

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA

**VPLYV MAKROPRVKOV V PÔDACH
NA ZDRAVOTNÝ STAV OBYVATEĽSTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

Dizertačná práca

2016

Mgr. Simona Škultétyová

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA

VPLYV MAKROPRVKOV V PÔDACH
NA ZDRAVOTNÝ STAV OBYVATEĽSTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Dizertačná práca

Študijný program:	Environmentálna geochémia
Študijný odbor:	1626 Ochrana a využívanie krajiny
Školiace pracovisko:	Katedra geochémie PRIF UK v Bratislave
Školiteľ:	Doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc.

Bratislava 2016

Mgr. Simona Škultétyová



Univerzita Komenského v Bratislave
Prírodovedecká fakulta

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Mgr. Simona Škultétyová
Študijný program: environmentálna geochémia (Jednoodborové štúdium, doktorandské III. st., denná forma)
Študijný odbor: ochrana a využívanie krajiny
Typ záverečnej práce: dizertačná
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Vplyv makroprvkov v pôdach na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky
The impact of macroelements in soils on a health status of inhabitants in Slovak Republic

Cieľ:
1. Určenie vplyvu makroprvkov v pôdach na zdravotný stav obyvateľstva SR
2. Podrobná zdravotno-environmentálna analýza hodnotených prvkov
3. Definovať limitné a optimálne obsahy pre hodnotené makroprvky v pôdach s ohľadom na zdravie miestnych obyvateľov

Školiteľ: doc. RNDr. Stanislav Rapant
Katedra: PriF.KGCh - Katedra geochémie
PriF vedúci katedry: doc. RNDr. Andrej Ďurža, CSc.

Dátum zadania: 01.09.2012

Dátum schválenia: 28.05.2012
prof. Ing. Eva Chmielewská, CSc.
garant študijného programu

.....
študent

.....
školiteľ

PREHLÁSENIE

Vyhlasujem na svoju česť, že som predloženú dizertačnú prácu vypracovala samostatne, na základe poznatkov získaných štúdiom a s použitím uvedených literárnych zdrojov.

V Bratislave 11.6.2016

.....

podpis autora práce

POĎAKOVANIE

Týmito krátkymi slovami by som chcela poďakovať školiteľovi mojej dizertačnej práce doc. RNDr. Stanislavovi Rapantovi, DrSc. - za užitočné rady a čas strávený pri riešení problémov, za jeho odborné vedenie a pomoc počas celého doktorandského štúdia. Ďalej by som rada poďakovala doc. RNDr. Jánovi Čurlíkovi, DrSc., za jeho pripomienky pri odborných konzultáciách ohľadom pedogeochemie. Podobne chcem poďakovať všetkým doktorandom z katedry geochemie, za ich podporu a udržanie dobrej pracovnej atmosféry. Osobitné poďakovanie patrí mojej rodine a najbližším, ktorí ma podporovali počas celého doktorandského štúdia.

ABSTRAKT

Simona ŠKULTÉTYOVÁ: Vplyv makroprvkov v pôdach na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky. Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra geochemie. Školiteľ: Doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc. Dizertačná práca, 2016, 157 s., 62 tabuliek, 21 obrázkov, 7 príloh.

Predkladaná dizertačná práca poukazuje na trendy medzi obsahmi vápnika, horčíka, draslíka, sodíka a karbonátov v pôdach, odrážajúcimi geochemické pozadie krajiny, vo vzťahu k úmrtnosti na kardiovaskulárne (ReI) a nádorové ochorenia (ReC). Parametre chemického zloženia pôd (34 chemických prvkov a zlúčenín) predstavujú 10 738 pôdných vzoriek (Čurlík a Šefčík, 1999) a dáta úmrtností boli zozbierané počas rokov 1994-2003. Pre každú obec (v počte 2883 obcí) bola definovaná priemerná hodnota pôdneho parametra a ukazovateľa úmrtnosti. Vzájomné vzťahy boli definované prostredníctvom korelačnej analýzy a metodiky neurónových sietí pre obce ležiace na jednotlivých geologických celkoch, a to: pôdy vyvinuté na paleozoiku, kryštalínu, karbonatickom mezozoiku a paleogéne, karbonaticko-silikátovom mezozoiku a paleogéne, flyšovom paleogéne, na neovulkanitoch, a aj komplexne pre celé územie Slovenska. Výsledné koeficienty sú pomerne nevýznamné ($R_{\text{Spearman}} = -0,207$ na 99,9%-hladine významnosti pre karbonáty, $R_{\text{Spearman}} = -0,152$ na 99,9%-hladine významnosti pre vápnik voči ReI) a ukazujú na negatívnu závislosť, ktorú môžeme vysvetliť tak, že nízka relatívna úmrtnosť u ľudí na vybrané ochorenia sa nachádza na pôdach, ktoré sú bohatšie na obsah vápnika, horčíka a karbonátov. Výsledky neurónových sietí nepreukázali žiadny významný vplyv hodnotených makroprvkov voči úmrtnosti na rakovinové ani srdcovo-cievne ochorenia. Sodík, vápnik, obsah karbonátov a horčík boli umiestnené medzi desať najvplyvnejších pôdných parametrov, avšak ich koeficienty citlivosti oproti ostatným chemickým parametrom nevykazovali výrazné rozdiely. Najnižšie limitné obsahy týchto parametrov boli určené ako hraničné koncentrácie vápnika a karbonátov v pôdach, na ktorých bol čo najnižší výskyt ReI u ľudí (pre Ca 0,68% a pre karbonáty 2,61% v pôde). V prípade obsahu sodíka nebolo možné matematicky určiť ani limitné, ani optimálne koncentrácie. Horčík a draslík vystupovali ako vplyvné prvky na úmrtnosť u ľudí na ischemické ochorenie srdca, kde bola určená maximálna prípustná hodnota draslíka na 1,89% a optimálny obsah

horčíka v rozmedzí medzi 1,83 - 2,79% v pôde. Sodík, vápnik, obsah karbonátov a horčík boli umiestnené medzi desať najvplyvnejších pôdných parametrov na ReC, avšak samé o sebe sa nepreukázali dôležitejšie oproti ostatným parametrom v pôde. Vo výbere najvplyvnejších prvkov v pôde na ReI a ReC boli determinované aj ďalšie pôdne parametre: pôdna reakcia pH, obsah železa, hliníka, mangánu, fosforu, berýlia, bária a zinku. Ďalšími vplyvnými prvkami sú: selén, vanád, molybdén a menej fluór, meď, radón a niektoré iné potenciálne toxické stopové prvky. Medzi hodnotenými makroprvkami, obsahmi karbonátov v pôdach a zdravotným stavom u ľudí sme nenašli žiadne významné vzťahy. Domnievame sa, že hlavnou príčinou tohto záveru je u ľudí globálna konzumácia potravín rôzneho pôvodu, v ktorej sa neodráža lokálne geochemické pozadie krajiny voči zdravotnému stavu obyvateľstva Slovenskej republiky.

Kľúčové slová: makroprvky; karbonáty; pôda; úmrtnosť; Slovenská republika

ABSTRACT

Simona ŠKULTÉTYOVÁ: The impact of macroelements in soils on a health status of inhabitants in Slovak Republic. Comenius University in Bratislava, Faculty of Natural Sciences, Department of Geochemistry. Supervisor: Doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc. Dissertation thesis, 2016, 157 p., 62 tables, 21 figures, 7 additions.

This presented dissertation thesis deals with the analysis of a relationship between the content of Ca, Mg, K, Na and carbonates in soils that are reflecting a geochemical background values, and the data on relative mortality in cardiovascular diseases (ReI) and oncological diseases (ReC) in Slovak Republic. The chemical data analysis includes 10 738 chemical analyses of soils and 34 chemical elements/compounds proceeded from Slovak national database of soil analyses (Čurlík a Šefčík, 1999) and the data on mortality were collected for the 1994-2003 period. The statistical method for identification the relationship was calculated with the mean values (health and chemical data) for each of 2883 residences. Linear regression, the Spearman correlation and a model of artificial neural networks as mathematic methods for modelling of the relations were used. We grouped all soils according to the geological affiliation –on those developed on paleozoic, crystalline, carbonatic mesozoic and lower paleogene, carbonatic-silicate mesozoic and paleogene, paleogene flysch and neovolcanic rocks. Based on the results of calculations counted by both mathematic methods, contents of magnesium and carbonates in soil were defined as a low significant parameter for ReI ($R_{\text{carbonates}} = -0,207$; $R_{\text{Mg}} = -0,113$ with very high dependence) and furthermore no level significance for ReC. Generally, it could predict just a trend showing the low mortality of inhabitants who are living on soils with high content of Ca, Mg and carbonates. The results were calculated by neural networks that showed chemical elements as very low significant for REI – a content of calcium, sodium, magnesium and carbonates of soils for ReI. These soil parametres were selected among the ten most significant elements in soil. But their correlation coefficients and coefficients of sensitivity have not been considerable high and more important than the other soil parametres. Neural networks calculations determined limit/optimal values for soils in relations to low mortality on cardiovascular diseases and ischaemic heart diseases (minimum limit value: 0,68% for calcium, 2,61% for carbonates, maximum limit value

1,89% for potassium, optimal values in range 1,83 - 2,79% for magnesium). Among the identified ten most contributed elements/parameters related to ReC calculated through ANN, we characterized as low influential only Na, Ca and carbonates. In the case of all analysis for all geological group of soils, the important fact is that the soil reaction (pH), content of iron, aluminium, manganese, phosphorus, beryllium, barium, zinc, selenium, vanadium, molybdenum, fluorine, copper, radon were documented as contributing parametres similar to selected macroelements and carbonates in relation to mortality in cardiovascular and cancer diseases. Based on the results of calculations, made by the artificial neural networks and linear regression, the analyzed macroelements and carbonates in soil were not defined as the significant parameter for mortality on cardiovascular and oncological diseases. The obtained results document no significant relationship between health status of inhabitants in Slovak Republic and the geochemical background in soil, mainly cause of global food consumption.

Key words: macroelements; carbonates; soil; mortality; Slovak Republic

PREDHOVOR

„Zdravie je najdôležitejšou kvalitou tela.“
(Aristoteles, 384 – 322 pred n. l.)

Človek žije v prírodnom a antropogénne pozmenenom prostredí v neustálej vzájomnej interakcii. Faktory tohto prostredia môžu vplývať na ľudský organizmus v pozitívnom, ale aj negatívnom vzťahu. Človek odnedávna vnímal zmeny vo svojom okolí, spočiatku si všímal najmä fungovanie živočíchov v rôznom prostredí, porozumel väzbám a ich správaniu, a aplikoval získané poznatky aj na seba. Hoci je prírodné prostredie človeka v súčasnosti značne pozmenené antropogénnymi premenami, stále si zachováva svoj prirodzený charakter. I keď sa ľudstvo vyvíja zväčša v urbánnom prostredí, toto prostredie nesie a dedí svoje chemické zloženie po materskom médiu, ktoré sa dlhodobo vyvíjalo a formovalo v dávných dobách, a krátke pôsobenie antropogénnych činiteľov môže prirodzený ráz prostredia pozmeniť len čiastočne. Každý živý organizmus je spojený tokom látok a energií s každou zložkou životného prostredia, pedosféru nevynímajúc. Pôda je „živiteľkou“ živých organizmov. Prináša živiny a esenciálne prvky do rastlín a živočíchov a je obohatená aj o iné prvky, ktoré nie sú potrebné pre správny chod a fungovanie celého organizmu. Nevyhnutné makroprvky a makroživiny môžu byť v prostredí obsiahnuté v dostatočných množstvách a prístupných formách, a vtedy sa organizmus vyvíja správne s dobrým zdravotným stavom. Pokiaľ sa však preukáže zhoršený chorobný stav, ktorý pretrváva dlhšiu dobu alebo sa častejšie vyskytuje v populácii, je nevyhnutné vynaložiť náležitú pozornosť na zistenie príčin.

V predkladanej práci je hlavnou sledovanou zložkou životného prostredia pôda. S pôdnym médiom je človek v neustálom priamom kontakte, žije a obhospodaruje ju, ale aj v nepriamom kontakte prostredníctvom podzemnej vody a rastlín, ktoré z nej prijímajú makroživiny a mikroživiny a viažu ich do svojich rastlinných pletív. I keď tento vzťah *človek verzus pôda* nie je tak silný príjmom látok do tela, ako napríklad človek a pitná voda alebo človek a strava, je dôležité poznať a analyzovať vzájomný vzťah, jeho smerovanie a úlohu v komplexnom pohľade. Predpokladá sa, že mnoho ochorení spôsobuje práve nedostatok alebo nadbytok makroprvkov a ostatných chemických prvkov

vo výžive. Chemické zloženie pôd na Slovensku je veľmi pestré, vzhľadom na pestrosť geologickej skladby hornín (litologie) a najmä obsahy makroprvkov sú zdedené od hornín.

Viacerí autori poukázali pri skúmaní pôdnych vlastností na negatívne trendy v incidencii ochorení u miestnych obyvateľov v rôznych krajinách. Viaceré oblasti medicíny sa venujú zisťovaniu príčin ochorení, sledujú chemické látky, ktoré mohli byť príčinné alebo, naopak, nápomocné pri zlepšovaní zdravotného stavu a kondície obyvateľov. Nielen na Slovensku, ale aj v ostatných európskych krajinách ľudia takmer všetkých vekových kategórií trpia najmä na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia. Tieto dve skupiny ochorení sa považujú za ochorenia 21. storočia a ročne na ne umierajú približne 3 milióny ľudí v Európe. Doterajší epidemiologický výskum určil ako prvky potrebné na prevenciu spomínaných ochorení najmä horčík, vápnik a draslík. Tieto prvky sa prirodzene vyskytujú v pôdach a prechádzajú do podzemných vôd, ktoré miestni obyvatelia používajú na účely pitnej vody. *Ako a do akej miery sú pôdne makroprvky potrebné a ako vplyvajú na zdravotný stav obyvateľov Slovenska?* – to sú hlavné otázky, na ktoré predkladaná práca hľadať odpovede.

OBSAH

ÚVOD.....	1
1 PRÍRODNÉ POMERY SLOVENSKEJ REPUBLIKY	4
1.1 Stručná charakteristika geologickej stavby Slovenska	4
1.2 Stručná charakteristika pôd na Slovensku	8
2 ZDRAVOTNÝ STAV SLOVENSKEJ REPUBLIKY	14
2.1 Stručný prehľad aktuálneho zdravotného stavu obyvateľov Slovenskej republiky ..	14
2.2 Porovnanie zdravotného stavu na Slovensku s krajinami v Európe	20
3 VÝSKYT A SPRÁVANIE MAKROPRVKOV V PÔDACH	25
3.1 Výskyt vybraných makroprvkov v mineráloch, horninách a pôdach	25
3.2 Mobilita a bioprístupnosť makroprvkov v pôdach.....	28
3.3 Vplyv pôdných vlastností na správanie makroprvkov v pôdnom prostredí.....	31
4 MAKROVPRVKY A ICH PRESTUP DO ĽUDSKÉHO ORGANIZMU	33
4.1 Vstupné cesty príjmu látok do ľudského organizmu: inhalácia, ingescia a absorpcia kožou.....	33
4.2 Geofágia a príjem pôdy do organizmu.....	36
4.3 Deficit a nadbytok makroprvkov v pôdnom prostredí	41
5 ROZBOR AKTUÁLNEHO STAVU RIEŠENIA PROBLEMATIKY MAKROPRVKOV V PÔDACH NA ZDRAVOTNÝ STAV ĽUDÍ A PRÍPADOVÉ ŠTÚDIE.....	46
5.1 Horčík.....	46
5.2 Vápnik	47
5.3 Sodík	49
5.4 Draslík	50
5.5 Karbonáty.....	51
5.6 Hodnotenie obsahov makroprvkov v rôznych zložkách životného prostredia	52

5.6.1 Hodnotenie limitných koncentrácií makroprvkov na základe právnych predpisov na Slovensku	52
5.6.2 Hodnotenie limitných koncentrácií makroprvkov na základe právnych predpisov vo svete	54
6 CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE.....	58
7 MATERIÁL	59
7.1 Environmentálne indikátory	59
7.1.1 Stručná charakteristika environmentálnych indikátorov	59
7.1.2 Výber environmentálnych indikátorov.....	59
7.1.3 Výpočet environmentálnych indikátorov	59
7.2 Zdravotné indikátory	66
7.2.1 Stručná charakteristika zdravotných indikátorov	66
7.2.2 Výber zdravotných indikátorov.....	66
7.2.3 Výpočet zdravotných indikátorov	68
8 METÓDY	71
8.1 Rozdelenie environmnetálnych a zdravotných indikátorov podľa geologickej stavby.....	71
8.2 Štatistické metódy hodnotenia vzťahov medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi.....	72
8.2.1 Štatistická analýza (Pearsonov a Spearmanov korelačný koeficient)	72
8.2.2 Umelá inteligencia neurónových sietí	74
9 VÝSLEDKY	77
9.1 Základná štatistická charakteristika environmentálnych a zdravotných indikátorov.....	77
9.2 Matematicko-štatistická analýza trendov medzi hodnotenými makroprvkami v pôde na ukazovatele úmrtnosti na kardiovaskulárne a rakovinové ochorenia	80
9.2.1 Geologické celky spoločne	80
9.2.2 Paleozoikum.....	85
9.2.3 Kryštalínium.....	89
9.2.4 Karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén	94
9.2.5 Karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén	98
9.2.6 Flyšový paleogén	102
9.2.7 Neovulkanity	108
10 DISKUSIA	112

10.1 Nepresnosť epidemiologických dát.....	112
10.2 Zhodnotenie vplyvu environmentálnych indikátorov v pôde	113
10.3 Rozdelenie pôd do geologických celkov.....	122
10.4 Formy vystupovania chemických prvkov a zlúčenín v pôde	125
11 ZÁVER	127
POUŽITÁ LITERATÚRA.....	131
PRÍLOHY	148
Príloha 1: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na všetkých geologických celkoch.....	149
Príloha 2: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na paleozoiku (celkový prehľad).....	150
Príloha 3: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na kryštalíniku (celkový prehľad).....	151
Príloha 4: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na karbonatickom mezozoiku a bazálnom paleogéne (celkový prehľad).....	152
Príloha 5: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na karbonaticko-silikátovom mezozoiku a paleogéne (celkový prehľad)	153
Príloha 6: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na flyšovom paleogéne (celkový prehľad).....	154
Príloha 7: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na neovulkanitoch (celkový prehľad).....	155
ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC SÚVISIACICH S TÉMOU DIZERTAČNEJ PRÁCE.....	156

ÚVOD

Pôda má nezastupiteľnú úlohu v ekosystémoch, dodáva živiny pre rastliny a je neoddeliteľnou súčasťou aj potravinového reťazca človeka. Obsahy potrebných živín sú zdedené od materských hornín, na ktorých sa pôda vyvíjala pod vplyvom pôdotvorných procesov. Tieto procesy v pôde môžu spôsobovať ochudobňovanie alebo aj obohacovanie pôd o niektoré živiny, čo sa následne prejaví na produkcii rastlín. Pôda čerpá potrebné makroživiny z materských hornín. I keď prísun esenciálnych prvkov z pôdy do ľudského tela nie je taký významný ako príjem zo stravy alebo pitnej vody, je dôležité ako môže pôda vplývať na bilanciu živín v pôde a na ich prípadné nepriaznivé pôsobenie na rastliny a človeka pri nedostatku či nadbytku.

Už dávnovекí filozofi sa zaoberali vplyvom prostredia a z neho pochádzajúcich chemických látok na zdravie človeka. Hippokrates sa vo svojich zápiskoch *„On Airs, Waters, and Places“* venoval zloženiu pitnej vody a jej účinkom na človeka. Pozoroval vlastnosti vody a jej pôvod v súlade s pôdou a horninovým prostredím. Neskôr Paracelsus vyjadril názor, že *„každá látka môže byť jedom aj liekom, len záleží od podaného množstva“*. Tento poznatok vychádzal z faktu, že sa viaceré dnes známe chemické prvky ako meď, olovo a arzén sa používali ako lieky pre viaceré ochorenia. Na druhej strane sa poznali aj ich negatívne smrtiace účinky a boli používané ako kráľovské jedy.

„Zdravá“ pôda ovplyvňuje ľudské zdravie, a to v pozitívnom trende. Ak pôdy, v ktorých nájdeme deficitné obsahy potrebných chemických prvkov pre zdravý vývoj a obsahujú nadbytočné obsahy niektorých rizikových látok, ktoré majú toxické účinky na živé organizmy, potom nemožno očakávať ani priaznivý zdravotný stav ľudí žijúcich priamo na „nezdravých“ pôdach.

V súčasnosti sa problematike vplyvu chemických prvkov a látok z prostredia na zdravie človeka venuje medicínska geochémia. Svetová zdravotnícka organizácia uviedla vo svojich dokumentoch vplyvy, ktoré pôsobia na zdravotný stav človeka a vyzdvihla potrebu sledovať vplyv životného prostredia, ktoré sa podieľa asi 20-30% na zdravotnom stave ľudí. Viacerí vedci si všimli, že nielen zvýšené obsahy potenciálne toxických prvkov môžu spôsobovať chorobné stavy, ale aj deficitné a nadbytočné obsahy makroživín, ktoré sú nevyhnutné pre správny chod životných funkcií a podieľajú sa na stavbe ľudského

organizmu, môžu viesť k deformáciám a ochoreniam. Takýmito potrebnými chemickými prvkami sú vápnik, horčík, draslík, sodík, železo a mnoho iných, ktorých definované koncentrácie sú potrebné pre rast, stavbu kostí, zloženie krvi a cievnu sústavu, správne fungovanie organizmu, jej nervovej sústavy a tým aj udržiavanie zdravotného stavu človeka.

Najviac ohrozenou skupinou sú deti, pre ktoré je typický orálny príjem pôdy zo špinavých rúk pri hrách na ihriskách a vdychovanie prachu. Nadbytok alebo nedostatok makroprvkov v organizmoch a ich dopad na zdravotný stav sa sleduje nielen u človeka, ale aj u poľnohospodárskych zvierat.

Zdravá pôda ponúka vyvážené obsahy týchto makroprvkov pre organizmus. Je predpoklad, že narušená pôda - deficit či nadbytok esenciálnych prvkov - môže vplývať na zdravotný status obyvateľstva a na výskyt kardiovaskulárnych a nádorových ochorení. Nie je jednoduché vyčleniť, či zo všetkých faktorov, ktoré pôsobia na zdravie človeka, sa samostatne uplatňuje vplyv pôdy. Na ľudské zdravie má dosah genetická „výbava“ jedinca, jeho životný štýl, pracovné prostredie, stres, výživa a v neposlednom rade aj prostredie, v ktorom počas svojho života žije.

Na Slovensku sa dlhodobo sledujú znečistené lokality po starej banskej činnosti, po priemyselnej činnosti a haváriách, pozostatky kontaminácie po predchádzajúcej výrobnej činnosti chemických a strojárskych závodov. Neustále sa vyhľadávajú nové zdroje znečistenia potenciálne toxickými prvkami a organickými látkami. Sú to antropogénne vnášané látky do prostredia a veľakrát dochádza k ich zmierneniu dopadu cez prirodzenú obranyschopnosť pôdy. Naopak, prirodzene sa vyskytujúce prvky v pôde sú sledované a analyzované len sporadicky, v niektorých pôdach, najmä z poľnohospodárskeho hľadiska. Preto cieľom tejto predkladanej práce je posúdiť ako môžu koncentrácie vybraných chemických prvkov v pôde (Ca, Mg, Na, K) vplývať na zdravie obyvateľov Slovenska a priniesť nové poznatky do medicínskej geochemie na národnej úrovni.

Realizovaný výskum bude určovať optimálne koncentrácie prvkov a zlúčenín v ľudskom prostredníctvom základných a zložitejších matematicko-štatistických metód, ktoré môžu pomôcť znížiť výskyt úmrtí u ľudí, predovšetkým na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia. Analýza sa dotýka pôd na rôznom geologickom podloží, ktoré môžu mať

deficitné alebo zvýšené koncentrácie chemických prvkov. Spojenie geochemických dát o koncentráciách chemických prvkov v pôdach, s epidemiologickými dátami, ktoré sú včlenené aj v predkladanej práci predstavuje jeden z najkomplexnejších projektov medicínskej geochemie v rámci EÚ, ale aj vo svete.

Výsledky uvádzané v predkladanej práci boli dosiahnuté vďaka finančnej podpore grantu GEOHEALTH (LIFE10 ENV/SK/000086), „*Vplyv geologickej zložky životného prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky*“ (zodpovedný riešiteľ, doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc.), financovaného v rámci programu LIFE+. Tiež bol podporený grantmi Univerzity Komenského pre mladých vedeckých pracovníkov: UK/284/2013 – „*Vplyv makroprvkov v pôdach na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky*“ (zodpovedný riešiteľ Mgr. Simona Škultétyová), UK/36/2014 – „*Pôdne typy a zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky*“ (zodpovedný riešiteľ Mgr. Simona Škultétyová), UK/54/2015 – „*Najvplyvnejšie makroprvky v pôde na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky*“ (zodpovedný riešiteľ Mgr. Simona Škultétyová).

1 PRÍRODNÉ POMERY SLOVENSKEJ REPUBLIKY

1.1 Stručná charakteristika geologickej stavby Slovenska

Geologická stavba Slovenska je výsledkom alpínskeho orogénu, ktorý vyformoval príkrovové pohorie Západných Karpát. Podľa veku vzniku príkrovovej stavby sa Západné Karpaty členia na vonkajšie - s neoalpínsky vyformovanými príkrovmi a na vnútorné - s paleoalpínskou, predpaleogénnou príkrovovou stavbou. Hranicu medzi nimi tvorí bradlové pásmo (Bezák et al., 2008).

Vonkajšie Karpaty tvoria (mezozoické a paleogénne) flyšové komplexy. Dominantné postavenie má vnútorná – magurská skupina príkrovov, ktorá je budovaná paleogénnymi flyšovými formáciami. Kriedové flyšové sedimenty sú na povrchu málo rozšírené (Grecula et al., 1997).

Bradlové pásmo je najzložitejšie a je charakteristické neprítomnosťou predmezozoických hornín, pestrým vývojom jury a kriedy, flyšovým vývojom paleogénu a jursko-spodnokriedovými vápencovými šošovkami, ktoré prenikajú cez kriedové a paleogénne slieňovce a flyš (Bezák et al., 2008).

Vnútorné Karpaty sa skladajú z nasledovných tektonických jednotiek: Tatrikum je obnažené v jadrových pohoriach a je budované prevažne z kryštalickej hornín (svorové ruly, ruly až granitoidy). Vápence, dolomity a platformné vápence vystupujú zriedkavo. Veporikum je tvorené kryštalickej horninami (Slovenské Rudohorie, Kráľovohorské Tatry a Čierna hora) a mladopaleozoickým a mezozoickým sedimentárnym obalom. Hronikum predstavuje sústava príkrovov s jednotným vývojom permo-karbónskych sedimentárno-vulkanických formácií s výskytom kontinentálnych bazaltov, diferencovaným typom triasu a len lokálne zachovanými jursko-spodnokriedovými súvrstviami (Grecula et al., 1997).

Gemerikum je predgosauská tektonická jednotka, obnažená vo Volovských vrchoch a členená na severné a južné gemerikum. Severné gemerikum je tvorené z hercýnsky metamorfovaných vysoko i nízko stupňových komplexov, s ktorými je spájaný spodnokarbónsky flyš a ich vrchnokarbónsky a permsko-spodnotriasový pokryv. Južné gemerikum je zložené zo staro-paleozoickej, vulkanosedimentárnej flyšovej sekvencie čiastočne prekrytej permsko-spodnotriasovými, kontinentálno-lagunárnymi formáciami.

Meliatikum a turnaikum predstavuje súbor tvorený z príkrovov v Juhoslovenskom krase. Meliaticum je reprezentované súborom bridlíc, pieskovcov a vápencov triasového a jurského veku s polohami báziických vulkanitov, vložkami pieskovcov a slieňovcov a siliciklastických sedimentov a bazaltov (Hók et al., 2001).

Turnaikum predstavuje skupina príkrovov, ktoré zodpovedajú pozíciou do oblasti medzi silicikom a meliaticom. Charakteristickým znakom je súvrstvie anchizóny až zelených bridlíc. Silicikum je budované komplexmi vápencov, dolomitov, bridlicami, pieskovcami a slieňmi (Hók et al., 2001).

Panvy a kotliny sú spoločne s jadrovými pohoriami výraznými morfoštruktúrami Západných Karpát. Sedimenty sú prevažne siliciklastické, lokálne s uhlím, prípadne evaporitmi. Organogénne karbonáty sú zriedkavé a detritický materiál pochádza zvyčajne z vulkanitov. Vo väčších panvách vytvárajú hrubé, niekoľko tisíc metrové akumulácie. Sedimentácia prebiehala v morskom prostredí, ktoré sa postupne menilo na morsko-brakické, jazerné až riečne (Grecula et al., 1997).

Neogénne vulkanity vystupujú v oblasti stredného, južného a východného Slovenska sú súčasťou rozsiahleho vulkanického areálu karpatského oblúka a panónskeho bazénu. Sú reprezentované andezitmi, ryolitmi až bazaltmi. Pliocénne až kvartérne alkalické vulkanity v oblasti južného a stredného Slovenska sú reprezentované najmä alkalickými olivinickými bazaltmi a nefelinickými bazaltmi (Grecula et al., 1997).

Neogénne sedimenty sa vyskytujú v Západných Karpatoch v tzv. vonkajších a vnútorných panvách (Podunajská panva, Juhoslovenská panva a Východoslovenská panva). Vnútrohorské panvy sa nachádzajú v Turčianskej, Hornonitrianskej, Žiarskej, Zvolenskej kotline a Horehronskom podolí (Grecula et al., 1997).

V období kvartéru bolo naše územie súšou. Všetky jazerá a panvy sa vysladili a začal sa vývin riečnej siete, podobný dnešnému. Vznikali riečne sedimenty, modelovali sa svahy pohorí, vznikali rôzne tvary dolín. Je to obdobie charakteristické zaľadnením - glaciálmi, ktoré sa striedali s medzilľadovými dobami - interglaciálmi. Po nich zostali na našom území morénové a fluvioglaciálne sedimenty. Prebiehala tiež intenzívna eolická (veterná) činnosť, ktorá sa prejavila v nížinných oblastiach usadzovaním pieskov a spraší (Záhorská, Podunajská a Východoslovenská nížina).

Výskyt makroprvkov v mineráloch a horninách na Slovensku

Vápnik sa najviac vyskytuje v karbonátových sedimentárnych horninách (vápence a dolomity) a v sedimentoch s karbonátovou prímесou. Vo vyvretých horninách sa zväčša viaže na plagioklasy, pyroxény a amfiboly, preto jeho obsahy klesajú od bazických ku kyslým horninám. *Sedimentárne* horniny – karbonatické zlepenie bazálneho borovského súvrstvia obsahujú najvyššie obsahy Ca (39,11% CaO). Vo zvyšných sedimentárnych horninách - pieskovce a ílovce obsahujú rôzne množstvá, ktoré kolíšu od nekarbonatických pieskovcov neogénu s množstvami Ca od 1,61% CaO až po 10,57% CaO v karbonatických pieskovcoch vnútrokarpatského paleogénu. V ílovcoch sú zistené obsahy vyššie, a to 2,58% CaO v nekarbonatických ílovcoch neogénu po 14,01% CaO v ílovcoch kriedy až paleogénu bradlového pásma (obohatenie o Ca). Najvyššie obsahy zo študovaných hornín sú vo vápencoch (31,89-53,59% CaO) a najmenej v dolomitoch (25,76-31,51% CaO). Najvyšší priemerný obsah vápnika v *magmatických* horninách na Slovensku bol zistený pre diority (6,58% CaO). Vo *vulkanických* horninách sa vyskytuje najmä v alkalických bazaltoch (8,74% CaO) a obsah vápnika klesá cez andezity k najnižším zisteným množstvám – ryolitom a ryodacitom. V *metamorfovaných* kyslých horninách sa vápnik vyskytuje v nižších koncentráciách najmä u metapsamitov a metapelitoch paleozoika gemerika. Smerom k intermediárnym a bazickým metavulkanitom sa obsahy Ca zvyšujú u amfibolitov a v zelených bridliciach kryštalinika tatrika a veporika (8,88% CaO). V slabšie metamorfovaných vápencoch/dolomitoch (magnezitoch) je to 48,72%/ 11,57% CaO (Marsina, 1999).

Horčík rovnako ako vápnik, je v *sedimentárnych* horninách prítomný v dolomitckej prímеси a v chloritoch. Najvyššie obsahy horčíka boli zistené v dolomitoch (16,25-19,98% MgO). Karbonatické zlepenie bazálneho borovského súvrstvia paleogénu majú obsahy 7,65% MgO. Ostatné pieskovce a ílovce majú kolísavé obsahy a to od nekarbonatických pieskovcov neogénu s množstvami Mg od 0,94% MgO až po 2,93% MgO v karbonatických pieskovcoch vnútrokarpatského paleogénu. V ílovcoch sú zistené obsahy vyššie, a to 1,99% MgO v nekarbonatických ílovcoch neogénu po 4,23% MgO v mezoických ílovcoch. V *magmatických* horninách sú najnižšie množstvá horčíka v greizenizovaných granitoidoch gemerika (0,33% MgO) a najvyšší obsah v dioritoch (5,62% MgO). Z *vulkanických* hornín najnižšie obsahy Mg majú ryolity a ryodacity (2,41% MgO) a trend stúpa smerom cez andezity, diority a dioritové porfýry k alkalickým

bazaltom (7,36% MgO). V *metamorfovaných* kyslých horninách sa horčík vyskytuje v nižších koncentráciách najmä u metapsamitov a kyslých metavulkanitoch (0,9-1,28% MgO). Smerom k intermediárnym a bázickým metavulkanitom sa obsah horčíka zvyšuje: horniny v mladšom paleozoiku hronika (4,49% MgO) - horniny v staršom paleozoiku gemerika (7,07% MgO). Najviac horčíka zo všetkých sledovaných hornín na Slovensku mali metamorfované dolomity/magnezity - 30,4% MgO (Marsina, 1999).

Draslík sa zvyčajne viaže na posledné štádiá magmatickej kryštalizácie - vstupuje do najdôležitejšieho minerálu: draselného živca. Z tohto dôvodu najviac K nájdeme v granitických a alkalických horninách a najmenej v ultrabázických a bázických horninách. V *magmatických* horninách sú najvyššie množstvá draslíka v greizenizovaných granitoidoch gemerika (4,31% K₂O) a najnižší obsah je zistený v dioritoch (2,04% K₂O). Ryolity a ryodacity ako *vulkanické* horniny obsahujú najvyššie obsahy K (4,26% K₂O). Andezity, diority a dioritové porfýry obsahujú menej draslíka a tento klesajúci trend pokračuje v smere k alkalickým bazaltom a bazaltoidným andezitom (1,44% K₂O). V *sedimentárnych* horninách najviac draslíka obsahujú ílové sedimenty (illit) a najmenej karbonátové horniny. Karbonatické zlepené bazálneho borovského súvrstvia obsahujú najnižšie obsahy draslíka (0,28% K₂O). Vo zvyšných pieskovcoch a ílovcach sú obsahy rôzne – a kolíšu od pieskovcov v paleogéne duklianskej jednotky s množstvami K od 1,2% K₂O až po 1,83% K₂O v karbonatických pieskovcoch neogénu. V ílovcach sú zistené obsahy vyššie, a to 2,37% K₂O v kriede až paleogéne bradlového pásma po 4,24% K₂O v ílovcach triasu až jury. Najnižšie obsahy draslíka zo študovaných hornín boli v dolomitoch a vápencoch (0,07-0,16% K₂O). V *metamorfovaných* kyslých horninách sa draslík vyskytuje vo vyšších koncentráciách najmä u metapsamitov (1,94% K₂O), v rulách, metakvarcitoch tatrika a veporika (2,49% K₂O). Smerom k intermediárnym a bázickým metavulkanitom sa obsah draslíka znižuje: horniny v mladšom paleozoiku hronika (1,2% K₂O) až po amfibolity a zelené bridlice kryštalinika tatrika a veporika (0,71% K₂O). Priemerný obsah draslíka v metamorfovaných vápencoch, dolomitoch/magnezitoch gemerika je priemerne 0,06% K₂O (Marsina, 1999).

Sodík sa viaže najmä na stredné a záverečné fázy magmatickej kryštalizácie. Koncentruje sa najmä v intermediárnych vulkanických horninách. V sedimentárnych horninách sa nachádza v plagioklasoch. Najnižší obsah sodíka v *magmatických* horninách je v dioritoch (2,91% Na₂O) a najvyšší obsah je zistený v tonalitoch (4,02% Na₂O). Alkalické bazalty (zo

skupiny *vulkanických* hornín) obsahujú najviac sodíka a to 3,52% Na_2O . Zo *sedimentárnych* hornín najnižšie obsahy Na majú karbonatické zlepenice bazálneho borovského súvrstvia paleogénu (0,14% Na_2O), čoho príčinou sú vysoké obsahy karbonátov. V ostatných pieskovcoch a ílovcoch sú obsahy rôzne a kolíšu od 0,57% Na_2O v kremitých pieskovcoch až kremencoch po 1,3% Na_2O v paleogéne magurskej jednotky. V ílovcoch sú zistené obsahy nižšie, a to 0,56% Na_2O v mezozoiku po 1,01% Na_2O v karbonatických ílovcoch neogénu. Najnižšie obsahy sodíka zo študovaných hornín boli zistené vo vápencoch a dolomitoch (0,04-0,06% Na_2O). V *metamorfovaných* kyslých horninách sa sodík vyskytuje v nižších koncentráciách najmä u metapsamitov a metapelitov paleozoika. V kyslých metavulkanitoch je obsah Na v rozmedzí 0,76% Na_2O (v mladšom paleozoiku gemerika) a najviac v mladšom paleozoiku hronika (2,44% Na_2O). Smerom k intermediárnym a bázičným metavulkanitom sa obsah sodíka mierne zvyšuje: amfiboly kryštalinika tatrika a veporika (2,61% Na_2O) - horniny v mladšompaleozoiku hronika (4,14% Na_2O). Priemerný obsah Na v metamorfovaných vápencoch, dolomitoch/magnezitoch gemerika je priemerne 0,16% Na_2O (Marsina, 1999).

1.2 Stručná charakteristika pôd na Slovensku

Pôdy na Slovensku sú veľmi heterogénne. Tvorili sa na rôznych materských substrátoch, ktoré sú odrazom pestrej geologickej stavby Slovenska. Pôdy Slovenska sú klasifikované v zmysle morfogenetického klasifikačného systému do pôdných typov a subtypov (Societas pedologica slovac, 2014; VÚPOP, 2000).

Chemické zloženie pôd v horských oblastiach závisí od pôdotvorných substrátov a množstva zrážok. Na *kryštaliniku* sú kyslé kambizeme, kambizeme dystrické, rankre a podzoly. Najvyššie položené oblasti sú charakteristické litozemami, rankrami podzolovými a podzolmi. Na karbonátových horninách *mezozoika* sú subtypy rendzín (rendziny vylúhované). Na sedimentárnych horninách vysokých pohorí vznikli kambizeme dystrické. *Flyšové pohoria* sú charakteristické kambizemami pseudoglejovými, na pieskovcoch aj kambizemami dystrickými až podzolmi (Čurlík a Šefčík, 1999).

Sopečné pohoria stredného a východného Slovenska dali vznik kambizemiam typickým až arenickým a minerálne bohatším pôdam (Čurlík a Šefčík, 1999).

Pôdy *vnútorných kotlín*, ktoré vznikli vyplnením depresí sedimentmi v terciéri a kvartéri majú pestrý charakter. V *nižšie* položených *kotlinách*, kde sa nachádzajú aluviálne, ale aj proluviálne a deluviálne kvartérne sedimenty a spráše sa nachádzajú luvizeme, hnedozeme, pseudogleje, na nivách fluvizeme, čiernice a gleje). V Rimavskej kotline sa pridružujú aj pararendziny na slienitých až piesočnatých íloch neogénu. Okrajové časti s neogénnymi sedimentami sú charakteristické kyslými pseudoglejmi. V stredne položených kotlinách sa vyskytujú pôdy kyslejšieho charakteru, prevažne pseudogleje, menej hnedozeme a luvizeme. V Rožňavskej kotline sa vyskytujú pôdy redeponovaných materiálov – *terrae calcis*. Vyššie položené kotliny sú charakteristické kambizemami pseudoglejovými a dystriekami kambizemami a v miestach, kde bol deponovaný karbonátový materiál vznikli karbonátové fluvizeme a čiernice (Čurlík a Šefčík, 1999).

Pôdy *nížinných oblastí* sú výsledkom tektonického vývoja v kvartéri. Z rieky Moravy sú známe naviate piesky eolických sedimentov, kde je výskyt zrnitostne ľahkých pôd – regozeme a kambizeme arenické. Tieto pôdy sú zväčša skultúrne (pH, organická hmota) s nižším obsahom Al, Ca a Mg. Kambizeme dystrieky a podzoly sa nachádzajú najmä pod borovicovým lesom a sú kyslej povahy. V depresiách sa nachádzajú čiernice s vyšším obsahom hydromorfného humusu. Na sprašiach v severnej časti nížin sa vyskytujú černoze a hnedozeme. Nížinná oblasť Podunajskej nížiny je charakteristická sprašami a vysokým evapotranspiračným režimom – s karbonátovými pôdami. Na sprašiach pahorkatín sú to černoze karbonátové, ktoré so stúpaním nadmorskej výšky prechádzajú do černoze hnedozemných, hnedozemí až pseudoglejí. Na Východoslovenskej nížine prítomnosť vulkanických oblastí a flyšu spôsobuje výskyt ťažších fluvizemí (ílovité fluvizeme), ďalej fluvizemí glejových až glejov. Typické černoze sa tu nenachádzajú, lokálne sú prítomné len černoze hnedozemné a hnedozeme. Na okrajoch nížiny sú rozšírené pseudogleje, ktoré vznikli na proluviálnych sedimentoch pôvodom z vulkanických pohorí (Čurlík a Šefčík, 1999).

Prítomnosť mezozoických karbonátových komplexov hornín ako vápence a dolomity, slienitých sedimentárnych hornín (sliene, slienité bridlice, vápnité pieskovce v pararendzinách) a karbonátové spraše sú hlavnými zdrojmi *karbonátov* (kalcit a dolomit) v pôdach. Ďalej aluviálne a deluviálne kvartérne sedimenty sú nositeľmi karbonátov v čierniciach, černozeiach a fluvizemiach (Čurlík a Šefčík, 1999).

Obsah *vápnika* v pôdach sa líši od stupňa zvetrávania a vylúhovania, a je spätý s obsahom karbonátov. Nižšie obsahy vápnika sa nachádzajú v pôdach na eolických pieskoch, kyslých granitoidných horninách, kyslých metamorfikách Spišsko-gemerského rudohoria a na pieskovcových súvrstviach. Vysoké obsahy vápnika sa viažu na rendziny, černozeme karbonátové a čiernice karbonátové. *Horčík* sa nachádza v olivínoch, v pyroxénoch a v amfiboloch, v biotite a ultrabázických horninách, a pri zvetrávaní prechádza do sekundárnych minerálnych fáz: chloritu, vermikulitu, illitu a smektitov. Podobne ako vápnik, aj obsahy horčíka sú späté s obsahmi karbonátov v pôdach (Marsina, 1999).

Pôdy bohaté na *draslík* sú plytké pôdy na horninách s vysokým obsahom slúď (fylity, svory), na niektorých metamorfovaných a granitoidných horninách. Najnižšie hodnoty rastlinám prístupného draslíka boli zistené v regozemiach (s výrazným obsahom piesočnatej frakcie), spôsobené nižším hnojením, ale aj vertikálnou translokáciou K do hlbších častí pôdneho profilu až do podzemnej vody (Kobza et al., 2002).

Sodík je zastúpený prevažne v magmatických horninách bohatých na živce, amfiboly, nefelín a prítomnosť plagioklasov. Najvyššie množstvá sodíka sa nachádzajú v pôdach vyvinutých na vyvretých a metamorfovaných horninách veporika a v oblasti stredoslovenských neovulkanitov. Okolo 1% Na obsahujú v týchto oblastiach najmä rankre, podzoly a fluvizeme. Podstatne nižšie obsahy Na sa vyskytujú v piesočnatých pôdach a vápencoch (Čurlík a Šefčík, 1999).

Vyššie obsahy sodíka môžu byť spojené s lokálne zasolenými pôdami v oblastiach s výparným vodným režimom, vzliňaním rozpustených solí na povrch, kde dochádza k vyzrážaniu solí na povrchu pôdnych častíc. Zdrojom solí sú zvyčajne mineralizované podzemné vody, závlahy mineralizovanou vodou a intenzívne minerálne hnojenie (Podunajská a Východoslovenská nížina) (Kobza et al., 2002). Konkrétne sem môžeme zaradiť lokality Iža, Gabčíkovo, Komárno – Hadovce, nivu dolného toku Hrona v Kameníne, Malé Raškovce a aj Žiar nad Hronom (antropogénna alkalizácia pôd exhalátmi závodu ZSNP Žiar nad Hronom) (Čurlík a Šefčík, 1999).

Chemické zloženie pôd vzhľadom na pôdotvorný substrát

Geologická stavba na Slovensku je veľmi rôznorodá, preto bolo geologické prostredie Slovenska rozdelené do ôsmich hlavných skupín (Tab. 1). Pomenovali sme ich ako

geologické celky (Rapant et al., 2013) a v snahe zachovať kontinuitu sme použili rovnakú koncepciu tohto členenia aj v tejto práci. Chemizmus pôd udáva materský pôdotvorný substrát a pôdotvorné procesy. Chemizmus pôd odráža chemické zloženie pôdotvorných substrátov a charakter pôdotvorných procesov. Pôdy vyvinuté na karbonátových substrátoch majú vyššie obsahy vápnika a horčíka ako pôdy vyvinuté na nekarbonátových substrátoch.

Tab. 1: Prehľad geologických celkov a ich stručná petrografická charakteristika

	Geologický celok	Petrografická charakteristika
1.	paleozoikum	metasedimenty, metavulkanity
2.	kryštalinikum	granitoidy a kryštalické bridlice
3.	karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén	vápence, dolomity, zlepenice
4.	karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén	vápence, dolomity, slieňovce, pieskovce a bridlice
5.	flyšový paleogén	pieskovce, bridlice, ílovce
6.	neovulkanity	andezity, bazalty a ich pyroklastiká
7.	neogén	íly, ílovce, zlepenice, piesky, štrky
8.	kvartér	štrky, piesky, hliny, úlomky hornín

V starších chemicky zreých pôdach, pôdotvorné procesy zastierajú vplyv materských hornín v dôsledku silného vylúhovania, translokácii a odnosu látok vertikálne aj laterálne (Tab. 2).

Tab. 2: Priemerné hodnoty vybraných makroprvkov, obsahov karbonátov (uvedené v %) a hodnôt pôdnej reakcie pH pre jednotlivé pôdne typy(A horizont)

pôdny typ	Ca	K	Mg	Na	pH(KCl)	pH(H ₂ O)	karbonáty
andozem	2,7	0,8	3,5	0,2	6,9	6,3	0,0
antrozem	2,5	0,8	3,0	0,3	6,3	5,5	0,0
černozem	1,7	1,5	1,0	0,9	5,3	4,5	0,9
čiernica	1,1	1,6	0,8	0,8	4,9	4,1	1,1
fluvizem (karb.)	4,1	1,7	1,7	0,9	7,1	6,4	10,5
fluvizem (nekarb.)	1,3	1,7	0,9	0,9	5,6	4,8	1,9
glej	0,8	1,8	0,7	0,7	6,4	5,3	1,0
hnedozem	0,9	1,6	0,5	1,1	6,6	6,1	1,6
kambizem	1,3	1,7	0,8	0,9	6,7	5,8	1,6
litozem	1,2	1,6	1,4	1,1	7,7	6,9	2,7
luvizem	0,9	1,7	1,5	0,8	7,1	6,0	1,7
organozem	0,8	1,4	0,7	0,7	6,1	4,6	0,0
pararendzina	3,3	1,8	1,2	0,9	7,2	6,2	7,1
podzol	1,6	1,8	0,9	0,8	6,7	5,5	2,7
pseudoglej	2,7	1,7	1,2	0,8	7,0	5,9	2,1
ranker	1,5	1,2	1,0	0,8	7,0	5,9	0,9
regozem	1,0	1,6	1,2	0,8	7,6	6,6	4,4
rendzina	3,6	1,9	0,8	0,8	6,7	5,6	2,8

V mladých pôdach v podmienkach výparného režimu sa na miestach výparných bariér tvoria sekundárne karbonáty, ktoré sú obohatené o vápnik, horčík prípadne aj sodík. Čiernice na karbonátových substrátoch môžu mať až o 1,43 jednotky pH vyššie, ako čiernice vzniknuté na nekarbonátových aluviálnych sedimentoch.

Podobne markantný rozdiel je pri fluvizemiach, keď na karbonátových fluvizemiach sú hodnoty pH o cca 1.01 jednotky vyššie ako na modálnych fluvizemiach. Pri ľudských aktivitách dochádza k fyzikálno-chemickým zmenám- degradácii. Na Slovensku sa monitorujú orné, trvalo zatrávnené a lesné pôdy a ich trendové zmeny sa sledujú každých desať rokov (1991-2002). Acidifikačný vplyv na pôdy môže mať aj koreňový systém rastlín, ktorý sa vyskytuje najmä pri trvalých trávnych porastoch. Takýto trend sa prostredníctvom monitoringu zaznamenal hlavne pre kambizeme, pseudogleje, rendziny, rankre a andozeme. I keď kambizeme a pseudogleje majú pufrčné systémy výmenných kationov a silikátové pufrčné systémy, môžu mať nízku CEC a môžu podliehať acidifikácii (Kobza et al., 2002).

Podobne u rendzín sa uplatňuje karbonátový pufrčný systém, avšak jeho neutralizačné schopnosti môžu byť značne oslabené mierne chladnou klímou vo vyšších nadmorských výškach (nad 1000 m n. m.) a so svahovým sklonom, ktorý vedie k rozpúšťaniu a k translokácii karbonátov z vyšších horizontov. Karbonátový pufer sa uplatňuje v černozeiach, fluvizemiach, hnedozemiach a v karbonátových čierniciach.

Na druhej strane, rozdiely medzi jednotlivými pôdnymi typmi odzrkadľujú aj množstvo lokálnych zrážok, pomocou ktorých migrujú ióny, molekuly, koloidy a suspenzie do nižších horizontov, a tak ochudobňujú povrchové a podpovrchové horizonty. Zrážková voda obsahuje najmä K, Ca, Mg a Na, a tak môže aj obohatiť pôdny povrch.

Pokiaľ dôjde k acidifikácii pôdy, všetky potrebné makroživiny (či už prírodného charakteru, alebo dodávané prostredníctvom umelých hnojív) nie sú dostatočne v pôde fixované a dochádza k ich vyplavovaniu – nahrádzaniu Ca^{2+} a Mg^{2+} v sorpčnom komplexe voľnými kationmi Al^{3+} , fixácii fosforu do neprístupnej formy pre rastliny a zvyšuje sa bioprístupnosť potenciálne toxických prvkov do rastliny. Pre podzoly, kambizeme, pseudogleje, fluvizeme a čiernice na nekarbonátových substrátoch bol zaznamenaný zvýšený výskyt hliníka (Kobza et al., 2002).

Pre vodorozpustné a prístupné formy draslíka v pôdach nebol zaznamenaný vzťah medzi kyslejším pH a intenzívnym hnojením a jeho prístupné formy závisia prevažne na pôvodnej prírodnej rezerve pôdneho draslíka (Hrtánek, 1987).

S vápnikom sa úzko viaže aj vodorozpustný fosfor. Obsiahnuté sú najmä v karbonátových pôdach (rendziny, fluvizeme a čiernice karbonátové, regozeme karbonátové, čiernice i hnedozeme). Na pôdach bol zaznamenaný vyšší obsah Ca a P, oproti trvalým trávny porastom čo úzko súvisí s hnojením a vápnením orných pôd. Na podzolochoch a regozemiach vyvinutých na kremeťoch (nekarbonátových) pieskoch prevládajú obsahy fosforu viazané najmä na hliník a železo (Kobza a Styk, 1997).

2 ZDRAVOTNÝ STAV SLOVENSKEJ REPUBLIKY

2.1 Stručný prehľad aktuálneho zdravotného stavu obyvateľov Slovenskej republiky

Zdravotný stav obyvateľov formujú podmienky a rozvoj spoločnosti, ktoré vytvárajú určitý životný štýl. Podľa charakteristiky životného štýlu vieme hodnotiť zdravotný status populácie. Demografický vývoj a demografické parametre dostatočne poukazujú na aktuálny zdravotný stav obyvateľstva a jeho úroveň, predpokladajú jeho vývoj do budúcnosti a hľadajú odpovede na aktuálne trendy demografických parametrov z javov v minulosti.

Demografická charakteristika

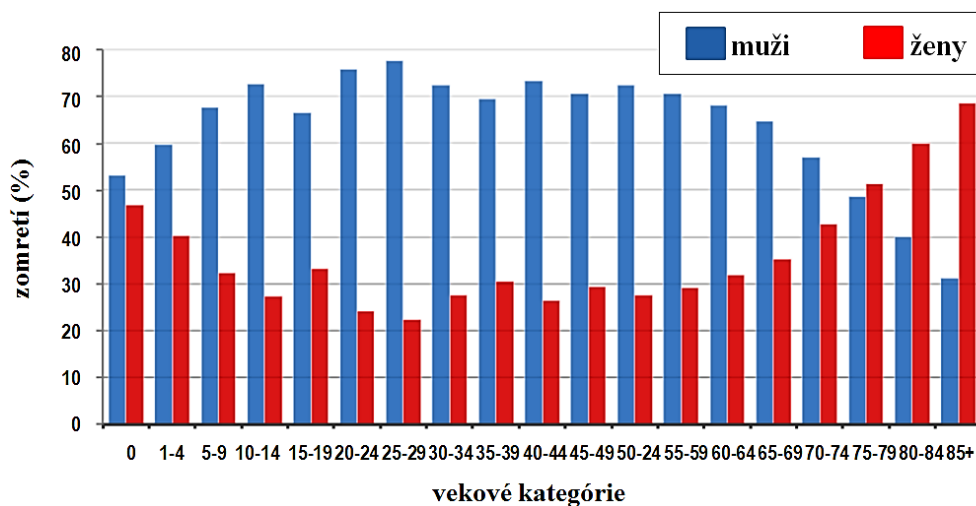
Súčasný trend demografického vývoja smeruje k starnutiu obyvateľov Slovenska zdola, to znamená, že sa znížila plodnosť populácie pod úroveň reprodukcie. V dôsledku predlžovania ľudského života nastáva aj starnutie zhora. Prirodzene tento vývoj má korene v minulosti (vojna, babyboom, demografický prechod). V súčasnej dobe sa rýchlosť starnutia populácie zrýchľuje v dôsledku malej početnosti vekovej skupiny na najvyššej fyziologickej plodnosti, a starnutia silných povojnových ročníkov. Prirodzený prírastok dosiahol v roku 2014 hodnotu 3 687, zahraničnou migráciou pribudlo 1 715 osôb a celkovo sa prírastok obyvateľstva pohybuje na počte 5 402 osôb. Priemerný vek žijúcich obyvateľov dosahuje 39,9 rokov (38,2 muži a 41,4 ženy) a dochádza k zvyšovaniu indexu starnutia (na 100 detí vo veku 0-14 rokov pripadá 91 obyvateľov starších ako 65 rokov)

V dôsledku reprodukčných zmien priniesol rok 2009 otočenie klesajúceho trendu indexu ekonomického zaťaženia. Znamená to v podstate zvýšenie hospodárskeho zaťaženia práceneschopného obyvateľstva a aktuálne na 100 osôb v produktívnom veku je takmer 46 závislých osôb (počet detí od 0-14 rokov a starších ako 65 rokov). Najstaršie obyvateľstvo žije v Nitrianskom a Trenčianskom kraji, naopak, najmladší priemerný vek je zaznamenaný pre Prešovský a Košický kraj (ÚVZSR, 2015).

K starnutiu obyvateľstva prispieva aj klesajúca pôrodnosť, ktorá sa dá charakterizovať úhrnnou pôrodnosťou 1,3 dieťaťa na jednu ženu počas jej celého reprodukčného obdobia za predpokladu nulovej úmrtnosti. V roku 2014 sa narodilo 55 199 detí a z toho 166 bolo mŕtvonarodených. Ďalším aspektom podporujúcim starnutie obyvateľstva je zvyšovanie veku prvorodičiek (27,6 rokov) a priemerného veku všetkých rodiacich žien (29,4 rokov).

Tento stúpajúci trend nielen znižuje pôrodnosť u mladších ročníkov, ale s vekom klesá schopnosť otehotnieť a donosiť dieťa. Najvyššia početnosť narodených detí je u matiek vo vekových skupinách 25-29 a 30-34 rokov, kde sa rodí okolo 17 tisíc detí v každej z nich. Index úhrnnej pôrodnosti poukazuje na trend rodenia detí najmä v prvom poradí (46% detí) a mimo manželstva (39% detí). Podľa sčítania obyvateľov v roku 2011 dochádza k transformácii skladby rodiny na trojčlennú s výchovou jedináčika, čo je psychosociálny faktor vo vývoji členov rodiny. Pozitívnym trendom sa vyvíja znižujúca potratovosť (cca 16 tisíc). Najmä legalizácia potratov zasiahla pozitívne na početnosť potratov. Najvyššia potratovosť je realizovaná v mestách (65%). Počet spontánnych potratov sa aktuálne zvyšuje (nad 5 tisíc), čo môže mať za následok zvyšovanie veku ženy pri otehotnení (pri všetkých potratoch je priemerný vek ženy 31 rokov) (ÚVZSR, 2015).

Dôležitým demografickým parametrom je miera úmrtnosti obyvateľstva. Na úmrtnosť vplyva hlavne výživa, fyzický pohyb, kvalita životného prostredia, intenzita psychickej, sociálnej a ekonomickej záťaže a v neposlednom rade vek, pohlavie, genetická predispozícia, vzdelanie a rodinný stav. V rokoch 2012-2014 priemerne umrelo asi 52 tisíc ľudí ročne. Na obr. 1 si môžeme všimnúť typickú nadúmrtnosť mužov (cca o 1,6 tisíc mužov viac ako žien) (ÚVZSR, 2015).



Obr. 1: Podiel úmrtí rozdelených podľa veku a pohlavia (upravené podľa ÚVZSR, 2015)

Táto nerovnomerná miera úmrtnosti mužov je značná predovšetkým v produktívnom veku, kde vo všetkých vekových skupinách medzi 20 až 59-ročnými tvoria úmrtia mužov viac ako 70%. Z hľadiska produktívneho veku umrelo 72,4% (62,6% u mužov a 82,9% u žien) v poproduktívnom veku, 26,7% (36,4% u mužov a 16,4% u žien) v produktívnom veku a necelé 0,9% (1% u chlapcov, 0,8% u dievčat) v predproduktívnom veku. Aktuálne klesla

dojčenská úmrtnosť pod 6‰ a klesá aj novorodenecká úmrtnosť (3,5‰). Tento pozitívny trend je výsledkom zlepšenej zdravotnej starostlivosti a väčšej sústredenosti pôrodov do ústavov či zavedenie povinného očkovania (ÚVZSR, 2015).

