

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie
Studijní obor: Hospodaření s přírodními zdroji



Alexandr Sedláček

Problematika lithia ve vodách v České republice

The Problematics of Lithium in Waters of the Czech Republic

Typ závěrečné práce:

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.

Praha, 2019

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Problematika lithia ve vodách v České republice“ vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

V Praze, dne 4.1.2020

.....

Alexandr Sedláček

Poděkování:

Mé poděkování patří doc. RNDr. Zbyňku Hrkalovi, CSc. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

Abstrakt

Cílem mé bakalářské práce bylo na základě české i zahraniční literatury poskytnout přehled o genezi a výskytu lithia v horninovém prostředí v České republice. V práci jsou popsány nejdůležitější lokality s výskytem sloučenin lithia a současný stav těchto ložisek.

V druhé části mé práce jsem sepsal podrobnou rešerši všech dostupných studií zabývajících se problematikou obsahu lithia v pitné vodě a jeho dopadem na zdraví populace.

V závěru práce jsem vytvořil návrh vodohospodářského monitoringu, jehož cílem je získat co přesnější data o obsahu lithia v pitné vodě a o množství, v jakém je přijímán zkoumanými subjekty. Monitoring byl navržen tak, aby výstupní data mohly být porovnány s lékařskými záznamy zkoumaných populací a byla tak stanovena přesná závislost mezi koncentracemi lithia a jeho vlivem na zdraví člověka.

Abstract

The aim of this thesis is to present a survey on the genesis and the occurrence of lithium in rock environment in the Czech Republic on the basis of Czech and foreign literature. The thesis delineates the most important localities with the occurrence of lithium compounds along with the current condition of these deposits.

In the second part of the thesis, I composed similar research of all accessible studies dealing with the problematics of the presence of lithium in drinking water and its impact on the health of the population.

At the end of the thesis, I created a proposal for water management monitoring. Its aim is to obtain the most accurate data of lithium levels in drinking water and of the amount in which it is consumed by the monitored subjects. The monitoring was designed so that the output data could be compared with medical records of the monitored population and the exact relationship between the concentration of lithium and its impact on human health could be determined.

Obsah

1. Cíle práce	6
2. Úvod	7
3. Charakteristika lithia	8
3.1. Fyzikální a chemické vlastnosti Lithia	8
3.2. Zdroje lithia	9
3.2.1. Světové zásoby lithia a jeho těžba	9
3.2.2. Minerály a horniny lithia	10
3.2.3. Využití lithia	12
4. Výskyty a zdroje lithia v České republice	14
4.1. Výskyt lithia v pitných vodách v České republice	16
5. Problematika obsahů lithia v pitných vodách a jejich dopad na lidské zdraví	17
5.1. Obecně známé vlivy lithia na lidské zdraví	17
5.2. Lithium a jeho vliv na lidskou psychiku	18
5.2.1. Sebevraždy	18
5.2.2. Demence	18
6. Kritické zhodnocení dosavadních studií zaměřených na dopad lithia na zdraví člověka.	19
6.1. Studie obsahů lithia v pitné vodě a jeho vliv na sebevraždy obyvatelstva – Ohgami et al. Japonsko 2009	19
6.2. Studie obsahů lithia v pitné vodě a množství sebevražd v oblasti Východní Anglie	20
6.3. Lithium v pitné vodě a jeho vliv na kriminalitu a chování populace – Texas	20
7. Návrh vodohospodářského monitoringu obsahů lithia v pitných vodách v České republice	22
7.1. Fáze výzkumu	22
7.1.1. Fáze první – Monitoring obyvatelstva	22
7.1.2. Fáze druhá – odběr vzorků	23
7.1.3. Fáze třetí – Analýza vzorků a zpracování dat	23
8. Závěr	24
9. Použitá literatura	25
10. Seznam použitých obrázků	28
11. Seznam použitých zkratk a symbolů	29

1. Cíle práce

Cílem práce je na základě české i zahraniční literatury poskytnout přehled o genezi a výskytu lithia v horninovém prostředí v České republice. Práce se bude věnovat i praktickému využití tohoto kovu v průmyslu a jeho dopadu na lidské zdraví. Závěrečnou částí bude návrh vodohospodářského monitoringu, který by v budoucnu mohl pomoci k zodpovězení otázky obsahu lithia v pitných vodách na území České republiky.

2. Úvod

Lithium – prvek, jehož význam v celosvětovém měřítku strmě stoupá. Těžba této komodity taktéž zaznamenává prudký nárůst a s tím stoupá i její cena. Hlavní důvodem nárůstu poptávky po surovém lithiu, je především jeho využití při výrobě nano baterií, které mají v budoucnu vyřešit problematiku závislosti lidstva na fosilních palivech, které jsou v současnosti primárním zdrojem energie. Zvýšená těžba tohoto prvku s sebou ale pravděpodobně přinese i dopady v podobě vyšší produkce odpadu obsahující lithium. Na základě těchto předpokladů je potřeba začít hlouběji zkoumat vlivy lithia na lidské zdraví. Tato práce má za cíl shrnout nejen genezi a výskyt lithia jak v České republice tak i ve světě, ale má být též rešerší dosavadních výsledků celosvětových studií vlivu lithia na lidské zdraví v pitné vodě. V závěru práce se nachází hrubý návrh monitoringu obsahů lithia v pitné vodě a jeho zpracování pro medicínskou studii, která by měla posléze jasně prokázat, zda existuje spojitost mezi zvýšenými obsahy lithia a jeho pozitivním či negativním vlivem na lidské zdraví.

3. Charakteristika lithia

3.1. Fyzikální a chemické vlastnosti Lithia

Lithium bylo objeveno švédským vědcem Johanem A. Arfvedsonem v roce 1817 – první kontakt s tímto prvkem se mu naskytl při zkoumání minerálu petalitu $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$. Později pak ve spodumenu $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ a lepidotitu $\text{KLi}_2\text{Al}[(\text{OH}, \text{F})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}]$. Lithium při hoření zabarvuje plamen do červena, což jako první pozoroval C. G. Gmelin (německý mineralog a profesor chemie na Univerzitě Tübingen v Německu) v roce 1818 (Kopp 1879). Na přelomu roku 1821, anglický chemik W. T. Brande izoloval jako první kovové lithium pomocí elektrolýzy.

