

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA MEDZINÁRODNÝCH VZŤAHOV

Evidenčné číslo: 105002/B/2019/36100138878372612

LÍTIUM AKO PERSPEKTÍVNA KOMODITA
VO SVETOVOM OBCHODE

Bakalárska práca

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA MEDZINÁRODNÝCH VZŤAHOV

LÍTIUM AKO PERSPEKTÍVNA KOMODITA
VO SVETOVOM OBCHODE

Bakalárska práca

Študijný program: Medzinárodné ekonomické vzťahy
Študijný odbor: Medzinárodné ekonomické vzťahy
Školiace pracovisko: Katedra medzinárodných ekonomických vzťahov a
hospodárskej diplomacie
Vedúci záverečnej práce: Ing. Leonid Raneta, PhD.

Bratislava, 2019

Erik Orolín

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Čestne vyhlasujem, že záverečnú prácu som vypracoval samostatne a uviedol som všetku použitú literatúru.

Dátum: 30. 04. 2019

.....

(podpis študenta)

Pod'akovanie

Týmto by som sa chcel veľmi pekne poďakovať vedúcemu mojej záverečnej práce Ing. Leonidovi Ranetovi, PhD. za jeho odbornú pomoc, inšpiráciu, cenné rady a v neposlednom rade za trpezlivosť.

ABSTRAKT

OROLÍN, Erik: *Lítium ako perspektívna komodita vo svetovom obchode*, - Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta medzinárodných vzťahov; Katedra medzinárodných ekonomických vzťahov a hospodárskej diplomacie, - Vedúci záverečnej práce: Ing. Leonid Raneta, PhD. – Bratislava: FMV, 2019, 48 strán

Cieľom bakalárskej práce je priblíženie a bližšie analyzovanie postavenia lítia ako perspektívnej komodity vo svetovom obchode. Práca je systematicky členená do 4 kapitol a obsahuje 5 grafov. Prvá kapitola je venovaná teoretickému vymedzeniu a charakteristike lítia ako komodity medzinárodného obchodu, jeho vlastnostiam, podielom v rôznych ložiskách, ťažbou a jej ekologickým dopadom na životné prostredie, zdrojmi a jeho najčastejším využitím. V druhej kapitole sme priblížili ciele, metodiku práce a metódu skúmania. Použili sme rozličné metódy výskumu, medzi ktoré patria napríklad analýza, metóda komparácie a abstrakcie. Štvrtá kapitola bola venovaná súčasnému stavu trhu s lítiom, jeho dopytu a vládnej politike zameriavanej na podporu čistejšej energie a zníženia globálneho otepľovania, charakterizuje prognózy a odhady do budúcnosti v kontexte so súčasnými trendami.

Účelom práce bolo vypracovať komplexný pohľad na danú svetovú komoditu a priblížiť ju zo všetkých pohľadov a na základe toho zhodnotiť, či má lítium svoje budúce postavenie na svetovom trhu ako perspektívna komodita

Kľúčové slová: lítium, svetový obchod, spotreba lítia, výroba lítia, zásoby lítia, zdroje lítia, využitie lítia, dopyt, lítium-iónové batérie

ABSTRACT

OROLÍN, Erik: *Lithium as a perspective commodity of world trade*. – University of Economics in Bratislava. Faculty of International Relations: Department of International Economic Relations and Economic Diplomacy. – Supervisor of the bachelor's thesis: Ing. Leonid Raneta, PhD. – Bratislava: FMV EU, 2018. 48 strán

The aim of the bachelor thesis is to approach and analyse the position of lithium as a perspective commodity in world trade. The thesis is systematically divided into 4 chapters and contains 5 graphs. The first chapter is devoted to the theoretical definition and characteristics of lithium as a commodity of international trade, its properties, share in various deposits, mining and its ecological impact on the environment, resources and its most frequent use. The second chapter describes the objectives, methodology and method of investigation. We used different research methods, such as analysis, comparison method and abstraction. The fourth chapter is devoted to the current state of the lithium market, its demand and government policy aimed at promoting cleaner energy and reducing global warming, describes the forecasts and estimates for the future compared to current trends. The purpose of the work was to develop a comprehensive view of this commodity and bring it close from all points of view and to assess whether lithium has a future world market position as a prospective commodity.

Key words: lithium, world trade, lithium consumption, lithium production, lithium supplies, lithium sources, use of lithium, demand, lithium-ion batteries

Obsah

1	Súčasný stav skúmanej problematiky	10
1.1	Charakteristika lítia	13
1.1.1	<i>Fyzikálne vlastnosti lítia</i>	14
1.1.2	<i>Atómové a chemické vlastnosti lítia</i>	15
2	Cieľ práce, metodika práce a metódy skúmania	16
3	Lítium ako perspektívna komodita vo svetovom obchode	17
3.1	Priemyselné zdroje lítia	18
3.2	Lítium v soľankách	20
3.3	Lítium v mineráloch	21
3.4	Ťažba a dopad na životné prostredie	22
3.5	Zdroje lítia	24
3.6	Využitie lítia	25
3.6.1	<i>Sklo a keramika</i>	27
3.6.2	<i>Lítium ako mazivo</i>	27
3.6.3	<i>Lítium v medicíne</i>	27
3.6.4	<i>Hutníctvo</i>	28
3.6.5	<i>Batérie</i>	28
3.7	Recyklácia lítia	28
3.8	Porovnanie elektromobilov a konvenčných automobilov	30
4	Výsledky a diskusia	33
4.1	Dopyt po lítiu	35
4.2	Vládna politika	36
4.2.1	<i>Opatrenia EÚ</i>	36
4.2.2	<i>Opatrenia SR</i>	37
4.3	Prognózy	39
	Záver	43
	Zoznam použitej literatúry	44

Úvod

Lítium je základným kovom s rozšírenými aplikáciami v technológiách, ako je skladovanie zelenej energie, elektrická mobilita a bezdrôtové zariadenia. Lítiové zlúčeniny sa tiež používajú vo veľkej miere aj v širšom spektre, napr. sklárskom, smaltovanom, keramickom priemysle alebo pri výrobe farmaceutických výrobkov.

Cieľom našej práce je posúdiť na základe relevantných sprístupnených databáz časopisov, odborných článkov, bibliografických databáz, vedeckých a štatistických internetových stránok, či lítium skutočne predstavuje perspektívnu komoditu vo svetovom obchode. Vychádzali sme z uverejňovaných správ viacerých medzinárodných organizácií a nezávislých spoločností.

Prvá kapitola obsahuje súčasný stav skúmanej problematiky ktorej obsahom je historický vývoj spôsobov prepravy a využívania pohonných hmôt. Rovnako opisuje články rôznych publikácií svetových médií. Ďalej sme sa venovali podrobnejšej charakteristike lítia, jeho fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami, ktoré ho robia výnimočným pri aplikácií v rôznych technológiách, históriou objavu až ku súčasnému stavu využitia lítia. Na základe štatistických publikácií sme priblížili stav aktuálnych zdrojov a rezerv v krajinách, s najhojnejším počtom lítia. Druhá kapitola opisuje metodiku práce a metódu skúmania, ktoré sme využili pre vypracovanie bakalárskej práce. V posledných dvoch kapitolách sme sa venovali skúmaniu súčasného stavu trhu s lítiom a vládnej podpore čistej energie v podobe rôznych opatrení. V záverečnej časti sme následne posudzovali, na základe ďalších zistených kvalitatívnych informácií, prognózy budúceho stavu lítia a či lítium skutočne predstavuje tak lukratívnu komoditu pre svetový obchod a či ju môžeme považovať za novú „zelenú ropu“.

1 Súčasný stav skúmanej problematiky

Ľudstvo už od nepamäti má potrebu z rôznych dôvodov a príčin presúvať sa z jedného miesta na druhé. Z počiatku ľudia využívali pešiu dopravu, po ktorej sa postupne začala využívať sila zvierat, najmä koní. Po objavení kolesa sa všetko zmenilo. Začali sa využívať konské a volské záprahy na prepravu nie len osôb ale aj vecí. Voz ťahaný koňmi bol najdôležitejším cestným dopravným prostriedkom do 19. storočia. To viedlo k výstavbe spevnených ciest najmä v mestách a obciach.

Ďalším veľkým objavom ktorý zmenil vtedajší svet bol vynález parného stroja v roku 1712 Thomasom Newcomenom. Možno povedať, že parný stroj urýchlil v tom čase dobu. Začal sa používať v priemysle a pri stavbe nových dopravných prostriedkov. Parné stroje sa začali montovať aj do plavidiel, výsledkom čoho boli parolode. Začiatok automobilového priemyslu sa datuje od zostrojenia auta poháňaného parou. Zostrojil ho Nicolas Cugnot v roku 1770 vo Francúzsku. Od roku 1859 sa postupne objavuje nová konkurencia parného stroja, spaľovacie motory, ktorých vynálezca je Belgičan Jean Lenoir. Týmto objavom sa odštartovala éra spaľovacích motorov.

Spaľovacie motory sa začali využívať prakticky všade. V priemysle, poľnohospodárstve ale aj v doprave. Prototyp prvého auta s benzínovým motorom bol zostrojený v roku 1870 nemeckým konštruktérom a vynálezcom Siegfriedom Marcusom. Dnes si už dopravu bez automobilov – či už osobných, nákladných alebo slúžiacich na rôzne účely nedokážeme ani predstaviť. Základom konvenčných automobilov je spaľovanie benzínu alebo nafty, respektíve ropy. Ak sa pozrieme do minulosti, štáty ktoré disponovali ropou, zaznamenali vďaka rastu vyrábania spaľovacích motorov rýchly hospodársky rast a dnes patria medzi krajiny ktoré dosahujú najvyšší stupeň úrovne tvorby hrubého domáceho produktu na jedného obyvateľa. Ako príklad takýchto krajín môžeme uviesť Katár, Kuvajt, Spojené Arabské Emiráty. Spaľovacie motory sa postupne začínajú nahradzovať elektromotormi, ktorých hlavnou podstatnou zložkou je lítium, ako skladovateľ energie. Hlavnou príčinou zmeny konvenčných automobilov na elektromobily je neustále úsilie znížiť úroveň globálneho otepľovania a emisie skleníkových plynov.

Elektromobily sú ekologickejšie k životnému prostrediu v porovnaní s autami so spaľovacím motorom, ale len v tom prípade, ak je elektrická energia ktorá ich poháňa vyrábaná

prostredníctvom obnoviteľných zdrojov energie. Pri takejto výrobe, sa môžu zase využiť lítiové akumulátory na uskladnenie vyprodukovanej energie. Z uvedeného vyplýva, že lítiu je využiteľné v budúcnosti a predstavuje ekologickejšiu komoditu ako ropa. V tejto práci sme okrem charakterizácie vlastností lítia a jeho využitia, špecifikovali aj krajiny ktoré ním disponujú. Možno však predpokladať, že v týchto krajinách, nastane podobná situácia ako to bolo v ropných štátoch? Alebo v nich nastane situácia ktorú možno označiť pod pojmom „holandská choroba“ kedy zvýšenie ťažby a využívania nerastných surovín v ekonomike vedie k poklesu v exporte iných výrobných odvetví, t. j. k deindustrializácií?

