Chemické zloženie podzemných/pitných vôd a úmrtnosť na onkologické ochorenia v Slovenskej republike

[1]V. Cvečková, [1]K. Fajčíková, [2]B. Stehlíková, [1]S. Rapant,

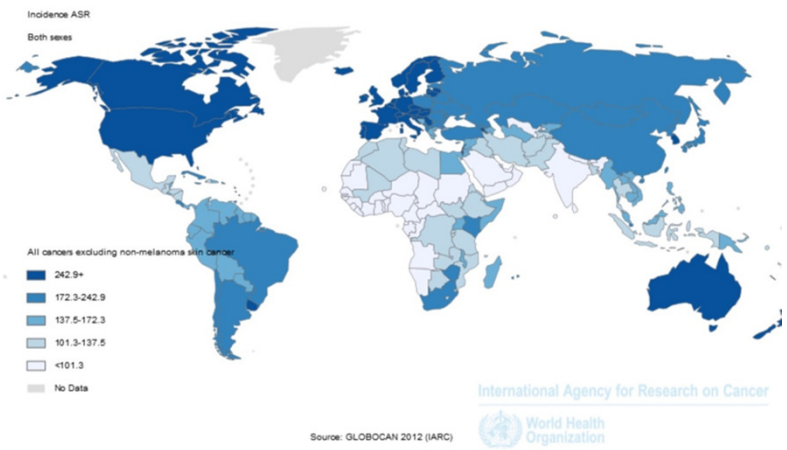
[1] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, Bratislava, veronika.cveckova@geology.sk
[2] PEVŠ, Tomášikova 150/20, Bratislava,

GEOHEALTH

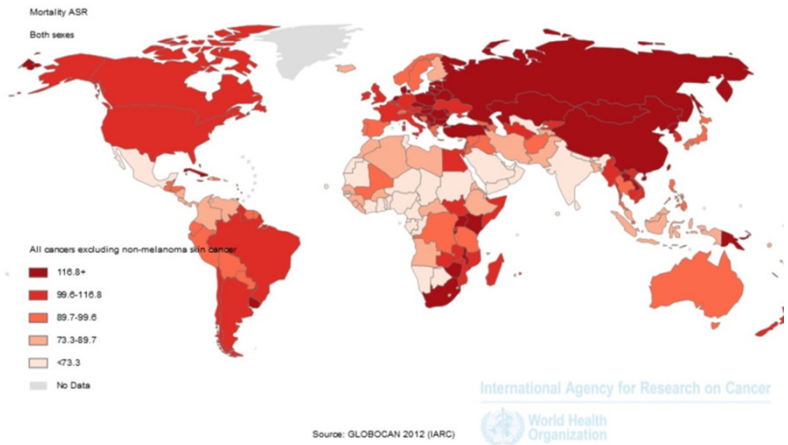
The impact of geological environment on health status of residents of the Slovak Republic.

Onkologické ochorenia sú druhou najčastejšou príčinou úmrtí na Slovensku, reprezentujú približne 25 % úmrtí

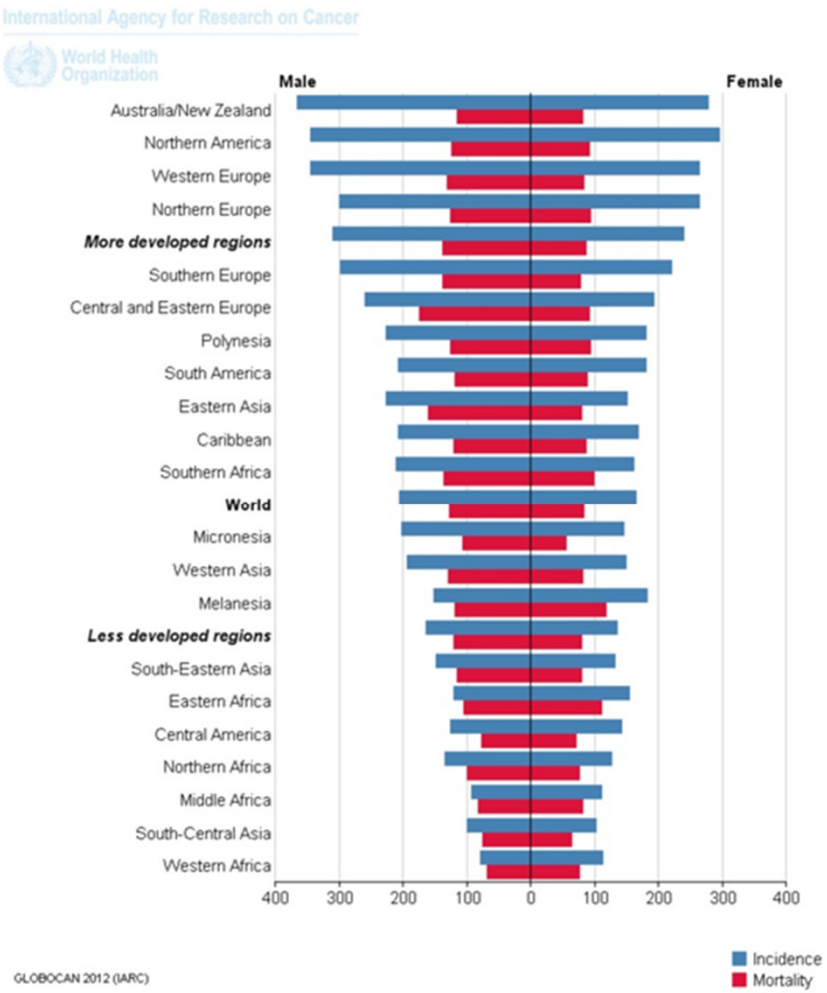
Výskyt rakovinových ochorení vo svete
(dáta vekovo štandardizované, Zdroj dát: GLOBOCAN, 2012)