Lithium je třetím prvkem periodické tabulky a řadí se do skupiny alkalických kovů. Jedná se o velmi měkký kov, který by se dal zařadit ve stupnici tvrdosti pod mastek. Lithium je tak měkké, že se dá krájet obyčejným nožem. V řezu je stříbrnobílý a lesklý, jeho páry mají hnědou barvu. S hustotou $534 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ je lithium nejlehčí kov na Zemi a plave na vodě i v petroleji. Dobře vede teplo i elektrický proud. Svůj název dostal z řeckého slova lithos, což v překladu znamená – kámen (Greenwood a Earnshaw 1993).

Podobně jako ostatní členy skupiny alkalických kovů je i lithium vysoce reaktivní prvek. Na vzduchu vykazuje velkou nestálost a rychle se pokrývá vrstvou hydroxidu lithného, posléze pak uhličitanu lithného. Přírodní lithium obsahuje přibližně 7,5 % izotopu ^6Li a 92,5 % izotopu ^7Li , tento poměr však není stálý a je závislý na geologických poměrech původního zdroje. Obsah lithia v zemské kůře činí 65 ppm. Na zemi ho nenajdeme v čisté formě, a tak ho nacházíme pouze v sloučeninách. Prvním zdrojem jsou minerály a druhým roztoky solných jezer (Greenwood a Earnshaw 1993).

Lithium se dobře rozpouští především v roztocích některých organických látek, jako je ethylamin. Není naopak rozpustné v uhlovodících. Rozpustnost lithných solí ve vodě je nejnižší ze všech alkalických kovů, s výjimkou chlorečnanu lithného LiClO_3 , který je naopak ve vodě velice dobře rozpustný. Mezi velmi špatně rozpustné soli lithia patří fluorid lithný LiF (Greenwood a Earnshaw 1993).

3.2. Zdroje lithia

3.2.1. Světové zásoby lithia a jeho těžba

Světové zásoby lithia jsou uváděny ve výši 14,8 mil. tun, z nichž více než 75 % leží na území jihoamerických států. Světové identifikované zdroje tentýž pramen (US Geological Survey 2019) uvádí na více než 35 mil. tun, z nichž 2,5 mil tun připadá na USA. Světové zásoby lithia uvádějí potvrzené a aktuálně těžené zdroje, zatímco světové identifikované zdroje kalkulují s hodnotami vypočítanými na základě geologického průzkumu. Z ostatních zemí má Bolívie 9 mil. tun, Chile 4,5 mil. tun, Argentina 14,8 mil. tun a Čína 4,5 mil. tun. Většina dnešní světové produkce tohoto alkalického kovu pochází z nalezišť v Austrálii, Číně, Argentiny, Chile a Bolívie (US Geological Survey 2019).

V Severní Americe je v současnosti jediným větším nalezištěm Nevada. Zde se lithium získává z fosilních solanek, což je dnes cenově nejdostupnější známý zdroj kovu.

Kovové lithium lze průmyslově nejsnáze připravit elektrolýzou roztaveného chloridu lithného, protože je čistý chlorid nejlépe získatelný a má relativně nízkou teplotu tání. K přípravě lithia je možno použít i snadněji tavitelnou směs chloridu lithného (LiCl) a chloridu draselného (KCl).

Při získávání lithia ze spodumenu ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$), se ruda zahřívá na 1100 °C, aby došlo ke změně modifikace, která má menší hustotu. Ta se promývá kyselinou sírovou (H_2SO_4) při 250 °C a z výluhu se získává síran lithný (Li_2SO_4). Ten reaguje s uhličitanem sodným (Na_2CO_3) a kyselinou chlorovodíkovou (HCl) za vzniku nerozpustného uhličitanu lithného (Li_2CO_3) a rozpustného chloridu lithného. Uhličitan lithný (LiCl) se kompletně převede na chlorid.

3.2.2. Minerály a horniny lithia

Z důvodu velké elektropozitivity se lithium nachází pouze ve sloučeninách jako příměs různých druhů hornin. Rudy lithia pak obsahují okolo 1- 6 % lithia. Celkem je známo asi 130 lithných minerálů. Nepatrná část tohoto množství tvoří ložiskové akumulace. V ekonomicky využitelných množstvích, se vyskytuje lithium ve třech paragenezích.

Nejperspektivnější z nich jsou uloženiny slaných jezer v jižní Americe – Salar de Atacama, Salar de Uyuni a Salar de Hombre Muerto. Jde o vyschlá pleistocenní jezera jen občasně zaplavovaná. V těchto pánvích (salarech) jsou pod silnou vrstvou halitu (NaCl) a sádrovce ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) solanky obsahující lithné soli obsahující lithium.

Asi nejznámější je lokalita Salar de Atacama v Chile ukázaná na Obr. 1. Zde se využitelná solanka podle seismických zkoušek nachází ve svrchních 40 metrech solného dna, přičemž celková mocnost jezera se odhaduje na 550–900 metrů. Krom lithných minerálů obsahuje také vysoký podíl dalších využitelných minerálů, jako například draslík, bór nebo hořčík. Lokalita Salar de Atacama se rozprostírá na ploše 3500 km^2 , ale solné jezero zabírá jen necelých 1400 km^2 , koncentrace lithné soli se pohybuje mezi 1000–7000 ppm. Lithiu se zde těží v hloubkách okolo 30 m. Solanka se pumpuje na povrch, která pak dále putuje do odpařovacích jezírek, které zaujímají plochu přibližně 1 700 hektarů. Jezero Atacama je nejsušším místem na planetě s průměrnými ročními srážkami okolo 15 milimetrů, čímž dochází k velice účinnému odpařování. Následně je chlorid lithný LiCl zpracováván a ve formě uhličitanu lithného Li_2CO_3 , nebo hydroxidu lithného LiOH , a exportován k dalšímu zpracování.