V main-streamových médiách rezonovala situácia, spojená s firmou Samsung, a to v spojení so vznietením batérie v jednom z ich modelov telefónov. Táto skutočnosť zvýšila záujem o akademický a komerčný výskum bezpečnejších batérií v USA, Európe a Ázii, keď agentúra Ministerstva energetiky USA, pre podporu výskumu v oblasti energetických technológií novej generácie oznámila 16 ocenení, zameraných na urýchlenie vývoja technológií batérií. Tony Fadell elektrotechnik ktorý viedol dizajn zariadení spoločnosti Apple v článku hovorí: „Jedinou skutočnou technológiou prelomových batérií, ktorú som videl počas svojej kariéry, boli lítium-ionové batérie v roku 1991, kedy ich predstavila spoločnosť SONY“ Z uvedenej citácie vyplýva, že spoločnosti by sa mali zamerať na vývoj nových a kvalitnejších lítiových batérií, aby udržali krok s čoraz vyššími požiadavkami spotrebiteľov na výkon telefónov a automobilov.¹

Analytik Jad Mouwad, pracujúci pre New York Times a Medzinárodnú Agentúru pre Energetiku, opisuje v jednej svojej publikácii nedostatky vo výrobe, nedostatočné testovanie a slabé pochopenie inovatívnej batérie Boeingu 787, ktorá zapríčinila požiar v lietadle na letisku v Bostone. Obdobne sa rovnaký prípad stal v Japonsku. Bezpečnostná rada vyšetrojúca incident na Bostonskom letisku prišla k záveru, že došlo k zlyhaniu batérie, čo spôsobilo že sa sama vznietila a začala horieť. Konkrétny problém vznietenia sa nenašiel, avšak sa predpokladá, že výrobcovia batérií, GS Yuasa z Japonska použili zlé výrobné postupy, pričom ani kontroly nedokázali odhaliť potencionálny problém. Problémy s batériami podčiarkli obavy z používania novej a potencionálne nebezpečnej technológie na palube komerčných lietadiel – výkonné

¹NEW YORK TIMES. Designing a safer battery for smartphones that wont catch fire. [online]. [Citované 12. 11. 2016], Dostupné na: [https://www.nytimes.com/2016/12/11/technology/designing-a-safer-battery-for-smartphones-that-wont-catch-fire.html?rref=collection%2Ftimestopic%2FLithium%20\(Metal\)](https://www.nytimes.com/2016/12/11/technology/designing-a-safer-battery-for-smartphones-that-wont-catch-fire.html?rref=collection%2Ftimestopic%2FLithium%20(Metal))

lítium-iónové batérie. Hovorca spoločnosti Boeing Doug Alder povedal, že spoločnosť je naďalej presvedčená o vylepšenom systéme nových batérií aj ich bezpečnosti.²

Obnoviteľné zdroje energie – veterná, vodná a solárna by mohli poskytovať energiu a zároveň prekonávať výzvy v oblasti infraštruktúry v Afrike. Avšak takáto energia musí byť niekde uložená. Li-ion batérie – podobne ako iné batérie používané na ukladanie energie – pôsobia ako nárazník medzi výrobou a spotrebou energie. Ak by takéto batérie mohli byť vyrábané v Afrike v primeranom rozsahu, stali by sa lacnejšími a používatelia energie by sa mohli viac spoliehať na energiu z obnoviteľných zdrojov. Tým by sa otvorila cesta pre čistú, trvale udržateľnú energiu a zmiernilo by to účinky zmeny klímy. V Afrike sa nachádzajú fotovoltaické panely, ktoré v Južnej Afrike vyrábajú, v porovnaní s fosílnymi a jadrovými elektrárnami, 40% lacnejšiu energiu. Hlavnou nevýhodou týchto panelov je, že energiu môžu generovať len medzi 10.00 a 17.00. Nie je to vtedy, keď ju väčšina ľudí potrebuje a preto sa musí táto energia skladovať lacno. Riešením môžu byť lítiové akumulátory ktoré slúžia na uskladnenie elektrickej energie. V Afrike existuje len jedna spoločnosť ktorá dokáže vyrábať li-ion batérie v pilotnom meradle: University of Western Cape, inovačné laboratórium pre skladovanie energie ktoré robí všetko preto, aby dokázalo samo vyrábať takéto batérie a využiť ich potenciál skladovania energie.³

Nezávislá výskumná spoločnosť Adamas Intelligence, ktorá poskytuje poradenské služby pre svojich klientov týkajúce sa strategických kovov a minerálov hovorí, že vo februári 2019 bolo na celom svete použitých o 76% viac ekvivalentu lítia v batériách nových elektrických, zásuvných hybridných a elektrických vozidiel v porovnaní s rovnakým mesiacom minulého roka. Spoločnosť ktorá sleduje evidenciu elektromotorov a akumulátorové technológie vo viac ako 80 krajinách sveta uvádza, že medzi všetkými kovmi a materiálmi, ktoré sa nachádzajú v batériách elektromotorov, lítium zaznamenáva najväčšie zisky. Adamas hovorí, že prudký nárast používania lítia na kWh kapacity batérie je spôsobený neustálym prechodom z katód fosforečnanu lítneho na fosforečnany nikel-kobal-mangán medzi čínskymi výrobcami

² NEW YORK TIMES. Report on Boeing 787 Battery Flaws Finds Lapses at Multiple Points. [online]. [citované 1. 12. 2016]. Dostupné na: <https://www.nytimes.com/2014/12/02/business/report-on-boeing-787-dreamliner-batteries-assigns-some-blame-for-flaws.html>

³ The conversation. Explainer why lithium ion batteries could be a game changer in Africa. [online]. [citované 18. 9. 2018]. Dostupné na: <http://theconversation.com/explainer-why-lithium-ion-batteries-could-be-a-game-changer-in-africa-65168>

vozidiel. Čínske združenie výrobcov automobilov predpokladá, že predaj elektromobilov v Číne dosiahne v tomto roku rekordných 1,6 milióna kusov čo predstavuje približne polovicu celosvetového predaja. ⁴

Úrad Spojených štátov amerických pre patenty a ochranné známky, vydal Americkému mangánu patent na technológiu recyklácie lítium-iónových batérií. V tlačovej správe spoločnosť so sídlom v Britskej Kolumbii uviedla, že udelenie patentu predstavuje míľnik ktorý poskytuje právnu ochranu novej technológii. Norm Chow, vynálezca novej technológie recyklácie povedal, že pri vývoji sa zaoberali súčasnými metódami recyklácie li-ion batérií a ako primárnu metódu, objavili tavenie pri vysokých teplotách. Zároveň zdôraznil, že počas výskumu aplikovali princípy výroby „Near Net Shape“ s cieľom efektívne recyklovať katódový materiál a generovať produkty čo najbližšie ku konečnému tvaru s minimálnymi krokmi ďalšieho spracovania. ⁵

1.1 Charakteristika lítia

Lítium je jedným z troch prvkov ktoré boli vyprodukované počas veľkého tresku. Lítium je vysoko reaktívny a má rozsiahle aplikácie v modernom živote, najmä v batériách, optike, jadrových zbraniach, keramike, čistení vzduchu a duševnom zdraví. Lítium, bežne skrátene ako Li, je prvok, ktorý drží tretiu pozíciu na periodickej tabuľke prvkov, po héliu a pred berýliom. Hoci je jeho názov odvodený od gréckeho slova lithos čo znamená „kameň“, je to mäkký kov a jeho termín pochádza z jeho objavu ako minerálu. ⁶

Lítium po prvýkrát nebolo objavené vo svojej základnej podobe, ale v podobe soli. Švédsky chemik Johan August Arfwedson našiel lítium v roku 1817 keď analyzoval rudu petalitu, zlúčeniny, ktorá bola objavená vo švédskej bani v roku 1800. Arfwedson neskôr našiel lítium v niekoľkých ďalších zlúčeninách prvkov. Ako prvý izoloval základné lítium anglický chemik William Thomas v roku 1804. Docielil to prostredníctvom elektrolýzy oxidu lítneho (elektorlýza – chemický rozklad spôsobený prechodom elektrického prúdu cez roztok). Nemecký chemik Robert Bunsen v roku 1855 uplatnil elektrolýzu na izoláciu lítia z chloridu

⁴ Adamas Intelligence. Lithium usage in EV batteries. [online]. [citované 19. 04. 2019] Dostupné na : <https://www.adamasintel.com/lithium-usage-ev-batteries-feb-2019/>

⁵ American manganese Inc. Company Business Plan. [online]. [citované 14. 12. 2018] Dostupné na : https://americanmanganeseinc.com/wp-content/uploads/2018/12/AMY_BP-12_19_2018.pdf

⁶ Oliveira, L.; Messagie, M.; Rangaraju, S.; Sanfeliix, J.; Rivas, M.H.; Van Mierlo, J. Key issues of lithium-ion batteries—from resource depletion to environmental performance indicators. J.Clean. Prod. 2015, 354–358.

lítneho. V roku 1923 sa začala komerčná výroba lítia keď nemecká spoločnosť Metallgesellschaft začala využívať na izoláciu prvku z roztavenej zmesi dvoch solí, chloridu draselného a chloridu lítneho elektrolyzu. V tomto období sa lítium začalo používať na zlepšenie Bahnmetall (železničný kov), materiálu vyrobeného na používanie vo vlakových ložiskách. V roku 1932 boli atómy lítia transmutované na hélium v prvej ľudskej svetovej jadrovej reakcii, ktorá vytvorila priestor pre úlohu lítia v jadrových zbraniach. Počas studenej vojny sa Spojené Štáty Americké stali popredným výrobcom lítia kvôli jeho využitiu v jadrových zbraniach. Vedci počas druhej svetovej vojny zistili že zlúčeniny lítia sa dajú rôzne kombinovať, aby vytvorili masť, ktorá veľmi dobre fungovala na mazanie vysokoteplotných strojov, ako sú napríklad letecké motory. V polovici deväťdesiatych rokov 20. storočia sa zistilo, že lítium možno extrahovať zo soľného roztoku, čo predstavuje oveľa lacnejšie riešenie ako samotná ťažba kovu. Začiatkom dvadsiateho prvého storočia sa postupne začalo lítium používať najmä na výrobu lítium-iónových batérií, čo pretrváva dodnes.⁷

1.1.1 Fyzikálne vlastnosti lítia

Lítium je strieborno-biely kov ktorý pri štandardných teplotných a tlakových podmienkach je najľahším známym kovom. Je tiež najmenej hustým prvkom, ktorý nie je plynom pri izbovej teplote (jeho hustota je 0,534 gramov na centimeter kubický [g/cm³]) a vďaka tejto nízkej hustote je schopný plaviť sa na vode a oleji. Pre porovnanie, voda má hustotu 1000 g/cm³ čo je približne 2-tisíc krát viac ako lítium.⁸ Na minerálovej tvrdosti Mohsovej stupnici je lítium mäkkší ako masť, ktorý sa nachádza na prvom mieste tejto stupnici. Lítium je natoľko mäkký, že je možné ho poškríbať nechtom alebo ho dokonca rozrezať nožom ako ostatné alkalické kovy. Pri rezaní je možné vidieť lesklý kovový povrch tohto kovu. Lítium je vysoko reaktívne a pri vystavení vlhkosti a vzduchu sa rýchlo rozpadne. Pre svoju reaktivitu sa musí skladovať opatrne, častokrát vo viskóznom uhl'ovodíku, ako je vazelína. Rovnako ako aj ostatné alkalické kovy, lítium je veľmi dobrý vodič tepla a elektriny. Medzi alkalickými kovmi má lítium najvyššiu teplotu topenia 80.54 °C resp. 356,97 °F, čo však v porovnaní s ostatnými kovmi predstavuje stále nízku teplotu. Obdobne ako držiteľ najvyššej

⁷ Oliveira, L.; Messagie, M.; Rangaraju, S.; Sanfeliix, J.; Rivas, M.H.; Van Mierlo, J. Key issues of lithium-ion batteries—from resource depletion to environmental performance indicators. J.Clean. Prod. 2015, 358–362.

⁸ Kunasz, I.A. Lithium Resources. Industrial Minerals and Rocks; SME (Society Mining Metallurgy and Exploration): Englewood, CO, USA, 2006; 599–614.

teploty topenia má spomedzi alkalických kovov aj najvyššiu teplotu varu, čo predstavuje 1342 °C resp. 2448 °F. Špecifická tepelná kapacita lítia je najvyššia zo všetkých pevných prvkov, čo vysvetľuje jeho využiteľnosť pri vysokoteplotných aplikáciách, ako sú letecké motory a vlakové ložiská⁹.