Úmrtnosť na rakovinové ochorenia
(dáta vekovo štandardizované, Zdroj dát: GLOBOCAN, 2012)



Podiel rakovinových ochorení mužov a žien v rozvinutých a menej rozvinutých oblastiach sveta
(výskyt/úmrtnosť, Zdroj dát: GLOBOCAN, 2012)



Cieľ práce

V predkladanej práci hodnotíme vplyv chemického zloženia podzemných/pitných vôd na úmrtnosť na onkologické ochorenia

zistiť, ktoré prvky/zložky v podzemných/pitných vodách majú najväčší vplyv na úmrtnosť na onkologické ochorenia

stanoviť limitné hodnoty pre vplyvné prvky (*maximálne* prípustné, minimálne potrebné), pri ktorých je úmrtnosť na onkologické ochorenia čo najnižšia

Materiál

ENVIRONMENTÁLNE INDIKÁTORY

- národná geochemická databáza podzemných vôd získaná v rámci projektu GEOHEALTH
- 20 339 chemických analýz podzemných vôd (zahrnuté sú všetky významné zdroje pitných vôd)
- 34 parametrov chemického zloženia podzemných vôd

ZDRAVOTNÉ INDIKÁTORY

- zdroj dát ŠÚ SR
- hodnotené obdobie r. 1994-2003
- zdravotné indikátory vychádzajú z jednotlivých diagnóz MKCH
- metodickými postupmi podľa odporúčaní WHO sú spracované do podoby jednotlivých zdravotných indikátorov
- 17 zdravotných indikátorov
- ZI – 1 číselný údaj pre každú z 2883 obcí SR

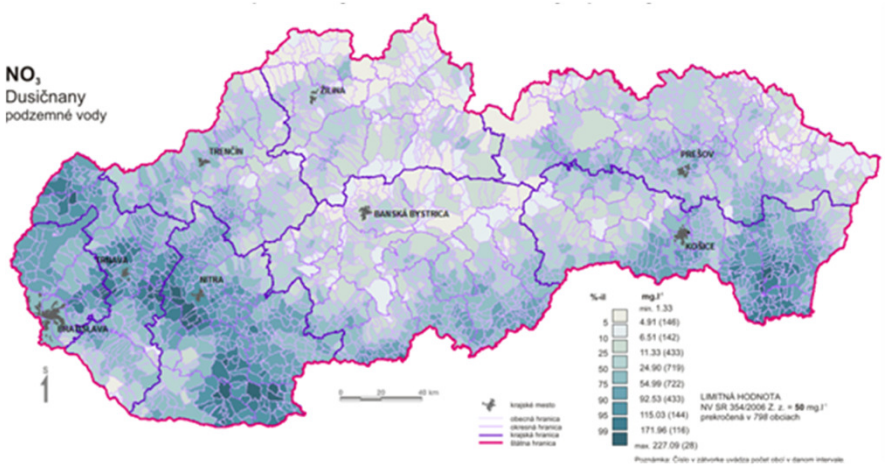
Materiál

Environmentálne indikátory

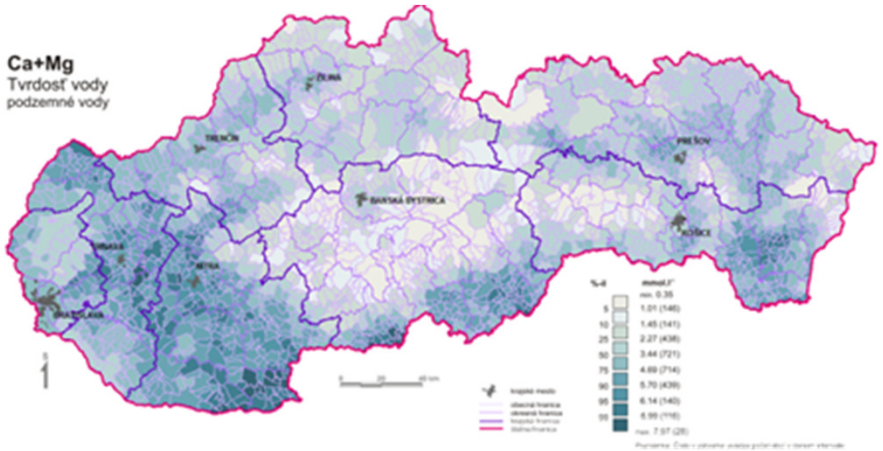
Chemické zloženie podzemných vôd (34 parametrov chemického zloženia vôd):

pH, MIN., $ChSK_{Mn}$, Ca+Mg, Li, Na, K, Ca, Mg, Sr, Fe, Mn, NH_4, F, Cl, SO_4, NO_2, NO_3, PO_4, HCO_3, SiO_2, Cr, Cu, Zn, As, Cd, Se, Pb, Hg, Ba, Al, Sb, Rn^{222}, Ra^{226}

