

2017

**Zhodnocení obsahu minoritních látek,
především stopových kovů ve vybraných
přírodních minerálních vodách**



Doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.
Mgr. David Rozman

OBSAH

Úvod, metodika zpracování.....	3
Přehled sledovaných kovů.....	4
Měď.....	4
Zinek.....	6
Kobalt.....	7
Chrom.....	8
Molybden.....	8
Cín.....	9
Vanad.....	9
Nikl.....	10
Arsen.....	11
Beryllium.....	12
Stroncium.....	13
Kadmium.....	14
Železo.....	15
Mangan.....	16
Lithium.....	17
Selen.....	18
Závěr.....	19
Literatura.....	20

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schematická mapa se situací zpracovávaných minerálních vod.	3
Obrázek 2 Obsahy mědi ve sledovaných minerálních vodách	5
Obrázek 3 Obsahy zinku ve sledovaných minerálních vodách	7
Obrázek 4 Obsahy molybdenu ve sledovaných minerálních vodách.....	9
Obrázek 5 Obsahy niklu ve sledovaných minerálních vodách	11
Obrázek 6 Obsahy arsenu ve sledovaných minerálních vodách.....	12
Obrázek 7 Obsahy beryllia ve sledovaných minerálních vodách	13
Obrázek 8 Obsahy stroncia ve sledovaných minerálních vodách	14
Obrázek 9 Obsahy železa ve sledovaných minerálních vodách	16
Obrázek 10 Obsahy manganu ve sledovaných minerálních vodách	17
Obrázek 11 Obsahy lithia ve sledovaných minerálních vodách.....	18

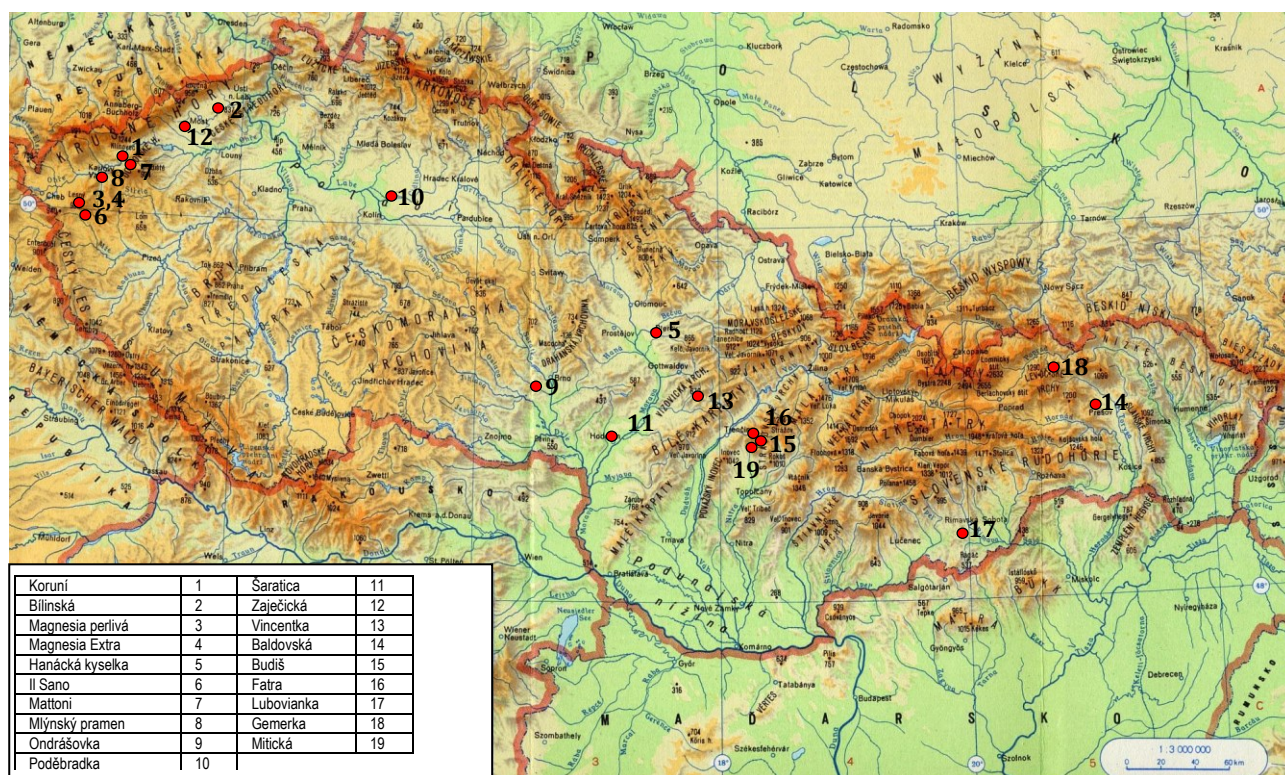
Seznam tabulek

Tabulka 1 Meze detekce a použité laboratorní metody sledovaných kovů	4
Tabulka 2 Přehled dopadu posuzovaných kovů na lidské zdraví	19
Tabulka 3 Přehled výskytu sledovaných kovů v posuzovaných minerálních vodách v mg/l (žlutě výskyty v balených vodách, zeleně přítomnost na vývěru)	20

ÚVOD, METODIKA ZPRACOVÁNÍ

Cílem zprávy je na základě smlouvy s AquaLife Institute, z. ú. zhodnotit obsahy minoritních látek ve vybraných vzorcích minerálních vod. Hned v úvodu je třeba zdůraznit, že se jedná o analýzy vod v balených vodách, jejichž výsledky mohou být výsledkem technologického zásahu. Nejedná se proto o obsahy látek v přírodním stavu na vývěru, které byly hodnoceny na základě starších archivních analýz. Získané poznatky mají posloužit pro návaznou lékařskou zprávu, mají jí především poskytnou podklady o dosud nevyužitém potenciálu českých a slovenských minerálních vod

Podle zadání byla pozornost věnována kovům, které se v rámci pitného režimu dostávají do těla a ve tkáních se nacházejí v koncentraci nižší než 50 ppm. Jejich potřebný denní příjem je menší než 50 mg denně. Projekt použil jako vstupní data výhradně analýzy minoritních složek v balených přírodních a léčivých minerálních vodách, posuzovaných v předchozí studii v roce 2016. Po dohodě se zadavatelem bylo vybráno celkem 13 minerálních vod z České republiky a 6 ze Slovenska. Podkladem pro tuto studii byly chemické analýzy, které nechal zadavatel realizovat v laboratořích Bad Elster, Am Kuhberg 2. Vzorky pocházely z minerálních vod zakoupených na trhu v září 2017.



Obrázek 1 Schematická mapa se situací zpracovávaných minerálních vod.

Všechny vybrané minerální vody byly zpracovány jednotnou, vzájemně srovnatelnou metodikou. Na rozdíl od předchozí studie věnované geneze posuzovaných minerálních vod, má práce zaměřená na minoritní látky jinou strukturu. Není členěna po jednotlivých typech vod, ale podle posuzovaných kovů. Každá kapitola se nejprve zabývá výskytem příslušného kovu v přírodě, konkrétně v horninovém prostředí, jeho vlastnostmi a vlivem na živé

organismy a člověka. Na tuto část navazuje popis výskytu jednotlivých kovů v sledovaných minerálních vodách a jejich vzájemné srovnání. To je zpracováno jak formou tabelární tak i grafickou.

PŘEHLED SLEDOVANÝCH KOVŮ

Na vzorcích odebraných v roce 2017 bylo v laboratořích Bad Elster analyzováno celkem 13 kovů. Jejich přehled a meze detekce uvádí následující tabulka. Další kovy, konkrétně železo, selen, lithium a mangan byly stanovovány ve stejné laboratoři v minulém roce a byly zahrnuty až do letošního zpracování.

Tabulka 1 Meze detekce a použité laboratorní metody sledovaných kovů

Ukazatel	Zjištěná hodnota	Metoda
Měď (Cu; mg.l ⁻¹)	< 0,01	DIN EN ISO 11885
Zinek (Zn; mg.l ⁻¹)	< 0,01	DIN EN ISO 11885
Kobalt (Co; mg.l ⁻¹)	< 0,01	DIN EN ISO 11885
Chróm (Cr; mg.l ⁻¹)	< 0,005	DIN EN ISO 11885
Molybden (Mo; mg.l ⁻¹)	< 0,01	DIN EN ISO 11885
Cín (Sn; mg.l ⁻¹)	< 0,01	DIN EN ISO 11885
Vanad (V; mg.l ⁻¹)	< 0,01	DIN EN ISO 11885
Nikl (Ni; mg.l ⁻¹)	< 0,005	DIN EN ISO 11885
Arsen (As; mg.l ⁻¹)	< 0,001	DIN EN ISO 17294-2
Beryllium (Be; mg.l ⁻¹)	< 0,000 5	DIN EN ISO 11885
Stroncium (Sr; mg.l ⁻¹)	< 0,05	DIN EN ISO 11885
Kadmium (Cd; mg.l ⁻¹)	< 0,000 5	DIN EN ISO 11885
Bromidy (Br; mg.l ⁻¹)	< 0,05	DIN EN ISO 10304-1
Meze pro analýzy z roku 2016		
Lithium (Li ⁺ ; mg.l ⁻¹)	< 0,005	HV-LU 04: Li-AAS
Selen (Se; mg.l ⁻¹)	< 0,001	DIN 38405 (D 23)
Železo (Fe; mg.l ⁻¹)	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Mangan (Mn ²⁺ ; mg.l ⁻¹)	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)

Měď

Ryzí měď se v přírodě nachází vzácně ve větším množství a vyskytuje se tedy převážně ve sloučeninách. Nejčastěji ji nacházíme ve formě sulfidů, mezi něž patří například chalkozin Cu₂S, covellin CuS, bornit Cu₃FeS₃, bournonit (Cu₂. Pb)₃[SbS₃]₂ nebo chalkopyrit CuFeS₂. Dalšími významnými minerály jsou kuprit Cu₂O, zelený malachit CuCO₃.Cu(OH)₂ a jemu chemicky podobný modrý azurit 2 CuCO₃.Cu(OH)₂. Měď také patří mezi biogenní prvky, protože je součástí hemocyaninu obsaženého v krvi měkkýšů. Zatímco sloučeniny měďné Cu⁺¹

jsou většinou špatně rozpustné nebo úplně nerozpustné ve vodě, sloučeniny měďnaté Cu^{2+} jsou ve vodě rozpustné dobře a ve velmi malém množství se hydrolyticky štěpí.

