



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"

Ohodnotenie vplyvu geologického prostredia na zdravie obyvateľov Slovenskej republiky

(Aktivita A5: „Environmentálna analýza“)

17/07/2013

S. Rapant, V. Cvečková, K. Fajčíková, Z. Dietzová, D. Sedláková

ABSTRAKT

Pre ohodnotenie možného vplyvu geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky bolo geologické prostredie Slovenskej republiky rozdelené do ôsmich hlavných celkov: paleozoikum, kryštalínikum, karbonatické mezozoikum, karbonaticko-silikátové mezozoikum, flyšový paleogén, vulkanity, neogén a kvartér. Podľa týchto geologických celkov boli rozdelené aj databázy environmentálnych indikátorov (obsahov chemických prvkov/zložiek v podzemných vodách a pôdach) a zdravotných indikátorov (ukazovateľov zdravotného stavu a demografického vývoja obyvateľstva). Ako najnepriaznivejšie geologické prostredie pre zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky bolo jednoznačne zdokumentované horninové prostredie neogénnych vulkanitov (andezity a bazalty) a ako najpriaznivejšie geologické prostredie bolo zdokumentované horninové prostredie paleogénu (pieskovce, bridlice, ílovce). Najvýznamnejšie rozdiely medzi týmito dvomi geologickými celkami boli zistené najmä pre nasledovné zdravotné indikátory: SMRI6364 (mozgové porážky a mŕtvica) viac ako 70%, SMRK (tráviaci systém) 55%, REI (obehový systém) and REE (endokrinný a metabolický systém) takmer 40%, REC (zhubné nádory) takmer 30%. Predpokladáme, že uvedené rozdiely pravdepodobne súvisia s deficitným obsahom Ca a Mg v podzemných (pitných) vodách Neogénnych vulkanitov, ktoré sú približne o polovicu nižšie ako obsahy Ca a Mg v podzemných vodách viazaných na celok Paleogénnych sedimentov.

ÚVOD

Vzťah medzi horninami a minerálmi a ľudským zdravím je známy už od dávnoveku. Každá prírodná látka, minerál alebo chemický prvok môže byť jedom alebo liekom v závislosti od dávky (Paracelsus), špeciácie a expozičnej cesty. Negatívne zdravotné účinky môže teda spôsobiť na jednej strane nadbytok, no na druhej strane aj nedostatok chemických prvkov, iónov a dôležitých mikronutrientov (napr. jód, selén, zinok a horčík).

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 približne rovnaký podiel, 10 – 20 %. Podiel vplyvu životného prostredia na zdravie obyvateľov v prípade výrazne kontaminovaných, resp. geologicky nepriaznivých oblastí však môže výrazne narastať.

V súčasnosti existuje veľa poznatkov o vzťahu medzi obsahmi potenciálne toxických prvkov v geologickom prostredí a ľudským zdravím, ktoré sú zdokumentované a hodnotené v mnohých vedeckých článkoch, štúdiách a monografiách (Selinus et al. 2005; Dissanayake and Chandrajith, 2009; Brevik and Burgess 2013). Najčastejšie príklady predstavujú štúdie zaoberajúce sa nadbytkom arzénu v geologickom prostredí a jeho dopadom na ľudské zdravie (Smedley and Kinniburgh 2002; Duker et al. 2005). Ďalšími príkladmi prác zaoberajúcimi sa vplyvom deficitu, resp. nadbytku rôznych chemických prvkov v geologickom prostredí, najmä J, F, Se sú napríklad práce WHO 2002, 2004; El-Bayoumy et al. 2001; Takahashi et al. 2001 a Vincenti et al. 2010. Mnohé štúdie obdobného zamerania sú súhrnne spracované v monografii Selinus et al. (2010, 2013). Avšak doposiaľ nebol realizovaný žiadny komplexný výskum zameraný na vplyv širšieho spektra prírodne sa vyskytujúcich chemických prvkov (makroprvkov, potenciálne toxických prvkov) na ľudské zdravie z jedného geografického regiónu.

Rozsiahle environmentálno-geochemické mapovanie Slovenskej republiky, najmä programy Geochemických atlasov (Vrana et al. 1997) a environmentálno-geochemických máp (Rapant et al. 1999) bolo podkladom pre zostavenie národných geochemických databáz pre územie Slovenskej republiky. Zároveň bolo tiež odborným východiskom pre štúdium potenciálneho negatívneho vplyvu geologického prostredia na ľudské zdravie. Pilotným projektom celoslovenských medicínsko-geochemických prác bola práca Environmentálne a zdravotné indikátory Slovenskej republiky (Rapant et al. 2010). Tu boli unifikovanou formou zostavené databázy environmentálnych indikátorov (chemických prvkov/zložiek/parametrov v podzemných vodách a pôdach) a ukazovateľov demografického

vývoja a zdravotného stavu (zdravotné indikátory) pre každú z 2883 obcí Slovenskej republiky. Takto zostavené mapy a databázy sú východiskom pre následné environmentálne štúdie a taktiež pre hodnotenie zdravotného stavu obyvateľstva Slovenskej republiky. Hlavným cieľom tejto práce bolo zistiť ako vplýva rôznorodosť geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky, teda zistiť či rozdielnosť geochemického pozadia sa odráža v zdravotnom stave obyvateľstva.

MATERIÁL

Environmentálne indikátory

Pod environmentálnymi indikátormi rozumieme obsahy chemických prvkov/zložiek alebo hodnoty chemických parametrov, analyzovaných a meraných v životnom prostredí (Rapant et al. 2010). V danej práci hodnotíme environmentálne indikátory v podzemných vodách a pôdach. Tieto dve zložky geologického prostredia majú určite najväčší súvis s ľudským zdravím.

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 1996; Čurlík and Šefčík 1999).

Tento súbor environmentálnych indikátorov a ich priemerné hodnoty pre podzemné vody a pôdy Slovenskej republiky sú prehľadne spracované v Tab. 1.

Celkový počet geochemických analýz bol pre podzemné vody 20339 a pre pôdy 10 738. Zahnuté 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.

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

PODZEMNÉ VODY (n=20 339)												
pH	MIN	ChSK _{Mn}	Ca+Mg	Li	Na	K	Ca	Mg	Sr	Fe	Mn	NH ₄
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	SO ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	HCO ₃	SiO ₂	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	Pozn.: 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	Pozn.: makroprvkov v %, mikroprvkov v mg kg ⁻¹					
101.38	79.07	0.92	75.79	6.26	5.52	2.45						

Zdravotné indikátory

Zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky sme hodnotili na základe zdravotných indikátorov. Zdravotný indikátor je premenná, ktorá umožňuje prostredníctvom priameho merania alebo pozorovania vyjadriť zdravotný stav osôb v spoločnosti. Jeho hlavný význam je v miestnej a časovej porovnateľnosti. O tom, či zdravotný stav hodnotenej oblasti je dobrý alebo zlý dokážeme povedať, až keď hodnotíme viacero oblastí, prípadne viacero časových období a vzájomne ich porovnávame, resp. ich porovnávame so štandardom alebo publikovanými hodnotami pre väčšie celky. Neexistuje jeden komplexný indikátor, ktorý by v sebe zachytil všetky alebo väčšinu aspektov zdravotného stavu populácie. Preto používame relatívne široký súbor viacerých indikátorov.

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 Slovenskej republiky v súvislosti so životným prostredím bolo vybratých 30 zdravotných indikátorov, u ktorých sa dá predpokladať najväčší súvis s geologickou zložkou životného prostredia. Prehľad hodnotených zdravotných indikátorov je uvedený v tab. 2 spolu s celoslovenskými priemernými hodnotami.

Vybrané zdravotné indikátory popisujú dôležité informácie o veku, reprodukčnom zdraví a najmä rôznym spôsobom analyzujú úmrtnosť. Zámerne sme vybrali iba robustné indikátory, ktoré sú stabilné, nie sú zriedkavé a nemenia sa skokom. Z hodnotených 30 zdravotných indikátorov môžeme prvých 6 vyčleniť ako pozitívne, t.j. ako najpriaznivejšie hodnoty sú čo najvyššie hodnoty. Ostatných 24 zdravotných indikátorov môžeme vyčleniť ako negatívne, t.j. ich najpriaznivejšie hodnoty by mali byť čo najnižšie až nulové.