Distribúcia dusičnanov v podzemných vodách Slovenskej republiky - obce



Distribúcia tvrdosti vody v podzemných vodách Slovenskej republiky - obce



Materiál

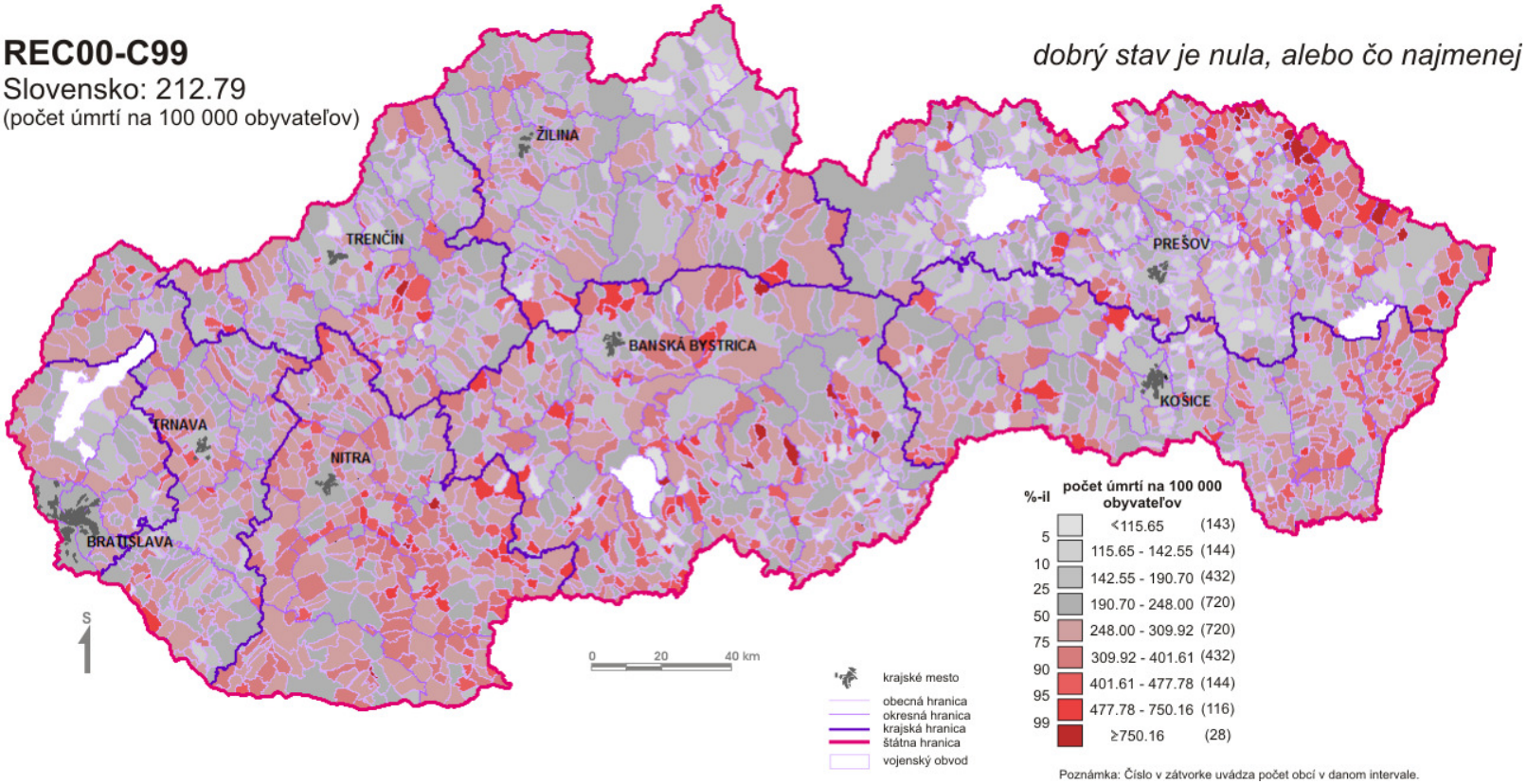
Hodnotené zdravotné indikátory

číslo	indikátor	popis indikátora	popis výpočtu	jednotka	priemer SR*
		Relatívna úmrtnosť na vybranú príčinu úmrtia			
9	ReC00-C97	zhubné nádory	100 000 x [počet úmrtí na vybrané ochorenie/počet obyvateľov]	počet úmrtí na 100 000 obyvateľov	**212,79**
10	ReC15-C26	zhubné nádory tráviaceho systému			**76,14**
11	ReC16	zhubné nádory žalúdka			**15,20**
12	ReC18-C20	zhubné nádory hrubého čreva a konečníka			**24,24**
13	ReC30-C39	zhubné nádory dýchacieho systému			**45,19**
14	ReC50	zhubné nádory prsníka			**24,80**
15	ReC64-C68	zhubné nádory močovej sústavy			**11,25**
16	ReC81-C96	zhubné nádory orgánov krvotvorby			**13,28**
17	ReC91-C95	všetky leukémie			**6,20**
18	ReC00-D48	nádory (zhubné, nezhubné spolu)			**213,62**
		Štandardizovaná úmrtnosť na vybranú príčinu úmrtia			
26	SMRC00-C97	zhubné nádory	nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť na slovenský štandard (19 vekových skupín)	%	**100**
27	SMRC15-C26	zhubné nádory tráviacej sústavy			**100**
28	SMRC30-C39	zhubné nádory dýchacej sústavy			**100**
29	SMRC81-C96	zhubné nádory lymfatického krvotvorného tkaniva			**100**
		Potenciálne roky strateného života na vybranú príčinu úmrtia			
37	PYLLC00-C97	zhubné nádory	100 000 x [súčet nedožitých rokov do veku 65 rokov (úmrtia vo veku 1–64 rokov) pri úmrtí na vybranú príčinu/počet obyvateľov]	roky	**1005,20**
38	PYLLC15-C26	zhubné nádory tráviacej sústavy			**242,26**
39	PYLLC30-C39	zhubné nádory dýchacej sústavy			**186,2**

