32,32	24,46	20,60	23,02	28,49
ReC3039	55,44	46,94	45,58	51,67	50,09	43,19
ReC50	21,46	29,31	24,51	33,53	23,87	24,96
ReC6468	16,07	8,46	12,02	13,40	9,60	10,98
ReC8196	14,07	13,98	12,75	15,26	11,66	12,74
ReC9195	6,05	8,11	6,13	6,74	4,78	5,21
ReC00D48	241,58	242,61	212,62	229,40	223,83	240,48
ReE	21,52	16,63	17,45	16,49	20,92	14,73
ReI	760,28	668,37	582,93	682,26	613,95	617,30
ReI2125	392,94	310,74	355,31	363,62	288,70	280,75
ReI6364	141,29	108,41	46,26	126,98	55,71	79,70
ReJ	82,12	101,82	73,29	79,76	52,40	49,87
ReK	87,79	74,58	42,05	48,67	52,40	42,30
ReN	17,62	15,99	11,57	17,83	12,21	10,66
SMRC	103,88	100,01	104,66	99,71	93,86	98,75
SMRC1526	98,08	112,33	97,17	88,23	90,88	107,90
SMRC3039	114,40	93,69	110,51	102,84	98,88	83,05
SMRC8196	91,45	92,29	97,83	110,76	79,44	87,30
SMRE	119,57	103,60	131,67	109,24	129,10	89,61
SMRI	119,99	108,75	114,98	116,24	98,25	98,33
SMRI2125	100,30	104,62	137,26	118,20	91,62	86,94
SMRI6364	168,81	140,90	74,89	174,76	75,50	102,84
SMRJ	113,31	146,33	132,39	129,35	77,81	72,34
SMRK	127,85	151,96	99,01	96,85	96,77	82,22
SMRN	114,16	101,85	89,87	118,10	78,32	63,89
PYLLC	1216,72	1101,53	1062,55	1126,65	925,65	975,03
PYLLC1526	306,04	277,58	220,23	272,70	201,33	280,05
PYIIC3039	242,30	227,34	200,19	232,48	193,05	151,50
PYIII	1170,12	1182,35	1116,08	1365,40	778,44	839,03
PYLLI2125	578,20	555,64	596,50	728,38	360,04	350,23
PYLLJ	245,71	286,85	272,24	266,66	74,51	71,90
PYLLK	585,14	596,79	391,31	415,26	351,55	219,86
suma_neg	13670,19	13137,34	11679,16	13012,17	9431,74	9461,49

Poznámka: 1* kontaminovaná oblasť, 2* nekontaminovaná oblasť, sum_neg: SMRV – PYLLK

Z výsledkov zdravotných indikátorov (tab. 6) je zrejmé, že nepozorujeme žiadne významné rozdiely medzi zdravotnými indikátormi v kontaminovaných a nekontaminovaných oblastiach v ani jednom z 3 hodnotených regiónov. Podľa sumárneho zdravotného indikátora (suma_neg) je zdravotný stav populácie v oblasti Stredoslovenských neovulkanitov a v oblasti Hornej Nitry prakticky úplne rovnaký (13 670–13 137; 9 431–9 461) a v oblasti Slovenského rudohoria je zdravotný stav obyvateľstva v kontaminovanej