1.1.2 *Atómové a chemické vlastnosti lítia*

Atómové číslo lítia je 3 a jeho elektrónová konfigurácia je 1S22S1, takže jeho prvé dva elektróny naplnia 1s orbitál a jeho tretí elektrón je sám v obežnici 2s. Tento valenčný elektrón ľahko reaguje s inými zlúčeninami, pričom zostáva kation Li^+ , čo vysvetľuje vysokú reaktivitu a horľavosť lítia. Všetky alkalické kovy majú len jeden valenčný elektrón z čoho vyplýva že všetky tieto kovy sú reaktívne, aj keď lítium je v skutočnosti najmenej reaktívnym zo skupiny alkalických kovov. Lítium je vysoko reaktívny obzvlášť za prítomnosti kyslíka, vody ba dokonca vlhkého vzduchu čo môže viesť k vznieteniu alebo výbuchu.¹⁰

Vo všeobecnosti, za normálnych teplotných a tlakových podmienok lítium pri kontakte s vlhkosťou zaniká; reakcia produkuje hydroxid lítny, nitrid lítia a uhličitan lítny, ktorých kombinácia sa javí ako tmavý povlak. Stabilný izotop Li-7 tvorí asi 92,5 % prirodzene sa vyskytujúceho lítia, zatiaľ čo Li-6 (reaktívny) tvorí zvyšok. Existuje aj niekoľko rádioaktívnych izotopov, ktoré sú však nestabilné. Li-6 zohráva dôležitú úlohu v jadrových reaktoroch (a jadrových zbraniach), pretože sa podieľa na jednej z niekoľkých reakcií, ktoré môžu vytvoriť trícium, ťažký rádioaktívny izotop vodíka.¹¹

⁹ Sheppard, S.M.F. The Cornubian batholith, SW England: D/H and 18O/16O studies of kaolinite and other alteration minerals. J. Geol. Soc. 1977, 573–591.

¹⁰ Rumble, J. Handbook of Chemistry and Physics; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2017; ISBN 9781138561632

¹¹ Garrett, D.E. Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride; Elsevier: New York, NY, USA, 2004.

2 Ciel' práce, metodika práce a metódy skúmania

V súčasnosti stále rastie počet vedeckých publikácií týkajúcich sa zdrojov lítia, ktoré sú vyvolané nedávnym dopytom po tomto, doteraz pomerne neznámom kovovom produkte. Táto bakalárska práca poskytuje aktuálne informácie a prehľad literatúry v tejto špecifickej oblasti, pričom spája relevantný materiál z rôznych zdrojov. Články zahrnuté v tejto práci boli prístupné z databáz časopisov, bibliografických databáz, profesionálnych internetových stránok. Kritéria zaradenia článkov pozostávajú len z relevantných kvalitatívnych článkov, ktoré sú predmetom skúmania globálneho použitia lítia, zdrojov lítia, vývoja cien a skúmania aktuálneho stavu na trhu s lítiom.

Pri zostavovaní bakalárskej práce sme využili viacero metód. V prvom rade to bolo štúdium odbornej literatúry, vedeckých článkov a publikácií (v prípravnej fáze). V ďalších fázach sme využili metódu komparácie (porovnávanie) dostupných informácií pre porovnanie elektromobilov a konvenčných automobilov, rovnako ako aj komparáciu jednotlivých spôsobov ťažby lítia. V neposlednom rade, sme vo fáze sumarizácie využívali metódu analýzy, pomocou ktorej sme podrobnejšie preskúmali jednotlivé časti vybraného problému, čo nám následne umožnilo lepšie poznať daný problém ako celok v jeho fungovaní.

Hlavným cieľom tejto bakalárskej práce je dokázanie, na základe získaných teoretických poznatkov a praktických príkladov, či lítium je v súčasnosti naozaj perspektívna komodita vo svetovom obchode. Pri získavaní poznatkov sme vychádzali prevažne zo zahraničnej literatúry a štúdie iných autorov sme sami vysvetlili. Za čiastkové ciele, ktoré nadväzujú na hlavný cieľ sme si stanovili:

- sumarizácia teoretických poznatkov týkajúcich sa charakteristiky lítia, jeho fyzikálnych a chemických vlastnostiach, lítiových ložísk
- analýza spôsobu ťažby lítia a jej dopadu na životné prostredie
- charakterizácia krajín disponujúcich lítiom
- konkretizácia súčasného stavu trhu s lítiom a prognózy do budúcnosti

3 Lítium ako perspektívna komodita vo svetovom obchode

Lítium vo vode

Lítium sa vyskytuje v sotva stopových množstvách v sladkej vode, jazerách, riekach a povrchových vodách. Jeho koncentrácia v sladkej vode závisí od mnohých faktorov, ako je napríklad geológia a topografia. Rozsah je od 0,001 do 0,020 mg lítia na liter vody (mg/l). Koncentrácia v podzemných vodách je omnoho variabilná hlavne vďaka geologickým faktorom vďaka čomu koncentrácia môže dosiahnuť hodnotu 500 mg/l. Priemerne je jeho zoskupenie v podzemných vodách od 0,5 do 19 mg/l. Avšak, existuje aj niekoľko výnimiek, ako napríklad v severnej Chile, kde lítium sa aktívne ťaží zo soľných roztokov, kde koncentrácia lítia vo vode je mimoriadne vysoká¹². Denný príjem lítia v potrave v Chile môže byť až 10 mg/deň. Priemerný príjem lítia u dospelých ľudí sa pohybuje v rozsahu od 0,35 mg/kg vo Viedni a do 1,6 v Číne.

Lítium je 14. najrozšírenejší prvok v morskej vode pričom jeho koncentrácia je rôzna v rôznych oceánoch. Priemerná hustota lítia v morskej vode sa pohybuje od 0,14 mg/l do 20 mg/l. Nízka hladina lítia v morskej vode vedie k sťaženiu procesu jeho získavania aj na úkor efektívnosti. Z tohto dôvodu sa uskutočnilo niekoľko pokusov o hospodárne extrahovanie lítia z morskej vody použitím rôznych techník ako je napríklad elektrodialýza a membránová filtrácia. V súčasnosti najbežnejšia metóda extrakcie lítia z morskej vody zahŕňa použitie absorbentu na báze mangánu, pričom táto prax vychádza z japonskej štúdie z roku 1986. Treba však poznamenať, že tento spôsob extrakcie a teda získavania lítia z morskej vody nie je ekonomicky životaschopným v porovnaní so súčasnou ťažbou nerastných surovín a soľanky.¹³

Lítium v zemi

Lítium môžeme v stopových množstvách nájsť vo všetkých druhoch pôdy. Priemerná koncentrácia lítia v zemi je 20 mg/kg. Avšak, priemerná hodnota je minimálne informatívna vzhľadom k rôznej koncentrácii v rôznych geologických oblastiach. V niektorých oblastiach sa lítium akumuluje na ekonomickej úrovni, v podobe hlinito-kremičitých minerálov. Tieto

¹² Kavanagh, L.; Keohane, J.; Cleary, J.; Garcia Cabellos, G.; Lloyd, A. Lithium in the Natural Waters Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 561.

¹³ Vikström, H.; Davidsson, S.; Höök, M. Lithium availability and future production outlooks. Appl. Energy 2013, 252–266.

minerály sú v chemickom a štruktúrnom zložení podobné primárnym minerálom, ktoré pochádzajú zo zemskej kôry. Za východiskovú koncentráciu lítia v pôde je všeobecne akceptovaný rozsah medzi 10 až 40 mg/kg, (v pôde v priemere 20 mg v žulách 30 mg/kg). Podľa niektorých autorov, podiel lítia v pôde je určený skôr podmienkami tvorby pôdy, než jej počiatočným obsahom v materských horninách¹⁴.

3.1 Priemyselné zdroje lítia

Lítium nie je vzácny kov, skôr je široko celosvetovo distribuovaný. Vo vhodnej veľkosti sa nachádza ale len v dvoch typoch materiálu: silikátových minerálov a v soľankách bohatých na minerály. Pred 80. rokmi všetko lítium bolo ťažené z minerálnych zdrojov tvrdých hornín. Kapitálové výdavky potrebné na výrobu lítia zo zdroja soľného roztoku a teda soľaniek sú nižšie ako náklady vynaložené na získanie lítia z minerálnych zdrojov, respektíve silikátových minerálov. V súčasnosti sa približne 60% svetových zdrojov lítia nachádza v soľankách a 25% v mineráloch, pričom zvyšok sa nachádza v íloch, geotermálnych vodách a ropných náleziskách. Len relatívne malý počet potencionálnych zdrojov lítia obsahuje vysokú koncentráciu tohto kovu. V roku 2009, 13% svetových rezerv lítia vyjadrených v obsahu obsiahnutého lítia bolo v ložiskách nerastných surovín a 87% v ložiskách slanej vody a minerálnych vôd. Autori knihy „Global Lithium Availability“ Paul W. Gruber a kolektív uvádzajú, že 57% svetových zdrojov lítia sa nachádza v troch lokalitách, v Salar de Atacama v Čile, Salar de Uyuni v Bolívii, a pás Kings Mountain v USA. (Salar v španielčine znamená soľné jazero. Vzhľadom na vysoké náklady spojené s ťažbou lítiových minerálov, pochádza väčšia lítia na súčasnom trhu zo soľaniek. Suché soľné jazerá sú dnes hlavným zdrojom lítia (približne 50%), ale rovnako je významná extrakcia lítia z minerálov (cirka 50%), a posledných 10% sa získava z ílovitých nánosov a iných zdrojov. Napriek cenovej efektívnosti ťažby lítia zo soľaniek namiesto minerálov, zvýšený dopyt po lítiu znamená, že sa stále spracováva aj z minerálnych zdrojov na celom svete.¹⁵

V súčasnosti minerálne ložiská v krajinách ako Afganistan a Írsko predstavujú významné lítiové zdroje. V Írsku sa lítium vyskytuje na juhovýchode krajiny a je spojené

¹⁴ Ammari, T.G.; Al-Zu'bi, Y.; Abu-Baker, S.; Dababneh, B.; Tahboub, A. The occurrence of lithium in the environment of the Jordan Valley and its transfer into the food chain. Environ. Geochem. Health 2011

¹⁵ Gruber, P.W.; Medina, P.A.; Keoleian, G.A.; Kesler, S.E.; Everson, M.P.; Wallington, T.J. Global lithium availability. J. Ind. Ecol. 2011, 760–775.

s batolitom Leinster. Afganistan bol označený ako budúci potencionálny dodávateľ lítia ak sa budú efektívne využívať jeho obrovské zásoby. Ložiská lítia v Afganistane sa vyskytujú v suchých jazerných ložiskách nachádzajúcich sa v západných provinciách Herat a Nimroz a v stredovýchodnej provincii Ghazni. Geologické nastavenie týchto ložísk je podobné ako v Andách. V niektorých afganských jazerách ako napríklad Namaksar-e-Herat, Dasht-e-Nawar alebo Godwe Zareh na západe krajiny dosahuje hodnotu lítia medzi 41 až 99 mg/l. ¹⁶

Na označenie minerálov identifikovaných v ložiskách sa používajú dve hlavné označenie a to zdroje a rezervy. Zdroje predstavujú množstvo tých minerálov, o ktorých je známe, že existujú v ložiskách ktoré sa môžu ekonomicky extrahovať a sú definované s ohľadom na svoju kvalitu.