Tab. 2 Zoznam 30 vybraných zdravotných indikátorov

Skratka	Charakteristika	Skupina	Jednotka	SR*
LEm	Očakávaný vek pri narodení (Muži)	Veková charakteristika	Roky	67.44
LEw	Očakávaný vek pri narodení (Ženy)		Roky	77.07
A60+	% starších vo veku 60 a viac rokov		%	15.38
A85+	% starých vo veku 85 a viac rokov		%	0.84
BIR	Pôrodnosť	Reprodukčné zdravie	‰	10.58
GFR	Miera fertility		‰	46.15
LBW	% nedonosných (LBW pod 2500 g)		%	7.55
SAR	% spontánnych potratov		‰	62.98
CMm	Hrubá úmrtnosť (Muži)	Úmrtnosť	‰	14.76
CMw	Hrubá úmrtnosť (Ženy)		‰	9.07
SMRp	Nepriama štandardizácia: úmrtnosť (Populácia)		%	100
SMRm	Nepriama štandardizácia: úmrtnosť (Muži)		%	100
SMRw	Nepriama štandardizácia: úmrtnosť (Ženy)		%	100
PPDm	% predčasných úmrtí - muži (pod 65)		Predčasná úmrtnosť	%
PPDw	% predčasných úmrtí - ženy (pod 65)	%		17.53
PPDNCp	% predčasných prirodzených úmrtí (pod 65)	%		23.37
PYLL1m	PYLL na 1 mŕtveho obyvateľa – muža (potenciálne roky strateného života)	Roky		4.68
PYLL1w	PYLL na 1 mŕtveho obyvateľa – ženy (potenciálne roky strateného života)	Roky		2.19
PYLL100	PYLL na populáciu 100 000 obyvateľov	Roky		4033
PYLLC	PYLL na 100 000 obyvateľov – zhubné nádory	Roky		1005.20
REC	Relatívna úmrtnosť na 100 000, zhubné nádory	Podiel úmrtí na 100,000		Počet úmrtí na 100,000 obyvateľov
REE	Relatívna úmrtnosť na 100 000, choroby žliaz s vnútorným vylučovaním		Počet úmrtí na 100,000 obyvateľov	14.43
REI	Relatívna úmrtnosť na 100 000, choroby obehovej sústavy		Počet úmrtí na 100,000 obyvateľov	531.05
SMRC	Štandardizovaná úmrtnosť – zhubné nádory	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť	%	100
SMRC1526	Štandardizovaná úmrtnosť – zhubné nádory tráviaceho traktu		%	100
SMRC3039	Štandardizovaná úmrtnosť – zhubné nádory dýchacích a vnútrohruďných orgánov		%	100
SMRI2125	Štandardizovaná úmrtnosť – ischemické ochorenia srdca (infarkt myokardu and chronická ischemická choroba srdca)		%	100
SMRI6364	Štandardizovaná úmrtnosť – mozgové porážky a mŕvice		%	100
SMRJ	Štandardizovaná úmrtnosť – ochorenia respiračného systému (nenádorové)		%	100
SMRK	Štandardizovaná úmrtnosť – ochorenia tráviaceho traktu (nenádorové)		%	100

Pozn.: *SR - priemerná hodnota zdravotného indikátora pre Slovenskú republiku za obdobie rokov 1994 – 2003

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. okres. 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 územné jednotky Slovenskej republiky – obce a následne pre okresy, vyššie územné celky (VÚC) a pre celú Slovenskú republiku. Výpočty environmentálnych indikátorov predstavovali stanovenie určitej priemernej hodnoty prvku/zložky pre hodnotený územnosprávny celok z obsahov všetkých vzoriek pôd a vôd spadajúcich do príslušného územnosprávneho celku.

Postup výpočtu bol nasledovný. Zo všetkých vstupných dát bola zostavená pixelová mapa plošnej distribúcie obsahov prvkov/zložiek pre celú Slovenskú republiku. Použitý bol softvér MapInfo Professional 9.0. Vyhľadávací faktor bol 1, funkcia power 2 a neuvažovalo sa s anizotropiou prostredia. Základnú bunku mapy tvorí štvorec, tzv. pixel, ktorého strana predstavuje 1 km, t.j. plocha pixelu predstavuje 1 km². Pre každý pixel bola modelovo vypočítaná príslušná priemerná hodnota koncentrácie prvku na báze inverzných vzdialeností od stredu pixelu k desiatim najbližším vzorkám. Hodnota gridového priemeru environmentálnych indikátorov pre jednotlivé územnosprávne celky (obec, okres, VÚC) sa ďalej vypočítala ako hodnota aritmetického priemeru z hodnôt ich obsahov pre jednotlivé pixely spadajúcich do jednotlivých územnosprávnych celkov. Do výpočtu boli zahrnuté aj hodnoty pixelov, spadajúcich do počítaných celkov len čiastočne. Takýto spôsob výpočtu environmentálnych indikátorov poskytuje objektívnejšie hodnotenie o obsahoch prvkov v hodnotených administratívnych celkoch, keďže zohľadňuje distribúciu ich prvkov bez ohľadu na administratívne hranice a interpoluje obsahy prvkov aj mimo administratívnych hraníc.

Všetky výpočty environmentálnych indikátorov boli spracované v numerickej aj mapovej forme pre každú z 2 883 obcí, pre 79 okresov, 8 VÚC a pre celé územie Slovenskej republiky.

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.

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

Zdravotné indikátory sú klasifikované v zmysle Medzinárodnej klasifikácie chorôb WHO (ICD, 10th revision, www.who.int/classifications/icd/en/). Presné postupy výpočtov, resp. vzorce ako sa počítali jednotlivé zdravotné indikátory sú uvedené v tab. 3.

Tab. 3 Spôsob výpočtu zdravotných indikátorov

Označenie indikátora	Stručný popis výpočtu, resp. vzorec
LEm	Výpočet je urobený podľa metodiky PAHO na základe 19 vekových skupín (tzv. Life Tables) podľa pohlavia a urobený odpočet očakávaného dožívania vo veku 0 (pri narodení) u všetkých, zvlášť u mužov, u žien a u všetkých vo veku 40 rokov a 60 rokov
LEw	
A60+	100 x (počet obyvateľov vo veku 60 a viac rokov/počet obyvateľov)
A85+	100 x (počet obyvateľov vo veku 85 a viac rokov/počet obyvateľov)
BIR	1000 x (počet živonarodených/počet obyvateľov)
GFR	1000 x (počet živonarodených/počet žien vo veku 15 – 44 rokov)
LBW	100 x (počet novorodených s pôrodnou hmotnosťou do 2500 g/počet novorodených)
SAR	100 x (počet živonarodených/počet všetkých počatí)
CMm	1000 x (počet úmrtí mužov/počet mužov)
CMw	1000 x (počet úmrtí žien/počet žien)
SMRp	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť obyvateľstva, štandardizovaná na slovenský štandard (19 vekových skupín)
SMRm	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť mužov, štandardizovaná na slovenský štandard (19 vekových skupín)
SMRw	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť žien, štandardizovaná na slovenský štandard (19 vekových skupín)
PPDm	100 x (počet úmrtí mužov vo veku 1 – 64 rokov)/počet úmrtí mužov
PPDw	100 x (počet úmrtí žien vo veku 1 – 64 rokov)/počet úmrtí žien
PPDNCp	100 x (počet úmrtí obyvateľstva na prirodzené príčiny vo veku 1 – 64 rokov)/počet úmrtí mužov
PYLL1m	Súčet nedožítých rokov do veku 65 rokov (úmrtia vo veku 1–64 rokov) mužov/počet úmrtí mužov
PYLL1w	Súčet nedožítých rokov do veku 65 rokov (úmrtia vo veku 1 – 64 rokov) žien/počet úmrtí žien
PYLL1C	100 000x (Súčet nedožítých rokov do veku 65 rokov (úmrtia vo veku 1 – 64 rokov) obyvateľstva z titulu úmrtia na zhubný nádor / počet obyvateľov
PYLL100	100 000 x (Súčet nedožítých rokov do veku 65 rokov (úmrtia vo veku 1 – 64 rokov)/počet obyvateľov
ReC	100 000 x (počet úmrtí na zhubné nádory (C00-C97 podľa MKCH,10.rev.)/počet obyvateľov
ReE	100 000 x (počet úmrtí na choroby žliaz s vnútorným vylučovaním, výživy a premeny látok (E00-E90 podľa MKCH,10.rev.)/počet obyvateľov
ReI	100 000 x (počet úmrtí na choroby obehovej sústavy (I00-I99 podľa MKCH,10.rev.)/počet obyvateľov
SMRC	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť obyvateľstva, štandardizovaná na slovenský štandard (19 vekových skupín) na zhubné nádory
SMRC1526	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť obyvateľstva, štandardizovaná na slovenský štandard (19 vekových skupín) na zhubné nádory tráviacich orgánov
SMRC3039	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť obyvateľstva, štandardizovaná na slovenský štandard (19 vekových skupín) na zhubné nádory dýchacích orgánov
SMRI2125	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť obyvateľstva, štandardizovaná na slovenský štandard (19 vekových skupín) na ischemické choroby srdca
SMRI6364	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť obyvateľstva, štandardizovaná na slovenský štandard (19 vekových skupín) na mozgové infarkty a porážky
SMRJ	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť obyvateľstva, štandardizovaná na slovenský štandard (19 vekových skupín) na choroby dýchacej sústavy
SMRK	Nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť obyvateľstva, štandardizovaná na slovenský štandard (19 vekových skupín) na choroby tráviacej sústavy