Měď patří mezi prvky s významným vlivem na živý organizmus, vyskytuje se v řadě enzymatických cyklů nezbytných pro správnou funkci životních pochodů a její přítomnost v potravě ovlivňuje zdravotní stav organismu. Tyto enzymy například ovlivňují metabolismus sacharidů v organismu, ovlivňují vytváření kostní hmoty a krevetvorbu, ovlivňují i fungování nervového systému. Na nižší organismy však působí jako silný jed.

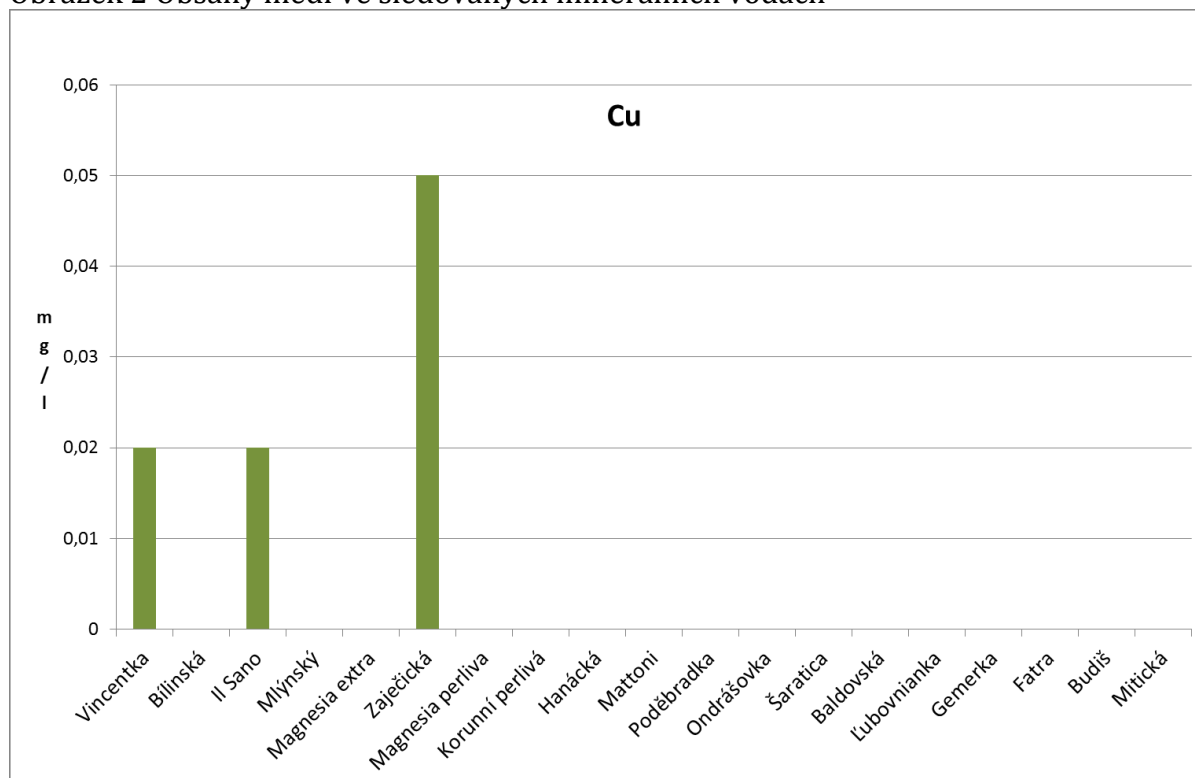
Doporučená denní dávka mědi v potravě by se měla pohybovat kolem 1 miligramu, ale ani dávky až k 0,1 gramu organismu neškodí. Nedostatek mědi se projevuje anémií, zpomalením duševního vývoje a zhoršením metabolismu cukrů. Dochází ke ztrátě pigmentů a vypadávání vlasů, k poruše tvorby a kvality kostí a vaziva.

Přebytek mědi je u zdravých osob možný pouze po požití minimálně 250 mg mědi současně. Při požití tohoto množství, se měď již začíná projevovat jako jed a působí, stejně jako těžké kovy – olovo, rtuť, jako nevratný inhibitor enzymů. Při požití mědi v množství mezi 0,25–2 gramy, může měď způsobit vážné zdravotní problémy a vyvolat vážná onemocnění. Při požití mědi většího množství než 2 gramy může nastat akutní otrava a smrt.

S mědí se v balených minerálních vodách setkáváme poměrně vzácně a to ve vodách Vincentka, Il Sano a především Zaječická. Ve všech případech se však jedná o koncentrace velmi nízké, pohybující se jen v setinách mg/l.

Nicméně z archivních údajů vyplývá existence nízkých obsahů mědi na vývěru i u dalších minerálních vod. Konkrétně se jedná o Korunní, kde v roce 1970 bylo detekováno 0,005 mg/l (Kolářová, Myslíl 1978), dále v roce 1968 v Magnesii byla analyzována měď s obsahem 0,004 mg/l (Kolářová, Myslíl 1978), v roce 1966 v Mlýnské prameni 0,01mg/l mědi (Kolářová, Myslíl 1978) a konečně v případě Mattoni v roce 1967 bylo stanoveno 0,0212 mg/l mědi (Kolářová, Myslíl 1978). Je však třeba zdůraznit, že tyto nízké koncentrace jsou často pod mezi detekce dnes použité laboratoře Bad Elster.

Obrázek 2 Obsahy mědi ve sledovaných minerálních vodách



Zinek

Zinek je v zemské kůře poměrně bohatě zastoupen. Průměrný obsah činí kolem 100 mg/kg, čemuž odpovídá 76 ppm. Hlavním minerálem zinku je sfalerit ZnS , v přírodě se v malém množství vyskytuje také další minerál se složením ZnS , avšak v jiné krystalové modifikaci známý jako wurtzit. Dalšími minerály zinku jsou smithsonit $ZnCO_3$, kalamín křemičitý $Zn_2SiO_4 \cdot H_2O$, willemit Zn_2SiO_4 , troosit $(Zn, Mn)_2SiO_4$, zinkit ZnO , franklinit $(Zn, Mn)O \cdot Fe_2O_3$, zinečnatý spinel $ZnO \cdot Al_2O_3$ a hemimorfit $Zn_4Si_2O_7(OH)_2$.

Většina zinečnatých sloučenin je ve vodě rozpustných. Nerozpustné jsou především zásadité soli.

Zinek patří mezi prvky, které mají velmi významný vliv na správný vývoj všech živých organismů rostlinných i živočišných. Přitom zinek není obsažen v živých tkáních ve vysokém množství – uvádí se, že tělo dospělého člověka obsahuje pouze přibližně 2 g zinku. Doporučená denní dávka zinku v lidské potravě se pohybuje mezi 15–25 mg prvku.

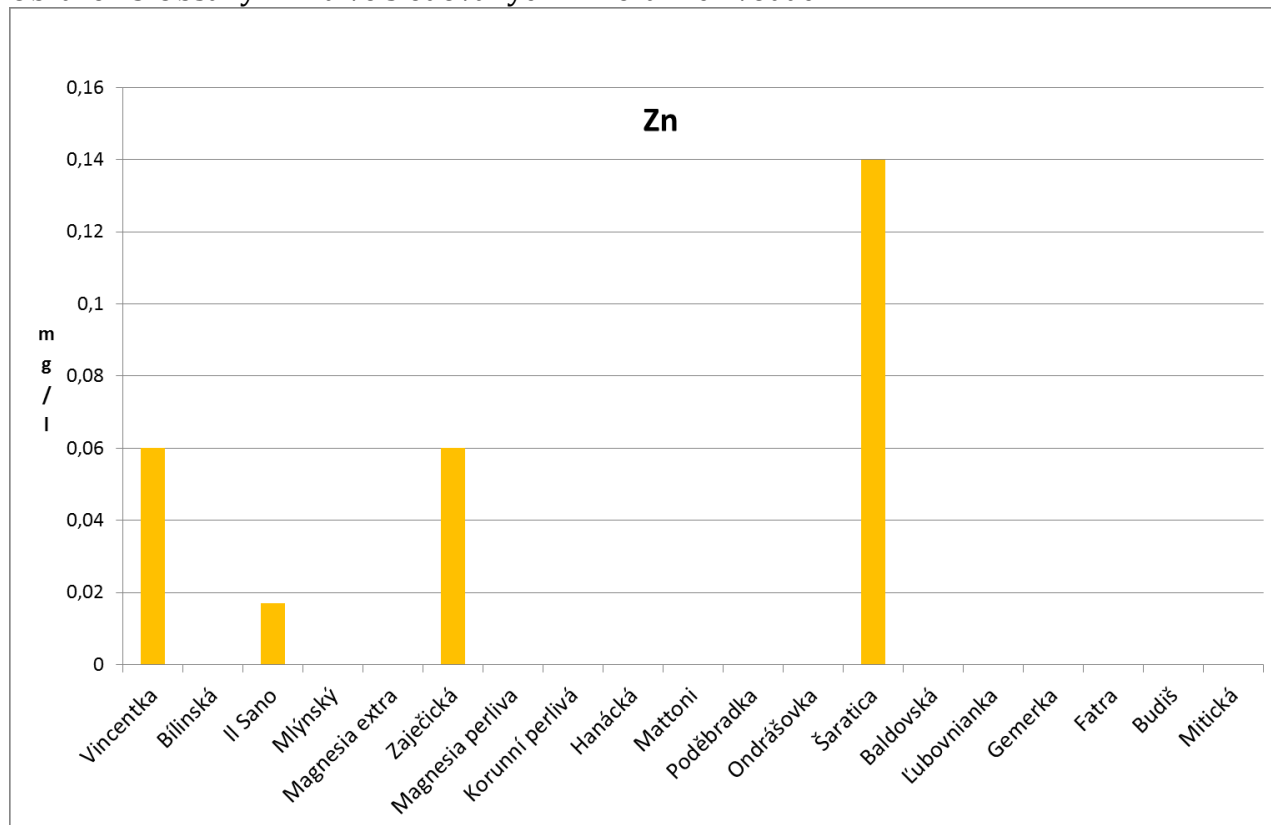
Přítomnost zinku v organismu je nezbytnou podmínkou pro správné fungování řady enzymatických systémů – nejvýznamnější je patrně inzulínový. Přítomnost zinku v potravě je důležitá nejen v době růstu organismu, kde jeho nedostatek vede k opoždění tělesného i duševního dospívání, ale i v dospělosti. Nedostatečné množství zinku v potravě totiž způsobuje nechtěný úbytek na váze, pomalé hojení ran, zhoršování paměti a smyslové poruchy – především zrakové, čichové. Zinek je přítomen v poměrně značném množství ve spermatu a jeho dostatek v potravě je podmínkou pro správný pohlavní vývoj i dokonalou funkci pohlavních orgánů mužů.