Pozn.: Zdravotné indikátory klasifikované v zmysle Medzinárodnej klasifikácie chorôb, MKCH 10. revízia (www.nczisk.sk), *priemer pre Slovenskú republiku za obdobie 1994 - 2003

Materiál

Relatívna úmrtnosť na zhubné nádory v Slovenskej republike - obce



Metódy spracovania

dáta environmentálnych a zdravotných indikátorov spájame a hodnotíme nasledovnými spôsobmi

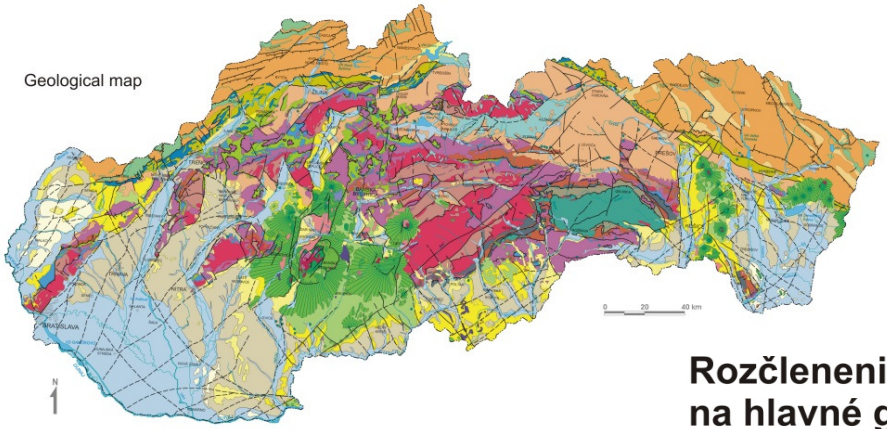
1. Porovnanie zdravotného stavu obyvateľstva podľa rôznej geologickej stavby
2. Štatistická analýza (Pearsonova a Spearmanova korelácia)
3. ANN – artificial neural network

Metódy spracovania

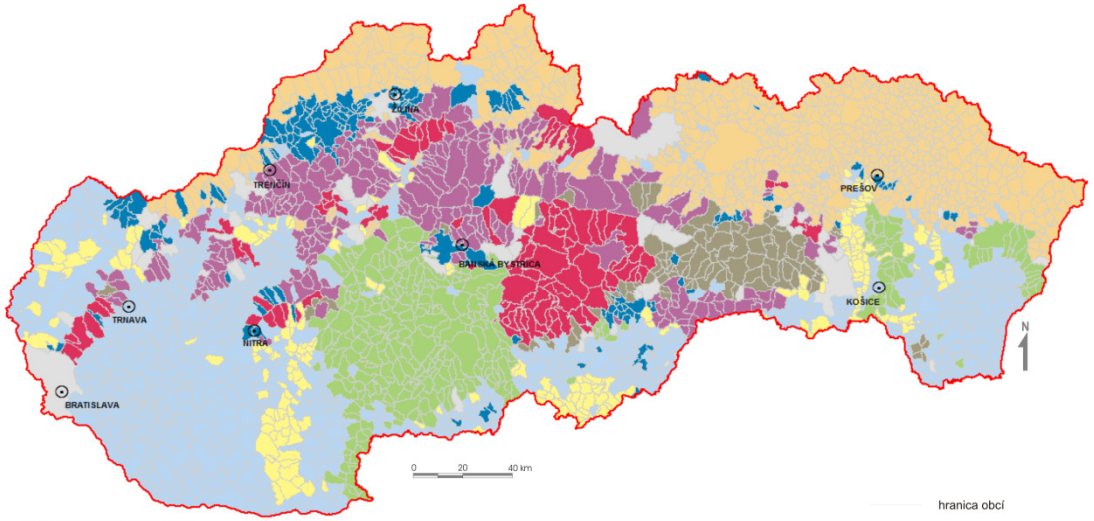
Rozčlenenie geologickej stavby SR

Geologická stavba Slovenskej republiky rozčlenená na osem hlavných celkov:

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



Rozčlenenie geologickej stavby Slovenskej republiky na hlavné geologické celky



GEOLOGICKE CELKY

- kvartér; *štrky, piesky, hliny, úlomky hornín* (940)
- neogén; *ily, ilovce, pieskovce, zlepence, piesky, štrky* (221)
- neovulkanity; *andezity, bazalty a ich pyroklastiká* (304)
- flyšový paleogén; *pieskovce, bridlice, ilovce* (730)
- karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén; *vápence, dolomity, sliefovce, pieskovce a bridlice* (154)
- karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén; *vápence, dolomity, zlepence* (269)
- kryštalinikum; *granitoidy a kryštalické bridlice* (114)
- paleozoikum; *metasedimenty, metavulkanity* (100)
- nezaradené; *komplikovaná geológia a veľké mestá* (51)