Salar de Uyuni má rozlohu 10 000 km² a jedná se o největší solnou pláň na světě. Koncentrace lithia se zde značně liší. Nejvyšších koncentrací dosahuje na rozloze přibližně 280 km² a to okolo 1000 ppm. V malých enklávách (cca. 50 km²) se hodnoty mohou vyšplhat i na 4500 ppm, ale průměrná hodnota koncentrace lithia je přibližně 600 ppm. Celkové zásoby se odhadují na 5,5 mil. tun lithia, čili 40% veškerých světových zásob.

Salar de Hombre Muerto bylo těženo od roku 1997. Způsob získávání je od ostatních dvou solanek rozdílný, protože zde se lithium získává metodou absorpce lithia na aluminium. Poté je za pomoci čisté vody z aluminu izolováno a dále zpracováváno. Průměrná koncentrace je zde 650 ppm a maximální hodnoty jsou okolo 1000 ppm. Ročně se zde vytěží 20 000 tun uhličita lithného (Li₂CO₃), což se má během následujících let až zdvojnásobit.



Obr. 1 : Salar de Ataca, Chile (NASA, 2019)

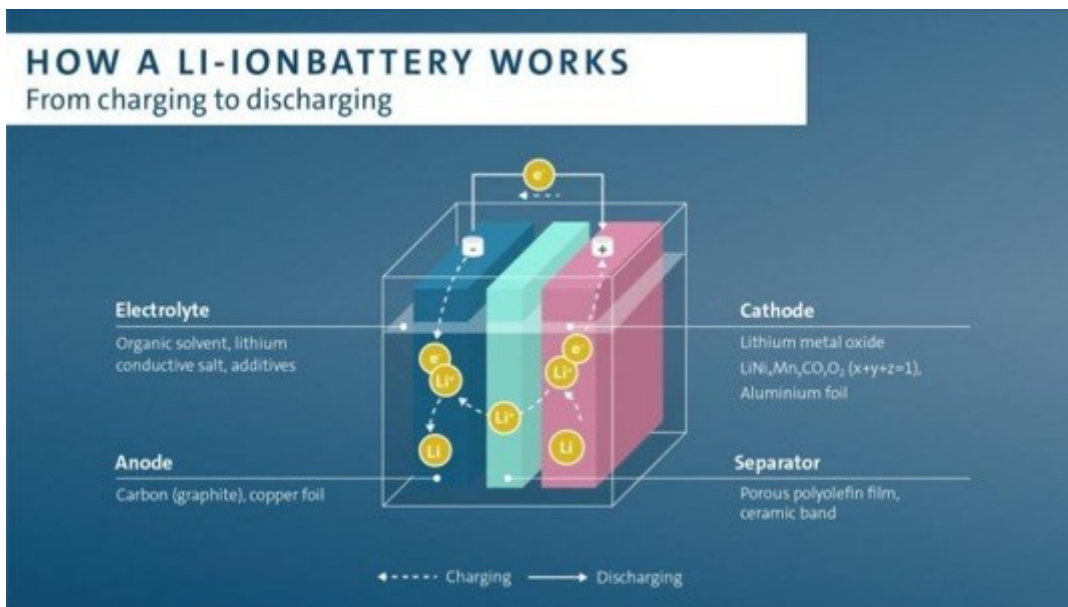
Výhodou této suroviny je snadná upravitelnost, nevýhodou pak pozice v odlehlých pouštních oblastech. Salar de Uyuni navíc leží ve výšce 3650 m.n.m. a těžba zde má zcela zásadní problémy spojené s ekologickým dopadem a nedostatečnou infrastrukturou. V těchto jezerech je např.: v Bolívii uloženo asi 50 % všech světových zásob lithia (Tahil 2007).

Druhým typem ložiska vhodným pro těžbu lithia jsou pegmatity, dnes například ložisko Greenbushes v Austrálii. V dobách minulých, kdy bylo použití lithia velmi omezené, hlavně na speciální skla a keramiku, byl tento typ ložisek hojně využíván. Hlavními užitkovými minerály byly spodumen ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$), lepidolit (KLi_2Al), petalit ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$) a amblygonit (LiAlPO_4). Lithium je z těchto hornin často těženo společně s tantalem např.: Zimbabwe či Austrálii. Nevýhodou těchto ložisek je jejich poměrně malý rozsah a často nutnost hlubinného dobývání. Tyto partie však často obsahují velmi vysoký podíl lithného minerálu (Tahil 2007).

Posledním druhem ložisek, jsou pneumatolytická ložiska ve vrcholových částech žulových kopulí tzv. graisenech. Jde o cíno-wolframové zrudnění s příměsí lithné slídy cinvalditu. Výhodou těchto ložisek jsou velké kubatury rudy, nevýhodou poměrně nízké obsahy lithia a obtížná upravitelnost cinvalditu. Poslední dva zmíněné typy ložisek mohou do sebe přecházet (Tahil 2007).

3.2.3. Využití lithia

Největší využití má lithium především při výrobě článků do baterií. Zejména v posledních letech se stále více upouští od klasických niklových baterií a pozornost výrobců směřuje k lithiovým bateriím. V současné době se nejvíce využívají baterie typu Li-Ion popsány na Obr. 2 (lithium-iontový akumulátor) a Li-pol (lithium-polymerový akumulátor). Hlavní výhodou lithiových baterií je především jejich vysoká životnost, rychlé nabíjení a nízká hmotnost. Lithiové akumulátory se využívají například v elektromobilech a automobilech s hybridními motory, v tabletech, telefonech a další moderní elektronice (Novák 2016).



Obr. 2: Fungování Li-Ion baterie (Volkswagen.cz)

Další velké využití lithia je v jaderné energetice, kde se v jistých typech reaktorů slouží roztavené lithium k odvodu tepla z reaktoru. Využívá se také jako absorbátor oxidu uhličitého (CO_2) vydýchaného vzduchu v ponorkách, letadel nebo kosmických lodích (Starý 2016).