Protože množství přijímaného zinku, obsaženého v živočišné potravě značně převyšuje objem zinku, který může být získán z rostlinné potravy, je důležité, aby přísní vegetariáni dbali o dostatečný příjem zinku především v případě těhotných žen, kde je doporučovaná dávka zinku na vysoké úrovni kolem 25 mg Zn/den.

Zinek byl analyzován v podobně nízkých koncentracích řádově v setinách mg/l u stejných třech minerálních vod jako byl registrována měď, jedná se o Vincentku, Il Sano a Zaječickou. Navíc byl obsah tohoto kovu analyzován v Šaratici a to na úrovni 0,14 mg/l.

Podobně jako u mědi, byl i zinek stanoven na přirozených vývěrech na některých historických analýzách. Je proto pravděpodobné, že se zde může i dnes vyskytovat. Jedná se o Korunní, kde v roce 1970 bylo stanoveno 0,0277 mg/l zinku (Kolářová, Myslíl 1978), dále v Hanácké kyselce bylo v roce 1975 stanoveno 0,008 mg/l zinku (Květ, Kačura 1978), v Magnesii bylo nalezeno 0,028 mg/l zinku (Kolářová, Myslíl 1978), ve vodě Mattoni 0,4455 mg/l zinku (Kolářová, Myslíl 1978), a v Mlýnském prameni 0,058 mg/l zinku (Kolářová, Myslíl 1978).

Obrázek 3 Obsahy zinku ve sledovaných minerálních vodách



Kobalt

Oproti příbuznému niklu je zastoupení kobaltu na Zemi výrazně nižší. V zemské kůře činí průměrný obsah tohoto kovu kolem 25 mg/kg.

V přírodě nejsou známa naleziště rud s převažujícím množstvím kobaltu. Ten vždy pouze doprovází niklové rudy a nalezneme jej i jako doprovodný prvek v sulfidických rudách mědi nebo olova. Nejdůležitější nerosty kobaltu jsou smaltin CoAs_3 , linnéit Co_3S_4 a kobaltit CoAsS . V České republice se nevyskytují kobaltová ani niklová ložiska.

Stopové množství kobaltu je důležité pro řadu živých organismů včetně člověka. Koncentrace několika desetin miligramů kobaltu na kilogram půdy prokazatelně zlepšuje zdravotní stav pasoucího se dobytka. Kobalt je také součástí jednoho z důležitých členů vitaminů skupiny B, vitaminu B12.

Otrava kobaltem může nastat pouze v případě vystavení organismu velkému množství kobaltu. Kobalt se přitom může do organismu dostat v potravě, vdechováním prachu či aerosolu nebo při dlouhodobém kontaktu s pokožkou. Příznaky otravy se pak projeví obvykle po několika týdnech nebo i měsících trvalé expozice vysokými dávkami kobaltu. Obvykle se proto mohou vyskytnout prakticky pouze v průmyslových provozech pro zpracování kobaltu nebo jeho sloučenin.

Kobalt nebyl v žádném z analyzovaných vzorků minerálních vod nalezen. V historických analýzách v minerálních vodách v původním stavu na vývěru se však v několika případech objevil. V roce 1970 byl kobalt analyzován v Korunní a to s koncentrací 0,0045 mg/l (Kolářová, Myslíl 1978), dále 0,027 mg/l kobaltu bylo stanoveno v roce 1975 v Hanácké kyselce (Květ, Kačura 1978) a konečně kobalt se objevil v roce 1971 i v minerální vodě Il Sano v obsahu 0,00298 mg/l (Kolářová, Myslíl 1978). S ohledem na detekční limity laboratoře Bad Elster však kobalt v letošních analýzách nemohl být detekován.

Chrom

Chrom je nejtvrdším elementárním kovem a vyznačuje se mimořádně nízkou reaktivitou a vysokou chemickou odolností. Chrom patří mezi prvky s poměrně značným zastoupením na Zemi i ve vesmíru. V zemské kůře činí průměrný obsah chromu kolem 0,1–0,2 g/kg. V přírodě se chrom vyskytuje velmi často současně s rudami železa, například jako ruda chromit, chemicky podvojný oxid železato-chromitý $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$. Dalším důležitým minerálem chromu je krokoit, chemicky chroman olovnatý PbCrO_4 .

Biologické účinky chromu jsou silně závislé na mocenství, ve kterém se do organismu dostává. Zatímco trojmocný chrom je pokládán za převážně prospěšný a je nezbytnou součástí každodenní stravy, pak naopak šestimocný chrom působí negativně a je pokládán za potenciální karcinogen. Z těchto důvodů je při provádění zdravotních studií nutno důsledně zkoumat ne pouze obsah chromu v prostředí, ale především to, v jaké formě se tento prvek setkává s živými organizmy. Z potravin bohatých na trojmocný chrom lze uvést především melasu a přírodní hnědý cukr, červenou řepu, lesní plodiny, kvasnice a pivo. V prodáváných potravinových doplňcích se obvykle používá organická sloučenina pikolinát chromitý. Doporučená denní dávka je přibližně 0,1 mg chromu. Dostatečný obsah chromu v organismu je důležitý pro správný metabolismus cukrů a tuků. Pomáhá stabilizovat hladinu krevního tuku a tlumí chuť na sladké potraviny.

Vzhledem ke škodlivosti chromu jsou zavedeny v České republice limity pro koncentrace jeho sloučenin v pracovním prostředí, a to pro sloučeniny šestimocného chromu na 0,1 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ a pro ostatní sloučeniny chromu na 1,5 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Směrnice 2002/95/ES – RoHS – od 1. července 2006 omezuje použití šestimocného chromu v elektrických a elektronických zařízeních v Evropské unii. Vypouštění chromu do životního prostředí je v České republice povinné ohlašovat do integrovaného registru znečišťování, pokud podnik vypouští do ovzduší, vody nebo v odpadech více než 50 kilogramů.

Chrom nebyl analyzován ani v žádném ve sledovaném vzorku, ani se neobjevil v minulosti na vývěrech.

Molybden

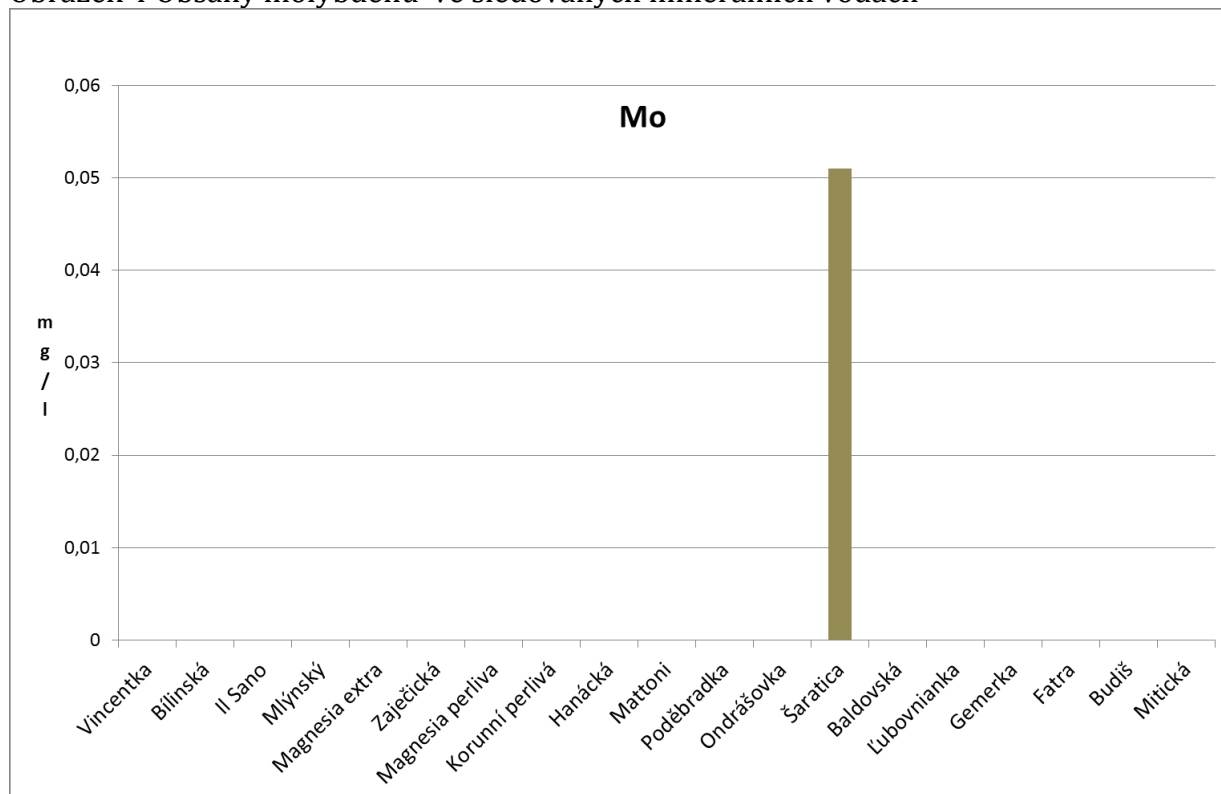
Elementární molybden je stříbrný až šedobílý tvrdý a křehký kov se značně vysokým bodem tání. Molybden je na Zemi poměrně vzácný, jeho obsah se odhaduje na 1,5–8 mg/kg v zemské kůře. V rudách se vyskytuje jen v nízkých koncentracích. Nejvýznamnější rudou je molybdenit (sulfid molybdeničitý, MoS_2). Dalšími rudami jsou wulfenit, molybdenan olovnatý, (PbMoO_4) a powellit ($\text{Ca}(\text{Mo},\text{W})\text{O}_4$).

Přestože je molybden přítomen v živých tkáních živočichů a rostlin pouze ve stopovém množství, je nezbytný pro správné fungování běžných životních funkcí. Bylo prokázáno, že se aktivně účastní v řadě enzymatických systémů, které jsou zodpovědné za metabolismus železa a detoxikaci sulfidů. Významnou roli hraje molybden i prevenci zubního kazu a jeho přítomnost zvyšuje tvrdost zubní skloviny.

Nedostatek molybdenu může vést k anémii, přispívá k zvýšenému výskytu záchvatů astmatu, zvýšené kazivosti zubů a zhoršení ochrany proti infekci močového měchýře. Podle některých zdrojů je nedostatek molybdenu ve stravě příčinou depresivních stavů a může vést k impotenci.

Molybden se vyskytuje unikátně v jediné posuzované minerální vodě, kterou je Šarátice a to v koncentraci jen 0,05 mg/l. Tento kov nebyl nikdy analyzován ani ve starších analýzách v přirozeném stavu na vývěru žádných jiných minerálních vod.