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

Metódy spracovania

Korelačná analýza
pre vybrané environmentálne a zdravotné indikátory v jednotlivých geologických celkoch (lineárny a Spearmanov korelačný koeficient)

Neurónové siete
vzťah medzi chemickým zložením **podzemných/pitných vôd a onkologickými ochoreniami** bol sledovaný pomocou

UMELEJ INTELIGENCIE

ANN – ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

(umelé neurónové siete)

Metódy spracovania

DÔVODY (Artificial Neural Network)

- Naše dáta nemajú normálne rozdelenie
- Majú všetky náležitosti bežného života
- Často sú chybové, niekedy neúplné
- Nemôžeme predpokladať existenciu funkčného lineárneho vzťahu medzi nimi
- Použitie klasickej regresnej analýzy (lineárny a spearmanov korelačný koeficient) by mohlo viesť k nesprávnym záverom
- Pomocou ANN dokážeme určiť poradie vplyvu jednotlivých chemických prvkov vo vode OD
- Pomocou ANN dokážeme odvodiť limitné hodnoty (minimálne potrebné aj maximálne prípustné) jednotlivých chemických prvkov z hľadiska OD
- Spoľahlivosť ANN sietí udáva korelačný koeficient
- Štatistickú významnosť ANN udáva koeficient determinácie R^2
- Mieru vplyvu chemických prvkov na OD udáva koeficient citlivosti (senzitivity rate) $\mathbf{S_r}$, vplyvné prvky $S_r > 1$, nevplyvné prvky $S_r < 1$

- Neurónové siete sú jedna z techník dáta miningu.
- Metodika je veľmi zložitá, je z kategórie umelej inteligencie.
- Stručne povedané – hľadajú sa najvýznamnejšie väzby medzi ZI a jednotlivými prvkami (parametrami chemického zloženia podzemných vôd).
- Každá nasledujúca neurónová sieť je lepšia ako predošlá, pretože sa z predchádzajúcich niečo naučila „natrénovala“.
- Správnym výsledkom však nemusí byť posledná sieť, ktorá je technicky najpokročilejšia (najvyšší korelačný koeficient), ale aj niektorá z predošlých.
- My používame mediánové hodnoty zo 200 vypočítaných sietí.

VÝSLEDKY a DISKUSIA

Zdravotný stav podľa geologickej stavby

Priemerné hodnoty onkologických zdravotných indikátorov vybraných oblastí SR

Geologický celok/ okres	Pz	Nv	KSm	Pfl	Krupina	Bardejov	SR
Zdravotný indikátor	n = 100	n = 309	n = 154	n = 727	n = 36	n = 86	
ReC00-C97	209.46	236.28	195.96	177.99	243.23	175.32	212.79
ReC15-C26	72.77	85.30	71.04	62.64	95.32	61.70	76.14
ReC16	13.93	17.57	15.83	15.30	15.23	13.52	15.2
ReC18-C20	25.25	29.33	22.05	17.89	34.51	17.56	24.24
ReC30-C39	43.61	49.60	40.16	38.51	49.19	33.47	45.19
ReC50	25.75	25.67	24.80	18.62	30.58	14.27	24.8
ReC64-C68	11.31	11.62	10.73	9.60	11.53	10.79	11.25
ReC81-C96	13.34	15.46	12.60	11.71	14.66	13.70	13.28
ReC91-C95	6.20	7.69	5.87	5.23	9.11	4.69	6.2
ReC00-D48	210.48	238.21	195.68	179.24	243.23	176.63	213.62
SMRC	101.78	102.91	95.18	95.03	99.73	91.20	100
SMRC15-C26	98.90	102.20	97.86	94.11	108.40	91.56	100
SMRC30-C39	101.43	102.36	92.00	97.37	95.20	82.51	100
SMRC81-C96	103.39	107.42	97.29	98.12	91.69	111.13	100
PYLLC	1,053.42	1,097.32	921.47	909.88	1,121.60	808.81	1,005.2
PYLLC15-C26	260.15	268.13	261.11	231.28	324.48	191.11	242.26
PYLLC30-C39	191.13	217.41	169.69	170.91	268.28	143.46	186.2

Pz – Paleozoikum, KSm – karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén, Pfl – flyšový paleogén, Nv – neovulkanity, SR – priemer pre Slovenskú republiku, n = počet obcí v hodnotenom geologickom celku/okrese

1. existujú výrazné rozdiely medzi geologickými celkami
2. karbonatické geologické celky majú priaznivejšie hodnoty OZI ako silkátové celky (20-40 %)
3. väčšie rozdiely sú v dvoch okresoch (20-100 %)
4. rozdiely sú spôsobené podľa nás najmä rozdielnymi obsahmi Ca a Mg v podzemných/pitných vodách