V medicíně se organické soli lithia používají jako léky na uklidnění, které tlumí afekt (Augustin 2005). Lithium je používáno do klimatizací a chlazení jako vodní roztok alkalických halogenidů a to především pro svoji vysokou afinitu k vodě, která způsobuje dehydrataci vody ze vzduchu (Conde 2004).

Díky své tepelné odolnosti se v dnešní době lithiu v podobě sterátu lithného a hydrosterátu lithného používá jako příměs některý olejů. Takto vylepšené oleje pak lépe odolávají mechanickým stresům, změně viskozity, teplotám a tlaku. Vzhledem k množství využití lithia jeho poptávka ve světě strmě stoupá (Delgado et al. 2006).

4. Výskyty a zdroje lithia v České republice

Česká republika má významné zásoby lithia. Ve státní surovinové bilanci jsou evidované revíry: Cínovec, Krásno-Horní Slavkov a Verněřov u Aše. V prvních dvou případech jde o graisenové zrudnění, zatímco malé ložisko Verněřov u Aše je pegmatit s obsahem kasiteritu a staninu. Lithným minerálem je zde amblygonit. Na těchto ložiskách se těžil cín již od středověku. V letech první světové války italští zajatci vybírali ze starých hald wolframit. Lithná slída, jako ruda, se u nás nikdy netěžila. Rudou nejsou jen rostlé rudy, ale i materiál uložený v haldách a odkalištích. (Lázňovský 2017)

Kromě lithia obsahují také rubidium a cesium. Naše lithné pegmatity mají jen malý rozsah, proto nejsou využitelné pro ekonomickou těžbu. Za německé okupace v době druhé světové války se těžil jako ruda lithia lepidolit v Rožné pod Perštejnem s kovnatostí až 3,3 % Li. Zajímavou kuriozitou jsou obsahy lithia v důlních vodách černouhelného ložiska Slaný. Hloubení šachty do tohoto ložiska, byla po roce 1989 zastavena, z důvodu značných komplikací s úložnými poměry a ložisko zůstává nevyužité. Známa je také povrchová žíla lithného pegmatitu o mocnosti až 13 metrů u Nové Vsi u Křemže (Nerostné suroviny 2018) Dalším významným pegmatitovým ložiskem je Puklice u Jihlavy – lepidolitový pegmatit jihlavského pegmatitového roje (Novák 2005).

Abnormálně vysoký obsah lithia ve formě bromidu lithného je v solance dobývacího prostoru černouhelného dolu Slaný. Obsah lithia v tomto ložisku je vyčíslen na 15 000 tun kovu, v dole se dále nalézá 123 000 tun bromu a nejméně 18 mil. tun chloridu sodného. V České republice je možno celou oblast Krušných hor považovat za lithiovou provincii. Jenom v prostoru Cínovce a okolí bylo identifikováno téměř 300 mil. tun rud se zvýšenými obsahy lithia (Nerostné suroviny 2018).

Nejvýznamnější lokalitou lithia v ČR je Cínovec znázorněný na Obr. 3. Cínovec je osada v horách v Ústeckém kraji v nadmořské výšce 835 m.n.m. u hranic s Německem. První písemná zmínka pochází z roku 1378, kde se píše o založení města horníky, hledajících v zdejších horách cín. Rozvoj těžby nastává v 15. stol. a je přerušena pouze třicetiletou válkou. Na Cínovci se těžilo až do konce 20. století (Cínovec, Dubí, 2017).

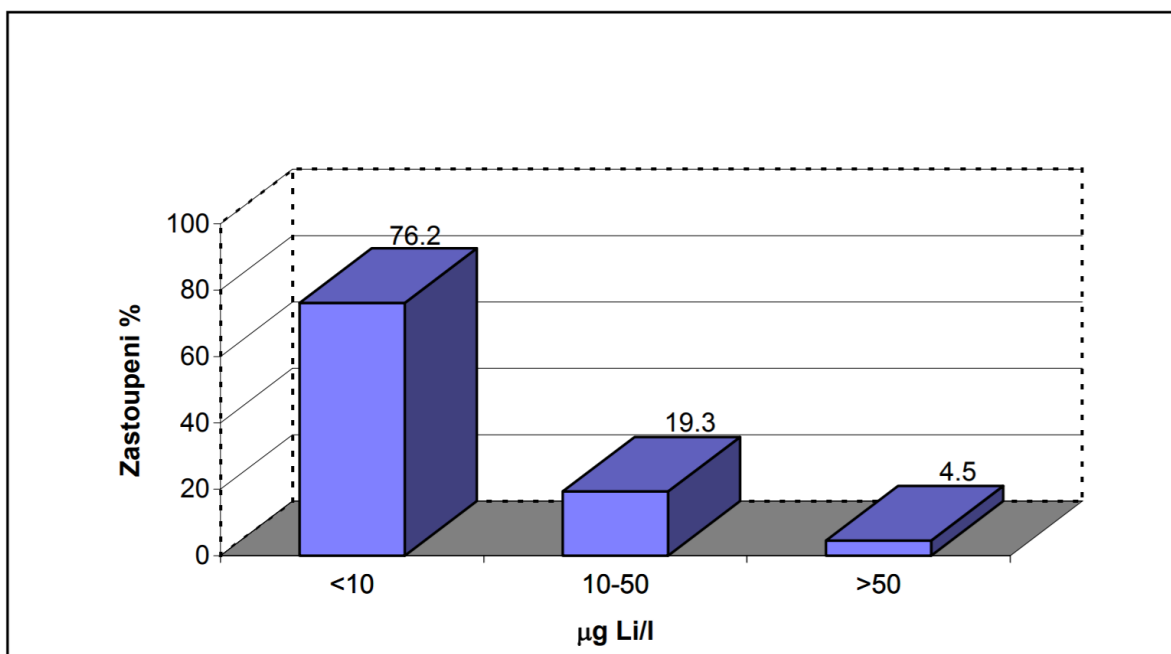
Lokalita Cínovec se skládá ze dvou částí: žilné a rozptýlené mineralizace. Lithium se zde vyskytuje ve specifické podobě v cinvalditu, minerálu ze skupiny slíd s vyšším obsahem lithia, což je ve světovém měřítku unikát, jelikož nikde jinde se na Zemi v tomto složení nenachází. Žilná část ložiska se v 19. století těžila hlavně štolami, později ale byly vyhloubené jámy Cínovec, Veverčí, Hlušinová a Petri. Původní jáma Cínovec byla rekonstruována v době 1. světové války a veškeré zásoby byly dotěženy v roce 1978. Žilná část ložiska v hloubce navazuje na ložisko impregnačního typu nazývané Cínovec II. Průzkum v této nové části byl zahájen v roce 1953 a jeho druhá fáze byla ukončena v roce 1962, čím byla odvrtna téměř celá plocha žulového tělesa. Tento průzkum byl původně zaměřen na vyhledávání lithia, přičemž cín a wolfram byly považovány za doprovodné složky. Průzkum ovšem proti původnímu očekávání ukázal výrazné zrudnění i cínu a wolframu evropského významu. Hloubení průzkumné jámy bylo zahájeno v roce 1961 a báňský průzkum byl prováděn na dvou patrech od roku 1966. Tato část ložiska nazývaná Cínovec II., byla těžena od roku 1980 do roku 1990. Poté byl důl Cínovec II. zatopen až na úroveň nejvyššího patra. Rovněž byla provedena likvidace dolu a po terénních úpravách je místo dolu sotva znatelné. Důl Cínovec I. je zatopen až do úrovně třetího patra, odkud důlní voda odtéká systémem chodeb do důlního systému na německé straně Krušných hor. Z dolu Cínovec I. zbylo je torzo (Nerostné suroviny 2018).