Stredná dĺžka života je ďalším významným ukazovateľom priemerného veku daného jedinca za predpokladu, že sa počas celého jeho života úmrtnostné pomery nezmenia. I keď sa na Slovensku neustále tento vek zvyšuje, medzi krajinami EÚ patríme medzi krajiny so skoro najnižšou dĺžkou života. V roku 2011 nádej na dožitie pri narodení prvýkrát presiahla hranicu 72 rokov pre muža a 79 rokov pre ženu, pričom v roku 2004 to bolo len 70,3 roka pre muža a 77,9 pre ženu. Momentálne je medziročný rast strednej dĺžky života pri narodení muža okolo 0,3-0,4 roka a pre ženu 0,1-0,2 roka. Tento demografický parameter sa kombináciou s informáciami o zdravotnom stave prepočítava do strednej dĺžky života v zdraví. Podľa aktuálnych prepočtov je stredná dĺžka života vo veku 65 rokov ženy 18,5 roka a 14,6 rokov pre mužov, ktoré prežili v zdraví a bez výrazných obmedzení v aktivitách. Hoci je trend pre mužské pohlavie opäť kratší, muži tento počet rokov strávili v pozitívnom zdraví a ženy skôr v chorobnom zdraví s vážnymi zdravotnými problémami (ÚVZSR, 2014b).

Predpoklad demografického vývoja do budúcnosti smeruje k ďalšiemu starnutiu populácie, ktoré je výsledkom zmeny v rodinnom správaní populácie, nízkou fertilitou, predlžovaním dĺžky veku života. Pravdepodobne dôjde k nárastu ľudí v seniorskom veku, ktorý bude vyžadovať zvýšenie zdravotnej a sociálnej starostlivosti (aj s vekom zapríčinennej znižujúcej sa miery sebestačnosti) (ÚVZSR, 2015).

Chronické (neprenosné) ochorenia a úmrtnosť

Za posledných dvadsať rokov neboli zaznamenané výrazné zmeny v počte úmrtí na SR. Aktuálne v roku 2014 to bolo 51 346 úmrtí (z toho 27,5% predčasných). Ženy vekovej kategórie staršie ako 65 rokov zomierajú častejšie ako muži v rovnakej vekovej kategórii (cca 53%-55%). Pre vekovú kategóriu ľudí mladších ako 65 rokov platí, že muži dlhodobo zomierajú častejšie ako ženy, a to až 2-2,5x viac (70% úmrtí mužov / 30% úmrtí žien).

Štandardizovaná úmrtnosť objektívnejšie charakterizuje rozdiely medzi regiónmi a jej vývojový trend je vidieť v tab. 3, kde vykazuje 1,5x-3x vyššie hodnoty pre mužov ako pre ženy v závislosti od vekovej skupiny (s nižším rozdielom u 85+ ročných). Ďalej sa eviduje

pokles úmrtnosti v intervale 10%-35% u mužov i žien pre vekovú skupinu 25+ ročných (okrem 85+ ročných). Rozdelenie podľa okresov charakterizuje Košice I., III. a Bratislavu I. za okresy s najnižšou priemernou štandardizovanou úmrtnosťou a naopak, okresy s najvyššími hodnotami sú Revúca, Veľký Krtíš a Čadca (ÚVZSR, 2015).

Tab. 3: Trend vekovo štandardizovanej úmrtnosti pre roky 2000, 2009 a 2014 podľa veku a pohlavia (upravené podľa NCZI, 2015c; ÚVZSR, 2015)

vek. sk.	muži				ženy			
	roky			% rozdiel 2014/2000	roky			% rozdiel 2014/2000
	2000	2009	2014		2000	2009	2014	
25-34	148,3	103,8	96,0	-35,3	38,5	36,3	34,3	-10,9
35-44	329,1	280,4	217,9	-33,8	119,4	106,9	88,9	-25,5
45-54	976,5	797,4	634,1	-35,1	324,9	306,8	247,4	-23,8
55-64	2234,5	1915,1	1644,0	-26,4	823,5	736,5	654,6	-20,5
65-74	4952,6	4048,7	3446,1	-30,4	2359,4	1877,5	1589,7	-32,6
75-84	10064,3	9095,5	7992,1	-20,6	7015,2	5988,7	5143,0	-26,7
85+	19527,5	19364,6	19140,1	-2,0	18247,7	17458,1	16062,6	-12,0

Úmrtnosť rozdelená podľa príčin je zaznamenaná v tab 4. Ľudia vo veku 65+ umierajú najmä na choroby obehovej sústavy, ďalej nádory, a to platí pre obe pohlavia. Pre vekovú kategóriu do 64 rokov pre obe pohlavia najvyššie hodnoty dosahovali úmrtia na nádorové ochorenia.

Tab. 4: Najčastejšie príčiny úmrtí v roku 2014 podľa veku a pohlavia (upravené podľa ÚVZSR, 2015)

		celkový	z nich podiel (v %)						
vek. sk.	pohlavie	počet úmrtí	obehová sústava	nádory	úrazy	dýchacia sústava	tráviaca sústava	ostatné choroby	
z nich	0-85+	muži	26 499	39,8	28,9	8,4	6,0	4,7	10,5
		ženy	24 847	49,7	24,1	3,8	4,6	4,0	13,1
	0-64	muži	9 899	27,8	29,2	15,9	4,1	10,8	12,2
		ženy	4 258	20,4	44,5	7,6	7,1	8,7	14,7
	65+	muži	16 600	46,9	28,7	3,9	4,8	4,0	9,5
		ženy	20 589	55,8	19,8	3,0	4,8	3,8	12,8

Pri porovnaní rokov 2011-2014 poklesli úmrtia na choroby obehovej sústavy o 3,1% i v miere štandardizovanej úmrtnosti (o 9,8%) a mierne vzrástli úmrtia na zhubné nádory (o 4,8%), pričom miera štandardizovanej úmrtnosti bola rovnaká (pri zvyšujúcom sa počte novodiagnostikovaných prípadov nádorových ochorení).

Počas rokov 1993-2002 mala úmrtnosť stagnujúci charakter. I keď sa zaznamenal vzostup úmrtí na nádorové ochorenia, úmrtia na ochorenia kardiovaskulárneho systému mierne klesli u ľudí vo vekovej kategórii 25-64 rokov (úmrtnosť na akútny infarkt myokardu sa znížil 4x). Pre staršiu vekovú kategóriu 65+ rokov úmrtnosť na obe ochorenia mierne

vzrástli, čo mohlo zapríčiniť nielen starnutie populácie, ale aj rezervy v zdravotníckej starostlivosti o staršie osoby. Najvyššiu priemernú štandardizovanú úmrtnosť na ochorenia obehovej sústavy v rokoch 1997-2003 mali v okrese Krupina (795,2/ 220 úmrtí ročne) a najnižšiu Bratislava III. (415,1/ 412 úmrtí ročne). V tomto období sa zaznamenal aj pokles celkovej štandardizovanej úmrtnosti na zhubné nádory prsníkov a ženských pohlavných orgánov u žien, a nádory na pľúcach u mužov. Starnutím populácie sa môže u mužov očakávať zvýšenie incidencie a úmrtnosti na nádorové ochorenia prostaty. Najvyššia štandardizovaná úmrtnosť bola v okrese Komárno (286,3/ 309 úmrtí ročne) a najnižšia v Leviciach (186,5/ 243 úmrtí ročne) (ÚVZSR, 2015).

Chronické ochorenia obehovej sústavy a nádory vystupujú medzi piatimi najčastejšími príčinami hospitalizácie pre vekovú kategóriu 25+ ročných. U starších ľudí ako 65 rokov sú to dve najpočetnejšie skupiny príčin hospitalizácie. Od roku 2009 je zaznamenaný rast hospitalizovaných ľudí pre choroby obehovej sústavy o 12,7% a pre nádorové ochorenia o 7,7% (NCZI, 2015b).

Na choroby obehovej sústavy na Slovensku pripadá v priemere 45%- podiel zo všetkých úmrtí. Z počtu osôb umretých na kardiovaskulárne ochorenia bolo 15,8% mladších ako 65 rokov, pričom na 3 predčasné úmrtia muža pripadalo 1 úmrtie ženy. Pre porovnanie s rokom 2011 sa podiel predčasných úmrtí medzi mužom a ženou nezmenil. U 65+ ročných je pomer úmrtí medzi mužmi a ženami 1:1,5. Štandardizovaná úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenie dosiahlo v roku 2014 hodnotu 323,2 (na 100 000 obyvateľov): pre mužov je to 411,3 a pre ženy 258,2. Najčastejšie vyskytujúce sa úmrtie na kardiovaskulárne ochorenia je ischemické ochorenie srdca, menej cievna choroba mozgu a infarkt myokardu (Tab. 5).

Tab. 5: Najčastejšie príčiny úmrtia v roku 2014 podľa skupiny chorôb obehového systému (upravené podľa ÚVZSR, 2015)

rok 2014	celkový počet	z nich podiel v %							
		I10-15	I20-25	I21-22	I50	I60-69	I70-78	I80-89	ostatné
0-85+	22893	5,7	58,3	17,3	5,1	22,7	2,1	1,0	5,2
65+	19274	5,9	59,4	12,5	5,4	22,8	1,9	0,7	3,8
0-64	3619	4,9	52,0	45,9	3,5	21,8	3,3	2,2	12,3
25-64	3607	4,9	52,2	45,9	3,5	21,8	3,3	2,1	12,3

Vysvetlivky pre jednotlivé kódy ochorení: I10 – I50 hypertenzné choroby; I20 – I25 ischemické choroby srdca; I21-22 infarkt myokardu; I10-15 hypertenzné choroby; I50 zlyhanie srdca; I60-69 cievne choroby mozgu; I70-78 choroby tepien, tepničiek a vlásočníc (ateroskleróza); I80-89 choroby žliaz, mozgových ciev a uzlín (nezatriedené inde)

Najčastejšia hospitalizácia ľudí starších ako 45 rokov je na ochorenie akútneho koronárneho syndrómu, menej na cievnu mozgovú príhodu a prechodnú ischémiu srdca. Podľa vekových skupín dominovali najmä hospitalizovaní muži vo veku 45-64 rokov (50%/ 38%) a hospitalizované ženy vo veku 75+ (37% / 50%) (NCZI, 2015b).

Druhou najrozšírenejšou príčinou úmrtia na Slovensku sú nádory. Tvoria približne 25% z celkovej úmrtnosti, pričom u mužov dosiahla miera štandardizovanej úmrtnosti hodnotu 289,4, a u žien 153,3 na 100 000 obyvateľov (priemerne 207,0). Výskyt incidencie zhubných nádorov u obyvateľov neustále stúpa. Avšak je nevyhnutné dodať, že počet zhubných nádorov nie je rovnaký ako počet pacientov, a to z dôvodu výskytu viacerých zhubných nádorov u jedného pacienta (duplex nádory na sebe nezávislé – nejde o metastázy). Incidencia a úmrtnosť na nádory je vyššia u mužov ako u žien. V roku 2007 sa počet zhubných nádorov u žien vo veku mladšom ako 65 rokov priblížil k počtu nádorov u mužov, a v roku 2008 ich ženy v incidencii mierne prevýšili. V staršej vekovej skupine 65+ výskyt nádorov u mužov opäť prevýšil výskyt nádorov u žien (ÚVZSR, 2015).

Najčastejšie muži umierajú na nádory lokalizované v tráviacej sústave. Ide o kolorektálny karcinóm, kde je to približne 15%-ný podiel zo všetkých hlásených nádorových ochorení u mužov. U žien dominuje karcinóm prsníka so 17%-ným podielom zo všetkých nádorových ochorení u žien. Druhé najčastejšie úmrtie na nádorové ochorenie u mužov je na prostatu a karcinóm pľúc. U žien je druhé najčastejšie úmrtie na nádory tráviacej sústavy - kolorektálny karcinóm (počet je oproti mužom nižší približne o 32%). U žien súvisí vysoký počet nádorov prsníka s neabsolvovaním pravidelných preventívnych prehliadok, a v roku 2008 boli dokonca zaznamenané aj prípady rakoviny prsníka u mužov. Ďalšie početnejšie úmrtia na rôzne lokalizácie nádorov pre obe pohlavia sú zaznamenané v tab. 6.

Tab. 6: Najčastejšie príčiny úmrtí v rokoch 1999-2012 podľa lokalizácie nádorov (upravené podľa ÚVZSR, 2015)

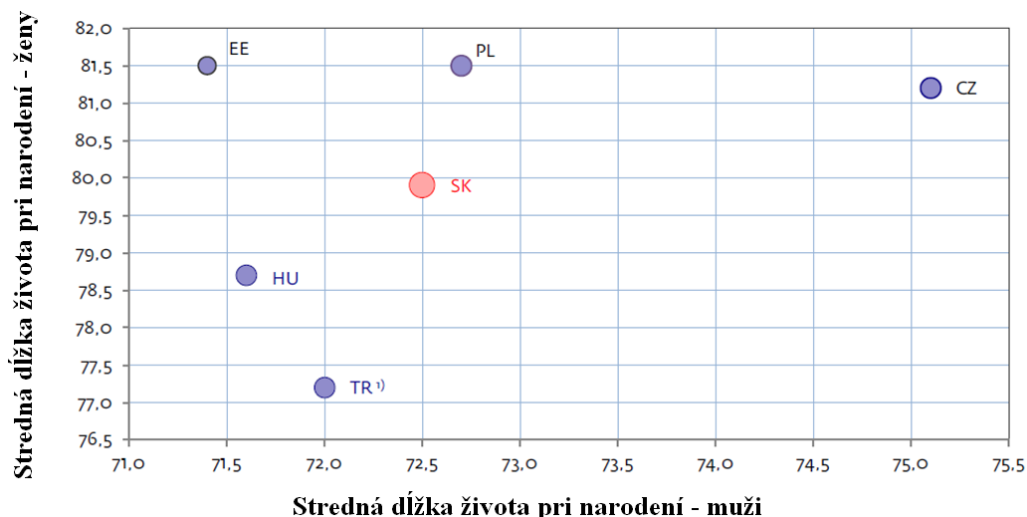
lokalita	muži			lokalita	ženy		
	1999	2008	2012		1999	2008	2012
kolorektum	1630	2178	2347	prsník	1836	2639	2643
priedušnica, pľúca	1862	1931	1804	kolorektum	1132	1621	1616
prostata	838	1758	1934	telo maternice	692	876	927
močový mechúr	434	689	716	krčok maternice	535	634	607
žalúdok	597	563	534	priedušnica, pľúca	321	594	727

V roku 2012 bol mierny vzostup úmrtí u mužov na všetky lokalizácie nádorov okrem nádorov na žalúdku, prieduškách a pľúcach. U žien poklesli úmrtia na nádory krčka maternice a kolorekta. Od tohto roku sa preventívne prehliadky a kontroly pre ľudí starších ako 50 rokov stali pravidelnejšími, čo môže viesť k zachyteniu vzniku nádoru v ranných štádiách (I.-IV. štádium) a predĺženie rokov prežívania s ochorením. Viac ako 5-ročné prežívanie sa v rokoch 2000-2007 týkalo najmä 61% mužov s nádormi na močovom mechúre, a pre 77% žien s nádorom na maternici. Iný trend je v záchyte nádorov na pľúcach, kde je viac ako 5-ročné prežívanie iba pre 10% mužov a 15% žien. Príčinou nízkeho prežívania ľudí pre tento typ ochorenia je neskoré diagnostikovanie vo vyšších štádiách choroby (predtým bolo ochorenie diagnostikované ako recidivujúca bronchopneumónia). Podiel tohto nepriaznivého III. a IV. štádia ochorenia predstavuje 70-75% zo všetkých štádií diagnostikovaných ochorení rovnako pre ženy ako mužov. Pri nádorovom ochorení sa prihliada aj na vek pacienta. U starších pacientov môže byť zhoršená fyzická a psychická kondícia a aj prítomnosť iného chronického ochorenia (ÚVZSR, 2015). Finančné prostriedky vynaložené verejným zdravotníctvom v roku 2013 na liečbu kardiovaskulárnych a nádorových ochorení tvoria približne 35% zo všetkých úhrad na liečivá, a patria medzi prvé dve finančne najnáročnejšie skupiny ochorení. Je nutné poznamenať, že tieto ochorenia nie sú len finančne náročné na liečivá, ale aj časovo náročné na dĺžku hospitalizácie pacienta a môžeme ich nazvať ako nevyliciteľné choroby. V prípade týchto ochorení sa smeruje k náprave alebo k čo najlepšiemu zdravotnému stavu pacienta. Ochorenia sú pretrvávajúce a v prípade nádorových ochorení aj cyklicky sa opakujúce.

2.2 Porovnanie zdravotného stavu na Slovensku s krajinami v Európe

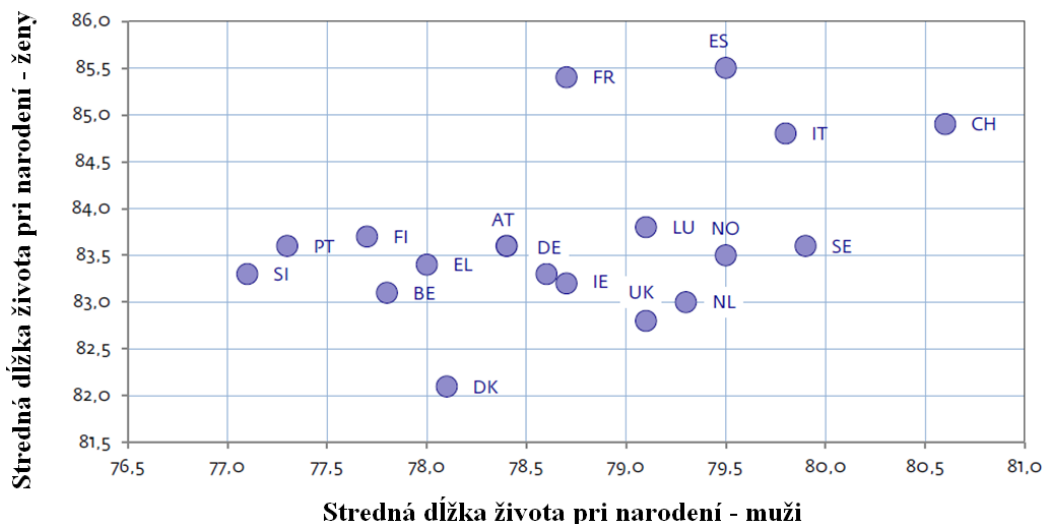
Porovnanie zdravotného stavu prostredníctvom jednotlivých demografických parametrov obyvateľov medzi krajinami nie je jednoduché. Rozdielnosť demografických ukazovateľov sa vyskytuje najmä pri štatistickom spracovaní príčin úmrtia v danej krajine, pri kódovaní chorôb, aj a pri systéme monitorovania príčin úmrtí.

Pre jednotný monitoring bol vytvorený WHO/EURO program, do ktorého sa vkladajú záznamy LoPM o bezprostrednej, predchádzajúcej, prvej a inej vedľajšej chorobe. Na Slovensku nie sú doposiaľ vytvorené podmienky pre tento typ elektronického záznamu.



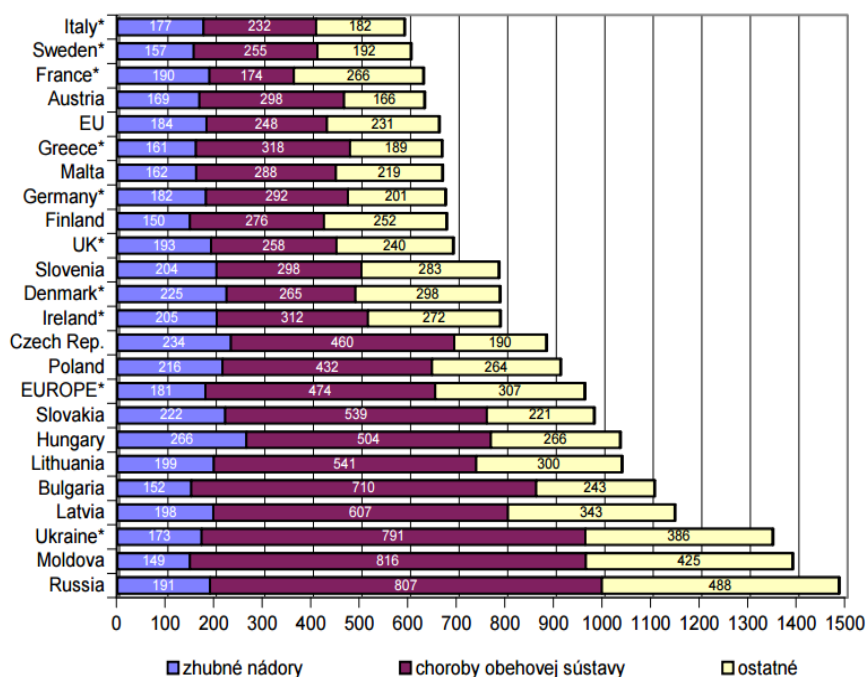
Obr. 2: Porovnanie stredných dĺžok života pri narodení, pre krajiny OECD pre rok 2012 - v celej populácii, (upravené podľa NCZI, 2015b) (vysvetlivky: 1 – stredná dĺžka života pri narodení pre obyvateľov Turecka je odhadovaná pre rok 2012)

V rokoch 1991-2001 sa porovnávala stredná dĺžka života (predpokladaná dĺžka života) pri narodení medzi európskymi krajinami (Obr. 2, 3). Najkratšia stredná dĺžka života bola zistená pre Maďarsko, Poľsko, Ukrajinu a Slovensko. Najdlhší predpokladaný vek pri narodení bol zistený vo Francúzku, Fínsku, Rakúsku a Českej republike. Podľa aktuálneho prehľadu v roku 2012 je stredná dĺžka života na Slovensku 76,5 rokov (NCZI, 2015b).

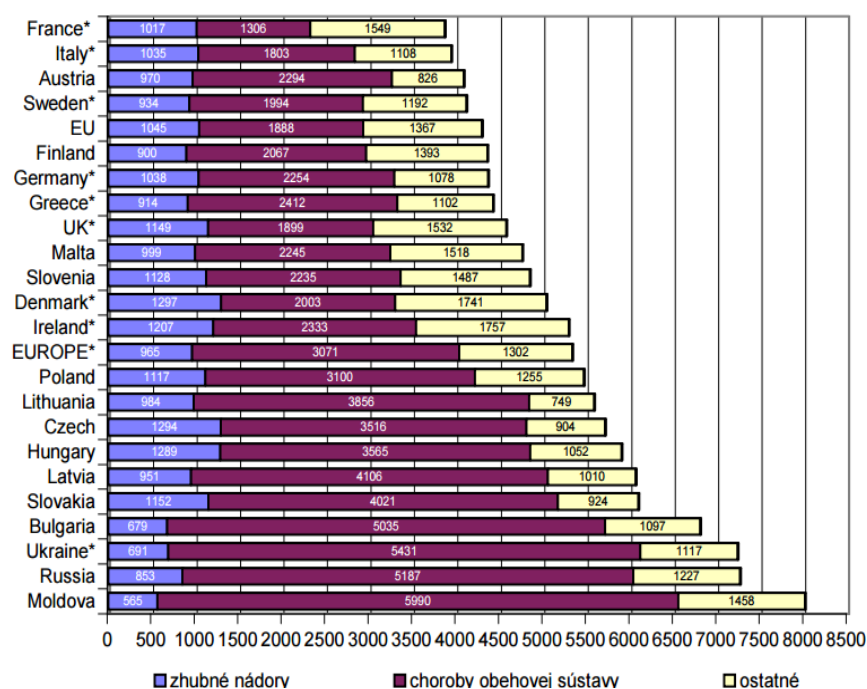


Obr. 3: Porovnanie stredných dĺžok života pri narodení pre krajiny OECD pre rok 2012 - v celej populácii, (upravené podľa NCZI, 2015b)

Najvyššiu nádej na dožitie majú obyvatelia narodení vo Švajčiarsku (82,7 rokov), Španielsku (82,5 rokov) a v Taliansku (82,3 rokov) (Obr. 3). S najkratšou strednou dĺžkou života sa stretneme v krajinách ako Estónsko (76,4 rokov), Maďarsko (75,2 rokov) a Turecko (74,6 rokov) (Obr. 2) (NCZI, 2015b).



Obr. 4: Porovnanie štandardizovanej úmrtnosti na nádory, ochorenia obehovej sústavy a ostatné príčiny smrti v krajinách Európy pre rok 2001 - v celej populácii, (upravené podľa WHO databázy; NCZI, 2015a)



Obr. 5: Porovnanie štandardizovanej úmrtnosti na nádory, ochorenia obehovej sústavy a ostatné príčiny smrti v krajinách Európy pre rok 2001 - vo vekovej kategórii 65+ ročných (upravené podľa WHO databázy; NCZI, 2015a)

Demografický vývoj poukazuje na starnutie populácie takmer vo všetkých európskych krajinách. Na Slovensku sa stretávame so stredným indexom starnutia (na 100 osôb vo veku 0-14 rokov pripadá 88,3 osoby staršej ako 65 rokov). Najstaršie populácie sú zaznamenané pre Nemecko (163,4), Taliansko (149,1) a Grécko (139,3). Najpočetnejšia skupina ľudí vo veku 0-14 rokov a zároveň najmenej ľudí starších ako 65 rokov nájdeme v Turecku (30,7) a Írsku (56,4) (NCZI, 2015b).

Tak ako na Slovensku, aj v ostatných európskych krajinách sú najpočetnejšou príčinou úmrtí kardiovaskulárne a nádorové ochorenia. Od roku 2001 do 2012 patrí Slovensko medzi krajiny s početnejšími úmrtiami na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia. Vyššia štandardizovaná úmrtnosť na zhubné nádory bola evidovaná pre Českú republiku, Maďarsko a Dánsko (Obr. 4). Vyššia miera úmrtnosti na cievne ochorenia v porovnaní so Slovenskom bola zaznamenaná v Litve, Bulharsku, Lotyšsku, na Ukrajine, v Moldavsku a Rusku. Poradie krajín s početnejšími úmrtiami sa výrazne nezmenilo ani pri rozdelení obyvateľov na vekové kategórie. Obyvatelia starší ako 65+ rokov častejšie umierali na oba typy ochorení najmä v Litve, Bulharsku, Lotyšsku, na Ukrajine, v Moldavsku a v Rusku (Obr. 5). Tieto krajiny patrili do kategórie rizikových s najvyššou úmrtnosťou na oba typy ochorení. Slovensko patrí aj podľa novších prieskumov z rokov 2010-2012 medzi krajiny s najvyššou štandardizovanou úmrtnosťou na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia (Tab. 7). S relatívne rovnako vysokou úmrtnosťou sa javí Maďarsko.

Tab. 7: Porovnanie miery štandardizovanej úmrtnosti na kardiovaskulárne ochorenia a na nádory v roku 2010 na Slovensku s inými krajinami Európy (upravené podľa NCZI, 2015b)

krajina	rok	štandardizovaná miera úmrtnosti MKCH-10 - muži			štandardizovaná miera úmrtnosti MKCH-10 - ženy		
		všetky príčiny	zhubné nádory	obehová sústava	všetky príčiny	zhubné nádory	obehová sústava
Slovenská republika	2010	1554,0	360,3	812,3	938,0	175,6	580,2
Belgicko	2010	1032,6	291,6	299,8	669,6	166,0	208,9
Česká republika	2012	1257,4	313,8	604,2	806,6	184,7	431,1
Maďarsko	2012	1549,3	407,4	736,9	954,7	220,6	513,2
Dánsko	2012	990,3	293,3	257,7	717,9	214,9	173,9
Holandsko	2012	930,9	297,4	255,6	668,5	193,3	180,6
Poľsko	2012	1367,7	335,9	609,3	775,9	181,0	394,9
Rakúsko	2012	954,9	259,4	372,1	640,3	164,0	283,2
Švajčiarsko	2010	838,1	240,3	282,6	563,1	142,6	194,3
Taliansko	2010	885,3	281,6	306,1	566,0	156,0	218,9
Turecko	2011	1048,2	230,4	411,9	695,5	99,2	325,8
Francúzsko	2011	886,7	284,1	211,6	521,7	146,9	133,0

V Dánsku, Holandsku, Českej republike a Poľsku zomierajú ženy na nádorové ochorenia častejšie v porovnaní so slovenskými ženami. Naopak, v týchto krajinách je štandardizovaná úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia u žien aj dvojnásobne nižšia oproti Slovensku (okrem Českej republiky a Maďarska, kde je nižšia o cca 18%). Štandardizovaná úmrtnosť na nádory a cievne ochorenia na Slovensku je podľa najnovšieho prieskumu v roku 2013 vyššia ako v Rakúsku, vo Fínsku a v Českej republike (z ostatných európskych krajín neboli poskytnuté údaje). Vyššia miera úmrtnosti na tieto ochorenia v porovnaní so Slovenskom bola zaznamenaná pre Maďarsko a na Ukrajine, a to pre vekovú kategóriu do veku 64 rokov (pre ľudí starších ako 65 rokov je úmrtnosť nižšia) (ÚVZSR, 2015).

Stručný prehľad demografického vývoja krajín EÚ

Najčastejšou príčinou úmrtí pre obyvateľov členských štátov EÚ (28 štátov, rok 2012) je úmrtie na kardiovaskulárne ochorenie. Na tento typ ochorenia zomrelo 1,9 milióna ľudí, a je to približne 37,9% zo všetkých úmrtí, pričom ženy zomreli na toto ochorenie častejšie ako muži. Hodnota štandardizovanej úmrtnosti na kardiovaskulárne ochorenia bola 394 úmrtí na 100 000 obyvateľov (na Slovensku v rovnakom období bolo uvedených 712,1 úmrtí na 100 000 obyvateľov). Najpočetnejšou príčinou úmrtí na kardiovaskulárne ochorenia bolo ischemické ochorenie srdca, ktoré predstavuje približne 41% zo všetkých úmrtí. Druhá najpočetnejšia príčina úmrtia bola mozgová mŕtvica s podielom na úmrtí 26,7% (Eurostat yearbook, 2013).

Druhou najčastejšou príčinou úmrtí v krajinách EÚ je na rakovinové ochorenia. Na nádory umrelo viac ako 1,25 milióna ľudí, čo predstavuje približne 26% zo všetkých úmrtí. Vyšší podiel úmrtí na onkologické ochorenia mali muži a predstavovali 29,2%, pričom u žien tento podiel bol nižší – 22,5%. Štandardizovaná úmrtnosť pre všetky krajiny EÚ dosahovala 267 úmrtí na 100 000 obyvateľov (pre porovnanie, na Slovensku v tom období bolo uvedených 319,6 úmrtí na 100 000 obyvateľov). Najpočetnejšou príčinou úmrtí na rakovinové ochorenia bola rakovina pľúc s 21% zo všetkých úmrtí. Druhá najpočetnejšia skupina úmrtí patrila úmrtiam na rakovinu hrubého čreva a konečníka s 11,2%, a na treťom mieste s 7,2% sa umiestnila rakovina prsníka, kde prevládali najmä úmrtia u žien (Eurostat yearbook, 2013).

3 VÝSKYT A SPRÁVANIE MAKROPRVKOV V PÔDACH

3.1 Výskyt vybraných makroprvkov v mineráloch, horninách a pôdach

Pôda ako prírodný útvar, sa skladá z viacerých pôdných zložiek, pričom približne 50% objemu zaberá pôdny vzduch s pôdnym roztokom v póroch a zvyšok patrí minerálnemu a organickému podielu. Organická fáza tvorí 1-5% (obj.) pevnej fázy v pôde a najväčšiu časť (95-99% obj.) minerálny podiel pôdy. Obsahy chemických prvkov v rôznych pôdach sa vyskytujú v rôznych koncentráciách. Ich množstvá závisia od materskej horniny a ich obsahy môžu kolísať v rôznych intervaloch (Tab. 8) (Barančíková et al., 2009).

Obsahy karbonátov, vápnika, horčíka, draslíka, sodíka a hliníka sú rôzne zastúpené v pôdach. Hliník spoločne s O, Si a Fe patria do skupiny chemických prvkov, ktoré majú až 90%-né zastúpenie v pôde. Menšie percentuálne zastúpenie (9%) majú obsahy vápnika, horčíka, draslíka a sodíka (ďalej Ti, C, S,...) (Lindsay, 1979).

Tab. 8: Obsahy vybraných chemických prvkov v pôde (celosvetovo akceptované) (Barančíková et al., 2009).

chemický prvok	obsah (jednotka hm. %)
vápnik (Ca)	0,01 – 3,90
horčík (Mg)	0,01 – 1,60
draslík (K)	0,2 – 3,00
sodík (Na)	stopové obsahy – 1,5

Podstatnú časť chemického zloženia pôdotvorných substrátov (99% v litosfére) tvoria oxidy týchto prvkov (Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O) a ich zastúpenie v mineráloch je veľmi rôznorodé (Tab. 9).

Tab. 9: Oxidy vápnika, horčíka, draslíka a sodíka a ich zastúpenie v mineráloch (Zaujec et al., 2009).

oxid vybraného prvku	minerál
CaO	kalcit, apatit, sádrovec, dolomit, Ca/Mg/Fe – pyroxény, anortit, labradorit, Ca/Mg/Fe – amfiboly, montmorillonit, nontronit
MgO	dolomit, Ca/Mg/Fe – pyroxény, Ca/Mg/Fe – amfiboly, magnezit, serpentín, Mg-chlorit, biotit, montmorillonit, illit, vermikulit, nontronit
K₂O	biotit, ortoklas, sanidín, muskovit, glaukonit, illit, vermikulit, albit
Na₂O	albit, Ca/Mg/Fe – pyroxény, labradorit, Ca/Mg/Fe – amfiboly, biotit, ortoklas, muskovit, illit

Medzi hlavné minerálne komponenty pôd sa zaraďujú kremeň, živec, olivín, pyroxén, amfibol a slúda. *Olivín* ($(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$) je v pôdach zriedkavý lebo pomerne ľahko zvetráva. *Pyroxény* patria k silikátom s reťazcovitým typom kryštálovej štruktúry. Pyroxény majú veľmi variabilné chemické zloženie, avšak vo všeobecnosti platí: XYSi_2O_6 , kde Y je kation s menším iónovým polomerom (Mg^{2+} , Fe^{2+} , Li^+) a X je kation s väčším iónovým polomerom (Ca^{2+} , Na^+). *Amfiboly* sa podobne ako pyroxény vyznačujú reťazcovitou štruktúrou $(\text{Si}_4\text{O}_{11}^{6-})_n$. Ich všeobecný vzorec je $\text{X}_2\text{Y}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ (napr. $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}$), kde X zahrňuje kationy s veľkým iónovým polomerom a častokrát s prímiesou stopových prvkov. *Slúdy* majú vrstevnatú štruktúru. *Kremeň* je silikát tvorený z SiO_2 . Zvyčajne môže obsahovať aj prímies viazaného K^+ v kryštálovej mriežke. *Živce* sú ortosilikáty a skladajú sa z priestorovo koordinovaných tetraédrov SiO_4 . Pri nahradení Si^{4+} Al^{3+} dochádza k vytvoreniu aniónovej formy $\text{Si}_3\text{AlO}_8^-$, kde sa naväzuje kation K^+ v ortoklasoch (KSi_3AlO_8), Na^+ v albite ($\text{NaSi}_3\text{AlO}_8$) a Ca^{2+} v anortite ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$).

V pôde sa nachádzajú aj ďalšie skupiny minerálov, ako sú *ílové minerály* rôznych typov (kaolinit, montmorillonit, smektit, chlorit,...), v ktorých môže dochádzať k izomorfnnej substitúcii Mg^{2+} za Al^{3+} alebo Al^{3+} za Si^{4+} . Majú vrstevnatú štruktúru. *Oxidy* a *hydroxidy* Fe a Al sú sprievodné minerály. Do tejto skupiny minerálov patrí gipsit, goetit, hematit.

V prírodnom prostredí sa prirodzene nachádza asi približne 150 rôznych *karbonátov*. Najhojnejšie zastúpenie má kalcit (CaCO_3) a dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) a spoločne tvoria asi 90%-né zastúpenie prírodných karbonátov (Reeder, 1983). V pôde dochádza k ich rozpúšťaniu a precipitácii, dostávajú sa do pôdnych pórov, ktoré môžu v procese cementácie spevňovať. Majú dôležitú úlohu pri absorpcii a precipitácii aniónov a kationov kovov a iných chemických prvkov na ich povrchoch, čím riadia proces mobilizácie, pohyb prvkov v pôde a ich príjem do rastlín (Doner a Lynn, 1989).

Karbonátové horniny poskytujú významný zdroj vápnika a horčíka v pôde. Sú to predovšetkým vápence a dolomity. Najčastejšie rozšírené karbonátové minerály sú kalcit, aragonit a dolomit. Dolomit so svojou komplikovanejšou kryštálovou štruktúrou (vrstvy Ca a Mg) má nižšiu rozpustnosť ako kalcit, čo spôsobuje vyššiu usporiadanosť Ca a Mg. Zriedkavo je prítomný aj Mg-kalcit. Na rozdiel od kalcitu má kolísavý obsah Mg. Karbonátové minerály sa vyznačujú relatívne dobrou rozpustnosťou. Jedným z hlavných faktorov, vplývajúcich na rozpúšťanie karbonátov, je parciálny tlak CO_2 . Pokiaľ je prístup

CO₂ neustále doplňovaný zo zdroja (napr. pôdny pokryv, kde vzniká CO₂ ako produkt oxidácie organického materiálu), prítomnosť uvoľnených katiónov Ca²⁺ v pôdnom roztoku bude vyššia ako pri limitovanom obsahu CO₂ pri samostatnom procese rozpúšťania. Miera uvoľňovania katiónov Ca²⁺ v procese rozpúšťania karbonátov súvisí aj s teplotou, pričom pri nižšej teplote je rozpúšťanie vyššie z dôvodu vyššej rozpustnosti CO₂ vo vodnom roztoku. K rozpúšťaniu karbonátov napomáhajú aj anorganické kyseliny (kyselina, chlór vodíková, sírová, kyselina uhličitá) a organické kyseliny v pôde (Barančíková et al., 2009).

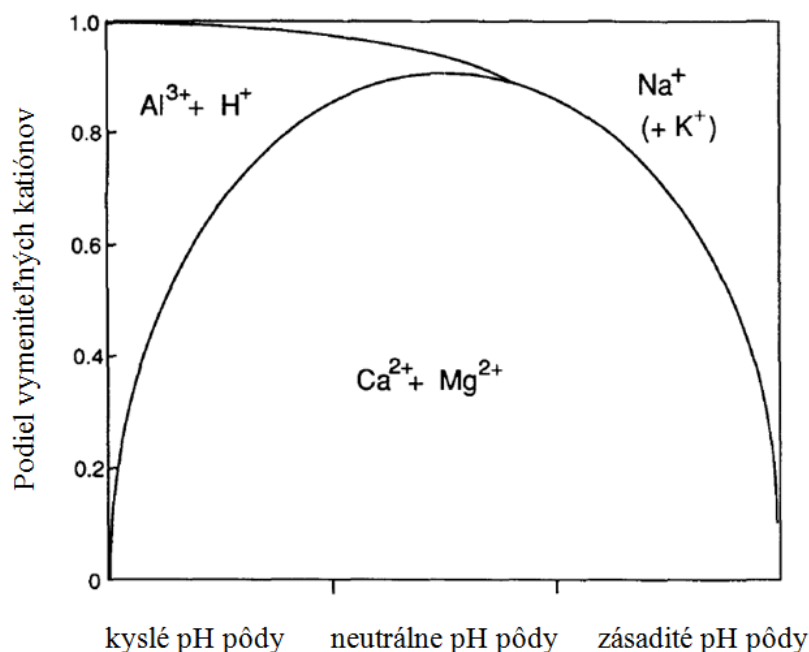
Ďalší významný zdroj vápnika a horčíka v pôde je prostredníctvom rozpúšťania silikátových minerálov. Podľa Goldichovej schémy rozpustnosti silikátových minerálov je určená ako rozpustnosť, tak aj množstvo uvoľnených katiónov Ca a Mg. Prostredie bázičných vulkanických hornín s Ca-plagioklasmi, Mg-amfibolmi a pyroxénmi sa vyznačuje relatívne vyššími koncentraciami vápnika, horčíka a aj SiO₂. Kyslé horniny predstavujúce napr. granity obsahujú skôr zvýšené obsahy draslíka a sodíka ako vápnika a horčíka (biotit, K-živec, muskovit) (McBride, 1994).

Rozpúšťanie silikátov prebieha na rozdiel od karbonátov inkongruente, za vzniku nerozpustného zvyšku (jeho charakter je závislý od acidobázičných podmienok). Pri reakcii ostáva hliník zakonzervovaný vo vode nerozpustnom gibbsite a do prostredia sa uvoľňujú katióny vápnika, ktoré môžu byť nahradené v rôznych živcoch rôznymi katiónmi draslíka a sodíka (ortoklas KAlSi₃O₈, albit NaAlSi₃O₈, anortit CaAl₂Si₂O₈ a plagioklasy - sodno-vápenaté živce) (McBride, 1994).

V sedimentárnych horninách sa nachádzajú sledované ióny v poradí podľa vyskytujúceho sa množstva: Ca > Mg = K > Na. Ich obsahy v pôde môžu kolísať a tieto výkyvy sú spôsobené najmä procesom vylúhovania. Ďalej zvetrané (staršie) a piesočnaté pôdy, tvorené väčšinou kremeňom, obsahujú nižšie množstvá draslíka. Nízky obsah draslíka bol preukázaný aj pre organické pôdy. Naopak mladé, menej zvetrané pôdy s vyšším obsahom ílových frakcií, sú typické vyšším množstvom draslíka. Podobný výskyt draslíka v pôdach je aj pre horčík, s ktorým vysoko koreluje. Horčík sa v malej miere nachádza v piesočnatých pôdach, naopak, jeho vysoký výskyt je v pôdach na spraši a sprašových hlinách (Čurlík a Šefčík, 1999).

3.2 Mobilita a bioprístupnosť makroprvkov v pôdach

Katióny vápnika, horčíka, sodíka a draslíka sú považované za dobre pohyblivé a vymeniteľné katióny v pôde. V závislosti od pôdmienok pôdnej reakcie pH, sa katióny v pôde nachádzajú v rôznych množstvách (Obr. 5). V serpentínických pôdach dochádza k uvoľňovaniu vyššieho množstva katiónov horčíka zo serpentínických hornín. Tieto Mg^{2+} konkurujú Ca^{2+} pri vstupe do rastlinných pletív a môže byť takto spôsobený nedostatok pre rastlinu. Podobný nepriaznivý účinok môže spôsobiť zvýšené množstvo Al^{3+} v kyslejších pôdach, a tak inhibovať rast rastlín a vstup Ca^{2+} (McBride, 1994). Vysoké koncentrácie mobilného Ca^{2+} nájdeme napríklad v pôdach poľnohospodársky využívaných na pestovanie obilovín.



Obr. 5: Celkové obsahy vymeniteľných katiónov pre rôzne pH pôdy (upravené podľa Bolt et al., 1976)

Pohyb katiónov v pôdnom médiu je zabezpečený pôdnym roztokom a mierou vylúhovateľnosti do nižších pôdných horizontov prostredníctvom vodnej erózie alebo vplyvom dažďovej vody. Poradie vyplavovania katiónov v pôde je nasledovný: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+} > NH_4^{+}$, pričom je nutné poznamenať, že amoniakálny kation má približne rovnaký polomer a je lepšie fixovaný na pevné fázy (Bolt et al., 1976).

Biorístupnosť (*bioavailability*) sledovaných prvkov v pôde pre rastliny a mikroorganizmy závisí od formy, v akej sa daný prvok nachádza. Bioprístupný podiel prvkov v pôde je

definovaný ako frakcia chemickej látky, ktorá je dostupná pre absorbovanie živým organizmom. Podobne sa môžeme v literatúre stretnúť aj s obdobným termínom biodostupnosť (*bioaccessibility*), ktorá je definovaná ako frakcia celkového množstva chemickej látky v životnom prostredí, ktorá je alebo môže byť k dispozícii pre príjem živým organizmom (Dickson et al., 1994; Meyer, 2002). Rozdiel medzi biodostupnou a bioprístupnou frakciou je taký, že bioprístupná frakcia je len dostupná frakcia v danom čase pre príjem bunkou, pričom biodostupná frakcia je taká, ktorá je dostupná pre príjem živým organizmom (aj keď s ňou nie je organizmus v kontakte) (Luoma a Rainbow, 2005). Biodostupnosť vo všeobecnosti zahŕňa bioprístupný podiel chemickej látky aj spoločne s potenciálne prístupným podielom v prostredí (Semple et al., 2004).

Približne 90-98% celkového *draslíka* v pôde je neprístupná a viazaná na minerály – sľudy a živce, ktoré sa môžu uvoľniť procesom zvetrávania. Ďalší podiel 1-10% z celkového obsahu pôdneho draslíka je uložený v medzivrstvových priestoroch ílových mineráloch typu 2:1. Priamo prístupné formy draslíka pre rastliny a mikroorganizmy sú obsiahnuté len v pôdnom roztoku a viazané na povrchu koloidných častíc (približne 1-2% celkového obsahu K v pôde) (Mutscher, 1995). Pre konkrétnejšie formy draslíka Bujdoš (1975 in Torma, 1999) rozdelil frakcie K v pôde:

- *vodorozpustná frakcia K*: najľahšie prístupná, tvorí 0,05%;
- *výmenná frakcia K*: prístupná za určitých podmienok, 1,3-1,5%;
- *mobilná frakcia K*: menej prístupná a ovplyvnená minerálnym hnojením, približne 6,5%;
- *extenzívne výmenná frakcia* na ílových mineráloch a primárne draselných mineráloch: menej prístupná ako predchádzajúca frakcia, 12%.

Tieto štyri relatívne bioprístupné frakcie približne obsahujú 20% celkového K v pôde. Zvyšných 80% celkového pôdneho K je takmer v neprístupnej forme pre rastliny a mikroorganizmy v minerálnych fázach a bez predchádzajúceho zvetrávania. Približne 16% celkových zásob draslíka v pôde sú naviazané na ílové minerály (najsľabšie viazaný v illite). Ďalších 15% celkového pôdneho K sa nachádzajú v sľudách, kde je ľahko zvetrateľný najmä biotit, flogopit a glaukonit. Frakcia K obsiahnutá v živcoch (ortoklas, sanidín, mikroklin) je pevne viazaná vo vnútri kryštálovej mriežky, kde je draslík imobilný a z celkového obsahu pôdneho K zaberá asi 45% (Torma, 1999).

Podobne ako draslík, aj *vápnik* sa nachádza v pôde v prevažnej miere pevne fixovaný v primárnych a sekundárnych mineráloch ako kremičitany (približne 94%), nerozpustných vo vode. Pre rastliny a mikroorganizmy je prístupná iónová forma Ca^{2+} v pôdnom roztoku (*vodorozpustná frakcia*) alebo ako výmenný ión pôdneho sorpčného komplexu (*výmenná frakcia*) a je najmobilnejším prvkom spomedzi hodnotených prvkov (Bolt et al., 1976).

Horčík má nižšiu schopnosť pohybu v pôde ako vápnik a jeho mobilita závisí od formy, v akej sa nachádza. Prevažná časť celkového pôdneho horčíka sa nachádza pre rastliny v neprístupnej minerálnej forme v silikátoch, alumosilikátoch, pyroxénoch, biotite a v sekundárnej minerálnej forme v montmorillonite (Bolt et al., 1976).

Pre rastliny je lepšie prístupný horčík viazaný na dolomit, tzv. *dolomitický horčík*, ktorý ľahšie zvetráva. *Výmenná forma* horčíka je biologicky prístupná a tvorí približne 5-10% z celkového obsahu Mg v pôde. Na rozdiel od vápnika, voľná forma horčíka je závislá od viacerých pôdných parametrov: od typu pôdy, pôdnej reakcie pH, štruktúry pôdy, obsahu organických látok a iných. Prijímanie horčíka rastlinou prebieha kontaktnou výmenou alebo čiastočne cez rovnovážny stav medzi výmenným a vodorozpustným Mg. *Vodorozpustná frakcia* horčíka sa uvoľňuje z anorganického podielu pôdy alebo zvyškov rastlín a živých organizmov. Nájdeme ju vo forme síranov, chloridov alebo aj v uhličitanoch a patrí medzi hlavné bioprístupné formy horčíka pre rastliny. Fixáciou na ílové minerály a na organickú hmotu sa zabraňuje vysokému vyplavovaniu vodorozpustného horčíka z pôdy. Ďalej môžeme nájsť aj *organicky viazaný horčík*, ktorý ostáva viazaný pôdnymi mikroorganizmami na zvyškoch rastlín, na organických hnojivách alebo v organických látkach. Táto forma Mg je prístupná až po odumretí a následnej mineralizácii organickej hmoty a patrí jej približne 1-2% celkového pôdneho horčíka (McBride, 1994).

Najvyšší podiel *sodíka* v pôde zastupuje pre rastliny neprístupná *minerálna forma*. Viaže sa hlavne v sodných živcoch, albite, plagioklase a je súčasťou hlinítokremičitanov, z ktorých sa môže zvetrávaním lúhovať v podobe výmennej formy Na^+ . V menšej miere sa nachádza aj v uhličitanoch a soliach. *Výmenná forma* sodíka je príčinou alkality pôdy a môže sa spätne vyzrážavať a fixovať v sekundárnych mineráloch zasolených pôdach. Rastliny a živé organizmy sodík potrebujú v nižšej miere ako K, Ca a Mg, a do rastlín sa dostáva prostredníctvom voľného iónu Na^+ z pôdneho roztoku (McBride, 1994).

3.3 Vplyv pôdných vlastností na správanie makroprvkov v pôdnom prostredí

Za hlavné parametre pôdných vlastností sú považované *pH* a *oxidačno-redukčný potenciál*. Podľa pôdnej reakcie pH vieme predurčiť správanie sa makroprvkov a mikroprvkov, nakoľko kontroluje iónovú výmenu, rozpúšťanie a precipitáciu, oxidačno-redukčné reakcie, adsorpciu a komplexotvorné reakcie. Pôdna reakcia je úzko spätá s obsahom karbonátov - bázických iónov Ca^{2+} , Mg^{2+} a alkalických iónov Na^+ , K^+ v pôdotvornom substráte. Pokiaľ sa nachádzajú v nadbytočnom množstve, pôdna reakcia bude v alkalických hodnotách, avšak pri vysokých zrážkach môže dochádzať i k ich vylúhovaní do nižších pôdných profilov alebo k úplnému odnosu, čo spôsobí nárast vodíkových iónov a smer reakcie pH pôdy do kyslejších hodnôt (Chesworth, 2008).

Pôdy s hodnotami pH nad 7 sú spájané s nižšou rozpustnosťou a migráciou kovových kationov. Ak klesne pH pod 5,5-5, začínajú sa mobilizovať kationy Mn^{2+} a Al^{3+} , ktoré môžu pôsobiť toxicky na rastliny. V prípade extrémnych hodnôt pod pH 3 sa v pôde nachádzajú prevažne sulfidy, naopak pri pH nad 8,5 začína byť kation sodíka Na^+ vysoko mobilný. Karbonátové a alkalické pôdy môžu obsahovať silné bázy Na^+ a K^+ a slabé kyseliny HCO_3^- . V kyslých pôdach prevládajú prevažne ióny H^+ nad OH^- a v alkalických pôdach prevládajú ióny OH^- nad H^+ . Pre kultúrne rastliny sa považuje za optimálnu pôdnu reakciu pH hodnota blízka 6,5 (Čurlík, 2011).

Katiónová výmena nastáva najmä na ílových mineráloch, ak je prítomné dostatočné množstvo H^+ v pôdnom roztoku. Dochádza k výmene H^+ na vymeniteľných miestach v štruktúre ílového minerálu a k uvoľneniu najmä Ca^{2+} (ďalej Mg^{2+} , K^+ , Na^+). V prípade uvoľňovania Al^{3+} táto reakcia prebieha pomalšie, avšak pri nižšom pH, ktoré vzniká čiastočnou hydrolyzou kationu hliníka. Ďalej môžu prebiehať iónovýmenné reakcie pri dostatočnom množstve Al^{3+} za Ca^{2+} na ílových mineráloch (Kabata-Pendias a Pendias, 2001).

Pôdna reakcia pH ovplyvňuje vlastnosti organickej hmoty. Pri pH 4,5 dochádza k naväzovaniu Al^{3+} na funkčné fenolické skupiny. V prípade kationov Ca^{2+} väzba na organické ligandy nie je tak silná (elektrostatické väzby) a závisí najmä od stupňa disociácie humusu. Zmeny pH v pôdnom roztoku sú ovplyvňované pufrovací kapacitou pôdy, a to najčastejšie vápencom. Pokiaľ je pH pôdy veľmi kyslé, Ca^{2+} je veľmi mobilný, naopak pri vyššom pH je imobilizovaný na vymeniteľné miesta ílových minerálov alebo

solí. Kyslosť poľnohospodárskych pôd je zvyčajne upravovaná vápnením, aby sa predchádzalo mobilizácii Al^{3+} , ktorý pôsobí na rastliny toxicky. Pufrovacia schopnosť karbonátov je vhodná pre kyslosť pôdy okolo 7. Pri kyslejšom pôdnom prostredí (okolo 5) dochádza stále k výmene kyslých kationov (H^+ , Al^{3+}) za bázické kationy na vymeniteľných miestach ílových minerálov alebo na organických zlúčeninách. Pre pH pod 5,5 dochádza k postupnému rozkladu alumosilikátov. Tieto silikáty (napr. živec) sa stávajú pufrovacím médiom pre časť uvoľnených kationov Al^{3+} za vzniku slabej kyseliny $\text{Si}(\text{OH})_4^0$ a $\text{Al}(\text{OH})_3$. Primárne a sekundárne alumosilikáty sú veľmi citlivé na zmeny pH, čo môže viesť k rýchlemu uvoľneniu fytotoxického Al^{3+} už pri malom znížení acidity. Je nutné dodať, že nielen pôdna reakcia v kyslých hodnotách môže negatívne pôsobiť na prísun makroprvkov do rastlín, ale aj vysoký podiel karbonátov. Vysoký obsah karbonátov v pôde môže prostredníctvom antagonistických vzťahov s draslíkom a horčíkom zabraňovať vstupu do rastliny. Spozorovaná bola aj nižšia prístupnosť fosforu do koreňovej sústavy rastliny, čo má za následok chlorózu rastlín (McBride, 1994).

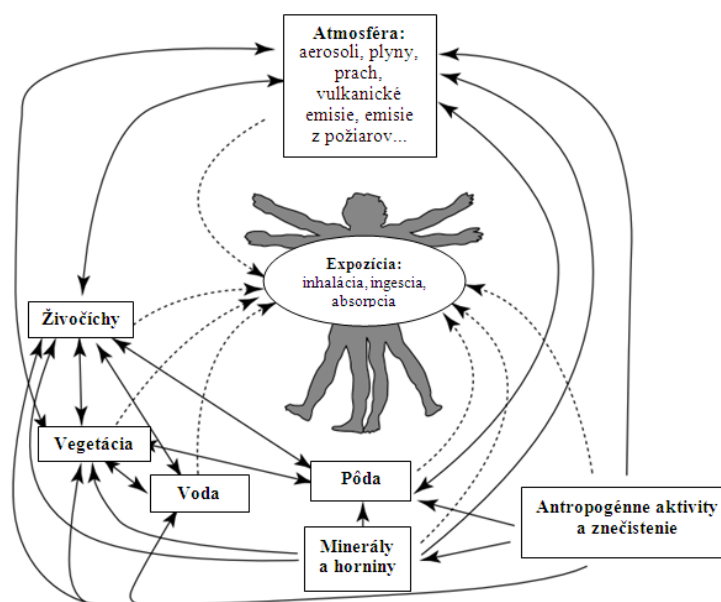
Oxidačno-redukčný potenciál udáva aeróbne a anaeróbne procesy v pôde a závisí od vlhkosti pôdy, pH, obsahu kyslíka v pôdnom roztoku i vzduchu, obsahu organických látok, od prítomnosti Mn a Fe a nakoniec aj od činnosti pôdných mikroorganizmov. Tieto oxidačno-redukčné procesy prebiehajú na základe výmeny elektrónov najmä medzi iónmi Mn (Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+}) a Fe (Fe^{2+} , Fe^{3+}), v závislosti od prístupu kyslíka a pH ďalej precipitujú do rôznych pevných fáz, alebo naopak pri redukčných podmienkach sa uvoľňujú do pôdneho roztoku (Kabata-Pendias, 2011).

4 MAKROPRVKY A ICH PRESTUP DO ĽUDSKÉHO ORGANIZMU

Ľudské telo je veľmi vnímavý organizmus, ktorý sa vyvíja a starne v prostredí, ktoré na neho pôsobí s rôznymi pozitívnymi a negatívnymi vplyvmi. Na rozdiel od živočíšnych organizmov, na ktoré vplývajú všetky vplyvy z prostredia, človek si môže regulovať príjem látok do tela prostredníctvom selekcie stravy a pitnej vody.

4.1 Vstupné cesty príjmu látok do ľudského organizmu: inhalácia, ingescia a absorpcia kožou

Základnými cestami priameho vstupu látok do tela sa považuje inhalácia (vdychovanie nosnou dutinou, ale čiastočne aj ústnou dutinou), ingescia (príjem – užívanie látok ústnou dutinou, najmä strava, príjem tekutín), absorpciou prostredníctvom pokožky a kože (obr. 6) a do úvahy sa berie aj injekčnou cestou (avšak to je regulovateľný proces vstupu) (Otten et al., 2006).

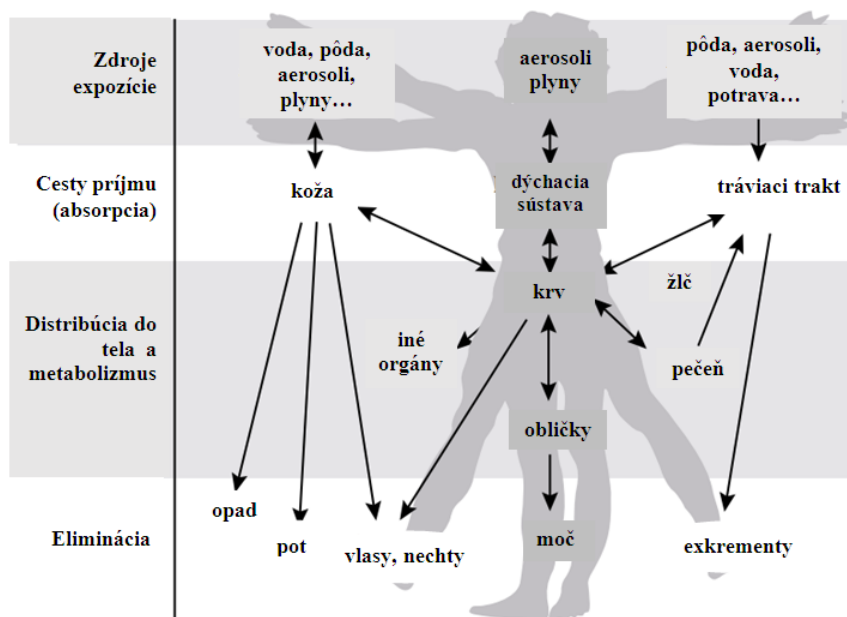


Obr. 6: Interakcie medzi geosférami, antropogénnymi aktivitami a človekom (upravené podľa Plumlee et al., 2006)

V prípade príjmu pôdy do tela človeka je hlavným vstupom ingescia (hlavne u malých detí „pica“ správanie, správanie „špinavých“ rúk, alebo prostredníctvom nedostatočne umytej zeleniny a ovocia, atď.), vdychovaním prachových častíc (najmä jemný prach v mestskom prostredí) a v zanedbateľnom množstve vstup cez pokožku (tento vstup je skôr významný pre látky plyného a kvapalného skupenstva) (Young, 2001; Tong et al., 2000).