Rozčlenenie geologickej stavby

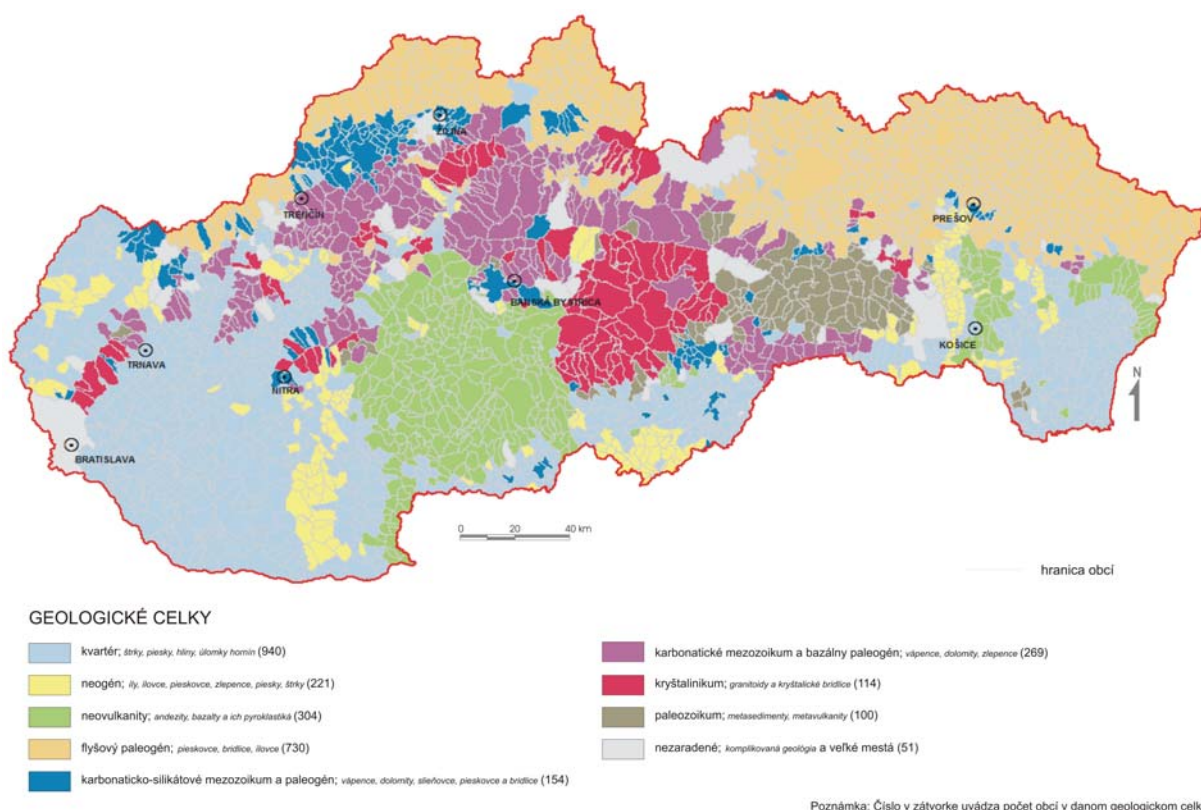
Geologicky patrí územie Slovenskej republiky k Západným Karpatom. Na ich vývoji sa podieľali geologické procesy troch Wilsonových cyklov, a to: hercýnsky (varijský), kadósko-kaledónsky a alpínsky. V dôsledku týchto viac násobných tektonických procesov patria Západné Karpaty k územiám s najkomplikovanejšou geológiou vôbec. Tvoria „puzzle“, kde sa na malom území striedajú horniny paleozoika, kryštalinika, mezozoika, paleogénu a neogénu v príkrovovo prešmykových a zlomových hraniciach, často maskované sedimentmi kvartéru (Kohút et al. 1999). Grafické podmienky časopisu neumožňujú prezentovať geologickú mapu územia Slovenskej republiky. Je však k dispozícii v rôznych merítkach na internetovej stránke ŠGÚDŠ www.geology.sk. Pri rozčlenení geologickej stavby územia Slovenskej republiky sme brali ako hlavné kritérium mineralogicko-petrografický charakter horninového prostredia, teda jeho geochemické pozadie. Pri niektorých vyčlenených celkoch teda nebolo rešpektované geologicko-tektonické členenie geologickej stavby Slovenskej republiky. Územie Slovenskej republiky sme rozčlenili na nasledovných 8 celkov:

- 1 – paleozoikum; prevažne metasedimenty, metavulkanity,
- 2 – kryštalinikum; prevažne granitoidy, ruly a migmatity,
- 3 – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén; prevažne vápence, dolomity, karbonatické zlepenice,
- 4 – karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén; prevažne sliene, slieňovce, vápence, dolomity, pieskovce a bridlice,
- 5 – flyšový paleogén; prevažne pieskovce, bridlice, ílovce,
- 6 – neovulkanity; prevažne andezity, bazalty a ich pyroklastiká,
- 7 – neogén; prevažne íly, ílovce, zlepenice, piesky, štrky,
- 8 – kvartér; prevažne štrky, piesky, úlomky hornín.

Prehľadne je rozčlenenie geologickej stavby územia Slovenskej republiky podľa katastrov obcí uvedené na obr. 1. Pre približne 50 % obcí na Slovensku, najmä horninové prostredie flyšového paleogénu, neogénnych vulkanitov a sedimentov kvartéru nebol problém rozčleniť geologickú stavbu podľa katastrov obcí. Rozhodujúca časť katastrov obcí v týchto geologických útvaroch, vrátane umiestnenia sídiel bola rozhodujúco budovaná len jedným geologickým celkom. Obdobne, pomerne jednoducho sa dalo pričleniť geologické prostredie obciam situovaných v podhorských oblastiach, ktorých kataster zasahoval do jadrových pohorí a prolúviálno-deluviálnych sedimentov kvartéru. V tomto prípade sme pričlenili obciam geologické prostredie horskej oblasti, keďže prolúviálno-deluviálny kvartér bol

mineralogicko-petrograficky a teda aj geochemicky obdobný ako staršie geologické útvary. Približne 25 % obcí bolo situovaných do rôznych geologických útvarov. Pri vyčleňovaní týchto obcí bolo rozhodujúcim kritériom poloha sídiel (na ktorom geologickom útvare je situovaná obec) a pomáhali sme si aj geochemickými kritériami – obsahmi chemických prvkov v podzemných vodách a v pôdach, prípadne geomorfológiou. Pre komplikovanosť geologickej stavby sme však nedokázali priradiť geologické prostredie celkovo 51 obciam. S týmito obcami pri ďalšom hodnotení neuvažujeme. Taktiež boli z hodnotenia vyňaté aj tzv. vojenské obvody s anomálnym obyvateľstvom.

Obr.1 Rozčlenenie geologickej stavby Slovenskej republiky na hlavné geologické celky

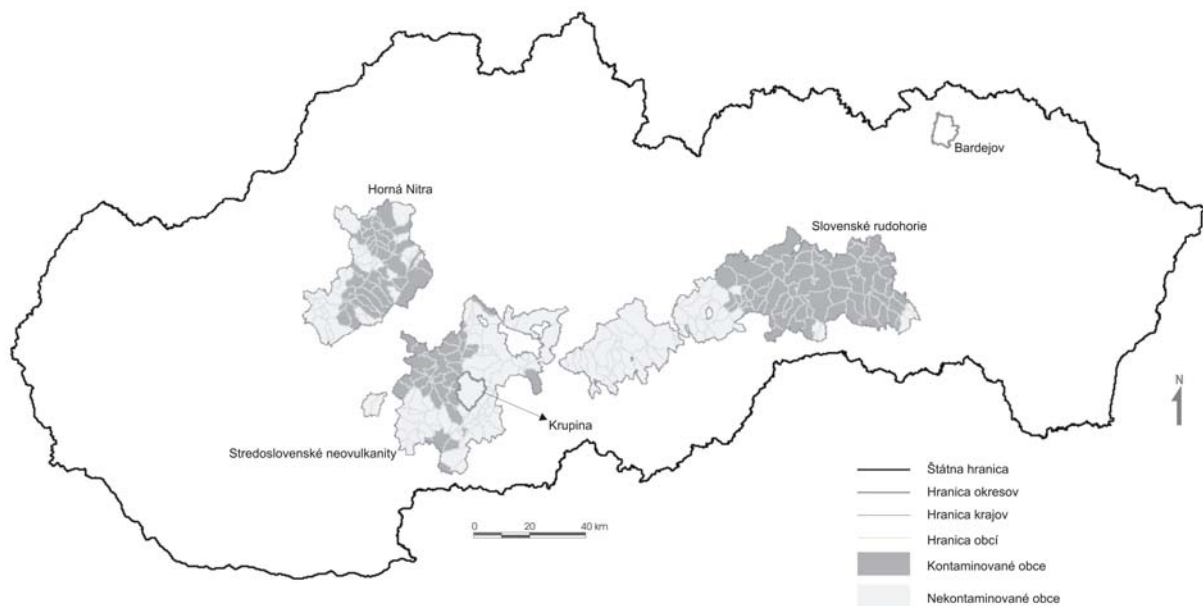


Podľa prevažujúcej geologickej stavby sme následne rozčlenili dáta environmentálnych (podzemné vody, pôdy) a zdravotných indikátorov podľa vyššie vyčlenených geologických celkov. Následne boli vypočítané priemerné hodnoty environmentálnych a zdravotných indikátorov. Boli vypočítané aritmetické priemery a mediány. Medzi týmito dvoma hodnotami nebol zaznamenaný žiadny signifikantný rozdiel, preto v ďalšom hodnotení používame len hodnoty aritmetických priemerov.

Vplyv kontaminácie potenciálne toxickými prvkami na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky sme sledovali v troch historických banských oblastiach – Slovenské

rudohorie, Stredoslovenské neovulkanity a oblasť Hornej Nitry (obr. 2). V týchto troch oblastiach sme vyčlenili kontaminované (138 obcí) a nekontaminované (155 obcí) oblasti na základe obsahov potenciálne toxických prvkov. Oblasť Slovenského Rudohoria a Stredoslovenských neovulkanitov je kontaminovaná hlavne vplyvom stáročnej banskej činnosti a oblasť Hornej Nitry je kontaminovaná hlavne len ťažbou a spaľovaním hnedého uhlia (v elektrárni, no aj v domácnostiach) s vysokými obsahmi As.