Obr. 3: Cínovec na mapě ČR

4.1. Výskyt lithia v pitných vodách v České republice

Lithium se v pitných vodách České republiky vyskytuje v koncentracích okolo 13,4 $\mu\text{g/l}$. Na Obr. 4 se nachází graf rozdělení koncentrací lithia v pitné vodě z roku 1996 (Kratzer et al. 1996).



Obr. 4: Zastoupení lithia v podzemních vodách v ČR (Kratzer et al. 1996)

Vyšší koncentrace nacházíme pouze v minerálních vodách. U pramenu Glauber II ve Františkových Lázních bylo naměřeno 13 mg/l a Vřídlo v Karlových Varech 2,95 mg/l . Zcela nejvyšší přirozenou koncentraci lithia pak nacházíme v některých minerálních vodách jihomoravského kraje. Nezdárnějším příkladem je minerální voda Vincentka, která obsahuje 27,5 mg/l a voda z pramene Elektra až 52 mg/l . Vyšší koncentrace lithia jsou spojené i s vyšším obsahem sodíků ve vodě (Pitter 2009).

5. Problematika obsahů lithia v pitných vodách a jejich dopad na lidské zdraví

Lithium doposud není definován jako esenciální prvek pro člověka. Z toho důvodu neexistuje ani stanovená doporučená denní dávka (Kratzer at al. 1998).

Lithium je v přírodě mobilizováno jako přirozený stopový prvek především pomocí srážek, které dopadají na horninu, rozpouští lithium a poté ho transportují do půdy a vody. Různých geografických oblastech může jeho koncentrace dosáhnout až hodnoty 5,2 µg/l (Kapusta et al. 2011).

5.1. Obecně známé vlivy lithia na lidské zdraví

Lithium se používá v medicíně již přes 50 let. Jeho hlavní léčebnou vlastností je tlumení manické fáze a snižuje frekvenci výskytu a hloubku dalších fází psychických onemocnění. Nejrozšířenější použití má tedy při léčbě drogové závislých. Lithium je monovalentní kationt s antimanickou, antipsychotickou a antidepresivní funkcí. Nadměrné užívání může způsobit lithiovou toxicitu, která se projevuje zvracením, průjmem, polyurií, třesem, přírůstkem hmotnosti atd. Nejzávažnější komplikací, která se může projevit u pacienta léčeného medikamenty na bázi lithia je otrava a následná smrt (Augustin 2005).

Přirozená denní dávka lithia je přibližně 10 mg. Přestože tyto dávky jsou podstatně nižší než v lécích běžně podávaných ke stabilizaci nálady u pacientů s poruchami nálad, není dosud dobře známo, do jaké míry ovlivňuje lithium v pitné vodě duševní zdraví a sebevražednou úmrtnost (Kapusta et al. 2011).

Další nově zkoumanou vlastností lithia je jeho vliv na délku života. Z americké studie, jejíž výsledky v roce 2016 zveřejnil časopis Cell Reports vyplývá, že nízká dávka lithia prodlužuje život nejen kvasinkám, ale i hlístům a ovocným muškám. Účinky lithia jako zdroj dlouhověkosti u člověka zatím nejsou známy (Castillo-Quan et al. 2016).

5.2. Lithium a jeho vliv na lidskou psychiku

5.2.1. Sebevraždy

Univerzita Oita v Japonsku (Ohgami et al. 2009) provedla v letech 2002-2006 studii, ve které pozorovala hladiny lithia v pitné vodě v 18 obcích prefektury Oito. Tato studie měla za cíl zjistit závislost koncentrací lithia ve vodovodním řadu na četnost úmrtí způsobené sebevraždou. Závěr práce naznačuje, že i velmi nízké koncentrace lithia snižují riziko sebevražd. Zajímavostí je, že riziko sebevraždy lithium snižuje i u lidí s poruchami nálad, na které však léky s lithiem užívané na léčbu poruch nálady nezabírají. Tato studie byla však často kritizována pro opomenutí socioekonomických podmínek a dostupnosti zdravotních služeb (Oghami et al. 2009).

Další studie naznačuje, že velmi nízká hladina lithia v pitné vodě mohla snížit riziko sebevražd ve státě Texas (Schrauzer a Shrestha 1990).

Na základě této studie se dokonce uvažovalo o plošném přidávání lithia do vodovodního řadu, jak se to dělávalo do roku 1988 například s fluorem v ČR, pro snížení výskytu zubního kazu v populaci (Schrauzer a Shrestha 1990).