VÝSLEDKY a DISKUSIA

Pearsonova a Spearmanova korelácia

Výsledky korelácie medzi vybranými EI a ZI

	Lineárna korelácia			Spearmanova korelácia		
Parameter	r	P	významnosť	R	P	významnosť
Ca & ReC00-C97	-0.082	0.001	++	-0.132	0.000	+++
Mg & ReC00-C97	-0.079	0.001	++	-0.128	0.000	+++
Ca+Mg & ReC00-C97	-0.085	0.000	+++	-0.134	0.000	+++
NO_3- & ReC00-C97	-0.050	0.043	+	-0.112	0.000	+++
As & ReC00-C97	-0.001	0.960	-	0.080	0.001	++
Pb & ReC00-C97	-0.045	0.063	-	-0.040	0.101	-
Ca & SMRC00-C97	-0.041	0.094	-	-0.043	0.082	-
Mg & SMRC00-C97	-0.013	0.603	-	-0.022	0.370	-
Ca+Mg & SMRC00-C97	-0.033	0.175	-	-0.038	0.119	-
NO_3^- & SMRC00-C97	0.012	0.618	-	-0.004	0.861	-
As & SMRC00-C97	0.006	0.798	-	0.086	0.000	+++
Pb & SMRC00-C97	-0.037	0.132	-	-0.035	0.151	-
Ca & PYLLC00-C97	-0.086	0.000	+++	-0.097	0.000	+++
Mg & PYLLC00-C97	-0.054	0.028	+	-0.081	0.001	+++
Ca+Mg & PYLLC00-C97	-0.079	0.001	++	-0.095	0.000	+++
NO_3 & PYLLC00-C97	-0.028	0.258	-	-0.042	0.086	-
As & PYLLC00-C97	-0.001	0.971	-	0.106	0.000	+++
Pb & PYLLC00-C97	-0.019	0.429	-	0.003	0.892	-

r – Pearsonov korelačný koeficient, R – Spearmanov korelačný koeficient, P – hodnota: hladina významnosti = 0.05 – overená závislosť (+), P = 0.01 – vysoká závislosť (++), P = 0.001 – veľmi vysoká závislosť (+++)

1. nie je možné vysloviť žiadne významné závery, premenné (EI, ZI) nemajú lineárne rozdelenie, vypočítané výsledky nie sú spoľahlivé
2. korelačné koeficienty sa pohybujú prevažne medzi hodnotami ± 0,1
3. <u>dôležité:</u>

R, r medzi Ca, Mg, Ca+Mg majú záporné hodnoty → zvýšená úmrtnosť na OD pri deficitných obsahoch

VÝSLEDKY a DISKUSIA

Artificial Neural Network

Najvplyvnejšie prvky v podzemných vodách na MOD

parameter	ReC00-C97		ReC15-C26		ReC18-C20		ReC30-C39		ReC91-C95		SMRC00-C97		SMRC15-C26		PYLLC00-C97		*xP*
	s_r	P	s_r	P	s_r	P	s_r	P	s_r	P	s_r	P	s_r	P	s_r	P	
Ca+Mg	1.0269	3	1.0560	1	1.0060	3	1.1321	1	1.0863	1	1.0025	3	1.0329	1	1.0443	1	*1.8*
Ca	1.0132	4	1.0318	4	1.0079	2	1.0626	2	1.0552	2	1.0029	2	1.0248	3	1.0084	3	*2.8*
MIN	1.0740	1	1.0354	2	1.0258	1	1.0088	5	1.0133	4	1.0008	8	1.0259	2	1.0155	2	*3.1*
HCO_3	1.0338	2	1.0167	5	1.0050	4	1.0100	4	1.0037	5	1.0018	4	1.0212	4	1.0023	5	*4.1*
Mg	1.0047	8	1.0322	3	1.0011	8	1.0390	3	1.0327	3	1.0044	1	1.0205	5	1.0041	4	*4.4*
SO_4	1.0092	5	1.0065	6	1.0037	5	1.0022	7	1.0003	11	1.0006	10	1.0091	6	1.0008	10	*7.5*
Cl	1.0067	6	1.0035	7	1.0007	10	1.0027	6	1.0002	16	1.0014	5	1.0017	8	1.0016	6	*8*
NO_3	1.0064	7	1.0034	8	1.0007	11	1.0011	8	1.0003	13	1.0005	11	1.0023	7	1.0010	8	*9.1*
Na	1.0032	9	1.0016	11	1.0002	14	1.0005	10	1.0002	18	1.0004	12	1.0015	9	1.0012	7	*11.3*
SiO_2	1.0010	12	1.0019	10	1.0004	12	1.0001	20	1.0006	7	1.0009	6	1.0003	12	1.0004	13	*11.5*
Mn	1.0000	20	1.0023	9	0.9999	32	1.0000	25	1.0004	10	1.0008	7	1.0001	15	1.0010	9	*15.9*
Se	1.0014	10	1.0005	16	1.0000	22	1.0001	21	1.0002	19	1.0003	13	1.0000	28	1.0000	27	*19.5*

Pozn.: s_r – koeficient citlivosti, P - poradie vplyvu, xP – aritmetický priemer poradia vplyvu pre všetky hodnotené zdravotné indikátory