Obrázek 4 Obsahy molybdenu ve sledovaných minerálních vodách



Cín

Nízkotavitelný kov je v normálním prostředí značně odolný proti korozi a zároveň je zdravotně prakticky nezávadný. Ve sloučeninách se vyskytuje v mocenství: Sn^{+2} a Sn^{+4} . Cín je vůči vzduchu i vodě za normální teploty stálý. Vůči působení silných minerálních kyselin není cín příliš odolný. Celkově je cín v zemské kůře poměrně vzácným prvkem, průměrný obsah činí pouze 2–4 ppm (mg/kg).

Hlavní cínovou rudou je kasiterit, chemicky oxid cínčitý SnO_2 , který obsahuje 78,62 % cínu. Další, ale vzácná cínová ruda, je například stannin $\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{FeS}\cdot\text{SnS}_2$. Cínovec se vyskytuje v cínovcových žilách a pegmatitech, hromadí se v náplavech. V České republice jsou poměrně bohatá naleziště cínových rud, např. Cínovec, Horní Krupka, Horní Slavkov.

S ohledem na zdravotní nezávadnost, byl cín velmi oblíbený v potravinářství, především při výrobě konzerv.

V roce 2017 nebyly obsahy cínu analyzovány v žádném ze sledovaných vzorků minerálních vod. Rovněž žádné archivní data neobsahují zmínku o přítomnosti cínu ve vzorcích minerálních vod na vývěru.

Vanad

Vanad je tvrdý, šedo-bílý, kujný kov s vysokými teplotami tání a varu, chemicky je poměrně značně odolný jak vůči běžným kyselinám tak alkáliím. Obsah vanadu v zemské kůře je 136 ppm. Navzdory jeho poměrně velkému průměrnému obsahu v zemské kůře existuje jen několik bohatších ložisek. Většina vanadu se získává jako vedlejší produkt při zpracování některé z asi 60 rud, v nichž je obsažen. Mezi nejdůležitější minerály patří polysulfid patronit VS_4 . Nejčastěji se však vanad vyskytuje v rudách ve formě sloučeniny s kyslíkem. Příkladem může být vanadinit – podvojný chlorid-vanadičnan olovnatý $\text{PbCl}_2\cdot 3\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_2$ nebo carnotit

[K₂(UO₂)₂(VO₄)₂·3H₂O]. Zajímavý je i poměrně významný obsah vanadu v surové ropě nebo uhlí.

Biologická významnost vanadu nebyla prokázána, a proto doposud nebyla stanovena hodnota nezbytného příjmu prvku pro člověka. Také názory na význam vanadu jsou nejednotné. Potravou se do organismu dostává jako složka rostlinných olejů, některých minerálních vod, vyšší koncentraci vanadu nalezneme i v rybím mase a zelenině. Je základním stavebním kamenem některých enzymů jako například nitrogenázy, která je nezbytná pro funkci mikroorganismů, která zprostředkují fixaci dusíku v půdě a tím jeho dostupnost pro výživu rostlin. Vanad má význam i při syntéze krevního barviva hemoglobinu, které slouží pro přenos kyslíku krví z plic do tělesných tkání. Dlouhodobý nedostatek vanadu ve stravě se proto může projevit chudokrevností.

Nadbytek vanadu působí naopak výrazně negativně. Toxicita sloučenin vanadu se uplatňuje především při každodenní expozici postižených osob nadměrným dávkám tohoto prvku při jeho výrobě a metalurgickém zpracování nebo z kontaminovaných důlních vod.

V roce 2017 nebyly obsahy vanadu analyzovány v žádném ze sledovaných vzorků minerálních vod. Na vývěru v přirozeném stavu se však zřejmě vanad objevuje v minerálních vodách poměrně běžně. Z archivních dat vyplývá, že nejbohatší minerální vodou na vanad je Ondrášovka, která měla v roce 1975 obsah tohoto kovu na úrovni 1 µg/l (Květ, Kačura 1978). Z dalších minerálních vod obsahující v přírodním neupraveném stavu vanad je nutno jmenovat Hanáckou kyselku s obsahem vanadu v roce 1975 na hodnotě 0,5 µg/l (Květ, Kačura 1978), Mattoni v roce 1970 obsahující 0,21 µg/l vanadu (Kolářová, Myslíl 1978) a v roce 1970 Magnesii s koncentracemi 0,8 µg/l. V roce 1966 bylo v Mlýnském prameni analyzováno 0,51 µg/l vanadu.

Nikl

Nikl je stříbrobílý, silně lesklý kov. Ve sloučeninách se vyskytuje především v mocenství Ni⁺², existují i sloučeniny Ni⁺¹. Látky obsahující Ni⁺³ jsou nestálé a působí silně oxidačně.

Ve zředěných minerálních kyselinách se nikl rozpouští, ale hůře než železo. Za normální teploty je vůči působení vzduchu i vody nikl poměrně stálý a používá se proto často k povrchové ochraně jiných kovů, především železa. Jako relativně lehký prvek je nikl v přírodě hojně zastoupen. V zemské kůře jeho průměrný obsah činí kolem 100 mg/kg, t.j. asi 100 ppm.

S ryzím niklem se v přírodě setkáme pouze vzácně ve slitině s železem v železných meteoritech, dopadajících na Zemi z kosmického prostoru. Nikl má afinitu ke kyslíku i k síře, resp. arzenu a vytváří tedy dva typy ložisek. Jednak primární, sulfidická, ve kterých se nachází v sirnicích a arzenidech – sulfid nikelnat-železitý – pentlandit (Ni, Fe)₉S₈ millerit NiS, nikelin NiAs, breithauptit NiSb, chloantit NiAs₂, gersdorfit NiAsS, smaltin (Ni, Co, Fe)As₂ a ullmanit NiSbS. Dále sekundární, kyslíkatá, lateritická, vznikající zvětráváním olivínu z ultrabazických hornin zemského pláště, které se dostaly na povrch. Vrstvy zvětralin, nabohacené železem, hliníkem a ochuzené o křemík a se nazývají laterity a vznikají lateritickým zvětráváním. Niklonosné laterity se typicky vyskytují ve zvětralinách hadcových těles, což byly původně olivinické horniny ze zemského pláště, z hloubek okolo 50 km a více. V České republice se ložiska niklu nevyskytují.

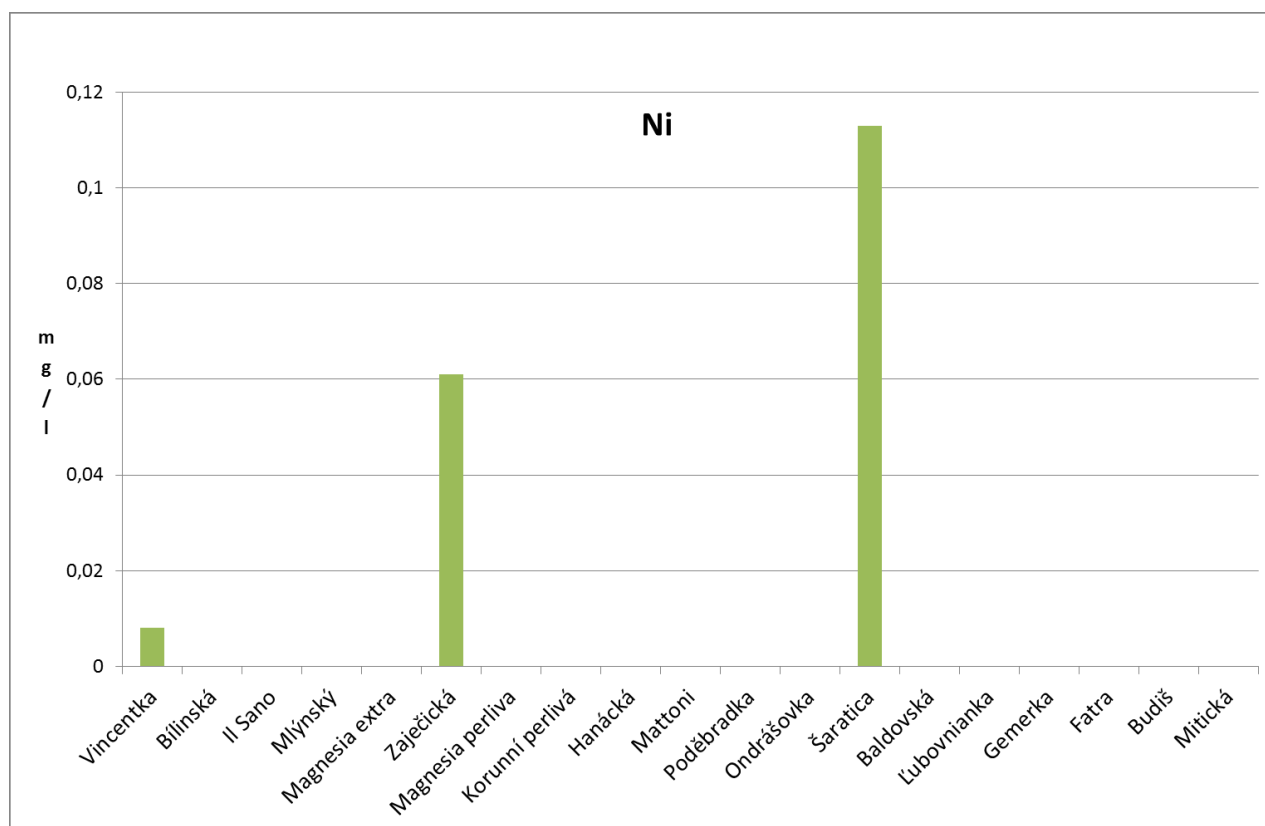
Nikl patří mezi několik málo prvků, jejichž vliv na zdravotní stav lidského organismu je jednoznačně negativní. Při velkých anebo pravidelně zvýšených dávkách niklu se silně zvyšuje riziko vzniku rakoviny a nikl je dnes řazen i mezi teratogeny, tedy látky schopné negativním způsobem ovlivnit vývoj lidského plodu. V běžném životě se poměrně často setkáváme s

citlivostí nebo alergií na nikl, která se projevuje u 6–18 % obyvatelstva a doprovází ji nejprve zarudnutí kůže a později až vznik kožních ekzémů při trvalém styku s předměty z niklu.

Nikl se objevuje v nízkých koncentracích pouze ve třech sledovaných minerálních vodách. Nejvyšší obsah, přesahující 0,1 mg/l niklu by registrován v Šaratici, 0,06 mg/l v Zaječické a stopové koncentrace ve Vincentce.

Výrazně vyšší obsahy niklu však byly analyzovány v roce 1968 v Magnesii v přírodním stavu na vývěru, kdy analýza vykazala 0,385 mg/l (Kolářová, Myslíl 1978). V roce 1971 se však nikl objevil na vývěru i v minerální vodě Il Sano a to v koncentraci 0,0056 mg/l a podobný obsah 0,0058 byl v roce 1970 analyzován na vývěru v Korunní (Kolářová, Myslíl 1978).