Pokiaľ ide o zámerný príjem pôdy a ílových častíc človekom, ide o *geofágiu*, pri ktorej sa pôda požíva za účelom zvýšenia nutričnej hodnoty stravy alebo detoxikácie organizmu (Abrahams, 2005).

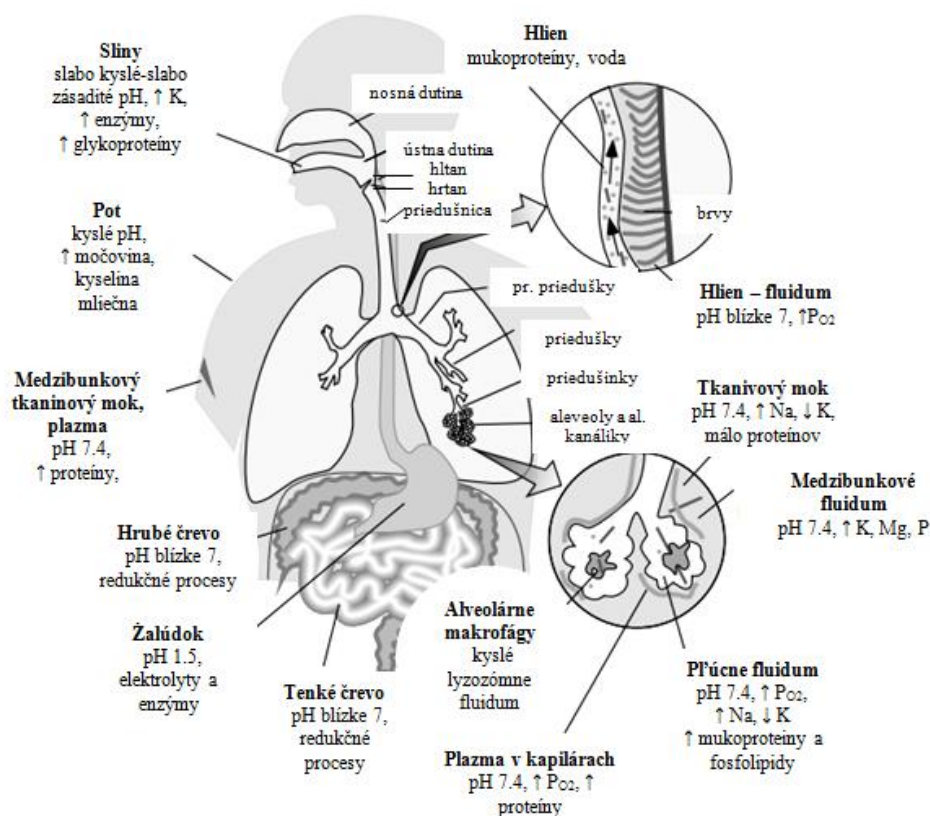
Ingesciou sa látky dostávajú priamo do ľudského organizmu cez tráviacu sústavu, ktorá zahŕňa množstvo orgánov so špecifickým i navzájom veľmi odlišnými funkciami, prebiehajúcimi procesmi a chemickým prostredím (obr. 7). Tieto špecifické orgány tráviaceho traktu sú: ústna dutina, hltan, pažerák, žalúdok, tenké črevo, hrubé črevo a sú úzko späté s imunitným systémom prostredníctvom slín (enzýmy a protilátky), žalúdočných kyselín a baktérií v črevách. V rôznych orgánoch prebiehajú rozličné procesy rozkladania, rozpúšťania, uvoľňovania makroelementov a mikroelementov v závislosti od chemického prostredia daného orgánu, ktoré začína už vstupom látky do úst (prežúvaním dochádza k zmene veľkosti a k prvému rozkladu potravy). Žalúdočné šťavy napomáhajú k ďalšiemu rozkladu potravy, uvoľneniu látok v kyslom prostredí a k následnej absorpcii látok rozpustných v tukoch cez žalúdočnú stenu do krvi (Sipes a Badger, 2001).



Obr. 7: Expozičné cesty, distribúcia a výdaj látok vstupujúcich do ľudského organizmu (upravené podľa Plumlee et al., 2006)

V črevách sa mení pH prostredia a môže tu dochádzať okrem ďalšej absorpcii prijímaných látok aj k re-precipitácii a adsorpcii uvoľnených látok (nepotrebných) do pevných častí nespracovanej potravy a vylúčenie v podobe exkrementu (Plumlee et al., 2006).

S *inhaláciou* pôdy sa stretávajú zväčša ľudia pracujúci na stavbách a v poľnohospodárstve. Najmenšie časti z pôdy sa prostredníctvom vdychovania dostávajú do tela, kde sa ukladajú v pľúcnych lalokoch a odtiaľ sa cirkuláciou krvi dostávajú do ostatných častí tela. V porovnaní s ingesciou je inhalácia menej významnou cestou príjmu pôdy do tela, ale pri dlhodobom pôsobení môže spôsobiť aj chronické ochorenia dýchacej sústavy. Pri posudzovaní vplyvu látok z vdychovania je nevyhnutné poznať vlastnosti inhalovanej látky – jej skupenstvo (pri pevnom skupenstve tvar, veľkosť distribúcie, hustotu a povrchový náboj), koncentráciu v inhalovanom vzduchu, chemické zloženie a formu, v akej sa nachádza, rozpustnosť a reaktivitu s kvapalnými súčasťami dýchacej sústavy. Prirodzene sú dýchacie cesty zvlhčované, čo môže umožňovať na jednej strane rozpúšťanie vdychovanej látky, na druhej strane prostredníctvom kýchania, vykašliavania, vylučovania hlienov a procesmi imunitného systému dochádza k eliminácii vdychovaných látok do prostredia (Obr. 8).



Obr. 8: Špecifické vlastnosti vybraných orgánov tráviacej a dýchacej sústavy pre vstup látok do organizmu (upravené podľa Plumlee et al., 2006)

Absorpcia cez pokožku je významná cesta príjmu hlavne pre prchajúce a organické látky. Pokožka zabezpečuje prvý obranný mechanizmus imunity proti látkam z vonkajšieho

prostredia. Priamo cez pokožku prechádzajú najmä lipofilné látky (napr. metylortuť) alebo môže dôjsť aj k prestupu látok z používaných prípravkov dennej starostlivosti (Tinkle et al., 2003), čoho dôsledkom vznikajú najmä alergické reakcie, pokožkové mokvanie, podráždenie a chemické popálenie.

Pri poraneniach pokožky sa riziko vstupu látky do organizmu zvyšuje. Pri opakovanej expozícii poškodenej časti kože môže dôjsť k chronickým dermálnym poškodeniam a vstupu patogénov. Tieto negatívne dopady boli sledované u afrických farmárov, ktorým sa cez obrúsenú a popraskanú pokožku dostávala jemnozrnná (ílovitá) frakcia pôdy s Fe (Ziegler, 1993).

V posledných desaťročiach sa v krajinách Európskej Únie rozšíril záujem vedcov riešiť dopad pôdy na ľudské zdravie. Štúdium vplyvu pôdy na zdravie človeka je však veľmi komplikovaný proces. Pôda ako zdroj kontaminantov a makroelementov priamo pôsobí na človeka dlhodobo a v nízkych dávkach, čo môže predstavovať chronickú expozíciu.

Taktiež objasnenie procesu vzťahov príjmu pôdy a kontaminantov na zdravie človeka počas jeho života je zložitý proces a nemožno tento vzťah vyčleniť samostatne bez ostatných negatívnych vplyvov prostredia. Pravdou je, že vplyv jednotlivých látok na organizmus je známy z viacerých štúdií, avšak pri komplexnom sledovaní látok tak, ako sa prirodzene nachádzajú v pôde, chýba mnoho informácií a poznatkov.

Vo viacerých štúdiách sa objavuje aj pojem *nepriamy vstup* pôdy do tela, a to prostredníctvom zabudovávania chemických látok z pôdy do tiel rastlín. Tieto rastliny sú následne konzumované priamo človekom alebo prostredníctvom poľnohospodárskych zvierat a následne ich produkty sú priamo konzumované človekom. Ďalšou možnosťou nepriameho vstupu látok z pôd do tela človeka je cez pitnú vodu, ktorá zväčša pochádza z podzemnej vody, a tá je v priamom kontakte aj s pôdou a ovplyvňuje jej vlastnosti. Najsledovanejší vstup pôdy do tela človeka je ingesciou a geofágiou (Selinus et al., 2005).

4.2 Geofágia a príjem pôdy do organizmu

Geofágia je definovaná ako zámerný príjem pôdy do ľudského organizmu. Je známy u mnoho živočíšnych druhov (nie je zámerný príjem ako u ľudí). Dôvodov príjmu pôdy do organizmu je veľa. Napríklad niektoré živočíšne druhy si požívaním pôdy zabezpečujú

dostatočný príjem minerálnych látok a mláďatá si vytvárajú vhodné mikrobiálne prostredie v tráviacom trakte. V minulosti bol zámerný príjem pôdy človekom zatracovaný, avšak po výsledkoch poukazujúcich na riešenie niektorých závažných zdravotných problémov, príjem pôdy do tela človekom sa zaradil medzi normálne ľudské správanie. Odhaduje sa, že práve ľudská geofágia sa zminimalizovala prechodom ľudí z vidieka do miest, rozvojom krajín a rozvojom medicíny, aj keď v súčasnosti sa trend zdravého stravovania a životného štýlu opäť vracia k starým zvykom (Selinus et al., 2005).

Geofágia u zvierat

Viacere štúdie poukazujú na geofágiu u hospodárskych zvierat. Vedci na Novom Zélande sledovali príjem pôdy do tiel oviec a kráv, kde zistili, že ovce ročne prehltnú asi 75 kg pôdy a kravy od 150-650 kg v závislosti od toho, ako veľa času trávia na voľnom priestranstve (Healy, 1968). Taktiež sa zistilo, že príjem pôdy do tela je ovplyvnený ročným obdobím, počasím a množstvom potravy. Najvyšší príjem pôdy do tela je zaznamenaný počas zimných mesiacov, menej na jar a jeseň kvôli zníženej rastlinnej produkcii. Sledoval sa i príjem pôdy do dvojčiek kráv. Pri výskume sa zistilo, že dvojčky kráv prijímajú pôdu v rovnakom množstve. Dôvod príjmu pôdy do tela hospodárskych zvierat je prílepenie pôdy na rastliny a korene. Dobytok prijme približne 10% z celkovej hmotnosti suchej rastlinnej potravy, pre ovce je toto percento vyššie – približne 30% z celkovej hmotnosti suchej rastlinnej potravy. Rovnako tak bola sledovaná príľnavosť pôdy na vegetáciu pri pastve vo Švédsku, kde výsledok poukázal na 24,7-35% z celkovej hmotnosti suchej rastlinnej potravy (Herlin a Andersson, 1996).

Zámerné požíranie pôdy u kojených prasiatok zabezpečuje dostatočný príjem železa do tela a u týchto prasiatok nebola zaznamenaná krvná anémia. Podobne ovce získavajú z pôdy med', pokiaľ je prítomný deficit vo vegetácii (Russel et al., 1985).

Výskum z Austrálie, ktorý sledoval ovce trpiace strumou z nedostatku jódu, poukázal na vysoký význam pôdnej ingescie a dokonca postihnuté ovce prijímali pôdu vo vyšších množstvách ako zdravé jedince (Healy et al., 1972).

Kobalt spoločne s vitamínom B je v nízkych množstvách obsiahnutý v rastlinnej potrave a aj tento esenciálny prvok je získavaný prostredníctvom pôdnej geofágie. V pôde sa jeho koncentrácie pohybujú o 100-1000-krát vyšších množstvách, ako v rastlinnej potrave

poľnohospodárskych zvierat. Je nevyhnutné zdôrazniť, že makroelementy a ostatné potrebné látky sa z pôdy do tiel živočíchov dostávajú len v množstvách, v ktorých sú prístupné pre rastlinu ako potravu a pre samostatný organizmus. Pôda má tlmiaci účinok na bachor prežúvavcov, pri ktorom dochádza k ustáleniu pH a regulovaniu procesu fermentácie potravy prostredníctvom prítomných ílových minerálov (Thornton, 1974).

Geofágia je známa aj u voľne žijúcich cicavcov, vo vyššej miere pôdu prijímajú gravidné, kojace samice a mláďatá. Viacerí autori sledovali slony v Tanzánii, ktoré pojedali prevažne zásaditú pôdu s vysokým obsahom vápnika. Podobne je to aj u druhov prasiat bradavičnatých, divých byvolov a žiráf (Henshaw a Ayeni, 1971). Veľa druhov primátov požiera termitiská a mraveniská. Práve pôda z týchto mravenísk obsahuje vysoké obsahy železa, draslíka, vápnika, horčíka, fosforu a ílových minerálov, ktoré sú nevyhnutné pre organizmus hlavne v období nedostatku potravy (Healy, 1968; Heymann a Hartmann, 1991).

Ďalšími triedami živočíchov požierajúcich pôdu sú plazy a vtáky. Plazy prijímajú z pôdy vápnik a niektoré druhy papagájov geofágiou prijímajú do tráviaceho traktu ílové minerály, ktoré im zabezpečujú ochranu pred hnačkou a absorbujú rastlinné toxíny (Gilardi et al., 1999). Pôdne huby produkujú množstvo antibiotických látok, ktoré pôsobia antibakteriálne v tráviacom trakte a prirodzene zabraňujú ochoreniam a rozširovaniu parazitov v tele.

Geofágia môže viesť aj k negatívnym dopadom na organizmus. V prvom rade pôdna zložka obsahuje rôzne textúry a veľkosti minerálnych zŕn, ktoré obrusujú a môžu poškodzovať chrup a ďasná v ústnej dutine, ktoré sú tak vo vyššej miere náchylné k mikrobiálnemu napádaniu a tvorbe zápalov. Ďalej k tvorbe obličkových kameňov, prijímaniu parazitov, ich vývojových štádií a následne k prejavu ochorení, ktoré pochádzajú z moču a výkalov (Selinus et al., 2005).

Pôda – médium obsahuje aj vysoký obsah pesticídov, herbicídov a hnojív, potenciálne toxických prvkov a ťažkých kovov, ktoré sa v kyslom prostredí tráviacich štiav dostávajú do krvného obehu a môžu sa akumulovať a biokoncentrovať (Beresford a Howard, 1991). Banská činnosť, odpadové hospodárstvo a priemysel vedie k znečisťovaniu pôdy a k zvýšeným koncentráciám neželaných chemických prvkov, ktoré následne po požití

môžu spôsobovať nárast až o 97% prijatého arzénu a 59% prijatej medi do tiel pasúcich sa teliat (Abrahams a Steigmajer, 2003).

Ďalším negatívnym dopadom ingescie pôdy je uvoľňovanie železa a molybdénu v žalúdku oviec. Tieto uvoľnené prvky sa v procese metabolizmu spájajú s meďou a zapríčiňujú jej nedostatok v organizme, čo spôsobuje ochorenie známe ako obrna jahniat – enzootická ataxia (Suttle et al., 1984).

Geofágia u ľudí

Geofágia u ľudí je známa už z historických prameňov, v ktorých sú zmienky o ozdravovacích vlastnostiach pôdy pri tráviacich problémoch, pri zistenej toxicite na nejaký jed alebo ako rituálny prejav, ktorý viedol ľudí k pojedaniu pôdy zo svojej vlasti v domnienke, že po smrti pôjde ich duch a duša späť do rodnej krajiny a jedenie špeciálnej pôdy malo duchovi pripomenúť, kam pôvodne patril (Hunter, 1973). Pre deti a dorast je známa ingescia pôdy prostredníctvom „hand-to-mouth activity“ – čiže ingescia pôdy zo špinavých rúk priamo do úst (Abrahams, 2002).

Množstvo pôdy, aké prijme človek za deň, sa líši, avšak priemerný príjem pôdy u dospelého človeka je 10 gramov pre ľudí z afrických kmeňov (Calabrese a Stanek, 1994).



Obr. 9: Tablety pôdy s obsahom Fe pre tehotné ženy (Abrahams, 2002)

Viaceré štúdie poukazujú na zámerné pojedanie pôdy hlavne u detí od 5-18 rokov, ako chlapcov tak aj dievčat a u tehotných žien v krajinách ako Namíbia, Indonézia, Saudská

Arábia a krajiny Blízkeho Východu (Mahaney et al., 2000). Priemerný denný príjem pôdy u detí predstavoval asi 28 gramov pôdy a u tehotných žien 41,5 gramov. Špeciálne u žien z Namíbie pôda bola získavaná z termitísk (Thomson, 1997). Ide o tradičnú geofágiu pôdy u kmeňov pôvodných obyvateľov v Afrike a Ázii. Rovnako tak v Bengálsku ľudoví liečitelia odporúčajú jesť tehotným ženám pôdu s vysokým obsahom železa a v krajinách východnej Afriky pôdu s vysokým obsahom ílu (Vermeer a Ferrell, 1984). Priemerná dostatočná dávka pre tehotnú bengálsku ženu sa udáva ako 3-4 tablety (Obr. 9), čo predstavuje asi 64g tejto upravenej pôdy. Je to o niečo vyššie množstvo, ako Vermeer a Ferrell (1984) udávajú ako priemerný denný príjem (30-50g) pôdy pre africkú ženu. Podľa US EPA (2005) je určená priemerná denná dávka pôdy prijatej dospelým človekom definovaná na hodnotu 20 miligramov a pre deti je to vyššie množstvo – 200 miligramov na deň.

Pojedanie pôdy môže súvisieť s náboženskými rituálmi, ktorých historické korene pochádzajú z dávnej minulosti. V Južnej Amerike (Guatemala, Honduras, El Salvador) sú známe tzv. sväté íly, ktoré majú predstavovať časť tela a krv Ježiša Krista. Tieto ílovité pôdy sa špeciálne upravujú, miešajú s vodou a sušia na slnku, sú sfarbené do červena a potlačené svätými vyobrazeniami (Hunter, 1973).

Prijímanie pôdy do tela človeka má detoxikačné účinky, potláča prejavy rastlinných toxínov v tráviacom trakte (divé zemiaky s množstvom ílu v Bolívii a Peru), obsahujú vysoké množstvá makroprvkov ako vápnik a horčík (potrebné hlavne pre stavbu kostry a cievny systém človeka), železo a zlepšuje pH v tráviacom systéme (Wiley a Katz, 1998).

Na druhej strane sa objavili aj štúdie, ktoré popisujú anemické stavy u pacientov, ktorí pojedali pôdu s ílom. U nich došlo k adsorpcii a kationovej výmennej kapacite medzi ílmi (montmorillonit, sepiolit) a železom. Podobne aj zníženie draslíka v krvi viedlo k zisteniu hypokalkémie. Deficit železa a zinku spôsobený geofágiou pôdy zistili v Turecku a prejavy nedostatku boli viditeľné u mladistvých a detí zníženou výškou a oneskorenou pubertou spojenou s dospievaním (Cavdar et al., 1980; Wiley a Katz, 1998).

Ďalší výskum je orientovaný na sledovanie koncentrácií potenciálne toxických prvkov v pôdach a ich vplyv na ľudské zdravie. Ide prevažne o pôdy v mestách a prímestských častiach a o pôdu v blízkosti priemyselných parkov a po banskej činnosti. Ingescia takejto

znečistenej pôdy predstavuje vysoké riziko pre deti a dorast hlavne prijímaním olova a jeho následnou toxicitou (Abrahams, 2012). Prejavy otravy olovom sa prejavujú na nervovom systéme a oslabenou imunitou (Canfield et al., 2003).

V neposlednom rade je nutné spomenúť aj prítomnosť lariev parazitických červov v rôznych štádiách (*Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichura*, *Toxocara canis*, *Ancylostoma duodenale*, *Ancylostoma ceylanicum*) a fekálie, ktoré môžu spôsobovať infekčné ochorenia (Abbey a Lombard, 1973; Abrahams, 2002).

4.3 Deficit a nadbytok makroprvkov v pôdnom prostredí

Pôda je nositeľom chemických prvkov v rôznych množstvách, ktoré zdedila po materskom-geologickom podloží a bola obohatená alebo ochudobnená pri prebiehajúcich procesoch (v závislosti od klímy, vegetácie, topografie...). Najviac zastúpené chemické látky v pôde sú makroprvky, často označované aj ako hlavné prvky, ktorých množstvá sú nevyhnutné pre fyziologické procesy v telách organizmov. Medzi tieto prvky sa zaraďuje uhlík, vodík, kyslík, dusík, draslík, sodík, vápnik a horčík. Niektorí autori spájajú makroelementy s makroživinami, ktorých nevyhnutné množstvá potrebujú rastliny na optimálny rast v množstvách od 0,1-1% a sú rozšírené o železo, síru a chlór (Epstein, 1965 in Selinus et al., 2005). Podobne aj Selinus et al. (2005) hovoria o hlavných prvkoch ako o esenciálnych chemických prvkoch, ktoré sú nevyhnutné pre biologické procesy a vyzdvihujú ich potrebu pre dobrý zdravotný stav.

Prirodzený výskyt a distribúcia chemických prvkov v pôde je výsledkom zložitých procesov, ktorých začiatok môžeme pripisovať geologickým procesom vzniku materskej horniny danej pôdy, k premenám a zmenám fyzikálno-chemických vlastností počas tvorby ekosystémov a krajiny, až po súčasný antropický vplyv človeka na pedosféru. Pôda je základným predpokladom terestrálného života na Zemi. Rastliny pôdu potrebujú ako živné médium, v ktorom nachádzajú všetky chemické látky v rôznych koncentráciách, či už v deficite, v nadbytku alebo v potrebných množstvách. Rozdiely v prirodzených množstvách chemických látok v pôde závisia od rôznorodosti geologickej stavby a jej chemického zloženia hornín (Rapant et al., 2013).

Prostredníctvom biologického procesu sa makroelementy, esenciálne prvky a ostatné potrebné látky použijú na stavbu pletív u rastlín, a tak ďalej postupujú do ľudského

organizmu cez stravovanie ako nepriamy vstup týchto látok do tela. Treba však dodať, že do tel rastlín sa viažu nielen látky potrebné, ktorej vstup si rastlina selektívne reguluje, ale aj príjem chemických látok, ktoré sú v prostredí v nadbytku a do rastlín sa dostávajú spoločne s ostatnými látkami.

Problematiku vplyvu pôdy na zdravie *človeka* skúmali viacerí vedci po celom svete. Spočiatku sa zaujímali najmä o vplyv vápnika, horčíka a tvrdosti vody v pitnej vode. Priamy vplyv tvrdosti vody na kardiovaskulárne ochorenia sa preukázal a vyslovila sa hypotéza, ktorá hovorí o vplyve mäkkej vody na tvrdé, nepružné cievy a naopak dostatočne tvrdá voda práve priaznivo pôsobí na elasticitu a pevnosť ciev (McCarron, 1985). Na druhej strane sa objavili štúdie, ktoré túto hypotézu nepotvrdzujú a vplyv vápnika a horčíka na kardiovaskulárne ochorenia nepovažujú za významné faktory.

V spojitosti s vápnikom a horčíkom sa začali sledovať najmä ľudia trpiaci alebo nesúci prvé symptómy na kardiovaskulárne ochorenia. U ľudí so stálym krvným tlakom neviedol zvýšený príjem vápnika a horčíka k významným výsledkom, naopak, významné zníženie hypertenzie a úprave systolického a diastolického krvného tlaku boli zaznamenané u žien v strednom a staršom veku (Bucher et al., 1996). Naopak, nižší krvný tlak je charakteristický pre vegetariánov, ktorí majú zvýšený príjem vápnika, horčíka, draslíka, vlákniny a nižší obsah tukov (Beilin et al., 1987). Selén v nepostačujúcich koncentráciách (menej ako 45 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) môže byť príčinou rastúcej incidencie ischemického ochorenia srdca (WHO, 1987).

Úmrtnosť na kardiovaskulárne a cerebrovaskulárne ochorenia boli sledované v Španielsku a priniesli výsledky poukazujúce na vyšší vplyv horčíka ako vápnika (Ferrandiz et al., 2004). Vysoký krvný tlak je spájaný aj s hladinou draslíka a sodíka v krvi. Viacerí pacienti s hypertenziou mali vysokú koncentráciu sodíka a naopak, nízku hladinu draslíka v krvi. Po liečbe a zvýšení príjmu draslíka (100-120 mmol na deň) do tela sa znížila hladina sodíka na úkor rastúcej hladiny draslíka (Gibbs et al., 1999). Zvýšenie hladiny sodíka v krvi taktiež spôsobuje zvýšenie lipidov, cholesterolu a lipoproteínov v krvi (Fregly, 1981; Morgan, 1982).

Speich et al. (1980) sledovali koncentračné pomery Ca:Mg a Na:K v dvoch typoch srdcových svalov – v postihnutom tkanive ischemickou chorobou srdca a zdravom tkanive.

Koncentračné pomery sodíka a draslíka boli nižšie v postihnutom srdcovom tkanive. Taktiež celkové koncentrácie horčíka boli nižšie, hoci koncentrácia vápnika nebola významne nízka. V tomto prípade sa uvažuje o poklese horčíka z dôvodu úmrtia, kedy sa prirodzene po smrti vyplavuje do krvnej plazmy. Na druhej strane horčík, draslík a sodík sú potrebné pre srdcovú činnosť. Nedostatok horčíka môže viesť k vytesňovaniu draslíka zo srdcových buniek sodíkom v procese aktivácie $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$, a to vedie k arytmií srdcového svalu a tvorbe mŕtvych centier. Výskum na laboratórnych myšiach, ktoré trpeli hypertenziou a srdcovou arytmiou, dokázal dôležitosť draslíka ako prevenčného faktora pred smrťou. Výskum bol sledovaný na laboratórnych myšiach, ktorým bola podávaná výživa s vysokým obsahom draslíka, a tie žili dlhšie (Tobian et al., 1985).

Štúdie z Taiwanu, Japonska a Fínska poukazujú na vysoké incidencie viacerých druhov rakoviny v lokalitách s mäkkou pitnou vodou. Prevažne išlo o rakovinu tráviaceho traktu (pažerák) a rôzne druhy rakoviny u žien (Kohri et al., 1993; Piispanen, 1991; Yang et al., 1998; Yang et al., 1999).

V Severnej Amerike sa sledoval príjem vápnika do tela v závislosti od vzniku rakoviny hrubého čreva, konečníka a vznik adenómu (benígny nádor, z ktorého sa môže po čase vyvinúť rakovina). Z epidemiologických štúdií je známe, že ľudia, ktorí konzumujú denne okolo $700\text{--}800 \text{ mg.kg}^{-1}$ vápnika, mali výskyt rakoviny hrubého čreva nižší o 40-50% (Baron et al., 1999).

Príjem vápnika spoločne s vitamínom D bol preukázaný ako prevenčný faktor na výskyt rakovinového ochorenia prsníka a aj počas liečby boli zaznamenané pozitívne účinky (Cui a Rohan, 2006; MacHamon, 2006; Mehta a Mehta, 2002; Studzinski a Moore, 1995).

Selén ako ďalší chemický prvok prispieva k zníženej incidencii rakoviny. Výskum na laboratórnych myšiach preukázal pozastavenie a inhibíciu rakovinových buniek. Na druhej strane sa nájdu aj štúdie, ktoré zistili, že selén môže v tele vytvárať sulfidy selénu a tie sú kategorizované ako možné karcinogény na človeka (WHO, 1987). Birt (1989) skúmal nízku hladinu selénu a ostatných prvkov v krvi pacientov trpiacich na rakovinu tráviaceho traktu, prostaty, a výsledky poukázali na potrebu selénu na určitej hladine v krvi. Podobné štúdie sú známe z Fínska, Švédska a Nórska, kde sa potvrdil vzťah medzi nízkym príjmom

selénu a úmrtnosťou na rakovinu žalúdka, prostaty a pankreasu (Vinetti et al., 2000; Varo et al., 1998).

Významným faktorom vzniku rakoviny tráviaceho traktu je pôdna reakcia pH. Vo všeobecnosti je známe, že človek trpiaci na rakovinové ochorenie má nižšie pH. Na zvýšenie pH v tráviacom trakte sa používajú karbonáty, či už v pitnej vode, alebo z viacerých zdrojov je známa aj geofágia karbonátových pôd a pôd s vysokým obsahom ílov (Vermeer a Ferrell, 1985). Zaldivar a Robinson (1974) podobne v Čile poukazujú vo svojich štúdiách na významnosť alkalických pôd na zníženie úmrtnosti na rakovinové ochorenie pažeráka. V Anglicku sa už v roku 1954 zaoberali vlastnosťami pôdy na incidenciu rakoviny žalúdka a prsníka, kde práve najrizikovejšie sa stali pôdy s vysokým obsahom organickej hmoty, s nízkym obsahom vápnika a kyslé hodnoty pH (Giffith a Davies, 1954). Prostredníctvom kyslých hodnôt pH v pôde sa do pôdneho roztoku uvoľňujú potenciálne toxické kovy, ktoré môžu byť naviazané na oxihydroxidy Fe, Mn a Al. Zásadité pôdy s vysokým obsahom vápnika, horčíka a draslíka sa preukázali k rakovine prospešnejšie, čo uviedol vo svojom výskume aj Serfortein (2011), ktorý problematiku úmrtnosti na rakovinu riešil nielen prostredníctvom pôdy, ale aj výživy. Vo svojej práci uviedol, že popri výskume miestnej pôdy a pitnej vody je dôležitá aj hodnota pH výživy.

Na ostrove Guam a na ostrovoch Tichého oceánu sa vyskytuje vysoká incidencia Alzheimerovej choroby, čo je dôsledkom vysokého obsahu hliníka v pitnej vode a v pôde (Barabasz et al., 2002), ktorý môže vytesňovať vápnik zo živočíšnych tkanív. Hliník nielen spôsobuje ochorenie nervovej sústavy, ale sú známe aj štúdie, ktoré poukazujú na akumuláciu hliníka do srdcového svalu a jeho zníženie funkciu (Becaria et al., 2002; WHO, 1997).

Ďalej sa zistil aj negatívny dopad hliníka na *živočíšne organizmy* vo vodnom prostredí. Zistilo sa, že najviac citlivé na okysľovanie hliníkom sú bezstavovce (slimáky, ustrice), u ktorých hliník nahrádza vápnikový kation v ich telách. U rýb sa hliník hromadí v žiabrách, kde spôsobuje blokádu výmeny iónov a u žiab narušuje rozmnožovacie procesy (Soni et al., 2001). U ďalších zvierat hliník prijímaný potravou vyvoláva rôzne toxické reakcie. U vtákov najčastejšie ovplyvňuje hrúbku škrupiny vajčiek a metabolizmus

vápnika a fosforu, u cicavcov vyvoláva poruchy v krvotvorbe, gastrointestinálnom systéme a kostiach (Gupta et al., 2005; Winship, 1993).

Za makroživiny, ktoré potrebujú *rastliny* pre svoj rast a správnu funkciu všetkých rastlinných orgánov, sa považujú najmä N, P, K, Ca, Mg a S. Pokiaľ sa v pôde nachádza nedostatok makroživín alebo sú prítomné v neprístupných formách, odzrkadlí sa to nielen na veľkosti a vitalite rastlinného tela, ale aj na plodnosti a produkcii. Vysoko karbonátové pôdy s obsahmi ílov môžu zadržiavať makroživiny a v prípade nedostatočného zavlažovania môže dochádzať k deficitným stavom (Bergmann, 1992).

Nedostatok draslíka v rastline sa prejavuje nekrózami listov, poruchami pri príjme vody, poruchami pri oplodnení kvetov a klesá aj odolnosť proti mrazom. Naopak, nadbytočné množstvá K znižujú koncentrácie Mg a Ca v rastline, dochádza k narušeniu rovnováhy kationov, čo sa prejavuje fyziologickými poruchami. Horčík sa nachádza vo vyšších koncentráciách v mladších rastlinách a v listoch viniča sa jeho koncentrácia zvyšuje od jari do jesene. Do rastliny je prijímaný vo forme iónov a má antagonistické vzťahy s draslíkom. Zvyčajne nadbytok horčíka u rastlín nesúvisí s poruchami, skôr jeho nedostatok spôsobuje hromadný opad plodov u rastlín (najmä u viniča odumieranie a opadávanie strapiny) (Torma, 1999).

Vápnik je dôležitým prvkom pre rastliny a má veľký význam pri regulácii vhodnej štruktúry v pôde. Podporuje príjem fosforu do rastliny pri kyslom pôdnom pH, vytvára trvalý humus a znižuje pôdnu reakciu pH. Je hlavným parametrom pre tvorbu mechanizmov indukovanej rezistencie rastlín. V pôde sa ľahko vyplavuje, preto je nutné občasné vápnenie pôdy. Podobne ako pre koncentrácie horčíka, aj koncentrácia vápnika vo viniči stúpa od jari do jesene. Jeho symptómy nedostatku sú známe ako nekrózy, zakrpatené listy a strata obranyschopnosti rastlín. Nadbytok vápnika v pôde môže spôsobovať chlorózu a zadržiavanie príjmu Fe a Mn do rastliny (Bergmann, 1992).

Sodík je potrebný pre rastliny v nižších koncentráciách, ako Ca, Mg a K. Je nevyhnutný pre udržiavanie osmotického tlaku v rastlinných fluidách. Jeho nadbytok je úzko spojený so zasolenými pôdami, kde sa u rastlín vyskytuje zakrpatenie nadzemných častí a poruchy v príjme vody (Selinus et al., 2005).

5 ROZBOR AKTUÁLNEHO STAVU RIEŠENIA PROBLEMATIKY MAKROPRVKOV V PÔDACH NA ZDRAVOTNÝ STAV ĽUDÍ A PRÍPADOVÉ ŠTÚDIE

5.1 Horčík

Horčík je základným stavebným prvkom v organizme. Predpokladá sa, že je štvrtým najviac zastúpeným katiónom v tele cicavcov a druhým najviac zastúpeným katiónom vo vnútrobunkovom systéme. Telo dospelého človeka obsahuje približne 21-28g horčíka (pre priemerného 70 kg človeka je to približne $14,3 \text{ mmol.kg}^{-1}$) (Reinhardt, 1991).

Horčík sa podieľa na dôležitých enzymatických reakciách, je ich kofaktorom a riadi biochemické reakcie (ATP reakcie výroby energie, syntéza proteínov, tvorba nukleových kyselín a tukov, antioxidantu glutatión, neurónové výmeny vzruchov, funkcia svalovej hmoty, stavba a transportné funkcie v bunkových membránach). Ďalej stimuluje funkciu srdca a pôsobí preventívne voči srdcovej arytmií. Udržiava správnu rovnováhu draslíka a vápnika v bunkovej stene, a tak určuje aj transport iných prvkov do bunky (Altura et al., 1996; Reinhardt, 1991). Horčík je aktivujúcim prvkom pri syntéze cyklického adenosínmonofosfátu (c-AMP), ktorý je nevyhnutný pre rozširovanie ciev. Konkuruje si s vápnikom pri obsadzovaní voľných miest v hladkej svalovine a redukuje jeho sťahujúci efekt v cievach (Reinhardt, 1991), k čomu dochádza najmä ak sa prísun vápnika do tela zvýši nad hranicu 2600mg na deň (Greger et al., 1981). Podobne môže byť rovnováha horčíka v tele narušená aj vysokým príjmom sodíka do tela.

Menej štúdií poukazuje pri deficitnom príjme horčíka do tela na etiológiu koronárneho ochorenia a hypertenziu srdca (Elwood, 1994). Ďalej môže spôsobovať inzulínovú rezistenciu a zníženú sekréciu inzulínu (Paolisso et al, 1990; Sengupta, 2013) a bola zaznamenaná aj zvýšená incidencia rakovinového ochorenia prsníka a pečene (Tukiendorf a Rybak, 2004; Yang et al., 2000). U starších pacientov s výskytom ochorenia *diabetes mellitus* sa podáva horčík na zlepšenie glukózovej tolerancie (Paolissa et. al., 1992).

Deficit horčíka – hypomagnezémia v tele človeka býva zvyčajne ojedinelý stav. Podľa Altura (1994) je nedostatok horčíka - menej ako $0,75 \text{ mmol.l}^{-1}$ v krvi, zaznamenaný u pacientov hospitalizovaných v nemocniciach, ktorým bola podávaná diétna strava. Išlo

o rôzne typy pacientov, ktorí dostávali výživu infúziou, trpeli chronickou hnačkou, ochorením *diabetes melitus*, pravidelne požívali drogy a alkohol (Altura, 1994).

Hlavným zdrojom horčíka do tela je prevažne strava obsahujúca zelenú listovú zeleninu, strukoviny, orechy, celozrnné pečivo a pitná voda. Denný príjem horčíka do ľudského organizmu sa odhaduje na $6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a človek absorbuje zo stravy približne 40% celkového obsahu prijatého horčíka do tela (Hardwick et al., 1990; Durlach, 1989). Navyše sa zistila vyššia absorpcia horčíka do tela z pitnej vody, kde vystupuje spoločne s hydratovanými iónmi ako v potrave, kde je viazaný na rôzne organické zlúčeniny (Durlach, 1989).

Prirodzený nadbytok horčíka - hypermagnezémia v tele nespôsobuje žiadne závažné ochorenia. Organizmus nepotrebné množstvo horčíka prirodzene vylúči močom. Pri extrémne vysokých dávkach sa môžu objaviť aj hnačky, zvracanie, nevoľnosť, depresie, letargia, avšak tieto príznaky sa objavili len pri podávaní sériových koncentrácií pri liečbe rôznych ochorení priamo v nemocniciach (Song a Liu, 2012). V 19. storočí bol oxid horčíka považovaný za liek alebo protijed proti jedom (proti arzenu a kyselinám) a síran horečnatý ako prehánadlo, ktoré sa dodnes predáva pod názvom Epsomská soľ (pomoc pri trávení alebo do kúpeľa).

5.2 Vápnik

Vápnik ako ďalší základný stavebný prvok v organizme je veľmi dôležitý pre chod základných životných funkcií. Rovnako ako horčík sa podieľa na kontrakciách ciev a na ich elasticite, na funkciách svalov, nervového prenosu a vzruchu, intracelulárnej signalizácie a hormonálnej sekrécii. Telo novorodenca obsahuje približne 25-30g vápnika a u dospelých jedincov je približné zastúpenie 900-1300g (Weaver et al., 1996). Asi 99% množstva vápnika obsiahnutého v tele je uložených v kostiach a v zuboch, kde má stavebnú funkciu a zvyšné množstvo vápnika prislúcha metabolických reakciám (Heaney, 1986; Weaver, 2001).

Pokiaľ v tele nastane nedostatok vápnika v krvi, v medzibunkovom moku alebo pri metabolických reakciách, vápnik sa spätne uvoľňuje z kostného tkaniva a zubov. Podobný proces nastáva pri starnutí a u žien po menopauze, kde je vyšší úbytok kostného tkaniva a zvyšuje sa riziko osteoporózy (Heaney et al., 1989; Schaafsma, 1992). Osteoporóza alebo aj oslabenie kostného tkaniva vedie u starších ľudí k zlomeninám (fraktúram) a tie môžu

v mnohých prípadoch viesť až k smrti. Vstrebávanie vápnika z výživy dosahuje 15-75% v závislosti od produktov v strave. Ženy po menopauze dokážu zo stravy prijať len 20-30% z celkového množstva prijatého vápnika, ktoré súvisí s ich zmenou v hormonálnom systéme. Odporúča sa pri tejto skupine žien zvýšiť príjem vápnika do tela (Cumming a Nevitt, 1997; Nordin, 1997).

Deficit vápnika v ľudskom organizme – hypokalcémia, sa spája s ochoreniami kardiovaskulárneho systému, vylučovacej sústavy (vedie k zlyhávaniu obličiek), endokrinného systému, opornej sústavy a môže viesť k zhoršeniu kognitívnych funkcií, vývojových porúch u novorodencov a zvýšenej incidencii rakoviny prsníka a tráviaceho traktu (Breslau, 1994; Jacqmin et al., 1994; Yang et al., 2000).

Ako už McCarron (1985) potvrdil potrebu vápnika a horčíka pre dobrý stav cievneho systému, aj Johnson et al. (1985) pripísal ich dôležité postavenie pre správny chod a fungovanie orgánov ľudského tela. Navyše vápnik dokáže zmierňovať hypertenziu a reguluje systolický a diastolický tlak (Gibbs et al., 1999).

Zdrojom vápnika vo výžive je prevažne mlieko, syry, jogurty a niektoré druhy zelenej listovej zeleniny (napr. špenát obsahuje vápnik, ale jeho dostupnosť je nízka). Denný príjem vápnika sa líši od pohlavia a veku jedinca, napríklad pre ženy je to od 750–968mg.kg⁻¹, u mužov je množstvo vyššie, a to 871-1266mg.kg⁻¹ na deň (Bailey et al., 2010). Niektoré chemické prvky a druhy potravín dokážu vápnik vylúčiť z tela močom, potom, a znižujú jeho vstrebateľnosť. Medzi takéto faktory patrí sodík a príjem bielkovín, kofeín, alkohol a príjem fosforu (Heaney, 1986). Taktiež vegetariáni môžu trpieť nedostatkom príjmu vápnika, čo spôsobuje nadmerný prísun oxalátov a fytátov zo zeleniny. Pri zaradení mliečnych výrobkov a vajec do jedálneho lístka vegetariána je príjem vápnika takmer zhodný s klasickým pestrým stravovaním (Reed et al., 1994).

Deficit vápnika v tele sa nepreukazuje akútnymi prejavmi. Ide o dlhodobý stav, ktorý sa prejaví necitlivosťou prstov, svalovými kŕčmi, letargiou, nechúťou do jedla a abnormálnymi svalovými rytmami. Ďalej môže viesť k osteoporóze, krivici a zakriveniu kostí (Breslau, 1994). Nadbytočné množstvo vápnika – hyperkalcémia môže spôsobovať zápchu, znižovať absorpciu železa a zinku do tela, tvrdnutie mäkkých tkanív, renálnu insuficienciu, tvorbu močových kameňov a hyperparatyreoidizmus. Vznik močových

kameňov sa zvyčajne spája zvýšeným výskytom u žien po menopauze, avšak viacerí autori tvorbu močových kameňov pripisujú aj oxalátom v potrave, zvýšenie príjmu vitamínu C a nízkym príjmom tekutín do organizmu (Borgi, 2002; Burtis et al., 1974).

5.3 Sodík

Chemický prvok sodík je ďalším prvkom nevyhnutným pre správne fungovanie organizmu a v tele dospelého človeka zastupuje približne 5600mmol Na (129g Na). Jeho kation je prítomný vo všetkých extracelulárnych telových tekutinách (zastupuje až 95% z celkového sodíka v tele), v minimálnych obsahoch aj v bunkách, kostiach (rezervoár Na) a v krvi, kde určuje pH a tlak. Hladina sodíka je riadená hormonálnym systémom a pokiaľ je prijímaný vo vysokých dávkach, vo veľkom množstve je vylučovaný močom, kde môže byť aj identifikovaný jeho nadbytok (Cooper et al., 1980). Jeho cyklus v tele je veľmi rýchly a približne až 40-50mmol sodíka sa nachádza vo vymeniteľnej forme. Najviac sodíka z tela odchádza prostredníctvom moču (1-500mmol za deň), potu (20-80mmol za deň) a ďalšími sekrečnými cestami a stolicou (5-10mmol za deň).

Sodík je esenciálnym prvkom pre človeka, avšak za posledné desaťročia sa stretávame skôr s prípadmi ľudí s vysoko prekročeným príjmom sodíka do tela a s ich následnými zdravotnými problémami. Odhaduje sa, že jeho príjem by nemal prekročiť 400mg denne pre malé deti a dorast, a pre dospelého človeka 500mg (Cook et al., 2009a).

Hlavným zdrojom sodíka do tela je výživa, ale, najmä v súčasnosti kuchynská soľ. Okrem kuchynskej soli sa nachádza prevažne v mlieku, v mäse, v rybách a menej v chlebe, v pečive, v sóji a v ovocí. Viacerí autori sledovali aj jeho príjem prostredníctvom pitnej vody. Nedostatok sodíka u človeka je zvyčajne ojedinelý stav a predpokladá sa, že môže vyvolávať depresie, zhoršený psychický stav alebo poškodenie mozgu a opuch mozgu (Cutler et al., 1997). Naopak, jeho nadbytok môže v akútnych prípadoch spôsobovať zvracanie, nevoľnosť, zníženie tvorby moču a poruchy vylučovania, kŕče, svalové napätie, čo môže viesť k problémom s dýchaním a zástavu srdca (Sullivan et al., 1980).

Trvalý príjem sodíka do tela spôsobuje hypertenziu, ochorenia srdca a u malých detí vedie k poruchám pečene. Viaceré štúdie poukazujú na kardiovaskulárne ochorenia a infarkty u pacientov, ktorí mali vysokú hladinu sodíka v krvi (Fregly, 1981; Laragh a Pecker, 1983) a zvyčajne títo pacienti trpeli obezitou alebo nadváhou. Ďalej sa zistilo, že pokiaľ bol

denný príjem sodíka dlhodobo vyšší ako 200 mmol (4,6g) u starších ľudí, títo trpeli na hypertenziu s predpokladom na kardiovaskulárne ochorenie a mozgovú mŕtvicu (Frost et al., 1991; Law et al., 1991). Na základe týchto štúdií bol určený horný limit pre denný maximálny príjem Na na 150 mmol (3,5g) pre dospelého človeka.

Ďalším negatívnym faktorom, pôsobiacim na rovnováhu sodíka v tele je zvýšený príjem draslíka a vápnika (Castenmiller et al., 1985; Liddle et al., 1953), čo spôsobuje nadbytočné vylučovanie sodíka z tela. Podobne dochádza k zvýšenému vylučovaniu vápnika z tela (a prípadne aj z kostného tkaniva), pokiaľ dochádza k dlhodobému zvýšenému príjmu sodíka v potrave.

5.4 Draslík

Draslík je ďalším potrebným esenciálnym prvkom pre ľudský organizmus. Zvyčajne sa jeho výskyt spája so sodíkom a podobné je aj jeho zastúpenie najmä vo vnútrobunkovom a medzibunkovom systéme (približne 98% celkového K v ľudskom tele). V tele dospelého muža je draslík obsiahnutý asi 40-50mmol ($1,6\text{-}2\text{g.k}^{-1}$) ľudskej váhy. Pri referenčnej váhe 75kg človeka je to približne 3000-3750mmol (117-147g) draslíka. Je nevyhnutný pre správnu funkciu srdcového svalu, nezastupiteľný pri riadení krvného tlaku, nachádza sa v enzýmoch, hormónoch a medzibunkovom moku v kationovej forme. Odporúčaný denný príjem draslíka zatiaľ nebol jednotne definovaný. Viaceré krajiny Európskej Únie predpokladajú priemerný denný príjem dospelého človeka od 90-150mmol.deň⁻¹ (WHO, 2012).

Nedostatok draslíka - hypokalémia v tele môže byť príčinou incidencie kardiovaskulárnych ochorení, prevažne ischemického ochorenia srdcového svalu (Speich et al., 1980). Sú známe štúdie, ktoré poukazujú na draslík ako regulátor krvného tlaku (Green et al., 2002; Iso et al., 1999). Pokiaľ sa príjem draslíka zvýši na 90-120mmol denne, zníži sa krvný tlak, čo je významné hlavne pre ochorenia hypertenzie (Kawasaki et al., 1998). Významnosť draslíka je preukázaná aj ako prevencia pred mŕtvicou. Zvýšený krvný tlak je biomarker, ktorý naznačuje ochorenia kardiovaskulárneho systému a môže viesť k úmrtnosti, čo je preukázané vo viacerých štúdiách (Mandal, 1997). Zvýšený príjem draslíka v krvi spôsobuje zvýšenie hladiny tukov, cholesterolu a lipoproteínov v krvi (Cook et al., 2009b).

Nadbytok draslíka - hyperkalémia je vylúčený prostredníctvom potu. Nepriaznivé účinky nadbytku draslíka zo stravy nie sú známe. Zvýšené koncentrácie draslíka v krvi boli predstavené ako priaznivé. Spoločne so sodíkom sú vo viacerých štúdiách prezentované ako základné dva prvky vedúce k prevencii pred kardiovaskulárnymi ochoreniami a na ich úmrtnosť (Siani et al., 1991; Young, 2001).

Draslík môže ovplyvniť koncentrácie sodíka v krvi a udržať ich v prípustnom pomere Na:K, avšak presný pomer doposiaľ nebol presne definovaný. Zvýšenie koncentrácie draslíka v krvi znížilo riziko vzniku hypertenzie o 17%, riziko ischemickej choroby srdca o 6% a riziko mŕtvice o 15% (Cook et al., 1995; Van Mierlo et al., 2010; Whelton et al., 1997). Avšak jeho extrémne zvýšený prísun do tela môže byť spájaný aj s demineralizáciou kostného tkaniva a močovými kameňmi, ale výsledky doposiaľ nie sú jednoznačne potvrdené (Barzel, 1995; Lemann et al., 1999). Z viacerých štúdií sa predpokladá, že ani akútny zvýšený prísun draslíka by nemal negatívne ovplyvniť funkciu zdravého organizmu a v prípade oslabeného organizmu dochádza k slabším tráviacim problémom, zvýšenému pociťovaniu stresu a prostredníctvom hypokalkémie aj k arytmií srdca (Ray et al., 1999; Su et al., 2001).

Draslík je veľmi nestabilný v organizme a pokiaľ sa jeho príjem zvýši, je veľmi rýchlo vylúčený potom. Ďalej sa jeho homeostáza v tele reguluje a nadbytok vylučuje močom, kde v renálnych tubulách obličiek dochádza k výmene kationov draslíka za kationy sodíka. Vylučovanie prostredníctvom stolice je zanedbateľné. Známy je vyšší príjem a absorpcia draslíka u mužov ako u žien. Zdrojom draslíka je zvyčajne výživa a nachádza sa prevažne v ovocí a surovej zelenej listovej zelenine. Menšie množstvá draslíka sú obsiahnuté v strukovinách, orechoch a koreňovej zelenine (WHO, 2012).

5.5 Karbonáty

V prírodnom prostredí sa prirodzene vyskytuje približne 150 rôznych karbonátov. (Reeder, 1983). Sú zdrojom najmä vápnika a horčíka, preto sa ich výskyt v pôdach považuje za významný. Ďalej majú schopnosť imobilizovať viaceré potenciálne toxické prvky (Pb^{2+} , Ba^{2+} , Cd^{2+}), významne zvyšujú aciditu pôdy najmä v kyslejších pôdach a tým predchádzajú možným negatívnym účinkom v pôde a aj na ľudské zdravie. Štúdií, ktoré sledovali obsahy karbonátov v pôdach a chorobnosťou u ľudí je pomerne málo a skôr sa stretneme s nimi v spojitosti so sledovaním vápnika a pôdnej reakcie. Vermeer a Ferrell

(1985) sledovali pojedanie karbonátových pôd za účelom zvýšenia pH v tráviacej sústave. V prípade ľudí, ktorí trpia na nádorové ochorenie je známe, že majú aj nižšie pH, ktoré sa môže upravovať aj príjmom zásaditých doplnkov stravy. U ľudí žijúcich na alkalických pôdach je zaznamenaná nižšia úmrtnosť na rakovinu pažeráka (Zaldivar a Robinson, 1974).

5.6 Hodnotenie obsahov makroprvkov v rôznych zložkách životného prostredia

Požiadavky na príjem chemických látok potrebných pre správne fungovanie ľudského organizmu sú neustále monitorované na národnej a medzinárodnej úrovni. Príjem makroživín do ľudského organizmu závisí najmä na príjme z potravy a pitnej vody. Dôležité je nielen to, aké množstvo sa prijme, ale aj v akej forme a či je forma prístupná a dokáže sa vstrebať. Viaceré krajiny majú legislatívne určené hlavne monitorovanie pitnej vody, ktorá pochádza z miestnych zdrojov podzemnej vody a presne určené ukazovatele vody vhodnej na pitné účely alebo vodu úžitkovú. Ďalej sa sledujú pôdne ukazovatele (prístupné formy K, P, Mg, organická hmota...) vo vzťahu k úrodnosti pôdy a prestupu makroprvkov do rastlín. Potreby obsahov makroživín v pôde sú pre každú poľnohospodársku plodinu rozdielne. Pre príjem makroprvkov do ľudského organizmu je nevyhnutné determinovať ich priemerné obsahy v jednotlivých zložkách potravy, aby sme vedeli určiť denný príjem týchto látok do tela a prípadne podľa potreby upraviť.

5.6.1 Hodnotenie limitných koncentrácií makroprvkov na základe právnych predpisov na Slovensku

Legislatíva na Slovensku vo svojich zákonoch neudáva žiadne konkrétne určené hodnoty pôdných makroprvkov pre jednotlivé pôdne typy (ani limitné obsahy). V zákone č. 220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov sú uvedené len limitné obsahy potenciálne toxických prvkov a iných znečisťujúcich látok, medzi ktorými nie sú makroelementy.

Obsahy draslíka a horčíka sa sledujú v poľnohospodárskych pôdach vo vzťahu k úrodnosti, výnosnosti a výživy rastlín prostredníctvom hnojenia. Vyhláška MP SR č. 338/2005 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o postupe pre odber pôdných vzoriek, spôsobe a rozsahu vykonávania agrochemického skúšania pôd, zisťovania pôdných vlastností lesných

pozemkov a o vedení evidencie hnojenia pôdy a stavu výživy rastlín na poľnohospodárskej pôde a na lesných pozemkoch, obsahuje kritériá pre hodnotenie obsahu prístupného draslíka a horčíka v orných pôdach pre jednotlivé pôdne kategórie (Tab. 10).

Tab. 10: Kritéria pre hodnotenie obsahu prístupného draslíka a horčíka pre orné pôdy podľa vyhlášky MP SR č. 338/2005 Z.z.

obsah pôda/stav	K (mg.kg ⁻¹)			Mg (mg.kg ⁻¹)		
	ľahká	stredná	ťažká	ľahká	stredná	ťažká
nízky	<90	<130	<170	<80	<110	<145
vyhovujúci	91-150	131-200	171-260	81-135	111-175	146-220
dobrý	151-230	201-300	261-370	136-200	176-255	221-340
vysoký	231-350	301-400	371-500	201-300	256-340	341-470
veľmi vysoký	-	-	-	>300	>340	>470

Obsahy vápnika, horčíka, sodíka a draslíka sú sledované v pitnej vode nariadením vlády SR č. 496/2010 Z.z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu (Tab. 11). Týmto nariadením sa implementovala Smernica Európske Únie 98/83/ES a navyše nariadenie bolo doplnené napríklad o ukazovatele Ca a Mg, ktorých prítomnosť WHO považuje za nevyhnutnú.

Tab. 11: Vybrané ukazovatele kvality pitnej vody podľa nariadenia vlády SR č. 496/2010 Z. z.

Ukazovateľ, ktorý môže nepriaznivo ovplyvniť senzorickú kvalitu pitnej vody	Na ⁺	Odporúčaná hodnota	Medzná hodnota
		-	200 mg.l ⁻¹
Látky, ktorých prítomnosť je žiaduca	Mg ²⁺	10 – 30mg.l ⁻¹	125 mg.l ⁻¹
	Ca ²⁺	> 30 mg.l ⁻¹	-
	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	1,1 -5,0 mmol.l ⁻¹	-

Požiadavky na zdravú výživu obyvateľstva Slovenska určil Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky podľa zákona č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov a aktualizoval odporúčané výživové dávky.

Odporúčané výživové dávky (OVD) nutrientov klasifikoval pre jednotlivé fyziologické skupiny populácie s ohľadom na energetické a výživové potreby podľa veku, pohlavia,

fyzického zaťaženia organizmu a fyziologického stavu organizmu tehotných a dojčiacich žien (Tab. 12).

Tab. 12: Odporúčaný denný príjem makroprvkov do ľudského organizmu – Slovenská republika, podľa zákona č. 355/2007 Z. z.

Vek	Ca		Mg	
	OVD ženy	OVD muži	OVD ženy	OVD muži
1-3	600mg	600mg	80mg	80mg
4-6	700mg	700mg	120mg	120mg
7-10	900mg	900mg	200mg	200mg
11-14	1300mg	1200mg	330mg	300mg
15-18	1200mg	1300mg	400mg	350mg
Dospelý (<62 rokov)	1000-1200mg ¹	1000-1300mg ³	300-350mg ⁴	400-420mg ⁶
Dospelý (>62 rokov)	1200mg ²	1200mg ²	300mg ⁵	420mg ⁷

1-OVD pre ženy v závislosti od typu práce (ľahká, stredná, namáhavá sa OVD vápnika zvyšuje námahou v práci), tehotné ženy 1400mg a dojčiacie ženy 1600mg

2 – OVD pre nepracujúce ženy a mužov nad 62 rokov 1200mg

3 - OVD pre mužov v závislosti od typu práce (ľahká, stredná, namáhavá sa OVD vápnika zvyšuje námahou v práci)

4 - OVD pre ženy v závislosti od typu práce (ľahká, stredná, namáhavá sa OVD horčíka zvyšuje námahou v práci), tehotné ženy 350mg a dojčiacie ženy 330mg

5 – OVD pre nepracujúce ženy nad 62 rokov 300mg

6 - OVD pre mužov v závislosti od typu práce (ľahká, stredná, namáhavá sa OVD horčíka zvyšuje námahou v práci)

7 – OVD pre nepracujúcich mužov nad 62 rokov 420mg

Nutričné hodnoty pre sodík a draslík neboli v slovenských normách presne definované a v prípade určenia ich referenčného denného príjmu sú prevzané zo zahraničných noriem (Tab. 15). Vo vzťahu k príjmu sodíka je usmernený denný príjem kuchynskej soli, ktorý pre deti od >15 rokov a dospelé populácie by nemal presiahnuť hodnotu 5g na deň (pre mladšie deti sa odporúča neprekročiť dávku 2g na deň a minimálne by mali prijať 0,5g).

5.6.2 Hodnotenie limitných koncentrácií makroprvkov na základe právnych predpisov vo svete

Príjem makroživín do ľudského organizmu závisí najmä na príjme z potravy a pitnej vody. Požiadavky na kvalitu pitnej vody, ktoré sa vzťahujú na všetky členské štáty Európskej únie (EÚ), sú dané Smernicou Rady 98/83/ES o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu. Štandardy pre kvalitu pitnej vody uvedené v smernici vychádzajú z odporúčaní Svetovej zdravotníckej organizácie. Táto smernica má za cieľ ochrániť ľudské zdravie pred negatívnym účinkom akejkoľvek kontaminácie vody určenej na ľudskú spotrebu, jej zabezpečenie nezávadnosti a čistoty, avšak neudáva limitné hodnoty pre makroprvky v pitnej vode (WHO, 2011). Podáva len medznú hodnotu pre sodík ako chemický parameter, ktorý môže ovplyvniť senzorickú kvalitu pitnej vody (Tab. 13).

Optimálne koncentrácie makroprvkov v pôde pre potreby poľnohospodárskych plodín nie sú presne určené. Prijem pôdných makroživín do rastlín sa hodnotí prostredníctvom analyzovania koncentrácií prvkov v jednotlivých častiach – orgánoch rastlín a sú rozdielne aj pre jednotlivé druhy rastlín.

Tab. 13: Hodnotenie množstva horčíka v pôde (upravené podľa Schulte, 1992a)

stav Mg	veľmi nízky	nízky	stredný	vysoký	veľmi vysoký
koncentrácia Mg	<20	20-65	66-100	101-199	>200

Jednotky koncentrácií Mg sú v lb. aker⁻¹ (1 lb=0,454 kg).