5.2.2. Demence

V nedávno provedené vědecké studii Mcgratha a Berka (2017) autoři odhalily, že existuje spojení mezi obsahem lithia v pitné vodě a výskytem nemocí spojených s demencí v dané oblasti. Tato studie odhalila, že obyvatelé oblastí s vyšším obsahem lithia v pitné vodě výrazně méně trpí na nemoci spojené s demencí. U populací konzumující vodu s obsahem alespoň 10 $\mu\text{g/l}$ bylo ve srovnání s populacemi pijící 2–5 $\mu\text{g/l}$ zaznamenáno 17 % snížení výskytu demence. Nutno ovšem doplnit, že u rozsahů 5,1–10 $\mu\text{g/l}$ bylo naopak zaznamenáno o 22 % zvýšení nárůstu těchto onemocnění (Mcgrath a Berk 2017).

6. Kritické zhodnocení dosavadních studií zaměřených na dopad lithia na zdraví člověka.

6.1. Studie obsahů lithia v pitné vodě a jeho vliv na sebevraždy obyvatelstva – Ohgami et al. Japonsko 2009

Studie provedená Ohgami et al. (2009) zaměřená na přímou spojitost mezi obsahem pitné vody nevzala v potaz demografické a socioekonomické faktory, které mohly výrazně ovlivnit výsledky celé studie. Studie dále nepopisuje, jaký bude mít zvýšený obsah lithia dopad na štítnou žlázu člověka, těhotné ženy a jejich plod. Hlavní problém celé studie tkví v tom, že autor nezahrnul při studii monitoring obsahů lithia v krevním séru před výzkumem, což zcela jistě ovlivnilo konečné výsledky celého výzkumu. V potaz pak vůbec nebyly vzaty rozdíly v jídelníčcích jednotlivých osob, protože například některé druhy koření, mohou obsahovat velké množství lithia, které mohlo následně zvýšit hladinu lithia v těle jedince (Chandra a Babu 2009).

Velký obsah lithia můžeme také hledat například v potravinách jako jsou okurky, zelí, rajčata atd. Dále se lithium v menších koncentracích nachází v ovoci (například v jablkách nebo banánech), cereáliích, těstovinách nebo všech druzích pečiva. Naprosto zásadní obsahy lithia se však nacházejí ve vejcích, mléku (nad $7000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny) a dalších živočišných produktech jako je hovězí maso, vepřové maso, skopové maso v koncentracích nad $3000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ živé váhy (Kvasničková 1998).

Dále nebyl ve studii Ohgami et al. (2009) diferenciován věk zkoumaných osob. Ve studii nejsou popsány důvody rozdílných obsahů lithia. Nebylo popsáno, jak dlouho byly zkoumané subjekty vystaveny konzumaci lithia. Další zásadním faktorem, kterým mohl ovlivnit výsledky je rozdílný příjem pitné vody. Studie opomíjí fakt, že někteří lidé nepijí vodu z kohoutku, ale jsou zásobeni balenou vodou z dovozu (Schrauzer a Shrestha 1990).

6.2. Studie obsahů lithia v pitné vodě a množství sebevražd v oblasti Východní Anglie

Studie Kabacse et al. (2011) na východě Anglie přímo navazuje na studii v Japonsku. Měření bylo prováděno v 47 okrscích východní Anglie. Ze zdravotních klinik a nemocnic, byly v této oblasti získány data o počtu sebevražd z let 2006-2008. Ve všech 47 sedmi okrscích byly odebrány vzorky pitné vody.

V závěru studie autor dodává, že nebyla nalezena korelace mezi hodnotami lithia v pitné vodě a množstvím sebevražd v daných oblastech. Tato studie tudíž nepodporuje teorii studií z Japonska a USA. Důvodem by mohl být fakt, že zatímco ve zkoumaných okrscích v Anglii jsou populace obyvatel poměrně vyrovnané, v prefekturách zkoumaných ve studii Oghami et al. (2009) se počty obyvatel výrazně liší a stejně je tomu i ve studii z USA z roku 1990 (Schrauzer a Shrestha 1990). Další zajímavostí jsou rozdíly v hodnotách koncentrace lithia ve zkoumaných vzorcích. Ve zkoumaných vzorcích ze studie ve východní Anglii bylo naměřeno okolo 1–21 $\mu\text{g/l}$. Ve studiích z USA i Japonska se však rozpětí významně zvyšuje a to na 0-168 $\mu\text{g/l}$.

Posledním problémem studie je opětovné opomenutí socioekonomických rozdílů, studie nebere v potaz rozdílné stravovací návyky zkoumaných subjektů, kde rozdílné přijímání různých druhů surovin mohou významně ovlivnit hodnoty lithia v krvi (Kabacs et al. 2011).

6.3. Lithium v pitné vodě a jeho vliv na kriminalitu a chování populace – Texas

V roce 1990 probíhala ve Spojených Státech desetiletá studie zaměřená na zkoumání obsahů lithia v pitné vodě a jeho vlivem na četnost sebevražd.

Během výzkumu bylo zjištěno, že zvýšené hodnoty lithia snižují ve zkoumaných oblastech četnost krádeží, vloupání, znásilnění, ozbrojených krádeží a dalších kriminálních činů. Dále výsledky naznačují, že existuje vztah mezi hodnotami lithia a množstvím zatčení osob za držení omamných látek jako kokain a opium. Zajímavostí je, že korelace byla nalezena u trestných činů, nikoliv však u drobných přestupků, kde

koncentrace lithia nehrály žádnou roli. Ve zkoumaných oblastech s vyšším obsahem lithia v pitné vodě se u mladých lidí snížila četnost útěků z domu a ubylo držení narkotik.

Podobná studie provedená Dawsonem et al. (1972) v Texasu ukazuje, že v místech vyšších hodnot v koncentrací lithia v pitné vodě, bylo zjištěno úbytek vražd i lidí přijatých v psychiatrických léčebnách. Studie však vycházela z dat nasbíraných za pouhé dva roky, a proto ji nelze považovat za průkaznou (Schrauzer a Shrestha 1990).