Zdroje sa ďalej rozdeľujú do troch ďalších kategórií:

- odvodené zdroje
- indikované zdroje
- namerané zdroje

Odvodené zdroje sa vzťahujú na odhady množstva minerálov prítomných v ložisku na základe včasných informácií. Indikované zdroje referujú odhady v prípade väčšieho množstva informácií o ložisku ako je napríklad veľkosť. Namerané zdroje sa týkajú odhadu uvedeného po všetkých charakteristikách ložiska. ¹⁷

Rezervy sa vzťahujú na množstvo cieľového nerastu, ktoré je možné z ekonomického zdroja extrahovať. Faktory, ktoré určujú rezervné fondy resp. rezervy, zahŕňajú súčasné ťažobné technológie, prírodné podmienky a dostupnú infraštruktúru. Rezervy možno ďalej rozdeliť na:

- overené/preukázané rezervy
- pravdepodobné rezervy

Pravdepodobné rezervy majú potenciál byť ekonomické, zatiaľ čo preukázané rezervy sú známe ako ekonomické. Je veľmi náročné odhadnúť svetový objem lítiových zdrojov a to z dôvodu veľkého množstva protichodných odhadov, ktoré spravidla robia investori rizikového

¹⁶ Belt, Syadara-Hajigak Iron Ore. Minerals in Afghanistan; Afghanistan Geological Survey: Kabul, Afghanistan, 2014

¹⁷ Meinert, L.D.; Robinson, G.R.; Nassar, N.T. Mineral resources: Reserves, peak production and the future. Resources 2016, 14

kapitálu a nie výskumníci v danej oblasti. Vzhľadom k stále stúpajúcej cene tohto kovu, niektoré zdroje sa môžu stať ekonomicky realizovateľné a obnoviteľné, pričom sa môžu klasifikovať ako rezervy.¹⁸

3.2 Lítium v soľankách

Komerčné množstvá lítia existujú v soľankách, roztoku s vysokou koncentráciou soli. Hlavný typ ložiska soľného roztoku využívaný na ťažbu lítia sa nachádza vo vnútorných slaných púštnych nádržiach. Tieto povodia v minulosti obsahovali vodu ale rýchlosť odparovania vody bola rýchlejšia ako dodatočné napĺňanie čo zanechalo za sebou suché jazerné ložisko. Terminológia na označenie týchto suchých jazerných plôch je rôzna. Označujú sa ako soľné panvy, soľné bažiny, alkálie Playas alebo najčastejšie ako Salars. Mnohé horúce a minerálne geotermálne vody obsahujú zvýšenú koncentráciu lítia v rozmedzí od 0,1 do 500 mg/l. Geotermálne vody sú obohatené lítiom, pretože horúca voda je pri lúhovaní lítia z hornín účinnejšia ako studená voda. Lítium v geotermálnych soľankách môže pochádzať zo sopečnej činnosti, zvetrávania silikátov alebo z lúhovania z jazerných sedimentov. Získavanie lítia z geotermálnych zdrojov často zahŕňa metódy, ako je výmena iónov; zrážanie či membránová filtrácia. Rovnako sa vynaložilo úsilie na extrakciu lítia zo soľných vodných útvarov ako je Mŕtve more.¹⁹

Ukázalo sa, že v ropných poliach dosahuje koncentrácia lítia pomerne vysoké hodnoty v rozsahu od 0,1 do 700 mg/l. Ropné pole Smackover v južnom Arkansase, USA bolo z tohto dôvodu skúmané z hľadiska ich potenciálu ako ekonomického zdroja. Ukázalo sa že toto ropné pole má podiel lítia medzi 100 až 500 mg/l. Medzi ďalšie skúmané ropné polia patria Leduc v Alberte, Kanada; ropné oblasti Heletz-Kokhav v Izraeli; plynárenské oblasti Altmacku v Nemecku a niekoľko ďalších ropných oblastí v USA. Extrakcia lítia z ropných roztokov môže predstavovať nákladný proces kvôli potrebe čerpania z veľkých hĺbok. V súčasnosti je veľké množstvo lítia vyrábané z iných zdrojov ako sú geotermálne vody a ropné polia, aj keď v budúcnosti môžu predstavovať významný ekonomický zdroj v závislosti od rastúceho dopytu. Najhojnejším zdrojom soľaniek bohatých na lítium sú vysokohorské kontinentálne slané

¹⁸ CRIRSCO. Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards, International Mineral Resources/Reserves Reporting Template. 2013. Dostupné online: <http://www.criirco.com/template.asp>

¹⁹ Wilson, G.C.; Long, J.V.P. The distribution of lithium in some Cornish minerals: Ion microprobe measurements. Miner. Mag. 1983, 191–199

náleziská andského horského regiónu v Južnej Amerike. Soľné náleziská v Andách vyskytujúce sa vo vysokých nadmorských výškach podporujú odparovanie vody v podtlaku medzi atmosférickým tlakom a nadmorskou výškou. Rozprestierajú sa na území troch krajín a to Argentína, Bolívia a Čile, spoločne známe pod názvom „Lítioví trojuholník“ kde sa nachádza 50% celosvetových rezerv lítia.²⁰

Lítium sa extrahuje zo soľných roztokov ako uhličitan lítny alebo chlorid lítny odparovaním, pomocou slnečného žiarenia. Všeobecne tento proces zahŕňa odparovanie, zrážanie, absorpciu alebo výmenu iónov. Tento proces môže trvať od 18 do 24 mesiacov. Vzhľadom k tomu že soľanka sa nachádza na otvorenom priestranstve, proces môže byť spomalený dažďom ba dokonca potopou. Okrem lítiového trojuholníka sa početné náleziská nachádzajú po celom svete, ako napríklad v Austrálii, Kanade, Číne, Indii, Izraeli, USA.²¹

3.3 Lítium v mineráloch

Lítiové minerály patria do troch všeobecných tried:

- komplexné kremičitany hlinité
- fosforečnany
- sľudy

Najbežnejším kremičitanom hlinitým s obsahom lítia je spodumén. Lítiové minerály majú najčastejšie podobu horniny nazývanej pegmatit. Sú to hrubozrnné vyvreté horniny spojené s neskorým stupňom kryštalizácie post magmatických tekutín. Pegmatit má tendenciu byť viac obohatený o difúzne prvky, ako je lítium. Sú pomerne bežné v celej zemskej kôre avšak pegmatity obsahujúce lítium tvoria menej ako 1% svetových zdrojov pegmatitu. Medzi ďalšie minerály obsahujúce lítium patrí spodumén, lepidolit, petalit, amblyhonit, jadarit, hektorit.²²

Bežne sa lítium extrahuje z minerálov ako je uhličitan lítny, ktorý je prekurzorom pre takmer všetky komerčné zlúčeniny. Prvým stupňom procesu ťaženia lítia z minerálov je rozdrvenie a mletie, ktoré uvoľňuje lítiové minerály zo skalnej matrice. Tieto minerály sú tvrdé

²⁰ Swain, B. Recovery and recycling of lithium: A review. Sep. Purif. Technol. 2017, 172, 388–403.

²¹ Vikström, H.; Davidsson, S.; Höök, M. Lithium availability and future production outlooks. Appl. Energy 2013, 252–266

²² Meshram, P.; Pandey, B.D.; Mankhand, T.R. Extraction of lithium from primary and secondary sources by pre-treatment, leaching and separation: A comprehensive review. Hydrometallurgy 2014, 192–208.

a abrazívne. V dôsledku toho je rozdrobenie energeticky náročné a predstavuje až 50% nákladov na spracovanie. Lítiová ruda sa potom oddelí fyzikálnymi, elektrickými a magnetickými procesmi. Ďalší proces predstavuje chemické spracovanie, po ktorom sa na ďalšie konvertovanie lítia použijú konečné procesy. Chemické spracovanie zvyčajne vykonávajú špecializované spoločnosti. Je to z dôvodu, že kryštálová štruktúra je náchylná na chemické poškodenie. Medzi ďalšie časté metódy patrí praženie chlórrom, proces zahrievania rudy za prítomnosti uhličitanu vápenatého, po čom nasleduje lúhovanie vodou.²³

Troma hlavnými svetovými dodávateľmi lítia z minerálnych zdrojov sú dnes Austrália, Kanada a Zimbabwe.²⁴ V Austrálii je v súčasnosti najväčším výrobcom lítia z minerálneho zdroja baňa Greenbushes. Medzi ďalšie významné oblasti patrí Broken Hill, Nový Južný Wales; Mt. Cattlin a Mt. Marion. V Kanade medzi najznámejšie bane patria LaCorne, Val d'Or, Nemeska. Mimoriadne bohatá na minerály je aj Subsaharská Afrika. Baňa Bikita v provincii Masvingo v Zimbabwe je jednou z najväčších baní v Afrike a pôsobí od 50 rokov minulého storočia. Medzi ďalšie lokality subsaharaskej Afriky ktoré disponujú s minerálnymi baňami sú Namíbia, Konžská demokratická republika, Rwanda, Mozambik.²⁵

3.4 Ťažba a dopad na životné prostredie

Prioritnou a právnou nevyhnutnosťou pre všetky moderné banské spoločnosti je trvalo udržateľné riadenie a správa životného prostredia. Moderné spoločnosti sú zodpovedné za praktizovanie procesov ťažby nerastných surovín s nízkou mierou dopadu na životné prostredie, pričom berú na seba zodpovednosť a starostlivosť o životné prostredie. V minulosti, ba dokonca aj dnes, to v niektorých banských prevádzkach tak nebolo. Zle riadená banská činnosť mala katastrofálny dopad na životné prostredie. Napríklad v Indii rozsiahle ťažobné činnosti ovplyvnili miestne komunity v dôsledku transformácie pôdy, čo viedlo k strate lesného poľnohospodárstva.²⁶

²³ Colton, J.W. Recovery of lithium from complex silicates. In Handling and Uses of the Alkali Metals; Advances in Chemistry; American Chemical Society: Washington, DC, USA, 1957;

²⁴ Kunasz, I.A. Lithium Resources. Industrial Minerals and Rocks; SME (Society Mining Metallurgy and Exploration): Englewood, CO, USA, 2006;

²⁵ Sitando, O.; Crouse, P.L. Processing of a Zimbabwean petalite to obtain lithium carbonate. Int. J. Miner. 2012,

²⁶ Jamal, A.; Kumar, R.; Varshney, R.; Shirin, S.; Ratan, S.; Yadav, A.K. Economic rehabilitation of local population in the post-mining situation. In Proceedings of the Sixth International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2017) and SECOTOX Conference, Thessaloniki, Grécko, 30 Júna 2017; 876–885.

Doly s otvorenými jamami spojené s ložiskami minerálneho lítia sú často krát v porovnaní s inými baňami malé. Ťažba lítia má relatívne nízky vplyv na životné prostredie v porovnaní s ťažbou iných kovov. Napriek tomu zlé riadenie prevádzok ťažiacich lítium vedie k odvodňovaniu kyslých drenáží (AMD), okysľovaniu vôd vylúhovaných z banských hlušín alebo starých baní, ktoré sa nevyužívali a naplnili sa povrchovou a podzemnou vodou. Tieto vody obsahujú toxické kovy, ako je meď a olovo ktoré majú negatívny vplyv pri zníženom pH na sladké vody.²⁷

Negatívne účinky spojené s AMD sa často prejavujú až niekoľko rokov po začatí ťažby a môžu pretrvávať po stáročia. V súčasnosti sú na zmiernenie AMD zavedené preventívne opatrenia, ktoré sú zvyčajne povinné vo väčšine krajín.²⁸

Extrakcia lítia zo soľného roztoku vyžaduje v procese veľké množstvo sladkej vody. V oblastiach, kde sa nachádzajú salaria Južnej Ameriky, sú zásoby sladkej vody relatívne vzácne. To viedlo k určitým „vodohospodárskym konfliktom“ medzi ťažbou nerastných surovín a tradičným poľnohospodárstvom. Výroba lítia zo soľaniek môže mať negatívny vplyv na miestne prostredie. Jeden zdroj potenciálneho znečistenia je z veľkých PVC (polyvinylchloridových) nádrží, ktoré sa používajú na odparovanie soľanky, ktoré môžu vypustiť do prostredia rôzne látky, ako napríklad vápno. Samotné PVC môže tiež uvoľňovať škodlivé látky do vôd, ktoré sa vracajú do miestneho prostredia.²⁹

Extrakcia lítia môže mať významný environmentálny a sociálny vplyv, ak nebude riadne kontrolovaná a regulovaná. Medzi hlavné obavy patrí znečistenie vôd a uvoľňovanie toxických a chemických látok prostredníctvom lúhovania do ovzdušia. Ťažba lítia, rovnako ako akýkoľvek iný banský proces, môže mať vplyv na životné prostredie. Je však dôležité uviesť, že ťažba je dôležitou súčasťou našej globálnej ekonomiky a po desaťročia poskytuje zamestnanie miliónom ľudí, pričom zároveň pomáha rozvojovým krajinám s ekonomickou bezpečnosťou.³⁰

²⁷ Väyrynen, A.; Salminen, J. Lithium ion battery production. *J. Chem. Thermodyn.* 2012, 80–85

²⁸ Akcil, A.; Koldas, S. Acid Mine Drainage (AMD): Causes, treatment and case studies. *J. Clean. Prod.* 2006, 1139–1145.

²⁹ Sadiki, A.D.; Williams, D.T. A study on organotin levels in Canadian drinking water distributed through PVC pipes. *Chemosphere* 1999, 1541–1548

³⁰ Hilson, G. Small-scale mining and its socio-economic impact in developing countries. In *Natural Resources Forum*; Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK; Boston, MA, USA, 2002; 3–13.