Obsahy horčíka a draslíka sú pozorované najmä kvôli hnojeniu pôdy. Príkladom je analýza prítomného horčíka v pôdach (štát Wisconsin, USA) prostredníctvom Conell-Morgan pôdneho testu v tab. 14. (Schulte, 1992a). Pokiaľ sa v pôde nachádza nízky stav prístupného horčíka a v analýzach jednotlivých častí rastlinných orgánov sa preukáže nepostačujúci obsah Mg (Tab. 14), nastupuje hnojenie týchto pôd. Podobne bol hodnotený aj prístupný draslík, pre ktorý bola stanovená optimálna koncentrácia 60-120ppm v pôde pre väčšinu poľnohospodárskych plodín (Schulte, 1992b).

Tab. 14: Postačujúce koncentrácie pre obsah horčíka v jednotlivých častiach rastlín (upravené podľa Schulte, 1992a)

druh rastliny	rastlinná časť	dostatočná koncentrácia (%)
lucerna	najvyššia 1/3 listu	0,3-1,0
pšenica	listy na šúľku	0,2-0,4
sója	prvé tri listy	0,3-1,5

Viacere krajiny úvádzajú referenčné dávky príjmu jednotlivých prvkov z potravín a pitnej vody, ich hodnoty sú približne rovnaké. Rozdiely sú spôsobené výpočtom a najmä klinickými štúdiami na miestnych obyvateľoch. Slovenská legislatíva priamo neodporúča denné referenčné dávky (RDA) pre sodík a draslík do ľudského organizmu a vo viacerých štúdiách sa odvolávajú na hodnoty stanovené WHO, ktoré sú totožné s legislatívnymi normami USA a Kanady (Tab. 15).

V prípade detí mladších ako jeden rok sa predpokladá, že sú kojené materským mliekom a referenčné denné dávky by mali dodržiavať kojace ženy. Pre nich sa neodporúčajú ani umelé prídavky potravy a prikrmovanie za účelom dostatočného príjmu makronutrientov do tela.

Tab. 15: Odporúčaný denný príjem makroprvkov do ľudského organizmu – USA, Kanada (IOM, 1997)

vek	Ca		Mg		K		Na	
	RDA	Horný limit	RDA	Horný limit	RDA	Horný limit	RDA	Horný limit
1-3	700mg	2500mg	80mg	65mg	3g	-	1000mg	1500mg
4-8	1000mg	2500mg	130mg	110mg	3,8g	-	1200mg	1900mg
9-13	1300mg	3000mg	240mg	350mg	4,5g	-	1500mg	2200mg
14-18	1300mg	3000mg	360-410mg ¹	450mg	4,7g	-	1500mg	2300mg
dospelý (<50 rokov)	1000mg	2500mg					1500mg ⁴	2300mg
dospelý (>50 rokov)	1200mg	2000mg	310-400mg ²	450mg	4,7g ³	-	1500mg ⁴	2300mg

1 – RDA pre mužov (410mg), RDA pre ženy (360mg), RDA pre tehotné ženy (400mg), RDA pre kojace ženy (360mg)

2 – RDA pre mužov vek 19-30 rokov (400mg), RDA pre mužov vek 30+ rokov (420mg), RDA pre ženy vek 19-30 rokov a kojace ženy v rovnakom veku (310mg), RDA pre ženy vek 30+ rokov (320mg), RDA pre tehotné ženy vek 19-30 rokov (350mg), RDA pre tehotné ženy vek 30+ rokov (360mg), RDA pre kojace ženy vek 30+ rokov (320mg)

3 – RDA pre kojace ženy je 5,1g

4 – RDA pre kojace ženy a tehotné ženy je pre celú vekovú škálu 1500mg

Odporúčaný denný príjem makroživín je uvedený v tab. 15 pre obyvateľov *USA* a *Kanady*.

V *Kanade* sa špecifikuje bližšie aj odporúčané množstvo prijatého vápnika aj pre tehotné a kojace ženy, kde ich hodnoty RDA sú: tehotné a kojace ženy vo veku < 18 rokov 1300mg (horný limit je 3000mg) a tehotné a kojace ženy vo veku 19-30 a 30+ rokov 1000mg (horný limit je 2500mg). Ďalej rozdielne hodnoty nájdeme aj pri hornom limite horčíka, kde v *Kanade* sa udáva jednotný tolerovateľný – horný limit 350mg pre všetky vekové kategórie a skupiny žien nad 9 rokov (IOM, 2011).

V *Austrálii* a na *Novom Zélande* je zvýšený denný odporúčaný príjem vápnika pre ženy staršie ako 50 rokov 1300mg na deň Ca a horný limit pre tolerovateľný príjem Ca je uvedený pre všetky vekové kategórie a skupiny ľudí na 2500mg na deň (Tab. 16). Prijateľné maximálne množstvo horčíka pre všetky skupiny ľudí starších ako 14 rokov je 350mg na deň a líši sa od tab.15.

Podobne sa líšia aj odporúčané množstvá prijatého draslíka. Pre deti vo veku 1-3 roky je to 2g na deň, deti vo veku 4-8 rokov je 2,3g na deň, deti a dorast vekovej kategórie 9-13 rokov je 3g na deň pre chlapcov a 2,5g na deň pre dievčatá, dorast vo veku 14-18 rokov je 3,6g na deň pre chlapcov a 2,6g na deň pre dievčatá (AG, 2005). Dospelí muži nad 19 rokov by mali prijať 3,8g na deň draslíka bez ohľadu na ďalšie vekové ohraničenie a podobne je to aj u žien starších 19 rokov, ktorých odporúčaný denný príjem draslíka je

podľa legislatívy v Austrálii a na Novom Zélande 2,8g na deň (zvýšenie len u skupiny kojacích žien na 3,2 g na deň K). Maximálna tolerovateľná hranica príjmu draslíka do tela nie je definovaná. Podobne ako pre draslík, líšia sa aj denné limitné hodnoty príjmu sodíka (Tab.16).

Odporúčaný denný príjem sodíka do ľudského tela je nižší ako v tab. 16 a bol určený na základe klinických štúdií, v ktorých sa ukázalo, že denný príjem 1600 mg sodíka do tela vo viacerých prípadoch spôsobuje hypertenziu a všetky nižšie prijímané množstvá sa preukázali ako prevenčné opatrenia pred srdcovo-cievnyimi ochoreniami (s vylúčením faktoru obezity a nadváhy) (WHO, 2003). Maximálna tolerovateľná hranica príjmu draslíka do tela nie je definovaná. Podobne ako pre draslík, líšia sa aj denné limitné hodnoty príjmu sodíka (Tab.16).

Tab. 16: Odporúčaný denný príjem sodíka do ľudského organizmu – Austrália a Nový Zéland (AG, 2005)

vek	Na	
	RDA	Horný limit
1-3	200-400mg	1000mg
4-8	300-600mg	1400mg
9-13	400-800mg	2000mg
14-18	460-920mg	2300mg
dospelý (<50 rokov)	460-920mg	2300mg
dospelý (>50 rokov)		

Odporúčaný denný príjem vybraných makroprvkov uvedený v legislatíve UK je pomerne odlišný najmä zníženými referenčnými hodnotami pre vápnik a draslík (Tab. 17). Množstvo denného príjmu sodíka a horčíka je pomerne vyrovnaný so zvyšnými sledovanými hodnotami pre obyvateľov krajín USA, Kanada, Austrália a Nový Zéland.

Tab. 17: Odporúčaný denný príjem makroprvkov do ľudského organizmu – UK (DH, 1991)

Vek	Ca	Mg	K	Na
	RDA	RDA	RDA	RDA
1-3	350mg	85mg	800mg	500mg
4-8	500mg	120mg	1100mg	800mg
9-13	1000mg	200mg	3100mg	1600mg
14-18	800-1000mg ¹	300mg	3500mg	1600mg
dospelý (<50 rokov)	700mg	270-300mg ²	3500mg	1600mg
dospelý (>50 rokov)	700mg			1600mg

1 – RDA pre adolescentov vo veku 14-18 rokov pre ženy je 800mg na deň

2 – RDA pre ženy od 19 a viac rokov je 270mg na deň, pre mužov od 14 a viac rokov je to 300mg na deň

6 CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE

Hlavný cieľ predkladanej dizertačnej práce bol analyzovať vplyv pôdných makroprvkov na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky s ohľadom na úmrtnosť na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia. Výskyt týchto druhov ochorení sa neustále zvyšuje nielen na Slovensku, ale aj v ostatných európskych krajinách. Považujú sa za civilizačné ochorenia 21. storočia a predstavujú dve najpočetnejšie skupiny príčin úmrtí obyvateľov v krajinách EÚ. Čiastkové postupy a podciele pomohli k dosiahnutiu hlavného cieľa, ktoré sme zosumarizovali do nasledovných bodov:

- Základné štatistické a mapové spracovanie súborov environmentálnych a zdravotných indikátorov pre jednotlivé územno-správne celky (obce, okresy, celé Slovensko). Súbor zdravotných indikátorov predstavuje epidemiologické dáta o úmrtnosti obyvateľstva na vybrané druhy ochorení. Dáta environmentálnych indikátorov zahŕňajú jednotlivé celkové obsahy hodnotených makroprvkov: Ca, Mg, Na, K a obsah karbonátov.
- Štatisticky určiť základné parametre pôd pre jednotlivé geologické celky (celkové obsahy vápnika, horčíka, draslíka, sodíka a obsah karbonátov).
- Identifikovať štatistickými metódami vzájomné vzťahy medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi prostredníctvom Pearsonových a Spearmanových korelačných koeficientov.
- Použitím vyššej štatistickej metódy neurónových sietí určiť poradie vplyvu environmentálnych indikátorov na skupiny zdravotných indikátorov (pre najvplyvnejších 15 environmentálnych indikátorov) komplexne pre celé územie Slovenska a pre pôdy v jednotlivých geologických celkoch.
- Determinovať pomocou neurónových sietí vplyvné prvky a prípadne ďalšie pôdne parametre, ich optimálne a limitné obsahy v pôde vo vzťahu k dobrému zdravotnému stavu obyvateľov žijúcich na týchto pôdach - komplexne pre celé územie Slovenska a v jednotlivých geologických celkoch.
- Zlúčiť a vyhodnotiť získané výsledky, objasniť a definovať vplyv pôdných makroprvkov v pôdach vyvinutých na jednotlivých geologických celkoch na úmrtnosť obyvateľov žijúcich na týchto pôdach s ohľadom na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia.

7 MATERIÁL

7.1 Environmentálne indikátory

7.1.1 Stručná charakteristika environmentálnych indikátorov

Environmentálne indikátory predstavujú obsahy chemických prvkov a parametrov v geologickom prostredí – špeciálne obsahy prvkov v pôde, ktoré určujú geochemické pozadie Slovenska. Pôdy predstavujú spoločne s pitnou vodou (pochádzajúcou najmä z podzemnej vody) jednu z najdôležitejších zložiek prostredia, ktoré vytvárajú vzťah medzi geologickým prostredím a ľudským organizmom – jeho zdravotným stavom (Rapant et al., 2010).

7.1.2 Výber environmentálnych indikátorov

Súbor environmentálnych indikátorov pre pôdy zahŕňa: Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, F, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, V, W, Zn, hodnoty pH merané v H₂O a roztoku KCl, obsahy karbonátov a hodnoty I_{ER} – pôda. V predkladanej práci sa súbor environmentálnych indikátorov špecializuje na sledovanie makroprvkov – Ca, Mg, Na, K a obsah karbonátov. Súbor environmentálnych indikátorov pozostáva z 10 738 chemických analýz pôdných vzoriek, z ktorých boli následne vypočítané priemerné obsahy jednotlivých prvkov pre dané územno-správne rozčlenenie Slovenska, to znamená osobitne pre každú obec, okres a celé SR. Podkladom pre vstupnú databázu zloženia pôd boli národné geochemické databázy geochemického mapovania Slovenskej republiky (v mierke 1:50 000) (Čurlík a Šefčík, 1999) a výstupy z čiastkového regionálneho mapovania.

7.1.3 Výpočet environmentálnych indikátorov

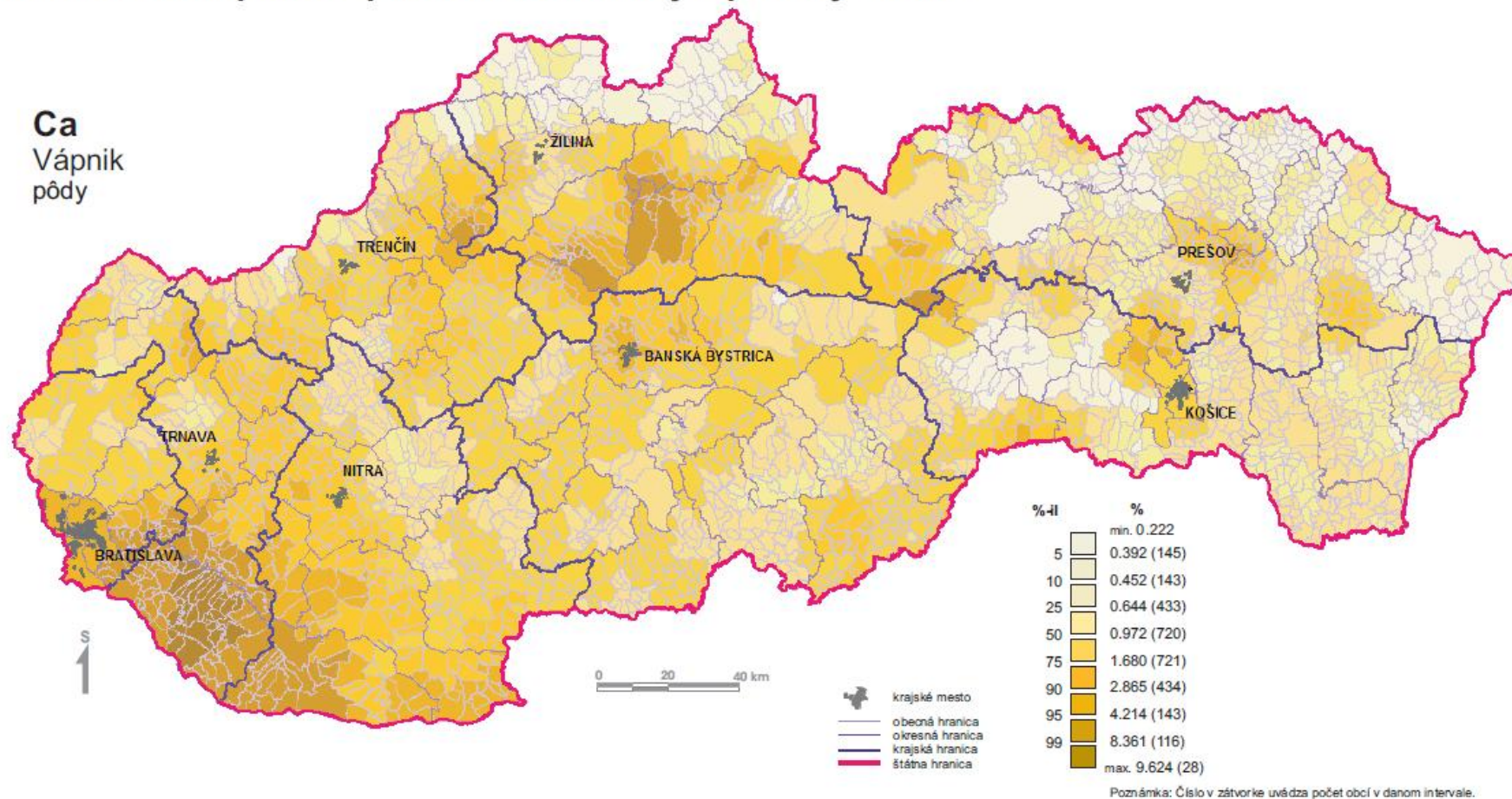
Environmentálne indikátory predstavujú konkrétne celkové obsahy jednotlivých prvkov a hodnoty pôdných parametrov, na rozdiel od zdravotných indikátorov, ktoré predstavujú epidemiologický súbor dát. Pre porovnávanie a spoločné spracovanie oboch súborov indikátorov bolo nutné dáta environmentálnych indikátorov transformovať. Pre každý jeden administratívny celok na Slovensku sa vypočítalo jedno číslo, ktoré reprezentuje daný okres alebo obec. Z takto transformovaného súboru geochemických dát o chemickom zložení pôd sa následne vytvoril súbor environmentálnych indikátorov pre obec, okres,

VÚC a celé Slovensko z obsahov všetkých pôd, ktoré spadajú do príslušného územného celku.

Základnými štatistickými metódami sa najskôr určil aritmetický priemer ako priemerná hodnota, medián a kĺzavý priemer, ktorý sa používa na zobrazenie dát v geochemických mapách. Metóda kĺzavého priemeru nerešpektuje administratívne hranice medzi jednotlivými vybranými územnými celkami. Taktiež sa použila metóda gridového priemeru, ktorej princíp opäť nezdôrazňuje hranice územných celkov, ale vyjadruje distribúciu obsahov prvkov podľa odberov vzoriek plošne.

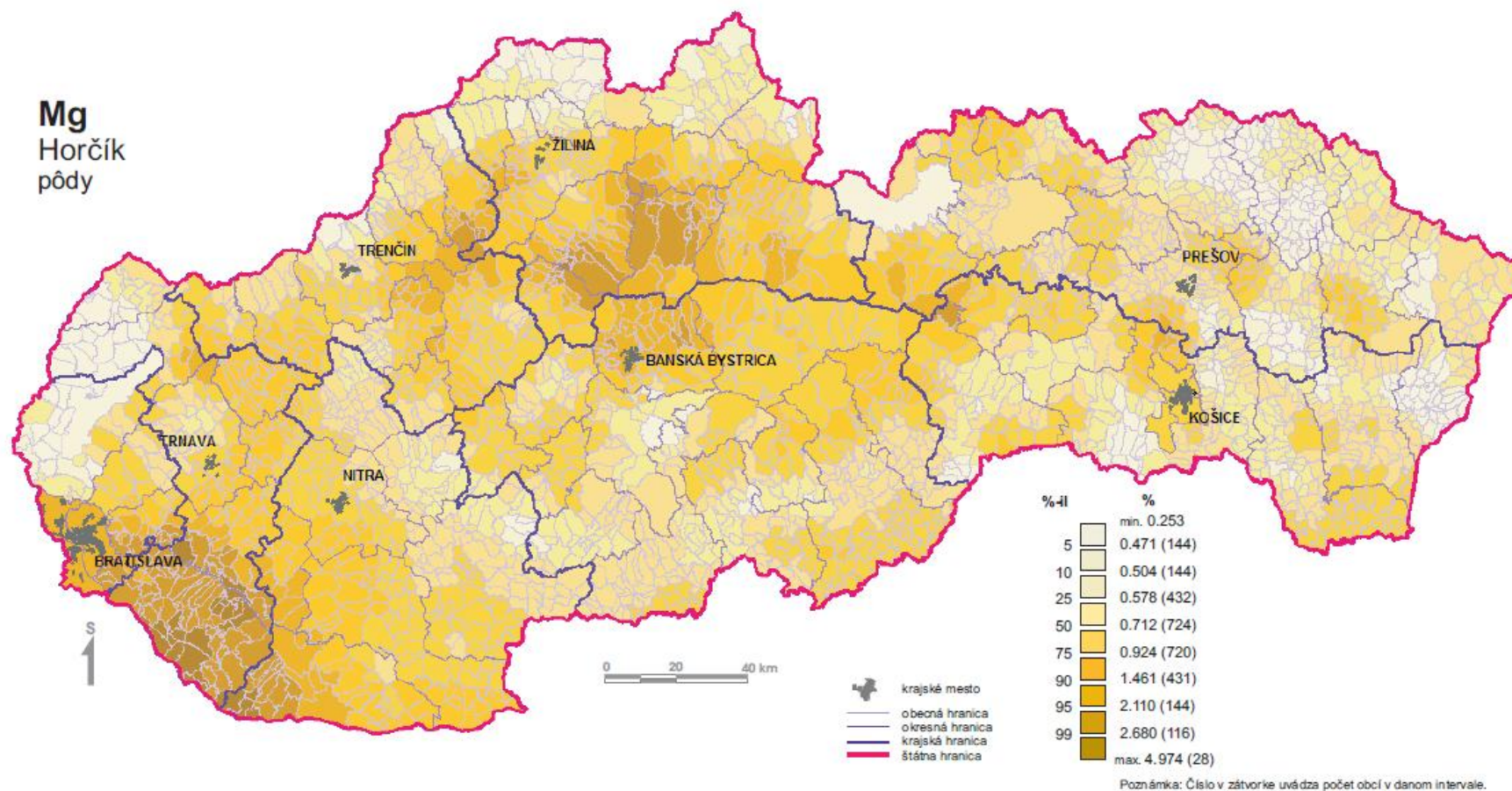
Pomocou mapového softvéru sa určili gridové priemery a to tak, že sa zo všetkých vstupných dát zostavila celoslovenská mapa plošnej distribúcie obsahov prvkov formou pixlových máp. V tejto mape základnou bunkou bol štvorec (pixel) so stranou 1 km a plochou 1 km². Pre každý štvorec bola určená priemerná hodnota koncentrácie prvku na báze inverzných vzdialeností od stredu štvorca k desiatim najbližším vzorkám. V ďalšom kroku sa určili interpolované obsahy prepočítané metódou kĺzavého mediánu k hodnotám deviatich najbližších pixelov. Hodnoty gridových priemerov jednotlivých územných celkov sa vypočítali ako hodnoty aritmetického priemeru z ich hodnôt obsahov spadajúcich do daných územnosprávnych celkov a z pixelov, ktoré do hraníc územných celkov spadali len čiastočne. Pre každý územnosprávny celok sa teda určil aritmetický priemer, medián a gridový priemer. Pri interpolácii výsledkov a ďalšom matematicko-štatistickom spracovávaní spoločne so súborom zdravotných indikátorov sa použili hodnoty gridových priemerov. Vypočítané priemerné hodnoty vápnika, horčíka, sodíka, draslíka a obsah karbonátov pre každú obec na Slovensku sú znázornené na obr. 10 - 14.

Distribúcia vápnika v pôdach Slovenskej republiky - obce



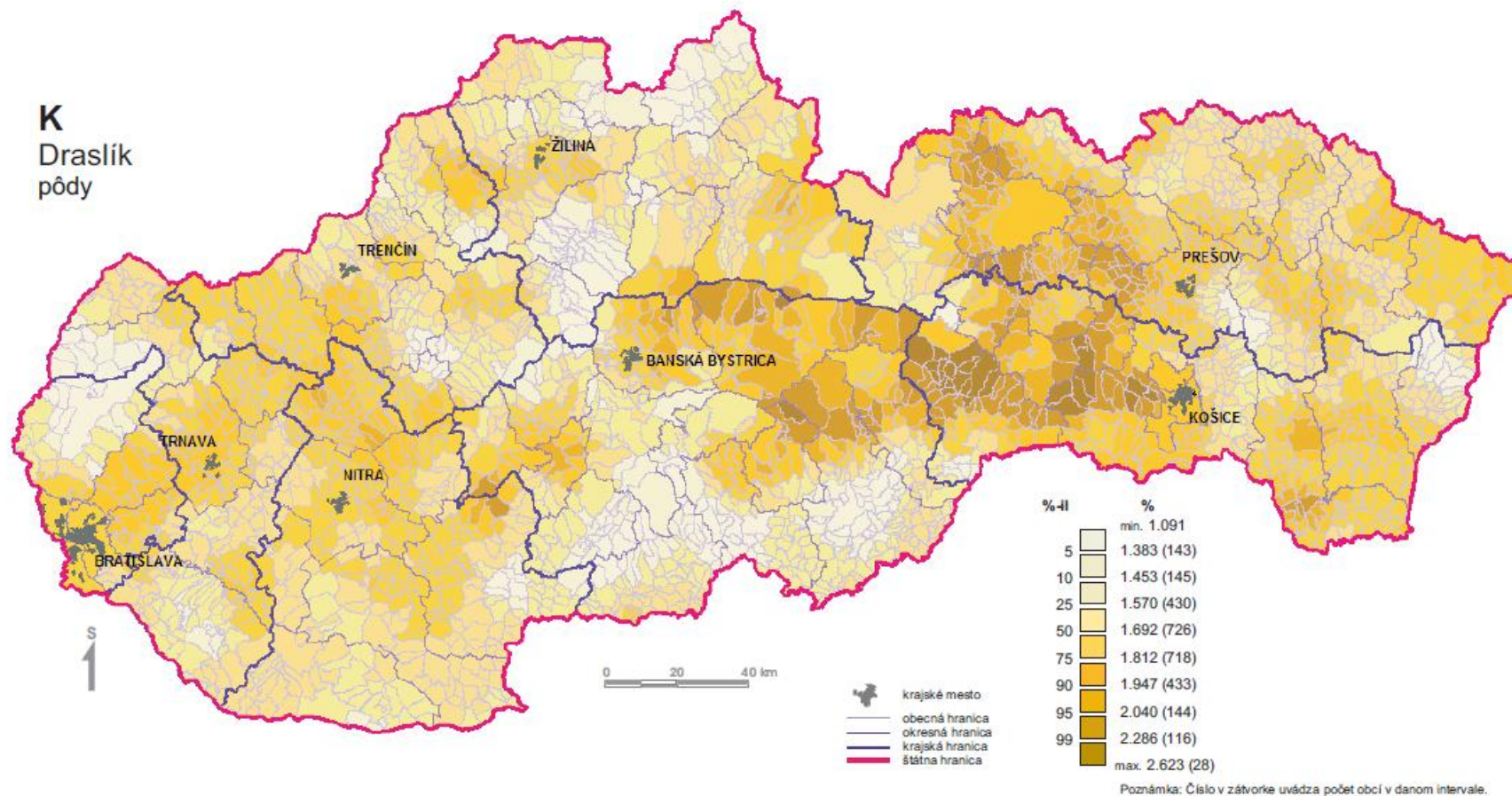
Obr. 10: Distribúcia vápnika v pôdach pre všetky obce na Slovensku – priemerné hodnoty

Distribúcia horčíka v pôdach Slovenskej republiky - obce



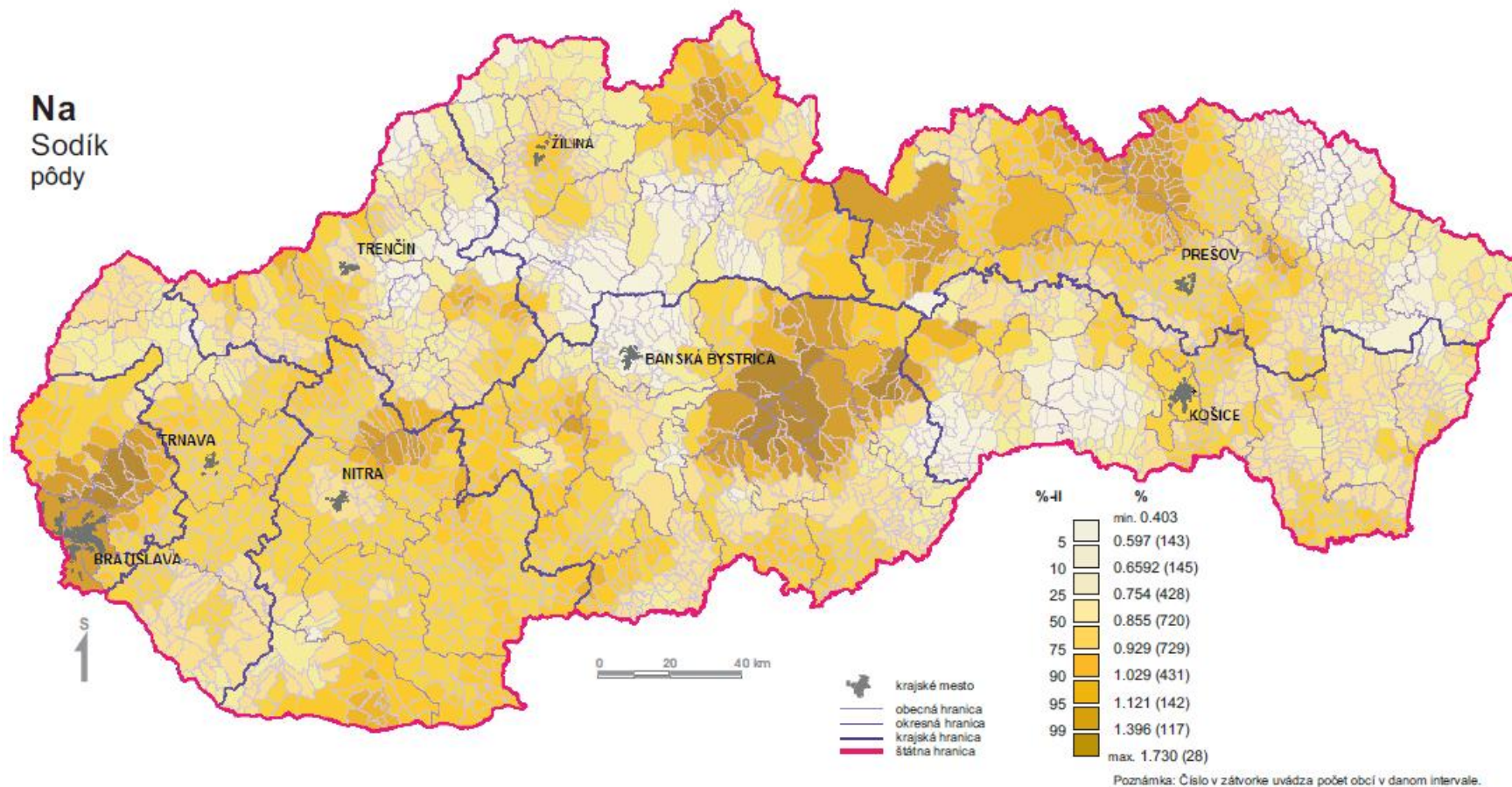
Obr. 11: Distribúcia horčíka v pôdach pre všetky obce na Slovensku – priemerné hodnoty

Distribúcia draslíka v pôdach Slovenskej republiky - obce



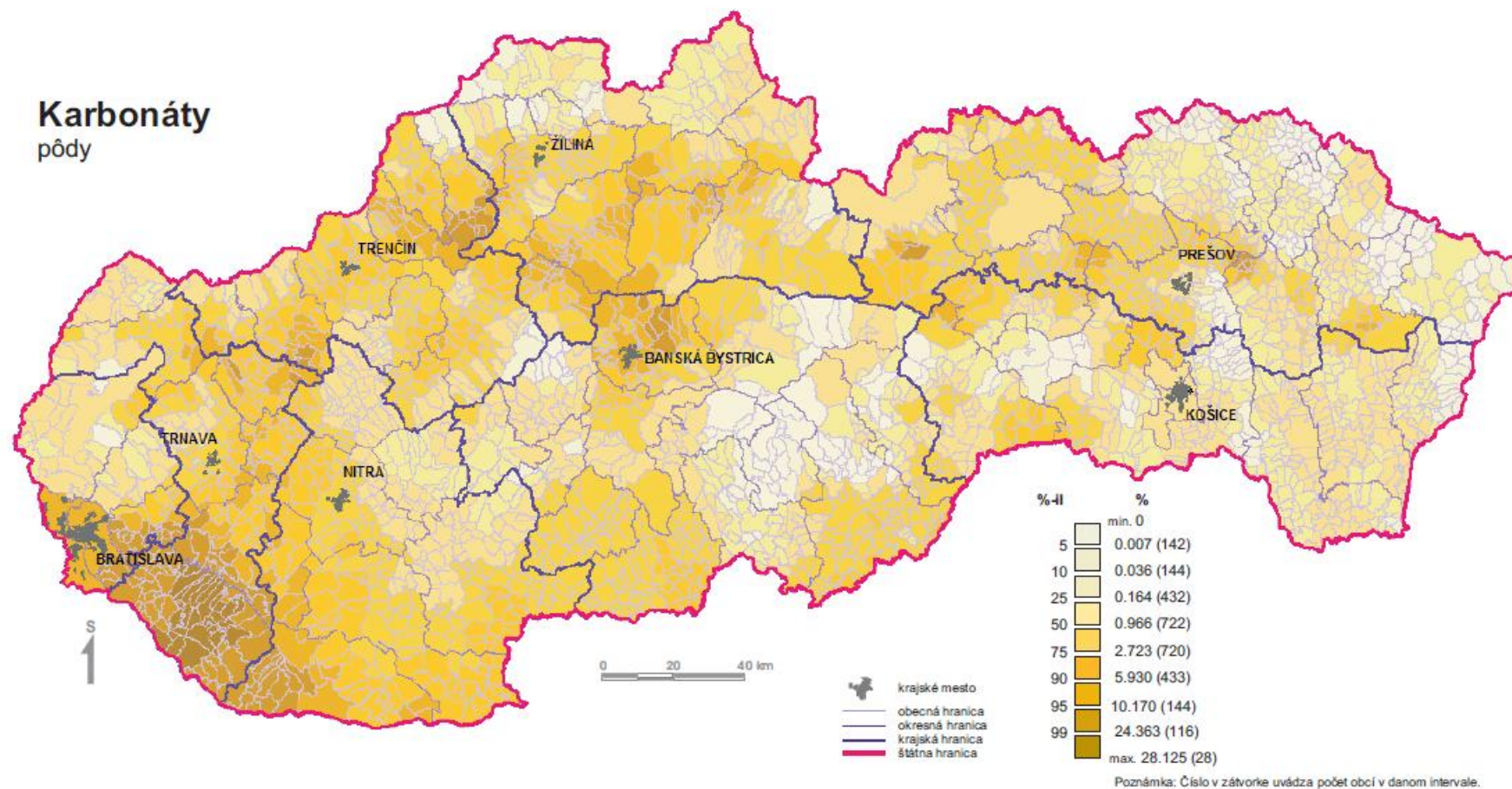
Obr. 12: Distribúcia draslíka v pôdach pre všetky obce na Slovensku – priemerné hodnoty

Distribúcia sodíka v pôdach Slovenskej republiky - obce



Obr. 13: Distribúcia sodíka v pôdach pre všetky obce na Slovensku – priemerné hodnoty

Distribúcia karbonátov v pôdach Slovenskej republiky - obce



Obr. 14: Distribúcia karbonátov v pôdach pre všetky obce na Slovensku – priemerné hodnoty

7.2 Zdravotné indikátory

7.2.1 Stručná charakteristika zdravotných indikátorov

Zdravotné indikátory ako ukazovatele zdravotného stavu obyvateľstva boli vybrané tak, aby posúdili zdravotný stav danej populácie v danom čase. Zhoršenie alebo zlepšenie zdravotného stavu sa môže posudzovať vo viacerých časových obdobiach porovnávaním, prípadne porovnávaním aktuálneho zdravotného stavu so štandardom alebo navzájom medzi viacerými subpopuláciami. Kritériá pre vhodné konštruovanie indikátora je hlavne jeho stabilita a porovnateľnosť v čase a aj v priestore.

Výber zdravotných indikátorov v predloženej práci bol zhotovený v súlade s platnou legislatívou o štatistickom zisťovaní SR, so zdravotníckou dokumentáciou a ochranou osobných údajov. Použité údaje boli zo štatistického úradu SR a sú v súlade so zdravotnými indikátormi podľa WHO a to Core Health Indicators (WHOSIS – WHO Statistical Information System) - na Slovensku predložený ako zoznam Medzinárodnej klasifikácie chorôb (NCZI, 2016).

Na hodnoty zdravotných indikátorov vplyvajú rôzne faktory. Jedným z takýchto faktorov je vekové zloženie obce. Starší ľudia prichádzajú do kontaktu s prostredím dlhšie ako mladší, ktorí absorbujú vplyvy prostredia v kratšom čase a je tu predpoklad, že ich zdravotný stav nie je až tak ovplyvnený environmentálnymi vplyvmi. Ďalším dopadajúcim faktorom je pôrodnosť, pretože je ovplyvnená nielen rozdielnosťou osídlenia (mesto versus vidiek), ale aj rozdielnosťou etnického a religiózneho zloženia medzi regiónmi. Rozdiely medzi demografickými ukazovateľmi sa nájdu nielen medzi regiónmi, ale medzi typom osídlenia – mesto versus vidiek. Ľudia na vidieku zomierajú starší ako v meste. Ďalším rozdielom je prirodzená migrácia mladých ľudí do mesta za lepšími pracovnými možnosťami a s tým spojená aj vyššia pôrodnosť. Pre lepšiu interpretáciu úmrtnosti v danej obci sa zaviedla definovaná predčasná úmrtnosť.

7.2.2 Výber zdravotných indikátorov

Celý súbor zdravotných indikátorov charakterizuje a podáva základnú informáciu nasledovných skupín indikátorov: demografické indikátory, ktoré popisujú vekové zloženie obcí, ďalej indikátor hrubej úmrtnosti, predčasnej úmrtnosti, indikátor relatívnej

úmrtnosti na vybrané príčiny, nepriamo štandardizovanej úmrtnosti na vekový štandard SR a potenciálne roky strateného života. Všetky zdravotné indikátory boli rozdelené podľa územného rozdelenia Slovenska z roku 1996 na 8 krajov, 79 okresov, 2930 obcí (výpočet za obce v celkovom počte 2851) a mestá Bratislava a Košice. Zohľadnili sme aj zmeny počas týchto desiatich rokov pri procese zlučovania a rozdeľovania obcí. Pre niektoré obce chýbali kompletne údaje za vybrané desaťročie a chýbajúce dáta sme nahradili dostupnými údajmi z časových úsekov. K týmto obciam sme pri výpočtoch pristupovali osobitne.

Územné rozdelenie Bratislavy a Košíc začleňuje pod seba 39 obcí – z toho Bratislava 17 obcí - mestské štvrte, ktoré sa následne združujú do piatich okresov Bratislava I až V. Košice sú rozdelené do 4 okresov (Košice I až IV) a združujú 22 obcí. Ostatné mestá v súbore zdravotných indikátorov vystupujú pod jednou jedinou obcou. Ďalšie delenie súboru nastalo prostredníctvom pohlavia (pre výpočet fertility a úmrtnosti).

Súbor indikátorov zahŕňa v počte 100 zdravotných indikátorov. Tento výber indikátorov bol navrhnutý tak, aby komplexne pokryl pohľad na demografický vývoj obyvateľov Slovenska. Charakterizuje demografické ukazovatele podľa veku a pôrodnosti, ďalej reprodukčné zdravie, úmrtnosť a aj predčasnú úmrtnosť, relatívnu úmrtnosť na zhubné nádory a kardiovaskulárne príčiny a vekovo štandardizovanú úmrtnosť na zhubné nádory a kardiovaskulárne ochorenia. Všetky vybrané zdravotné indikátory, ktoré sme použili v predkladanej práci, sú zhrnuté v tab. 18.

Tab. 18: Zoznam vybraných zdravotných indikátorov

indikátor	popis indikátora	jednotka indikátora	priemer pre SR	dobrý stav
Relatívna úmrtnosť na vybranú príčinu – počet úmrtí na 100 000 obyvateľov (bez sledovania vplyvu veku obyvateľstva)				
1. ReC	relatívna úmrtnosť na C00-C97 (zhubné nádory)	počet úmrtí na 100 000 obyvateľov	212,79	0 alebo čo najmenej
2. ReC15-C26	relatívna úmrtnosť na C15-C26 (zhubné nádory tráviaceho systému)	počet úmrtí na 100 000 obyvateľov	95,74	0 alebo čo najmenej
3. ReI	relatívna úmrtnosť na I00-I99 (obehový systém)	počet úmrtí na 100 000 obyvateľov	531,05	0 alebo čo najmenej
4. ReI21-I25	relatívna úmrtnosť na I21-25 (ischemické choroby srdca)	počet úmrtí na 100 000 obyvateľov	391,93	0 alebo čo najmenej

Vybrali sme najvyššiu úmrtnosť na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia, pod ktoré spadajú všetky ochorenia tohto typu. Do nášho výberu indikátorov sme priradili aj podskupinu konkrétnych ochorení - príčin úmrtia. Sú to zhubné nádory tráviaceho systému a ischemické ochorenia srdca, ktoré patria medzi najpočetnejšie príčiny úmrtí pre ľudí na Slovensku.

7.2.3 Výpočet zdravotných indikátorov

Jedným z hlavných ukazovateľov epidemiologického výskumu je úmrtnosť populácie. Môže byť štandardizovaná podľa vekových kategórií obyvateľstva, čo prispieva k zmierneniu dopadu veku na ukazovatele úmrtnosti (staršie populácie vykazujú vyššiu úmrtnosť) (Bencko et al., 2003a). Metodika výpočtu zdravotných indikátorov pozostávala z jednoduchých výpočtov prostredníctvom jedného vzorca. Prostredníctvom kumulatívnej funkcie (pre časové ohraňenie 1994-2003) boli vypočítané všetky zdravotné indikátory tak, aby všetky prípady úmrtí boli spočítané a počty obyvateľov boli vyjadrené osoborokmi (počet obyvateľov k 31. decembru daného roka) pre každú obec a vyšší územný celok. V predkladanej práci sme sa rozhodli pracovať s relatívnou úmrtnosťou na vybrané skupiny ochorení, ktorá je štandardne prepočítavaná na 100 000 obyvateľov a bez ohľadu na vek. Vybrané zdravotné ukazovatele relatívnej úmrtnosti na srdcovo-cievne a nádorové ochorenia boli počítané nasledovne (1.1):

$$Re(C, I) = \frac{100\,000 \times \text{počet úmrtí na skupinu ochorení}^*}{\text{počet obyvateľov}} \quad (1.1)$$

kde * počet úmrtí na skupinu ochorení predstavujú: kardiovaskulárne ochorenia I00-I99 - choroby obehového systému (zlučujú I21-25 ischemické choroby srdca, I63-I64 mozgové porážky a infarkty) a C00-C97 – ochorenia na zhubné nádory (zlučujú C15-C26 zhubné nádory tráviaceho systému, C16 zhubné nádory žalúdka, C18-C20 zhubné nádory hrubého čreva a konečníka, C30-C39 zhubné nádory dýchacieho systému, C50 zhubné nádory prsníka, C64-C68 zhubné nádory močovej sústavy, C81-C96 zhubné nádory orgánov krvotvorby, C91-C95 všetky leukémie, C00-D48 nádory). Podskupiny zdravotných indikátorov konkrétnych príčin úmrtí boli prepočítavané len s počtom úmrtí na konkrétne ochorenia (použité I21-25 ischemické choroby srdca pre ReI_{21-25} a C15-C26 zhubné nádory tráviaceho systému pre ReC_{15-26}). Vypočítaná relatívna úmrtnosť na vybrané ochorenia pre každú obec na Slovensku je znázornená obr. 15 a 16.

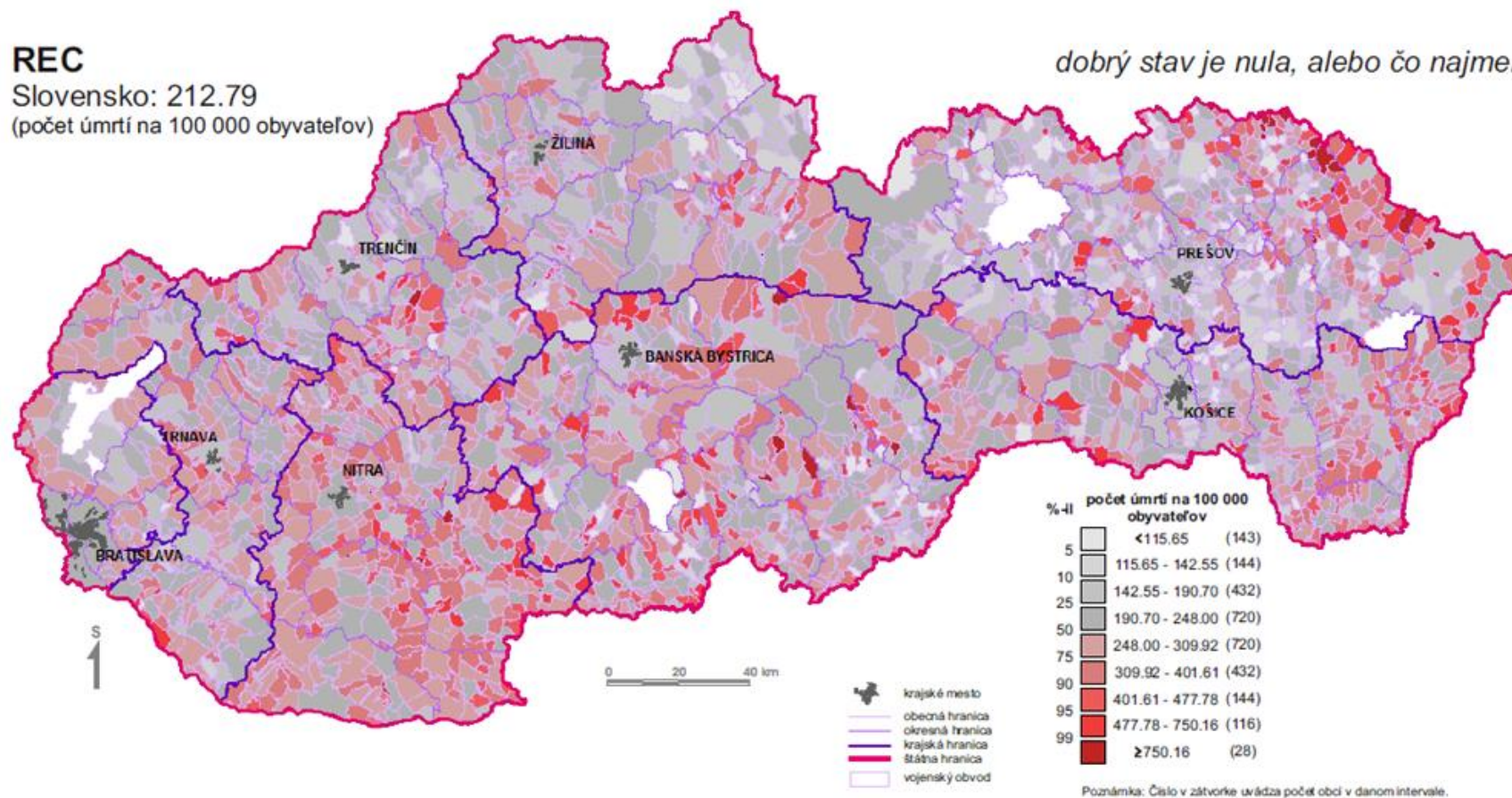
Relatívna úmrtnosť na rakovinu

REC

Slovensko: 212.79

(počet úmrtí na 100 000 obyvateľov)

dobry stav je nula, alebo čo najmenej



Obr. 15: Relatívna úmrtnosť na rakovinové ochorenia pre všetky obce na Slovensku

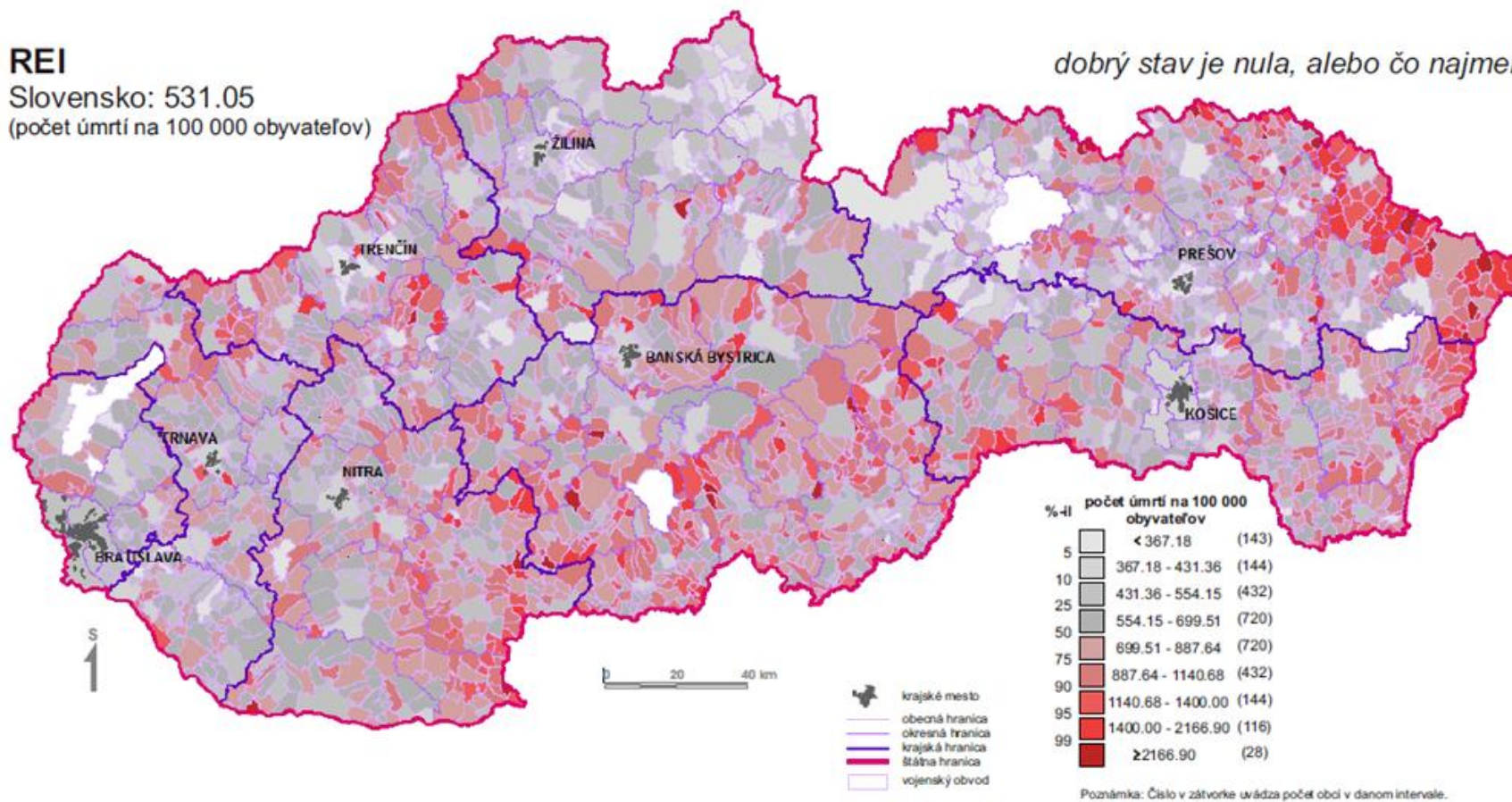
Relatívna úmrtnosť na choroby obehovej sústavy

REI

Slovensko: 531.05

(počet úmrtí na 100 000 obyvateľov)

dobrý stav je nula, alebo čo najmenej



Obr. 16: Relatívna úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia pre všetky obce na Slovensku

8 METÓDY

8.1 Rozdelenie environmentálnych a zdravotných indikátorov podľa geologickej stavby

Geologická stavba Slovenska je veľmi variabilná svojím mineralogicko-petrograficko-geologickým zložením. Toto rozmanité zloženie sa preukazuje aj v pôdach, ktoré vznikajú na rôznych materských substrátoch s rôznym vekom vzniku, genézy, mineralogického charakteru a geochemickej distribúcie chemických prvkov. Predpokladá sa, že práve táto rôznorodosť vyskytujúcich sa chemických prvkov (makroprvkov), zdedených po geologickom podloží, môže preukazovať rozdielny vplyv na výskyt úmrtí u ľudí na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia. Geologická stavba Slovenska bola rozdelená do ôsmich hlavných geologických celkov s krátkou mineralogickou charakteristikou (Rapant et al., 2013):

1. *paleozoikum* - metasedimenty, metavulkanity,
2. *kryštalínikum* - granitoidy, ruly, migmatity,
3. *karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén* - vápence, dolomity, vápnité zlepenice,
4. *karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén* - sliene, slienité vápence, dolomity, pieskovce a bridlice,
5. *flyšový paleogén* - pieskovce, bridlice, ílovce,
6. *neovulkanity* - andezity, bazalty a ich vulkanoklastiká,
7. *neogén* - íly, ílovce, zlepenice, piesky, štrky,
8. *kvartér* - štrky, piesky, íly, úlomky hornín.

Do týchto geologických celkov boli rozdelené environmentálne indikátory ako ukazovatele chemického zloženia pôd a všetky zdravotné indikátory ako ukazovatele úmrtnosti u ľudí. Následne boli vyhodnotené najpriaznivejšie a najmenej priaznivé pôdy vyvinuté na geologických celkoch z pohľadu úmrtnosti na cievne a nádorové ochorenia. Pre ďalšie štatistické spracovanie pôd sa do výberu geologických celkov zahrnuli pôdy prvých šiestich celkov. Prostredia neogénu a kvartéru sú geologicky a mineralogicky najvariabilnejšie, nesú viaceré genetické typy sedimentov, vznikli na petrograficky rôznych podložiach, od ktorých sa odráža aj chemické zloženie. Neogénne a kvartérne sedimenty sú veľmi rôznorodé a patria sem deluviálne, eluviálne, proluviálne sedimenty, eolické piesky

a sprae. Vznikli na všetkých geologických typoch vo vonkajších a vnútrotných panvách Západných Karpát a podľa miesta výskytu nesú mineralogickú charakteristiku flyšu, neovulkanitov, kryštalinika a iné. Najmä oblasti kvartéru sú antropogénne pozmenené a aktívne poľnohospodársky využívané. Začlenenie týchto geologických celkov do analýzy mohlo spôsobiť chybné interpretácie pri komplexnom hodnotení vzťahu pôdných makroprvkov na zdravotný stav obyvateľstva.

8.2 Štatistické metódy hodnotenia vzťahov medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi

8.2.1 Štatistická analýza (Pearsonov a Spearmanov korelačný koeficient)

Environmentálne a zdravotné ukazovatele predstavujú súbor dát, ktoré sú od seba veľmi odlišné hodnotami a charakterom. Pre priame štatistické analyzovanie nášho súboru nepostačujú len základné štatistické údaje, priemery a mediány. Je nevyhnutné dopracovať sa k výsledkom viacerými štatistickými metódami a postupovať od najjednoduchších k zložitejším (Hill a Hill, 1991). Aj keď pri samostatnom analyzovaní niektorých územných celkov sú na prvý pohľad zreteľné závislosti medzi zdravotným stavom a zvýšenými, alebo naopak zníženými obsahmi prvkov – je dôležité, aby tieto fakty boli matematicky a štatisticky správne podložené.

Pre jednoduché porovnávanie dvoch premenných sa používa metóda lineárnej regresie, kde sa zisťuje priamy vzťah – lineárny vzorec ako rovnica, ktorý poukazuje na závislosť jednej premennej Y (závisle premenná) od druhej premennej X (nezávisle premenná) prostredníctvom lineárnej priamky, jej sklonu a odhad neznámej premennej vzhľadom k druhej známej premennej (nazývaná aj jednorozmerová regresia).

Jednoduchá korelačná analýza má za cieľ preskúmať vzťah a jeho silu medzi dvomi premennými. V našom prípade súbor environmentálnych a zdravotných indikátorov predstavuje rôznorodý súbor s viacrozmernými závislými a náhodne nerovnomerne sa vyskytujúcimi premennými. Tento dôvod vedie k neparametrickým štatistickým metódam a k určeniu Pearsonovho a Spearmanovho korelačného koeficientu. Pre správne zistenie neparametrického rozdelenia dát je nutné dáta otestovať, a to napríklad neparametrickým testom (napr. Kolmogorov-Smirnovov test) (Pavelka a Klímek, 2000).

Pearsonov korelačný koeficient meria tesnosť lineárnej závislosti obojstranne medzi premennými. Ak predpokladáme, že medzi veličinami X a Y je lineárna závislosť, potom nech $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ sú namerané hodnoty nezávislého náhodného výberu o rozsahu n systému dvoch náhodných veličín X, Y z dvojrozmerného normálneho rozdelenia a nech $\bar{x}$ a $\bar{y}$ sú ich výberové priemery. Pearsonov výberový korelačný koeficient je definovaný vzťahom (1.2):

$$r_{x,y} = \frac{\bar{x}\bar{y} - \bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\bar{x}^2 - (\bar{x})^2} \cdot \sqrt{\bar{y}^2 - (\bar{y})^2}} \quad (1.2)$$

kde je $\bar{x}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2$, $\bar{y}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2$, $\bar{x} \cdot \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i$.

Tento korelačný koeficient je veľmi citlivý na extrémne hodnoty, pričom stačí prítomnosť jednej extrémnej hodnoty vo veľkom súbore a poklesne významnosť závislosti alebo vytvorí závislosť tam, kde nie je významná (Ostertagová, 2013).

Spearmanov korelačný koeficient nie je citlivý na extrémne hodnoty a radí sa medzi poradové korelačné koeficienty. Určuje vzťah medzi dvomi premennými, nie je závislý od distribúcie a sleduje ich pomerné a najvyššie zastúpenie. V princípe sa počíta rovnako ako Pearsonov koeficient, avšak nahrádzajú sa pôvodné hodnoty ich poradovými číslami. Spearmanov korelačný koeficient r_s je definovaný nasledovným vzťahom (1.3):

$$r_s = 1 - \frac{6}{n(n^2-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (R_i - Q_i)^2 \quad (1.3)$$

kde $(X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_n Y_n)$ je náhodný výber zo spojitého dvojrozmerného rozdelenia, pričom merania sú navzájom nezávislé, a $R_1, R_2, \dots, R_n$ sú poradia premenných $X_1, X_2, \dots, X_n$ a $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ sú poradia premenných $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$.

Korelačné koeficienty udávajú mieru stochastického vzťahu v hodnotách od -1 po 1, pričom hodnoty blízke -1 a 1 predstavujú najsilnejšiu závislosť. Kladná hodnota korelačného koeficientu značí, že so zvyšovaním hodnoty jednej premennej očakávame zvyšovanie aj druhej premennej. Záporná hodnota korelačného koeficientu predstavuje negatívnu koreláciu, a to znamená, že so zvyšovaním jednej premennej sa očakáva znižovanie u druhej premennej. Pre presnosť sily vzťahu sa udáva hladina významnosti α , ktorá je štatisticky najvýznamnejšia pri maximálnej hladine spoľahlivosti $\alpha \leq 0,001$

(99,9%-ná pravdepodobnosť spoľahlivosti) a minimálna pre $\alpha \leq 0,05$ (95%-ná pravdepodobnosť spoľahlivosti). K dispozícii je aj stredná hladina spoľahlivosti, a to $\alpha \leq 0,01$ (99%-ná pravdepodobnosť spoľahlivosti) (Markechová et al., 2011).

Vzhľadom na veľký rozsah výberového súboru ($n \geq 100$) sa odporúča v prípade testovania Spearmanovho korelačného koeficientu použiť testovaciu štatistiku u vzťahom (1.4):

$$u = r_s \cdot \sqrt{n-1} \quad (1.4)$$

Nulová hypotéza H_0 sa zamietá na hladine významnosti α , ak je hodnota $|u|$ väčšia ako kritická hodnota u_α . Ak má alternatívna hypotéza H_1 tvar $\rho_s > 0$, potom sa nulová hypotéza H_0 zamietá na hladine významnosti α , ak platí vzťah $u > u_{2\alpha}$. Nulová hypotéza H_0 v prípade $H_1: \rho_s < 0$ sa zamietá na hladine významnosti α , ak platí vzťah $u < -u_{2\alpha}$ (Markechová et al., 2011).