Obr. 2 Kontaminované a nekontaminované oblasti Slovenskej republiky



VÝSLEDKY

Priemerné hodnoty zdravotných indikátorov obyvateľstva Slovenskej republiky rozčlenené podľa geologickej stavby (na základe katastrov obcí) sú uvedené v tab. 4. Priemerné hodnoty environmentálnych indikátorov (na základe katastrov obcí) sú pre podzemné vody uvedené v tab. 5 a pre pôdy v tab. 6. Vybrané hodnoty environmentálnych a zdravotných indikátorov troch kontaminovaných oblastí v porovnaní s tromi susednými nekontaminovanými oblasťami obdobného geologického, geomorfologického a taktiež socioekonomického charakteru sú uvedené v tab. 7. V tab. 8 sú pre porovnanie uvedené hodnoty environmentálnych a zdravotných indikátorov dvoch okresov Slovenskej republiky. Okres Krupina je geologicky budovaný len horninovým celkom neogénnych vulkanitov (z hľadiska zdravotných indikátorov sa jedná o najnepriaznivejšie geologické prostredie). Okres Bardejov je budovaný

len horninovým celkom flyšového paleogénu (z hľadiska zdravotných indikátorov sa jedná o najpriaznivejšie geologické prostredie).

Tab. 4 Zdravotné indikátory pre populáciu Slovenskej republiky podľa geologických celkov (priemerné hodnoty vypočítané pre administratívne celky, podľa počtu obyvateľov)

Geologický celok	1	2	3	4	5	6	7	8
Nadmorská výška	424.75	466.55	412.54	340.19	412.40	332.93	226.57	173.23
Počet obyvateľov	1489	2319	1341	1838	1437	1155	1072	1871
LEm	66.42	67.05	68.37	67.49	68.59	65.88	67.85	67.86
LEw	75.81	75.85	77.04	77.35	78.15	75.58	76.82	75.15
A60+	15.26	15.87	16.82	14.79	13.64	16.88	17.64	15.84
A85+	0.80	0.85	0.97	0.82	0.74	0.97	1.07	0.86
BIR	12.03	9.93	10.41	10.32	13.18	10.15	11.22	10.12
GFR	54.44	43.78	47.48	45.11	59.02	45.96	51.75	44.49
LBW	8.64	6.50	5.24	5.49	6.31	6.58	7.37	6.67
SAR	67.12	59.76	62.59	61.65	77.11	58.95	60.24	58.55
CMm	13.29	13.50	13.92	12.29	11.25	15.44	15.31	13.71
CMw	10.22	9.87	10.40	9.31	8.38	11.74	11.82	10.51
SMRp	108.32	101.03	98.39	97.99	98.48	108.05	105.62	104.63
SMRm	109.60	102.50	100.22	97.63	99.27	111.07	106.84	104.47
SMRw	108.43	99.43	96.02	98.85	97.62	106.60	105.27	105.73
PPDm	33.73	34.18	31.55	33.16	34.02	32.19	30.12	32.22
PPDw	18.17	17.97	15.59	16.53	17.87	15.87	14.22	16.79
PPDNCp	26.20	25.43	23.81	24.76	25.92	24.36	22.74	24.68
PYLL1m	4.95	5.06	4.60	4.99	5.44	4.68	4.29	4.72
PYLL1w	2.46	2.54	2.12	2.41	2.71	2.15	1.83	2.29
PYLL100	4360.96	4436.38	3985.16	3985.46	3874.38	4586.18	4040.81	4181.55
PYLLC	1058.67	1001.67	982.93	927.37	908.76	1096.28	997.06	1102.35
REC	209.46	209.57	219.17	195.96	177.99	236.28	233.43	231.99
REE	17.30	13.74	14.98	13.90	12.65	17.61	17.71	15.38
REI	569.73	551.58	572.02	505.07	463.32	638.78	665.98	567.77
SMRC	101.78	96.34	96.95	95.18	95.03	102.91	99.37	106.96
SMRC1526	98.90	97.23	96.57	97.86	94.11	102.20	100.87	106.83
SMRC3039	101.43	95.30	99.03	92.00	97.37	102.36	106.43	109.80
SMRI2125	128.21	103.65	95.82	97.54	109.94	101.39	108.18	97.41
SMRI6364	84.78	119.47	102.53	121.31	72.61	125.53	120.72	112.39
SMRJ	124.81	109.87	113.74	100.61	109.39	126.34	96.00	98.68
SMRK	94.92	101.14	90.24	94.23	84.31	130.61	107.22	107.98
sum24neg	7462.11	7413.69	6933.59	6791.56	6584.24	7864.16	7179.47	7324.05

Pozn.: 1 – paleozoikum; 2 – kryštalinikum; 3 – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén; 4 – karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén; 5 – flyšový paleogén; 6 – neovulkanity; 7 – neogén; 8 – kvartér; nadmorská výška v m n.m., počet obyvateľov – priemerná hodnota pre obec, sum24neg – suma 24 negatívnych zdravotných indikátorov (LWB - SMRK)

Tab. 5 Environmentálne indikátory – podzemné vody, podľa geologických celkov (priemerné hodnoty vypočítané pre administratívne celky - obce)

Geologický celok	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	7.18	6.98	7.53	7.47	7.50	7.16	7.25	7.24
MIN	302.27	242.70	496.12	586.79	524.64	439.73	767.13	874.19
CHSK _{Mn}	1.88	1.98	1.81	2.06	2.05	1.95	2.36	2.52
Ca+Mg	1.68	1.30	3.00	3.45	3.02	2.11	4.26	4.78
Li	0.007	0.006	0.010	0.018	0.020	0.013	0.031	0.025
Na	8.53	7.44	7.44	12.79	12.74	16.09	25.99	34.46
K	4.59	3.71	4.32	6.32	6.22	9.47	11.75	19.81
Ca	43.15	35.41	84.64	99.86	88.53	56.13	107.58	120.99
Mg	14.70	10.05	21.69	23.27	19.67	17.14	38.40	42.86
Sr	0.144	0.154	0.295	0.362	0.355	0.246	0.388	0.466
Fe	0.192	0.090	0.093	0.114	0.089	0.210	0.177	0.270
Mn	0.072	0.037	0.041	0.057	0.063	0.122	0.138	0.201
NH ₄	0.074	0.082	0.077	0.068	0.072	0.100	0.092	0.137
F	0.11	0.09	0.10	0.12	0.11	0.11	0.17	0.17
Cl	13.18	10.27	14.21	21.24	17.14	21.66	46.57	58.50
SO ₄	45.65	34.48	50.30	65.38	62.72	49.70	89.91	119.83
NO ₂	0.07	0.08	0.04	0.08	0.10	0.09	0.10	0.16
NO ₃	18.02	14.82	17.80	21.72	16.19	26.44	62.46	69.36
PO ₄	0.10	0.09	0.09	0.10	0.05	0.37	0.33	0.37
HCO ₃	138.29	107.37	285.84	323.63	287.65	191.51	355.32	386.33
SiO ₂	13.72	15.95	9.61	12.34	11.26	41.72	22.98	19.17
Cr	0.00107	0.00093	0.00091	0.00090	0.00095	0.00234	0.00127	0.00157
Cu	0.00332	0.00185	0.00193	0.00256	0.00167	0.00272	0.00244	0.00351
Zn	0.12576	0.08212	0.10279	0.23097	0.13470	0.23021	0.35242	0.45639
As	0.00863	0.00256	0.00317	0.00135	0.00079	0.00241	0.00164	0.00161
Cd	0.00050	0.00119	0.00238	0.00052	0.00062	0.00127	0.00103	0.00094
Se	0.00063	0.00069	0.00069	0.00074	0.00068	0.00086	0.00130	0.00134
Pb	0.00142	0.00139	0.00142	0.00121	0.00125	0.00134	0.00146	0.00143
Hg	0.00015	0.00012	0.00015	0.00014	0.00013	0.00012	0.00012	0.00016
Ba	0.04953	0.06077	0.07130	0.09801	0.06656	0.05056	0.07867	0.09005
Al	0.03162	0.04989	0.02627	0.02122	0.02170	0.05330	0.03644	0.02596
Sb	0.00720	0.00049	0.00365	0.00034	0.00062	0.00025	0.00031	0.00028

Pozn.: 1 – paleozoikum; 2 – kryštalinikum; 3 – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén; 4 – karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén; 5 – flyšový paleogén; 6 – neovulkanity; 7 – neogén; 8 – kvartér; údaje v mg l⁻¹, okrem pH, Ca+Mg v mmol l⁻¹

Tab. 6 Environmentálne indikátory – podzemné vody, podľa geologických celkov (priemerné hodnoty vypočítané pre administratívne celky - obce)