Obrázek 5 Obsahy niklu ve sledovaných minerálních vodách



Arsen

Polokovový prvek, který se ve svých sloučeninách vyskytuje v mocenství: As^{-3} , As^{+3} a As^{+5} . Arsen je v zemské kůře značně vzácným prvkem. Průměrný obsah činí pouze 2 – 5 ppm (mg/kg). Nejvýznamnější rudou arsenu je směsný sulfid železa a arsenu, arsenopyrit ($FeAsS$) a také löllingit ($FeAs_2$). Mezi další sulfidy arsenu patří např. realgar, AsS a auripigment As_2S_3 .

V horninách se vyskytuje jako příměs v rudách niklu, kobaltu, antimonu, stříbra, zlata a železa a bývá obsažen jako stopová příměs v mnoha ložiscích uhlí.

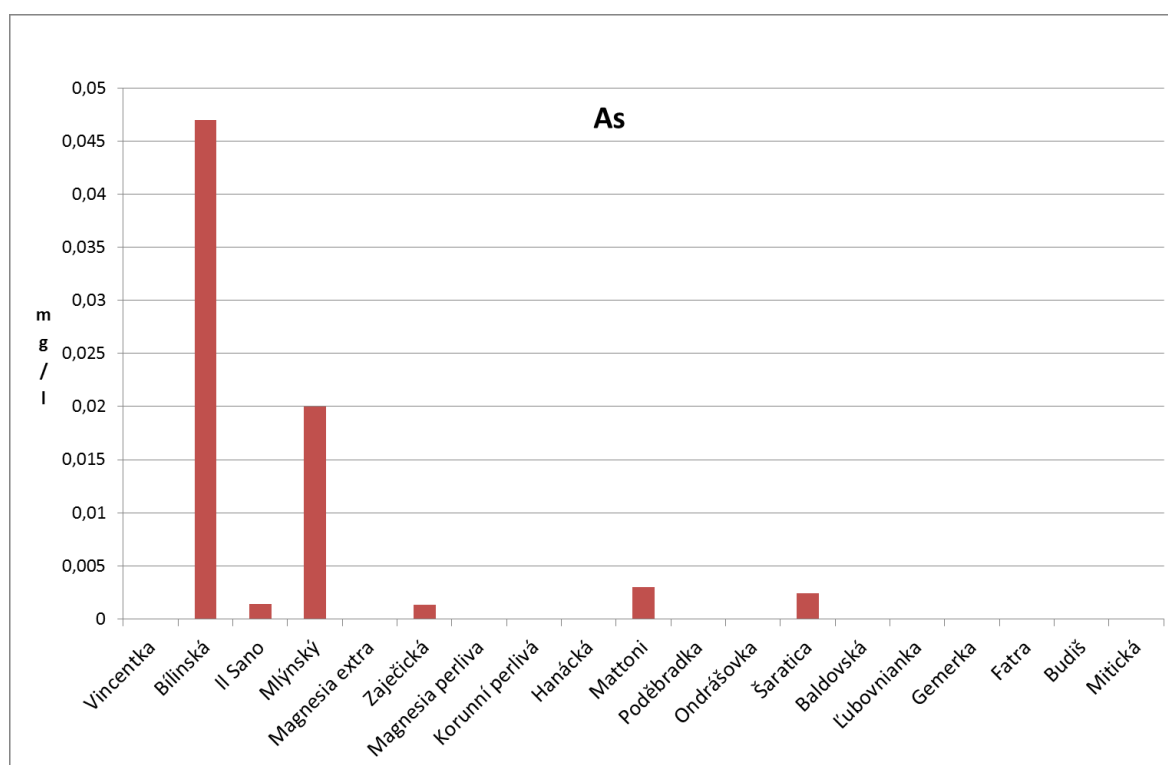
Přestože je arsen znám jako jedovatý prvek, kovový arsen je netoxický. V organismu je však metabolizován na toxické látky, nejčastěji na oxid arsenitý. Akutní otravy se projevují zvracením, průjmami, svalovými křečemi, ochrnutím a zástavou srdce. As_2O_3 , $AsCl_3$, AsF_3 , jsou

mnohem toxičtější než sloučeniny pětivazného arsenu, řadí se mezi významné látky mutagenní, teratogenní a karcinogenní. As_2S_3 , As_2S_2 , jsou prakticky netoxické, avšak rozpouštějí se v žaludku. V běžném okolním životním prostředí se všichni setkáváme s jistou nízkou hladinou expozice arsenem, která ale organismus nijak nepoškozuje a existují naopak studie, které tvrdí, že velmi nízké dávky arsenu v přijímané potravě jsou důležité a prospěšné. Bezesporu je však prokázáno, že trvalé vystavení organismu zvýšeným dávkám sloučenin arsenu vede k poškození zdraví. Nejznámější jsou karcinogenní problémy způsobené arsenem kontaminovanými zdroji pitné vody v jihovýchodní Asii, především v Bangladéši.

Ve sledovaných minerálních vodách byly ve čtyřech případech analyzovány velmi nízké obsahy tohoto kovu v řádu tisíci mg/l. Jednalo se o minerální vody Il Sano, Zaječická, Mattoni a Šaratická. V případě Mlýnského pramene analýza prokázala obsah arsenu 0,02 mg/l. Nejvyšší koncentrace přesahující 0,045 mg/l vykazuje Bílinská kyselka. Pro srovnání nejvyšší hodnoty arsenu v minerálních vodách prokázala analýza na vrtu S-8 v roce 1966 v Bělovsi (více než 2,7 mg/l) ale i místní pramen IDA má obsah As vyšší než 0,5 mg/l. (Jetel, Rybářová 1979).

Ovšem na vývěru v přirozeném stavu byly registrovány zvýšené obsahy arsenu u dalších dvou minerálních vod. V roce 1970 bylo v minerální vodě Korunní analyzováno 0,068 mg/l arsenu (Kolářová, Myslíl 1978) a v roce 1966 v Mlýnském prameni 0,180 mg/l arsenu (Kolářová, Myslíl 1978)

Obrázek 6 Obsahy arsenu ve sledovaných minerálních vodách



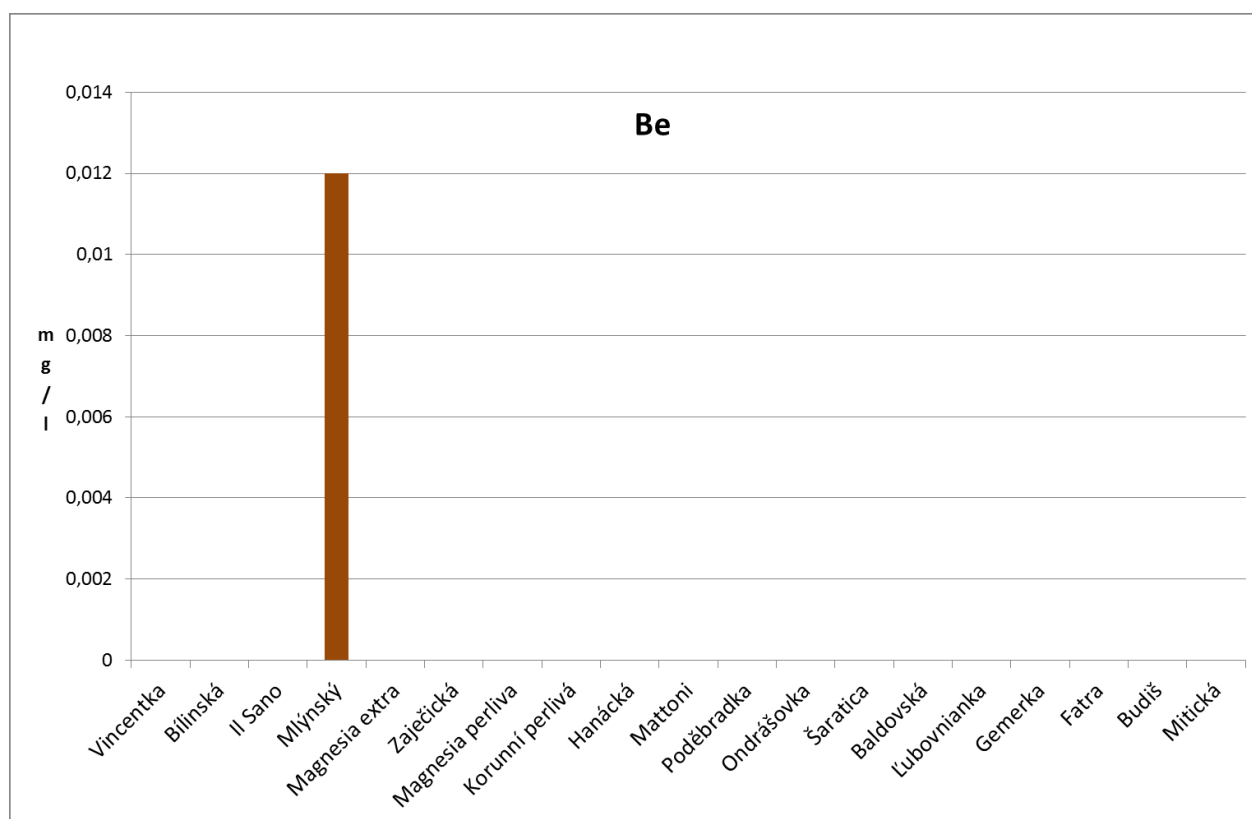
Beryllium

Díky jeho poměrně velké reaktivitě se v přírodě setkáváme pouze se sloučeninami beryllia. Ve všech svých sloučeninách se vyskytuje pouze v mocenství Be_{2+} . Kromě berylnatých solí vytváří beryllium i komplexy $[BeO_2]^{2-}$ a $[Be(OH)_4]^{2-}$.

Beryllium a především jeho soli jsou ze zdravotního hlediska velmi rizikové. Jsou jak přímo toxické, tak potenciálně karcinogenní, tedy schopné vyvolat rakovinu nebo alespoň zvýšit riziko jejího výskytu. Vysoká toxicita beryllia je nejspíše způsobena jeho schopností vytěsnit hořčík z enzymů. Největší zdravotní riziko pro organismus ale představuje příjem berylnatých solí v potravě nebo pitné vodě. Zvýšený příjem solí beryllia způsobuje prokazatelně značné riziko vzniku rakovinného bujení. Z tohoto důvodu je beryllium považováno za jeden z velmi vážných rizikových faktorů a jeho výskyt v pitné vodě a potravinách je neustále monitorován, přičemž povolené limity koncentrací patří k nejnižším z běžně sledovaných prvků.