oblasti (11 679) dokonca priaznivejšia ako v nekontaminovanej oblasti (13 012). Podobná situácia je aj v jednotlivých zdravotných indikátoroch. Ukazovatele vekových charakteristík (prvé štyri indikátory) vo vzťahu k nami riešenej problematike nemajú veľký význam. Bývajú najvýraznejšie deformované migráciou obyvateľstva – sťahovanie sa mladých ľudí za prácou do veľkých miest. Sú vo všetkých troch oblastiach podobné pre kontaminované aj nekontaminované oblasti. Jediný pozorovateľný rozdiel v týchto demografických indikátoroch je skutočnosť, že doba života v regióne Horná Nitra je o 2–3 roky dlhšia ako v ďalších dvoch oblastiach. Toto je však podmienené skutočnosťou, že v danom regióne je v oveľa väčšej miere zastúpené horninové prostredie karbonatických súvrstiev, ktoré je pre zdravotný stav obyvateľstva oveľa priaznivejšie ako silikátové (vulkanity, granity, metamorfity) horninové prostredie Rapant et al. (2013). Z hľadiska odozvy geochemického pozadia horninového prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky bolo dokázané, že horninové celky vulkanitov, granitov a metamorfítov sú oveľa menej priaznivé pre zdravie ľudí ako karbonatické horniny (vápence, dolomity, flyšové sedimenty). Táto skutočnosť je podmienená hlavne deficitným obsahom Ca a Mg v podzemnej/pitnej vode v silikátových geologických celkoch (Rapant et al., 2013). Priemerné obsahy Ca, Mg, tvrdosti vody a karbonátosti pôd sú v geologickom prostredí regiónu Hornej Nitry výrazne vyššie ako v ďalších dvoch hodnotených regiónoch. Podobný trend – nepriaznivejšie hodnoty zdravotných indikátorov v oblastiach Slovenského rudohoria a v Stredoslovenských neovulkanitoch v porovnaní s oblasťou Hornej Nitry je pozorovateľný pri všetkých ďalších zdravotných indikátoroch. Táto skutočnosť sa odráža v signifikantnom rozdieli sumy negatívnych zdravotných indikátorov (suma_neg), ktorý je pre Hornú Nitru o približne 2 000 – 3 000 priaznivejšia ako v ostatných dvoch hodnotených regiónoch.

Zvýšené obsahy PTP sú vo svetovej literatúre asociované hlavne s onkologickými ochoreniami (Bako et al., 1982; Fryzek et al., 2001; Cabrera and Gómez 2003). Základné indikátory onkologických ochorení (ReC, SMRC, PYLLC) a ani všetky ďalšie špecifikované úmrtnosti na onkologické ochorenia podľa jednotlivých diagnóz (tab. 6) nevykazujú nepriaznivejšie hodnoty v oblastiach kontaminovaných PTP. Obdobná situácia je aj v prípade úmrtnosti na kardiovaskulárne ochorenia. Len v prípade úmrtnosti na ochorenia žliaz s vnútorným vylučovaním (ReE) pozorujeme zvýšenú úmrtnosť v oblastiach kontaminovaných PTP. Rozdiely v tejto úmrtnosti sú ešte markantnejšie pri zohľadnení veku obyvateľstva (SMRE), keď v silikátových oblastiach (Slovenské rudohorie a Stredoslovenské neovulkanity) dosahujú cca 20 % a v oblasti Hornej Nitry až vyše 30 %. Nepriaznivý vplyv PTP na úmrtnosť na ochorenia žliaz s vnútorným vylučovaním (najmä cukrovka, štítna žľaza,

choroby z podvýživy alebo nadmernej výživy) bol viac krát popísaný vo svetovej literatúre (Lai et al., 1994; Gupta et al., 2001). V súčasnej úrovni poznania, však nedokážeme objektívne posúdiť vplyv PTP na úmrtnosť na ochorenie žliaz s vnútorným vylučovaním. Táto problematika bude riešená v ďalších etapách nášho výskumu za použitia vyššej štatistiky, najmä neuróvých sietí. Ostatné skupinové indikátory (ReK – tráviaca sústava, ReJ – dýchacia sústava, ReN – močová a pohlavná sústava) nevykazujú žiadne pozorovateľné rozdiely medzi kontaminovanými a nekontaminovanými oblasťami.