3.5 Zdroje lítia

Vzhľadom k tomu že lítium je vysoko reaktívny alkalický kov, prirodzene sa vo svojej základnej forme nevyskytuje. Môžeme ho nájsť len ako súčasť zlúčenín, ktoré prakticky môžeme nájsť takmer všade: v zemi, vo vode, v živých organizmoch ba dokonca sa zlúčeniny lítia nachádzajú aj vo vesmíre. Na zemskom povrchu sa lítium nachádza najčastejšie v žulách ako krištáľové lítium najmä v pegmatických kryštalických masách. Lítium sa okrem ťaženia zo zemského povrchu dá získať z ílov a soľných roztokov v oceáne. Extrakcia lítia zo slaného roztoku sa začala využívať koncom 90. rokov a predstavuje lacnejšiu alternatívu ťažby. Ako je vyššie spomenuté, lítium sa nachádza v stopových prvkoch v mnohých živých organizmoch vrátane rastlín, bezstavovcov a stavovcov. Rôzne štúdie naznačujú že lítium má určitú rolu vo fyziologických úlohách živých organizmov.³¹

Autori knihy „Lithium Resources and Production: Critical Assessment and Global Projections“ Steve H. Mohr a kolektív, poskytujú rozsiahly zoznam zdrojov a rezerv lítia na rôznych miestach po celom svete.

Krajiny ktoré disponujú s najväčšími zásobami lítia:

- **Chile** – táto krajina disponuje s najväčšími zásobami lítia na svete, až 7,5 milióna metrických ton čo predstavuje 37% celosvetových zásob lítia. Kľúčovým producentom lítia v Chile je firma SQM - Sociedad Química y Minera de Chile.
- **Bolívia** – v Bolívii sa nachádza najväčšia soľná plocha na svete, Salar de Uyuni ktorá obsahuje milióny tón lítia. Bolívia je súčasťou lítiového trojuholníka a patrí medzi štáty ktoré majú najväčšie známe zásoby lítia na svete. Bohužiaľ Bolívii chýba infraštruktúra, ktorá by lítium umožňovala ťažiť efektívne.
- **Čína** – zásoby lítia v Číne dosahujú hodnotu 3,2 milióna metrických ton. Aj napriek veľkým zásobám lítia v Číne, ázijské krajiny stále importujú väčšinu lítia z Austrálie. Do roku 2020 sa predpokladá až 51% nárast produkcie lítiovo-iónových batérií a rovnako sa predpokladá že krajina bude vyrábať 62% svetovej produkcie batérií.
- **Argentína** – je tretia najväčšia krajina produkujúca lítium vo svete. Disponuje s 2 miliónmi metrických ton lítia. Zatiaľ čo sa v Argentíne nachádzajú veľké pozemné

³¹ Vine, J.D. Lithium Resources and Requirements by the Year 2000(No. 1005); US Government Publishing Office: Washington, DC, USA, 1976.

zásoby lítia, ťaženie je pre krajinu problematické a ekonomicky náročné. Iba čas ukáže či sa tento priemysel bude v budúcnosti rozvíjať.

- **Austrália** – krajina ktorá bola do roku 2017 najväčším producentom lítia má štvrté najväčšie rezervy lítia na svete. V krajina je domovom lítiového projektu Greenbushes, ktorý je pod záštitou Talison Lithium, dcérskej spoločnosti Tianqi Lithium a Albemarle. Tento projekt je známy ako najdlhšia nepretržitá prevádzková banská oblasť, ktorá je v prevádzke viac ako 5 rokov.³²

Albermale patrí k najznámejším spoločnostiam v oblasti produkcie lítia ktorá má dominantné postavenie v tomto odvetví. Firma má sídlo v Severnej Karolíne ale pôsobí hlavne v Austrálii a Chile kde vyrába približne tretinu svetového lítia, ktoré je distribuované hlavne na čínsky trh. Firma očakáva že predaj lítia v roku 2019 vzrastie zo 3,5 miliárd dolárov na 3,7 miliárd dolárov.³³

Ďalšie krajiny disponujúce zásobami lítia:

- Portugalsko – 60 000 MT
- Brazília – 48 000 MT
- USA – 35 000 MT
- Zimbabwe – 23 000 MT

Celkové zásoby lítia predstavujú 16 500 000 MT. Ak bude tento alkalický kov v budúcnosti stále taká žiadaná komodita ako dnes, pravdepodobne niektoré krajiny s najväčšími zásobami lítia sa stanú ešte viac významnými hráčmi v medzinárodnom obchode s touto komoditou.³⁴

3.6 Využitie lítia

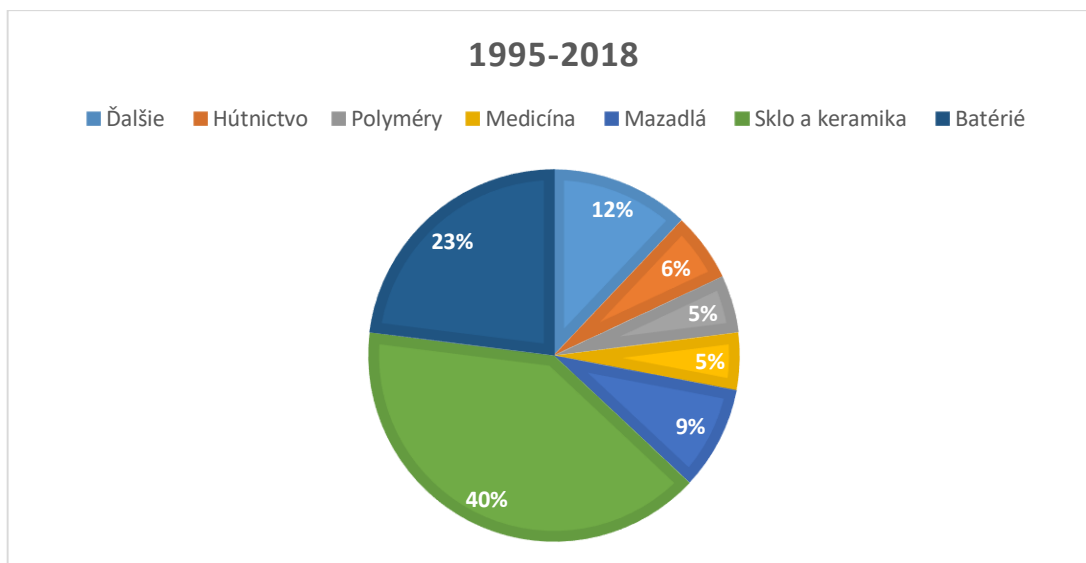
Aby sme správne odhadli, či bude predpokladaná budúca produkcia dostatočná, je zaujímavé porovnať možné úrovne produkcie s potencionálnym budúcim dopytom. Na

³² Steve H. Moran Lithium Resources and Production: Critical Assessment and Global Projections

³³ Bloomberg. Lithium market cheers as top supplier sees demand driving higher. [online]. [citované 21. 02. 2019] Dostupné na :<https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-02-21/lithium-market-cheers-as-top-supplier-sees-demand-driving-higher>

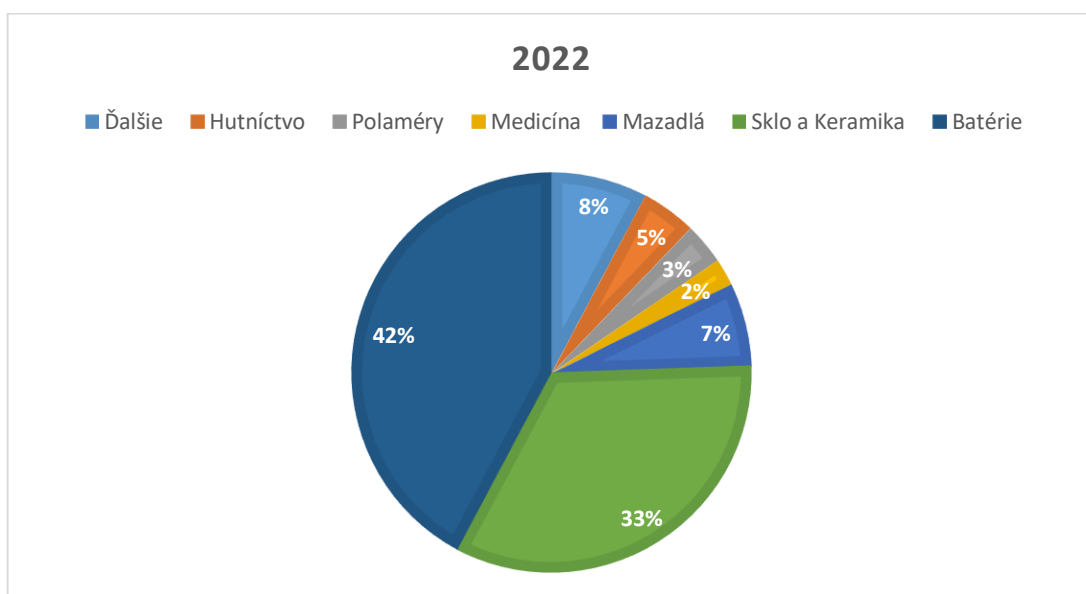
³⁴ Statista. World lithium reserves by country 2018. [online]. 2018. Dostupné na: <https://www.statista.com/statistics/268790/countries-with-the-largest-lithium-reserves-worldwide/>

nasledujúcich grafoch môžeme vidieť dopyt po lítiu na rôznych trhoch od roku 1995 do 2018 a predpokladaná zmena štruktúry dopytu do roku 2022.



Obr. 1 Štruktúra využitia lítia v rôznych priemyselných odvetviach v rokoch 1995 – 2018

Prameň: USGS. Mineral Commodity Summaries, Lithium 2018



Obr. 2 Predpokladaná zmena štruktúry využitia lítia do roku 2022

Prameň: USGS. Mineral Commodity Summaries, Lithium 2018

Podľa grafov môžeme vidieť že využitie lítia je naozaj všestranné a má bohatú štruktúru výroby. Ako môžeme z grafov vyčítať, postupne rastie podiel lítia na výrobe elektrických batérií v porovnaní s ostatným ustupujúcim využitím lítia. Môže za to hlavne rastúci globálny dopyt po elektrických automobiloch.

3.6.1 Sklo a keramika

Lítium sa dlhodobo využívalo a to hlavne vo svojich počiatkoch pri výrobe skla, sklenenej keramiky, porcelánových smaltoch, fritovaných glazúrach alebo surovej glazúre.³⁵ Sklársky a keramický priemysel je stále dominantným a významným spotrebiteľom lítia, aj keď podiel týchto dvoch priemyslov na celkovom podiele štruktúry využitia postupne upadá a do popredia sa dostáva stále rastúce využitie v batériách. Lítium vďaka svojim vlastnostiam, ktoré zabezpečujú zvyšovanie pevnosti keramických telies, dodatočnú trvanlivosť alebo predĺženú životnosť si získalo dominantné postavenie v týchto priemyselných odvetviach. Vďaka zisteniu, že lítium je účinné pri podpore silikónových nanovláken v elektronických súčiastkach pre elektrické batérie a iné elektrické zariadenie, stúpa jeho význam v elektrotechnickom priemysle.³⁶

3.6.2 Lítium ako mazivo

Lítiové mazivo je vodotesné a je schopné dlhodobo udržiavať svoju viskozitu. Má nízku teplotu topenia, vysokú mechanickú pevnosť a vysoký tepelný odpor. Aj napriek tomu že lítium sa stalo predmetom obchodnej výmeny len začiatkom 40. rokov minulého storočia, môžeme povedať že prakticky nahradil tuky na báze sodíka. Lítiové mazivo je v podstate olej ktorý sa používa v leteckom či železniarskom priemysle.³⁷

3.6.3 Lítium v medicíne

Blahodarné neurologické účinky lítia sa využívali už od čias Rímskej ríše a to vďaka jeho vysokej koncentrácii v soliach ktoré sa pridávali do kúpeľov. Prvýkrát bolo lítium vedome

³⁵ Vine, J.D. Lithium Resources and Requirements by the Year 2000 (No. 1005); US Government Publishing Office: Washington, DC, USA, 1976

³⁶ Rumble, J. Handbook of Chemistry and Physics; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2017; ISBN 9781138561632

³⁷ Yalamanchali, R. Lithium, an Emerging Environmental Contaminant, Is Mobile in the Soil-Plant System. PhD. Thesis, Lincoln University, Lincoln, New Zealand, 2012.