8.2.2 Umelá inteligencia neurónových sietí

Pomocou umelej inteligencie neurónových sietí sa nehodnotia vzťahy len medzi dvomi premennými, ale hľadajú sa závislosti medzi jednotlivými premennými navzájom a ich interakcie vo vstupnom súbore. Súbor našich ukazovateľov (celkové obsahy chemických prvkov a parametrov v pôde a ukazovatele úmrtnosti) sa analyzujú ako celok aj so svojimi nedostatkami. I keď spočiatku nevieme presne definovať princípy a fungovanie sledovaného systému, táto metodika nám pravdepodobne poukáže na budúci vývoj a správanie sa jednotlivých premenných (Abdi et al., 1999). Náš zostavený súbor ukazovateľov je veľmi variabilný, skladá sa z dvoch typov dát a navyše je nerovnomerne rozdelený s neparametrickými dátami. Najvyššia chybovosť a modifikovanosť dát sa spája najmä so zdravotnými ukazovateľmi, ktorých miera neistoty rastie pri zostavovaní štatistických hlásení a pri určovaní prvej diagnózy smrti.

Podobne ako v prírodnom prostredí pôsobia na jedince všetky faktory naraz a súbežne, tak aj metodika neurónových sietí hodnotí vplyv chemického zloženia pôd na zdravotný stav ľudí komplexne. Neurónové siete vychádzajú z metód umelej inteligencie a ide o systém, ktorý je schopný vypracovať paradigmy alebo algoritmy blízke ľudskému mysleniu so znalosťami. Neurónové siete sa považujú za rozsiahly paralelný procesor, do ktorého sa uchovávali experimentálne získané znalosti, a tieto znalosti ďalej používajú na ďalšie

riešenie a analýzu dát v mnohých oblastiach výskumu (Kriesel, 2001). V podstate ide o simuláciu ľudského mozgu a aj jej stavba je podobná stavbe neurónovej siete - vychádza zo stavby neurónu (Mandic, 2001).

Použitím neurónových sietí sa charakterizujú aj nelineárne závislosti a je univerzálnym aproximátorom funkcie (Hornik et al., 1989). Na rozdiel od regresnej a korelačnej analýzy nevieme určiť regresnú rovnicu vzťahu, a taktiež ani presne definovať mechanizmus pôsobenia ukazovateľov na výstupný parameter. Avšak každá natrénovaná sieť je unikátna a nesie svoju špecifickú topológiu siete a vektory synaptických váh (Hertz et al., 1991). Vieme taktiež určiť prostredníctvom citlivosti dát dôležitosť danej premennej v modeli siete. Metodík merania senzitivity vstupných dát je v literatúre popísaných mnoho, avšak podľa Statsoft (Hill a Lewicki, 2007) je určovacím ukazovateľom pomer citlivosti pre danú premennú S_r . Ak je citlivosť premennej nižšia ako hodnota 1 (premenná nie je dôležitá v danej sieti), neodporúča sa premennú vyradiť, ale naopak, jej prítomnosť v sieti dokáže zvýšiť výkonnosť siete. Kvalita siete sa hodnotí korelačným koeficientom R , ktorý určuje vzájomné vzťahy medzi výstupmi a zadanými cieľmi (rozdiely medzi odhadovanými hodnotami výstupnej premennej). Ak je korelačný koeficient R blízky hodnote 1, poukazuje to na úzku závislosť a hodnoty blízke 0 na žiadnu závislosť.

Metodika neurónových sietí bola použitá za účelom získania poradia vplyvu jednotlivých chemických prvkov v pôde na vybrané ukazovatele úmrtnosti. Pri tejto analýze boli zostavené aj limitné – maximálne prípustné, minimálne potrebné a optimálne obsahy chemických prvkov a pôdných parametrov. Toto poradie bolo zostavené na základe hodnoty koeficientu citlivosti S_r a za vplyvné parametre sa považovali všetky tie, ktorých koeficient citlivosti bol väčší ako 1. Za týmto účelom bolo zostavených 200 sietí, ktorých počet sa javil ako postačujúci. Pri ďalších sieťach už korelačný koeficient stagnoval a klesal, čo znižovalo kvalitu siete. Hoci výkonnosť siete sa javila uspokojivá, hodnotené environmentálne indikátory preukazovali slabý vplyv a pre každú natrénovanú sieť rôzny. Preto sme použili mediánové hodnoty S_r z 50 najlepších sietí s najvyšším korelačným koeficientom (Han et al., 2011). Prostredníctvom mediánovej hodnoty koeficientu citlivosti, vypočítanej samostatne pre každý prvok, sme zhodnotili vplyv daného prvku na ukazovatele úmrtnosti. Čím je vyššia hodnota S_r , tým je vplyv prvku vyšší (chemické prvky s hodnotou nižšou ako 1 by sa mali chápať ako nevplyvné).

Koeficient determinácie R udáva štatistickú významnosť a čím je jeho hodnota vyššia, tým je vyššia štatistická významnosť získaných koeficientov senzitivity. Na testovanie výsledkov neurónových sietí sme použili metódu decilov, ktorá rozdelí hodnoty obsahu skúmaného prvku v pôde na decily. V nasledovnom kroku sme určili ťažiská bodov, ktorých x -ová súradnica zasahovala do príslušných decilov. Ďalej sme cez ťažiská (2., 9. decilu) preložili polynóm II. stupňa v tvare priamky. Pri vplyvných prvkoch bola zhoda takmer identická. Pre menej vplyvné prvky zhoda existovala, ale menila sa podobnosť.

Z najnižších hodnôt ukazovateľov úmrtnosti nám neurónové siete dokážu určiť limitné hodnoty chemických prvkov v pôde. Vyčlenili sme dva druhy limitných hodnôt – limitné kritické hodnoty a limitné optimálne hodnoty. Boli určené priesečníkom namodelovanej krivky obsahov chemických prvkov s priemernou hodnotou zdravotného ukazovateľa. Pre optimálne hodnoty bol priesečník vytvorený priamkou so 40% hodnotou zdravotného indikátora a pre tvar paraboly s priamkou pretínajúcou sa so $\pm$ štandardnou odchýlkou zdravotného indikátora. Ak nedošlo k pretnutiu premennej hodnoty zdravotného indikátora, limitné hodnoty sa nedokázali určiť.

Pri výpočte neurónových sietí sme použili Bayesove vyrovnané priemery (Bayesove vyhladené hodnoty zdravotných indikátorov), ktoré boli vhodnejšie ako priemerné hodnoty našich dát. Ide o transformáciu dát predstavujúcich extenzívne premenné (v našom prípade počet úmrtí), ktoré sú namerané ako priestorové jednotky. Je nevyhnutné ich premeniť na intenzívne premenné, ktoré zohľadňujú veľkosť populácie. Takto sa môže počet úmrtí deliť počtom obyvateľov, a tým sa eliminuje variabilná spoľahlivosť zapríčinená rôznym počtom obyvateľov v priestorových jednotkách. Tento jav sa týka najmä obcí s malým počtom obyvateľov, ktoré vykazujú vysoké vypočítané podiely s vysokou štandardnou chybou. Keďže je rôznorodosť lokálnych podielov závislá na počte obyvateľov, niektoré podiely sú v porovnaní s inými odhadované lepšie. Obce s nižším počtom obyvateľov majú väčšiu variabilitu podielov ako obce s vyšším počtom obyvateľov. Preto bolo nutné tieto rozdiely medzi podielmi jednotlivých obcí zohľadniť a pretransformovať dáta tak, aby sa priestorovo vyhladili. Vyhladením podielov do tvaru Bayesových vyhladených hodnôt sa štatisticky zlepšili odhady rizika na danej priestorovej jednotke, pričom sa zohľadnila aj informácia pochádzajúca z iných priestorových jednotiek (Chen et al., 2008).

9 VÝSLEDKY

9.1 Základná štatistická charakteristika environmentálnych a zdravotných indikátorov

Pôdy vyvinuté na jednotlivých geologických celkoch sa od seba odlišujú svojím chemickým zložením (Obr. 17). Rozdiely medzi priemernými hodnotami vápnika, horčíka, sodíka, draslíka a obsah karbonátov sú uvedené v tab. 19. Pre ucelenosť výsledkov sme do výpočtov zahrnuli aj pôdnu reakciu pH, ktorá vplýva na ich potenciálnu mobilitu v pôdnom prostredí. Pôdy vyvinuté na karbonatickom mezozoiku a paleogéne, karbonaticko-silikátovom mezozoiku a paleogéne možno považovať za pôdy bohaté na karbonáty, vápnik a horčík. Na druhej strane medzi pôdy chudobnejšie na vápnik, horčík a karbonáty možno určiť pôdy vyvinuté na flyšovom paleogéne, paleozoiku a neovulkanitoch. Podľa nášho rozdelenia pôd podľa geologického substrátu za pôdy s vyššími obsahmi sodíka možno považovať najmä tie, ktoré sa vyvinuli na kryštaliniku a najchudobnejšie na sodík sú pôdy na karbonatickom mezozoiku a paleogéne. Pôdy s vyššími obsahmi draslíka by sme mohli priradiť k pôdam vyvinutým na paleozoiku a s najnižšími obsahmi K sa charakterizovali pôdy vyvinuté na neovulkanitoch a na karbonatickom mezozoiku a paleogéne.

Tab. 19: Chemické zloženie pôd na Slovensku (priemerné hodnoty - uvedené v jednotke %, hodnoty pH v štandardnej jednotke) pre jednotlivé geologické celky

Geologický celok (n=10 738)	Ca	Mg	Na	K	karbonáty	pH _(voda)	pH _(KCl)
1-6 celky spolu	1,13	0,81	0,85	1,72	1,65	5,88	5,11
paleozoikum	0,81	0,75	0,82	2,08	0,70	5,33	4,49
kryštalinikum	1,13	0,91	1,15	1,88	0,98	5,33	4,61
karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén	2,18	1,27	0,71	1,66	4,30	6,43	5,79
karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén	1,36	0,89	0,81	1,72	2,74	6,32	5,47
flyšový paleogén	0,76	0,67	0,85	1,74	0,94	5,71	4,96
neovulkanity	1,07	0,66	0,89	1,54	1,03	5,98	5,10

Tieto rozdiely v chemizme pôdy, ktoré sa vyvinuli na rôznych geologických celkoch, súvisia s geochemickou diferenciáciou chemického zloženia hornín v ich litologickej náplni i s tektono-metamorfným vývojom. Celé územie Slovenska patrí do karpatskej sústavy, nesie vysokú geochemickú heterogenitu v litopedologických jednotkách. Najvýraznejšie rozdiely chemickej heterogenity litologickej výplne v geologickej stavbe si môžeme všimnúť pri porovnaní vonkajších a vnútorných Karpát. V tektonických jednotkách vnútorných Karpát dochádza k tektonickému zblíženiu pôvodom rozdielnych

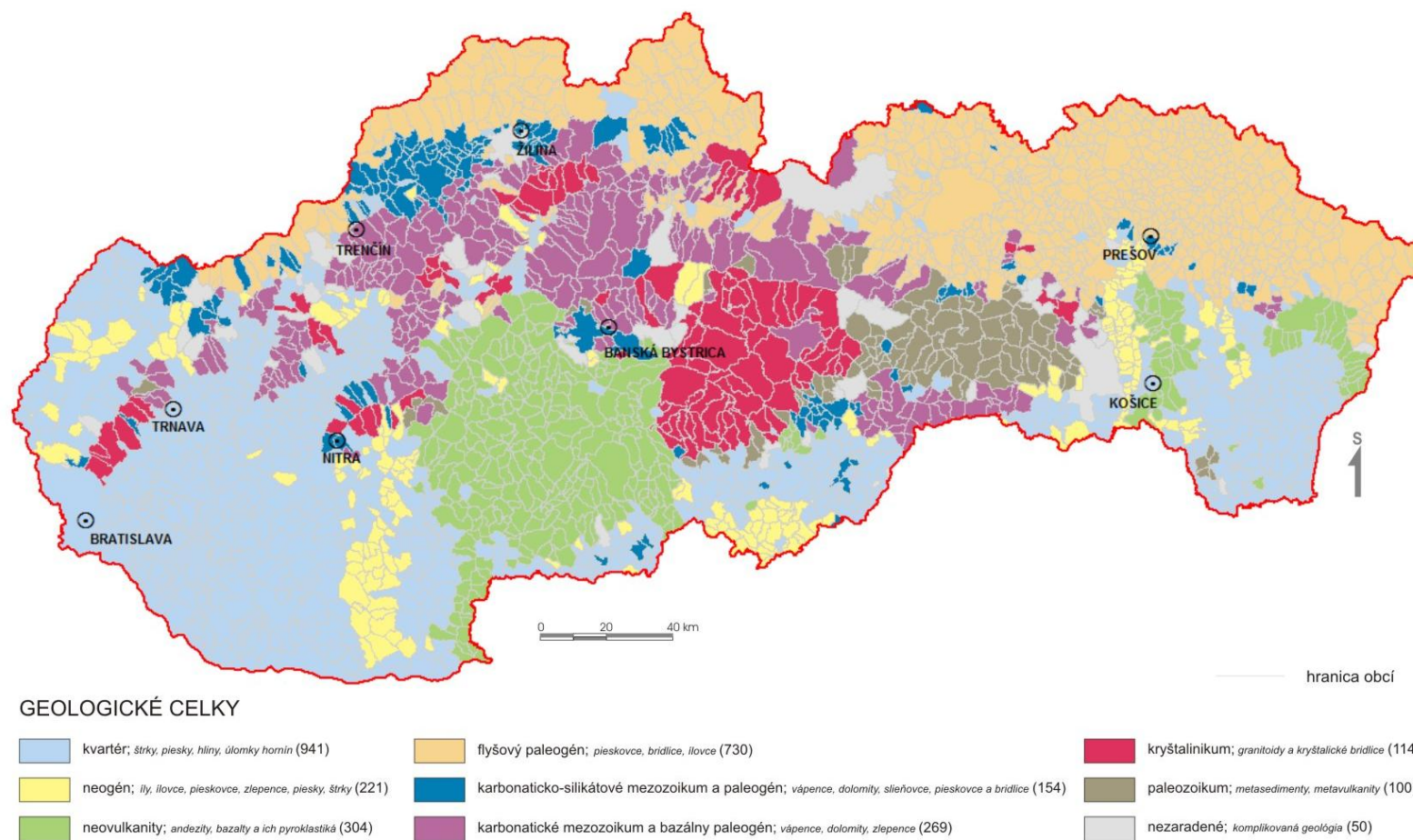
hornín (magmatické, metamorfované a sedimentárne horniny). Geologická stavba Slovenska má pásmovitý charakter, ktorý určuje zložitá príkrovovo-vrásová alpínska tektonika. To určuje zložitú heterogénnu litologickú výplň vnútorných Karpát. Vzhľadom na iné chemické zloženie hornín v jednotlivých geologických celkoch je aj neogénna výplň kotlín a nížin rozdielna. Prítomnosť rôznych genetických skupín pokryvných kvartérnych sedimentov (eolické, fluviálne, deluviálne, glacio-fluviálne) dopĺňajú celkovú heterogenitu chemického zloženia pôd v litopedologických jednotkách. Charakter kvartérnych sedimentov závisí aj od vplyvu geochemických procesov (oxidačno-redukčné zmeny, zasolenie, karbonatizácia, dekarbonatizácia) a ich stupňa pôsobenia.

Pôdy každého hodnoteného geologického celku obsahujú variabilné obsahy makroprvkov, ktoré sú odrazom rôznych materských hornín pôd (Obr. 17). V prípade pôd ležiacich na karbonatickom mezozoiku, karbonaticko-silikátovom mezozoiku a paleogéne sú zaznamenané oveľa vyššie obsahy karbonatických minerálov (kalcit, dolomit), ktoré sú hlavným zdrojom prístupného vápnika a horčíka v pôde, ako v pôdach vyvinutých na neovulkanitov a kryštaliniku. V týchto pôdach sa vyskytujú hodnotené makroelementy prevažne v K živcoch a Na-Ca živcoch, ktoré sú odolnejšie voči zvetrávaniu a hydrolýze ako karbonatické minerály, ktoré sa vyskytujú v týchto geologických celkoch len v obalových jednotkách.

Pre jednotlivé vybrané geologické celky sme určili aj základnú charakteristiku hodnotených zdravotných indikátorov (Tab. 20). Geologické prostredie neovulkanitov sa javí s pomerne najhoršími zdravotnými ukazovateľmi u obyvateľov žijúcich na týchto pôdach. Môžeme predpokladať, že nízke obsahy horčíka a draslíka môžu súvisieť s vyskytujúcou sa vyššou úmrtnosťou u miestnych ľudí.

Tab. 20: Charakteristika zdravotných indikátorov na Slovensku (priemerné hodnoty) pre jednotlivé geologické celky

Geologický celok	REC	REC1526	REI	REI2125
1-6 celky spolu	267,00	92,29	795,60	416,45
paleozoikum	285,44	99,96	838,09	495,93
kryštalinikum	294,87	99,84	836,64	438,91
karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén	256,83	91,20	733,24	376,07
karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén	242,94	90,60	714,37	336,76
flyšový paleogén	255,91	84,47	771,38	426,91
neovulkanity	298,27	107,52	920,71	432,83



Poznámka: Číslo v zátvorke uvádza počet obcí v danom geologickom celku.

Obr. 17: Rozdelenie obcí na Slovensku do ôsmich geologických celkov (Rapant et al., 2013)

Najnižšiu úmrtnosť na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia sme determinovali u ľudí, ktorí žijú na pôdach vyvinutých na flyšovom paleogéne a karbonaticko-silikátovom mezozoiku s paleogénom. Ich chemické zloženie pôd (Tab. 19) sa nevyznačuje vysokým alebo nízkym obsahom makroprvkov (okrem horčíka vo flyšovom paleogéne, kde je jeho výskyt pomerne nízky) v porovnaní s parametrami pôd zvyšných geologických prostredí.

9.2 Matematicko-štatistická analýza trendov medzi hodnotenými makroprvkami v pôde na ukazovatele úmrtnosti na kardiovaskulárne a rakovinové ochorenia

Určenie trendov medzi obsahmi makroprvkov, obsahov karbonátov a jednotlivými úmrtnosťami bolo definované štatistickými metódami pre všetky obce na Slovensku komplexne. Následne sme hľadali trendy závislostí medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi aj v čiastkových analýzach, ktoré boli definované pre obce ležiace na pôdach jednotlivých geologických celkov a to: pre obce ležiace na paleozoiku, kryštaliniku, karbonatickom mezozoiku a paleogéne, karbonaticko-silikátovom mezozoiku a paleogéne, flyšovom paleogéne a na neovulkanitoch.

9.2.1 Geologické celky spoločne

Pearsonov a Spearmanov korelačný koeficient

Výsledky korelačnej analýzy Pearsonovho a Spearmanovho korelačného koeficienta sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách, do ktorých sme zahrnuli len štatisticky významné závislosti (kompletný výsledok analýz je uvedený v prílohách).

Do korelačnej analýzy, zahrňujúcej všetky parametre pôd všetkých geologických celkov, sme použili priemerné hodnoty vybraných environmentálnych a zdravotných indikátorov pre 1671 obcí (Tab. 21). Tento súbor indikátorov predstavoval najpočetnejšiu vstupnú databázu s najvariabilnejšími dátami. Z tohto dôvodu sme očakávali nižšie korelačné koeficienty poukazujúce na závislosti medzi zdravotným stavom a geochemickým pozadím pôd. Na druhej strane tieto určené trendy by nemali byť ovplyvnené štatistickou chybou, ktorá zvyčajne nastáva u dvoch zvyšujúcich sa premenných, medzi ktorými býva určený stochastický vzťah.

Z tab. 21 je zrejmé, že horčík a karbonáty v pôde pôsobia pozitívne na úmrtia na všetky kardiovaskulárne ochorenia. Štatisticky významné korelačné koeficienty sa potvrdili aj medzi obsahom vápnika, sodíka a karbonátov voči úmrtiu vyvolanom ischemickým

ochorením srdca. Tieto korelačné koeficienty nedosahujú vysoké hodnoty (do $R_{\text{Spearman}} = -0,207$) a určujú negatívnu závislosť, ktorú môžeme vysvetliť tak, že nízka relatívna úmrtnosť na vybrané ochorenia sa nachádza u ľudí žijúcich na pôdach, ktoré sú bohatšie na obsahy vápnika, horčíka, karbonátov a sodíka.

Do štatistickej analýzy sme zapojili pôdnu reakciu pH, ktorá sa preukázala byť ako ďalší významný pôdny parameter voči ReI (aj ReI21-25). Za štatisticky významný pôdny parameter v tejto analýze nie je uvedený draslík. Závislosť medzi obsahom draslíka sa štatisticky nepotvrdila ani pri úmrtnosti na kardiovaskulárne a rakovinové ochorenia.

Za štatisticky preukázané ako významné parametre v pôde vo vzťahu k úmrtiam na rakovinové ochorenia neboli matematicky určené žiadne obsahy makroprvkov a karbonátov. Hoci korelačná analýza určila negatívne korelačné koeficienty pre obsah sodíka a karbonátov, ich závislosti sú slabé pri porovnaní so zvyšnými hodnotami R (Tab. 21).

Tab. 21: Štatisticky významné korelačné koeficienty medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi - pre všetky geologické celky (pokračovanie v Prílohe 1)

1-6 geologické celky spolu	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r^2	t	p	α
ReC & Na	-0,060	-2,448	0,014	*	-0,076	0,006	-3,129	0,002	**
ReC & pH _{KCl}	-0,067	-2,741	0,006	**	-0,077	0,006	-3,166	0,002	**
ReC & karbonáty	-0,087	-3,553	0,000	***	-0,047	0,002	-1,914	0,056	
ReI & Ca	-0,059	-2,424	0,015	*	-0,053	0,003	-2,161	0,031	*
ReI & Mg	-0,113	-4,636	0,000	***	-0,054	0,003	-2,216	0,027	*
ReI & Na	-0,076	-3,113	0,002	**	-0,071	0,005	-2,907	0,004	*
ReI & pH _{KCl}	-0,133	-5,465	0,000	***	-0,103	0,011	-4,238	0,000	***
ReI & karbonáty	-0,207	-8,646	0,000	***	-0,078	0,006	-3,194	0,001	**
ReI2125 & Ca	-0,152	-6,264	0,000	***	-0,113	0,013	-4,667	0,000	***
ReI2125 & Mg	-0,144	-5,953	0,000	***	-0,096	0,009	-3,948	0,000	***
ReI2125 & Na	-0,149	-6,166	0,000	***	-0,118	0,014	-4,873	0,000	***
ReI2125 & pH _{H2O}	-0,129	-5,332	0,000	***	-0,141	0,020	-5,834	0,000	***
ReI2125 & pH _{KCl}	-0,196	-8,180	0,000	***	-0,194	0,037	-8,063	0,000	***
ReI2125 & karbonáty	-0,245	-10,322	0,000	***	-0,127	0,016	-5,215	0,000	***

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r^2 -významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Neurónové siete

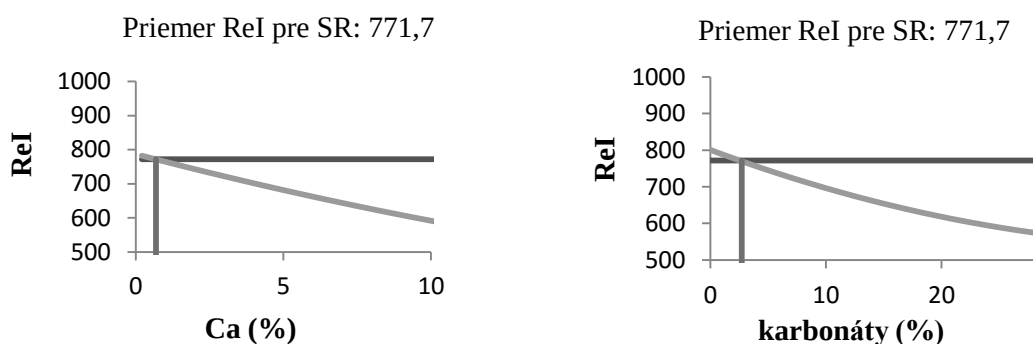
Vypočítané neurónové siete nepreukázali významný vplyv ani jedného z vybraných makroprvkov a obsahu karbonátov na relatívnu úmrtnosť na všetky *kardiovaskulárne ochorenia* (Tab. 22). I keď si môžeme všimnúť, že obsah sodíka, vápnika a karbonátov sa umiestnili medzi desať najvplyvnejších prvkov z celého súboru pôdnych parametrov, nedosahujú vysoké korelačné závislosti a ani koeficienty citlivosti. Limitné koncentrácie obsahov vápnika a karbonátov v pôde bolo možné určiť, a to len ich najnižšie potrebné koncentrácie (Obr. 18).

Tab. 22: Poradie vplyvných pôdnych prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI – všetky geologické celky

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislostí	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	pH_{KCl}	1,004	0,993	-	-	-	-	konvexná parabola	3,20	7,97
2.	Na^*	1,004	0,850	nedá sa určiť	nedá sa určiť	-	-	konvexná parabola	0,40	1,73
3.	Fe^*	1,002	0,999	-	2,63	-	1,59	konvexná parabola	1,30	5,35
4.	P^*	1,001	0,995	0,07	-	0,15	-	konvexná parabola	0,04	0,17
5.	Mn^*	1,001	0,994	0,08	-	-	-	konkávna parabola	0,03	0,21
6.	$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	1,001	0,975	6,39	-	-	-	konvexná parabola	4,13	8,15
7.	Ca^*	1,001	0,999	0,68	-	-	-	konvexná parabola	0,22	9,62
8.	karb.*	1,001	0,255	2,71	-	-	-	konvexná parabola	0,00	28,12
9.	Al^*	1,000	0,932	4,11	6,39	4,46	6,04	konvexná parabola	3,40	9,12
10.	V^{**}	1,000	0,357	-	81,66	-	-	konvexná parabola	21,83	189,33

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg^{-1}

Najnižšie limitné obsahy boli určené ako hraničné koncentrácie vápnika (0,68% v pôde) a karbonátov (2,71% v pôde) v pôdach, na ktorých bol čo najnižší výskyt ReI u ľudí (alebo nižší ako je priemer ReI pre celé Slovensko 771,7).



Obr. 18: Závislosť ReI na obsahu vápnika a karbonátov v pôde

V prípade obsahov sodíka nebolo možné matematicky určiť ani limitné, ani optimálne koncentrácie. Ako vplyvnejší pôdny parameter voči relatívnej úmrtnosti na ischemické ochorenie srdca sa preukázal obsah sodíka. Zaznamenali sme vyššie koeficienty korelácie a citlivosti (v porovnaní s ReI), avšak nie sú dostatočne významné na to, aby sme im priradili významnosť (Tab. 23). Z tých pôd, na ktorých je u obyvateľov výskyt ReI21-25 nižší ako je priemer pre SR, sme určili najvyšší limitný obsah sodíka 1,22% v pôde. Horčík, vápnik a draslík patria do skupiny desiatich najvplyvnejších prvkov v pôde spomedzi všetkých pôdnych parametrov, avšak nie sú samé o sebe dôležité vo vzťahu k priaznivému stavu ReI21-25 u ľudí. Boli im matematicky určené limitné a optimálne obsahy a to: pre Mg minimálny obsah 0,79% v pôde a optimálny obsah Mg v rozmedzí od 1,83-2,79%, pre Ca bol určený minimálny limitný obsah 0,64% v pôde a pre K sme určili maximálny limitný obsah 1,89% v pôde pre dobrý stav ReI21-25 u obyvateľov.

Tab. 23: Poradie vplyvných pôdnych prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI21-25 – všetky geologické celky

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	pH _{KCl}	1,023	1,000	5,41	-	-	-	konvexná parabola	3,20	7,97
2.	Na*	1,021	0,958	-	1,12	-	-	konkávna parabola	0,40	1,73
3.	P*	1,012	0,744	0,04	-	0,12	0,15	konvexná parabola	0,04	0,17
4.	²²² Rn***	1,012	0,459	-	-	26,03	40,58	konvexná parabola	4,39	76,26
5.	Fe*	1,010	0,981	4,34	-	-	-	konkávna parabola	1,30	5,35
6.	Mg*	1,005	0,959	0,79	-	1,83	2,79	konvexná parabola	0,25	2,97
7.	Ca*	1,005	0,991	0,64	-	-	-	konvexná parabola	0,22	9,62
8.	K*	1,004	0,999	-	1,89	-	-	konvexná parabola	1,09	2,62
9.	Ba**	1,003	0,902	-	-	280,07	411,78	konvexná parabola	214,97	729,25
10.	V**	1,003	0,622	-	-	-	-	konkávna parabola	21,83	189,33

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹, pre *** v Bq.l⁻¹

Tab. 24: Poradie vplyvných pôdnych prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC – všetky geologické celky

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Fe*	1,006	0,995	-	2,89	-	-	konvexná parabola	1,30	5,35
2.	pH _{KCl}	1,002	0,982	4,80	7,42	5,20	7,02	konvexná parabola	3,20	7,97
3.	pH _{H2O}	1,002	0,190	nedá sa určiť	nedá sa určiť	-	-	konkávna parabola	4,13	8,15
4.	V**	1,002	0,881	-	94,33	32,97	65,01	konvexná parabola	21,83	189,33
5.	Na*	1,002	0,802	1,14	1,60	1,21	1,53	konvexná parabola	0,40	1,73
6.	Ca*	1,001	0,963	-	3,66	-	-	konvexná parabola	0,22	9,62
7.	Al*	1,001	0,980	5,37	8,07	5,93	7,51	konvexná parabola	3,40	9,12
8.	karb.*	1,001	0,255	-	4,40	-	-	konkávna parabola	0,00	28,12
9.	Ba**	1,001	0,992	-	399,08	-	-	konvexná parabola	214,97	729,25
10.	Mg*	1,001	0,357	0,87	-	-	-	konvexná parabola	0,25	2,97

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Výsledky neurónových sietí nepreukázali žiadnu významnú závislosť chemických prvkov pre úmrtnosti *na rakovinové ochorenia* (Tab. 24), ani na rakovinové ochorenia tráviacej sústavy (Tab. 25).

Podobne ako pre ostatné zdravotné ukazovatele, sodík, vápnik, karbonáty a horčík sa zaradili medzi desať najvplyvnejších pôdných parametrov na ReC, avšak koeficienty ich citlivosti oproti všetkým chemickým prvkom v pôde nevykazovali výrazné rozdiely. I keď významnosť týchto prvkov nebola štatisticky potvrdená, boli určené ich limitné a optimálne obsahy v pôde, na ktorej zomierali ľudia menej na rakovinové ochorenia ako bol priemer úmrtností pre celé Slovensko. Tieto priaznivé pôdy, na ktorých žili ľudia s nízkym výskytom ReC a ReC15-26, by mali obsahovať optimálne obsah Na medzi 1,21 a 1,53%, minimálne 0,85% a maximálne 3,66% Ca, maximálne 4,40% karbonátov a minimálne 0,87% Mg.

Tab. 25: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC15-26 – všetky geologické celky

p.	prvok	S _r	R ²	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislostí	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Fe*	1,002	0,682	2,33	-	-	-	konkávna parabola	1,30	5,35
2.	Mg*	1,001	0,842	-	-	-	-	konvexná parabola	0,25	2,97
3.	Ca*	1,001	0,972	0,85	-	-	-	konvexná parabola	0,22	9,62
4.	Al*	1,003	0,853	-	-	-	-	konvexná parabola	3,40	9,12
5.	Ba**	1,002	0,977	365,92	-	-	-	konkávna parabola	214,97	729,25
6.	pH _{H2O}	1,001	0,666	5,22	6,58	5,09	-	konvexná parabola	4,13	8,15
7.	karb.*	1,000	0,961	-	-	-	-	konkávna parabola	0,00	28,12
8.	V**	1,000	0,357	-	-	69,73	-	konvexná parabola	21,83	189,33
9.	Hg**	1,001	1,000	-	-	-	-	konkávna parabola	0,03	15,19
10.	Be**	1,001	0,998	-	1,35	-	-	konkávna parabola	0,43	2,38

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R² – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Výsledky štatistických metód nepreukázali výrazný vplyv a ani nepoukázali na významné trendy medzi hodnotenými obsahmi makroprvkov, obsahu karbonátov na úmrtnosť na kardiovaskulárne a rakovinové ochorenie. Určitú závislosť si môžeme všimnúť pre karbonáty, vápnik, sodík, horčík a pôdnu rekáciu pH ako pôdne parametre, ktoré sa preukázali štatisticky významnejšie na priaznivý stav úmrtnosti u ľudí, avšak nedokážeme im priradiť vyššiu dôležitosť oproti iným parametrom v pôde, ktoré sme bližšie v práci neanalyzovali (Fe, Al, P, Ba, ...).

9.2.2 Paleozoikum

Chemické zloženie pôd vyvinutých na paleozoiku sú uvedené v tab. 19. V týchto pôdach boli určené najvyššie obsahy draslíka a naopak, nachádzajú sa v nich nižšie obsahy vápnika, horčíka a karbonátov. Priemerné hodnoty ReI a ReC u ľudí, žijúcich na týchto pôdach, sú vyššie ako hodnoty pre všetky geologické celky dohromady (Tab. 20).

Pearsonov a Spearmanov korelačný koeficient

Obsah draslíka v pôde voči relatívnej úmrtnosti vyvolanej ischemickým ochorením srdca sa preukázal ako štatisticky významný pre všetky obce ležiace na paleozoiku (počet obcí 100). Oba korelačné koeficienty preukazujú pozitívne hodnoty, ktoré by mali hovoriť o zvyšujúcej sa úmrtnosti u ľudí ($R_{\text{Pearson}} = 0,204$ na 95%-hladine významnosti), ktorí žijú na pôdach bohatých na draslík (Tab. 26). Domnievame sa, že v tomto prípade ide skôr o stochastickú závislosť, ktorá bola určená na základe vyšších obsahov draslíka v pôde (tieto pôdy sú spravidla chudobnejšie na obsahy vápnika a horčíka). Ďalšie štatisticky významné korelačné vzťahy medzi pôdnymi obsahmi makroelementov a úmrtnosťou sa nepotvrdili.

Tab. 26: Štatisticky významné korelačné koeficienty medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi – paleozoikum (pokračovanie v Prílohe 2)

paleozoikum	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r^2	t	p	α
ReI2125 & K	0,167	1,681	0,096		0,204	0,042	2,062	0,042	*

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r^2 -významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Neurónové siete

Z výsledkov neurónových sietí, počítaných pre obce vyvinuté na paleozoiku, sa za významné preukázali: najmä draslík (s určeným maximálnym obsahom 1,63%), obsah karbonátov a za menej vplyvné parametre: pôdna reakcia pôdy a obsah sodíka voči relatívnej úmrtnosti na všetky kardiovaskulárne ochorenia (Tab. 27).

I keď si môžeme všimnúť, že za štatisticky najvýznamnejší bol určený obsah chrómu, pri detailnejšom pohľade na jeho distribúciu v týchto pôdach je nutné dodať, že práve v pôdach paleozoika dosahuje najnižšie priemerné koncentrácie v porovnaní s pôdami, vyvinutými na iných geologických celkoch.

Tab. 27: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI – paleozoikum

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Cr**	1,110	0,998	-	42,47	-	-	konvexná parabola	8,35	111,64
2.	K*	1,109	0,992	-	1,63	-	-	konvexná parabola	1,48	2,62
3.	karb.*	1,089	0,979	-	0,01	-	-	konkávna parabola	0,00	5,73
4.	Pb**	1,085	0,978	-	362,82	-	-	konvexná parabola	14,67	1054,13
5.	pH _{H2O}	1,075	0,777	-	-	4,16	-	konvexná parabola	4,16	7,52
6.	Sb**	1,068	0,871	-	-	-	-	konvexná parabola	0,43	668,47
7.	Zn**	1,063	0,998	-	193,27	-	-	konkávna parabola	47,35	243,19
8.	Mo**	1,049	0,675	-	-	-	-	konvexná parabola	0,44	1,01
9.	Na*	1,041	0,999	-	-	-	-	konkávna parabola	0,51	1,22
10.	pH _{KCl}	1,033	0,934	-	-	-	-	konvexná parabola	3,20	6,52

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Domnievame sa, že nejde o prístupnú formu Cr, ktorá by mohla aj prostredníctvom miestnej rastlinnej potravy vplývať na vyššiu úmrtnosť u miestnych obyvateľov. V tomto prípade pravdepodobne ide o stochastickú závislosť - aj draslík bol určený za významný z dôvodu jeho vysokého obsahu v týchto pôdach (podobne ako pri Pearsonovom korelačnom koeficiente v tab. 26).

V opačnom trende je to v prípade karbonátov, ktoré sa v týchto pôdach vyskytujú v prirodzene nízkych koncentráciách a bola určená len jeho maximálna limitná hodnota 0,01%. Tu sa opäť domnievame, že ide len o stochastický vzťah, keďže by sme skôr predpokladali určenie minimálnych limitných a optimálnych hodnôt.

Tab. 28: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI21-25 – paleozoikum

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Fe*	1,099	0,987	-	4,00	-	-	konkávna parabola	2,04	4,26
2.	Pb**	1,051	0,996	-	-	-	-	konkávna parabola	14,67	1054,13
3.	Be**	1,045	0,872	1,94	-	-	-	konkávna parabola	1,11	2,38
4.	P*	1,039	0,827	0,06	0,11	0,08	-	konvexná parabola	0,06	0,13
5.	As**	1,036	0,998	68,10	-	-	-	konvexná parabola	5,19	727,52
6.	Cr**	1,035	0,999	-	49,42	-	-	konkávna parabola	8,35	111,64
7.	karb.*	1,032	0,998	-	2,14	-	-	konkávna parabola	0,00	5,73
8.	pH _{H2O}	1,032	0,938	-	5,39	-	-	konvexná parabola	4,16	7,52
9.	Co**	1,029	0,999	-	-	-	-	konvexná parabola	4,80	43,33
10.	Al*	1,028	0,996	-	6,61	-	-	konvexná parabola	5,09	9,12

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Podrobnejší pohľad na prvky vplývajúce na úmrtnosť ľudí na kardiovaskulárne ochorenie vyvolanej ischemickým ochorením srdca je zaznamenaný v tab. 28. V porovnaní s predchádzajúcimi výsledkami (Tab. 27) opäť hodnoteným vplyvným prvkov sa preukázal

obsah karbonátov, avšak v tejto analýze bola určená vyššia horná limitná hranica z 0,01% na 2,14% v pôde.

Obsah chrómu aj pri tomto type úmrtnosti bol určený za vplyvný, avšak za vplyvnejšie prvky boli určené aj iné pôdne parametre (Fe, Pb, Be, P, As). V pôdach vyvinutých na horninách paleozoika sa nepreukázal významný trend hodnotených makroprvkov a karbonátov na úmrtnosť *na rakovinové ochorenia* u ľudí, ktorí žijú na týchto pôdach.

V tab. 29 sa za vplyvné prvky určila najmä pôdna reakcia pH, chróm (podobne ako pri predchádzajúcej úmrtnosti na kardiovaskulárne ochorenia), molybdén, fluór, draslík (i keď dosahuje nízke koeficienty citlivosti) a iné.

Tab. 29: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC – paleozoikum

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	pH _{H2O}	1,325	0,619	-	-	-	-	konkávna parabola	4,16	7,52
2.	pH _{KCl}	1,245	0,631	-	-	-	-	konkávna parabola	3,20	6,52
3.	Cr**	1,104	0,998	-	43,00	-	-	konvexná parabola	8,35	111,64
4.	Mo**	1,085	0,750	-	-	-	-	konvexná parabola	0,44	1,01
5.	F**	1,058	0,999	319,09	-	-	-	konkávna parabola	233,96	653,11
6.	K*	1,047	0,985	-	-	-	-	konvexná parabola	1,48	2,62
7.	Zn**	1,036	0,614	-	-	90,62	-	konvexná parabola	47,35	243,19
8.	Al*	1,026	0,533	-	-	-	-	konkávna parabola	5,09	9,12
9.	P*	1,021	0,955	0,08	-	0,09	-	konvexná parabola	0,06	0,13
10.	Fe*	1,020	0,998	4,01	-	-	-	konvexná parabola	2,04	4,26

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Medzi prvými desiatimi vplyvnými parametrami pre úmrtnosť u ľudí na rakovinové ochorenie tráviaceho traktu sa umiestnil sodík, pôdna reakcia pH a obsah karbonátov.

Tab. 30: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC15-26 – paleozoikum

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Al*	1,036	0,999	-	-	-	-	konvexná parabola	5,09	9,12
2.	Pb**	1,036	0,933	-	-	-	-	konvexná parabola	14,67	1054,13
3.	Cr**	1,029	1,000	48,59	-	-	-	konkávna parabola	8,35	111,64
4.	As**	1,029	0,989	-	-	456,79	-	konvexná parabola	5,19	727,52
5.	Be**	1,028	0,973	-	-	-	-	konkávna parabola	1,11	2,38
6.	Se**	1,027	0,990	0,21	-	-	-	konkávna parabola	0,08	0,27
7.	Na*	1,027	0,999	-	-	-	-	konkávna parabola	0,51	1,22
8.	Ba**	1,026	0,919	-	-	0,63	-	konvexná parabola	275,70	722,61
9.	pH _{H2O}	1,016	0,957	4,21	-	-	-	konkávna parabola	4,16	7,52
10.	karb.*	1,015	0,890	-	-	-	-	konvexná parabola	0,00	5,73

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Pri tejto analýze sú zaznamenané najnižšie koeficienty korelácie a citlivosti a tak aj vplyvnosť jednotlivých prvkov v pôde nie je významný (Tab. 30). Hodnotené makroelementy a obsah karbonátov v pôdach vyvíjajúcich sa na paleozoiku sa výrazne nepreukázali za vplyvné parametre oproti ostatným prvkom v pôde. I keď obsahy karbonátov, draslíka, sodíka a reakcia pôdy pH boli štatisticky umiestnené medzi prvými desiatimi najvplyvnejšími parametrami vplývajúcimi na oba typy úmrtností u miestnych obyvateľov, ich samostatná významnosť nebola signifikantná.

V prípade analýzy vplyvov makroprvkov z pôd na zdravotný stav miestnych obyvateľov je nutné poznať formy, v akých sa pôdne makroprvky nachádzajú a z akých hornín pochádzajú. Samotné vyššie obsahy prvkov v pôde nemusia byť považované za škodlivé alebo zdraviu prospešné, pokiaľ sa nachádzajú v neprístupných formách. Obsah draslíka v pôdach paleozoika odzrkadľuje výskyt alumosilikátov v bridliciach, fylitoch a svoroch. Navyše vysoké obsahy draslíka a menej sodíka sú obsiahnuté aj v sekundárnych mineráloch (napr. illit), ktoré vznikli procesom zvetrávania muskovitu a biotitu. Z priemerných hodnôt obsahov makroprvkov môžeme tieto pôdy priradiť k chudobnejším pôdam na obsahy vápnika a horčíka. Predpokladáme, že pôdy vyvinuté na paleozoiku sú viazané na metasedimenty – premenené vápence a dolomity, ktoré obsahujú rekryštalizovaný kalcit a dolomit. Hodnotené makroprvky z týchto premenených karbonátových hornín prechádzajú do procesu zvetrávania porovnateľne pomalšie, ako by to bolo v prípade karbonátových hornín neovplyvnených metamorfózou.

Prevládajúcimi pôdnymi typmi v paleozoiku sú prevažne kyslé pôdy a to: kambizeme dystrické, kambizeme typické, kambizeme kyslé a lokálne vo vyššie položených miestach s vyšším úhrnom zrážok aj výskytom podzolov kambizemných (Čurlík, 2011). Na spevnených silikátových horninách svahov, kde neprebíha akumulácia organickej hmoty, sa lokálne zachovali aj rankre (prírodzene sa vyvíjajúce na kambizeme). Tieto pôdy sú prevažne chudobné na vápnik a horčík a keďže sa vytvorili najmä vo vysokohorských polohách, je tu predpoklad vyššieho premyvneho režimu prostredníctvom zrážok, následného vylúhovania a odnosu alkalických iónov. V prípade veľmi plytkých pôd, ktoré vznikli na pôdotvornom substráte bohatom na slúdy (fylity a svory), môžeme zaznamenať veľmi vysoké obsahy draslíka.

9.2.3 Kryštalínium

Pôdy vyvinuté na kryštalíniku sú bohaté na sodík a draslík, majú kyslejšiu pôdnu reakciu a priemerne nižšie obsahy vápnika a horčíka v porovnaní s inými geologickými celkami (Tab. 19). Podľa hodnôt relatívnej úmrtnosti možno povedať, že tu ľudia zomierajú častejšie na oba typy ochorení, ako je pre všetky sledované obce (Tab. 20). Do korelačnej analýzy pre pôdy vyvinuté na kryštalíniku bolo zahrnutých 114 obcí.

Pearsonov a Spearmanov korelačný koeficient

Štatisticky významným makroprvkom sa opäť aj pre pôdy vyvinuté na kryštalíniku ukázal draslík (Tab. 31). Vykazuje najväčšiu závislosť pre všetky typy úmrtností na srdcovo-cievne a rakovinové ochorenia. Taktiež obsah sodíka bol štatisticky určený ako signifikantný makroprvok vo vzťahu k úmrtnosti na všetky kardiovaskulárne ochorenia ($R_{\text{Spearman}} = 0,26$ na 99%-hladine významnosti) a spoločne s vyšším obsahom draslíka ich prítomnosť v pôde vedie k zhoršenému zdravotnému stavu miestnych obyvateľov.

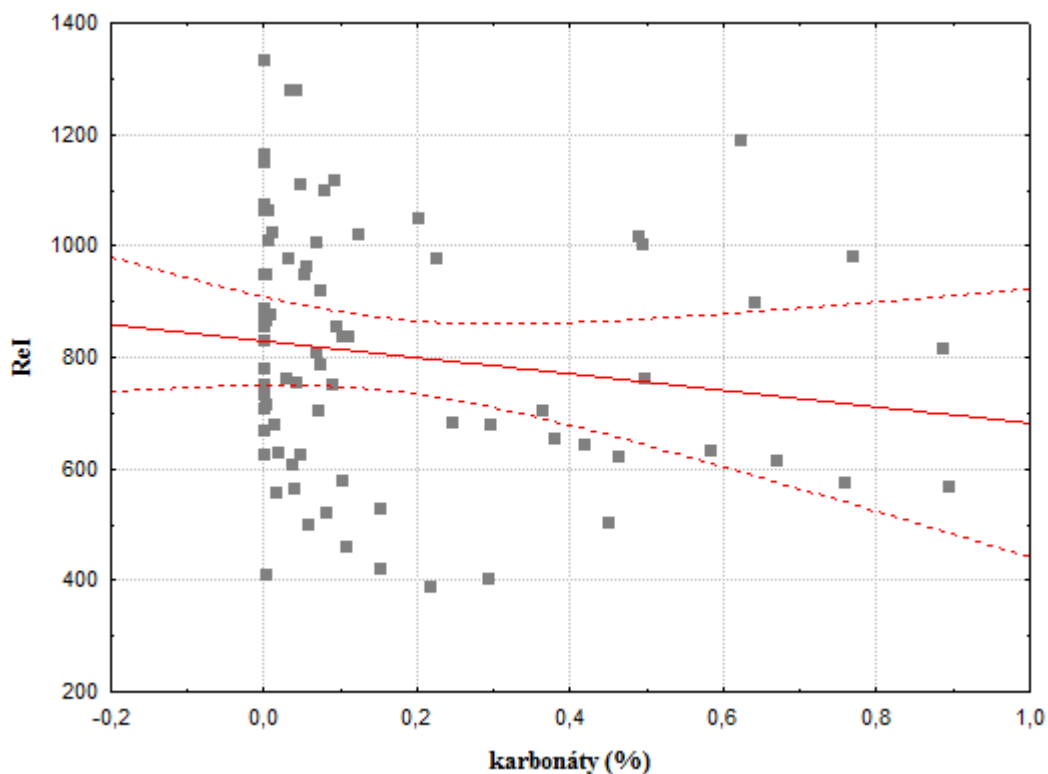
Tab. 31: Štatisticky významné korelačné koeficienty medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi – kryštalínium (pokračovanie v Prílohe 3)

kryštalínium	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r ²	t	p	α
ReC & K	0,277	3,047	0,003	**	0,316	0,100	3,531	0,001	***
ReC & pH _{KCl}	-0,199	-2,155	0,033	*	-0,167	0,028	-1,790	0,076	
ReC1526 & K	0,087	0,923	0,358		0,203	0,041	2,198	0,030	*
ReC1526 & pH _{KCl}	-0,160	-1,718	0,089		-0,208	0,043	-2,247	0,027	*
ReI & K	0,317	3,536	0,001	***	0,337	0,114	3,791	0,000	***
ReI & Na	0,260	2,852	0,005	**	0,198	0,039	2,143	0,034	*
ReI & pH _{KCl}	-0,190	-2,052	0,043	*	-0,198	0,039	-2,137	0,035	*
ReI & karbonáty	-0,327	-3,657	0,000	***	-0,181	0,033	-1,944	0,054	
ReI2125 & K	0,220	2,390	0,019	*	0,236	0,056	2,572	0,011	*
ReI2125 & karbonáty	-0,302	-3,355	0,001	**	-0,119	0,014	-1,265	0,209	

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r²-významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Úmrtnosť obyvateľov na všetky kardiovaskulárne ochorenia bola nižšia na pôdach kryštalínika, ktoré obsahovali vyšší obsah karbonátov ($R_{\text{Spearman}} = -0,327$ na 99,9%-hladine významnosti pre ReI, Obr. 19). Vyššie úmrtia u ľudí na rakovinové ochorenia možno zaznamenať na pôdach s vyššími obsahmi draslíka ($R_{\text{Spearman}} = 0,277$ na 99%-hladine

významnosti pre ReC, i keď v tomto prípade môžeme uvažovať opäť o stochastickej závislosti (zvyšujúce sa obe premenné).



Obr. 19: Závislosť medzi obsahom karbonátov v pôde a relatívnou úmrtnosťou na všetky kardiovaskulárne ochorenia - kryštalinikum

Neurónové siete

Analýza neurónových sietí pre obce ležiace na pôdach vyvinutých na kryštaliniku poukázala na významnosť hodnotených makroprvkov najmä pre sodík, menej draslík a obsah karbonátov. V prípade vplyvu pôdnej reakcie pH je zaujímavé, že vystupuje ako vplyvný parameter pri každej analýze pre sledované všetky typy úmrtnosti (podobne aj korelačné koeficienty v tab. 31 sú relatívne vysoké). Sodík v pôdach sa preukázal ako vplyvný voči úmrtnosti na všetky kardiovaskulárne ochorenia (Tab. 32) a bola určená jeho minimálna limitná hranica (0,97% v pôde). I keď výsledné korelačné koeficienty a koeficienty citlivosti sú relatívne vyššie (pre sodík $R=0,998$ s $S_r=1,072$) pre desať najvplyvnejších prvkov, nedosahujú sami o sebe významnú dôležitosť pre sledovanú úmrtnosť.

Najvplyvnejším chemickým prvkom sa v tomto prípade matematicky určil hliník ($R=1,0000$ s $S_r=1,115$).

Tab. 32: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI – kryštalínium

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Al*	1,115	1,000	6,59	-	-	-	konkávna parabola	5,04	9,10
2.	Na*	1,072	0,998	0,97	-	-	-	konkávna parabola	0,52	1,73
3.	Cd**	1,049	0,999	-	-	-	-	konkávna parabola	0,12	2,70
4.	Cr**	1,047	0,995	102,80	-	-	-	konvexná parabola	34,59	153,43
5.	P*	1,046	0,999	0,11	-	-	-	konvexná parabola	0,05	0,13
6.	Mn*	1,045	1,000	-	0,06	-	-	konvexná parabola	0,05	0,13
7.	Ni**	1,042	0,998	35,91	-	-	-	konvexná parabola	10,72	44,42
8.	Ba**	1,041	1,000	-	472,56	-	-	konvexná parabola	308,54	729,25
9.	pH _{KCl}	1,038	1,000	5,25	-	-	-	konvexná parabola	3,73	7,02
10.	Mo**	1,030	1,000	0,89	-	-	-	konvexná parabola	0,34	1,67

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg^{-1}

V tab. 33 si môžeme opäť všimnúť obsah sodíka a pôdnej reakcie pH ako štatisticky najvplyvnejšie parametre voči čiastkovej úmrtnosti na ischemické ochorenie srdca (hoci je významnosť koeficientov veľmi nízka).

V prípade sodíka boli určené aj limitné hodnoty: minimálna (1,34%) a maximálna (1,55%), pričom limitná minimálna hodnota oproti predchádzajúcej analýze vzrástla z 0,97% na 1,34% v pôde. Obsahy sodíka, draslíka a hodnota pôdnej reakcie pH vystupovali v tab. 31 ako štatisticky významné.

Tab. 33: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI21-25 – kryštalínium

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Hg**	1,014	0,993	0,15	-	-	-	konkávna parabola	0,06	3,10
2.	Ba**	1,010	1,000	520,27	-	-	-	konkávna parabola	308,54	729,25
3.	Fe*	1,007	1,000	2,98	-	-	-	konkávna parabola	2,14	4,23
4.	Sb**	1,006	0,900	3,38	33,80	-	-	konkávna parabola	0,50	39,00
5.	pH _{KCl}	1,006	0,423	-	-	-	-	konkávna parabola	3,73	7,02
6.	²²² Rn***	1,006	0,995	-	36,35	-	-	konvexná parabola	12,13	45,11
7.	Na*	1,006	0,815	1,34	1,55	-	-	konkávna parabola	0,52	1,73
8.	Mn*	1,005	0,983	0,08	0,12	-	-	konkávna parabola	0,05	0,13
9.	Se**	1,004	0,999	-	-	-	-	konkávna parabola	0,08	0,42
10.	Cu**	1,003	0,992	40,61	-	-	-	konkávna parabola	7,60	250,50

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg^{-1} , pre *** v Bq.l^{-1}

Podobne sa s nimi stretávame aj v prípade výsledkov v tab. 34 a 35 pre určenie vplyvu parametrov *na úmrtnosť na všetky rakovinové ochorenia* a špeciálne na nádory tráviacej sústavy.

Tab. 34: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC – kryštalínium

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislostí	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	pH _{KCl}	1,030	1,000	-	4,51	-	-	konkávna parabola	3,73	7,02
2.	Na*	1,029	0,967	-	1,26	-	-	konvexná parabola	0,52	1,73
3.	Ba**	1,021	0,988	-	572,20	-	-	konvexná parabola	308,54	729,25
4.	Pb**	1,020	0,997	30,61	-	-	-	konvexná parabola	17,33	72,45
5.	K*	1,018	0,998	1,86	-	-	-	konkávna parabola	1,29	2,35
6.	F**	1,017	0,983	-	336,21	-	-	konvexná parabola	253,59	840,51
7.	Mo**	1,014	0,646	-	-	0,49	-	konvexná parabola	0,34	1,67
8.	Ni**	1,011	0,955	-	24,14	-	-	konkávna parabola	10,72	44,42
9.	Zn**	1,011	0,996	72,58	-	-	-	konvexná parabola	47,28	158,75
10.	Cu**	1,007	0,996	21,42	-	-	-	konvexná parabola	7,60	250,50

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica, dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Navyše pribudla závislosť obsahu karbonátov v pôde pre rakovinové ochorenia tráviacej sústavy (Tab. 35). Pri hodnotení vplyvnosti sledovaných makroprvkov a obsahu karbonátov nedosahujú tieto parametre významné koeficienty korelácie ani citlivosti a preto sa opäť domnievame, že ani v prípade pôd na kryštalíniku sa nepreukázala výrazná vplyvnosť makroprvkov na zdravotný stav u miestnych ľudí.

Tab. 35: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC15-26 – kryštalínium

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislostí	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	K*	1,028	0,999	1,66	-	-	-	konkávna parabola	1,29	2,35
2.	F**	1,023	1,000	-	-	-	-	konvexná parabola	253,59	840,51
3.	Na*	1,017	1,000	-	1,53	-	-	konkávna parabola	0,52	1,73
4.	Fe*	1,011	0,996	-	-	-	-	konvexná parabola	2,14	4,23
5.	Cd**	1,009	0,998	0,17	-	-	-	konkávna parabola	0,12	2,70
6.	karb.*	1,008	0,999	-	-	-	-	konkávna parabola	0,00	9,13
7.	pH _{H2O}	1,007	1,000	-	6,49	-	-	konkávna parabola	4,13	7,05
8.	V**	1,007	0,997	-	-	-	-	konvexná parabola	63,06	124,30
9.	Hg**	1,006	0,943	-	3,03	-	-	konkávna parabola	0,06	3,10
10.	Ba**	1,006	0,999	-	-	-	-	konkávna parabola	308,54	729,25

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Do analýzy sme začlenili ďalšie pôdne parametre tak, aby sme z tohto súboru prvkov predstavujúci chemizmus pôdy, dokázali určiť vyššiu významnosť makroprvkov a karbonátov od ostatných pôdných parametrov. V prípade pôd vyvinutých na kryštalíniku sa práve iné ako nami sledované chemické prvky prejavili ako vplyvné pôdne parametre na

zdravotný stav ľudí. Ako príklad môžeme uviesť hliník, kadmium a chróm, pri ktorých bola matematicky určená významnosť rovnako, ako pre hodnotené makroprvky, a tak im nemožno priradiť obzvlášť vyššiu významnosť. Pravdepodobne ich môžeme považovať v súbore všetkých pôdnych prvkov a parametrov za rovnako dôležité.

Chemizmus pôd, vyvinutých na kryštaliniku, sa spája s tektonicky zblíženými grantoidnými (tonality, diority) a metamorfovanými horninami s prítomnými mezozoickými komplexmi v obalových jednotkách (vápencovo-dolomitické horniny). Určité obsahy sodíka a draslíka v týchto pôdach sú viazané na magmatické a metamorfované horniny jadrových pohorí. Karbonátové komplexy v obalových jednotkách nesú vyššie obsahy vápnika a horčíka v porovnaní s ich obsahmi v granitoidných a metamorfovaných horninách kryštalinika. Litologické zloženie jadrových pohorí sa spája aj s ultrabázickými horninami (serpentinity – východná časť Spišsko-gemerského Rudohoria), prípadne s výskytom amfibolitov a gabroamfibolitov (Malé Karpaty, Slovenské Rudohorie,..), ktoré môžu ovplyvňovať chemické zloženie pôd na lokálnej úrovni.

Pôdy, ktoré vznikli na pôdnom substráte kryštalinika majú kyslý charakter (hodnoty pôdnej reakcie pH sú tu najkyslejšie spomedzi všetkých pôd ostatných geologických celkov). Sú to prevažne kyslé kambizeme, kambizeme dystrické, podzoly a rankre (Čurlík, 2011). Pôdy najvyšších nadmorských výšok sú zvyčajne plytké litozeme a rankre, ktoré prechádzajú cez rankre podzolové na podzoly. Vo všeobecnosti možno zaradiť tieto pôdy medzi minerálne chudobnejšie oproti iným pôdam: obsahujú nižšie obsahy vápnika a horčíka v porovnaní s pôdami, ktoré priamo vznikli na karbonátovom substráte alebo na sprašiach či karbonátových alúviách. Avšak majú pomerne vysoké obsahy sodíka, ktorý pochádza z pôdotvorného substrátu bohatého na plagioklas. Sú to pôdy nachádzajúce sa vo vysokohorskom prostredí, čo vedie k vyššiemu stupňu vylúhovania alkalických iónov z vrchných častí pôd a ich translokáciu do nižších častí pôd. Navyše s pribúdajúcou hĺbkou sa znižuje rozpad klastických minerálov plagioklasov, ktoré ostávajú v nezvetranej forme. Lokálne môžeme poukázať aj na také pôdy vyvinuté na kryštaliniku, ktoré obsahujú vysoké obsahy draslíka (pochádzajúci z niektorých granitoidných hornín).