Beryllium bylo zjištěno v jediné sledované minerální vodě a to v Mlýnském prameni. Jedná se v rámci České republiky o ojedinělý výskyt, protože beryllium až dosud nebylo analyzováno v žádné jiné minerální vodě ani v přírodním stavu na vývěru.

Obrázek 7 Obsahy beryllia ve sledovaných minerálních vodách



Stroncium

Stroncium je poměrně měkký, lehký, reaktivní kov, který se svými vlastnostmi podobá vlastnostem alkalických kovů. Díky své velké reaktivitě se v přírodě setkáváme prakticky pouze se sloučeninami stroncia, ve kterých se vyskytuje pouze v mocenství Sr^{+2} . Neznámějšími minerály na bázi stroncia jsou celestin $SrSO_4$ chemicky síran strontnatý a stroncianit $SrCO_3$ chemicky uhličitán strontnatý. Stroncium se v přírodě vyskytuje v podobě čtyř izotopů, které mají zastoupení $84Sr$ (0,56 %), $86Sr$ (9,86 %), $87Sr$ (7,0 %) a $88Sr$ (82,58 %).

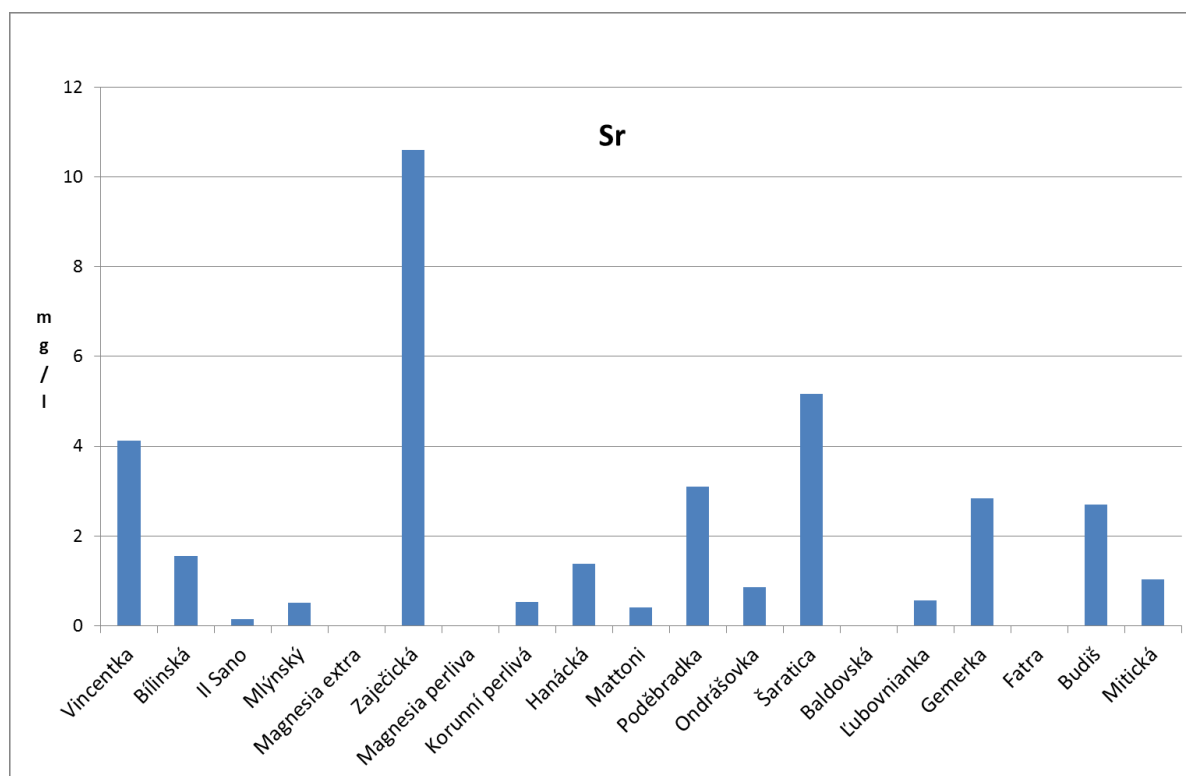
Běžné izotopy stroncia se v živých organizmech chovají podobně jako atomy vápníku a jsou naprosto neškodné. Zdravotní rizika, která kolují v laické veřejnosti jsou spojena s

radioaktivním izotopem ^{90}Sr , který vzniká při radioaktivním rozpadu uranu, tedy při výbuchu atomové bomby i v jaderných reaktorech. V běžných minerálních vodách se proto nemůže vyskytovat.

Jak vyplývá z následujícího obrázku, stroncium se poměrně velmi běžný kov, který se vyskytuje v koncentracích řádově v prvních mg/l u většiny minerálních vod. Nejvyšší obsah stroncia byl zaregistrován u Zaječické minerální vody, kde přesahuje 10 mg/l. Zajímavým poznatkem je rovněž fakt, že v případě Korunní byly koncentrace stroncia na vývěru 3x vyšší než jsou analyzováno v současné době v balené vodě. U minerální vody Il Sano byla na vývěru zaznamenána koncentrace tohoto kovu rovněž zhruba 2,5 vyšší.

V Čechách se stroncium neobjevuje pouze u Magnesia (ovšem v historické analýze z roku 1968 měla na vývěru i Magnesia obsah tohoto kovu na úrovni 0,11 mg/l) a na Slovensku u minerálních vod Fatra a Baldovská.

Obrázek 8 Obsahy stroncia ve sledovaných minerálních vodách



Kadmium

V zemské kůře je kadmium vzácným prvkem. Průměrný obsah činí kolem 0,1–0,5 mg/kg. V přírodě se kadmium vyskytuje jako příměs rud zinku a někdy i olova, z nichž se také společně získává.

Kadmium patří mezi prvky, jejichž vliv na zdravotní stav lidského organismu je jednoznačně negativní. Významným rizikovým faktorem u kadmia je skutečnost, že se jedná o mimořádně kumulativní jed. Přijaté kadmium se z organismu vylučuje jen velmi pozvolna a obtížně, jeho většina se přitom koncentruje především v ledvinách a v menší míře i v játrech. Bylo prokázáno, že kadmium může v ledvinách setrvat až desítky let. Hlavními zdravotními projevy dlouhodobé otravy kadmiumem jsou kromě poškození ledvin a jater také osteoporóza a anémie, zvyšuje se i riziko srdečních a cévních onemocnění. Vyšší obsah kadmia totiž působí na metabolismus vápníku a způsobuje jeho zvýšené vylučování z organismu s následkem zeslabení kostní hmoty.

Kadmium se nevyskytuje v žádném vzorku sledovaných minerálních vod. V historických analýzách se kadmium na vývěru v přirozeném stavu objevilo pouze v jediném případě a to v roce 1975 v Ondrášovce. Analyzovaný obsah byl však tehdy mimořádně nízký, jen 2 µg/l (Květ, Kačura 1978).

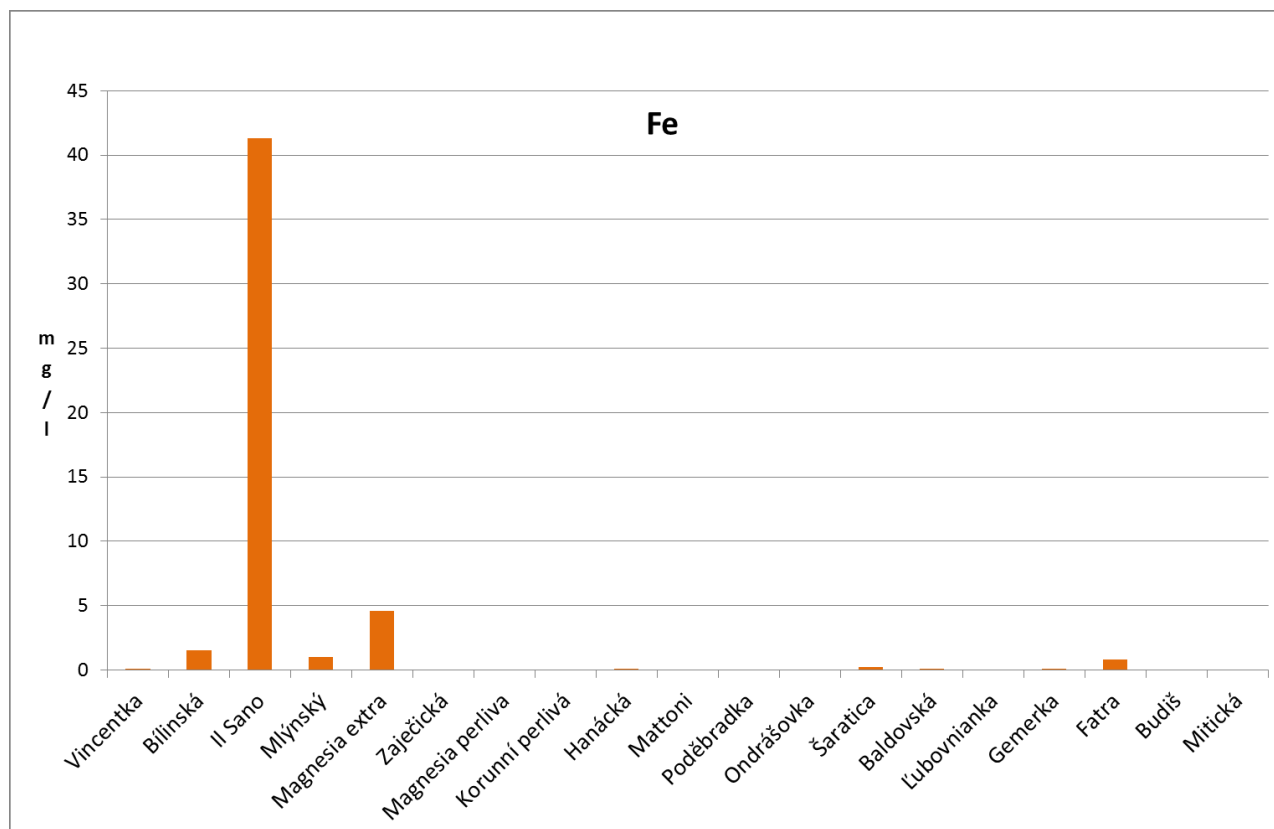
Železo

Železo je nejrozšířenější přechodný kovový prvek a druhý nejrozšířenější kov na Zemi. V zemské kůře činí průměrný obsah železa 4,7 – 6,2 % (62 000 ppm), čímž se řadí na 4. místo podle výskytu prvků. V přírodě se železo vyskytuje ve formě sloučenin v mnoha rudách, které mohou být průmyslově využity k jeho výrobě. Nejvíce se vyskytuje ve formě oxidů a uhličitanů. Z nejznámějších lze jmenovat například hematit (krevel) Fe_2O_3 , magnetit Fe_3O_4 , limonit $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$, ilmenit FeTiO_3 nebo siderit FeCO_3 . Známý je i sulfidický pyrit FeS_2 . Co do obsahu železa, je z těchto rud nejhodnotnější magnetit, který obsahuje téměř tři čtvrtiny hmotnosti železa, ale nejhojněji se vyskytující rudou je hematit.