7. Návrh vodohospodářského monitoringu obsahu lithia v pitných vodách v České republice

Základem výzkumu by byl plošný monitoring obsahu lithia v pitných vodách na území všech okresů České republiky. Základní jednotkou byl okres zvolen z důvodu, že na jeho plochu se vztahují dlouhodobé lékařské statistické informace. Hydrogeologický monitoring poskytne následně lékařské studii pro dané okresy přehled o převládající hodnotě lithia v pitných vodách, založené na analýzách deseti odběrných míst. Při monitoringu, který by byl prováděn na území České republiky, musí výzkumný tým vycházet z předchozích studií a vzít v potaz všechny faktory, které byly opomenuty v předchozích studiích z celého světa. Zejména je potřeba zohlednit socioekonomické rozdíly, stravovací návyky, výchozí obsahy lithia v krvi zkoumaných subjektů, zdroj přijímané vody (tedy zda jedinci pijí vodu pouze z vodovodního řádu, nebo jestli konzumují i vodu balenou), rodinné poměry a v neposlední řadě musí být zahrnut i věk jedinců.

7.1. Fáze výzkumu

7.1.1. Fáze první – Monitoring obyvatelstva

V této části výzkumu by probíhal masivní sběr dat. U zkoumané populace by bylo nutné ze statistických úřadů zjistit počty obyvatel v jednotlivých okresech, průměrný věk, vzdělání, životní standard, ale také jaké konzumují potraviny a v jakém množství. Velmi důležitým bodem při sběru dat, by bylo zjištění poměru mezi pití vody z lokálních studen, vodovodního řádu a balené vody. Pro tento účel by byl proveden jednoduchý sociologický průzkum, při kterém se nejméně deseti respondentům v místě odběru položí otázka, zdali využívají jako zdroj pitné vody veřejný vodovod, nebo vodu kupují, případně v jakém poměru tyto zdroje míchají.

Balené pitné a balené minerální vody dostupné na trhu obsahují různé koncentrace Li. Zde je potřeba najmout specializovanou firmu, která ve vybraných okresech provede marketingovou studii. Studie poté určí, jaké jsou nejprodávější značky balených pitných a minerálních vod v každém z okresů. U těchto dominantních značek balených vod, bude jednorázově stanovena koncentrace lithia. Díky tomuto kroku, bude možné zpřesnit průměrné dávky lithia, které sledovaný vzorek obyvatelstva v pitné vodě získává. Na území každého okresu, jej bude tvořit průměrný obsah lithia ve směsi, stanovené

proporcionálním poměrem využívané pitné vody z veřejného vodovodu a balených vod na místním trhu. Zcela zásadní pro správnou interpretaci výsledných dat následné medicínské studie bude získání vstupních hodnot koncentrace lithia v krvi zkoumané populace. Zde bude třeba zapojit lékařské instituce a použítá data anonymizovat.

7.1.2. Fáze druhá – odběr vzorků

Odběr vzorků by probíhal současně ve všech okresech ČR, a to dvakrát ročně v jarním a podzimním monitorovacím cyklu po dobu minimálně 3 let. V první řadě by proběhl odběr vzorků z vodních zdrojů, které dodávají vodu do vodáren ve zkoumaných oblastech. Část dat může poskytnout monitorovací síť Českého hydrometeorologického ústavu, která v současné době spravuje přes 201 objektů pramenů, 226 mělkých kvartérních vrtů a 269 hlubokých vrtů. V každém okrese by byly odebrány vzorky z deseti nejvýznamnějších zdrojů pitné vody.

7.1.3. Fáze třetí – Analýza vzorků a zpracování dat

Z dat získaných sběrem a analýzou vzorků, by se vytvořila průměrná koncentrace lithia přijímaného populací pro každý ze všech okresů České republiky. Dále by byly zpracovány výsledky průzkumu složení přijímané potravy a zohledněn průměrný věk obyvatel.

Výsledky by byly porovnány s lékařskými záznamy jednotlivých okresů České republiky. Porovnání dat by posléze ukázalo, zda existuje korelace mezi zvýšenými obsahy lithia v pitné vodě a snížením onemocnění spojených s demencí, depresí, maniací nebo nižším výskytem sebevražd.

8. Závěr

Na počátku bakalářské práce byl stanoven cíl, jímž bylo provést na základě české i zahraniční literatury přehled o genezi a výskytu lithia v horninovém prostředí v České republice. Dle dostupných zdrojů bylo zjištěno, že lithium se u nás vyskytuje převážně v regionu Krušných hor, a to ve formě minerálu cinvalditu (graisenové zrudnění) nebo pegmatitu.

V druhé části práce jsem shrnul dostupné studie na téma: vliv lithia v pitné vodě na lidské zdraví. Ze studií, které byly doposud uveřejněny vyplývá, že existují již poměrně pádné důkazy o pozitivním vlivu lithia na lidské zdraví, při podávání správných dávek tohoto prvku. Studie vyšších koncentrací lithia v pitné vodě poukazují na snížení onemocnění spojených s demencí, depresí, maniací a také jsou zkoumány spojitosti mezi vyššími obsahy Li a mírou sebevražd. Jiné studie dokonce hovoří o pozitivních účincích lithia na životnost buněk, což zatím bylo prokázáno pouze u nižších forem života, např. u octomilek (*Drosophila*).

Všechny studie zkoumající vlivy vyšších koncentrací na lidské zdraví, však narážejí na problémy s opomenutím důležitých faktorů, jako jsou socioekonomické poměry, stravovací návyky, věk obyvatelstva nebo poměr mezi pitím balené vody a vody z vodovodního řadu, či lokálních studen. V návaznosti na tyto poznatky jsem v poslední kapitole své práce vytvořil návrh monitoringu obsahů lithia ve vodách, které jsou v jednotlivých okresech České republiky konzumovány obyvateli. Jak jsem již popsal v kapitole 6, zásadním faktorem navrhované studie by bylo neopomenutí všech proměnných, které by mohly ovlivnit výsledky studie, jako jsou vstupní hodnoty obsahů lithia v krevním séru, poměr konzumace pitné vody z různých zdrojů, obsahy lithia v konzumované potravě, socioekonomické poměry nebo věk obyvatel.