Na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky oveľa viac vplývajú obsahy makroprvkov ako obsahy PTP. Preukázaný bol najmä vplyv deficitných obsahov Ca a Mg v silikátovom horninovom prostredí v podzemnej/pitnej vode a to najmä na zvýšený výskyt kardiovaskulárnych ochorení a onkologických ochorení (Rapant et al., 2013). Negatívny vplyv deficitných obsahov Ca a Mg v podzemnej/pitnej vode na kardiovaskulárne ochorenia bol mnoho krát popísaný (Shaper et al., 1980, Rylander et al., 1991, Selinus et al., 2005). Deficitné obsahy Ca a Mg v podzemnej/pitnej vode boli tak isto viac krát vo svetovej literatúre spájané so zvýšeným výskytom onkologických ochorení (Yang et al., 1999, 2000a, Chiu et al., 2004). Keďže tieto dva druhy ochorení predstavujú rozhodujúcu príčinu úmrtí na Slovensku, najmarkantnejšie sa prejavujú vo všetkých sledovaných zdravotných indikátoroch. Pozorované rozdiely v zdravotnom stave obyvateľstva v kontaminovaných a nekontaminovaných oblastiach preto spájame hlavne s rôznou úrovňou obsahu Ca a Mg. Napríklad obsah Ca a Mg v oblasti Slovenského rudohoria je výrazne vyšší v kontaminovanej oblasti ako v nekontaminovanej, a toto je zrejme dôvod lepšieho zdravotného stavu obyvateľstva žijúceho v oblasti kontaminovanej PTP.

Chemické prvky v podzemnej/pitnej vode sa vyskytujú najmä v rozpustenej forme, ktorá je ľudskému organizmu najdostupnejšia. Preto podzemná/pitná voda zrejme aj najviac ovplyvňuje zdravotný stav obyvateľstva, oveľa viac ako pôdy. Čo sa týka obsahu PTP v podzemnej/pitnej vode v hodnotených oblastiach sú prevažne nízke a približne rovnaké aj v kontaminovaných aj nekontaminovaných oblastiach a pohybujú sa pod limitnými hodnotami normy pre pitnú vodu.

Dosiahnuté výsledky z porovnania zdravotných indikátorov medzi kontaminovanými a nekontaminovanými oblasťami sú veľmi prekvapivé a odporujú doterajším poznatkom.

Vo všeobecnosti sa predpokladá zhoršený zdravotný stav v oblastiach kontaminovanými PTP. Naše výsledky však poukazujú, že zdravotný stav obyvateľstva v kontaminovaných oblastiach je dokonca mierne lepší ako v nekontaminovaných oblastiach. Túto skutočnosť vysvetľujeme nasledovne. Bioprístupné podiely PTP v pôdach sú v uvedených oblastiach

veľmi nízke, väčšinou výrazne pod 5 % (Krčmová and Rapant, 2007, Rapant et al., 2009, Vaculík et al., 2013). Teda len malá časť PTP vstupuje do potravinového reťazca. Obsahy PTP v podzemnej/pitnej vode oblasti vďaka neutrálnemu až alkalickému prostrediu sú relatívne nízke. Aj keď miestne obyvateľstvo používa miestnu podzemnú vodu na pitné účely, nedostáva ingesciou pitnej vody zvýšené dávky PTP, ktoré by sa prejavovali na jeho zdravotnom stave.

V miestne pestovanej zelenine (mrkva, zemiaky, petržlen) boli vo všetkých hodnotených oblastiach zdokumentované zvýšené obsahy PTP v kontaminovaných oblastiach, ktoré sú v porovnaní s nekontaminovanými oblasťami približne dvojnásobne vyššie. Avšak z hľadiska celkovej ingescie PTP z potravy je tento podiel z kontaminácie zeleniny prakticky veľmi malý a takmer bezvýznamný (Rapant et al., 2009, Krčmová and Rapant, 2007, Krčmová and Rapant, 2009, Rapant et al., 2010). Taktiež z výsledkov biomonitoringu (vlasy, nechty, krv, moč) v hodnotených oblastiach vyplývajú mierne zvýšené obsahy PTP v ľudských materiáloch v kontaminovaných oblastiach v porovnaní s nekontaminovanými oblasťami (Krčmová and Rapant, 2007, Krčmová and Rapant, 2009, Rapant et al., 2010). Tieto obsahy sú však vo veľkej väčšine pod zavedenými limitnými hodnotami pre neznečistené životné prostredie a len výnimočne ich v niektorých obciach prekračujú (Rapant et al., 2006).