Geologický celok	1	2	3	4	5	6	7	8
Al	7.34	7.01	5.74	5.79	5.63	6.50	5.64	5.75
As	62.25	15.56	20.36	11.44	8.93	10.13	10.64	8.30
B	96.65	53.18	72.65	81.31	68.03	46.51	63.17	62.14
Ba	473.07	507.31	355.39	376.74	369.32	428.53	383.16	392.31
Be	1.69	1.65	1.44	1.47	1.31	1.33	1.36	1.37
Bi	1.43	0.48	0.51	0.41	0.39	0.42	0.29	0.27
Ca	0.81	1.15	2.13	1.34	0.77	1.11	1.27	2.10
Cd	0.62	0.47	0.64	0.51	0.78	1.22	0.34	0.35
Ce	76.63	68.50	64.22	64.35	61.69	63.54	66.85	65.14
Co	11.90	15.30	14.48	11.53	11.42	12.29	10.26	11.00
Cr	48.40	70.40	85.08	87.10	110.68	63.15	86.23	85.52
Cu	90.50	23.99	28.87	35.47	22.82	22.33	19.39	22.24
F	378.36	374.23	416.63	357.63	312.27	265.16	313.76	329.68
Fe	3.21	3.00	2.68	2.65	2.52	3.23	2.56	2.66
Hg	1.66	0.27	0.25	0.47	0.20	0.20	0.11	0.08
K	2.05	1.87	1.66	1.73	1.74	1.55	1.64	1.67
Mg	0.74	0.92	1.25	0.89	0.67	0.67	0.73	1.01
Mn	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.07	0.07
Mo	0.73	0.72	0.87	0.63	0.84	0.58	0.60	0.54
Na	0.82	1.15	0.72	0.81	0.85	0.89	0.86	0.85
Ni	24.46	22.63	33.71	34.96	34.07	16.81	26.15	29.59
P	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
Pb	80.76	36.00	41.80	28.34	24.75	40.87	24.72	21.04
Sb	46.37	3.68	6.15	3.46	1.31	1.87	3.16	0.93
Se	0.15	0.15	0.15	0.18	0.18	0.13	0.13	0.16
Sn	5.96	4.52	4.32	4.86	5.23	4.16	4.78	4.43
Sr	85.85	139.91	89.73	92.38	88.49	113.21	96.72	110.72
V	85.84	84.33	77.54	79.59	77.21	98.08	71.92	75.06
W	1.26	1.05	1.03	0.88	0.85	1.08	0.85	0.85
Zn	77.65	81.67	83.93	74.21	71.71	86.76	84.45	69.93
pH _{H2O}	5.38	5.37	6.42	6.30	5.71	5.98	6.46	6.89
pH _{KCl}	4.54	4.66	5.77	5.47	4.96	5.11	5.58	6.23
karbonáty	0.73	1.03	4.19	2.68	0.97	1.12	1.33	4.13

Pozn.: 1 – paleozoikum; 2 – kryštalínium; 3 – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén; 4 – karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén; 5 – flyšový paleogén; 6 – neovulkanity; 7 – neogén; 8 – kvartér; makroprvky v %, mikroprvky v mg.kg⁻¹

Tab. 7 Vybrané hodnoty environmentálnych a zdravotných indikátorov v kontaminovaných oblastiach Slovenskej republiky

	STREDOSLOVENSKÉ NEOVULKANITY		HORNÁ NITRA		SLOVENSKÉ RUDOHORIE	
	Kontaminovaná oblasť	Nekontaminovaná oblasť	Kontaminovaná oblasť	Nekontaminovaná oblasť	Kontaminovaná oblasť	Nekontaminovaná oblasť
Zdravotné indikátory						
LEm	64.04	65.13	69.71	69.56	66.30	65.48
CMw	17.53	16.99	11.21	12.07	12.82	17.81
REC	297.59	299.52	238.53	247.94	245.00	342.39
REE	34.16	23.13	19.82	15.98	19.24	21.72
REI	1068.29	903.61	655.01	658.91	741.95	995.74
PYLLC	1373.94	1334.45	917.34	964.94	1106.99	1449.49
SMRC	100.75	100.43	96.07	98.13	97.4	108.45
SMRK	126.09	167.27	88.54	82.71	102.64	106.12
sum24 neg	9720.63	9454.31	6382.88	6294.34	8218.60	9201.61
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
Podzemné vody						
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

Pozn.: sum24neg – suma 24 negatívnych zdravotných indikátorov (LWB - SMRK), obsahy rizikových prvkov v podzemných vodách v mg l⁻¹, v pôdach v mg kg⁻¹

Tab. 8 Hodnoty environmentálnych a zdravotných indikátorov pre 2 okresy Slovenskej republiky

Podzemné vody			Pôdy			Zdravotné indikátory		
	Krupina	Bardejov		Krupina	Bardejov		Krupina	Bardejov
pH	7.12	7.62	Al	6.58	5.21	LEm	63.59	70.21
MIN	409.08	484.79	As	6.98	5.73	LEw	74.06	76.42
CHSK _{Mn}	2.20	1.73	B	47.37	58.80	A60+	18.26	13.89
Ca+Mg	1.80	2.75	Ba	450.79	351.28	A85+	1.13	0.79
Li	0.006	0.014	Be	1.52	1.07	BIR	11.38	13.41
Na	15.036	10.338	Bi	0.57	0.31	GFR	53.51	59.24
K	12.458	4.510	Ca	0.98	0.51	LWB	7.44	9.55
Ca	49.303	80.753	Cd	0.45	0.61	SAR	69.60	80.23
Mg	13.951	17.978	Ce	69.63	58.78	CMm	15.37	8.95
Sr	0.208	0.297	Co	14.06	11.53	CMw	13.39	7.35
Fe	0.413	0.092	Cr	61.13	121.42	SMRp	118.86	93.15
Mn	0.135	0.049	Cu	18.46	15.41	SMRm	111.53	78.04
NH ₄	0.089	0.063	F	213.29	243.44	SMRw	111.35	101.41
F	0.117	0.110	Fe	3.51	2.09	PPDm	39.45	33.80
Cl	21.45	13.77	Hg	0.06	0.10	PPDw	16.73	16.01
SO ₄	34.08	44.96	K	1.46	1.67	PPDp	24.84	19.44
NO ₂	0.03	0.03	Mg	0.59	0.52	PYLL1m	5.68	5.12
NO ₃	28.14	14.84	Mn	0.10	0.06	PYLL1w	1.99	2.33
PO ₄	0.62	0.03	Mo	0.45	0.60	PYLL100	5601.00	3134.00
HCO ₃	173.87	282.12	Na	0.91	1.03	PYLLC	1125.42	805.24
SiO ₂	48.79	11.30	Ni	17.44	28.49	REC	243.75	174.98
Cr	0.00219	0.00071	P	0.06	0.06	REE	22.67	15.96
Cu	0.00287	0.00162	Pb	51.63	20.73	REI	884.73	491.97
Zn	0.22101	0.15654	Sb	1.03	0.64	SMRC	94.16	91.47
As	0.00163	0.00114	Se	0.07	0.11	SMRC1526	94.25	85.95
Cd	0.00296	0.00025	Sr	111.41	79.52	SMRC3039	94.17	81.33
Se	0.00063	0.00068	Sn	3.40	5.34	SMRI2125	105.62	102.34
Pb	0.00109	0.00094	V	113.07	64.60	SMRI6364	166.32	93.61
Hg	0.00011	0.00011	W	1.17	0.73	SMRJ	104.73	38.56
Ba	0.05145	0.06306	Zn	105.86	56.69	SMRK	119.72	53.58
Al	0.05347	0.01234	pH _{H2O}	6.06	5.61			
Sb	0.00016	0.00013	pH _{KCl}	5.21	4.69			
			karbonáty	1.68	0.21			

Pozn.: údaje pre podzemné vody v mg l⁻¹, okrem pH, Ca+Mg v mmol l⁻¹, pre pôdy makroprvky v %, mikroprvky v mg.kg⁻¹

DISKUSIA

Zdravotný stav obyvateľstva je v zmysle deklarácie WHO determinujúco – približne na 50 % podmienený životným štýlom (spôsob života a práce). Genetickým faktorom a úrovni zdravotníckej starostlivosti sa prisudzuje 10 – 20 % podiel. Životnému prostrediu, teda hlavne geologickej zložke životného prostredia sa prisudzuje približne 20 % podiel. Preto odlišnosti v zdravotnom stave obyvateľstva, ktoré sa približujú k 20 %, resp. ich prekračujú považujeme za významné.

Z tab. 4 vidíme významné rozdiely pri veľkej väčšine zdravotných indikátorov jednotlivých geologických celkov. Rozdiely medzi najpriaznivejšími a najnepriaznivejšími hodnotami zdravotných indikátorov sú vo viacerých prípadoch veľmi výrazné a veľmi často prekračujú 20 %. Vekové charakteristiky a indikátory reprodukčného zdravia (prvých 8 zdravotných indikátorov) v našom výskume veľa nepovedia. Sú výrazne ovplyvňované demografickou situáciou na Slovensku, najmä odchodom prevažne mladšieho obyvateľstva do veľkých miest za prácou a rôznymi miestnymi odlišnosťami, vplyvom religióznych a socioekonomických zvyklostí. Sú pomerne vyrovnané. Jediný výraznejší rozdiel vidíme v indikátore LEm. Očakávané dožívania mužov je najvyššie v horninovom prostredí paleogénu (68.59 roka) a najnižšie v horninovom prostredí neogénnych vulkanitov (65.88 roka). Podobný trend je aj v dožívaní žien (LEw) aj keď nie tak výrazný (rozdiel 2.5 roka).

Ďalšie zdravotné indikátory rôznym spôsobom analyzujúce úmrtnosť sú oveľa dôležitejšie. Sú v nich pozorované pri viacerých zdravotných indikátoroch zásadnejšie rozdiely, ktoré majú, resp. môžu mať súvis so životným prostredím. Hrubá úmrtnosť mužov aj žien (CMm, CMw) je najvyššia v horninovom prostredí vulkanitov. Najpriaznivejšie hodnoty hrubej úmrtnosti aj v prípade mužov aj žien boli zaznamenané v horninovom prostredí paleogénu. Rozdiel medzi najpriaznivejším prostredím (paleogén) a najnepriaznivejším prostredím (vulkanity) v prípade mužov aj žien je približne 40 %. Podobný trend pozorujeme aj v prípade nepriamo štandardizovanej úmrtnosti (SMRp, SMRm, SMRw). Opäť je najvyššia v horninovom prostredí vulkanitov a najnižšia v horninovom prostredí paleogénu. Rozdiel prevyšuje 10 %. Horninové prostredia kryštalinika a paleozoika vykazujú nepriaznivejšie hodnoty štandardizovanej úmrtnosti ako karbonatické horniny mezozoika.