použité ako liečebná látka v roku 1845. Jeho využitie neustupovalo a preto sa lítium pre svoje terapeutické účinky využíva aj naďalej v oblasti medicíny.³⁸

3.6.4 *Hutníctvo*

Podobne ako v sklárskom a keramickom priemysle, sa lítium primárne používa v hutníckom priemysle na zníženie nákladov spojených s energiami. Podporuje tavenie kovov pri spájkovaní alebo zvaraní. Má mazací účinok na povrch ocele, čo robí proces odlievania viac plynulejším vďaka zníženému treniu. Pri výrobe medi s vysokou vodivosťou sa lítium používa ako odplyňovač.³⁹

3.6.5 *Batérie*

Lítium-iónové batérie tvoria základnú zložku väčšiny osobných elektronických automobilov, mobilných a iných elektrických zariadení, pretože majú najvyššiu energetickú hustotu na rozdiel od iných technológií. Revolúcia týchto batérií začala začiatkom 90 rokov minulého storočia po tom, čo spoločnosť Sony a niekoľko ďalších spoločností vydali prvú komerčnú verziu novej technológie batérií – lítium-iónové batérie. V súčasnosti majú tieto batérie dominantné postavenie ako voľba pre mnohé komodity, najmä pre elektrické vozidlá a mobilné telefóny a preto otázky týkajúce sa celosvetovej dodávky lítia sú včasné. Jednoducho povedané, môžu lítium-iónové batérie zvýšiť svoje postavenie na svetovom trhu vzhľadom k zvýšenému dopytu?⁴⁰

3.7 **Recyklácia lítia**

Jedna vec, ktorá môže ale aj nemusí mať veľký vplyv na budúcu výrobu je recyklácia. Celková produkcia lítia by mohla potencionálne významne vzrásť, ak by sa zvýšila miera recyklácie použitého lítia, ktorá je uvedená v mnohých štúdiách.

USGS⁴¹ (United States Geological Survey) uvádza, že recyklácia lítia bola historicky nevýznamná, ale jej dôležitosť postupne narastá analogicky s rastúcim použitím lítia pre batérie.

³⁸ Rittmeyer, P.; Wietelmann, U. Hydrides. In Ullmann's Encyclopaedia of Industrial Chemistry; Wiley-VCH: Weinheim, Germany, 2000.

³⁹ Ryu, T.; Shin, J.; Ryu, J.; Park, I.; Hong, H.; Kim, B.G.; Chung, K.S. Preparation and characterization of a cylinder-type adsorbent for the recovery of lithium from seawater. Mater. Trans. 2013, 1029–1033

⁴⁰ Raghavan, R. Synthesis and Electrochemical Characterization of Silicon Clathrates as a node Materials for Lithium Ion Batteries; Arizona State University: Tempe, AZ, USA, 2013

Recyklácia batérií je však v súčasnosti stále viac-menej neexistujúca a predstavuje približne len 3% z celkového počtu použitých batérií.⁴² V prípade že sa aj batérie recyklujú, zvyčajne to nie je pre lítium, ktoré je recyklované, ale pre iné drahšie kovy ako je napríklad kobalt, ktorý má rovnako dôležité postavenie pri výrobe batérií.⁴³ Zvýšená recyklácia batérií sa v budúcnosti môže odvíjať od zmeny v cenách jednotlivých kovov, pričom sa predpokladá, že recyklácia lítia onedlho výrazne vzrastie. Týmto argumentuje známy americký fyzik Thomas G. Gonnar vo svojej knihe *Lithium Use in Batteries*.⁴⁴ Autori Kushnir a Sandén tvrdia, že veľké automobilové batérie sa budú technicky jednoduchšie recyklovať ako menšie batérie, a že takáto recyklácia lítia môže nahradiť veľkú časť dopytu. Rovnako však konštatujú že budúca miera recyklácie je veľmi neistá, pričom vychádzajú z niekoľkých dôvodov na spochybnenie pravdepodobnosti vysokých recyklačných podielov lítiových batérií. Autori uvádzajú že hospodárstvo na recykláciu lítia v súčasnosti nie je dobré a hospodárske podmienky by sa v budúcnosti mohli ešte viac zhoršiť.⁴⁵

Podľa IEA (International Energy Agency) sa predpokladá, že úplne recyklačné systémy budú zavedené medzi rokmi 2020 a 2030, čo potvrdzujú viac menej všetky štúdie zaoberajúce sa budúcou výrobou lítia a jeho použitím pre elektrické vozidlá.⁴⁶

Sullivan J. L., Gaines L., autori knihy „Status of life cycle inventories for batteries. Energy Conversion and Management“ zase tvrdia, že chémia li-ion batérií je zložitá a stále sa len vyvíja, čo má za následok ťažší vývin ziskovej cesty pre tento priemysel. Zdôrazňujú však, že existujú dva recyklačné procesy pre recykláciu batérií, ale jeden z nich stráca v procese recyklácie väčšinu lítia a ďalšie cenné kovy. Obnova lítia z batérií nie je v súčasnej dobe účinná, hlavne pre nízky obsah lítia v batériách (podiel lítia v batériách tvorí približne len 2%)

⁴² USGS. Lithium annual publication, Mineral Commodity Summaries. [online]. 2012. Dostupné na: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity>

⁴³ Georgi-Maschler T, Friedrich B, Weyhe R, Heegn H, Rutz M. Development of a recycling process for Li-ion batteries. *Journal of power sources* 2012,173–182

⁴⁴ USGS. Lithium use in batteries. U. S. Geological Survey Circular. [online]. 2012. Dostupné na: <http://pubs.usgs.gov/circ/1371/>

⁴⁵ Kushnir D, Sandén BA. The time dimension and lithium resource constraints for electric vehicles. *Resource Policy* 2012, 93–103.

⁴⁶ IEA, 2010. *Energy Technology Perspectives*. ISBN: 978-92-64-08597-8, 650

a pomerne stále nízkej cene lítia, aj keď z časového hľadiska cena lítia stále rastie odhladiadnuc od poslednej cenovej stagnácie.⁴⁷

Z krátkodobého hľadiska, do roku 2020 nemožno predpokladať že akékoľvek značné množstvo lítia bude zrecyklované, pretože v súčasnosti to nie je ekonomicky výhodné a zdá sa, že rovnako neexistujú osvedčené metódy na to, aby sa to vykonávalo na priemyselnej úrovni. Predpokladá sa, že životnosť batérie je často dlhšia ako 10 rokov a možno povedať, že očakávané značné množstvo recyklovaného lítia počas tejto doby je jednoducho nerealistické. Je teda pravdepodobné že do roku 2025 sa objem recyklácie významne nezmení.⁴⁸

Predpokladá sa, že používanie li-ion batérii rýchlo porastie. Ak by sa rast uskutočnil lineárne, v čase, keď sa dosiahne vysoká miera recyklácie, recyklácia by mohla tvoriť veľkú časť dopytu po lítiu. V prípade, exponenciálneho rastu by recyklácia nikdy nemohla držať krok s rastom, ku ktorému by došlo oneskorene počas 10 ročnej životnosti batérie.⁴⁹

3.8 Porovnanie elektromobilov a konvenčných automobilov

Pomocou najnovších dostupných údajov o emisiách vieme povedať, že elektromobily sa stali najlepšou voľbou pri snahe bežných ľudí znížiť globálne otepľovanie, obdobne ako spotrebu ropy. Vzhľadom na tieto aktualizované skutočnosti vieme vyvodiť nasledujúce zistenia:

- v dôsledku čistejšej elektrickej siete a vyššej účinnosti elektrických automobilov sa za posledné 3 roky znížili emisie v 76% regiónov (v USA) z nabíjania elektrických vozidiel na rozvodnej sieti
- 20 z 26 regiónov zaznamenali zníženie emisii z elektrozariadení z dôvodu regionálnych zmien v zložení zdrojov elektrickej energie
- na pacifickom severozápade klesla výroba uhlia a zemného plynu o takmer 10% - s nahradením prevažne vodnou a veternou energiou – čo viedlo k zníženiu emisii pri výrobe elektriny o viac ako 20%

⁴⁷ Sullivan J L, Gaines, L. Status of life cycle inventories for batteries. Energy Conversion and Management 2012, 124–148

⁴⁸ Wanger TC. The lithium future—resources, recycling, and the environment. Conservation Letters 2011, 202–206.

⁴⁹ Wanger TC. The lithium future—resources, recycling, and the environment. Conservation Letters 2011, 206–210.

- riadenie elektromobilu v ktorejkoľvek krajine produkuje menej globálneho otepľovania ako priemerné nové benzínové auto.⁵⁰

Jednoducho možno povedať, že pri riadení elektromobilov sa produkuje až o 70% menej emisií, v porovnaní s konvenčnými, benzínovými automobilmi. Aj napriek tomu, že elektromobily produkujú menej emisií, sú šetrnejšie k životnému prostrediu a neprispievajú ku globálnemu otepľovaniu, samotná elektrina sa niekde musí získavať. Dokonca aj samotná výroba elektromobilov prispieva ku globálnemu otepľovaniu asi dvakrát viac ako výroba automobilov so spaľovacím motorom. Toto vysoké alarmujúce číslo je spojené najmä s výrobou batérií, ktorých výroba je podľa niektorých štúdií z Nórskej Univerzity Vedy a Techniky toxickejšia a môže ľahšie znečistiť vodu.

Aj napriek tomu že elektromobily sa chvália skoro nulovými emisiami, ich zdroj energie, elektrina, sa však musí nejako vyrábať. Najčastejším spôsobom získavania elektriny je z elektrární. Podľa prieskumu International Energy Agency z roku 2018 najväčší podiel na produkcii elektriny majú tepelné (spaľovacie) elektrárne. A práve tieto elektrárne sú najmenej šetrné k životnému prostrediu.⁵¹

Autori analýzy spočítali, že automobil s dieselovým motorom so životnosťou 200 000 kilometrov je proti elektromobilu, u ktorého je nutné v čase jeho životného cyklu vymeniť batérie, k životnému prostrediu šetrnejšie. Nórski vedci zdôrazňujú, že elektromobily môžu byť prínosom pre životné prostredie, ale nie za každých podmienok. Poukazujú na to, že pokiaľ sa elektrická energia bude vyrábať pomocou uhlia a spaľovania ťažkého oleja, je kontraproduktívne podporovať elektromobily.⁵²

Vzhľadom k výsledkom rôznych konferencií o životnom prostredí a udržateľnom rozvoji možno povedať, že mnohé štáty sa zaviazali že budú chrániť životné prostredie, a teda znižovať podiel emisií, rovnako ako aj v čo najväčšej miere eliminovať globálne otepľovanie. Z uvedeného možno vyvodiť, že štáty sa budú snažiť postupne meniť spôsob produkcie

⁵⁰ UCSUSA. Cleaner Cars from Cradle to Grave. [online]. [citované 01. 11. 2015]. Dostupné na: <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2015/11/Cleaner-Cars-from-Cradle-to-Grave-full-report.pdf>

⁵¹ Key World Energy Statistics (2018) (PDF). International Energy Agency. 2018.

⁵² Auto.cz. Studie : elektromobily škodí víc než auta se spalovacím motorem. [online] [citované 07. 10. 2012] Dostupné na : https://www.auto.cz/studie-elektromobily-skodi-vic-nez-auta-se-spalovacim-motorem-70336?utm_source=facebook&utm_medium=dave&fbclid=IwAR2QxY4lzMtKELgbywe27g_ogJSVm7FPfjNaM-p7JlxzxIQw1dKgdpG6pZg

elektriny v súlade s ochranou životného prostredia, čo výrazne môže podporiť trh s elektromobilmi, obdobne ako aj trh s lítium.

4 Výsledky a diskusia

Nadmerná ponuka lítia v roku 2018 spôsobila zníženie cien lítia až na polovicu, čím sa zastavila bezprecedentná prevádzka kľúčového komponentu pre batérie používané v elektrických vozidlách. Analytici však tvrdia, že stabilný dlhodobý dopyt by mal tento trh po miernom prebytku dopytu v tomto roku podporiť. Rozmach elektrických vozidiel zvýšil ceny komponentov lítium-iónových batérií, vrátane lítia a kobaltu keď spotrebitelia, ako automobilové spoločnosti, zvýšili zabezpečovanie svojich dodávok.