9.2.4 Karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén

Pôdy vyvinuté na karbonatickom mezozoiku a bazálnom paleogéne sa vyznačujú najvyššími obsahmi vápnika, karbonátov a najvyššími hodnotami pôdnej reakcie spomedzi všetkých sledovaných pôd (pre 269 obcí). Majú nižšie priemerné obsahy sodíka a draslíka obsiahnutého v pôde (Tab. 19). Ak sa bližšie pozrieme na úmrtnosť na kardiovaskulárne a rakovinové ochorenia u ľudí žijúcich na týchto pôdach, nájdeme tu nižšie priemerné hodnoty pre všetky sledované zdravotné indikátory (Tab. 20) v porovnaní s hodnotami zdravotných indikátorov u ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na ostatných geologických celkoch.

Pearsonov a Spearmanov korelačný koeficient

Z výsledkov korelačných analýz v tab. 36 je zrejmé, že pôdy s vyšším obsahom horčíka sa spájajú s horším zdravotným stavom miestnych obyvateľov (korelačný vzťah nie je významne signifikantný).

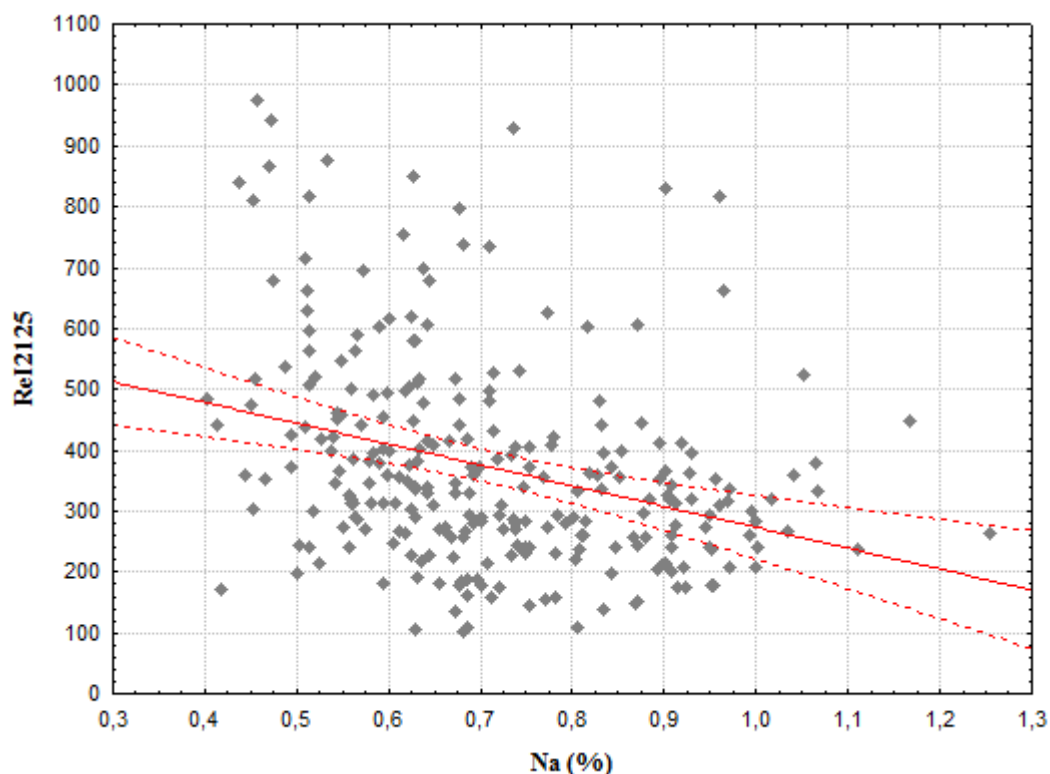
Tab. 36: Štatisticky významné korelačné koeficienty medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén (pokračovanie v Prílohe 4)

karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r ²	t	p	α
ReC1526 & Ca	-0,147	-2,421	0,016	*	-0,130	0,017	-2,142	0,033	*
ReI & Mg	0,069	1,137	0,257		0,130	0,017	2,149	0,033	*
ReI & Na	-0,274	-4,661	0,000	***	-0,250	0,063	-4,222	0,000	***
ReI2125 & Na	-0,359	-6,284	0,000	***	-0,306	0,094	-5,255	0,000	***

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r²-významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Najvplyvnejším pôdnym makroprvkom sa prejavil sodík, ktorý je v týchto pôdach obsiahnutý skôr v nízkych koncentráciách oproti pôdam vyvinutých na iných geologických celkoch a so zvyšovaním jeho obsahu v pôde sa znižuje úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia a ischemické ochorenia srdca u ľudí ($R_{\text{Spearman}} = -0,274$ na 99,9%-hladine významnosti pre ReI; $R_{\text{Spearman}} = -0,356$ na 99,9%-hladine významnosti pre ReI21-25, obr. 20).

Ďalšie závislosti medzi pôdnymi makroprvkami a parametrami pôdy na zvýšenú alebo zníženú úmrtnosť na všetky typy ochorení u ľudí, žijúcich na pôdach vyvinutých na karbonatickom mezozoiku a paleogéne, neboli určené.



Obr. 20: Závislosť medzi obsahom sodíka v pôde a relatívnou úmrtnosťou na ischemické ochorenia srdca - karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén

Neurónové siete

Korelačné koeficienty a koeficienty citlivosti vyrátané neurónovými sieťami sú nízke pre všetky určené najvplyvnejšie prvky, a tak nevykazujú ani obzvlášť vysokú významnosť ich vplyvu na úmrtia na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia u ľudí (Tab. 37-40).

Medzi vplyvnými prvkami na úmrtnosť ľudí na kardiovaskulárne ochorenie vystupuje sodík (Tab. 37), pre ktorý bola určená limitná minimálna hodnota 0,6% v pôde. Ďalším vplyvným makroprvkom sa preukázal draslík, avšak nebolo možné matematicky určiť jeho limitné ani optimálne hodnoty pre dobrý stav ReI u ľudí.

Pre dobrý stav pri úmrtí ľudí na ischemické ochorenie srdca bola určená vyššia limitná minimálna hodnota sodíka v pôdach, a to 0,62% v pôde (Tab. 38), ako v prípade úmrtí na všetky kardiovaskulárne ochorenia. Navyše sa za ďalší vplyvný prvok voči ReI21-25 preukázal draslík, pre ktorý bol matematicky určený aj limitný obsah (minimálna hodnota

1,47%, maximálna hodnota 1,84%) a optimálny najnižší obsah 1,46% v pôde, na ktorej ľudia umierali v nízkych hodnotách ReI na ischemické ochorenie srdca oproti iným.

Tab. 37: Poradie vplyvných pôdnych prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	P*	1,033	1,000	-	0,06	-	-	konkávna parabola	0,05	0,14
2.	Na*	1,030	1,000	0,60	-	-	-	konvexná parabola	0,40	1,26
3.	Mo**	1,019	0,995	0,69	3,03	1,35	-	konvexná parabola	0,37	3,60
4.	Mn*	1,019	0,900	-	0,11	-	-	konvexná parabola	0,03	0,13
5.	Mg*	1,010	0,991	-	-	-	-	konvexná parabola	0,44	2,58
6.	Hg**	1,008	0,991	-	-	7,52	-	konvexná parabola	0,05	9,87
7.	V**	1,007	0,996	-	-	-	-	konkávna parabola	47,31	117,66
8.	Be**	1,006	0,885	-	-	-	-	konkávna parabola	0,84	2,15
9.	Sb**	1,006	0,981	-	-	-	-	konkávna parabola	0,43	71,48
10.	F**	1,006	0,998	-	639,47	-	-	konvexná parabola	220,21	999,92

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg^{-1}

Tab. 38: Poradie vplyvných pôdnych prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI21-25 – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	F**	1,023	0,999	618,57	-	-	-	konkávna parabola	220,21	999,92
2.	K*	1,014	0,980	1,47	1,84	1,46	-	konvexná parabola	1,09	2,16
3.	Na*	1,009	1,000	0,62	-	-	-	konvexná parabola	0,40	1,26
4.	Be**	1,007	0,942	1,20	1,59	1,18	-	konvexná parabola	0,84	2,15
5.	Zn**	1,004	0,974	-	-	-	-	konvexná parabola	52,00	150,91
6.	²²² Rn***	1,004	0,889	-	-	-	-	konkávna parabola	12,92	49,17
7.	Mn*	1,003	1,000	-	0,10	-	-	konvexná parabola	0,03	1,27
8.	P*	1,003	0,750	-	-	-	-	konkávna parabola	0,06	0,14
9.	Al*	1,003	0,993	-	6,83	-	-	konvexná parabola	4,24	7,60
10.	pH_{H2O}	1,003	0,873	-	-	-	-	konkávna parabola	4,43	7,46

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg^{-1} , pre *** v Bq.l^{-1}

Medzi významné parametre pre rakovinové ochorenia boli určené: pôdna reakcia pH, obsah horčíka a vápnika (Tab. 39).

Horčík sa v korelačnej analýze neprejavil ako významný pôdny parameter na rakovinové ochorenie u ľudí žijúcich na pôdach karbonatického mezozoika, ale v prípade analýzy neurónových sietí bol umiestnený ako šiesty vplyvný prvok a boli matematicky určené aj jeho limitné hodnoty (minimálna hodnota 0,89% a maximálna hodnota 2,16% v pôde).

Tab. 39: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Ba**	1,026	0,790	346,11	-	471,03	-	konvexná parabola	214,97	640,47
2.	pH _{H2O}	1,026	0,999	-	6,11	-	-	konkávna parabola	4,43	7,46
3.	P*	1,024	0,887	-	0,13	0,08	-	konvexná parabola	0,06	0,14
4.	²²² Rn***	1,021	0,928	-	-	-	-	konkávna parabola	12,92	49,17
5.	Be**	1,014	1,000	1,40	-	-	-	konvexná parabola	0,84	2,15
6.	Mg*	1,014	0,998	0,89	2,16	-	-	konkávna parabola	0,44	2,58
7.	Al*	1,014	0,986	5,25	-	-	-	konvexná parabola	4,24	7,60
8.	As**	1,003	0,750	-	-	-	-	konkávna parabola	564,35	1376,50
9.	Hg**	1,005	0,908	-	9,85	0,12	-	konvexná parabola	0,05	9,87
10.	Ca*	1,004	0,987	-	-	-	-	konkávna parabola	0,51	5,92

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹, pre *** v Bq.l⁻¹

Z výsledkov analýzy neurónových sietí pre rakovinové ochorenie tráviaceho vyplýva, že najvýznamnejšie makroprvky sú vápnik a sodík (Tab. 40). Obsah vápnika bol už skôr určený ako významný pôdny parameter v tab. 36 na základe Spearmanovho korelačného koeficientu voči ReC15-26, avšak pri zhodnotení miery významnosti korelačných koeficientov nie je výrazne významný oproti iným pôdnym parametrom.

Tab. 40: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC15-26 – karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Mo**	1,020	0,997	-	-	-	-	konkávna parabola	0,37	3,60
2.	Ca*	1,017	1,000	-	2,65	-	-	konkávna parabola	0,51	5,92
3.	Fe*	1,016	0,923	-	-	-	-	konkávna parabola	1,78	4,24
4.	Co**	1,009	1,000	19,12	-	-	-	konvexná parabola	5,82	78,72
5.	Al*	1,007	0,998	4,74	-	-	-	konkávna parabola	4,24	7,60
6.	Cd**	1,006	0,994	-	0,51	-	-	konvexná parabola	0,13	4,85
7.	As**	1,005	0,996	-	-	-	-	konkávna parabola	6,04	151,02
8.	Be**	1,004	0,947	1,03	-	-	-	konkávna parabola	0,84	2,15
9.	Mn*	1,004	0,999	0,07	-	-	-	konkávna parabola	0,03	0,13
10.	Na*	1,004	0,999	0,59	-	-	-	konkávna parabola	0,40	1,26

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Medzi vplyvnými prvkami na oba typy úmrtností často krát vystupujú aj iné pôdne parametre ako Mo, Ba, Be, ²²²Rn a iné, ktoré sa vyskytujú v pôde na karbonatickom mezozoiku a paleogéne v nižších obsahoch a v karbonátovom prostredí sú zaznamenané v nízkych koncentráciách.

Pôdy karbonatického mezozoika a paleogénu sa vyznačujú vyšším obsahom vápnika a horčíka, ktorých pôvod predpokladáme z vápencov a dolomitov (najrozšírenejší minerál

kalcit, ktorý je zdrojom vápnika v pôdnom roztoku). Dolomit obsahuje vyšší podiel MgO zložky ako CaO zložky v hornine v porovnaní so zložením vápenca a tak býva zvyčajne aj zdrojom horčíka v týchto pôdach. Tieto karbonátové horniny sú relatívne odolné voči rozkladu, avšak v pôdach za prítomnosti kyslej pôdnej reakcie, vyššiemu obsahu CO₂, organických a minerálnych kyselín alebo kyslých koreňových substancií prebieha ich rozklad (v prípade dolomitického vápenca - použitie pri vápnení pôdy).

Na druhej strane menšie obsahy týchto makroprvkov nájdeme súčasne v týchto pôdach na lokálnych výskytoch psamitov – pieskovce a kremence, ktoré sú chudobné na obsah karbonátov, sodíka, draslíka a obsahujú najmä veľa SiO₂ zložky.

Karbonátové horniny mezozoika sú pôdotvorným substrátom pre minerálne bohaté rendziny na vápnik a horčík a chudobné na sodík a draslík. Na vyššie položených svahoch s vysokým premyvným režimom dochádza k strate a vylúhovaniu karbonátov z vyšších častí pôd do ich nižších častí. V týchto pôdach možno pozorovať translokáciu alkalických iónov do C horizontu. Ak je zaznamenaný vysoký obsah vápnika vo vrchnej časti tejto pôdy vo vysokohorskom prostredí, môžeme predpokladať výskyt veľmi plytkej rendziny. Lokálne sa môžeme stretnúť aj s prímiesou iného substrátu (eolického pôvodu) ako len karbonátovej povahy. Na týchto miestach karbonatického mezozoika sa potom vyvíjajú pôdy typu kambizeme rendzinové alebo až dystické (výskyt sedimentárnych hornín vysokých oblastí) (Čurlík, 2011).

9.2.5 Karbonatiko-silikátové mezozoikum a paleogén

Do skupiny pôd vyvinutých na karbonatiko-silikátovom mezozoiku a paleogéne bolo zaradených 154 obcí. Tieto pôdy by sme charakterizovali k pôdam s priemernými obsahmi makroprvkov a s vyššími obsahmi karbonátov (Tab. 19). Tieto pôdy sú pravdepodobne priaznivé k zdravotnému stavu miestnych obyvateľov, čo nám potvrdzujú aj najnižšie priemerné hodnoty ReI, ReI21-25 a ReC (okrem ReC15-26 – pri ktorom ich stav úmrtnosti je druhý najnižší hneď po úmrtnosti zaznamenatej u ľudí vo flyšovom paleogéne, vid'. Tab. 20).

Pearsonov a Spearmanov korelačný koeficient

Z tab. 41 je zrejmé, že okrem horčíka žiadny pôdny makroprvok ani obsah karbonátov sa nepreukázal ako významne signifikantný. Vyššie obsahy horčíka v pôde vyvinutej na

karbonatiko-silikátovom mezozoiku a paleogéne priaznivo pôsobia na úmrtnosť na srdcovo-cievne ochorenia u ľudí ($R_{\text{Spearman}} = -0,266$ na 99,9%-hladine významnosti).

Aj obsah sodíka v týchto pôdach sa určil pozitívnym trendom na výskyt ReI21-25, avšak tento vzťah nie je tak štatisticky významný ($R_{\text{Spearman}} = -0,169$ na 95%-hladine významnosti).

Tab. 41: Štatisticky významné korelačné koeficienty medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi – karbonatiko-silikátové mezozoikum a paleogén (pokračovanie v Prílohe 5)

karbonatiko-silikátové mezozoikum a paleogén	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r^2	t	p	α
ReC & K	0,190	2,385	0,018	*	0,068	0,005	0,839	0,403	
ReI & Mg	-0,266	-3,407	0,001	***	-0,092	0,008	-1,136	0,258	
ReI2125 & Ca	0,134	1,673	0,096		0,159	0,025	1,984	0,049	*
ReI2125 & Na	-0,169	-2,111	0,036	*	-0,121	0,015	-1,504	0,135	
ReI2125 & karbonáty	0,110	1,367	0,174		0,175	0,031	2,195	0,030	*

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r^2 -významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Na pôdach s vyšším obsahom karbonátov a vápnika ľudia umierajú častejšie na všetky kardiovaskulárne choroby a ischemické ochorenie srdca. Tento trend bol síce matematicky určený ($R_{\text{Pearson}} = 0,159$ na 95%-hladine významnosti pre Mg; $R_{\text{Pearson}} = 0,175$ na 95%-hladine významnosti pre karbonáty), avšak štatisticky slabo významný a pravdepodobne ide len o stochastickú závislosť.

Neurónové siete

Medzi vplyvné pôdne parametre na úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia u ľudí, žijúcich na týchto pôdach, môžeme zaradiť pôdnu reakcia pH a obsah horčíka (Tab. 42). Pre horčíka boli stanovené aj limitné hodnoty (minimálna hodnota 0,81%, maximálna hodnota 2,38% v pôde) a minimálny optimálny obsah 1,23% v pôde. Aj v prípade týchto vplyvných parametrov ich významná vplyvnosť na srdcovo-cievne ochorenie oproti iným pôdnym parametrom nebola štatisticky potvrdená. Kadmium a arzén vystupujú ako najvplyvnejšie pôdne parametre vo vzťahu k úmrtnosti ľudí na ischemické ochorenie srdca. Ich vplyvnosť je potvrdená vysokými koeficientmi citlivosti ($S_r = 1,585$ pre kadmium; $S_r = 1,209$ pre arzén) (Tab. 43).

Tab. 42: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI– karbonaticko-silikátové mezozoikum a bazálny paleogén

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislostí	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Be**	1,095	0,920	1,12	1,57	1,14	-	konvexná parabola	1,12	2,06
2.	P*	1,047	0,995	0,07	-	-	-	konkávna parabola	0,05	0,12
3.	pH _{KCl}	1,040	0,967	-	4,91	-	-	konvexná parabola	4,12	6,84
4.	Mn*	1,029	0,984	-	0,08	-	-	konvexná parabola	0,05	0,16
5.	Co**	1,026	0,983	9,40	-	-	-	konkávna parabola	5,11	112,06
6.	pH _{H2O}	1,020	1,000	-	6,01	-	-	konvexná parabola	4,36	7,73
7.	V**	1,015	0,910	101,92	124,22	101,19	-	konvexná parabola	46,85	124,45
8.	Ni**	1,014	0,999	-	39,58	-	-	konkávna parabola	13,31	67,86
9.	Mg*	1,011	0,997	0,81	2,38	1,23	-	konvexná parabola	0,52	2,44
10.	Cu**	1,011	1,000	-	39,57	-	-	konkávna parabola	11,06	486,85

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Obsahy kadmia v pôdach, vyvinutých na karbonaticko-silikátovom mezozoiku a paleogéne, sú najnižšie v porovnaní s ostatnými pôdami vyvinutých na zvyšných geologických celkoch (približne rovnako nízke obsahy Cd sú v pôdach na kryštaliniku).

Tab. 43: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI21-25– karbonaticko-silikátové mezozoikum a bazálny paleogén

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislostí	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Cd**	1,585	0,771	-	-	-	-	konkávna parabola	0,08	6,15
2.	As**	1,209	0,839	7,90	89,91	-	-	konkávna parabola	5,42	107,50
3.	Ca*	1,174	0,999	1,18	-	-	-	konkávna parabola	0,43	4,82
4.	Mg*	1,151	0,982	0,79	-	-	-	konvexná parabola	0,52	2,44
5.	Hg**	1,082	1,000	0,34	-	-	-	konvexná parabola	0,05	15,19
6.	Al*	1,068	0,999	5,77	-	-	-	konkávna parabola	4,68	8,07
7.	pH _{H2O}	1,051	0,960	-	6,15	-	-	konkávna parabola	4,36	7,73
8.	Fe*	1,041	0,994	2,52	3,74	-	-	konkávna parabola	1,94	3,79
9.	Cu**	1,040	1,000	-	27,85	-	-	konkávna parabola	11,06	486,85
10.	Cr**	1,035	0,996	-	81,40	-	-	konkávna parabola	21,87	161,20

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Priemerné obsahy arzenu v pôdach tohto geologického celku sú približne rovnako nízke ako v pôdach vyvinutých na flyšovom paleogéne a neovulkanitoch (vyššie obsahy As sú zaznamenané pre pôdy paleozoika, kryštalinika, karbonatického mezozoika a paleogénu). Domnievame sa, že v tomto prípade ide len o stochastickú závislosť. Vychádzame z toho, že ak by bol jeden z týchto prvkov výrazne vplyvný, jeho vplyvnosť by sa mala preukázať aj v pôdach na iných geologických celkoch, ktoré obsahujú približne rovnaké koncentrácie - avšak tam za vplyvné prvky určené neboli.

Limitné obsahy arzenu boli určené v rozmedzí od 7,90-89,91mg.kg⁻¹ v pôde pre dobrý stav ReI21-25 u ľudí žijúcich na týchto pôdach. Ak by sme to chceli porovnať s limitnými hodnotami tohto prvku, stanovenými Zákonom 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, potom je matematicky určená maximálna limitná hodnota vyššia. V zákone sa za povolené hodnoty As v poľnohospodárskej pôde udávajú: do 10mg.kg⁻¹As pre piesočnatú pôdu, 25mg.kg⁻¹ As pre hlinito-piesočnatú pôdu a 30mg.kg⁻¹As pre ílovito-hlinitú pôdu.

Tab. 44: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC– karbonaticko-silikátové mezozoikum a bazálny paleogén

p.	prvok	S _r	R ²	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Ni**	1,002	0,998	28,49	-	-	-	konkávna parabola	13,31	67,86
2.	F**	1,001	1,000	258,53	-	-	-	konkávna parabola	221,91	624,08
3.	Fe*	1,001	0,977	2,98	-	-	-	konkávna parabola	1,94	3,79
4.	Mn*	1,000	0,929	0,08	-	-	-	konkávna parabola	0,05	0,16
5.	Cr**	1,000	0,929	51,33	-	-	-	konkávna parabola	21,87	161,20
6.	V**	1,000	0,996	-	76,47	-	-	konvexná parabola	46,85	124,45
7.	karb.*	1,000	1,000	-	-	-	-	konkávna parabola	0,02	16,48
8.	Mo**	1,000	0,689	-	-	-	-	konkávna parabola	0,29	1,95
9.	P*	1,000	0,995	0,09	-	-	-	konvexná parabola	0,05	0,12
10.	Hg**	1,000	0,996	2,6	-	10,29	-	konvexná parabola	0,05	15,19

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R² – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Ďalej za vplyvný prvok bol určený vápnik (S_r=1,174), horčík (S_r=1,151) a pôdna reakcia pH.

Tab. 45: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC15-26– karbonaticko-silikátové mezozoikum a bazálny paleogén

p.	prvok	S _r	R ²	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	pH _{KCl}	1,037	0,999	-	-	-	-	konkávna parabola	4,12	6,84
2.	pH _{H2O}	1,020	0,953	-	-	-	-	konkávna parabola	4,36	7,73
3.	V**	1,015	0,999	-	-	-	-	konkávna parabola	46,85	124,45
4.	P*	1,014	1,000	-	-	-	-	konkávna parabola	0,05	0,12
5.	Cr**	1,012	0,931	-	-	-	-	konvexná parabola	21,87	161,20
6.	Mn*	1,011	0,767	-	-	0,06	-	konvexná parabola	0,05	0,16
7.	Ca*	1,010	0,929	-	-	-	-	konkávna parabola	0,43	4,82
8.	karb.*	1,009	1,000	9,07	-	-	-	konkávna parabola	0,02	16,48
9.	Ba**	1,009	0,992	-	-	-	-	konkávna parabola	230,99	687,34
10.	Cu**	1,007	0,998	-	-	-	-	konkávna parabola	11,06	486,85

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R² – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Pre vápnik je uvedená minimálna limitná hodnota 1,18% a táto hodnota bola determinovaná z obsahov Ca pôd, na ktorých ľudia žili s nízkou úmrtnosťou na ischemické ochorenie srdca (Tab. 44).

Obsah karbonátov bol vplyvným pôdnym parametrom na úmrtie u ľudí na nádory tráviacej sústavy (Tab. 45), avšak koeficienty jeho citlivosti a korelácie nedosahujú významné hodnoty a tak karbonáty nemôžeme posudzovať za výrazne signifikantné pôdne parametre na tento typ ochorení.

Pôdy vyvinuté na karbonaticko-silikátovom mezozoiku a paleogéne sa vyznačujú nižšími obsahmi vápnika a horčíka, ako v prípade obsahov v pôdach vyvinutých na karbonatickom mezozoiku a paleogéne. Predpokladáme, že chemické zloženie pôd na tomto geologickom celku vychádza z materského substrátu blízkeho slieňom, slienitým vápencom a slieňovcom. Tieto horniny obsahujú vyššie podiely kremitej zložky SiO_2 a menej karbonátov (najmä menší výskyt kalcitu a dolomitu). Slienité horniny obsahujú rôzne pomery alumosilikátov (25-75% objemu zmesi) a karbonátov (75-25% objemu zmesi). Najčastejší minerál alumosilikátov je illit, ktorý pochádza z rozpadu živcov a prináša vyššie obsahy draslíka (prípadne sodíka) do pôdy v porovnaní s jeho obsahmi v pôdach karbonatického mezozoika. Najčastejším karbonátovým minerálom v slienitých horninách je kalcit a zriedka aj dolomit.

Mezozoické karbonátovo-silikátové komplexy hornín sú substrátom pararendzín, ktoré sa vytvorili na slieňoch, slienitých bridliciach a vápnitých pieskovcoch karbonátovo-silikátového mezozoika a paleogénu. Lokálne sa môže vyskytovať aj kambizem pararendzinová, ktorá vzniká na miestach vysokého premyvného režimu a kde dochádza k lúhovaniu karbonátov z vrchnej časti pedónu (Čurlík, 2011). Pararendziny patria medzi minerálne chudobnejšie pôdy na obsah vápnika a hlavne horčíka v porovnaní s rendzinovými pôdami (získavajú menej karbonátových hornín z materského substrátu).

9.2.6 Flyšový paleogén

Pôdy vyvinuté na flyšovom paleogéne obsahujú nižšie priemerné obsahy vápnika, horčíka a karbonátov (Tab. 19). Obsahy sodíka a draslíka nevykazujú vyššie priemerné hodnoty ako pri pôdach iných geologických celkov. Z hľadiska zdravotného stavu u miestnych

obyvateľov, žijúcich na týchto pôdach, sú zistené nižšie úmrtnosti (okrem ReI21-25) v porovnaní s priemernými hodnotami úmrtností u ľudí žijúcich na pôdach všetkých geologických celkov (Tab. 20). Do korelačnej analýzy zahrňujúcej pôdy vyvinuté na flyšovom paleogéne sme zaradili 730 obcí.

Pearsonov a Spearmanov korelačný koeficient

Analýza vzťahov medzi pôdnymi makroprvkami a karbonátmi a medzi úmrtiami na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia miestnych ľudí priniesla najpočetnejšie závislosti (Tab. 25).

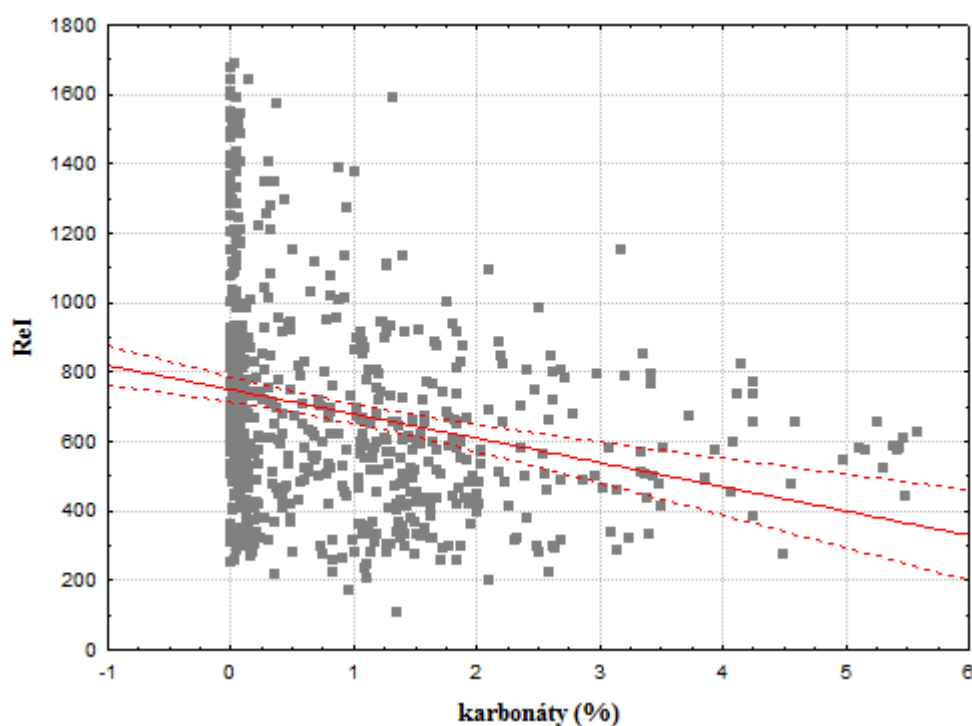
Tab. 46: Štatisticky významné korelačné koeficienty medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi – flyšový paleogén (pokračovanie v Prílohe 6)

flyšový paleogén	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r ²	t	p	α
ReC & Ca	-0,116	-3,152	0,002	**	-0,085	0,007	-2,310	0,021	*
ReC & K	-0,086	-2,328	0,020	*	-0,082	0,007	-2,231	0,026	*
ReC & Mg	-0,112	-3,029	0,003	**	-0,081	0,007	-2,202	0,028	*
ReC & Na	-0,227	-6,275	0,000	***	-0,218	0,048	-6,028	0,000	***
ReC & pH _{KCl}	-0,140	-3,823	0,000	***	-0,119	0,014	-3,238	0,001	**
ReC & karbonáty	-0,229	-6,360	0,000	***	-0,110	0,012	-2,985	0,003	**
ReC1526 & Ca	-0,088	-2,376	0,018	*	-0,082	0,007	-2,229	0,026	*
ReC1526 & Mg	-0,068	-1,846	0,065		-0,090	0,008	-2,431	0,015	*
ReC1526 & Na	-0,113	-3,075	0,002	**	-0,143	0,021	-3,911	0,000	***
ReC1526 & pH _{KCl}	-0,076	-2,065	0,039	*	-0,099	0,010	-2,685	0,007	**
ReC1526 & karbonáty	-0,134	-3,654	0,000	***	-0,102	0,010	-2,768	0,006	**
ReI & Ca	-0,225	-6,236	0,000	***	-0,127	0,016	-3,452	0,001	***
ReI & Mg	-0,207	-5,708	0,000	***	-0,105	0,011	-2,841	0,005	**
ReI & Na	-0,274	-7,693	0,000	***	-0,203	0,041	-5,602	0,000	***
ReI & pH _{H2O}	-0,087	-2,369	0,018	*	-0,099	0,010	-2,679	0,008	**
ReI & pH _{KCl}	-0,242	-6,737	0,000	***	-0,177	0,031	-4,864	0,000	***
ReI & karbonáty	-0,390	-11,424	0,000	***	-0,158	0,025	-4,305	0,000	***
ReI2125 & Ca	-0,262	-7,328	0,000	***	-0,202	0,041	-5,578	0,000	***
ReI2125 & Mg	-0,209	-5,779	0,000	***	-0,185	0,034	-5,090	0,000	***
ReI2125 & Na	-0,286	-8,059	0,000	***	-0,280	0,079	-7,879	0,000	***
ReI2125 & pH _{H2O}	-0,092	-2,480	0,013	*	-0,135	0,018	-3,683	0,000	***
ReI2125 & pH _{KCl}	-0,217	-6,007	0,000	***	-0,229	0,053	-6,356	0,000	***
ReI2125 & karbonáty	-0,372	-10,797	0,000	***	-0,237	0,056	-6,571	0,000	***

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r²-významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Všetky získané koeficienty vykazujú negatívnu závislosť, čo predstavuje potrebu vyšších obsahov karbonátov (obr. 19), vápnika, horčíka a sodíka (obsah karbonátov a ReI: $R_{\text{Spearman}} = -0,390$ na 99,9%-hladine významnosti; obsah vápnika a ReI21-25: $R_{\text{Spearman}} = -0,262$ na 99,9%-hladine významnosti; obsah horčíka a ReI21-25: $R_{\text{Spearman}} = -0,209$ na 99,9%-hladine významnosti; obsah sodíka a ReI21-25: $R_{\text{Spearman}} = -0,286$ na 99,9%-hladine významnosti) v pôdach vyvinutých na flyšovom paleogéne pre lepší zdravotný stav.

Na týchto pôdach sa vyskytuje nízka relatívna úmrtnosť u ľudí najmä na kardiovaskulárne ochorenia a menej na rakovinové ochorenia. Pôdna reakcia pH bola určená za významný pôdny parameter vo vzťahu k srdcovo-cievnych a rakovinovým ochoreniam. Draslík ako pôdny parameter sa nepreukázal ako vplyvný prvok pre úmrtnosť u ľudí na kardiovaskulárne ochorenie a veľmi slabá závislosť bola preukázaná voči úmrtiam na onkologické ochorenia u ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na flyšovom paleogéne ($R_{\text{Spearman}} = -0,086$ na 95%-hladine významnosti).



Obr. 21: Závislosť medzi obsahom karbonátov v pôde a relatívnou úmrtnosťou na všetky kardiovaskulárne ochorenia – flyšový paleogén

Neurónové siete

Poradie vplyvných parametrov voči ReI je zahrnuté v tab. 47. Z výsledkov je zrejmé, že medzi najvplyvnejšie parametre patrí pôdna reakcia pH, sodík a draslík. Korelačné koeficienty a koeficienty citlivosti, vyjadrujúce mieru vplyvu týchto parametrov na úmrtnosť u ľudí na všetky kardiovaskulárne ochorenia, sú nízke a nevyjadrujú dôležitosť v skupine pôdných parametrov a ani vplyvnosť na sledovanú ReI.

Pre sodík a draslík boli matematicky určené ich limitné dolné a horné obsahy. Pre draslík je determinovaná limitná minimálna hodnota 1,40% a limitná maximálna hodnota je určená na 1,98% v pôde. Pre sodík je limitná minimálna hodnota určená na 0,79% a jeho optimálna minimálna hodnota je stanovená na 0,90% v pôde.

Tab. 47: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI – flyšový paleogén

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislostí	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Fe*	1,049	0,679	-	3,77	-	-	konkávna parabola	1,78	3,83
2.	V**	1,046	0,993	-	113,43	-	-	konkávna parabola	55,51	137,82
3.	pH _{KCl}	1,041	0,998	5,12	-	-	-	konvexná parabola	3,58	6,54
4.	Na*	1,034	0,998	0,79	-	0,90	-	konvexná parabola	0,50	1,28
5.	Pb**	1,033	0,992	-	42,00	-	-	konkávna parabola	15,33	126,55
6.	Be**	1,031	0,979	0,99	1,61	-	-	konkávna parabola	0,77	2,27
7.	²²² Rn***	1,030	1,000	22,32	-	-	-	konvexná parabola	9,65	44,04
8.	Zn**	1,020	0,991	-	96,41	-	-	konkávna parabola	46,91	246,26
9.	K*	1,014	0,779	1,40	1,98	-	-	konkávna parabola	1,27	2,17
10.	Al*	1,007	0,995	5,95	-	-	-	konvexná parabola	4,41	7,67

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹, pre *** v Bq.l⁻¹

Podobne aj pri čiastkovej úmrtnosti u ľudí na ischemické ochorenie srdca boli za vplyvné pôdne parametre určené: sodík, karbonáty a pôdna reakcia pH (Tab. 48). Opäť ich koeficienty citlivosti a korelačné koeficienty nie sú obzvlášť vysoké a ani sa nevymykajú koeficientom citlivosti v porovnaní s inými vplyvnými parametrami. V prípade sodíka bola navyše matematicky určená limitná maximálna hranica na 1,24% v pôde a jeho optimálna minimálna hodnota je stanovená na 0,85% v pôde.

V pôdach flyšového paleogénu, na ktorých ľudia zomierali menej na ischemické ochorenie srdca, zistil sa pre karbonáty minimálny limitný obsah 0,75% v pôde, maximálny limitný obsah 8,69% v pôde a optimálny minimálny obsah 3,42% v pôde.

Tab. 48: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI21-25– flyšový paleogén

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislostí	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	²²² Rn***	1,036	0,999	2,23	-	36,34	-	konvexná parabola	9,65	44,04
2.	Na*	1,031	0,994	0,79	1,24	0,85	-	konvexná parabola	0,50	1,28
3.	pH _{KCl}	1,031	0,998	4,92	-	-	-	konvexná parabola	3,58	6,54
4.	Fe*	1,017	0,934	-	2,55	-	-	konkávna parabola	1,78	3,83
5.	Cr**	1,011	0,995	125,79	-	-	-	konkávna parabola	40,70	241,06
6.	V**	1,010	0,999	-	73,48	-	-	konkávna parabola	55,51	137,82
7.	karb.*	1,007	0,850	0,75	8,69	3,42	-	konvexná parabola	0,00	11,29
8.	Zn**	1,006	0,998	70,25	-	-	-	konvexná parabola	46,91	246,26
9.	Pb**	1,006	0,995	21,81	-	-	-	konvexná parabola	15,33	126,55
10.	Mn*	1,005	0,951	-	-	-	-	konkávna parabola	0,00	0,01

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹, pre *** v Bq.l⁻¹

Určenie poradia vplyvných pôdných parametrov na úmrtia u ľudí na všetky rakovinové ochorenia sú uvedené v tab. 49, v ktorej sa za relatívne najvplyvnejší prvok ukázal sodík. I keď jeho koeficient citlivosti je pomerne vyšší ako zvyšné vplyvné prvky, jeho miera vplyvu je pri celkovom hodnotení koeficientov zanedbateľná. Limitná minimálna hodnota určená pre sodík je nižšia a to 0,75% v porovnaní s limitnou hodnotou, potrebnou na dobrý zdravotný stav ľudí pri ReI21-25. Optimálna minimálna hodnota je stanovená na 0,85% v pôde, čo je nižšia hodnota ako pri ReI.

Tab. 49: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC– flyšový paleogén

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislostí	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Na*	1,020	0,998	0,75	-	0,85	-	konvexná parabola	0,50	1,28
2.	²²² Rn***	1,008	0,994	17,40	-	-	-	konvexná parabola	9,65	44,04
3.	F**	1,003	0,999	272,91	-	-	-	konvexná parabola	192,47	691,53
4.	As**	1,002	0,987	5,19	-	-	-	konvexná parabola	4,15	93,63
5.	Al*	1,002	0,997	5,30	-	-	-	konvexná parabola	4,41	7,67
6.	Cu**	1,002	0,986	17,03	-	-	-	konvexná parabola	10,69	247,00
7.	Pb**	1,002	0,986	17,00	-	-	-	konvexná parabola	15,33	126,55
8.	P*	1,002	1,000	-	0,06	-	-	konkávna parabola	0,04	0,12
9.	Cr**	1,002	0,981	164,38	-	-	-	konkávna parabola	40,70	241,06
10.	Mo**	1,002	0,984	1,10	-	-	-	konkávna parabola	0,27	2,61

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹, pre *** v Bq.l⁻¹

Draslík a sodík boli vplyvné pôdne prvky určené aj pri sledovaní ich závislosti na úmrtia u ľudí, žijúcich na pôdach vyvinutých na flyšovom paleogéne, na konkrétny typ ochorenia (Tab. 50). Ich koeficienty citlivosti sú avšak najnižšie v porovnaní s výslednými koeficientmi pri predchádzajúcich analýzach pre pôdy vyvinuté na flyšovom paleogéne. Limitné a optimálne obsahy draslíka a sodíka boli určené a dosahovali nasledujúce

hodnoty: limitná minimálna hodnota 1,57% pre K, limitná maximálna hodnota 1,91% pre K, minimálna optimálna hodnota 1,56% pre K, limitná minimálna hodnota 0,76% pre Na, limitná maximálna hodnota 1,27% pre Na a minimálna optimálna hodnota 0,85% pre Na.

Tab. 50: Poradie vplyvných pôdnych prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC15-26– flyšový paleogén

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	V**	1,016	0,952	66,97	-	-	-	konvexná parabola	55,51	137,82
2.	²²² Rn***	1,012	0,999	20,33	-	-	-	konvexná parabola	9,65	44,04
3.	Se**	1,010	0,696	-	-	-	-	konkávna parabola	0,06	0,48
4.	K*	1,009	0,992	1,57	1,91	1,56	-	konvexná parabola	1,27	2,17
5.	Be**	1,007	0,936	-	-	1,65	-	konvexná parabola	0,77	2,27
6.	Mo**	1,006	0,197	-	-	-	-	konkávna parabola	0,27	2,61
7.	Na*	1,004	0,997	0,76	1,27	0,85	-	konvexná parabola	0,50	1,28
8.	Al*	1,003	0,995	5,61	-	-	-	konvexná parabola	4,41	7,67
9.	Ba**	1,003	0,876	-	-	-	-	konvexná parabola	286,92	641,27
10.	P*	1,003	0,968	-	-	-	-	konkávna parabola	0,04	0,12

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹, pre *** v Bq.l⁻¹

Porovnaním korelačnej analýzy s výsledkami vplyvných prvkov z neurónových sietí možno poznamenať, že sme podľa Spearmanových korelačných koeficientov očakávali vyššiu mieru významnosti najmä sodíka, draslíka, vápnika a karbonátov. Výsledné koeficienty citlivosti vplyvných pôdnych parametrov voči všetkým typom úmrtí u ľudí dosahujú veľmi nízke hodnoty, prostredníctvom ktorých nemožno chápať tieto parametre ako vplyvnejšie a dôležitejšie ako iné pôdne parametre. Obsah vápnika sa ani pri jednej analýze vplyvu prvkov na úmrtnosť neumiestnil medzi prvými desiatimi vplyvnými prvkami v pôde. Chemické zloženie pôd vyvinutých na flyšovom paleogéne je veľmi rôznorodé. Môže dediť po materskom substráte určitý podiel pieskovcov, ílovcov a zlepecov. Pieskovce sú vo všeobecnosti horniny zložené najmä z kremeňa a sľúd. Lokálne sa môžu vyskytnúť aj vyššie obsahy živcov. Obsah minerálov v pieskovcoch závisí od jeho veku a zdrojovej oblasti. Lokálne sa môže vyskytovať aj v niektorých pieskovcoch, zlepecoch a ílovcach vyšší obsah ultrabázických hornín (šambrónske vrstvy), na ktoré sú viazané geogénne sa vyskytujúce zvýšené koncentrácie niklu a chrómu (Ďurža et al., 2009). Zlepence vo flyši sú tvorené najmä kremeňom a v cementačnej výplni menej kalcitom a dolomitom. Kalcit sa môže podieľať aj na zložení zrn. Najvyšší obsah zrn v zlepecoch zastupuje kremeň, ktorý je odolný voči zvetrávaniu. Vysoký obsah kremitej zložky obsahujú aj ílovce, ktoré sú silno piesčité a stredne vápnité (približne 10% karbonátovej zložky, 50% silikátovej zložky).

Pôdy vyvinuté na flyšovom paleogén sú charakterizované ako kambizeme pseudoglejové, dystrické a na pieskovcoch sa vytvorili skôr kambizeme arenické. Smerom zo svahov do kotlín je lokálne zaznamenaný aj výskyt pseudoglejov, glejov, fluvizemí glejových s vysokým obsahom ílovej zložky (Čurlík, 2011). Ide prevažne o kyslé pôdy, ktoré môžu byť lokálne obohatené napr. o sodík v prípade flyšových pohorí na severnej Orave a vo Východných Beskydách (pravdepodobne autigénny albit).

9.2.7 Neovulkanity

Do korelačnej analýzy pre tento geologický celok bolo začlenených 304 obcí, ležiacich na pôdach vyvinutých na neovulkanitoch. Pôdy na neovulkanitoch sa vyznačujú nižšími priemernými obsahmi karbonátov, vápnika, horčíka a draslíka. Obsahy sodíka v týchto pôdach sú blízke priemeru vo všetkých pôdach na iných geologických celkoch a podobne je to aj s pôdnou reakciou pH (Tab. 19). Avšak pri analýze indikátorov zdravotného stavu vykazujú úmrtnosti u miestnych ľudí najvyššie priemerné hodnoty (okrem ReI21-25), čo znamená, že ľudia žijúci na týchto pôdach zomierajú častejšie na srdcovo-cievne a rakovinové ochorenia, ako na pôdach vyvinutých na iných geologických celkoch.

Pearsonov a Spearmanov korelačný koeficient

Štatisticky významné korelačné vzťahy medzi obsahmi makroelementov a relatívnymi úmrtnosťami u ľudí, žijúcich na týchto pôdach, neboli potvrdené ani pre Spearmanov a ani pre Pearsonov korelačný koeficient (Tab. 51).

Tab. 51: Štatisticky významné korelačné koeficienty medzi environmentálnymi a zdravotnými indikátormi – neovulkanity (pokračovanie v Prílohe 7)

neovulkanity	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r^2	t	p	α
ReI & Ca	0,049	0,849	0,397		0,170	0,029	2,992	0,003	**
ReI & pH _{H2O}	0,060	1,049	0,295		0,156	0,024	2,748	0,006	**
ReI & pH _{KCl}	0,078	1,367	0,172		0,160	0,026	2,814	0,005	**
ReI & karbonáty	0,092	1,611	0,108		0,151	0,023	2,657	0,008	**
ReI2125 & Ca	-0,158	-2,776	0,006	**	-0,039	0,002	-0,683	0,495	
ReI2125 & Mg	-0,116	-2,038	0,042	*	-0,044	0,002	-0,757	0,450	
ReI2125 & pH _{H2O}	-0,149	-2,619	0,009	**	-0,111	0,012	-1,937	0,054	
ReI2125 & pH _{KCl}	-0,129	-2,259	0,025	*	-0,103	0,011	-1,797	0,073	

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r^2 -významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Slabú závislosť môžeme vidieť v prípade vápnika a pôdnej reakcie pH (meranej v H_2O) k ReI21-25 ($R_{\text{Spearman}} = -0,158$ na 99%-hladine významnosti). Domnievame sa, že ide len o stochastické závislosti v prípade týchto koeficientov korelácie. K tomuto faktoru nás vedie aj rozdielnosť Pearsonových pozitívnych hodnôt koeficientov a záporných hodnôt Spearmanových koeficientov, ktoré sú určené pre identické pôdne parametre.

Neurónové siete

Výsledné vplyvné parametre, získané prostredníctvom neurónových sietí, pre pôdy vyvinuté na neovulkanitoch, sú uvedené v nasledujúcich tab. 52-55. Vo všeobecnosti o vplyvnosti prvkov týchto pôd na všetky typy úmrtí u miestnych obyvateľov možno povedať, že sa nenašli významne signifikantné pôdne parametre, ktoré by boli štatisticky dôležité vo vzťahu k zdravotnému stavu. Vychádzame najmä z koeficientov citlivosti, ktoré dosahujú najnižšie hodnoty z celého súboru koeficientov, ktoré boli určené medzi parametrami pri všetkých geologických celkoch.

Obsah karbonátov, vápnik a pôdna reakcia pH sa určili medzi vplyvnými parametrami vo vzťahu k úmrtiam na všetky kardiovaskulárne ochorenia a na ischemické ochorenia srdca u ľudí žijúcich na pôdach neovulkanitov (Tab. 52, 53).

Tab. 52: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI– neovulkanity

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislostí	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Ca*	1,010	0,974	-	1,20	-	-	konvexná parabola	0,37	3,77
2.	Sb**	1,010	0,979	1,94	-	10,94	-	konvexná parabola	0,32	13,92
3.	Pb**	1,008	0,751	35,91	184,34	78,45	-	konvexná parabola	14,66	216,37
4.	Ni**	1,004	0,977	15,25	-	-	-	konkávna parabola	6,63	40,34
5.	karb.*	1,004	0,996	1,14	-	-	-	konkávna parabola	0,00	5,86
6.	pH _{KCl}	1,003	0,984	-	4,92	-	-	konvexná parabola	4,09	6,88
7.	Al*	1,003	0,824	-	7,01	-	-	konvexná parabola	4,88	7,85
8.	V**	1,002	0,988	-	102,67	-	-	konvexná parabola	58,32	189,33
9.	Fe*	1,002	0,997	2,56	3,61	2,46	-	konvexná parabola	1,92	5,35
10.	Mn*	1,002	0,976	0,07	0,12	0,08	-	konvexná parabola	0,05	0,15

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v $mg.kg^{-1}$

Dokázali sme určiť minimálny limitný obsah pre karbonáty na hodnotu 1,14% a maximálny limitný obsah vápnika 1,20% v pôdach, na ktorých ľudia zomierajú menej na všetky kardiovaskulárne ochorenia. Vyšší minimálny limitný obsah karbonátov bol

zaznamenaný pre pôdy neovulkanitov, na ktorých je u ľudí nízka úmrtnosť na srdcovo-cievne ochorenia, a to 3,10% v pôde.

Tab. 53: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReI21-25– neovulkanity

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Pb**	1,014	0,759	-	-	55,42	-	konvexná parabola	14,66	216,37
2.	As**	1,012	0,967	9,27	-	32,42	-	konvexná parabola	3,72	41,59
3.	Zn**	1,011	0,746	-	94,80	-	-	konvexná parabola	42,24	508,82
4.	karb.*	1,009	1,000	3,10	-	-	-	konvexná parabola	0,00	5,86
5.	pH _{KCl}	1,007	0,749	-	5,50	-	-	konkávna parabola	4,09	6,88
6.	Fe*	1,006	0,942	2,29	3,29	2,16	-	konvexná parabola	1,92	5,35
7.	P*	1,005	0,874	0,07	-	0,12	-	konvexná parabola	0,05	0,13
8.	Mo**	1,005	0,887	-	0,73	-	-	konkávna parabola	0,26	1,93
9.	Al*	1,004	0,444	-	-	6,00	-	konvexná parabola	4,88	7,85
10.	pH _{H2O}	1,004	0,976	5,26	6,17	-	-	konkávna parabola	4,88	7,64

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Obsahy draslíka a pôdna reakcia pH sa určili spomedzi vplyvných prvkov na úmrtnosť na rakovinové ochorenie (Tab. 54). Relatívne najvplyvnejším prvkom spomedzi všetkých pôdných parametrov sa prejavilo železo, ktoré vystupuje síce s najvyšším koeficientom citlivosti v súbore pôdných parametrov, ale aj tak je jeho hodnota je veľmi nízka.

Tab. 54: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC– neovulkanity

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Fe*	1,023	0,990	-	3,63	-	-	konvexná parabola	1,92	5,35
2.	V**	1,013	0,985	-	108,82	-	-	konvexná parabola	58,32	189,33
3.	F**	1,011	0,991	242,58	-	-	-	konvexná parabola	156,55	452,62
4.	Mn*	1,010	0,989	0,07	0,11	0,07	-	konvexná parabola	0,05	0,15
5.	Al*	1,008	0,907	-	6,76	-	-	konvexná parabola	4,88	7,85
6.	Cu**	1,006	0,636	9,97	35,12	12,09	-	konvexná parabola	9,14	67,96
7.	K*	1,004	0,941	1,43	1,95	1,53	-	konvexná parabola	1,22	2,08
8.	Co**	1,003	0,848	-	-	-	-	konkávna parabola	7,22	35,24
9.	pH _{KCl}	1,003	0,970	-	5,22	-	-	konvexná parabola	4,09	6,88
10.	Cr**	1,003	0,915	-	61,35	-	-	konkávna parabola	33,96	120,43

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹

Rovnako sme podľa výsledkov neurónových sietí nenašli významné trendy závislosti medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťou u ľudí na nádory tráviaceho traktu (Tab. 55). Síce môžeme obsahy draslíka, karbonátov a pôdnu reakciu pH považovať za vplyvnejšie pôdne parametre oproti iným (sú medzi desiatimi vplyvným prvkami), ale ich významnosť ani dôležitosť v súbore pôdných parametrov sa nepotvrdila.

Určili sme minimálny limitný obsah pre draslík na hodnotu 1,43% a maximálny limitný obsah 1,95% v pôdach, na ktorých ľudia zomierajú menej na všetky nádorové ochorenia. Limitný obsah draslíka vo vzťahu k dobrému stavu úmrtnosti u ľudí na nádory tráviaceho traktu bol definovaný v užšom rozmedzí a to 1,44-1,63% v pôde. Ďalej bol zadaný aj limitný obsah karbonátov, a to od 0,75% po 2,56% v pôdach neovulkanitov, na ktorých žijú ľudia s nízkym výskytom ReC15-26 (Tab. 55)

Tab. 55: Poradie vplyvných pôdných prvkov a parametrov, ich koeficienty korelácie a citlivosti s určenými limitnými a optimálnymi obsahmi v pôde pre zdravotný indikátor ReC15-26– neovulkanity

p.	prvok	S_r	R^2	limitný obsah		optimálny obsah		hodnotené funkcie závislosti	obsahy	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1.	Mn*	1,008	0,905	0,08	-	0,10	-	konvexná parabola	0,05	0,15
2.	F**	1,004	0,956	263,80	-	-	-	konvexná parabola	156,55	452,62
3.	P*	1,004	0,854	0,08	-	-	-	konvexná parabola	0,05	0,13
4.	Co**	1,003	0,999	-	12,54	-	-	konkávná parabola	7,22	35,24
5.	V**	1,003	0,990	68,24	123,80	71,10	-	konvexná parabola	58,32	189,33
6.	Fe*	1,002	0,921	-	3,64	2,04	-	konvexná parabola	1,92	5,35
7.	²²² Rn***	1,002	0,140	-	-	-	-	konvexná parabola	9,41	37,24
8.	K*	1,002	0,779	1,44	1,63	-	-	konkávná parabola	1,22	2,08
9.	karb.*	1,002	0,812	0,75	2,56	-	-	konkávná parabola	0,00	5,86
10.	pH _{KCl}	1,001	0,999	-	5,21	-	-	konvexná parabola	4,09	6,88

Poznámky: S_r – koeficient citlivosti, R^2 – korelačný koeficient, DH – dolná hranica, HH – horná hranica; dáta sú uvedené v jednotkách: * v %, pre ** v mg.kg⁻¹, pre *** v Bq.l⁻¹

Pôdy vyvinuté na neovulkanitoch sa vytvorili prevažne na andezitoch, vulkanoklastikách a ryolitoch. Pôdne typy sopečných pohorí stredného a východného Slovenska sú minerálne bohatšie kambizeme typické až arenické. Smerom do kotlín je zaznamenaný aj výskyt pseudoglejov. V nižšie položených oblastiach zo sedimentov z vulkanických pohorí sa vytvorili ťažké fluvizeme, ktoré lokálne prechádzajú cez fluvizeme glejové až do glejov (Čurlík, 2011). Pôdy v oblasti stredoslovenských neovulkanitov sa vyznačujú zvýšenými obsahmi sodíka, kde sa nachádza pôdotvorný substrát s vysokým obsahom plagioklasov. Pokiaľ sú pôdy zrelé (vysoký stupeň zvetrania), zvyčajne sú procesom premien živcov na ílové minerály (až na kaolinit) ochudobňované o draslík. V prípade pôd s vyšším obsahom K živcov a muskovitu v pôdotvornom substráte dochádza k pomalšiemu procesu zvetrávania, a tak aj k minerálne bohatším pôdam, ako je to v porovnaní s pôdami s obsahom biotitu. Biotit rýchlejšie podlieha rozpadu a tak v pôdach dochádza k rýchlemu odnosu prístupného draslíka z tejto pôdy.

10 DISKUSIA

Výsledky práce ukazujú, že vápnik, horčík, sodík, draslík a aj obsah karbonátov v pôde nemajú signifikantný vplyv na zhoršený, alebo naopak zlepšený zdravotný stav miestneho obyvateľstva z pohľadu úmrtnosti na kardiovaskulárne a rakovinové ochorenia.

10.1 Nepresnosť epidemiologických dát

Úroveň zdravotného stavu sme posudzovali na základe relatívnej úmrtnosti na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia, ktoré boli vypočítané a upravené podľa odporúčania WHO (Beaglehole et al., 1993; Bencko et al., 2003a, b) a klasifikované podľa jednotnej Medzinárodnej klasifikácie chorôb MKCH-10 (NCZI, 2016). Epidemiologické údaje o úmrtnosti komplexne pre celé územie Slovenska boli zozbierané počas desiatich rokov (1994-2003). Štatistický zber údajov o príčine smrti v tomto období sa neriadil žiadnym systematickým prístupom. Síce diagnostika chorôb pri primárnej a sekundárnej príčine smrti bola prevzatá z 10. revízie medzinárodnej klasifikácie chorôb, pri podrobnejšej revízii štatistických údajov z listov o prehliadke mŕtveho dochádzalo často k mylným a chybovým interpretáciám (NCZI, 2011).

Môžeme sa nazdávať, že v prípade hodnotenia relatívnej úmrtnosti pre všetky typy nádorových ochorení sme sa vyhli chybovosti pri určení lokalizácie nádoru. V našej analýze hodnotíme len nádory tráviacej sústavy, a tento údaj sme použili na bližšie špecifikovanie trendu vplyvných makroprvkov na túto úmrtnosť u obyvateľov. Iné závery vidíme v revízii dát úmrtí v dôsledku kardiovaskulárnych chorôb, ktoré sa najčastejšie uvádzali ako primárna príčina smrti. V listoch o prehliadke smrti prehliadajúci lekári mylne určili za príčinu smrti srdcovo-cievne ochorenia i v prípade zlomenín stehrovej kosti u starších osôb alebo pri chronickej chorobe pľúc, čo viedlo k preradeniu do inej kapitoly ochorení a k poklesu tejto úmrtnosti pri epidemiologickom spracovaní dát (ÚVZSR, 2015). Podobné nedostatky a pokles hodnôt úmrtí sa ukázali aj pri hodnotení úmrtnosti na ischemické ochorenie srdca, ktoré bolo veľaokrát uvádzané ako primárny dôsledok smrti aj u pacientov s nádorovým ochorením s metastázami na životne dôležitých orgánoch, s vaskulárnou demenciou alebo s Alzheimerovou chorobou. Navyše, pri určovaní smrti nebolo zvykom určiť ako príčinu smrti chronickú konzumáciu alkoholu (Baráková, 2009). Po komplexnej revízii dát sa znížila početnosť úmrtí na

kardiovaskulárne ochorenia približne o 20% a na nádorové ochorenia o 12%, a tento umelý pokles úmrtnosti môžeme predpokladať aj v prípade našich dát. Určenie hlavnej príčiny úmrtia zhoršuje úmrtie doma, bez predchádzajúcej pitvy a hospitalizácie na choroby obehovej sústavy. Spomínaná neúplná a nepresná objektivizácia príčin úmrtia vedie k chybovosti a nepresnosti pri štatistickom spracovaní a dochádza k umelému skresleniu reálneho hodnotenia zdravotného stavu.