Hodnoty predčasných úmrtností (PPDm, PPDw, PPDNCp) sú pomerne vyrovnané a nepozorujeme žiadne významné rozdiely medzi jednotlivými vyčlenenými celkami. Zo zdravotných indikátorov PYLL (Potential years of life lost) sú dôležité PYLL100 (na 100 000 obyvateľov). Opäť najnepriaznivejšie hodnoty boli zaznamenané v prostredí neovulkanitov, ďalej v kryštaliniku a paleozoiku. Najpriaznivejšie hodnoty tohto indikátora sú

charakteristické pre horninové prostredie paleogénu a karbonatické celky mezozoika. Rozdiel medzi najpriaznivejšími a najnepriaznivejšími geologickými celkami prevyšuje 20 %. Zrejme najvyššiu výpovednú hodnotu zo zdravotných indikátorov vo vzťahu k životnému prostrediu majú indikátory relatívnej úmrtnosti a to na kardiovaskulárne ochorenia (REI), na zhubné nádory (REC) a choroby žliaz s vnútorným vylučovaním a metabolizmu (REE, najmä cukrovka a štítna žľaza).

Vo všetkých troch indikátoroch jednoznačne najpriaznivejšie hodnoty pozorujeme v prípade horninového prostredia flyšového paleogénu. Najnepriaznivejšie hodnoty týchto indikátorov sú späté s horninovým prostredím vulkanitov. Opäť rozdiely medzi najpriaznivejším a najnepriaznivejším geologickým celkom prevyšujú 30 %.

Poslednú skupinu zdravotných indikátorov predstavujú nepriamo vekovo štandardizované úmrtnosti na definované príčiny. Tieto indikátory sú štandardizované na slovenský štandard a obyvateľstvo bolo rozdelené do 19 vekových skupín. Zrejme najmenší súvis s geologickou zložkou životného prostredia má úmrtnosť na zhubné nádory dýchacej sústavy (SMRC3039). Najvyššie hodnoty týchto indikátorov sú charakterizované pre horninový celok kvartéru a potom neogénu. Jedná sa o hospodársky najviac využívané územia Slovenskej republiky, kde sa dá predpokladať aj najväčšie znečistenie ovzdušia. Ostatné horninové celky predstavujú hlavne horské oblasti, zrejme s menej znečisteným ovzduším. Hodnoty tohto indikátora sú pre ostatné celky viac menej vyrovnané a nie sú medzi nimi významné rozdiely (do 10 %). Aj pri ďalších dvoch rakovinových indikátoroch SMRC, SMRC1526 sú zaznamenané najvyššie hodnoty v prípade kvartéru, ktorý sa vyznačuje jasne najvyšším stupňom antropogénneho znečistenia (viď obsahy NO_3 v podzemných vodách, tab. 5). Z horských oblastí sú najpriaznivejšie hodnoty týchto indikátorov zaznamenané opäť pre horninové prostredie flyšového paleogénu a karbonatických súvrství mezozoika a paleogénu a najnepriaznivejšie hodnoty pre horninové prostredie vulkanitov.

Najpriaznivejšie hodnoty úmrtnosti na infarkty (SMRI2125) sú charakteristické pre karbonatické celky (celky 3, 4) a najnepriaznivejšie hodnoty pre prevažne silikátové prostredie paleozoika. Rozdiely medzi týmito celkami dosahujú až 30 %. Veľmi vysoké rozdiely medzi jednotlivými geologickými celkami pozorujeme v indikátore SMRI6364 (mozgové porážky, infarkty). Najpriaznivejšie hodnoty boli zaznamenané v geologickom celku paleogén (72,61) a najnepriaznivejšie hodnoty, takmer dvojnásobne vyššie (125,53) boli zaznamenané v horninovom prostredí vulkanitov. Najvyššie rozdiely medzi jednotlivými geologickými celkami boli pozorované v zdravotnom indikátore SMRK – úmrtnosť na choroby tráviacej sústavy (žalúdky, žľčníky, pečene, črevá). Pre najpriaznivejšie geologické

prostredie paleogénu je hodnota tohto indikátora (84,31) a pre najnepriaznivejšie – neovulkanity až takmer dvojnásobná (136,61). Súhrnnú, ale naozaj len rámcovú predstavu o zdravotnom stave obyvateľstva podávame v sumárnom indikátore sum24neg, ktorý predstavuje sumu 24 negatívnych indikátorov (LBW až SMRK). Opäť nám ako vo väčšine prípadov pre jednotlivé zdravotné indikátory ako najpriaznivejšie geologické prostredie vystupuje horninové prostredie paleogénu (6584) a ako najnepriaznivejšie horninové prostredie vulkanitov (7864). Vhodnosť geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky na základe tohto sumárneho zdravotného indikátora, ale taktiež na základe jednotlivých zdravotných indikátorov je v nasledovnom poradí: paleogén, silikátovo-karbonatické mezozoikum, karbonatické mezozoikum, neogén, kvartér, kryštalinikum, paleozoikum, vulkanity (od najpriaznivejšieho po najnepriaznivejšie).

Ak odhliadneme sedimenty kvartéru a neogénu, ktoré vo svojom geochemickom pozadí odrážajú veľmi zmiešaný, priestorovo často veľmi rozdielny horninový materiál a tieto dva celky sa vyznačujú aj najvyšším stupňom antropogénneho znečistenia vidíme zásadný vplyv geologickej stavby na zdravotný stav obyvateľstva v starších útvaroch. Prevažne silikátové geologické celky – vulkanity, kryštalinikum a paleozoikum sa vyznačujú najnepriaznivejšími hodnotami zdravotných indikátorov a prevažne karbonatické geologické celky – paleogén, karbonatické mezozoikum a silikátovo-karbonatické mezozoikum sa vyznačujú najpriaznivejšími hodnotami zdravotných indikátorov. V rámci geomorfologického členenia horninové celky 1 – 6 predstavujú prevažne horské oblasti (viď priemerné hodnoty nadmorských výšok obcí v jednotlivých geologických celkoch) s prevažne vidieckym obyvateľstvom (viď priemerný počet obyvateľov v sídlach, tab. 4).

Horninové celky kvartéru a neogénu predstavujú prevažne nížinné oblasti s prevahou mestského obyvateľstva. Tieto dva celky sa vyznačujú aj vyššou antropogénnou kontamináciou najmä v podzemných vodách (Rapant et al. 2004). Dá sa však predpokladať vyššia socioekonomická úroveň obyvateľstva v týchto dvoch celkoch, ktorá by mohla pôsobiť priaznivo na zdravotný stav obyvateľstva. Naproti tomu geologické celky 1 – 6 (horské oblasti) sa vyznačujú relatívne nízkym stupňom antropogénnej kontaminácie. Medzi týmito geologickými celkami nie je žiaden rozdiel v úrovni antropogénnej kontaminácie. Preto vyššie diskutované rozdiely v hodnotách zdravotných indikátorov z geologického hľadiska môžeme spájať s rozdielnym geochemickým pozadím vyčlenených geologických celkov a nie s antropogénnou kontamináciou.

Úroveň geogénnej kontaminácie, resp. geogénno-antropogénnej kontaminácie hlavne potenciálnymi toxickými prvkami je na Slovensku spätá najmä s historickými banskými

oblasťami. Vyskytujú sa najmä v geologickom prostredí paleozoika a vulkanitov, menej v kryštaliniku. Na obr. 4 sú uvedené tri takéto banské oblasti, a to: Slovenské Rudohorie, Stredoslovenské neovulkanity (banská činnosť v týchto oblastiach bola najmä na Pb, Zn, Cu, Sb, Ag a Au) a oblasť Hornej Nitry, kde sa ešte aj v súčasnosti ťaží a spaľuje v elektrárni hnedé uhlie s vysokým obsahom As (do 0.8 %). V týchto troch oblastiach sme vyčlenili obce s kontamináciou (potenciálne toxické prvky) a obce bez kontaminácie. Geologický, geomorfologický ale aj socioekonomický (prevažne vidiecke obyvateľstvo) sa jedná prakticky o rovnocenné oblasti a jediné rozdiely medzi týmito oblasťami sú v obsahoch potenciálne toxických prvkoch.

Priemerné hodnoty vybratých environmentálnych aj zdravotných indikátorov v týchto troch zdvojených (s kontamináciou a bez kontaminácie) oblastiach sú uvedené v tab. 7. Výsledky sú pomerne prekvapivé. Nevidíme zásadnejšie rozdiely v zdravotnom stave obyvateľstva medzi kontaminovanými a nekontaminovanými oblasťami. Vysvetľujeme si túto skutočnosť nasledovne. Bioprístupné podiely potenciálne toxických prvkov v pôdach sú v týchto oblastiach vo veľkej väčšine pod 5 % (Rapant et al. 2009), teda len malá časť rizikových prvkov prestupuje do potravinového reťazca. Rizikové prvky vo vodách tejto oblasti vďaka neutrálnemu až alkalickému prostrediu sú tiež väčšinou relatívne veľmi nízke. Celkovo sa však jedná o obsahy rizikových prvkov, ktoré nie sú až tak vysoké. Aj keď rizikové prvky prestupujú do ľudských tkanív a tekutín (Rapant et al. 2006), zrejme tu fungujú adaptačné mechanizmy, kedy sa ľudský organizmus stáva postupne voči nim odolný. Geochemické pozadie (hlavne makroprvky) aj v týchto oblastiach zrejme rozhodujúco vplýva na zdravotný stav obyvateľstva.