Železo patří mezi tzv. mikrobiogenní prvky, které tvoří obvykle méně než 0,005% hmotnosti. V lidském těle se nachází asi 3–4 gramy železa. Anémie z nedostatku železa patří mezi nejčastější nutriční deficienci na světě. V rozvojových zemích se vyskytuje u 30–40 % populace, zatímco v obecné populaci je to něco okolo 1–3 %. Ztráty železa jsou asi 0,5–1 mg za den, u žen větší ztráty 1,5–2 mg mají příčinu v menstruaci. Podíl vstřebaného železa je pouze 3–6%. Doporučená denní dávka je 20 mg. Minimální denní příjem železa nezbytný pro červenou krevtvorbu je 10–15 mg. Hlavním zdrojem železa v potravě je maso, především vnitřnosti jako játra, srdce a slezina. Příjem železa v iontové formě (Fe^{2+} a Fe^{3+}) není pokládán za optimální, především ion Fe^{3+} je značně rizikový. Celkový maximální obsah v pitné vodě je normativně omezen na maximálně 0,2 ppm (mg/l).

Obsahy železa ve sledovaných minerálních vodách jsou zobrazené na následujícím obrázku. Pouze minerální voda Il Sano obsahuje přes 40 mg/l železa, ostatní vody ho nemají buď vůbec, nebo jen ve velmi nízkých obsazích. Tato čísla ale nemusí vždy charakterizovat přírodní stav, protože obsahy železa jsou často technologicky snižovány. Typickou ukázkou je minerální voda Baldovská. Pramen Deák má v přírodním stavu 8,8 mg/l železa, v lahvi má Baldovská minerální voda již jen stopové obsahy železa. Podobná situace je i v případě Dobré vody, která ale v této studii není hodnocená.

Obrázek 9 Obsahy železa ve sledovaných minerálních vodách



Mangan

Mangan je prvkem s poměrně značným zastoupením na Zemi. V zemské kůře činí průměrný obsah manganu kolem 0,9–1 g/kg, což odpovídá 1000 ppm a ve výskytu na Zemi se řadí na dvanácté místo. Mangan je po železe a titanu třetí nejrozšířenější kov na Zemi. V přírodě se mangan vyskytuje prakticky vždy současně s rudami železa. Hlavním minerálem manganu je pyroluzit (burel) MnO_2 , další významnější nerosty jsou hausmannit Mn_3O_4 , braunit Mn_2O_3 , manganit $\text{MnO}(\text{OH})$ a rhodochrozit neboli dialogit MnCO_3 . V České republice se rudy manganu vyskytují v Krušných horách.

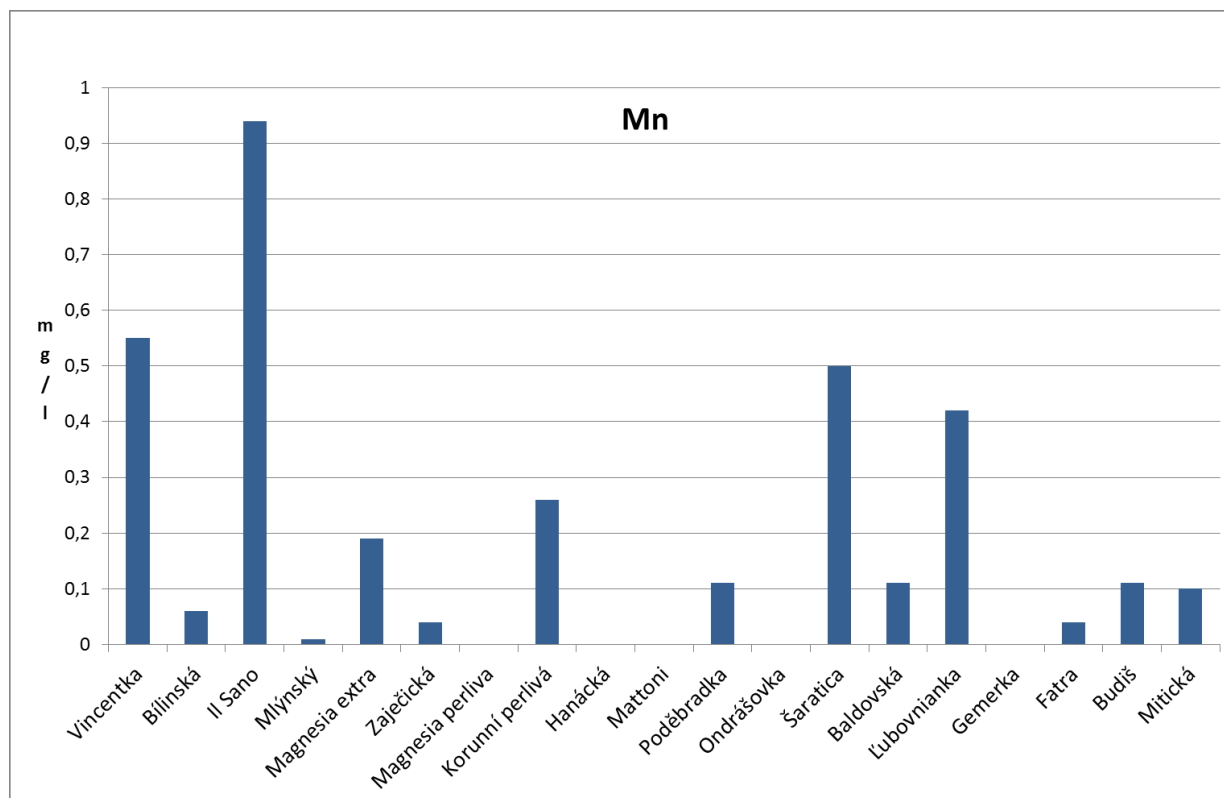
Přítomnost malých množství manganu v organismu a jeho pravidelný přísun v potravě je nezbytný pro jeho správnou funkci. Dlouhodobý nedostatek manganu v potravě vede především k problémům v cévním systému, protože dochází k nežádoucím změnám v metabolismu cholesterolu a jeho zvýšenému ukládání na cévní stěnu. Tento jev v dlouhodobém měřítku značně zvyšuje riziko vzniku kardiovaskulárních chorob.

Mangan je důležitý i pro správný metabolismus cukrů a jeho nedostatek může vést k nebezpečí onemocnění cukrovkou. Doporučená denní dávka v potravě se pohybuje mezi 2–3 mg Mn denně. Naopak přebytek manganu v potravě působí negativně především na nervovou soustavu a působí potíže podobné projevům Parkinsonovy nemoci.

Podle výsledků na následujícím obrázku je mangan běžně přítomný téměř ve všech sledovaných minerálních vodách. Výjimku, s absencí manganu, představuje Hanácká, Mattoni, Ondrášovka a na Slovensku Gemerka. Obsahy manganu se v minerálních vodách pohybují

většinou do 1 mg/l. Zvýšené koncentrace tohoto kovu vykazují Vincentka, Šaratica a Lubovianka. Maximum s hodnotou blížící se 1 mg/l manganu dosahuje Il Sano.

Obrázek 10 Obsahy manganu ve sledovaných minerálních vodách



Lithium

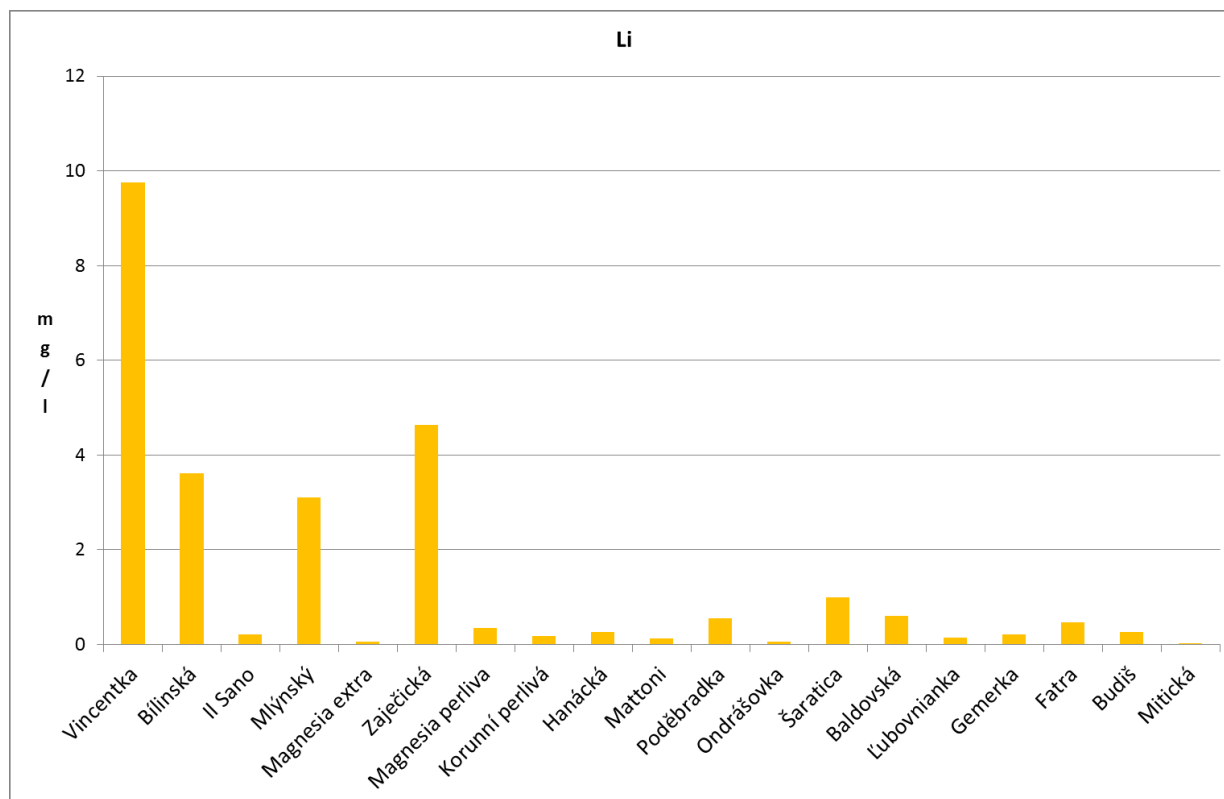
Lithium se výrazně liší svými vlastnostmi od vlastností ostatních alkalických kovů, ale v mnohém se podobá vlastnostem kovů alkalických zemin. Rychle reaguje s kyslíkem i vodou a v přírodě se s ním proto setkáváme pouze ve formě sloučenin. V zemské kůře je lithium poměrně vzácné je obsaženo v množství 20–60 mg/kg. Kvůli velké elektropozitivitě se Lithium vyskytuje jen ve sloučeninách jako příměs různých hornin (rudy lithia obsahují okolo 1–6 % lithia). Nejznámější minerály obsahující lithium jsou aluminosilikáty lepidolit $\text{KLi}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_6(\text{OH}, \text{F})_4] (\text{OH}, \text{F})_2$, spodumen $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, trifylin $\text{LiFe}[\text{PO}_4]$, petalit $(\text{Li}, \text{Na})\text{AlSi}_4\text{O}_{10}$, amblygonit: $(\text{Li}, \text{Na})\text{Al}(\text{PO}_4)(\text{F}, \text{OH})$ a cinvaldit: $\text{KLiFeAl}[(\text{F}, \text{OH})_2 \text{AlSi}_3\text{O}_{10}] \cdot n$.