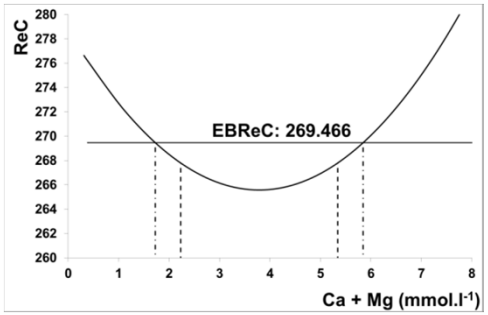
Tri skupiny vybratých prvkov

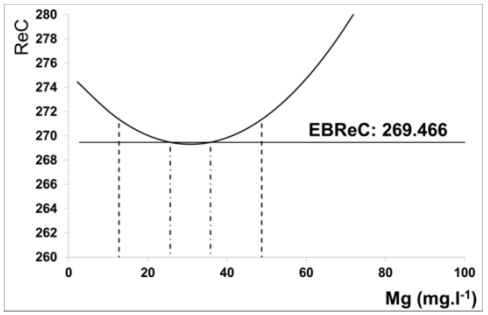
1. Ca+Mg, Ca, Mg, : najväčší vplyv
2. HCO_3, MIN, : indikatívne (vďaka geochemickej príbuznosti)
3. SO_4, Cl, NO_3: stochastický, málo vplyvné a ich zvýšené obsahy sú doprevádzané zvýšenými obsahmi Ca a Mg

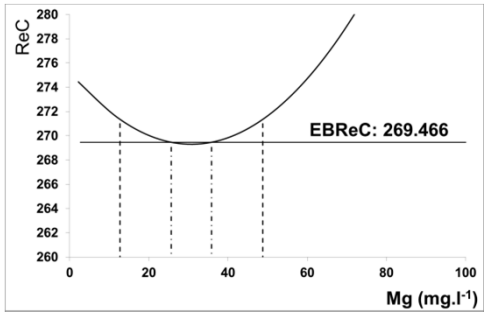
VÝSLEDKY a DISKUSIA

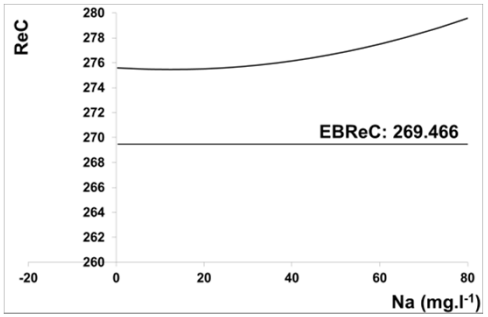
Artificial Neural Network

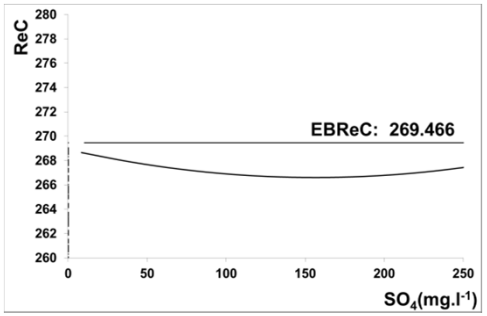
Spôsob odvodenia limitných hodnôt

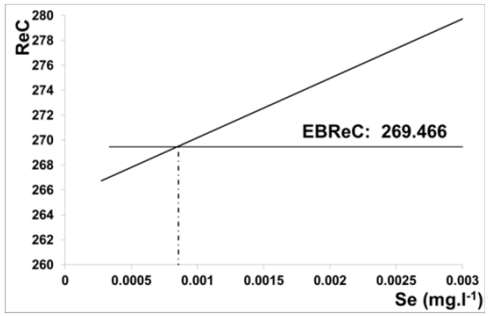












Dva druhy limitných hodnôt: limitné (kritické) a optimálne hodnoty

Limitné hodnoty: priesečník namodelovanej krivky obsahov chemických prvkov s priemernou hodnotou ZI
Optimálne hodnoty: v prípade paraboly priesečník namodelovaných hodnôt ± smerodajná odchýlka ZI

VÝSLEDKY a DISKUSIA

Výpočty ANN a odvodené limitné hodnoty pre 10 najvplyvnejších prvkov v podzemných/pitných vodách SR na ReC00-C97

poradie	parameter	s_r	R^2	Limitný obsah	Optimálny obsah	Hodnotené funkcie závislosti
1	**MIN**	1.074	0.851	570.46-836.73	neexistuje	konvexná parabola
2	**HCO_3**	1.034	0.850	neexistuje	neexistuje	konvexná parabola
3	**Ca+Mg**	1.027	0.895	1.73-5.85	2.23-5.34	konvexná parabola
4	**Ca**	1.013	0.987	60.56-196.84	91.18-166.21	konvexná parabola
5	**SO_4**	1.009	0.903	neexistuje	neexistuje	konvexná parabola
6	**Cl**	1.007	0.783	menej ako125.90	17.00-70.12	konvexná parabola
7	**NO_3**	1.006	0.582	menej ako 146.58	5.50-80.24	konvexná parabola
8	**Mg**	1.005	0.856	25.66-35.83	neexistuje	konvexná parabola
9	**Na**	1.003	0.549	neexistuje	neexistuje	konvexná parabola
10	**Se**	1.001	0.978	menej ako 0.0009	neexistuje	priamka

Poznámka: s_r – koeficient citlivosti, R^2 - koeficient determinácie (jednotky v $mg.l^{-1}$, Ca+Mg v $mmol.l^{-1}$)

ako NEVPLYVNÉ PRVKY ($S_r < 1$): Pb, Zn, Cr, Sb, Hg, $_{226}$Ra, Cd, Cu, Fe, pH (prakticky všetky PTP)