Z vyššie uvedeného je zrejme, že PTP prestupujú do miestneho potravinového reťazca a ich obsahy sú zvýšené aj v biologických materiáloch ľudí. Pravdepodobne nie však natoľko, aby sa mohli signifikantne prejavovať na zdravotnom stave obyvateľstva. V populácii, ktorá žije v kontaminovaných oblastiach sa zrejme uplatňujú rôzne adaptačné mechanizmy a ľudský organizmus sa postupne stáva odolným voči zvýšeným obsahom PTP. Aj v týchto kontaminovaných oblastiach, celkové geochemické pozadie, hlavne obsahy makroprvkov zrejme v rozhodujúcej miere vplývajú na zdravotný stav obyvateľstva, pravdepodobne oveľa viac ako obsahy PTP.

Za najdôležitejšiu skutočnosť z hľadiska obsahov PTP a ich vplyvu na zdravotný stav obyvateľstva považujeme nízke obsahy PTP v podzemných vodách (tab. 5). Podzemné vody, ktoré sú v daných oblastiach bežne používané na pitné účely majú relatívne nízke obsahy PTP, vo veľkej väčšine pod limitnými hodnotami pre pitnú vodu.

Môžeme teda na záver skonštatovať, že historické oblasti, v ktorých je zaznamenaná kontaminácia PTP v pôdach, resp. sedimentoch, ale nie je zdokumentovaná v podzemných, resp. povrchových vodách používaných na pitné účely predstavujú pre zdravie ľudí oveľa menšie riziko ako sa doposiaľ všeobecne predpokladá.

ZÁVER

Hlavným cieľom predkladaného príspevku bolo objektívne posúdiť potenciálny vplyv PTP na zdravie ľudí v historických banských oblastiach. V troch sledovaných regiónoch bol porovnávaný zdravotný stav obyvateľstva v obciach situovaných na kontaminovaných oblastiach a susedných nekontaminovaných oblastiach. Kontaminácia v sledovaných oblastiach bola zdokumentovaná hlavne len v prípade pôd. Obsahy PTP v podzemných/pitných vodách boli v kontaminovaných a nekontaminovaných oblastiach približne rovnaké a pod limitnými hodnotami normy pre pitnú vodu.

Nezistili sme žiadne významné zhoršenie zdravotného stavu obyvateľstva žijúceho v oblastiach so zvýšenou úrovňou kontaminácie PTP v porovnaní s nekontaminovanými oblasťami. Dokonca v dvoch hodnotených regiónoch bol zdokumentovaný stav obyvateľstva mierne lepší v kontaminovanej oblasti ako v nekontaminovanej oblasti.

Na záver konštatujeme, že pokiaľ PTP nie sú kontaminované podzemné/pitné vody používané na pitné účely, zrejme miestnemu obyvateľstvu žijúcemu v takýchto historických banských oblastiach hrozí oveľa menšie nebezpečenstvo ako sa doposiaľ všeobecne uvádza.