Epidemiologickú situáciu a vývoj hodnotených kardiovaskulárnych a nádorových ochorení bližšie popisuje ich výskyt a prevalencia u obyvateľov (Bonita et al., 2006). Komplexné dáta incidencie týchto ochorení nie sú dostupné pre celé sledované územie v takom rozsahu, aby bolo možné ich štandardizovať na úroveň obce a okresu. Relatívne podobným epidemiologickým parametrom sa zdá byť počet hospitalizovaných na tieto ochorenia v nemocničných zariadeniach. Tento parameter by však mal byť doplnený o informáciu o rehospitalizovaní, o prekladoch z jedného nemocničného zariadenia do druhého a o miere úspešnosti pri liečbe. Opäť však nastáva aj pri tomto prípade vysoká chybovosť už pri prvotnej príčine hospitalizácie, pri ktorej sa skoro vždy udávajú k všetkým prípadom podozrenia na akútny koronárny syndróm a cievnu mozgovú príhodu (ÚVZSR, 2014a).

10.2 Zhodnotenie vplyvu environmentálnych indikátorov v pôde

Pôda je súčasťou životného prostredia každého človeka, ktorý sa na nej vyvíja, rastie, žije a je s ňou v neustálej interakcii. Nielen prostredníctvom pestovania plodín sa do človeka dostávajú chemické prvky a zlúčeniny, ktoré sa zabudovávajú do rastlinných pletív, ktoré následne prijímame priamou konzumáciou plodín alebo skrz mlieko, mäso a iné živočíšne produkty zvierat kŕmených touto rastlinou potravou (Selinus et al., 2005).

Ak by sme sa bližšie pozreli na príjem lokálne pestovaných plodín a dochovaných poľnohospodárskych zvierat u obyvateľov na Slovensku, v posledných desaťročiach sa skôr smeruje k trendu dovozu týchto produktov zo zahraničia (Gubová, 2005). Najmä obyvatelia mestského osídlenia sa svojím charakterom viacej približujú ku konzumácii potravín z importu a prípadne aj pitia balenej vody a nápojov. Lepší pohľad na interakciu pôdy a človeka nám prináša vidiecke osídlenie a malé obce, v ktorých dodnes ľudia majú tendenciu dopestovať si plodiny a dochovať poľnohospodárske zvieratá na vlastnú spotrebu, prípadne v týchto menších osídleniach sa zachovali malé poľnohospodárske

družstvá, ktoré dotujú miestny trh svojimi výrobkami a potravinami (Bandlerová a Lazíková, 2005).

Na druhej strane, pôda interaguje s človekom a živými organizmami aj cez inhaláciu prachových častíc a v prípade malých detí alebo pracujúcich ľudí na stavbách a v poľnohospodárstve aj cez vyššiu ingesciu pôdy prostredníctvom zle umytých rúk (SCU, 2013). Do potravinového reťazca človeka sa dostáva časť pôdy zo zle umytej najmä koreňovej zeleniny a zo zahraničia je známa zámerná ingescia pôdy za účelom zachovania si kultúrnych zvykov a tradícií (Hunter, 1973). Geofágia pôdy bola popísaná aj u tehotných žien a menších detí v Tanzánii, pre ktoré sa denný príjem pôdy odhaduje na 5-10 gramov (Calabrese a Stanek, 1994). U týchto žien a detí bola zistená anémia a pravdepodobne toto pojedanie pôdy bolo súčasťou liečby (Kawai et al., 2009). Zámerné pojedanie pôdy za účelom príjmu chemických prvkov z pôdy do ľudského organizmu nie je popísané v historických prameňoch a slovenských tradíciách a nestretáme sa s ňou ani u miestnych obyvateľov teraz. V tomto prípade môžeme uvažovať o najbežnejšom príjme pôdy zo špinavých rúk-„pica behaviour“ (Abrahams, 2002), alebo prostredníctvom nedostatočne očistenej zeleniny. Je nutné dodať, že množstvo takto prijatej pôdy človekom je v malých, zanedbateľných množstvách a odhaduje sa denne na 20 miligramov (US EPA, 2005).

Nepriama cesta príjmu chemických prvkov z pôdy človekom je cez pitnú vodu. Na Slovensku sú podzemné vody používané ako pitné vody. Podzemná voda preteká cez horninové prostredie a pôdu, a obohacuje sa o rozpustené chemické látky a zlúčeniny. V štúdiách Rapanta et al. (2016) je možné vidieť analýzu trendov obsahov vápnika, horčíka a tvrdosťou vody na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia u miestnych obyvateľov v podobnom rozsahu a postupe, ako sme analyzovali vzájomné vzťahy v tejto práci. Domnievali sme sa, že tak, ako je potrebný obsah vápnika a horčíka v pitných vodách (Rapant et al., 2015), bude štatisticky potvrdený trend významnosti týchto prvkov aj v pôde. Avšak výsledky nášho výskumu sú veľmi nehomogénne a získané trendy a závislosti nesú skôr stochastický ako príčinný charakter.

I keď môžeme považovať pôdne makroprvky a obsah karbonátov za relatívne vplyvné pôdne parametre a ich vplyv na ľudské zdravie bol potvrdený vo viacerých prácach (Kohri et al., 1993; McCarron, 1985; Yang et al., 1999), nemôžeme ich jednoznačne označiť za

signifikantne vplyvné - príčinné prvky. Ich významnosť oproti iným pôdnym prvkom sa nepreukázala obzvlášť vysokými koeficientmi v štatistickej analýze a navyše niektoré iné nehodnotené chemické prvky a pôdne parametre boli matematicky významnejšie na úmrtia na kardiovaskulárne a nádorové ochorenia u ľudí, ktorí žili na pôdach vyvíjajúcich sa na rôznom geologickom podloží. Avšak i v prípade určenia vplyvnejších prvkov oproti makroprvkom ako napríklad: obsah chrómu a pôdna reakcia pH v pôdach vyvinutých na paleozoiku, obsah hliníka v pôdach vyvinutých na kryštaliniku, obsah kadmia a arzenu v pôdach vyvinutých na karbonatiko-silikátovom mezozoiku a paleogéne, pravdepodobne ide len o stochastické závislosti. Ich trend bol významný len ojedinele, a to len v pôdach jedného geologického celku, a ich matematicky určený vplyv sa už viackrát nevyskytoval. Metodika neurónových sietí umožnila vytvoriť poradie vplyvu jednotlivých pôdných prvkov, zlúčenín a pôdnej reakcie pH pre všetky geologické celky a pre jednotlivé celky samostatne s ohľadom na dobrý stav úmrtnosti u ľudí. Hodnotené pôdne makroprvky a karbonáty vystupovali medzi pätnástimi najvplyvnejšími pôdnymi parametrami na úmrtnosť u ľudí na kardiovaskulárne aj nádorové ochorenia (Tab. 56).

Tab. 56: Prehľad najvplyvnejších parametrov v pôde pre všetky geologické celky spoločne

úmrtnosť/ poradie vplyvu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ReC	F	Al	pH _{KCl}	pH _{voda}	Fe	Be	K	Mg	Ca	V	Pb	As	Zn	Se	karb.
ReI	pH _{KCl}	Fe	P	Mg	Na	Ca	pH _{voda}	Al	V	Ba	Hg	karb.	K	Mo	²²² Rn

Ich poradie vplyvov boli variabilné a iné v závislosti od druhu ochorenia a od geologického celku, do ktorých boli pôdy zaradené. V pôdach vyvinutých na paleozoiku sa za hodnotené najvplyvnejšie prvky zaradil najmä draslík, karbonáty, horčík a sodík (Tab. 57).

Tab. 57: Prehľad najvplyvnejších parametrov v pôde pre paleozoikum

úmrtnosť/ poradie vplyvu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ReC	pH _{voda}	Sb	Al	K	Fe	As	P	pH _{KCl}	Cr	Pb	Zn	Be	F	Ba	V
ReI	Pb	Cr	pH _{voda}	karb.	Zn	pH _{KCl}	Sb	Fe	K	Mg	Ba	As	Na	Mn	P

Pôdy vyvinuté na kryštaliniku sú obsahovo bohatšie na sodík a draslík, pričom sa tieto dva makroprvky preukázali ako jediné vplyvné prvky z hodnotených makroelementov (Tab. 58).

Tab. 58: Prehľad najvplyvnejších parametrov v pôde pre kryštalínium

úmrtnosť/ poradie vplyvu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ReC	Pb	Cd	Al	Fe	V	Zn	pH _{KCl}	pH _{voda}	P	F	Be	Na	Ni	²²² Rn	Sb
ReI	Na	Al	Ba	²²² Rn	Mn	Fe	Cr	Ni	pH _{KCl}	K	Cd	Sb	P	Mo	V

V karbonatických pôdach sa za vplyvnejšie prvky preukázal najmä horčík, vápnik, sodík a menej draslík. Tieto pôdy sú bohaté najmä na obsah karbonátov, avšak ich výsledný vplyv nebol preukázaný ani na jednu z hodnotených úmrtností u ľudí, ktorí žijú na pôdach vyvinutých na karbonatickom mezozoiku a paleogéne (Tab. 59).

Tab. 59: Prehľad najvplyvnejších parametrov v pôde pre karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén

úmrtnosť/ poradie vplyvu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ReC	Be	As	pH _{voda}	Mg	Mo	P	Fe	²²² Rn	Ca	pH _{KCl}	Se	Al	Zn	Cu	Mn
ReI	P	F	²²² Rn	Mg	Na	Hg	Mn	Al	Co	Zn	Be	K	Mo	Ca	pH _{voda}

V pôdach, ktoré sa vyvinuli na karbonatico-silikátovom mezozoiku sa za vplyvné parametre určili: horčík, karbonáty, vápnika a sodík (Tab. 60).

Tab. 60: Prehľad najvplyvnejších parametrov v pôde pre karbonatico-silikátové mezozoikum a paleogén

úmrtnosť/ poradie vplyvu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ReC	pH _{voda}	Ni	Mn	karb.	Pb	Ba	V	Mg	Fe	Zn	pH _{KCl}	Mo	As	Al	Cu
ReI	Cd	pH _{KCl}	pH _{voda}	Mo	Co	Mg	Hg	Ca	Fe	Al	F	Mn	Be	Na	karb.

Pôdy vyvinuté na flyšovom paleogéne sú považované za relatívne chudobné pôdy na horčík, vápnik a karbonáty. Ako vplyvné pôdne prvky boli zistené: najmä sodík a s menším vplyvom na úmrtia u miestnych ľudí boli determinované karbonáty, horčík a draslík (Tab. 61).

Tab. 61: Prehľad najvplyvnejších parametrov v pôde pre flyšový paleogén

Úmrtnosť/ poradie vplyvu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ReC	Al	F	V	Mo	Fe	Be	Se	Na	pH _{KCl}	²²² Rn	P	pH _{voda}	Mg	Cd	Mn
ReI	pH _{KCl}	Na	V	Fe	Al	Be	²²² Rn	karb.	Cr	Cd	Pb	Zn	K	Se	pH _{voda}

Obsah karbonátov, vápnik a horčík boli určené za najvplyvnejšie parametre z hodnotených pôdných parametrov v pôdach vyvinutých na neovulkanitov, v ktorých nachádzame nižšie

obsahy horčíka a draslíka v porovnaní s obsahmi v pôdach iných geologických celkov (Tab. 62).

Tab. 62: Prehľad najvplyvnejších chemických parametrov v pôde pre neovulkanity

Úmrtnosť/ poradie vplyvu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ReC	V	Fe	F	Mn	pH _{KCl}	pH _{voda}	Al	As	Ba	P	karb.	Be	Mg	Mo	²²² Rn
ReI	Pb	pH _{KCl}	Sb	karb.	Ca	As	V	Mn	P	Al	Fe	pH _{voda}	Zn	Ba	Cu

I keď môžeme považovať vápnik, horčík, draslík, sodík a karbonáty za relatívne vplyvné parametre na úmrtnosť ľudí najmä na kardiovaskulárne a menej na rakovinové ochorenia, ich vplyv sa nepreukázal ako významne vyšší v porovnaní s inými pôdnymi parametrami.

Napríklad veľmi významnou vlastnosťou pôdy sa prejavila pôdna reakcia pH, ktorá vystupovala vplyvne pre každý typ úmrtnosti u ľudí, ktorí žijú na pôdach začlenených do všetkých geologických celkov. Pôdna reakcia pH je dôležitá najmä z pohľadu na rakovinové ochorenia. Alkalické pôdy pôsobia pozitívne na vývoj výskytu nádorov pažeráka a prsníka (Zaldivar a Robinson, 1974; Serfortein, 2011). Na druhej strane, ľudia žijúci na pôdach s kyslými hodnotami pôdnej reakcie, nižšími obsahmi karbonátov a vysokým obsahom organickej hmoty miestni obyvatelia trpia častejšie na incidencia rakovinových ochorení žalúdka a prsníka (Giffith a Davies, 1954). Pôdna reakcia pH ovplyvňuje aj distribúciu potenciálne toxických stopových prvkov a ich formy vystupovania a prestupovania z pevných fáz do pôdneho roztoku a pod.

Navyše sa preukázal vplyv iných pôdných prvkov, a tak nie je možné hovoriť o významnom postavení len hodnotených makroprvkov, ale o celom pôdnom komplexe ako takom. Chemické zloženie pôd sme vyjadrili prostredníctvom priemerných obsahov chemických prvkov a zlúčenín v komplexnom rozsahu. Do štatistickej analýzy sme zapojili obsahy makroprvkov, mikroprvkov, potenciálne toxických stopových prvkov, obsah karbonátov, rádioaktívnych izotopov a pôdnu reakciu pH. Všetky spomínané pôdne parametre vystupovali v rôznych poradiach vplyvov v rôznych pôdach geologických celkov na úmrtnosť na rôzny typ ochorenia. Nedokázali sme presne špecifikovať tie vplyvnejšie pôdne prvky a parametre od ostatných, čo nás priviedlo k záveru, že ak chceme sledovať vplyv pôdy na zdravie človeka, tak len v komplexnom meradle. Tak, ako je pôda rozmanitá svojím zložením a pôdotvorným procesom, tak isto zahŕňa vo svojom chemizme

vysokú variabilitu vyskytujúcich sa chemických prvkov a zlúčenín, ktoré sú zdedené po materskom substráte.

Pri pohľade na poradie vplyvných prvkov na úmrtnosť ľudí na všetky rakovinové ochorenia si možno všimnúť opakujúci sa vplyv obsahov železa, hliníka, mangánu, fosforu, berýlia, bária a menej zinku pri viacerých analýzach v rôznych geologických celkoch. Samozrejme, chemické prvky ako hliník, mangán, fosfor a železo sa nachádzajú v pôde vo vysokých obsahoch (v %), čo môže viesť k ich štatisticky vypočítanej potrebe v pôde voči ReI a ReC. Navyše železo je nevyhnutnou súčasťou hemoglobínu a jeho nedostatok v tele sa spája s výskytom kardiovaskulárnych ochorení (Haehling et al., 2015). Na druhej strane, hliník je v ľudskom tele považovaný za škodlivý a jeho negatívne účinky sa prejavujú najmä na defektoch v cievnej a nervovej sústave (Kumar a Gill, 2009).

Fosfor je esenciálnym prvkom pre všetky živé organizmy. Je hlavnou makroživinou pre rastliny a v ľudskom tele sa nachádza najmä v kostnom tkanive, reguluje vylučovaciu sústavu, svalové kontrakcie a zrážanlivosť v krvi (Takeda et al., 2012). Pokiaľ nastane zvýšený prísun fosforu v potrave, môže dochádzať k zníženému vstrebávaniu vápnika, železa, horčíka a zinku do tela. Prirodzene sa fosfor v pôdach nachádza rádovo v percentuálnom zastúpení (fosfáty s Ca, Fe, Al), avšak pokiaľ je zaznamenaný jeho nedostatok, ten býva upravovaný hnojením fosfátovými hnojivami (McBride, 1994).

Obsahy zinku v pôdach varíujú, avšak priemerne sa nachádza v hodnotách nižších ako 300 mg.kg^{-1} . Je esenciálny pre rastliny, zvieratá aj človeka. Zvýšené koncentrácie vápnika spôsobujú nižší príjem zinku do organizmu. V ľudskom tele zohráva významné úlohy pri raste, rozmnožovaní a je prítomný vo viac ako 100 enzýmoch. Pokiaľ je v potrave výskyt vyšších koncentrácií železa a medi, dochádza k potlačeniu príjmu zinku z potravy a jeho deficit v tele (Patterson et al., 1985). Zvýšené koncentrácie zinku v pôdach možno identifikovať na flyšových pohoriach, kde sú jeho koncentrácie známe aj v spojitosti s Ni, Cr, V a Mo, ďalej v oblastiach zrudnenia Spišsko-gemerského Rudohoria a vo vinohradníckych pôdach.

Esenciálne účinky mangánu sú známa pre rastliny, zvieratá a aj človeka. V pôdach bohatých na vápnik, horčík a železo môže dochádzať k chloróze u rastlín, pretože mangán má s týmito pôdnymi prvkami antagonistické vzťahy a tie bránia vstupu katiónov mangánu

do rastlinného pletiva. Obsah mangánu v pôdach je variabilný a varíruje od niekoľko 100 mg.kg⁻¹ až po %. Nachádza sa prevažne v silikátoch, kde zastupuje Ca, Mg, Fe, navyše je v oxidoch a fosforečnanoch. V tele človeka sa nachádza najmä v kostnom tkanive, je súčasťou enzýmov a metabolických procesov. Nadbytok mangánu v ľudskom organizme sa prejavuje neurotoxickými účinkami – strata motoriky, strnulosť končatín a tváre, strata zraku a pod. (David, 1990).

Podobne vplyv berýlia v pôde sa vyskytuje aj pri úmrtnosti ľudí na všetky rakovinové ochorenia. Berýlium sa nachádza v pôdach v nízkych koncentráciách rádovo do 10 mg.kg⁻¹ a nachádza sa prevažne v plagioklasoch, sľudách a niektorých ílových mineráloch. V horninotvorných mineráloch často zastupuje Si. Negatívne účinky na živé organizmy sú zaznamenané najmä v prípade rastlín a mikroorganizmov, ktorým zvýšený obsah Be zamedzuje prijatie Ca, Mg, P do tela a spôsobuje degradáciu enzýmov a bielkovín (Andre et al., 1987). Pre človeka je berýlium (jeho soli) považovaný za potenciálny karcinogén a zo zdravotného hľadiska je veľmi rizikovým prvkom (hlavne v prípade jeho výskytu v pracovnom prostredí) (Pappas a Newman, 1993).

Bárium sa v pôde vyskytuje vo vyšších obsahoch ako Be, a to rádovo 1000 mg.kg⁻¹. Jeho výskyt je spojený s primárnymi nezvetranými sľudami, živcami a môže byť sorbovaný na íl. Jeho esenciálny účinok a toxicita pre rastliny nebola nikdy presne klasifikovaná, ale sú známe jeho antagonistické vzťahy s vápnikom, horčíkom a draslíkom (znížený rast rastlín). V tele človeka jeho zvýšený prísun spôsobuje nahrádzanie K v bunkách, Ca v kostných tkanivách a narúša tráviaci a dýchací systém (Kabata-Pendias a Mukherjee, 2007).

Ďalšími vplyvnými prvkami sa prejavili selén, vanád a molybdén. Selén je považovaný za esenciálny prvok pre rastliny, zvieratá aj človeka (Kabata-Pendias, 2011). Je nevyhnutný pre správne fungovanie imunitného systému ľudského organizmu a jeho nedostatok sa spája s incidenciou rakovinových a kardiovaskulárnych ochorení (Kabata-Pendias a Mukherjee, 2007). Navyše má fyziologickú ochrannú funkciu vytesňovania Cd, Hg, Pb z biochemických procesov tvorbou selenidov (Sager, 2006). V pôde sa nachádza rádovo v nízkych obsahoch do 5 mg.kg⁻¹. Pôdy Slovenska sú skôr obsahovo chudobné na Se, a spája sa s výskytom síry (sulfidy, sorbovaný na íl, hydroxidy Fe a Mn).

Vanád sa nachádza v priemerných koncentráciách v pôde do 450 mg.kg^{-1} , jeho toxicita ani esenciálny účinok z pôd neboli preukázané (Kabata-Pendias a Pendias, 2001). V rastlinách čiastočne nahrádza molybdén. Z hľadiska ľudského zdravia boli v minulosti opísané len jeho negatívne účinky z pracovného prostredia, a to spojené s vdychovaním prachu s vysokým obsahom V (Evangelou, 2002).

Obsahy molybdénu v pôde sú nízke a dosahujú priemerné hodnoty do 20 mg.kg^{-1} . Z hľadiska potreby pre rastliny je Mo považovaný za mikroživinu (Kabata-Pendias, 2011). Známe sú jeho antagonistické vzťahy s meďou, mangánom a synergizmus s fosforom a vanádom. Podobne je jeho esenciálny účinok známy aj pre človeka. V prípade konzumácie potravín chudobných na Mo sa zistil vyšší výskyt rakovinových ochorení pažeráka a tráviaceho traktu (Kaiser et al., 2005). Jeho výskyt v pôdach Slovenska sa spája s flyšovými pohoriami (najmä šambronské súvrstvie) s vyššími obsahmi Ni, Cr, a V (Đurža et al., 2009), ďalej v niektorých jadrových pohoroch a zrudnených zónach Spišsko-gemerského Rudohoria.

Ďalšími významnými prvkami, ktoré vplývajú na úmrtia u ľudí na oba typy ochorení sa preukázali: F, Cu, Co, Pb, As, Hg, ^{222}Rn , Sb, Cr a Cd.

Fluór v pôdach je slabo prístupný pre rastliny. Nachádza sa prevažne v samostatných mineráloch ako fluorit, apatit, kryolit a v horninotvorných mineráloch ako biotit, muskovit, amfibol a pod. Jeho priemerné obsahy v pôde Slovenska neprekračujú 300 mg.kg^{-1} (lokálne sa môžu vyskytnúť aj anomálne koncentrácie). Je esenciálny pre zvieratá aj človeka, avšak len v úzkom rozsahu koncentrácií, a preto jeho nadbytok, ale aj nedostatok pôsobia škodlivo na organizmus (Dey and Giri, 2016). V prípade nadbytku u človeka vyvoláva kazivosť zubov, choroby opornej sústavy. Esenciálny účinok fluóru pre rastliny nebol jednoznačne potvrdený (Kabata-Pendias, 2011). Rastliny ho prirodzene prijímajú cez pôdu a aj atmosféru. Zvýšené koncentrácie vápnika, horčíka, fosforu a draslíka v pôdach zabráňujú vstupu fluóru, a tak aj toxickým účinkom na rastliny. Fluór sa v pôdach na Slovensku vyskytuje najmä na karbonátových substrátoch flyšového pásma a menej v horninách kryštalínika (Čurlík a Šefčík, 1999).

Meď je ďalším esenciálnym prvkom pre všetky živé organizmy. V pôde sa nachádza prevažne v sulfidických mineráloch, naviazaná na organickú hmotu a v horninotvorných

mineráloch zastupuje Zn, Mg a Fe. Je nevyhnutnou súčasťou enzýmov a podieľa sa na tvorbe krvi. V prípade nedostatku v tele sa prejavujú kardiovaskulárne ochorenia, anémia, poruchy nervovej sústavy (Davis a Mertz, 1987). Známe sú antagonistické vzťahy u rastlín, kde vysoké koncentrácie medi môžu vyvolať nedostatok molybdénu, železa a zinku (Kabata-Pendias a Mukherjee, 2007). Pôdy Slovenska obsahujú priemerne 25 mg.kg^{-1} medi a jej najvyššie pôdne obsahy sa viažu na zrudnené oblasti.

Chemické prvky ako Co, Cr, Pb, As, Hg, Sb, Ni a Cd sú klasifikované ako potenciálne toxické, medzi ktoré patria aj také, ktoré sú esenciálne pre rastliny, zvieratá a človeka, avšak len v úzkom intervale koncentrácie (Kabata-Pendias, 2011). Zvyčajne sa nachádzajú prirodzene v pôdach vo veľmi nízkych obsahoch, ktoré neprekračujú hodnotu 100 mg.kg^{-1} . Medzi také vplyvné prvky možno zaradiť kobalt a chróm (pre rastliny jeho esenciálny účinok doposiaľ nebol presne určený). Nedostatok chrómu v ľudskom organizme sa spája so srdcovými poruchami, poruchami metabolizmu a diabetes. V prípade kobaltu, ktorý je prítomný v enzýmoch, je jeho nedostatok spájaný najmä s metabolickými procesmi. Pri jeho nadbytku dochádza k vývoju kardiovaskulárnych ochorení a k poškodeniu pečene a obličiek (Simonsen et al., 2012).

Ďalšie prvky, ktoré sa preukázali ako vplyvné prvky na úmrtia ľudí na kardiovaskulárne a rakovinové ochorenie, by sme mohli kategorizovať ako toxické prvky, ktorých esenciálne účinky na všetky živé organizmy neboli jednoznačne potvrdené. Rastliny prijímajú tieto prvky z pôdy a akumulujú ich do svojich pletív, a preto sa môžeme niekedy nazdávať, že sú potrebné pre rast a vývoj rastlinných tiel. Avšak štúdie poukazujú na fakt, že pri zabránení príjmu tohto prvku do rastliny sa jej životné funkcie a rast nepozmenili. Medzi tieto prvky možno zaradiť antimón, olovo, ortuť a kadmium, ktoré sú z pohľadu zdravotného rizika na človeka chápané ako kumulatívne jedy (pri niektorých s karcinogénnym účinkom na človeka).

Podobne charakterizované škodlivé účinky sú determinované aj pre arzén (Smith et al., 2000), hoci v niektorých štúdiách sa autori vyjadrujú o jeho priaznivých účinkoch pre niektoré druhy zvierat, kde sa pridáva do krmív pre jeho stimulačný efekt (poľnohospodárske zvieratá) (Jackson et al., 2003).

Potenciálne toxický stopový prvok – nikel – je dlhodobo považovaný za neesenciálny prvok, ktorý v prípade nadbytku v tele pôsobí karcinogénnymi účinkami na zdravie človeka. Podľa viacerých štúdií je súčasťou enzýmov pre terestrické zvieratá, preto sa o jeho stimulačnom efekte na živý organizmus doposiaľ len polemizuje (Anke et al., 1984; Dalton et al., 1988).

Radón ako vplyvný prvok na všetky druhy úmrtí je známy ako pľúcny karcinogén pre človeka (Neuberger a Gesell, 2002). Jeho výskyt v pôdach je spätý s horninami bohatými na urán, tórium a predpokladá sa, že malé obsahy pochádzajú aj zo zirkónu, rutilu a apatitu (Lee, 2008). Vo vzťahu k zdravotnému riziku sa hodnotia najmä koncentrácie radónu v obytných priestoroch. Najvyššie koncentrácie prírodného radónu boli zistené na materských substrátoch granitických hornín (kryštalínikum), bazaltov, a tým sa celkovo Slovensko radí medzi európske štáty s vysokou prírodnou rádioaktivitou (Čurlík, 2011).

Neurónové siete hodnotia súbor dát spoločne v súbore, bez vstupných informácií o daných dátach a ich vlastnostiach. Táto metodika hľadala dôležité postavenie jedného pôdneho parametra na vybranú úmrtnosť u ľudí v celom súbore pôdných parametrov bez ich ďalších poznatkov a nevedela odlíšiť, o aký chemický parameter ide - jeho esenciálne alebo toxické účinky na človeka a vhodné pomery jednotlivých chemických prvkov v pôde. Každý pôdny parameter bol chápaný ako premenná s určitou hodnotou, ktorá sa v súbore všetkých pôdných prvkov, zlúčenín a vlastností preukázala štatisticky významná vo vzťahu k úmrtnosti. Pri určení vplyvných parametrov ako kadmium, nikel, antimón či olovo došlo k určeniu ich matematickému vplyvu, avšak popri nich sa nemuseli významne preukázať napríklad nižšie obsahy vápnika, horčíka, draslíka, ktoré môžu lokálne pôsobiť na kultúrne rastliny a človeka.

10.3 Rozdelenie pôd do geologických celkov

V predkladanej práci boli všetky pôdy na Slovensku rozdelené do ôsmich kategórii (geologické celky) podľa povahy materských hornín na ktorých sa vyvíjali, a to pôdy vyvinuté na: *paleozoikum* (metasedimenty, metavulkanity), *kryštalínikum* (granitoidy, ruly, migmatity), *karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén* (vápence, dolomity, vápnité zlepenice), *karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén* (sliene, slienité vápence, dolomity, pieskovce a bridlice), *flyšový paleogén* (pieskovce, bridlice, ílovce),

neovulkanity (andezity, bazalty a ich vulkanoklastiká), *neogén* (íly, ílovce, zlepenice, piesky), *kvarter* (štrky, piesky, íly, úlomky hornín) tak, aby sme mohli s týmito skupinami pôd ďalej pracovať v matematicko-štatistických metódach (Rapant et al., 2013).

Predstavili sme sa pre každý geologický celok základnú charakteristiku chemického zloženia pôd. Avšak zo základnej charakteristiky priemerných hodnôt obsahov jednotlivých prvkov a parametrov pôdy sme zistili, že síce poukazujú na rozdielnosť chemického zloženia pôd na základe rozdelenia do geologických celkov a ich materských substrátov, pri podrobnejšom skúmaní chemizmu pôdy na lokálnej úrovni sa často líšili. Domnievame sa, že ucelenie pôd podľa geologického podložia síce prinieslo určité výsledky trendov hodnotených makroprvkov na úmrtia miestnych ľudí, ale vyššiu výpovednú hodnotu závislostí by sme získali podrobnejším prieskumom lokálnych pôd s približne rovnakou škálou prvkov v chemickom zložení.

Na druhej strane je nutné poznamenať, že obsahy pôdných prvkov sú obsiahnuté v skupinách tak, ako sa vyskytujú v paragénnych asociáciách prvkov v horninotvorných mineráloch. Pri podrobnejšom náhľade na výskyt stopových prvkov u nich môžeme očakávať prítomnosť podľa asociácií, v akých sú obsiahnuté vo vyvretých a sedimentárnych horninách (Alloway, 1995; 1999). Keď sa pozrieme na matematicky určené vplyvné prvky a hľadáme ich určité črty paragénnej asociácie v jednotlivých geologických celkoch, pri generalizovaní do celkov sa vytrácajú znaky spoluvýskytu, hoci v podrobnejšom rozbere prvkov sú zrejmé.

Taktiež rozdiely v chemickom zložení pôd sú značné aj medzi jednotlivými regiónmi Slovenska - aj v rovnakom geologickom celku, pretože aj jeho litologická stavba sa v priestore odlišuje. Napríklad neovulkanity sa nachádzajú na strednom aj východnom Slovensku. Vo východoslovenských vulkanitoch prevládajú andezity, tufy, pyroklastiká a v stredoslovenských vulkanitoch nájdeme viac ryolitu, čo môže viesť už k prvej diferenciácii v obsahoch hodnotených prvkov v pôde. Podobné rozdiely môžeme zaznamenať pri flyšovom paleogéne, v ktorom sa lokálne nachádzajú flyšové karbonátové komplexy paleogénu (krieda), ktoré sa odlišujú vyšším výskytom slienitých ílovcov a slienitých bridlíc. V jadrových pohoriach (kryštalínikum) sú bežnou súčasťou popri granitoidných a metamorfovaných horninách aj mezozoické komplexy vápencovo-

dolomitického charakteru, ktoré ovplyvňujú fónové koncentrácie prvkov v pôdach (Čurlík, 2011).

Podľa základnej charakteristiky obsahov chemických prvkov a zlúčenín v pôdach jednotlivých geologických celkov sme dokázali jednoznačne určiť vyššie obsahy tých prvkov (Ca, Mg), ktoré sa vyskytujú v horninotvorných mineráloch a horninách prirodzene (mezozoické komplexy) a v nižších obsahoch boli obsiahnuté tam, kde sa prirodzene vyskytujú magmatické a metamorfované horniny (vyššie obsahy Al, Na, Ba, K, Sr, Mo,...).

Pôdy vznikli pôdotvornými procesmi a dlhodobo nadobúdajú svoje vlastnosti a znaky podľa meniacich sa vonkajších podmienok prostredia. V pôdotvornom procese dochádza k premene materských hornín z materského substrátu na sekundárne minerály. Pri procese premeny primárnych minerálov na sekundárne minerály môže dochádzať k ochudobňovaniu pôdy o niektoré chemické prvky, k ich translokácii alebo odnosu prostredníctvom pôdneho roztoku. Premiestňovanie chemických látok a zlúčenín v rámci pôdneho profilu môže nastať nielen v smere vertikálnom, ale aj v laterálnom. Pôdy zvyčajne vyskytujúce sa vo vyšších nadmorských výškach sú ochudobňované vplyvom vyšších zrážok o alkalické kationy, ktoré naopak môžu byť naakumulované v nižšie položených pôdach alebo na bariérach. Takto môžu byť aj vrchné časti pôdy vyskytujúce sa na karbonátových substrátoch ochudobňované o vápnik, horčíka a obsah karbonátov, čo sa odráža v ich chemickom zložení. Naopak v prípade pôd, ktoré vznikajú na nekarbonátových substrátoch môže dochádzať o obohacovanie týmito prvkami v procese translokácie a akumulácie. Spomínané pôdotvorné procesy sú veľmi odlišné a závislé na lokálnej mikroklimě, reliéfe, organizmoch a čase pôsobenia. Podľa veku pôdy môžeme predpokladať minerály, ktoré sa môžu v pôde nachádzať. Zvyčajne v starších pôdach sa nachádzajú minerály relatívne rezistentné voči rozkladu a abrázii (kremeň, sľudy a živce). Nenájdeme v nich olivíny, pyroxény a ani amfiboly vo vysokých množstvách. Tieto minerály bazických a ultrabazických hornín sú relatívne málo odolné voči chemickému rozpadu (Hassett a Banwarth, 1992).

Značné rozdiely v chemickom zložení pôd nájdeme aj v rôznych eluviálnych pôdach, ktoré vznikli na vyvretých a metamorfovaných horninách, na pevných sedimentárnych horninách a nespevnených sedimentárnych horninách. Tieto pôdy obsahujú iný pomer zdedených,

premenených a novovytvorených minerálnych fáz v závislosti od charakteru materskej horniny. Napríklad pôdy na elúviách granitov majú prevažne novotvorené minerály zo živcov s nízkym výskytom premenených ílových minerálov (sludy) a neobsahujú zdedené ílové minerály. Pôdy na nespevnených sedimentoch obsahujú najmä zdedené ílové minerály a len v malom množstve premenené ílové minerály (Čurlík, 2011).

10.4 Formy vystupovania chemických prvkov a zlúčenín v pôde

Všeobecnú charakteristiku obsahov chemických prvkov, zlúčenín a vlastností pôdy sme určili na základe dostupných dát z predchádzajúcich analýz a prieskumov, ktoré boli spracované na celé územie Slovenska. Potrebovali sme vytvoriť jednotný dataset obsahov všetkých dostupných pôdných parametrov pre každú obec tak, aby sme tieto dáta ďalej použili pri hľadaní trendov. V takto širokom zábere sme mali k dispozícii dáta celohorninových analýz pochádzajúcich z národnej geochemickej databázy geochemického mapovania Slovenskej republiky (Čurlík a Šefčík, 1999) a z výstupov z čiastkového regionálneho mapovania. Tieto prieskumy predkladali fónové obsahy chemických prvkov Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, F, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, V, W, Zn, hodnoty pôdnej reakcie pH v H₂O a roztoku KCl a obsahy karbonátov, s ktorými sme naďalej pracovali. Domnievame sa, že ak by sme mohli pracovať s dátami poukazujúcimi na obsahy prístupných foriem chemických prvkov v rovnako širokom zábere v pôdach celého územia, aj trendy závislostí na jednotlivé ochorenia by boli signifikantnejšie.

Z našich dát vieme určiť množstvá jednotlivých chemických prvkov, avšak nevieme z nich jednoznačne popísať, v akých formách sa nachádzajú vo vzťahu k bioprístupnosti, či sú fixované v minerálnych fázach, nasorbované na ílové minerály a tým za určitých podmienok aj prístupné pre rastliny, sorbované na povrchu koloidných častíc, alebo sú uvoľnené v pôdnom roztoku (Mutscher, 1995; Krishnamurti a Naidu, 2008). Len bioprístupný podiel chemického prvku v pôde je prístupný pre rastliny a živočíchy, ten prechádza cez bunkové membrány a tým zabezpečuje príjem organizmami (Campbell, 1995; Rand, 1995). Vo vzťahu *pôda a živý organizmus* ide o bioprístupnú formu prvku v pôdnom roztoku, a tá je závislá od celkového množstva potenciálne prístupných prvkov, od koncentrácie a aktivity, iónových pomerov iných prvkov a od rýchlosti, akou je

prenášaný z pevnej fázy prostredníctvom pôdneho roztoku do rastlinných koreňov (Brümmer, 1986).

Napríklad, ak sa pozrieme na niektoré pôdy, obsahujúce vysoký obsah horčíka, zvyčajne len 10 % z celkového obsahu je vo výmennej forme (čiastočne dostupnej pre rastliny) a len 2 % vo vodorozpustnej forme plne dostupnej pre rastliny. Z celkového obsahu draslíka je podľa viacerých autorov len 20 % v prístupnej forme (Wilkinson et al., 1987). Taktiež vápnik môže dosahovať vysoké celkové obsahy v pôde do 30 %, i keď sa najviac nachádza vo forme zlúčenín nerozpustných vo vode. Viazne sa prevažne na koloidné častice pôdy a zúčastňuje sa na pôdotvorných procesoch (Barančíková et al., 2009). Nadbytok zrážok a gravitačná voda v pôde spôsobujú jeho vysoký úbytok vylúhovaním (až 50-600 kg CaO /ha/r) do nižších častí pôdneho profilu alebo až do podzemnej vody.

Doplnenie našich dát o prístupné formy hodnotených makroprvkov by pomohlo jednoznačnejšie objasniť ich vstup do potravného reťazca človeka prostredníctvom rastlín. I keď Vyhláška MP SR č. 338/2005 Z. z., ustanovuje pri agrochemickom skúšaní pôd na lesných pozemkoch a poľnohospodárskej pôde analyzovať okrem pôdnej reakcie pH, oxydovateľného C, celkového obsahu N aj obsahy prístupných foriem draslíka, vápnika, horčíka a fosforu - ich predmetom sledovania nie je celé územie. Navyše, ich hustota odberovej siete nie je jednotná a líši sa od spôsobu využívania pôdy (orná pôda, vinice, chmeľnice, ovocné sady, trvalé trávnaté porasty, atď...).

11 ZÁVER

Analýza vplyvu vybraných chemických prvkov a parametrov pôdy na celom území Slovenska vo vzťahu k zdravotnému stavu obyvateľstva, konkrétnejšie sledovanému s ohľadom na srdcovo-cievne a nádorové ochorenia, priniesla niekoľko poznatkov, ktoré môžeme bližšie opísať a zhrnúť do nasledovných záverov.

- Obsahy hodnotených chemických prvkov a karbonátov v pôde sa nepreukázali za vplyvné parametre na úmrtia ľudí na kardiovaskulárne a rakovinové ochorenia. Z našich výsledkov jednotlivých štatistických postupov je zrejmé, že vápnik, horčík, draslík, karbonáty a menej sodík sú určite zaujímavé pôdne parametre pre podrobnejšie sledovanie ich distribúcie v pôde vo vzťahu k zdraviu človeka. Sledovali sme distribúcie a ich trendy vplyvu aj pre pôdy, ktoré boli vytvorené na rôznych materských horninách.
- Na základe podrobného rozdelenia všetkých pôd do ôsmich geologických celkov sme pre každý geologický celok určili všeobecnú základnú charakteristiku pôd a prostredníctvom úmrtností miestnych ľudí sme im odhadli zdravotný stav. Najpriaznivejší zdravotný stav sme determinovali pre ľudí žijúcich na karbonátových pôdach (pôdy vyvinuté na karbonaticko-silikátovom mezozoiku a paleogéne, karbonatickom mezozoiku a paleogéne) a na pôdach vyvinutých na flyšovom paleogéne. Najvyššie hodnoty úmrtnosti u ľudí na všetky sledované príčiny úmrtí boli zaznamenané pre obyvateľov obcí ležiacich na pôdach vyvinutých na neovulkanitoch a na kryštaliniku. Zaujímavosťou je, že ľudia žijúci na pôdach vyvinutých na paleozoiku síce neumierajú vo vysokej miere na rakovinové ochorenia oproti iným, avšak dosahujú najvyššiu úmrtnosť na ischemické ochorenia srdca.
- Pri podrobnom skúmaní obsahov makroprvkov a obsahov karbonátov v pôde komplexne pre celé územie Slovenska sme určili signifikantné vzťahy najmä medzi obsahom karbonátov, vápnika, menej sodíka a horčíka a *kardiovaskulárnymi ochoreniami*. Hodnoty úmrtností ľudí na kardiovaskulárne ochorenia boli nižšie na pôdach, ktoré obsahovali vyššie koncentrácie spomínaných prvkov (karbonáty a úmrtnosť na ischemické ochorenie srdca: $R_{\text{Spearman}} = -0,245$ pri 99,9% intervale spoľahlivosti). Podľa poradia vplyvných prvkov voči kardiovaskulárnym ochoreniam sa za matematicky najvplyvnejší chemický parameter preukázal najmä

sodík, vápnik, potom obsah karbonátov a draslík. Za najpriaznivejšie pôdne obsahy vápnika z pohľadu dobrého zdravotného stavu boli matematicky určené optimálne hodnoty vyššie ako 0,68% a nižšie ako 3,66% v pôde. Najnižší limitný obsah karbonátov bol určený na 2,71% v pôde a vhodné obsahy sodíka v pôde ako limitné hodnoty nebolo možné vyrátať. Vypočítané limitné obsahy draslíka boli ohraňované len na jeho maximálny možný obsah, ktorý bol vyhovujúci pre dobrý zdravotný stav, a to najviac 1,89% v pôde. Významné postavenie vplyvnosti nielen pri hodnotení všetkých pôd, ale aj v čiastkových výpočtoch pre pôdy jednotlivých geologických celkov a pre všetky hodnotené ochorenia, preukázala pôdna reakcia pH meraná vo vode, aj v KCl.

- Za málo vplyvné parametre v pôde boli štatisticky determinované makroprvky: sodík, vápnik, horčík a obsah karbonátov voči nádorovým ochoreniam. Ich vplyvnosť *na rakovinové ochorenia* bola určená len matematicky bez významnosti. Podobne sa tieto hodnotené makroprvky nepreukázali za významne potrebné pôdne parametre ani prostredníctvom hľadania ich korelačných vzťahov. Sledované makroprvky v pôde sa nepreukázali samé o sebe za potrebnéjšie oproti iným pôdnym prvkom a pôdnym parametrom voči zdravotnému stavu obyvateľov. I keď významnosť týchto prvkov nebola štatisticky potvrdená, boli určené ich limitné a optimálne obsahy v pôde, na ktorej zomierali ľudia menej na rakovinové ochorenia ako bol priemer úmrtností pre celé Slovensko. Tieto priaznivé pôdy, na ktorých žili ľudia s nízkym výskytom nádorových ochorení, obsahovali optimálny obsah sodíka 1,21- 1,53%, minimálny obsah vápnika 0,85% a maximálny obsah vápnika 3,66%, maximálne 4,40% karbonátov a minimálny obsah horčíka 0,87% v pôde.
- Poradia vplyvných chemických prvkov v pôde na rôznych geologických celkoch prinášajú skôr nehomogénne výstupy a nedokázali sme ich zjednotiť tak, aby sme ich vedeli nielen stochasticky určiť, ale podložiť príčinné vysvetlenie ich trendov na vybrané druhy ochorení. Samozrejme, zo zahraničných štúdií je všeobecne známa potreba a esenciálny účinok vápnika, horčíka, draslíka pre človeka aj zvieratá. V našom súbore výsledkov vystupujú za relatívne vplyvné prvky aj iné chemické látky ako len makroprvky. Vyznačujú sa rovnako významnou úrovňou vplyvu na úmrtia, čím sa v podstate nelíšia významným postavením v komplexe

pôdneho zloženia. Za významne vplyvné pôdne prvky boli preukázané aj iné a to: železo, hliník, mangán, fosfor, berýlium, bárium a zinok z pohľadu úmrtí ľudí na nádorové ochorenia. Týmto prvkom sme sa bližšie v práci nevenovali, avšak vieme o nich povedať, že je známa ako ich potreba pre živé organizmy, tak aj ich toxicita pri vyšších koncentráciách v prostredí alebo priamo v organizme. Za menej vplyvné prvky pre oba typy ochorení boli určené aj ďalšie látky ako: fluór, meď, radón a niektoré prvky klasifikované ako potenciálne toxické stopové prvky: Co, Cr, Pb, As, Hg, Sb, Ni a Cd. Opäť, aj pri týchto prvkoch sú známe ich toxické účinky na človeka, zvieratá a rastliny, ale niektoré z nich sú stavebnými prvkami živých buniek, alebo o ich esenciálnych účinkoch na zvieratá sa vo vedeckých kruhoch dlhodobo vedú spory.

- Domnievame sa a vysokú rôznorodosť výsledkov pripisujeme najmä vysokej variabilite chemického zloženia pôd, tak aj vysokej rôznorodosti samotnej geologickej stavby. Rôzne pôdotvorné procesy, najmä pri lokálnom náhľade na pôdy, sú schopné obohatiť a aj ochudobniť chemizmus pôdy. I keď geochemické pozadie pôd je dedené po materskom substráte, vonkajšie faktory a činitele vplývajú na pôdu, menia ju prostredníctvom pôdotvorných makroprocesov a mikroprocesov ako do rozvrstvenia na pôdne horizonty, tak aj jej chemické zloženie a pôdne vlastnosti. Navyše, pri pohľade na úroveň úmrtnosti ľudí žijúcich na jednotlivých pôdach možno poznamenať, že karbonátové pôdy sa vyznačujú priaznivejším stavom úmrtí ľudí ako tie pôdy, ktoré nesú vo svojom chemickom zložení nižšie obsahy karbonátov, vápnika a horčíka.

Ak by sme sa dokázali bližšie pozrieť aj na zdravotný stav obyvateľov na lokálnej úrovni, mohli by sme prísť k mylným záverom v porovnaní s našimi dátami. Na národnej úrovni, kde sme sa snažili komplexne poňať hľadanie vplyvov chemického zloženia pôd na zdravie, sme zovšeobecnilí epidemiologické dáta a chemizmus pôd bez ohľadu na lokálny charakter a aj toto môže byť odpoveďou na naše nejasné závery. Ak chceme chápať vzťah *človek-rastlina-pôda*, potom by sme sem mali zaradiť aj vplyv pôdy prostredníctvom pestovania rastlín, ktoré prijímajú a zabudovávajú prvky z pôdy do svojich buniek, ktoré sú priamo konzumované miestnymi ľuďmi. Je to tak aj vo vzťahu *človek-chované zviera-rastlina-pôda* s poľnohospodárskymi zvieratami, ktoré sú v priamom kontakte nielen s pôdou, ale najmä s lokálnou rastlinnou potravou a poskytujú miestnym ľuďom živočíšne

produkty. V dnešnej dobe sú však ľudia orientovaní skôr na dovoz potravín a len ojedinele sa môžeme stretnúť s roľníkmi a malými poľnohospodármi, ktorí obhospodarujú pôdu pre vlastnú spotrebu. Globálny pôvod potravín odráža vo svojom zložení iný ako miestny chemizmus pôd, a to je jeden z dôvodov, prečo sa geochemické pozadie krajiny neodrazilo vo vzťahu ku kardiovaskulárnym a nádorovým ochoreniam.

Odporúčanie:

Vzhľadom k tomu, že sa pri štúdiu chemického zloženia pôd na národnej úrovni nepreukázali významné vplyvy makroprvkov a obsah karbonátov na úmrtnosť na kardiovaskulárne a rakovinové ochorenia, je potrebné považovať skôr o analýze vzťahov pôdných prvkov a parametrov pôdy na lokálnej úrovni, kde sa zhodnotia nielen chemické obsahy v pôde, ale aj lokálne geologické podložie a pokryvné sedimenty, prístupné formy a bioprístupnosť prvkov do rastlín, vzájomné pôsobenia jednotlivých chemických prvkov v komplexe (antagonistické a synergické vzťahy), ich vhodné pomery koncentrácií v pôde a ich množstvá v podzemnej (pitnej) vode.

Ďalej by sa v prípade epidemiologických dát malo uvažovať o ich rozšírení o incidenciu a prevalenciu kardiovaskulárnych a nádorových ochorení, prípadne bližšie analyzovať aj životný štýl miestnych obyvateľov a ich stravovanie.

POUŽITÁ LITERATÚRA

ABBEY, L. M., LOMBARD, J. A., 1973: The Etiological Factors and Clinical Implications of Pica: Report of case. The Journal of the American Dental Association, 87, p. 885-887

ABDI, H., VALENTIN, D., EDELMAN, B., 1999: Neural Networks. Thousand Oaks, SAGE Publication, California, p. 89

ABRAHAMMS, P. W., 2002: Soils: Their Implication to Human Health. The Science of Total Environment, 291, p. 1-32

ABRAHAMMS, P. W., 2005: Geophagy and the involuntary ingestion of soil. In: Essentials of Medical Geology. SELINUS, O., ALLOWAY, B., CENTENO, J., FINKELMAN, R., FUGE, R., LINDH, U., SMEDLEY, P., Impact of the Natural Environment on Public Health. Academic Press, Burlington, p. 435-458

ABRAHAMMS, P. W., 2012: Involuntary Soil Ingestion and Geophagia: A source and Sink of Mineral Nutrients and Potentially Harmful Elements to Consumer of Earth Materials. Applied Geochemistry, 27, p. 954-968

ABRAHAMMS, P. W., STEIGMAJER, J., 2003: Soil Ingestion by Sheep Grazing the Metal Enriched Floodplain Soils of Mid-Wales. Environmental Geochemistry and Health, 25, p. 17-24

AG - AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2005: Nutrient Reference Values For Australia and New Zealand. Department of Health and Ageing, National Health and Medical Research Council, p. 317

ALLOWAY, B. J., 1995: Heavy metals in soils. 2nd ed., Blackie Academy, London, p. 386

ALLOWAY, B. J., 1999: Schwermetalle in Boden. Springer, Verlag Berlin, p. 540

ALTURA, B. M., ALTURA, B. T., CARELLA, A., 1996: Hypomagnesemia and Vasoconstriction: possible relationship to etiology of sudden death ischemic heart diseases and hypertensive vascular diseases of potential mechanisms. Artery, 9, p. 364-371

ALTURA, B. M., 1994: Alcohol. Clinical and Experimental Research, 18, p. 1057-1068

ANDRE, S. M., METIVIER, H., LANTENOIS, G., BOYER, M., NOLIBE, D., MASSE, R., 1987: Beryllium metal solubility in the lung: comparison of metal hot-pressed forms by in-vivo and in-vitro dissolution bioassays. Human Toxicology, 6, p. 233-240

ANKE, M., GROPPPEL, B., KRONEMANN, H., GRÜN, M., 1984: Nickel – an essential element. 53, Biofactors, p. 339-365

- BAILEY, R. L., DODD, K. W., GOLDMAN, J. A., 2010: Estimation of Total Usual Calcium and Vitamin D Intakes in the United States. *The Journal of Nutrition*, 140, p. 817-822
- BANDLEROVÁ, A., LAZÍKOVÁ J., 2005: Some reasons that influence agrarian Land market development – Case of Slovakia. In: *Development of Land Markets and Related Institutions in Countries of Central and Eastern Europe*, Regional Workshop FAO, Nitra, SPU, p. 14
- BARABASZ, W., ALBIŇSKA, D., JAŠKOWSKA, M., LIPIEC, J., 2002: Ecotoxicology of Aluminium. *Journal of Environmental Studies*, 11, p. 199-203
- BARÁKOVÁ, A., 2009: Epidemiologická situácia v SR – choroby obehovej sústavy a ich rizikové faktory. *Via Practica*, 6, p. 17-21
- BARANČÍKOVÁ, G., FAZEKAŠOVÁ, D., MANKO, P., TORMA, S., 2009: *Chémia životného prostredia*. Prešovská univerzita v Prešove, Prešov, s. 255
- BARON, J. A., BEACH, M., MANDEL, J. S., VAN STOLK, R. U., HAILE, R. W., SANDLER, R. S., 1999: Calcium Supplements for the Prevention of Colorectal Adenomas. *The New England Journal of Medicine*, 340, p. 101-117
- BARZEL, U. S., 1995: The skeleton as an ion exchange system: implications for the role of acid-base imbalance in the genesis of osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 10, p. 1431-1436
- BEAGLEHOLE, R., BONITA, R., KJELLSTROM, T., 1993: *Basic epidemiology*. Geneva, World Health Organization, p. 226
- BECARIA, A., CAMPBELL, A., BONDY, S. C., 2002: Aluminium As a Toxicant. *Toxicology and Industrial Health*, 18, p. 309-320
- BEILIN, L. J., ARMSTRONG, B. K., MARGETTS, B. M., ROUSE, I. L., VANDONGEN, R., 1987: Vegetarian Diet and Blood Pressure. *Nephron*, 47, p. 37-41
- BENCKO, V., HRACH, K., MALÝ, M., PIKHART, H., REISSIGOVA, J., SVAČINA, Š., TOMEČKOVÁ, M., ZVÁROVÁ, J., 2003a: *Biomedicínska statistika III., Statistické metody v epidemiologii*, Svazek1, Karolinum, Praha, s. 236
- BENCKO, V., HRACH, K., MALÝ, M., PIKHART, H., REISSIGOVA, J., SVAČINA, Š., TOMEČKOVÁ, M., ZVÁROVÁ, J., 2003b: *Biomedicínska statistika III., Statistické metody v epidemiologii*, Svazek2, Karolinum, Praha, s. 505
- BERESFORD, O. G., HOWARD, B. J., 1991: The Importance of Soil Adhered to Vegetation as a Source of Radionuclides Ingested by Grazing Animals. *The Science of the Total Environment*, 107, p. 237-254

BERGMANN, W., 1992: Nutritional disorders of plants. G. Fisher Verlag, Jena – New York, p. 351

BEZÁK, V., POLÁK, M., KONEČNÝ, V., BIELY, A., ELEČKO, M., FILO, I., HÓK, J., HRAŠKO, Ľ., KOHÚT, M., LEXA, J., MADARÁS, J., MAGLAY, J., MELLO, J., OLŠAVSKÝ, M., PRISTAŠ, J., SIMAN, P., ŠIMON, L., VASS, D., VOZÁR, J., 2008: Prehľadná mapa Slovenskej republiky. ŠGÚDŠ, Bratislava

BIRT, D. F., POUR, P. M., PELLING, J. C., 1989: The Influence of Dietary Selenium on Colon, Pancreas and Skin Tumorigenesis. In: Selenium in Biology and Medicine. WENDEL, A., Springer Verlag, Berlin, p. 304

BONITA, R., BEAGLEHOLE, R., KJELLSTRÖM, T., 2006: Basic Epidemiology. Geneva, World Health Organization, p. 226

BORGI, S., 2002: L'influence des perceptions de rôles sur l'intention de départ volontaire chez les commerciaux. Revue de Gestion des Ressources Humaines, 44, p. 80-95

BOLT, G. H., BRUGGENWERT, M. G. M., KAMPHORST, A., 1976: Adsorption of cations by soil. In: Soil chemistry and Basic elements. BOLT, G. H., BRUGGENWERT, G. M., Elsevier North-Holland, Inc., New York, p. 54-90

BRESLAU, N. A., 1994: Calcium, estrogen, and progestin in the treatment of osteoporosis. Rheumatic Disease Clinics of North America, 20, p. 691-716

BRÜMMER G. W., 1986: Heavy metal species, mobility and availability. In: The Importance of Chemical Speciation in Environmental Processes. BERNHARD, M., BRINKMAN, F. E., SADLER, P. J., Springer-Verlag, Berlin, p. 169-192

BUCHER, H. C., COOK, R. J., GUYATT, G. H., LANG, J. D., COOK, D. J., HATALA, R., 1996: Effect of Dietary Calcium Supplementation on Blood Pressure. JAMA, 275, p. 1016-1022

BURTIS, W. J., GAY, L., INSOGNA, K. L., ELLISON, A., BROADUS, A. E., 1974: Dietary hypercalciuria in patients with calcium oxalate kidney stones. The American Journal of Clinical Nutrition, 60, p. 424-429

CALABRESE, E. J., STANEK, E. J., 1994: Soil Ingestion issues and recommendation. Journal of Environmental Science and Health, 29, p. 517-530

CAMPBELL, P. G. C., 1995: Interactions between trace metals and aquatic organisms: a critique of the free –ion activity model. In: Metal speciation and bioavailability in aquatic systems. TESSER & TURNER, John Wiley & Sons, Chichester, UK, p. 45-102

CANFIELD, R. I., HENDERSON, C. R., CORY-SLECHTA, D. A., COX, C., JUSCO, T. A., LANPHEAR, B. P., 2003: Intellectual Impairment in China with Blood Lead Concentrations. The New England Journal of Medicine, 348, p. 1517-1526

CASTENMILLER, J. J. M., MENSINK, R. P., VAN DER HEIJDEN, L., KOUWENHOVEN, T., HAUTVAST, J., DE LEEUW, P. W., SCHAAFSMA, G., 1985: The effect of dietary sodium on urinary calcium and potassium excretion in normotensive men with different calcium intakes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 41, p. 52–60

CAVDAR, A. O., ARCASOY, A., CIN, S., GUMUS, H., 1980: Zinc Deficiency in Geophagia in Turkish Children and Response to Treatment with Zinc Suphate. *Hematologica*, 65, p. 403-408

COOK, N. R., COHEN, J., HEBERT, P. R., 1995: Implications of Small Reductions in Diastolic Blood Pressure for Primary Prevention. *JAMA Internal Medicine*, 155, p. 701-709

COOK, N. R., CUTLER, J. A., OBARZANEK, E., BURING, J. E., REXRODE, K. M., KUMANYIKA, S. K., APPEL, L. J., WHELTON, P. K., 2009a: Long term effects of dietary sodium reduction on cardiovascular diseases outcomes: observational follow-up of the trials of hypertension prevention (TOHP). *Brittish Medical Journal*, 162, p. 32-40

COOK, N. R., OBARZANEK, E., CUTLER, J. A., 2009b: Joint Effects of Sodium and Potassium Intake on Subsequent Cardiovascular Disease: The Trials of Hypertension Prevention Follow-up Study. *JAMA Internal Medicine*, 169, p. 32–40

COOPER, R., SOLTERO, I., LIU, K., BERKSON, D., LEVISON, D., STAMLER, J., 1980: The association between urinary sodium excretion and blood pressure in children. *Circulation*, 62, p. 97-104

CUI, Y., ROHAN, T. E., 2006: Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention. *Cancer Epidemiological Biomarkers Preview*, 15, p. 1427-1437

CUMMING, R. G., NEVITT, M. C., 1997: Calcium for prevention of osteoporotic fractures in postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 2, p. 1321-1329

CUTLER, J. A., FOLLMANN, D., ALLENDER, P. S., 1997: Randomized trials of sodium reduction: an overview. *American Journal of Clinical Nutrition*; 65, p. 643-651

ČURLÍK, J., 2011: Potenciálne toxické stopové prvky a ich distribúcia v pôdach Slovenska. *Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava*, p. 462

ČURLÍK, J., ŠEFČÍK, P., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky časť V. – Pôdy. *MŽPSR, Bratislava*, s. 99