VÝSLEDKY a DISKUSIA

Nami odvodené limitné hodnoty vplyvných prvkov v porovnaní so slovenskou normou pre pitnú vodu

parameter	jednotka	limitná hodnota NV SR č. 496/2010 Z. z.	nami odvodené limitné hodnoty
Ca+Mg	**mmol.l^{-1}**	**1,1 – 5.0**	**1,73 – 5,85**
Ca	**mg.l^{-1}**	**> 30**	**60 – 196**
Mg	**mg.l^{-1}**	**10 – 30**	**25 – 35**

1. ako vplyvné na OD boli určené len **Ca, Mg, Ca+Mg**
2. nami odvodené limitné hodnoty sú približne **2x vyššie** ako hodnoty slovenskej normy pre pitnú vodu

definitívne budú limitné hodnoty stanovené pri zohľadnení všetkých ochorení
(CVD, OD, TS, DS a dĺžky života)

VÝSLEDKY a DISKUSIA

Vplyv iných faktorov (okrem vôd)

ÚMRTNOSŤ NA ONKOLOGICKÉ OCHORENIA závisí aj od rady ďalších faktorov:

- úroveň znečistenia ďalších zložiek životného prostredia (ovzdušie, pôda)
- socioekonomické podmienky
- podiel rómskej populácie
- úroveň zdravotnej starostlivosti
- životný štýl

Takéto údaje pre všetky obce SR neexistujú, sú dostupné len pre vybrané oblasti SR – väčšie mestá, niektoré okresy, resp. obce

Uvádzame ich pre okresy Bardejov a Krupinu

Prehľad socioekonomickej úrovne, zdravotníckych charakteristík a charakteristiky životného štýlu v okresoch Krupina a Bardejov v porovnaní so Slovenskou republikou

Socioekonomické charakteristiky[a]	Krupina	Bardejov	SR
Miera evidovanej nezamestnanosti (% populácie)	16,95	19,6	*12,29*
Priemerná nominálna mesačná mzda v Eur	694	614	*957*
Podiel obyvateľov rómskej národnosti (% populácie)	2,1 – 4	4,1 – 8	*2*
Zdravotnícke charakteristiky[b]			
Počet lekárov na 10000 obyvateľov – dospelí (vek 18+)	4,36	3,40	*4,32*
Počet lekárov na 10000 obyvateľov – deti a dorast (vek 0 – 17)	6,86	7,44	*9,87*
Charakteristika životného štýlu[c, d]			
Pravidelná pohybová aktivita (% populácie)	45	39,5	*58,5*
Pravidelné stravovacie návyky (% populácie)	75	49	*68*
Fajčenie (% populácie)	25	43	*19,5*
Nadmerná konzmuácia alkoholu (% populácie)	9,8	11	*6,8*

Poznámka: [a]Štatistický úrad Slovenskej republiky (www.statistics.sk), [b]NCZI, 2013, [c]Zdroj údajov pre okres Krupina: Kosmovský et al. 2015, [d]Zdroj údajov pre okres Bardejov: EHES (European Health Examination Survey) – zisťovanie zdravia Európanov (www.ehes.info)

VÝSLEDKY a DISKUSIA

1. Vo svete bol doteraz preukázaný vplyv deficitu Ca, Mg a Ca+Mg na výskyt OD len na Taiwane (prof. Yang).

2. Viaceré epidemiologické štúdie spájajú zvýšené obsahy Ca a Mg v ľudských tkanivách a tekutinách so zníženou incidenciou onkologických ochorení (Rodriguez et al., Larsson et al., Ahn et al., Lin et al., Butler et al.).

3. Naše výsledky preukazujú, že zvýšená úmrtnosť na OD je spätá s oblasťami nízkomineralizovaných vôd, ktoré sa vyznačujú deficitnými obsahmi Ca, Mg, resp. Ca+Mg.

ZÁVER

- ✓ Úmrtnosť na OD v SR je ovplyvňovaná chemickým zložením podzemných vôd a to hlavne obsahmi Ca, Mg a Ca+Mg
- ✓ Zvýšená úmrtnosť na OD je spätá s nízkymi (deficitnými) obsahmi Ca, Mg a Ca+Mg
- ✓ Úmrtnosť na OD je významne nižšia pri nasledovných obsahoch: Ca > 60 $mg.l^{-1}$, Mg = 25-35 $mg.l^{-1}$, Ca+Mg = 1,7 – 5,8 $mmol.l^{-1}$
- ✓ Nami odvodené limitné hodnoty sú približne 2x vyššie ako odporúčané hodnoty normy pre pitnú vodu
- ✓ Význam Ca, Mg, resp. tvrdosti vody bol zistený aj CVD (Rapant et al., 2015), CVD+OD=75 % príčin úmrtí na Slovensku
- ✓ Odporúčame zvýšiť doporučené hodnoty slovenskej normy pre pitnú vodu pre Ca, Mg a Ca+Mg približne 2x

Viac podrobností nájdete v článku:

Rapant, S., Cvečková, V., Fajčíková, K., Dietzová, Z. & Stehlíková, B. (2016). Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality, Slovak Republic. Environ. Geochem. Health, in press (DOI: 10.1007/s10653-016-9820-6)

Ďakujem za pozornosť

Príspevok je vypracovaný v rámci projektov GEOHEALTH

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

Komplexný materiál k uvedenej problematike je dostupný na internetovej stránke www.geology.sk/geohealth/vysledky/ciastkovevysledky