Česká republika se řadí mezi oblasti s potenciálně velkými zásobami tohoto kovu, především v Krušných horách.

Lithium je přítomné v tělech rostlin, živočichů a dalších organismů jen ve stopovém množství a pravděpodobně tam chemicky vystupuje podobně, jako jiné alkalické kovy přítomné v těle. V lidské krvi je přítomno lithium v koncentraci pouhých cca 70 nmol/litr. Koncentrace lithia, které se používají k léčbě maniodepresivity, jsou o 3-4 řády vyšší, než je jeho přirozená koncentrace v krvi, nicméně existuje řada studií prokazující snížení agresivity populace a nižším množstvím sebevražd v regionech se zvýšeným obsahem tohoto kovu v pitných vodách.

Jak vyplývá z následujícího obrázku, lithium je v minerálních vodách zcela běžným kovem, který nalezneme s výjimkou minerální vody Mitická ve všech sledovaných vodách. V naprosté většině případů se však jedná o velmi nízké koncentrace nepřesahující 1 mg/l. Výjimkou představují pouze minerální vody Zaječická s obsahem lithia přes 4 mg/l a Vincentka s koncentrací dokonce blíží se 10 mg/l.

Obrázek 11 Obsahy lithia ve sledovaných minerálních vodách



Selen

Selen je poměrně vzácný prvek, polokov ze skupiny chalkogenů, významný svými fotoelektrickými vlastnostmi. Elementární selen se vyskytuje v několika krystalických formách a je prakticky nerozpustný ve vodě. Selen obvykle doprovází síru a tellur v jejich rudách. Je proto také obvykle získáván z odpadů po spalování síry při výrobě kyseliny sírové nebo ze zbytků po elektrolytické výrobě mědi ze sulfidických rud. Relativní zastoupení selenu v zemské kůře i ve vesmíru je velmi nízké. V zemské kůře je selen přítomen v koncentraci 0,005–0,09 ppm (mg/kg).

Přestože většina sloučenin selenu je značně toxická, v posledních letech je intenzivně zkoumán vliv nedostatku selenu v každodenním potravinovém příjmu. Bylo zjištěno, že pravidelný snížený příjem selenu v potravě nepříznivě ovlivňuje především kardiovaskulární systém a zvyšuje riziko infarktu myokardu a cévních onemocnění. Nedostatek selenu v potravě těhotných žen může nepříznivě působit na vývoj plodu. Dlouho se předpokládalo, že selen funguje v organismu jako antioxidant, který likviduje volné radikály, a tím snižuje riziko vzniku rakovinného bujení. Podávaný dohromady s multivitaminovými preparáty však selen ve skutečnosti zvyšuje riziko rakoviny prostaty.
















Za optimální dávku se v současné době pokládá kolem 60–200 mikrogramů selenu denně. Naopak dávky nad 900 mikrogramů denně jsou již toxické, způsobují poruchy trávení, vypadávání vlasů, změny nehtů a deprese.

Selen se neobjevil v žádné z analýz u sledovaných minerálních vod. Nicméně v roce 1975 byl analyzován obsah 10 µg/l selenu v přírodním stavu u Hanácké kyselky a v Dolním Kramolíně 13 µg/selenu (Květ, Kačura 1978).

ZÁVĚR

Z uvedeného přehledu vyplývá, že posuzovanou skupinu kovů můžeme rozdělit z hlediska dopadu na zdraví do několika skupin. Jejich dopad sumarizuje následující tabulka. Přítomnost většiny kovů je pro zdraví prospěšná. Jedná se o měď, zinek, kobalt, arsen, molybden, železo, mangan, selen, lithium a specifická forma chromu. Zvýšené obsahy i těchto pro zdraví prospěšných kovů však naopak mohou škodit. To je případ mědi, kobaltu, arsenu a manganu. Na druhé straně případ absence mědi, zinku, molybdenu a železa může být pro lidské zdraví mít negativní dopad. Cín, stroncium a vanad jsou kovy, které se zdají být k lidskému zdraví nejspíš indiferentní, neškodí, ale neznáme ani žádný jejich pozitivní dopad. Pouze tři kovy mají zcela jednoznačně za všech okolností negativní dopad na lidské zdraví, jedná o toxické kovy nikl, kadmium a beryllium.

Tabulka 2 Přehled dopadu posuzovaných kovů na lidské zdraví

	Nadbytek	Přítomnost	Absence
Cu			
Zn			
Ni			
Sr	Žádný vliv		
As			
Be			
Mo			
Li			
Fe			
Mn			
Se			
Co			
V	Žádný vliv		
Cd			
Sn	Žádný vliv		
Cr		 *  +	

*pouze Cr³⁺ + negativní dopad Cr⁶⁺

Z přehledu obsahu sledovaných kovů v minerálních vodách (Tab. 3) vyplývá poměrně velký rozdíl mezi přítomností kovů analyzovaných ve vodě v lahvích a na vývěrech. Řada kovů v balených vodách chybí, zatímco v původním, přirozeném stavu, v historických analýzách se vyskytovaly. V textu jsou uváděny i rozdíly v koncentracích mezi těmito dvěma skupinami sledovaných vod, které mohou činit až jeden řád. Tyto informace pochopitelně mohou být

zkresleny stářím historických dat nebo změnou jímání. Nicméně v případě, že o některých z kovů by projevila zájem lékařská praxe, jedná se o velmi důležitou informaci.

Tabulka 3 Přehled výskytu sledovaných kovů v posuzovaných minerálních vodách v mg/l (žlutě výskytu v balených vodách, zeleně přítomnost na vývěru)

	Cu	Zn	Ni	Sr	As	Be	Mo	Li	Fe	Mn	Se	Co	V	Cd	Sn	Cr
Vincentka	0,02	0,06	0,008	4,12	0	0	0	9,76	0,03	0,55	0	0	0	0	0	0
Bílinská	0	0	0	1,56	0,047	0	0	3,62	1,5	0,06	0	0	0	0	0	0
Il Sano	0,02	0,017	0,0056	0,14	0,0014	0	0	0,21	41,3	0,94	0	0,00298	0	0	0	0
Mlýnský	0,01	0,058	0	0,51	0,02	0,012	0	3,1	1	0,01	0	0	0,00051	0	0	0
Magnesia extra	0,004	0,028	0,385	0,113	0,21	0	0	0,064	4,6	0,19	0	0	0,0008	0	0	0
Zaječická	0,05	0,06	0,061	10,6	0,0013	0	0	4,63	0	0,04	0	0	0	0	0	0
Magnesia perliva	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0	0	0	0	0	0	0
Korunní perlivá	0,005	0,028	0,006	0,52	0,068	0	0	0,18	0	0,26	0	0,0045	0	0	0	0
Hanácká	0	0,008	0	1,38	0	0	0	0,27	0,01	0	0,01	0,027	0,0005	0	0	0
Mattoni	0,021	0,01	0	0,41	0,003	0	0	0,12	0	0	0	0	0,00021	0	0	0
Poděbradka	0	0	0	3,09	0	0	0	0,56	0	0,11	0	0	0	0	0	0
Ondrášovka	0	0,006	0	0,85	0	0	0	0,063	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Šaratica	0	0,14	0,113	5,16	0,0024	0	0,051	0,99	0,2	0,5	0,002	0	0	0,0001	0	0
Baldovská	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,02	0,11	0	0	0	0	0	0
Lubovníanka	0	0	0	0,57	0	0	0	0,15	0	0,42	0	0	0	0	0	0
Gemerka	0	0	0	2,84	0	0	0	0,21	0,05	0	0	0	0	0	0	0
Fatra	0	0	0	0	0	0	0	0,47	0,83	0,04	0	0	0	0	0	0
Budiš	0	0	0	2,7	0	0	0	0,27	0	0,11	0	0	0	0	0	0
Mitická	0	0	0	1,04	0	0	0	0,03	0	0,1	0	0	0	0	0	0

LITERATURA

- Ashby, M. F., Jones, D. R. H. (1992): Engineering Materials 2.. Oxford : Pergamon Press.
- Bardoděj, Z. (1988): Chemie v hygieně a toxikologii. LFH UK, Praha.
- Bencko, V., Cikrt, M., Lener, J. (1995): Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka, Grada.
- Boden, G, et al.(1996): Effects of vanadyl sulfate on carbohydrate and lipid metabolism in patients with non-insulin dependent diabetes mellitus.. Metabolism. roč. 45, s. 1130–5.
- Cotton, F. A., Wilkinson, J. (1973): Anorganická chemie, souborné zpracování pro pokročilé, ACADEMIA, Praha
- Holzbecher, Z. (1974): Analytická chemie, SNTL, Praha.
- Ganong, W., F. (1999): Přehled lékařské fyziologie, Nakladatelství a vydavatelství H&H, Jinočany.
- Greenwood, N. N. –Earnshaw, A. (1993): Chemie prvků 1. díl, 1. vydání.
- Jetel, J., Rybářová, L. (1978): Minerální vody Východočeského kraje. Ústř. Úst. Geol. Praha.
- Kolářová, M., Myslík, V. (1978): Minerální vody Západočeského kraje. Ústř. Úst. Geol. Praha.
- Květ, R., Kačura, G. (1978): Minerální vody jihomoravského kraje.- Ústř. Úst. Geol. Praha.
- Schwarz, K. (1971): Growth Effects of Vanadium in the Rat. Science. roč. 174, s. 426–428.