Vyššie uvedené signifikantné rozdiely v zdravotných indikátoroch jednotlivých geologických celkov len veľmi ťažko a veľmi nepravdepodobne môžeme spájať s rozdielnym životným štýlom, prípadne rozdielnou úrovňou zdravotnej starostlivosti alebo rozdielnymi genetickými faktormi. Slovensko je relatívne veľmi malá krajina (menej ako 50 000 km², má približne 5.5 mil. obyvateľov). Regionálne nepozorujeme na Slovensku žiadne signifikantné rozdiely v žiadnom z uvedených troch faktorov. Určité rozdiely, najmä v životnom štýle a zrejme aj v úrovni zdravotnej starostlivosti sú medzi vidieckym a mestským obyvateľstvom. Podiel vidieckeho a mestského obyvateľstva je však v nami vyčlenených celkoch podobný (viď priemerný počet obyvateľov v tab. 4). Jedine, čo sa výrazne odlišuje je geologické podložie, ktoré formuje rozdielne geochemické pozadie jednotlivých celkov (tab. 5, 6). Len veľmi problematcky by sme mohli spájať rozdielny zdravotný stav obyvateľstva vyčlenených

geologických celkov s potenciálne toxickými prvkami (tab. 5, 6). Ich úroveň je aj v podzemných vodách aj v pôdach približne rovnaká.

Priemerné obsahy potenciálne toxických prvkov sú vo veľkej väčšine pod limitnými hodnotami pre zdravé, neznečistené životné prostredie. Napríklad hodnoty As v podzemných vodách sa pohybujú od $0.00079 \text{ mg.l}^{-1}$ (paleogén) po $0.00863 \text{ mg.l}^{-1}$ (kryštalínikum), teda pod úrovňou normovanej hodnoty pre pitnú vodu (0.01 mg.l^{-1}). Obsahy Hg medzi jednotlivými rozčlenenými celkami sa líšia len v rozpätí ($0.00012 - 0.00016 \text{ mg.l}^{-1}$). Obdobne je to aj v prípade ďalších potenciálne toxických prvkov. Jediné signifikantnejšie rozdiely pozorujeme v prípade Al, ktorého obsahy sú v podzemných vodách silikátových geologických celkov (vulkanity, kryštalínikum, paleozoikum) približne dvojnásobné v porovnaní s karbonatickými celkami (paleogén, karbonatické a silikátovo-karbonatické mezozoikum). V prípade pôd pozorujeme vyššie rozdiely v obsahoch potenciálne toxických prvkov vo vyčlenených geologických celkoch. Najvyššie obsahy As sú v geologickom celku kryštalínika (62.25 mg.kg^{-1}). V ostatných celkoch sa pohybujú v rozpätí $8.3 - 20.36 \text{ mg.kg}^{-1}$. V zdravotne najnepriaznivejšom celku – vulkanitov sú však obsahy As relatívne veľmi nízke 10.13 mg.kg^{-1} . Obdobne je to aj v prípade Hg. Najvyššie obsahy sú charakteristické pre celok kryštalínika (1.66 mg.kg^{-1}). V zdravotne najnepriaznivejšom celku vulkanitov sú však výrazne nižšie. Medzi ostatnými celkami v obsahoch potenciálne toxických prvkov nepozorujeme signifikantnejšie rozdiely. Obsahy potenciálne toxických prvkov v pôdach v jednotlivých geologických celkoch, teda rôzne varujú väčšinou hlboko pod limitnými hodnotami pre neznečistené životné prostredie v rôznych geologických celkoch.

Signifikantnejšie rozdiely vidíme v makroprvkoch, resp. rôznych parametroch a to, najmä v podzemných vodách. Najväčšie rozdiely medzi jednotlivými celkami pozorujeme v podzemných vodách v obsahoch Ca, Mg, tvrdosti vody, celkovej mineralizácie, Na, K a SiO_2 . Obsahy Ca, Mg a tvrdosti vody sú signifikantne najnižšie v silikátových geologických celkoch a najvyššie v karbonatických celkoch, s výnimkou najviac antropogénne zaťažených celkoch neogénu a kvartéru (vid' hodnoty NO_3 , tab. 5). Najväčšie rozdiely v makroprvkoch medzi jednotlivými geologickými celkami boli zaznamenané v prípade SiO_2 , ktorého najvyššie obsahy boli zaznamenané vo vulkanitoch 42.53 mg.l^{-1} a najnižšie obsahy 8.91 mg.l^{-1} v karbonátoch mezozoika. V prípade pôd pozorujeme najvyššie obsahy Ca a Mg a odpovedajúco aj najvyššie hodnoty karbonátnosti, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} v karbonatických celkoch mezozoika a najnižšie hodnoty v silikátových celkoch kryštalínika a paleozoika.

O vplyve geochemického pozadia na zdravotný stav obyvateľstva zrejme najpresvedčivejšie vypovedajú výsledky uvedené v tab. 8. V tejto tabuľke sú uvedené pre

porovnanie údaje environmentálnych a zdravotných indikátorov pre dva okresy dvoch najkontrastnejších geologických celkov, a to flyšový paleogén (okres Bardejov) a neogénne vulkanity (okres Krupina). Obsahy Ca, Mg a tvrdosti vôd sú v okrese Krupina (36 obcí, celý okres spadá do geologického celku vulkanity) výrazne nižšie ako v okrese Bardejov (86 obcí, celý okres spadá do geologického celku paleogén). Naproti tomu obsahy alkálií (Na a K) sú v okrese Krupina približne dvojnásobné ako v okrese Bardejov.

Zásadné rozdiely medzi týmito dvoma okresmi vidíme aj v hodnotách zdravotných indikátoroch. Priemerný vek dožívania mužov je takmer o 7 rokov nižší v okrese Krupina ako v okrese Bardejov. Relatívna úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia (REI) je v okrese Krupina o viac ako 80 % vyššia ako v okrese Bardejov. Najvyššie rozdiely pozorujeme v indikátore SMRK (úmrtnosť na choroby tráviacej sústavy). Hodnoty toho to indikátora sú v okrese Krupina viac ako o 100 % nepriaznivejšie ako v okrese Bardejov. Podobnú situáciu – nepriaznivé hodnoty zdravotných indikátorov v okrese Krupina a oveľa priaznivejšie hodnoty zdravotných indikátorov v okrese Bardejov pozorujeme prakticky pri všetkých zdravotných indikátoroch.

Chemické prvky v podzemných vodách sa vyskytujú najmä v rozpustenej forme, ktorá je ľudskému organizmu najdostupnejšia. Preto podzemné/pitné vody zrejme aj najviac ovplyvňujú zdravotný stav obyvateľstva - oveľa viac ako pôdy.

Hlavným cieľom tejto práce bolo zhodnotiť zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky vo vzťahu k rôznym geologickým celkom vyznačujúcim sa rôznym geochemickým pozadím. Detailná analýza vplyvu jednotlivých prvkov, resp. skupiny prvkov na rôzne typy ochorení bude realizovaná v budúcnosti za pomoci najrôznejších štatistických metód najmä nelineárnej regresie a neurónových sietí.

Na základe dosiahnutých výsledkov sa môžeme v súčasnosti vyjadriť ku dvom najvýznamnejším ochoreniam, a to kardiovaskulárnym a onkologickým, ktoré predstavujú rozhodujúcu príčinu úmrtí obyvateľstva v Slovenskej republike (približne 80 %). Výskyt oboch týchto ochorení spájame najmä s obsahmi Ca a Mg v podzemných vodách. Ca a Mg sú veľmi dôležité vnútrobunkové katióny, ktoré sú významnou súčasťou mnohých enzýmových systémov. Dôležité sú pre procesy krvotvorby, činnosť srdca a taktiež sú významné pri prevencii proti onkologickým ochoreniam (Bencko et al. 2011). Jednoznačne môžeme potvrdiť, že mäkká voda výrazne zvyšuje výskyt kardiovaskulárných ochorení, a to až o viac ako 50 %. Naše výsledky sú plne v súlade s mnohými ďalšími podobnými výskumami (napr. Dawson et al. 1978; Shoper et al. 1980; Rylander et al. 1991).

Čo sa týka onkologických ochorení v oblastiach s nízkymi obsahmi Ca a Mg taktiež pozorujeme ich nárast, približne o 20 až 30 %. V epidemiologických štúdiách je úloha vplyvu Ca a Mg na zvýšený výskyt onkologických ochorení nejednoznačná. Časť epidemiologických štúdií potvrdzuje zvýšený výskyt onkologických ochorení (prsníky, prostata, žalúdok a tráviaci trakt) pri zvýšených obsahoch Ca, resp. Mg v ľudských tkanivách a tekutinách a časť štúdií vykazuje opačný výsledok (Rodriguez et al. 2003; Larsson et al. 2006; Ahn et al. 2007; Lin et al. 2007; Butler et al. 2010).

Naše výsledky potvrdzujú zvýšený výskyt onkologických ochorení pri nízkych obsahoch Ca a Mg v podzemných/pitných vodách. Sú v súlade s viacerými štúdiami z posledného obdobia, v ktorých bol signifikantne preukázaný zvýšený výskyt na onkologické ochorenia (pankreasu, prostaty, pažeráka, prsníka) v spojitosti s deficitnými obsahmi Ca a Mg v pitných vodách (Yang, 1999; Yang et al. 1999, 2000a,b;Chiu, H-F. et al. 2004).Avšak v prípade onkologických ochorení zrejme existuje určitá priaznivá hladina obsahov Ca a Mg v podzemných/pitných vodách (nie nízka ale ani nie príliš vysoká), ktorá pôsobí priaznivo na výskyt onkologických ochorení. Naznačovať by tomu mohli aj mierne nepriaznivejšie hodnoty karcinogénnych zdravotných indikátorov (PYLLC, REC, SMRC, SMRC1526), ktoré sú v geologickom celku karbonátov o niečo horšie ako geologickom celku paleogénu, ktorý nie je až tak vysoko karbonatický. Vysoko karbonatické prostredia, resp. pitné vody s vysokými obsahmi Ca a Mg boli spájané napríklad so zvýšeným výskytom úmrtnosti na rakovinu prsníka (Yang et al. 2003;Rapant et al. 2013).