LITERATÚRA

- Bako, G., Smith, E. S., Hanson, J., et al. (1982): *The geographical distribution of high cadmium concentrations in the environment and prostate cancer in Alberta*. Can J Public Health 73:92-94.
- Beaglehole, R., Bonita R. & Kjellstrom, T. (1993): *Basic Epidemiology*. Geneva: WHO.
- Bencko, V., Hrach, K., Malý, M., Pikhart, H., Reissigová, J., Svačina, Š., Tomečková, M. & Zvárová, J. (2003a): *Biomedicínska statistika III., Statistické metódy v epidemiológii*. (1), Nakladateľstvá Karolinum, Praha, s. 236, ISBN 80-246-0763-8.
- Bencko, V., Hrach, K., Malý, M., Pikhart, H., Reissigová, J., Svačina, Š., Tomečková, M. & Zvárová, J. (2003b): *Biomedicínska statistika III., Statistické metódy v epidemiológii*, (2), Nakladateľstvá Karolinum, Praha, s. 269, ISBN . 80-246-0764-6.
- Cabrera, H. N. & Gómez, M. L. (2003): *Skin cancer induced by arsenic in the water*. J. Cutan. Med. Surg., 106-111.
- Chiu, H. F., Chang, Ch. Ch. & Yang, Ch. Y. (2004): Magnesium and calcium in drinking water and risk of death from ovarian cancer. *Magnesium Research* 17(1), 28–34.
- Čurlík, J., & Šefčík, P. (1999). *Geochemical Atlas of Slovakia-part V. Soils*. Monography, Ministry of the Environment of the Slovak Republic, Geological Survey of Slovak Republic, Bratislava, 98 p.
- Darnley, A. G., Bjorklund, A. et al. (1995): A Global Geochemical Database for Environmental and Resource Management. *Earth Sciences*. 19, UNESCO, Paris.
- Duker, A. A., Carranza, E. J. M., & Hale, M. (2005): Arsenic geochemistry and health. *Environment International*, 31, 631–641.
- Fryzek, J.P., Mumma, M.T., McLaughlin, J. K. et al. (2001): *Cancer mortality in relation to environmental chromium exposure*. J Occup Environ Med 43(7):635-640.

- Gupta, S. K., Khan, T. I., Gupta, R. C. (2001): *Compensatory hyperparathyroidism following high fluorine ingestions-a clinico-biochemical correlation*. Indian Pediatr, 38, 139–146.
- Jenicek, M. (1995). *Epidemiology, The Logic of Modern Medicine*. Epimed Montreal. ISBN 0-9698912-0-2.
- Klinda, J. & Lieskovská, Z. (2010): *State of the Environment report of the Slovak Republic*. Bratislava, Ministry of Environment of the Slovak Republic, 192.
- Krčmová, K. & Rapant, S. (2009): Trace elements in local food chain of residents in selected regions of Slovakia: Soil contamination and health implications. In: Mihály Szilágy, Klára Szentmihály (Eds.), 2009: Trace elements in the Food chain. Vol. 3 Deficiency of Excess of Trace Elements in the Environment as a Risk of Health. Working Committee on Trace Elements of the Complex Committee Hungarian Academy of Sciences (HAS), Institute of Materials and Environmental Chemistry of the HAS, Budapest, Hungary. s. 83–87.
- Lai, M. S., Hsueh, Y. M., Chen, C. J., Shyu, M. P., Chen, S. Y, Kuo, T. L., Wu, M. M., Tai, T.Y. (1994): *Ingested inorganic arsenic and prevalence of diabetes mellitus*. Am J Epidemiol, 139, 484–492.
- Last, J. M. (2001): *A Dictionary of epidemiology*, Oxford University Press, ISBN 0-19-514169-5.
- Lim, H. S., Lee, J.S., Chon, H.T. & Sager, M. (2008): *Heavy metal contamination and health risk assessment in the vicinity of the abandoned Songcheon Au–Ag mine in Korea*. Journal of Geochemical Exploration, 96 (2–3): 223–230
- Marsina, K. (ed.), Bodiš, D., Havrila, M., Janák, M., Káčer, Š., Kohút, M., Lexa, J., Rapant, S. & Vozárová, A. (1999): *Geochemický atlas Slovenskej republiky – Horniny*. Monography, Bratislava, GS SR. 134 s.
- Michálek, A. & Podolák, P. 2007: Selected determinants of regional differentiation of life expectancy at birth in Slovakia. *Geografický časopis*. 59/4, 305–322.
- Peplow, D. & Edmonds, R. (2004): *Health risks associated with contamination of groundwater by abandoned mines near Twisp in Okanogan County*. Washington, USA. Environmental Geochemistry and Health. 26(1): 69-79.
- Rapant, S., Vrana, K., & Bodiš, D. (1996): *Geochemical Atlas of Slovakia-part I. Groundwater*. Monography, Ministry of the Environment of the Slovak Republic, Geological Survey of Slovak Republic, Bratislava, 127 p.
- Rapant, S., Dietzová, Z., Cicmanová, S. (2006): Environmental and health risk assessment in abandoned mining area, Zlatá Idka, Slovakia. In: *Environmental Geology*, 51, s. 387–397.
- Rapant, S., Krčmová, K. (2007): Health risk assessment maps for arsenic groundwater content: application of national geochemical databases. In: *Environmental Geochemistry and Health*, 29, 131–141.
- Rapant, S., Cvečková, V., Dietzová, Z., Letkovičová, M. & Khun, M. (2009): Medical geochemistry research in SGR Mts. In: *Environmental Geochemistry and Health*., Vol. 31, Issue 1, p. 11–25.
- Rapant, S., Letkovičová, M., Cvečková, V., Fajčíková, K. & Nikodémová, D. (2010): *Zhodnotenie potenciálneho vplyvu geochemického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva banskoštiavnickej oblasti, regionálny geologický výskum*. Záverečná správa, Geofond, Bratislava, 193 s.
- Rapant, S., Cvečková, V., Dietzová, Z., Fajčíková, K., Hiller, E., Finkelman R. B. & Škultétyová, S. (2013): The impact of geological environment on health status of residents of the Slovak Republic. *Environmental Geochemistry and Health*, DOI : 10.1007/s10653-013-9580-5.
- ROZHODNUTIE MP SR o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok (číslo 531/1994 – 540) MP SR, 1994.
- Rylander, R., Bonevik, H. & Rubenowitz, E. (1991): Magnesium and Calcium in Drinking Water and Cardiovascular Mortality. *Scand. J. Work Environ. Health* 17, 91–94.