Obr. 3 Vývoj cien lítia od roku 2016 do roku 2018 (v tisícoch USD za metrickú tonu)

Prameň: Benchmark Mineral Intelligence. Zandi Shabala 2018

Ceny lítia sa však dostali pod tlak v roku 2018, pretože baníci zvýšili svoju výrobu, spotrebitelia sa zásobovali a na čínsky trh s novými energetickými vozidlami sa stiahli dotácie. Ceny v Číne, najväčšom svetovom spotrebiteľovi lítia, sa podľa mesačnej správy BMI (Benchmark Mineral Intelligence) od marca minulého roku znížili do konca augusta z 24 750 dolárov na 13 000 dolárov,

Analytici z CRU (Custom Resolution Utility) neziskovej organizácie tvrdia, že aj napriek tomu že dopyt po lítiu nebude klesať, ceny zostanú v tomto roku pod tlakom kvôli nadmernej

ponuke. Zároveň očakávajú, že trh s lítium bude v roku 2019 v prebytku o 22 tisíc ton, pričom sa očakáva že dopyt dosiahne 227 tisíc ton.⁵³

Čína zároveň odstránila mnohé dotácie pre niektoré elektromobily ako súčasť snahy prinútiť automobilky, aby sa nespoliehali len na fiškálnu politiku, ale aby sa viac zamerali na technologické zlepšenie. Analytik BMI Andrew Miller povedal, že tieto zmeny dotácií spôsobili v prvej polovici minulého roku zdržanie nákupov nových vozidiel spotrebiteľmi, ktorí čakali na zníženie cien automobilov, čo malo za následok spomalenie aktivity na trhu s lítium. Andrew Miller neskôr povedal, že dopyt po lítium by sa mal naďalej zvyšovať spolu so širším zavádzaním elektrických vozidiel, podporovaných mnohými mestami a štátmi na svete, ktoré zakazujú alebo trestajú konvenčné autá na benzínový alebo naftový motor, s cieľom znížiť emisie uhlíka. Uviedol, že cenová reakcia na miernu nadmernú ponuku na trhu s lítium v tomto roku bola prehnaná a hovorí, že dlhodobé vyhliadky pre priemysel zostávajú nedotknuté.⁵⁴

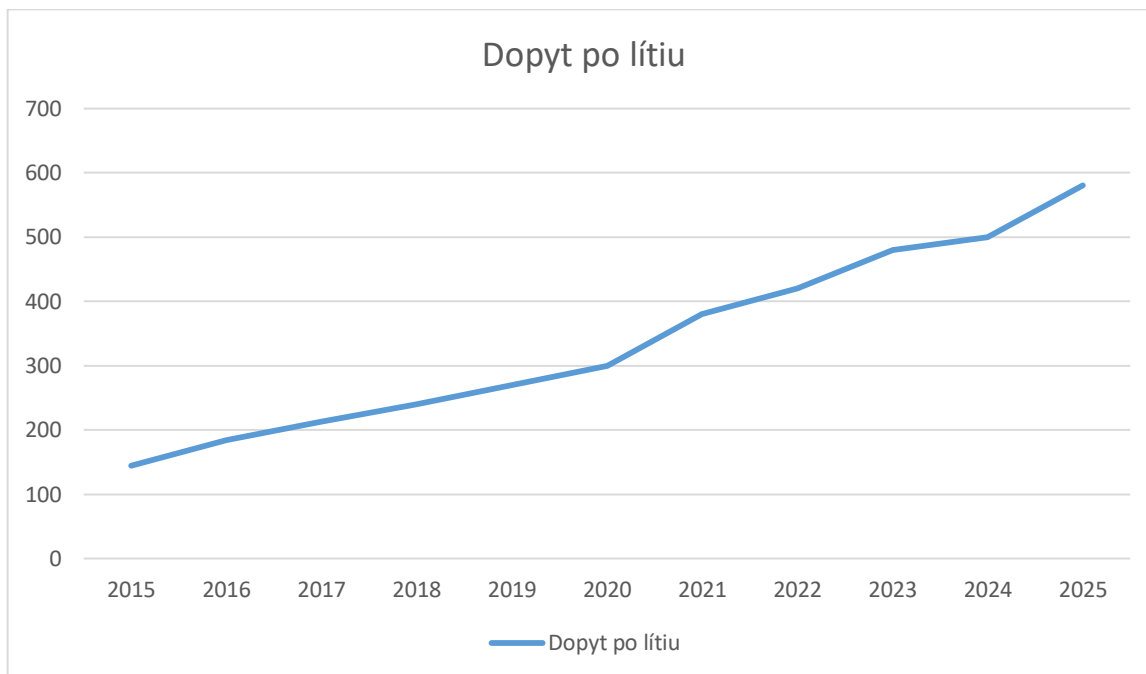
Pod tlakom cien lítia akcie výrobcov ako napríklad Albemarle a SQM , ktorí spolu vyrábajú približne 37% svetového lítia, boli v roku 2018 o 25% nižšie ako v roku 2017.⁵⁵

⁵³ <https://fingfx.thomsonreuters.com/gfx/editorcharts/LITHIUM-CHEMICALS-PRICES/0H0014BW3283/eikon.png>

⁵⁴ Reuters. Solid demand to underpin lithium as price slides in 2018. [online]. [citované 17. 09. 2018] Dostupné na : <https://www.reuters.com/article/us-lithium-chemicals-prices/solid-demand-to-underpin-lithium-as-price-slides-in-2018-idUSKCN1LX1PF>

⁵⁵ Reuters. Shares in lithium companies fall in 2018. [online] 2018. Dostupné na: https://pdf.reuters.com/pdfnews/pdfnews.asp?i=43059c3bf0e37541&u=2018-09-05T105717Z_GFXEE950UFHIK_1_RTRGFXG_BASEIMAGE.JPG

4.1 Dopyt po lítiu



Obr. 4 Graf rastu dopytu po lítiu od roku 2015 do roku 2025 (v tisícoch metrických ton)

Prameň: CRU, Zandi Shabala, Lithium market demand growth to 2025, 2018

Jeden z dôvodov súčasnej ceny je neustále rastúci dopyt. V roku 2000 bol dopyt približne 65 tisíc ton, pričom v roku 2015 dosiahol hodnotu 184 tisíc ton. Pre rok 2025 experti odhadujú že dopyt po lítiu bude väčší ako 530 tisíc ton. Hnacím faktorom bude zvýšený dopyt po batériách a akumulátoroch v automobilovom priemysle. V roku 2015 len tretina dopytu po lítiu pochádzala z odvetví batérií. V roku 2025 pravdepodobne dosiahne až 70%.

Dopyt po lítiu bude definovaný predovšetkým tromi rôznymi stranami:

- ázijské elektronické skupiny, ktoré sa zameriavajú predovšetkým na hromadnú produkciu výkonných lítium-ionových batérií a akumulátory na denné použitia v multimediálnych zariadeniach.

- výrobcovia automobilov a to predovšetkým Tesla Motors, ale aj všetci ostatní poprední výrobcovia automobilov (Nissan, Volkswagen, Mercedes)
- výrobcovia energetických bánk, tzv. decentralizovaných zásobníkov energie ktoré sa používajú v súkromnom a priemyselnom sektore.

Táto konštelácia zvýši dopyt po lítiu o 100% v priebehu nadchádzajúcich 5 rokov, pričom energické banky zapríčinia najväčší nárast dopytu a môžu zatieniť ostatné sektory výroby.⁵⁶

Nedávne štúdie spoločnosti Roskill a Benchmark Minerals Intelligence naznačujú, že rýchlejší prienik elektromobilov, ktorý je poháňaný vládou politiku značne zvýši dopyt po lítiu. Roskill rovnako predpokladá zvýšené využívanie li-ion batérií pre vysokovýkonné zásobníky energie, ktoré sú spojené najmä so zdrojmi obnoviteľnej energie.⁵⁷

4.2 Vládna politika

Významným hnacím motorom rozvoja elektrozariadení je neustále sa zhoršujúca klíma planéty. Parížska dohoda, ktorá vstúpila do platnosti v novembri 2016, spája mnoho krajín ktorých spoločným cieľom je zníženie emisií skleníkových plynov a obmedzenie globálneho otepľovania na úroveň pod 2°C.

V parížskej deklarácii z roku 2015 sa uvádza, že doprava má 23% podiel na súčasných globálnych emisiách skleníkových plynov. Medzinárodná agentúra pre energetiku odhadla, že ak chceme obmedziť klimatické zmeny na menej ako 2%, musia elektrické vozidlá do roku 2035 predstavovať 35% predaja z celkového objemu predaných nových automobilov.⁵⁸

4.2.1 Opatrenia EÚ

Opatrenia EÚ týkajúce sa dopravy, ktoré boli zavedené s cieľom pomôcť EÚ dosiahnuť ciele Parížskej dohody týkajúce sa zníženia emisií skleníkových plynov o 40% pod úroveň roku 1990 do roku 2030 a o 80% pod úroveň roku 1990 do roku 2050:

⁵⁶ SRC. Lithium report 2018. [online]. 2018. Dostupné na:

https://www.advantagelithium.com/_resources/pdf/en_Doppelseite_Lithium_2018.pdf

⁵⁷ European Lithium. Lithium Market. [online]. 2018. Dostupné na: <https://europeanlithium.com/lithium/lithium-market/>

⁵⁸ EUR-Lex. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT, A European Strategy for Low-Emission Mobility. [online]. [citované 20. 07 2016]. Dostupné na : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52016SC0244>

- smernica o energii z obnoviteľných zdrojov z roku 2009 vyžaduje, aby členské štáty zabezpečili, že do roku 2020 bude aspoň 10% spotreby energie z dopravy pochádzať z obnoviteľných zdrojov
- nariadenie o emisných normách z roku 2009, ktoré požaduje aby výrobcovia automobilov dosiahli určitú priemernú úroveň emisií v rámci nových vozidiel
- smernica o čistých vozidlách z roku 2009 vyžaduje, aby verejné orgány v členských štátoch pri obstarávaní nových cestných vozidiel zvažili spotrebu paliva a znečisťujúce látky
- v Bielej knihe Európskej komisie z roku 2011 o jednotnom dopravnom európskom priestore sa stanovuje cieľ do roku 2050 znížiť emisie skleníkových plynov v doprave o 60%
- stratégia Európskej komisie pre nízkoemisnú mobilitu z roku 2016 sumarizuje na vysokej úrovni svoje zameranie na legislatívny vývoj a uplatňovanie podporného financovania v súvislosti s prechodom na udržateľnú dopravu.⁵⁹

4.2.2 Opatrenia SR

Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky predložilo návrh nového plánu na podporu elektromobily na Slovensku. Tento návrh obsahuje 16 opatrení a nesie názov „Akčný plán rozvoja elektromobily v Slovenskej republike.“

Medzi najvýznamnejšie opatrenia patria:

- priame dotácie – Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky chce nadviazať na projekt finančnej podpory nákupu elektrických a plug-in hybridných automobilov, z čoho vyplýva poskytovanie finančných dotácií na nákup nových elektromobilov
- podpora nabíjacej infraštruktúry – program týkajúci sa výstavby, prestavby a rekonštrukcie nabíjacích staníc.
- budovanie nabíjačiek pri výstavbe parkovacích miest
- budovanie nabíjačiek na parkoviskách štátnych inštitúcií

⁵⁹ European commission. Proposal for post-2020 CO2 targets for cars and vans. [online]. [citované 8. 10. 2017]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/proposal_en

- zavedenie špeciálnych „zelených“ ŠPZ
- podpora výroby batérií v SR
- informačná kampaň
- zrýchlený odpis elektromobilov⁶⁰

⁶⁰ Tesla magazín SK. Dotácie na e-autá by mali pokračovať. Spoznali sme nový plan rozvoja elektromobility v SR. [online]. [citované 27. 11. 2018]. Dostupné na :<https://www.teslamagazin.sk/dotacie-elektromobily-slovensko-akcny-plan-rozvoja-elektromobility/>