Na záver ešte poukážeme na hlavné neistoty, ktoré by mohli ovplyvňovať, resp. limitovať naše výsledky. Len približne 20 – 25 % obyvateľov Slovenskej republiky používa na pitné účely a na varenie vodu z individuálnych studní (Klinda and Lieskovská 2010). Ďalších približne 50 % obyvateľstva je zásobovaných pitnou vodou z vodárenských spoločností z miestnych vodných zdrojov s nižšou výdatnosťou (menej ako $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$) zachytenou a rozvádzanou do vodárenského potrubia v blízkosti sídiel, väčšinou nie viac ako 10 – 20 km, teda z geologického prostredia, v ktorom sa nachádza obec. Táto skutočnosť platí najmä pre geologické celky paleogénu a vulkanitov, v ktorých sa len zriedkavo vyskytujú pramene s výdatnosť nad $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Len v oblasti južného Slovenska (najmä celok kvartér) je obyvateľstvo zásobované z veľkých vodárenských zdrojov a voda je rozvádzaná aj do vzdialeností 50 – 100 km. Samozrejme nedokážeme zodpovedne posúdiť podiel rôznej balenej vody, ktorú obyvatelia konzumujú.

Určité neistoty existujú taktiež pri dátach zdravotných indikátorov. Keď lekár uviedol medzi príčinami úmrtia viac diagnóz, matrikárka ktorá vyplňuje štatistické hlásenia si vyberá z nich len jednu diagnózu. Väčšinou tú ktorá je uvedená ako prvá (napr. kardiovaskulárne zlyhanie, alebo zlyhanie funkcie obličiek), ktorá však nemusí vždy byť tá hlavná, resp. najpodstatnejšia (napr. v prípadoch, ak išlo o onkologického pacienta liečeného cytostatikami, čo však býva uvedené na ďalších miestach diagnóz). Uvedené neistoty určite modifikujú naše výsledky. Na druhej strane narábame naozaj s robustnými databázami – desaťročné priemery 30 zdravotných indikátorov pre takmer 2 900 obcí celej Slovenskej republiky a z geochemického hľadiska máme spracovaných viac ako 20 tisíc vzoriek vôd a viac ako 10 000 vzoriek pôd s analyzovanou škálou viac ako 30 chemických prvkov/zložiek a parametrov vôd a pôd, ktoré do vysokej miery redukovujú uvedené neistoty.

ZÁVER

Predložené výsledky potvrdzujú, že existujú významné rozdiely v zdravotnom stave obyvateľstva Slovenskej republiky v závislosti od rôznorodosti geologickej stavby, teda od rôzneho geochemického pozadia. Ako najpriaznivejší geologický celok pre zdravie ľudí bolo určené geologické prostredie flyšových hornín paleogénu (pieskovce, bridlice, ílovce) a ako najnepriaznivejšie geologické prostredie neogénnych vulkanitov (andezity, bazalty). Celkovo sú z hľadiska zdravotného stavu obyvateľstva nepriaznivejšie silikátové horninové prostredia – kryštalinikum (najmä granity, migmatity a ruly), paleozoikum (metasedimenty, metavulkanity) a vulkanity (andezity, čadiče). Naopak pre zdravie ľudí sú priaznivejšie karbonatické prostredia.

Prezentované štúdium dáva východiskový podklad pre medicínske a epidemiologické štúdie vplyvu geologickej zložky životného prostredia na zdravotný stav obyvateľstva.

Literatúra

- Ahn, J., Albanes, D., Peters, U., Schatzkin, A., Lim, U., Freedman, M., Chatterjeen, N., Andriole, G.L., Leitzmann, M.F., & Hayes, R.B., Prostate, Lung, Colorecta and Ovarian Trial Project Team (2007). Dairy products, calcium intake, and risk of prostate cancer in the prostate, lung, colorectal, and ovarian cancer screening trial. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 16(12), 2623–2630.
- Bencko, V., Novák, J., & Suk, M. (2011). *Health and natural conditions.* (Medicine and geology). Praha. DOLIN, s.r.o. 389. (in Czech).
- Beaglehole, R., Bonita R., & Kjellstrom, T. (1993). *Basic Epidemiology.* Geneva: WHO.
- Butler, L.M., Wong, A.S, Koh, W.P., Wang, R., Yuan, J.M., & Yu, M.C. (2010). Calcium intake increases risk of prostate cancer among Singapore Chinese. *Cancer res.* 70, 4941–4948.
- 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.
- Dawson, E.B., Frey, M.J., Moore T.D., & McGanity, J. (1978). Relationship of Metal Metabolism to Vascular Disease Mortality Rates in Texas. *Am. J. Clin. Nutr.* 31, 1188–1197.
- Duker, A.A., Carranza, E.J. M., & Hale, M. (2005). Arsenic geochemistry and health. *Environment International*, 31 631–641.
- El-Bayoumy, K. (2001). The protective role of selenium on genetic damage and on cancer. *Mutat Res* 475, 123–139.
- 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.
- 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.
- Kohút, M., Kovach, V.P., Kotov, A.B., Salnikova, E.B., & Savatenkov, V.M. (1999). Sr and Nd isotope geochemistry of Hercynian granitic rocks from the Western Carpathians – implications for granite genesis and crustal evolution. *Geol. Carpathica* 50(6), 477–487.
- Larsson, S.C., Bergkvist, L., Rutergård, Giovannucci, E., & Wolk, A. (2006). Calcium and dairy food intakes are inversely associated with colorectal cancer risk in the Cohort of Swedish Men 1'2'3. *The American Journal of Clinical Nutrition* 83(3), 667–673.
- Last, J.M. (2001). *A Dictionary of epidemiology,* Oxford University Press, ISBN 0-19-514169-5.
- Lin, J., Manson, J.E., Lee, I.M., Cook, N.R., Buring, J.E., & Zhang, S.M. (2007). Intakes of calcium and vitamin D and breast cancer risk in women. *Arch Inter Med* 167(10), 1050–9.
- 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., Rapošová, M., Bodiš, D., Marsina, K., & Slaninka I. (1999). Environmental-geochemical mapping program in the Slovak Republic. *Journal of Geochemical Exploration* 66(2), 151–158.
- Rapant, S., Vrana, K., & Čurlík, J. (2004). *Environmental risk from the contamination of geological compartments of the environment of the Slovak Republic.* State Geological Institute of Dionyz Stur, Bratislava, 80.
- Rapant, S., Dietzová, Z., & Cicmanová, S. (2006). Environmental and health risk assessment in abandoned mining area, Zlatá Idka, Slovakia. *Environmental Geology* 51, 387–397.

- 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., Fajčíková, K., Galbavý, J., & Letkovič, M. (2010). *Environmental and health indicators of the Slovak Republic*. Monograph, State Geological Institute of Dionyz Stur, Bratislava, 279. (in Slovak). www.geology.sk/?pg=geois.ms_ezi_en
- Rapant, S., Letkovičová, M., Cvečková, V., Ďurža, A., Fajčíková, K., & Zach, H. (2013). Linking of environmental and health indicators by neural networks: Case of breast cancer mortality, Slovak Republic. *Open Journal of Geology* 3(2), 101–112.
- Rodriguez, C., McCullough, M.L., Modul, A.M., Jacobs, E.J., Fakhrabadi-Shokoohi, D., Giovannucci, E.L., Thun, M. J., & Calle, E.E. (2003). Calcium, dairy products, and risk of prostate cancer in a prospective cohort of United States men. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 12(7), 597–603.
- 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.
- Selinus, O., Finkelman, R.B., Centeno, J.A. (Eds.) (2010). *Medical geology: A Regional Synthesis*. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 391.
- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U., Smedley, P. (Eds.) (2013). *Essentials of Medical Geology*. Revised Edition, Springer, 805
- 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.
- Takahashi, K., Akiniwa, K., & Narita, K. (2001). Regression analysis of cancer incidence rates and water fluoride in the U.S.A. based on IACR/IARC (WHO) data (1978-1992). *J Epidemiol* 11(4), 170–179.
- Vinceti, M., Bonvicini, F., Rothman, K.J., Vescovi, L., & Wang F. (2010). The relation between amyotrophic lateral sclerosis and inorganic selenium in drinking water: a population-based case-control study. *Environmental Health* 9, 77.
- Vran, a 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.
- 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.
- Yang, Ch.Y., Chiu, H.F., Cheng, M.F., Tsai, S.S., Hung, Ch.F., & Lin, M.Ch. (1999). Esophageal Cancer Moratlity and Total Hardness Levels in Taiwans's Drinking Water. *Environmental Research* 81(4), 302–308.
- 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 inDrinking Water and Risk of Death from Breast Cancer. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues* 60(4), 231–241.

Yang, Ch.Y., Chiu, H.F., Tsai, S.S., Cheng, M.F., Lin Ch.M., & Sung F.Ch. (2000b). Calcium and Magnesium in Drinking Water and risk of death from Prostate Cancer. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues* 60(1), 17–26.

Yang, Ch.Y., Chiu, H.F., Cheng, B.H., Hsu, T.Y., Cheng, M.F., & Wu, T.N. (2000c). Calcium and magnesium in drinking water and the risk of death from breast cancer. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues* 60(4), 231–241.

www.geology.sk

www.statistics.sk

www.who.int

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