DALTON, D. A., RUSSELL, S. A., EVANS, H. J., 1988: Nickel as micronutrient element for plants. 1, *Biofactors*, p. 11-16

DAVID. L., 1990: The Nutritional Relationships of Manganese. *Journal of Orthomolecular Medicine*, 5, p. 219-222

DAVIS G. K., MERTZ, W., 1987: Copper. In: Trace elements in human and animal nutrition. MERTZ, W., San Diego, Academic Press, p. 301-364

DH - DEPARTMENT OF HEALTH, 1991: Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients for the United Kingdom, HMSO, p. 228

DEY, S., GIRI, B., 2016: Fluoride Fact on Human Health Problems: A Reviews. Medical And Clinical Reviews, p. 234-239

DICKSON, K. L., GIESY, J. P., PARRISH, R., WOLFE, L., 1994: Summary and conclusions. In: Bioavailability: Physical, Chemical and Biological Interactions. HAMELINK, J. L., LANDRUM, P. F., BERGMAN, H. L., BENSON, W. H., Lewis, Boca Raton, FL, USA, p. 221–230

DONER, H. E.; LYNN, W. C., 1989: Carbonate, halide, sulfate, and sulfide minerals. In Minerals in Soil Environments. DIXON, J. B., WEED, S. B.; Soil Science Society of America, Madison WI, p. 279–330

DURLACH, J., 1989: Recommended dietary amounts of magnesium: Mg RDA. Magnesium Research, 3, p. 195-203

ĎURŽA, A., ČURLÍK, J., JURKOVÍČ, Ľ., HILLER, E., KOMANICKÁ, E., 2009: Niektoré environmentálne implikácie geogénnej kontaminácie pôd vo východoslovenskom flyši. Acta Environmentalica Universitatis Comenianae, 17, p. 27-35

ELWOOD, P. C., 1994: Iron, magnesium and ischaemic heart disease. Proceedings of the Nutrition Society, 53, p. 599–603

EVANGELOU, A. M., 2002: Vanadium in cancer treatment. Critical Reviews in Oncology / Hematology, 42, p. 249-265

EUROSTAT YEARBOOK, 2013: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Europe_in_figures_-_Eurostat_yearbook (cit. 22. február 2016)

FERRANDIZ, J., ABELLAN, J. J., RUBIO, G. V., QUILEZ, A. L., SANMARTIN, P., ABELLAN, C., BENEITO, M. A. M., MELCHOR, I., VANACLOCHA, H., BELLESTER, O. Z. F., GIL, J. M., HOYOS, S. P., OCENA, R., 2004: Spatial Analysis of the Relationship between Mortality from Cardiovascular and Cerebrovascular Diseases and Drinking Water Hardness. Environmental Health Perspective, 9, p. 1037-1044

FREGLY, M. J., 1981: Sodium and potassium. Annual review of nutrition, 1, p. 69-93

FROST, C. D., LAW, M. R., WALD, N. H., 1991: By how much does dietary salt reduction lower blood pressure? II Analysis of observational data within population. British Medical Journal, 302, p. 815-818

- GREEN, D. M., ROPPER, A. H., KRONMAL, R. A., PSATY, B. M., BURKE, G. L., 2002: Serum potassium level and dietary potassium intake as risk factors for stroke. *Neurology*, 59, p. 314-320
- GRIFFITH, G. W., DAVIES, A. R. I., 1954: Cancer and Soils in the Country of Angkezy. *British Journal of Cancer*, 8, p. 594-210
- GIBBS, C. R., BEEVERS, D. G., LIP, G. Y. H., 1999: The management of Hypertensice diseases in Black Patients. *The International Journal of Medicine*, 92, p. 187-192
- GIRALDI, J. D., DUFFEY, S. S., MUNN, C. A., TELL, L. A., 1999: Biochemical Functions of Geophagy in Parrots: Detoxification of Dietary Toxins and Cytoprotective Effects. *Journal of Chemical Ecology*, 25, p. 897-922
- GRECULA, P., HOVORKA, D., PUTIŠ, M., 1997: Geological Evolution of the Western Carpathians. *Mineralia Slovaca Corporation*, Bratislava, s. 370
- GREGER, J. L., SMITH, S. A., SNEDEKER, S. M., 1981: Effect of dietary calcium and phosphorus, magnesium, manganese and selenium in adult males. *Nutrition Research*, 1, p. 315-325
- GUBOVÁ, M., 2005: Vývoj podnikovej štruktúry v poľnohospodárskej prvovýrobe (autoreferát). *Výskumný ústav ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva*, Bratislava, p. 25
- GUPTA, V. B., ANITHA, S., HEGDE, M. L., 2005: Aluminium in Alzheimer's Disease: Are We Still at a Croosroad? *Cellular & Molecular Life Sciences*, 62, p. 143-158
- HAEHLING, S., JANKOWSKA, E. A., VELDHUISEN, D. J., PONIKOWSKI, P., ANKER, S. D., 2015: Iron deficiency and cardiovascular disease. *Nature Reviews Cardiology*, 12, p. 659-669
- HAN, S., LIU, Y., YAN, J., 2011: Neural network ensemble method study for wind power prediction. In: *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), Asia-Pacific*, p. 1-4
- HARDWICK, L. L., JONES, M. R., BUDDINGTON, R. K., CLEMENS, R. A., LEE, D. B., 1990: Comparison of calcium and magnesium absorpton: in vivo and in vitro studies. *American Journal of Physiology*, 5, p. 720-726
- HASSETT, P. M., BANWARTH, W. L., 1992: Soils and their environment. *Prentice Hall*, Englewood Cliffs, New Jersey, p. 121
- HEALY, W. B., 1968: Ingestion of Soil by Dairy Cows. *New Zealand, Journal of Agricultural Research*, 11, p. 487-499
- HEALY, W. B., CROUCHLEY, G., GILLET, R. L., RANKIN, P. C., WATTS, H. M., 1972: Ingested Soil and Iodine Deficiency in Lambs, *New Zealand, Journal of Agricultural Research*, 15, p. 778-782

- HEANEY, R. P., 1986: Calcium bioavailability. *Contemporary Nutrition*. 11, 8, p. 1-2
- HEANEY, R. P., SMITH, K. T., RECKER, R. R., HINDERS, S. M., 1989: Meal effect of calcium absorption. *American Journal of Clinic Nutrition*, 49, p. 372-376
- HENSHAW, J., AYENI, J. S. O., 1971: Some Aspect of Bigame Utilization of Mineral Licks in Yankari Game Reserve. Nigeria. *East African Wildlife Journal*, 9, p. 73-82
- HERLIN, A. H., ANDERSSON, I., 1996: Soil Ingestion in Fram Animals. Swedish University Press, Lund, p. 36
- HERTZ, J., KROGH, A., PALMER, R. G., 1991: Introduction to the Theory of Neural Computation. Addison-Westley Publication Company, Redwood City, p. 327
- HEYMANN, E. W., HARTMANN, G., 1991: Geophagy in Moustached Tamarins, *Saguinus mystax* at the Rio Blanco. *Primates*, 32, p. 533-537
- HILL, B. H., HILL, I. D., 1991: Bradford Hill's Principles of Medical Statistics. 12th Edition, Auckland, Edward Arnold, p. 339
- HILL, T., LEWICKI, P., 2007. *Statistics: Methods and Applications*. StatSoft, Tulsa, OK
- HRTÁNEK, B., 1987: Vplyv viacročného systematického hnojenia na frakčné zloženie pôdneho draslíka v oglejených pôdach. *Ved. práce VÚPVR*, 14, s. 133–141
- HORNIK, K., STINCHCOMBE, M., WHITE, H., 1989: Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural Network*, 2, p. 359-366
- HÓK, J., KAHAN, Š., AUBRECHT, R., 2001: *Geológia Slovenska*. UK, Bratislava, s. 47
- HUNTER, J. M., 1973: Geophagy in Africa and USA: A Culture-Nutrition Hypothesis. *Geographical Review*, 63, p. 170-195
- CHEN, J., ROTH, R. E., NAITO, A. T., LENGERICH, E. J., MACEACHREN, A. M., 2008: Geovisual analytics to enhance spatial scan statistic interpretation: an analysis of US cervical cancer mortality. *International Journal of Health Geographics*, 7, p. 57
- CHESWORTH, W., 2008: *Encyclopedia of soil science*. Springer, Dorderecht, p. 902
- IOM - INSTITUTE OF MEDICINE, 1997: Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. Washington DC, The National Academies Press, p. 446
- IOM - INSTITUTE OF MEDICINE, 2011: Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Washington, DC: The National Academies Press, p. 613
- ISO, H., STAMPFER, M. J., MANSON, J. E., 1999: Prospective study of calcium, potassium, and magnesium intake and risk of stroke in women. *Stroke*, 30, p.1772-1779

JACKSON, B. P., BERTSCH, P. M., CABRERA, M. L., CAMBERATO, J. J., SEAMAN, J. C., WOOD, C. W., 2003: Trace element speciation in poultry litter. *Journal of Environmental Quality*, 32, p. 535–540

JACQMIN, H., COMMENGES, D., LETENNEUR, L., BARBERGER-GATEAU, P., DARTIGUES, J. F., 1994. Components of drinking water and risk of cognitive impairment in the elderly. *American Journal of Epidemiology*, 139, p. 48-57

JOHNSON, D. W., RICHTER, D. D., LOVETT, G. M., LINDBERG S. E., 1985: The effects of atmospheric deposition on potassium, calcium, and magnesium cycling in two deciduous forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 15, p. 773-782

KABATA-PENDIAS, A., 2011: Trace elements in soils and plants. 4rd edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 505

KABATA-PENDIAS, A., MUKHERJEE, A. B., 2007: Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag, Berlin, New York, p. 550

KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H., 2001: Trace elements in soils and plants. 3rd edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 423

KAISER, B. N., GRIDLEY, K. L., BRADY, J. N., PHILLIPS, T., TYERMAN, S. D., 2005: The Role of Molybdenum in Agricultural Plant Production. *Annals of Botany*, 96, p. 745-754

KAWAI, K., SAATHOFF, E., ANTELMAN, G., MSAMANGA, G., FAWYI, W. W., 2009: Geophagy (Soil-eating) in relation to Anemia and Helminth infection among HIV-infected pregnant women in Tanzania. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 80, p. 36-43

KAWASAKI, H., TAKENAGA, M., ARAKI, H., FUTAGAMI, K., GOMITA, Y., 1998: Angiotensin inhibits neurotransmission of calcitonin gene-related peptide-containing vasodilator nerves in mesenteric artery of spontaneously hypertensive rats. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 284, p. 508–515

KRISHNAMURTI, G.S.R., NAIDU, R., 2008: Chemical speciation and bioavailability of trace metals. In: *Biophysico-Chemical Processes of Heavy Metals and Metalloids in Soil Environments*. VIOLANTE, A., HUANG, P. M., GADD, G. M., John Wiley & Sons, p. 419-466

KRIESEL, D., 2001: Ein kleiner Überblick über Neuronale Netze. Bonn, Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn, p. 238

KOBZA, J., STYK, J., 1997: Phosphorus and potassium retrospective monitoring in main soils of Slovakia. *Proceedings. SFRI BRATISLAVA*, 20, p. 167–174

KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., ČEPKOVÁ, V., DOŠEKOVÁ, A., FULAJTÁR, E., HOUŠKOVÁ, B., MAKOVNÍKOVÁ, J., MATÚŠKOVÁ, L., MEDVEĎ, M.,

PAVLENDÁ, P., SCHLOSSEROVÁ, J., STYK, J. A VOJTÁŠ, J., 2002: Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd (1997-2002). VÚPOP, BRATISLAVA, s. 180

KOHRI, K., ISHIKAWA, Y., IGUCHI, M., KURITA, T., OKADA, Y., YOSHIDA, O., 1993: Relationship between the incidence infection stones and the magnesium-calcium ratio of tap water. Urological research, 21, p. 269-272

KUMAR, V., GILL, K. D., 2009: Aluminium neurotoxicity: neurobehavioural and oxidative aspects. Archives of Toxicology, 83, p. 965-978

LARAGH J. H, PECKER M. S., 1983: Dietary sodium and essential hypertension: some myths, hopes and truths. Annals of internal medicine, 98, p. 735-743

LAW, M. R., FROST, C. D., WALD, N. H., 1991: By how much does dietary salt reduction lower blood pressure? III Analysis of observational data within population. British Medical Journal, 302, p. 819-824

LEE, H. N., 2008: Radionuclides: Their Biogeochemical Cycles and the Impacts on the Biosphere. Encyclopedia of Ecology, Elsevier, B. V. P., p. 2966-2975

LEMANN, J., 1999: Relationship between urinary calcium and net acid excretion as determined by dietary protein and potassium: a review. Nephron, 81, p. 18-25

LIDDLE, G. W., BENNETT, L. L., FORSHAM, D., 1953: The prevention of ACTH-induced sodium retention by the use of potassium salts: A quantitative study. Journal of Clinical Investigation, 32, p. 1197-207

LINDSAY, W. L., 1979: Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons, New York, USA, p. 449

LUOMA, S. N., RAINBOW, P. S., 2005: Why is metal bioaccumulation so variable? Biodynamics as a unifying concept. Environmental Science and Technology, 39, p. 4673-4684

MAHANEY, W. C., MILNER, M. W., MULYONO, H., HANCOCK, R. G. V., AUFREITER, S., REICH, M., WINK, M., 2000: Mineral and Chemical Analyses of Soils Eaten by Humans in Indonesia. International Journal of Environmental Health Research, 10, p. 93-109

MANDAL, A. K., 1997: Hypokalemia and hyperkalemia. Medical Clinics of North America, 81, p. 611-639

MANDIC, D. P., 2001: Recurrent neural networks for prediction, learning algorithms, architectures and stability. John Wiley, Chichester, p. 285

MARKECHOVÁ, D., TIRPÁKOVÁ, A., STEHLÍKOVÁ, B., 2011: Základy štatistiky pre pedagógov. UKF, Nitra, s. 405

MARSINA, K., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky časť III.-Horniny. MŽPSR, Bratislava, s. 135

MCBRIDE, M. B., 1994: Environmental Chemistry of Soils. Oxford University Press, Oxford, p. 416

MACHAMON, B., 2006: Epidemiology and Prevention of Breast Cancer. Internal Journal of Cancer, 118, p. 2373-2378

MCCARRON, D. A., 1985: Is Calcium More Important Than Sodium in the Pathogenesis of Essential Hypertension? Hypertension, 7, p. 607-627

MEHTA, R. G., MEHTA, R. R., 2002: Vitamin D and Cancer. Journal of Nutritional Biochemistry, 13, p. 252-264

MEYER, J. S., 2002: The utility of the terms “bioavailability” and “bioavailable fraction” for metals. Marine Environmental Research, 53, p. 417–423

MORGAN, T. O., 1982: The Effect of Potassium and Bicarbonate Ions on the Rise in Blood Pressure Caused by Sodium Chloride. Clinical Science, 71, p. 722-729

MUTSCHER, H., 1995: Measurement and Assessment of Soil Potassium. International Potash Institute, Basel, p. 102

NARIADENIE VLÁDY SLOVENSKEJ REPUBLIKY 496/2010 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu. <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2010/496/20110101.html> (cit. 15. január 2016)

NARIADENIE VLÁDY SLOVENSKEJ REPUBLIKY 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu. <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2006/354/20160101> (cit. 15. január 2016)

NCZI, 2011: Objektívizácia príčin smrti a relevantnosti štatistických údajov v listoch o prehliadke mŕtveho 2011. Bratislava, http://www.nczisk.sk/Documents/medzinar_spolupraca/objektivizacia.pdf (cit. 17. február. 2016)

NCZI, 2015a: Sme zdraví?. ÚZIS Bratislava, s. 241, http://www.nczisk.sk/Documents/publikacie/analyticke/sme_zdravi.pdf (cit. 7. február. 2016)

NCZI, 2015b: Zdravotnícka ročenka Slovenskej republiky 2013. Bratislava, s. 246, http://www.nczisk.sk/Documents/rocnky/2013/rocnka_2013.pdf (cit. 8. február. 2016)

- NCZI, 2015c: Zdravotníctvo Slovenskej republiky v číslach 2014. Bratislava, s. 14, http://www.nczisk.sk/Documents/publikacie/analyticke/zdravotnictvo_slovenskej_republiky_v_cislach_2014.pdf (cit. 5. február. 2016)
- NCZI, 2016: Medzinárodná klasifikácia chorôb, tabelárny zoznam MKCH-10-SK. Bratislava, s. 4, <http://www.nczisk.sk/Standardy-v-zdravotnictve/Pages/Medzinarodna-klasifikacia-chorob-MKCH-10.aspx> (cit. 7. február. 2016)
- NEUBERGER, J. S., GESELL, T. F., 2002: Residential radon exposure and lung cancer: Risk in nonsmokers. *Health Physics*, 83, p. 1–18
- NORDIN, B., 1997: Calcium and osteoporosis. *Nutrition*; 13, p. 664–86
- OSTERTAGOVÁ, E., 2013: Aplikovaná štatistika. Equilibria, Košice, s. 218
- OTTEN, J. J., HELLWING, J. P., MEYERS, L., 2006: Dietary Reference Intakes, The Essential Guide to Nutrient Requirements. National Academic Press, Washington DC, p. 1343
- PAPPAS, G. P., NEWMAN, L. S., 1993: Early pulmonary physiologic abnormalities in beryllium disease. *American review of respiratory disease*, 148, p. 661–666
- PAOLISSA, G., SCHEEN, A., D'ONOFRIO, F. D., 1990: Magnesium and glucose homeostasis. *Diabetologia*, 33, p. 511–514
- PAOLISSA, G., SGAMBATO, S., GAMBARDELLA, A., PIZZA, G., TEWSAURO, P., VARRICCHIO, M., D'ONOFRIO, F., 1992: Daily magnesium supplements improve glucose handling in elderly subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 55, p. 1161–1167
- PATTERSON, W. P., WINKELMANN, M., PERRY, M. C., 1985: Zinc-induced copper deficiency: megamineral sideroblastic anemia. *Annals of internal medicine*, 103, p. 385–386
- PAVELKA, F., KLÍMEK, P., 2000: Aplikovaná štatistika. VUT, Zlín, s. 131
- PIISPANEN, R., 1991: Correlation of Cancer Incidence with Groundwater Geochemistry in Northern Finland. *Environmental Geochemistry*, 13, p. 66–69
- PLUMLEE, G. S., MORMAN, S. A., ZIEGLER, T. L., 2006: The Toxicological Geochemistry of Earth Materials: An Overview of Processes and the Interdisciplinary Methods Used to Understand Them. *Mineralogical Society of America*, 64, p. 5–57
- RAND, G. M., 1995: Fundamentals of aquatic toxicology: Effects, environmental fate and risk assessment. Taylor and Francis, Washington, D. C., p. 1125
- RAPANT, S., CVEČKOVÁ, V., DIETZOVÁ, Z., FAJČÍKOVÁ, K., HILLER, E., FINKELMAN, R. B., ŠKULTÉTYOVÁ, S., 2013: The Potential Impact of Geological

Environment on Health Status of Residents of the Slovak Republic. *Environmental Geochemistry and Health*, 36, p. 543-561

RAPANT, S., FAJČÍKOVÁ K., CVEČKOVÁ V., ĎURŽA A., STEHLÍKOVÁ B., SEDLÁKOVÁ D., ŽENIŠOVÁ Z., 2015: Chemical composition of groundwater and relative mortality for cardiovascular diseases in the Slovak. *Environmental Geochemistry and Health*, 37, p. 745-756

RAPANT, S., CVEČKOVÁ, V., FAJČÍKOVÁ, K., DIETZOVÁ, Z., STEHLÍKOVÁ B., 2016: Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality in Slovak Republic. *Environmental Geochemistry and Health*, DOI 10.1007/s10653-016-9820-6

RAPANT, S., LETKOVIČOVÁ, M., CVEČKOVÁ, V., FAJČÍKOVÁ, K., GALBAVÝ, J., LETKOVIČ, M., 2010: Environmentálne a zdravotné indikátory Slovenskej republiky. Bratislava, ŠGÚDŠ, s. 245

RAY, K. K., DORMAN, S., WATSON, R. D. S., 1999: Severe hyperkalemia due to the concomitant use of salt substitutes and ACE inhibitors in hypertension: a potentially life threatening interaction. *Journal of Human Hypertension*, 13, p. 717–720

REED, J. A., ANDERSON, J. J., TYLAVSKY, F. A., GALLAGHER, P. N., 1994: Comparative changes in radial bone density of elderly female lacto-ovo-vegetarians and omnivores. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59, p. 1197–1202

REEDER, R. J., 1983: Crystal chemistry of the rhombohedral carbonates. In: *Carbonates: Mineralogy and Chemistry*. REEDER, R. J., Mineralogical Society of America. Washington, D. C., 11, p. 1–47

REINHART, R. A., 1991: Clinical correlates of the molecular and cellular actions of magnesium on the cardiovascular system. *American Heart Journal*, 121, p. 1513-1521

RUSSEL, K., BREBNER, J., THORNTON, I., SUTTLE, N. F., 1985: The Influence of Soil Ingestion on the Intake of Potentially Toxic Metals and Absorption of Essential Trace Elements by Grazing Livestock. *Commonwealth Agricultural Bureaux*, 5, p. 847-849

SAGER, M., 2006: Selenium in agriculture, food and nutrition. *Pure and Applied Chemistry*, 78, p. 111-133

SELINUS, O., ALLOWAY, J. B., CENTENO, J. A., FINKELMAN, R. B., FUGE, R., LINDH, U., SMEDLEY, P., 2005: *Essentials of Medical Geology: Impact of the Natural Environment on Public Health*. Academic Press, Burlington, p. 812

SEMPLE, K. T., DOICK, K. J., JONES, K. C., BURAUUEL, P., CRAVEN, A., HARMS, H., 2004: Defining bioavailability and bioaccessibility of contaminated soil and sediment is complicated. *Environmental Science and Technology*, 38, p. 228–233

SENGUPTA, P., 2013: Potential impacts of hard water. *International Journal of Preventiv Medicine*, 4, p. 866-875

SERFORTEIN, W., 2011: *Cancer Diagnosed: What Now?* Xlibris Publishing, London, p. 390

SCHAAFSMA, G., 1992: The scientific basis of recommended dietary allowances for calcium. *Journal of Internal Medicine*, 231, p. 187-194

SCHULTE, E. E., 1992a: *Soil and Applied Magnesium*. University of Wisconsin, Extension, Cooperative Extension, B0006OXWC8, p. 2

SCHULTE, E. E., 1992b: *Soil and Applied Potassium*. University of Wisconsin, Extension, Cooperative Extension, B0006OXWCI, p. 2

SCU, 2013: Report produced for European Commission DG Environment. University of the West of England, Bristol, p. 29, <http://ec.europa.eu/science-environment-policy> (cit. 22. mája 2016)

SIANI, A., STRAZZULLO, P., GIACCO, A., 1991: Increasing The Dietary Potassium Intake Reduces the Need for Antihypertensive Medication. *Annals of Internal Medicine*, 115, p. 753–759

SIPES, I. G., BADGER, D., 2001: Principles of toxicology. In: *Clinical Environmental Health and Exposures*, 2nd Edition. SULLIVAN, J. B., KRIEGER, G. (eds), Lippincott Williams and Wilkins, p. 49–67

SIMONSEN, L. O., HARBAK, H., BENNEKOU, P., 2012: Cobalt metabolism and toxicology – a brief update. *Science of The Total Environment*, 432, p. 210-215

SMERNICA RADY 98/83/ES z 3. novembra 1998 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu.
<http://eurlex.europa.eu/legalcontent/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0083&from=EN>
(cit. 17. január 2016)

SMITH, A. H., LINGAS, E. O., RAHMAN, M., 2000: Contamination of drinking water by arsenic in Bangladesh: a public health emergence. *Bulletin of the World Health Organization*, 78, p. 1093–1103

SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA, 2014: *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. Druhé upravené vydanie*. Bratislava: NPPC – VÚPOP Bratislava, s. 96

SONG, Y., LIU, S., 2012: Magnesium for Cardiovascular Health: Time for Intervention. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 95, p. 269-273

SONI, M. G., WHITE, S. M., FLAMM, W. G., BURDOCK, G. A., 2001: Safety Evaluation of Dietary Aluminium. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 33, p. 66-79

- SPEICH, M., BOSQUET, B., NICOLAS, G., 1980: Concentration of Magnesium, Calcium, Potassium, and Sodium in Heart Muscle after Acute Myocardial Infarction. *Clinical Chemistry*, 26, p. 1662-1665
- STUDZINKSI, G. P., MOORE, D. C., 1995: Sunlight – Can It Prevent as Well as Cause Cancer? *Cancer Research*, 55, p. 4014-4022
- SU, M., STORK, C., RAVURI, S., LAVOIE, T., ANGUISH, D., NELSON, L. S., HOFFMAN, R. S., 2001: Sustained-release potassium chloride overdose. *Journal of Toxicology - Clinical Toxicology*, 39, p. 641-648
- SULLIVAN, J. M., RATTS, T. E., TAYLOR, J. C., KRAUS, D. H., BARTON, B. R., PATRICK, D. R., REED, S. W., 1980: Hemodynamic effects of dietary sodium in man. *Hypertension*, 2, p. 506-514
- SUTTE, N. F., ABRAHAMS, P., THORNTON, I., 1984: The Role of a Soil x Dietary Sulphur Interaction in the Impairment of Copper Absorption by Ingested Soil in Sheep. Cambridge, *Journal of Agricultural Research*, 103, p. 81-86
- TAKEDA, E., YAMAMOTO, H., YAMANAKA-OKUMURA, H., TAKETANI, Y., 2012: Dietary phosphorus in bone health and quality of life. *Nutrition Reviews*, 70, p. 311-321
- THOMSON, J., 1997: Anemia in Pregnant Women in Eastern Caprivi, Namibia. *South African Medical Journal*, 87, p. 1544-154
- THORNTON, I., 1974: Biogeochemical and Soil Ingestion Studies in Relation to the Trace-element Nutrition of Livestock. *International Symposium on Trace Element Metabolism in Animal*, 1, p. 451-454
- TINKLE, S. S., ANTONINI, J. M., RICH, B. A., ROBERTS, J. R., SALMEN, R., DEPRE, K., ADKINS, E. J., 2003: Skin as a route of exposure and sensitization in chronic beryllium disease. *Environmental Health Perspectives*, 111, p. 1202-1208
- TOBIAN, L., LANGE, J., ULM, K., 1985: Potassium Reduces Cerebral Hemorrhage and Death Rate in Hypertension, even when Blood Pressure is not Lowered. *Hypertension*, 7, p. 110-117
- TONG, S., SCHIRTING, Y. E., PRAPAMONTOL, T., 2000: Environmental Lead Exposure: a Public Health Problem of Global Dimension. WHO, Geneva, 78, p. 1068-1077
- TORMA, S., 1999: Draslík - dôležitá živina v pôde a v rastline. IPI Basel, Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava, 69 s.
- TUKIENDORF, A., RYBAK, Z., 2004: New data on ecological analysis of possible relationship between magnesium in University drinking water and liver cancer. *Magnesium Research*, 17, p. 46-52

US EPA, 2005: Guidelines for carcinogen risk assessment. Risk Assessment Forum, Washington, D.C., p. 166

ÚVZSR, 2014a: 4. Aktualizácia Národného programu podpory zdravia v Slovenskej republike 2014. Bratislava, s. 37, http://www.uvzsr.sk/docs/info/podpora/Aktualizacia_Narodneho_programu_podpory_zdrava_2014.pdf (cit. 17. mája. 2016)

ÚVZSR, 2014b: Správa o zdravotnom upovedomí a správaní sa obyvateľov Slovenskej republiky v roku 2013. Bratislava, s. 33, http://www.uvzsr.sk/docs/info/podpora/Sprava_o_zdravotnom_upovedomi_obyvatelstva_SR.pdf (cit. 5. február. 2016)

ÚVZSR, 2015: Správa o zdravotnom stave obyvateľstva SR za roky 2012 – 2014. Bratislava, s. 94, http://www.uvzsr.sk/docs/info/podpora/Sprava_o_zdravotnom_stave_obyvatelstva_SR_za_roky_2012_2014.pdf (cit. 5. február. 2016)

VAN MIERLO, L. A. J., GREYLING, A., ZOCK, P. L., KOK, F. J., GELEIJNSE, J. M., 2010: Suboptimal potassium intake and potential impact on population blood pressure. *Archive of Internal Medicine*, 170, p. 1501–1502

VARO, P., ALFTHAN, G., EKHOLM, P., ARO, A., 1998: Effect of Selenium Supplementation Fertilizer on Human Nutrition and Selenium Status. In: *Environmental Chemistry of Selenium*. FRANKENBERGER, W. T., ENGBERG, R. A., Marcel-Dekker, New York, p. 789

VERMEER, D. E., FERRELL, R. E., 1984: Nigerian Geophagical Clay: A Tradicional Antidiarrheal Pharmaceutical. *Science*, 227, p. 634-636

VINCETI, M., ROVESTI, S., BERGOMI, M., VIVOLI, G., 2000: The Epidemiology of Selenium and Human Cancer. *Tumori*, 86, p. 105-118

VÚPOP, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. VÚPOP, Bratislava, s. 76

VYHLÁŠKA MP SR Č. 338/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o postupe pre odber pôdných vzoriek, spôsobe a rozsahu vykonávania agrochemického skúšania pôd, zisťovania pôdných vlastností lesných pozemkov a o vedení evidencie hnojenia pôdy a stavu výživy rastlín na poľnohospodárskej pôde a na lesných pozemkoch. <http://www.mpsr.sk/index.php?navID=29&navID2=29&sID=23&id=1845> (cit. 16. január 2016)

WILEY, A. S., KATZ, S. H., 1998: Geophagy in Pregnancy: Test of a Hypothesis, *Current Anthropology*, 39, p. 532-545

WEAVER, C. M., PEACOCK, M., MARTIN, B. R., PLAWECKI, K. L., MCCABE, G. P., 1996: Calcium retention estimated from indicators of skeletal status in adolescent girls and young women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, p. 67-70

WEAVER, C. M., 2001: Calcium. In: *Present knowledge in nutrition*. BOWMAN, B. A., RUSSELL, R. M., ILSI Press, Washington, D. C., 8th Edition, p. 273-280

WHELTON, P. K., HE, J., CUTLER, J. A., 1997: Effects of Oral Potassium on Blood Pressure. Meta-analysis of Randomized Controlled Clinical Trials. *Journal of the American Medical Association*, 277, p. 1624-1632

WILKINSON, S. R., STUEDEMANN, J. A., GRUNES, D. L., DEVINE, O. L., 1987: Relation of soil and plant magnesium to nutrition of animals and man. *Magnesium*, 6, 2, p. 74-90

WINSHIP, K. A., 1993: Toxicity of Aluminium. *Toxicology Revue*, 12, p. 177-211

WHO, 1987: Environmental Health Criterion. WHO, Geneva, <http://www.fao.org/DoCREP/004/Y2809E/y2809e01.html> (cit. 15. december. 2015)

WHO, 1997: Environmental Health Criteria 194, Aluminium, Geneva, p. 19, http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/aluminium.pdf (cit. 15. december. 2015)

WHO, 2003: Diet, Nutrition and The Prevention of Chronic Diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation, WHO Technical Report Series, 916, 149 p.

WHO, 2011: Guidelines for drinking-water quality, fourth edition. Water Sanitation and Health, Geneva, p. 564

WHO, 2012: Effect of Increased Potassium Intake On Blood Pressure and Potential Adverse Effects in Children. Geneva, p. 33, http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/potassium_intake_printversion.pdf (cit. 15. december. 2015)

YANG, CH. Y., CHIU, H. F., CHENG, B. H., HSU, T. Y., CHENG, M. F., WU, T. N., 2000: Calcium and magnesium in drinking water and the risk of death from breast cancer. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 60, p. 231-241

YANG, CH. Y., CHIU, H. F., CHENG, M. F., TSAI, S. S., HUNG, C. E., LIN, M. C., 1999: Esophageal Cancer Mortality and Total Water Hardness Levels in Taiwan Drinking Water. *Environmental Research*, 81, p. 302-308

YANG, CH. Y., CHENG, M. F., TSAI, S. S., HSEIH, Y. L., 1998: Calcium, Magnesium and Nitrate in Drinking Water and Gastric Cancer Mortality. *Japanese Journal of Cancer Research*, 89, p. 124-130

YOUNG, D. B., 2001: Role of Potassium in Preventive Cardiovascular Medicine. Boston, Kluwer Academic Publishers, p. 256

ZÁKON Č. 220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov predpisov. <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2004/220/20151017> (cit. 15. január 2016)

ZÁKON Č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. http://www.uvzsr.sk/docs/leg/355_2007.pdf (cit. 17. január 2016)

ZALDIVAR, R., ROBINSON, H., 1974: Soil pH, Rainfall and Death Rates for Oesophageal Cancer in Chileans. Beitrage zur Pathologie, 151, p. 317-321

ZAUJEC, A., CHLPÍK, J., NÁDAŠSKÝ, J., SZOMBATHOVÁ, N., TOBIÁŠOVÁ, E., 2009: Pedológia a základy geológie. Nitra, SPU, s. 399

ZIEGLER, J. L., 1993: Endemic Kaposi's sarcoma in Africa and local volcanic soils. Lancet, 342, p. 1348-1351

VPLYV MAKROPRVKOV V PÔDACH NA ZDRAVOTNÝ STAV OBYVATEĽSTVA SLOVENSKEJ REPUBLIKY

PRÍLOHY

Príloha 1: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na všetkých geologických celkoch

1-6 geologické celky spolu	počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r^2	t	p	α
ReC & Ca	1671	0,022	0,896	0,370		-0,040	0,002	-1,647	0,100	
ReC & K	1671	-0,044	-1,810	0,071		-0,035	0,001	-1,447	0,148	
ReC & Mg	1671	-0,018	-0,730	0,466		-0,035	0,001	-1,412	0,158	
ReC & Na	1671	-0,060	-2,448	0,014	*	-0,076	0,006	-3,129	0,002	**
ReC & pH _{H2O}	1671	-0,021	-0,855	0,393		-0,047	0,002	-1,927	0,054	
ReC & pH _{KCl}	1671	-0,067	-2,741	0,006	**	-0,077	0,006	-3,166	0,002	**
ReC & karbonáty	1671	-0,087	-3,553	0,000	***	-0,047	0,002	-1,914	0,056	
ReC1526 & Ca	1671	0,031	1,281	0,200		-0,023	0,001	-0,933	0,351	
ReC1526 & K	1671	-0,027	-1,108	0,268		-0,029	0,001	-1,185	0,236	
ReC1526 & Mg	1671	0,001	0,057	0,955		-0,028	0,001	-1,137	0,256	
ReC1526 & Na	1671	-0,017	-0,691	0,490		-0,037	0,001	-1,530	0,126	
ReC1526 & pH _{H2O}	1671	0,003	0,135	0,893		-0,023	0,001	-0,944	0,345	
ReC1526 & pH _{KCl}	1671	-0,018	-0,724	0,469		-0,040	0,002	-1,620	0,105	
ReC1526 & karbonáty	1671	-0,034	-1,408	0,159		-0,017	0,000	-0,712	0,476	
ReI & Ca	1671	-0,059	-2,424	0,015	*	-0,053	0,003	-2,161	0,031	*
ReI & K	1671	-0,047	-1,929	0,054		-0,039	0,001	-1,581	0,114	
ReI & Mg	1671	-0,113	-4,636	0,000	***	-0,054	0,003	-2,216	0,027	*
ReI & Na	1671	-0,076	-3,113	0,002	**	-0,071	0,005	-2,907	0,004	*
ReI & pH _{H2O}	1671	-0,042	-1,701	0,089		-0,047	0,002	-1,938	0,053	
ReI & pH _{KCl}	1671	-0,133	-5,465	0,000	***	-0,103	0,011	-4,238	0,000	***
ReI & karbonáty	1671	-0,207	-8,646	0,000	***	-0,078	0,006	-3,194	0,001	**
ReI2125 & Ca	1671	-0,152	-6,264	0,000	***	-0,113	0,013	-4,667	0,000	***
ReI2125 & K	1671	0,006	0,225	0,822		0,013	0,000	0,524	0,600	
ReI2125 & Mg	1671	-0,144	-5,953	0,000	***	-0,096	0,009	-3,948	0,000	***
ReI2125 & Na	1671	-0,149	-6,166	0,000	***	-0,118	0,014	-4,873	0,000	***
ReI2125 & pH _{H2O}	1671	-0,129	-5,332	0,000	***	-0,141	0,020	-5,834	0,000	***
ReI2125 & pH _{KCl}	1671	-0,196	-8,180	0,000	***	-0,194	0,037	-8,063	0,000	***
ReI2125 & karbonáty	1671	-0,245	-10,322	0,000	***	-0,127	0,016	-5,215	0,000	***

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r^2 -významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Príloha 2: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na paleozoiku (celkový prehľad)

paleozoikum	počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r^2	t	p	α
ReC & Ca	100	0,045	0,441	0,660		0,023	0,001	0,226	0,822	
ReC & K	100	0,063	0,621	0,536		-0,040	0,002	-0,398	0,692	
ReC & Mg	100	0,031	0,311	0,756		0,050	0,002	0,495	0,622	
ReC & Na	100	-0,010	-0,099	0,921		0,081	0,007	0,803	0,424	
ReC & pH _{H2O}	100	-0,031	-0,305	0,761		0,030	0,001	0,297	0,767	
ReC & pH _{KCl}	100	-0,012	-0,115	0,908		0,058	0,003	0,573	0,568	
ReC & karbonáty	100	0,075	0,742	0,460		-0,025	0,001	-0,251	0,802	
ReC1526 & Ca	100	0,027	0,270	0,788		-0,038	0,001	-0,372	0,711	
ReC1526 & K	100	-0,080	-0,792	0,430		-0,043	0,002	-0,424	0,673	
ReC1526 & Mg	100	0,008	0,077	0,939		0,018	0,000	0,177	0,860	
ReC1526 & Na	100	0,031	0,311	0,756		0,051	0,003	0,501	0,617	
ReC1526 & pH _{H2O}	100	0,084	0,832	0,407		0,090	0,008	0,893	0,374	
ReC1526 & pH _{KCl}	100	0,144	1,443	0,152		0,118	0,014	1,174	0,243	
ReC1526 & karbonáty	100	-0,052	-0,514	0,608		-0,068	0,005	-0,677	0,500	
ReI & Ca	100	-0,075	-0,745	0,458		-0,072	0,005	-0,715	0,476	
ReI & K	100	0,054	0,539	0,591		0,103	0,011	1,022	0,309	
ReI & Mg	100	0,000	0,005	0,996		0,024	0,001	0,233	0,816	
ReI & Na	100	0,146	1,466	0,146		0,147	0,022	1,471	0,144	
ReI & pH _{H2O}	100	0,014	0,144	0,886		0,014	0,000	0,139	0,890	
ReI & pH _{KCl}	100	0,009	0,090	0,929		0,003	0,000	0,028	0,978	
ReI & karbonáty	100	-0,076	-0,759	0,450		-0,102	0,010	-1,011	0,314	
ReI2125 & Ca	100	-0,127	-1,267	0,208		-0,127	0,016	-1,265	0,209	
ReI2125 & K	100	0,167	1,681	0,096		0,204	0,042	2,062	0,042	*
ReI2125 & Mg	100	-0,058	-0,571	0,569		-0,056	0,003	-0,557	0,579	
ReI2125 & Na	100	0,034	0,337	0,737		0,046	0,002	0,454	0,651	
ReI2125 & pH _{H2O}	100	0,016	0,155	0,877		0,030	0,001	0,300	0,765	
ReI2125 & pH _{KCl}	100	0,017	0,169	0,866		0,016	0,000	0,159	0,874	
ReI2125 & karbonáty	100	-0,094	-0,934	0,353		-0,099	0,010	-0,988	0,326	

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r^2 -významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Príloha 3: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na kryštaliniku (celkový prehľad)

kryštalinikum	počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r^2	t	p	α
ReC & Ca	114	-0,145	-1,548	0,125		-0,069	0,005	-0,732	0,466	
ReC & K	114	0,277	3,047	0,003	**	0,316	0,100	3,531	0,001	***
ReC & Mg	114	-0,053	-0,561	0,576		0,028	0,001	0,295	0,769	
ReC & Na	114	0,037	0,390	0,697		-0,035	0,001	-0,373	0,710	
ReC & pH _{H2O}	114	-0,096	-1,015	0,312		-0,093	0,009	-0,985	0,327	
ReC & pH _{KCl}	114	-0,199	-2,155	0,033	*	-0,167	0,028	-1,790	0,076	
ReC & karbonáty	114	-0,168	-1,798	0,075		-0,010	0,000	-0,111	0,912	
ReC1526 & Ca	114	-0,094	-1,003	0,318		-0,056	0,003	-0,590	0,556	
ReC1526 & K	114	0,087	0,923	0,358		0,203	0,041	2,198	0,030	*
ReC1526 & Mg	114	-0,012	-0,123	0,902		0,029	0,001	0,310	0,757	
ReC1526 & Na	114	-0,099	-1,056	0,293		-0,160	0,026	-1,712	0,090	
ReC1526 & pH _{H2O}	114	-0,104	-1,104	0,272		-0,179	0,032	-1,922	0,057	
ReC1526 & pH _{KCl}	114	-0,160	-1,718	0,089		-0,208	0,043	-2,247	0,027	*
ReC1526 & karbonáty	114	-0,001	-0,007	0,995		0,046	0,002	0,483	0,630	
ReI & Ca	114	-0,069	-0,736	0,463		-0,077	0,006	-0,817	0,416	
ReI & K	114	0,317	3,536	0,001	***	0,337	0,114	3,791	0,000	***
ReI & Mg	114	0,007	0,075	0,940		0,019	0,000	0,201	0,841	
ReI & Na	114	0,260	2,852	0,005	**	0,198	0,039	2,143	0,034	*
ReI & pH _{H2O}	114	-0,005	-0,055	0,957		-0,022	0,001	-0,238	0,813	
ReI & pH _{KCl}	114	-0,190	-2,052	0,043	*	-0,198	0,039	-2,137	0,035	*
ReI & karbonáty	114	-0,327	-3,657	0,000	***	-0,181	0,033	-1,944	0,054	
ReI2125 & Ca	114	-0,038	-0,400	0,690		-0,014	0,000	-0,152	0,880	
ReI2125 & K	114	0,220	2,390	0,019	*	0,236	0,056	2,572	0,011	*
ReI2125 & Mg	114	0,007	0,077	0,939		0,042	0,002	0,445	0,658	
ReI2125 & Na	114	0,168	1,805	0,074		0,123	0,015	1,312	0,192	
ReI2125 & pH _{H2O}	114	-0,018	-0,189	0,851		-0,036	0,001	-0,384	0,702	
ReI2125 & pH _{KCl}	114	-0,162	-1,732	0,086		-0,183	0,034	-1,971	0,051	
ReI2125 & karbonáty	114	-0,302	-3,355	0,001	**	-0,119	0,014	-1,265	0,209	

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r^2 -významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Príloha 4: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na karbonatickom mezozoiku a bazálnom paleogéne (celkový prehľad)

karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén	počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r^2	t	p	α
ReC & Ca	269	0,000	-0,006	0,995		-0,004	0,000	-0,068	0,946	
ReC & K	269	-0,069	-1,131	0,259		-0,107	0,012	-1,763	0,079	
ReC & Mg	269	0,048	0,791	0,430		0,063	0,004	1,029	0,304	
ReC & Na	269	0,000	0,003	0,997		-0,034	0,001	-0,555	0,580	
ReC & pH _{H2O}	269	-0,076	-1,247	0,214		-0,084	0,007	-1,370	0,172	
ReC & pH _{KCl}	269	-0,046	-0,755	0,451		-0,037	0,001	-0,613	0,540	
ReC & karbonáty	269	0,041	0,678	0,498		0,066	0,004	1,087	0,278	
ReC1526 & Ca	269	-0,147	-2,421	0,016	*	-0,130	0,017	-2,142	0,033	*
ReC1526 & K	269	0,066	1,078	0,282		0,020	0,000	0,331	0,741	
ReC1526 & Mg	269	-0,069	-1,124	0,262		-0,046	0,002	-0,757	0,450	
ReC1526 & Na	269	0,098	1,615	0,108		0,039	0,002	0,641	0,522	
ReC1526 & pH _{H2O}	269	-0,088	-1,441	0,151		-0,098	0,010	-1,613	0,108	
ReC1526 & pH _{KCl}	269	-0,051	-0,840	0,401		-0,054	0,003	-0,877	0,381	
ReC1526 & karbonáty	269	-0,058	-0,942	0,347		-0,033	0,001	-0,547	0,585	
ReI & Ca	269	0,089	1,462	0,145		0,108	0,012	1,770	0,078	
ReI & K	269	-0,049	-0,808	0,420		-0,097	0,010	-1,600	0,111	
ReI & Mg	269	0,069	1,137	0,257		0,130	0,017	2,149	0,033	*
ReI & Na	269	-0,274	-4,661	0,000	***	-0,250	0,063	-4,222	0,000	***
ReI & pH _{H2O}	269	0,032	0,528	0,598		0,032	0,001	0,523	0,602	
ReI & pH _{KCl}	269	0,021	0,351	0,726		0,004	0,000	0,066	0,947	
ReI & karbonáty	269	0,044	0,723	0,470		0,036	0,001	0,590	0,556	
ReI2125 & Ca	269	0,080	1,319	0,188		0,079	0,006	1,297	0,196	
ReI2125 & K	269	-0,061	-1,006	0,315		-0,092	0,008	-1,511	0,132	
ReI2125 & Mg	269	0,059	0,960	0,338		0,083	0,007	1,358	0,176	
ReI2125 & Na	269	-0,359	-6,284	0,000	***	-0,306	0,094	-5,255	0,000	***
ReI2125 & pH _{H2O}	269	-0,063	-1,036	0,301		-0,024	0,001	-0,387	0,699	
ReI2125 & pH _{KCl}	269	-0,107	-1,761	0,079		-0,072	0,005	-1,184	0,238	
ReI2125 & karbonáty	269	-0,031	-0,508	0,612		-0,005	0,000	-0,087	0,931	

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r^2 -významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Príloha 5: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na karbonaticko-silikátovom mezozoiku a paleogéne (celkový prehľad)

karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén	počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r^2	t	p	α
ReC & Ca	154	-0,095	-1,181	0,239		-0,067	0,005	-0,833	0,406	
ReC & K	154	0,190	2,385	0,018	*	0,068	0,005	0,839	0,403	
ReC & Mg	154	-0,027	-0,329	0,743		-0,004	0,000	-0,049	0,961	
ReC & Na	154	0,123	1,523	0,130		0,084	0,007	1,043	0,299	
ReC & pH _{H2O}	154	-0,051	-0,628	0,531		-0,037	0,001	-0,462	0,645	
ReC & pH _{KCl}	154	-0,051	-0,626	0,532		-0,037	0,001	-0,457	0,648	
ReC & karbonáty	154	-0,106	-1,315	0,190		-0,044	0,002	-0,540	0,590	
ReC1526 & Ca	154	0,012	0,148	0,883		0,028	0,001	0,344	0,731	
ReC1526 & K	154	0,015	0,186	0,852		-0,061	0,004	-0,754	0,452	
ReC1526 & Mg	154	0,033	0,407	0,684		0,051	0,003	0,624	0,533	
ReC1526 & Na	154	0,022	0,270	0,787		0,029	0,001	0,352	0,726	
ReC1526 & pH _{H2O}	154	-0,032	-0,400	0,690		-0,028	0,001	-0,344	0,731	
ReC1526 & pH _{KCl}	154	0,006	0,073	0,942		0,002	0,000	0,024	0,981	
ReC1526 & karbonáty	154	0,057	0,702	0,484		0,064	0,004	0,789	0,431	
ReI & Ca	154	-0,150	-1,873	0,063		-0,073	0,005	-0,908	0,365	
ReI & K	154	0,078	0,966	0,336		0,033	0,001	0,404	0,687	
ReI & Mg	154	-0,266	-3,407	0,001	***	-0,092	0,008	-1,136	0,258	
ReI & Na	154	-0,062	-0,772	0,442		-0,038	0,001	-0,475	0,636	
ReI & pH _{H2O}	154	-0,021	-0,262	0,794		0,042	0,002	0,523	0,602	
ReI & pH _{KCl}	154	-0,048	-0,592	0,555		0,018	0,000	0,225	0,822	
ReI & karbonáty	154	-0,154	-1,915	0,057		-0,040	0,002	-0,497	0,620	
ReI2125 & Ca	154	0,134	1,673	0,096		0,159	0,025	1,984	0,049	*
ReI2125 & K	154	-0,058	-0,717	0,475		-0,019	0,000	-0,232	0,817	
ReI2125 & Mg	154	-0,009	-0,110	0,913		0,058	0,003	0,715	0,476	
ReI2125 & Na	154	-0,169	-2,111	0,036	*	-0,121	0,015	-1,504	0,135	
ReI2125 & pH _{H2O}	154	0,039	0,476	0,634		0,028	0,001	0,344	0,731	
ReI2125 & pH _{KCl}	154	0,034	0,422	0,674		0,057	0,003	0,702	0,484	
ReI2125 & karbonáty	154	0,110	1,367	0,174		0,175	0,031	2,195	0,030	*

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r^2 -významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Príloha 6: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na flyšovom paleogéne (celkový prehľad)

flyšový paleogén	počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r^2	t	p	α
ReC & Ca	730	-0,116	-3,152	0,002	**	-0,085	0,007	-2,310	0,021	*
ReC & K	730	-0,086	-2,328	0,020	*	-0,082	0,007	-2,231	0,026	*
ReC & Mg	730	-0,112	-3,029	0,003	**	-0,081	0,007	-2,202	0,028	*
ReC & Na	730	-0,227	-6,275	0,000	***	-0,218	0,048	-6,028	0,000	***
ReC & pH _{H2O}	730	-0,060	-1,610	0,108		-0,066	0,004	-1,789	0,074	
ReC & pH _{KCl}	730	-0,140	-3,823	0,000	***	-0,119	0,014	-3,238	0,001	**
ReC & karbonáty	730	-0,229	-6,360	0,000	***	-0,110	0,012	-2,985	0,003	**
ReC1526 & Ca	730	-0,088	-2,376	0,018	*	-0,082	0,007	-2,229	0,026	*
ReC1526 & K	730	-0,035	-0,934	0,351		-0,049	0,002	-1,314	0,189	
ReC1526 & Mg	730	-0,068	-1,846	0,065		-0,090	0,008	-2,431	0,015	*
ReC1526 & Na	730	-0,113	-3,075	0,002	**	-0,143	0,021	-3,911	0,000	***
ReC1526 & pH _{H2O}	730	-0,034	-0,924	0,356		-0,066	0,004	-1,783	0,075	
ReC1526 & pH _{KCl}	730	-0,076	-2,065	0,039	*	-0,099	0,010	-2,685	0,007	**
ReC1526 & karbonáty	730	-0,134	-3,654	0,000	***	-0,102	0,010	-2,768	0,006	**
ReI & Ca	730	-0,225	-6,236	0,000	***	-0,127	0,016	-3,452	0,001	***
ReI & K	730	-0,066	-1,783	0,075		-0,057	0,003	-1,533	0,126	
ReI & Mg	730	-0,207	-5,708	0,000	***	-0,105	0,011	-2,841	0,005	**
ReI & Na	730	-0,274	-7,693	0,000	***	-0,203	0,041	-5,602	0,000	***
ReI & pH _{H2O}	730	-0,087	-2,369	0,018	*	-0,099	0,010	-2,679	0,008	**
ReI & pH _{KCl}	730	-0,242	-6,737	0,000	***	-0,177	0,031	-4,864	0,000	***
ReI & karbonáty	730	-0,390	-11,424	0,000	***	-0,158	0,025	-4,305	0,000	***
ReI2125 & Ca	730	-0,262	-7,328	0,000	***	-0,202	0,041	-5,578	0,000	***
ReI2125 & K	730	-0,049	-1,330	0,184		-0,060	0,004	-1,623	0,105	
ReI2125 & Mg	730	-0,209	-5,779	0,000	***	-0,185	0,034	-5,090	0,000	***
ReI2125 & Na	730	-0,286	-8,059	0,000	***	-0,280	0,079	-7,879	0,000	***
ReI2125 & pH _{H2O}	730	-0,092	-2,480	0,013	*	-0,135	0,018	-3,683	0,000	***
ReI2125 & pH _{KCl}	730	-0,217	-6,007	0,000	***	-0,229	0,053	-6,356	0,000	***
ReI2125 & karbonáty	730	-0,372	-10,797	0,000	***	-0,237	0,056	-6,571	0,000	***

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r^2 -významnosť koeficienta, t- test koeficienta

Príloha 7: Spearmanove a Pearsonove korelačné koeficienty medzi pôdnymi parametrami a úmrtnosťami ľudí žijúcich na pôdach vyvinutých na neovulkanitoch (celkový prehľad)

neovulkanity	počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p	α	Pearson R	r ²	t	p	α
ReC & Ca	304	0,065	1,134	0,258		0,049	0,002	0,855	0,393	
ReC & K	304	0,041	0,707	0,480		0,007	0,000	0,121	0,904	
ReC & Mg	304	-0,015	-0,253	0,800		-0,050	0,003	-0,877	0,381	
ReC & Na	304	0,071	1,237	0,217		0,092	0,009	1,612	0,108	
ReC & pH _{H2O}	304	0,052	0,913	0,362		0,101	0,010	1,769	0,078	
ReC & pH _{KCl}	304	0,058	1,008	0,314		0,102	0,010	1,788	0,075	
ReC & karbonáty	304	0,089	1,558	0,120		0,050	0,002	0,862	0,389	
ReC1526 & Ca	304	0,081	1,413	0,159		0,080	0,006	1,398	0,163	
ReC1526 & K	304	0,081	1,408	0,160		0,014	0,000	0,238	0,812	
ReC1526 & Mg	304	0,007	0,120	0,905		-0,026	0,001	-0,457	0,648	
ReC1526 & Na	304	0,044	0,770	0,442		0,041	0,002	0,707	0,480	
ReC1526 & pH _{H2O}	304	0,065	1,135	0,257		0,094	0,009	1,648	0,100	
ReC1526 & pH _{KCl}	304	0,057	0,987	0,324		0,090	0,008	1,575	0,116	
ReC1526 & karbonáty	304	0,092	1,607	0,109		0,087	0,008	1,514	0,131	
ReI & Ca	304	0,049	0,849	0,397		0,170	0,029	2,992	0,003	**
ReI & K	304	-0,028	-0,495	0,621		-0,049	0,002	-0,848	0,397	
ReI & Mg	304	0,013	0,227	0,821		0,048	0,002	0,836	0,404	
ReI & Na	304	0,105	1,836	0,067		0,109	0,012	1,914	0,057	
ReI & pH _{H2O}	304	0,060	1,049	0,295		0,156	0,024	2,748	0,006	**
ReI & pH _{KCl}	304	0,078	1,367	0,172		0,160	0,026	2,814	0,005	**
ReI & karbonáty	304	0,092	1,611	0,108		0,151	0,023	2,657	0,008	**
ReI2125 & Ca	304	-0,158	-2,776	0,006	**	-0,039	0,002	-0,683	0,495	
ReI2125 & K	304	-0,092	-1,612	0,108		-0,101	0,010	-1,762	0,079	
ReI2125 & Mg	304	-0,116	-2,038	0,042	*	-0,044	0,002	-0,757	0,450	
ReI2125 & Na	304	-0,102	-1,788	0,075		-0,035	0,001	-0,603	0,547	
ReI2125 & pH _{H2O}	304	-0,149	-2,619	0,009	**	-0,111	0,012	-1,937	0,054	
ReI2125 & pH _{KCl}	304	-0,129	-2,259	0,025	*	-0,103	0,011	-1,797	0,073	
ReI2125 & karbonáty	304	-0,093	-1,627	0,105		-0,043	0,002	-0,742	0,459	

Poznámky: t(N-2)-test koeficienta, p- významnosť koeficienta, α - hladina významnosti (*-95%-ný interval spoľahlivosti, **- 99%-ný interval spoľahlivosti, ***99,9%-ný interval spoľahlivosti), r²-významnosť koeficienta, t- test koeficienta

ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC SÚVISIACICH S TÉMOU DIZERTAČNEJ PRÁCE

Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch (Kategória ADC)

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*, 36, p. 543-561

Publikované vedecké práce v domácich recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách (AED)

Škultétyová, S., Rapant, S., 2015: Chemické zloženie pôd a úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia v Slovenskej republike. *Geochemické aspekty štúdia zóny hypergenézy*, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, s. 95-98

Škultétyová, S., Rapant, S., 2014: Vplyv vybraných makroprvkov v pôdach na zdravotný stav obyvateľov na Slovensku. *Nové horizonty environmentálnej ekológie a ochrany životného prostredia*, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava s. 51-57

Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách (kategória AFD)

Škultétyová, S., Rapant, S., 2015: Rozbor chemického zloženia pôd a úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia obyvateľov na Slovensku. *Geochémia 2015*, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, s. 160-162

Škultétyová, S., Lachká, L., Faragó, T., 2015: Porovnanie vplyvu chemického zloženia podzemných vôd a pôd na zdravie obyvateľov na Slovensku. *Študentská vedecká konferencia PriF UK*, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, s. 1685-1690

Škultétyová, S., Rapant, S., Sípos, G., 2014: Vplyv tvrdosti vody na kardiovaskulárne ochorenia na Slovensku. *Geochémia 2014*, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, s. 184-185

Škultétyová, S., Rapant, S., 2014: Geochemické aspekty pôd v závislosti ku kardiovaskulárnym ochoreniam na Slovensku. *Geochémia 2014*, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, s. 182-183

Škultétyová, S., Rapant, S., 2013: Hodnotenie environmentálnych indikátorov v obciach s najvyšším výskytom rakovinových ochorení na Slovensku. *Cambelove dni 2013*, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, s. 62-65

Škultétyová, S., Rapant, S., 2013: Hodnotenie environmentálnych indikátorov vo vybranej vzorke obcí z hľadiska rakovinových a kardiovaskulárnych ochorení na Slovensku. Geochémia 2013, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, s. 149-151

Škultétyová, S., Rapant, S., 2013: Vplyv obsahov makroprvkov a vybraných potenciálne toxických prvkov v pôdach na zhoršený zdravotný stav obyvateľstva vo vybraných obciach. Stav a perspektívy environmentálneho vzdelávania, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, s. 220-229

Škultétyová, S., 2013: Hodnotenie vybraných obcí Slovenskej republiky na základe výskytu rakovinových ochorení v spojitosti s obsahmi makroprvkov v pôdach. Študentská vedecká konferencia PriF UK, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, s. 1677-1682

Abstrakty príspevkov z domácich vedeckých konferencií (AFH)

Škultétyová, S., Rapant, S., 2015: Impact of calcium and magnesium on health status (Slovak Republic). International conference Contaminated sites Bratislava 2015, Conference proceedings, Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, s. 198-199

Škultétyová, S., Rapant, S., 2015: Contents of calcium, magnesium and carbonates in soil and mortality for cardiovascular diseases in Slovak Republic. 31st International Conference of the Society for Environmental Geochemistry and Health, State Geological Institute of Dionýz Štúr, Bratislava, p. 94

Škultétyová, S., Rapant, S., 2014: Vplyv obsahu makroprvkov a vybraných potenciálne toxických prvkov v pôdach na zhoršený zdravotný stav obyvateľstva vo vybraných obciach. Stav a perspektívy environmentálneho vzdelávania, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, s. 33