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 793.

Shaper, A. G., Packham, R. F. & Pocock, S. J. (1980): The British regional Heart Study: Cardiovascular Mortality and Water Quality. *J. Environ. Pathol. Toxicol.* 3, 89–111.

Smedley, P. L. & Kinniburgh, D. G. (2002): A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry* 17, 517–568.

Vaculík, M., Jurkovič, L., Matejkovič, P., Molnárová, M. & Lux, A. (2013): Potential Risk of Arsenic and Antimony Accumulation by Medicinal Plants Naturally Growing on Old Mining Sites. *Water, Air and Soil Pollution*, 224–1546.

Vilinová, K. (2012): *Zdravotný stav obyvateľstva Slovenska*. UKF v Nitre, Edícia prírodovedec č. 495, s. 125. ISBN 978-80-558-0058-5.

Vrana, K., Rapant, S., Bodiš, D., Marsina, K., Lexa, J., Pramuka, S., Maňkovská, B., Čurlík, J., Šefčík, P., Vojtaš, J., Daniel, J., & Lučiviansky, L. (1997). Geochemical Atlas of Slovak Republic at a scale 1 : 1 000 000. *Jurnal of Geochem. Exploration*, 60, 7–37.

Wcisło, E., Ioven, D., Kucharski, R. & Szdziej, J. (2002): *Human health risk assessment case study: an abandoned metal smelter site in Poland*. *Chemosphere* 47(5): 507–515.

WHO 2002: Fluorides. *Environmental Health Criteria*, (227). Geneva, Switzerland: World Health Organization.

WHO 2004: Iodine status worldwide WHO Global database on Iodine Deficiency. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

www.statistics.sk

www.who.int/classifications/icd/en/

Yang, Ch. Y. (1999): Pancreatic Cancer Mortality and Total Hardness Levels in Taiwan's Drinking Water. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues* 56(5), 361–369.

Yang, Ch. Y., Chiu, H. F., Cheng, B. H., Hsu, T. Y., Cheng, M. F. & Wu, T. N. (2000a): Calcium and Magnesium in Drinking Water and Risk of Death from Breast Cancer. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues* 60(4), 231–241.



Výskum bol realizovaný v rámci projektu LIFE10 ENV/SK/000086 “Vplyv geologickej zložky životného prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky”, ktorý je podporovaný z finančného nástroja LIFE+ a príspevkom MŽP SR