V případě správné interpretace a zpracování těchto dat, by bylo možné získat poměrně přesné výsledky, které by v porovnání s lékařskými záznamy jednotlivých okresů České republiky mohly potvrdit souvislost mezi koncentracemi lithia a pozitivními vlivy na zdraví populace.

9. Použitá literatura

AUGUSTIN, MUDr Petr. *Rizika při léčbě lithiem*. 2005

CASTILLO-QUAN, Jorge Iván, et al. Lithium promotes longevity through GSK3/NRF2-dependent hormesis. *Cell reports*, 2016, 15.3: 638-650.

Cínovec, Dubí: webové stránky obce, [online], 2017, dostupný z [https://cs.wikipedia.org/wiki/C%C3%ADnovec_\(Dub%C3%AD\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/C%C3%ADnovec_(Dub%C3%AD)), [cit.2019-05-25].

CONDE, Manuel R. Properties of aqueous solutions of lithium and calcium chlorides: formulations for use in air conditioning equipment design. *International Journal of Thermal Sciences*, 2004, 43.4: 367-382.

DAWSON, E. B.; MOORE, T. D.; MCGANITY, W. J. Relationship of lithium metabolism to mental hospital admission and homicide. *Diseases of the nervous system*, 1972, 33.8: 546-556.

DELGADO, M. A., et al. Thermorheological behaviour of a lithium lubricating grease. *Tribology Letters*, 2006, 23.1: 47-54.

GREENWOOD, N. N. a Alan EARNSHAW. *Chemie prvků*. Praha: Informatorium, 1993. ISBN 80-854-2738-9.

CHANDRA, Prabha S.: BABU, Girish N. Lithium in drinking water and food, and risk of suicide. *The British Journal of Psychiatry*, 2009, 195.3: 271-271

KABACS, Nikolett, et al. Lithium in drinking water and suicide rates across the East of England. *The British Journal of Psychiatry*, 2011, 198.5: 406-407.

KAPUSTA, Nestor D., et al. Lithium in drinking water and suicide mortality. *The British Journal of Psychiatry*, 2011, 198.5: 346-350.

KOPP, H.,(1879), *Allgemeine Deutsche Biographie* , Leipzig: Duncker & Humblot, str. 266

KRATZER, Karel; KOŽÍŠEK, F.; BŘÍZOVÁ, E. Zdravotní důsledky a rizika znečištění pitné vody. *Zpráva za období roku*, 1996.

KRATZER, Karel; KOŽÍŠEK, F.; BŘÍZOVÁ, E. Zdravotní důsledky a rizika znečištění pitné vody. *Zpráva za období roku*, 1998.

KVASNIČKOVÁ, Alexandra. Minerální látky a stopové prvky: Esenciální minerální prvky ve výživě. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. 127 s.

LÁZŇOVSKÝ, M. Návrat těžby na Cínovec? Co byste měli vědět o českém lithiu Zdroj: https://technet.idnes.cz/tezba-lithia-v-cr-krusne-hory-cinovec-australane-f60-/tec_technika.aspx?c=A171015_122041_tec_technika_mla. Technet, 16 Oct 2017

MCGRATH, John J.; BERK, Michael. Could lithium in drinking water reduce the incidence of dementia?. *JAMA psychiatry*, 2017, 74.10: 983-984.

NOVÁK, Jaroslav; SADILEK, O.; SYKORA, P. Lithiové trakční akumulátory pro elektromobilitu. 2016.

NOVÁK, M. Granitické pegmatity Českého masivu (Česká republika); mineralogická, geochemická a regionální klasifikace a geologický význam. *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol*, 2005, 90: 3-74.

OHGAMI, Hirochika, Takeshi TERAŌ, Ipei SHIOTSUKI, Nobuyoshi ISHII a Noboru IWATA. Lithium levels in drinking water and risk of suicide. *The British Journal of Psychiatry*. 2009, , 2. DOI: 10.1192/bjp.bp.108.055798.

PITTER, Pavel. *Hydrochemie*, 4. vyd. Praha: VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9, 2009.

SCHRAUZER, Gerhard N.; SHRESTHA, Krishna P. Lithium in drinking water and the incidences of crimes, suicides, and arrests related to drug addictions. *Biological trace element research*, 1990, 25.2: 105-113.

STARÝ, Jaromír. Česká geologická služba: *Potencionální zdroje lithia v ČR*, [online], 2016, dostupné z [www.http://www.avcr.cz/opencms/export/sites/avcr.cz/content/galerie-souboru/3_Stary.pdf](http://www.avcr.cz/opencms/export/sites/avcr.cz/content/galerie-souboru/3_Stary.pdf), [cit. 2019-07-28].

SUROVINOVÉ ZDROJE ČESKÉ REPUBLIKY NEROSTNÉ SUROVINY. Praha: Česká geologická služba, 2018. ISBN 1801-6693. ISSN 978-80-7075-953-0.

TAHIL, William. The trouble with lithium. *Implications of Future PHEV Production for Lithium Demand*. Martainville: Meridian International Research, 2007.

US GEOLOGICAL SURVEY. *Mineral Commodity Summaries, 2019*. Government Printing Office, 2019.

10. Seznam použitých obrázků

Obr. 1 : Salar de Ataca, Chile (NASA, 2019)	11
Obr. 2: Fungování Li-Ion baterie (Volkswagen.cz)	13
Obr. 3: Cínovec na mapě ČR.....	15
Obr. 4: Zastoupení lithia v podzemních vodách v ČR (Kratzer et al. 1996)	16

11. Seznam použitých zkratk a symbolů

Li	prvek lithium
mil. tun	milionů tun
ppm	parts per milion
Li-Ion	lithium-iontový akumulátor
Li-pol	lithium-polymerový akumulátor
m.n.m.	metrů nad mořem
stol.	století
mg/l	miligramy na litr
µg/l	mikrogramy na litr
SMR	the standardised mortality rate