4.3 Prognózy

Vzhľadom k tomu že na svete je v súčasnosti viac ako 5 miliónov elektrických vozidiel a vďaka čoraz väčšiemu počtu jurisdikcií na celom svete, ktoré sa rôzne zameriavajú na rast predaja elektrickej energie, môžeme očakávať silný nárast dopytu po lítiových batériách. Náklady na výrobu batérií postupne klesajú od začiatku 90. rokov 20. storočia a posledná nedávna recenzovaná analýza ukázala, že ceny lítiových batérií klesli v priemere od roku 2007 cirka o 14% ročne.⁶¹

Podme sa pozrieť na najvýznamnejšieho výrobcu elektrických áut – Tesla, Inc. americkú automobilovú spoločnosť ktorá sa zaoberá vývojom a výrobou elektromobilov a na trendy rastu lítiových batérií prostredníctvom očakávaného rastu spoločnosti Tesla a zistiť, či z nej môžeme extrapolovať globálny obraz. Tesla očakáva, že do roku 2020 vyrobí pol milióna vozidiel ročne.⁶²

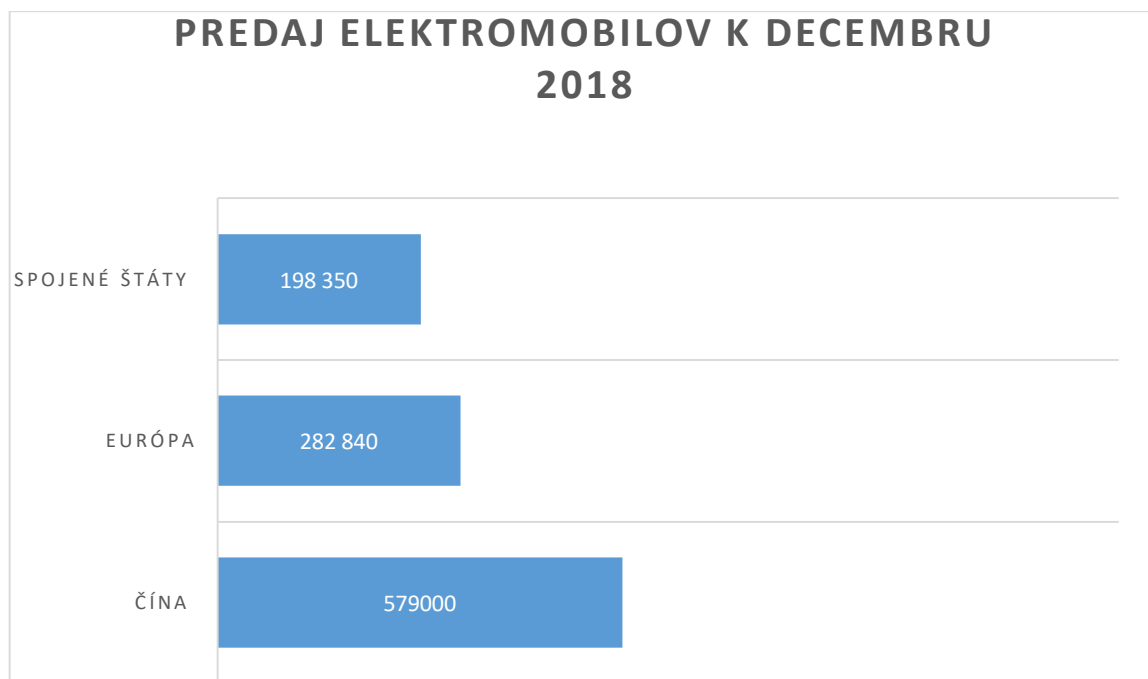
Ak berieme do úvahy menšiu batériu predpokladaného modelu S, rovnako ako aj väčšie batérie ako sú v modeloch P85 a P85D možno povedať že priemerná kapacita týchto batérií je 65 kilowatt-hodiny. Súčasným štandardom týchto batérií je technológia Li-Ion a teda používanie lítium-iónových článkov. Priemerná batéria obsahuje približne 7 000 batériových článkov a hmotnosť celej batérie je približne 540 kilogramov. Avšak podiel lítia na výrobe batérií je v rozmedzí od 1 do 2%. Na pol milióna batérií so zmienenou kapacitou by bolo potrebné približne 5 miliónov kilogramov lítia respektíve 5 000 metrických ton ratifikovaného lítia za predpokladu, že na výrobu jednej batérie potrebujeme cirka 10 kilogramov lítia. Spoločnosť obdobne plánuje zároveň rozšíriť svoju elektrickú sieť o oveľa väčšie batérie, pričom uvažuje aj o predaji batérií tretím stranám.⁶³

⁶¹ Tarascon, J.M.; Armand, M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries. In *Materials for Sustainable Energy: A Collection of Peer-Reviewed Research and Review Articles from Nature Publishing Group*; World Scientific: Singapore, 2011; 171–179.

⁶² TESLARATI. Tesla's full year financial report. [online]. [citované 20. 01. 2019]. Dostupné na : <https://www.teslarati.com/tesla-tsla-full-year-2018-q4-2018-financial-report-earnings-call-date/>

⁶³ OICA, International Organization of Motor Vehicle Manufacturers [online]. 2018. Dostupné na: <http://oica.net/category/production-statistics/>

Nasledujúci graf zobrazuje predaj elektromobilov ku koncu roku 2018.



Obr. 5 Predaj elektromobilov k decembru 2018 (v kusoch)

Prameň: IAE. Global EV Outlook 2017, 2018

V prípade ďalších „divokých“ špekulácií povedzme, že na svete bude do roku 2040, 100 tovární na výrobu batérií. To stačí na to, aby sa vyrobilo približne 100 miliónov elektromobilov ročne (globálny predaj áut je okolo 80 miliónov ročne, takže ak berieme do úvahy že do roku 2040 sa globálne zvýši populácia pri súčasných trendoch a ľudia budú kupovať výlučne len elektromobily, táto odhadovaná hodnota môže byť celkom presná). Ak to tak bude a základné požiadavky na batériu sa významne nezmenia, svet bude potrebovať okolo 800 000 metrických ton lítia do roku 2040, pričom sa do tejto štatistiky nezahrňa aj iné využitie lítia.⁶⁴

Posledný americký geologický prieskum vypracoval odhad zásob lítia na celom svete a dospel k záveru, že svet má dostatok známych rezerv na približne ďalších 360 rokov pri súčasnom trende celosvetovej produkcie, čo predstavuje približne 380 000 ton ročne. Súčasná produkcia je rozdelená nasledovne: zhruba jedna tretina produkcie pre keramiku, zhruba jedna

⁶⁴ Tesla Motors. Gigafactory. [online]. [citované 26. 02. 2014] Dostupné na: <https://www.tesla.com/blog/gigafactory>

tretina pre výrobu batérií a poslednú tretinu tvorí ostatné rôzne využitie lítia. Napriek tomu že 360 rokov sa zdá ako pomerne veľký počet rokov, ku ktorému by sa lítiové rezervy mohli vyčerpať, v prípade ak by súčasný trend lítiových batérií a súčasný dopyt rástol, mohlo by sa stať že 360 ročné zásoby by sa transformovali na 21 ročné zásoby (16,5 milióna metrických tón rezerv rozdelených na 800 tisíc = 20,6 rokov, teda 21 rokov). Avšak môžeme očakávať, že lítiové rezervy a zásoby sa budú zvyšovať s rastom dopytu na trhu. Rovnako ako pri všetkých obmedzených zdrojoch tak aj pri lítiu môžeme očakávať že v určitom bode dosiahne vrchol svojej výroby. Trh s lítiom je stále pomerne nový trh v porovnaní s trhmi s rôznymi ďalšími komoditami, takže aj napriek tomu, že USGS (United States Geological Survey) ako aj iné vedeckovýskumné a štatistické vládne agentúry, už urobili určité odhady zásob lítia a lítiových rezerv, je predčasné robiť konečné závery o objavovaní nových zásob a produkcií lítia.⁶⁵

Odhady zdrojov by sa mohli zvýšiť, keď by sa objavili nové ložiská a pokroky v technológiách ťažby a recyklácie. Podľa niektorých autorov, môže dopyt po lítiu v budúcnosti predchádzať aj výrobe, pokiaľ sa aspoň 90% lítia nezíska recykláciou.⁶⁶

Z verejnej diskusie o ropnom oleji si môžeme zobrať jedno poučenie: vyššie ceny skutočne podnietia inováciu a zvýšenie výroby, prinajmenšom čo sa týka USA. Zaujímavé je, že takmer celý nárast celosvetovej produkcie ropy pochádza zo zvýšenia produkcie ropy v USA. To znamená, že zvyšku sveta sa sotva podarilo zostať na „bežiacom páse“ pri výrobe ropy, ba dokonca aj v prípade výrazne vyšších cien ropy. Pokiaľ ide o pojem vrcholu produkcie lítia, existuje značný rozdiel medzi touto komoditou a ropou, pretože už existuje veľa pripravených náhrad za lítium, ktoré sa môžu použiť pri výrobe batérií s vlastnosťami lítiových batérií. Spomínaná správa USGS uvádza: „Nahradenie zlúčenín lítia je možné v batériách, keramike, mazivách a vo vyrobenom skle. Ako príklady môžeme uviesť vápenaté a hlinité mydlá, ako náhrady stearátov v tukoch; vápnik, horčík, ortuť a zinok ako anódový materiál v batériách; toky sodíka a potaše v keramike a vyrobenom skle. „Tieto náhrady môžu mať všetky podobné obmedzenia zdrojov ako lítium, ale existuje zásadný rozdiel medzi meniacimi sa chemikáliami batérií a nájdením nových náhrad za fosília všeobecne.“⁶⁷

⁶⁵ U.S Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2018

⁶⁶ Scott, A.D.; Smith, S.J. Sources, amounts, and forms of alkali elements in soils. In *Advances in Soil Science*; Springer: New York, NY, USA, 1987; 101–147.

⁶⁷ PMC. Energy and public health. [online]. [citované 12. 02. 2009]. Dostupné na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2602925/>

Celý svet nemôže bežať len na autách. Dokonca aj tento malý náčrt otázky poukazuje na zjavný záver: musíme urobiť všetko čo je v našich silách, aby sme sa dostali ďalej od jednotlivých osobných automobilov – dokonca aj elektromobilov – a začali sa spoliehať viac na dizajn inteligentného. chodenie, cykloturistiku, vlaky, kyvadlovú dopravu, mestskú hromadnú dopravu, atď. Hlavnými aktérmi v tejto diskusii sú Čína, India a zvyšok rozvojového sveta. Čínska populácie vo výške 1,3 miliardy ľudí už má približne polovicu automobilov ako USA a to aj napriek tomu, že je oveľa menej ekonomicky rozvinutá z čoho vyplýva nižšia životná úroveň a nižšia úroveň spotreby na jedného obyvateľa, pretože jej populácia je 4-krát vyššia ako populácia USA. Napriek tomu že India je takmer rovnako ľudnatá ako Čína, percento vlastníctva osobných automobilov je podstatne nižšie. Čo by sa stalo, ak by Čína, India a zvyšok rozvojového sveta hromadne podporilo vlastníctvo osobných áut a tým aj všetky privilégia ktoré prinášajú? Svet by určite nedokázal zvládnuť túto transformáciu v dnešnom systéme fosílnych palív a je veľmi pravdepodobné, že ju nedokáže zvládnuť aj napriek existencií alternatívneho systému zameraného na elektrické vozidlá. Musíme teda premýšľať o alternatívach k osobným automobily, aj keď faktom je a uznávame, že elektromobily sú oveľa lepšie (hlavne v otázke ochrany životného prostredia) ako motorové vozidlá s vnútorným spaľovaním fosílií.⁶⁸

⁶⁸ The NEWYORKER. Lithium dreams, Can Bolivia become the Saudi Arabia of the electric-car era?. [online]. [citované 15. 03. 2010]. Dostupné na: <https://www.newyorker.com/magazine/2010/03/22/lithium-dreams>

Záver

V dnešnej dobe neustále rastie dopyt po lítiu, pomerne „mladou“ komoditou vo svetovom obchode. Pre neustále snahy všetkých aktérov medzinárodnej politiky znížiť globálne otepľovanie a emisie skleníkových plynov, na základe výsledkov rôznych konferencií o klimatických zmenách a životnom prostredí, predstavuje lítium, vďaka svojim vlastnostiam významný prvok pri ich dosiahnutí. Cieľ udržať globálne otepľovanie pod úrovňou 2%, by vďaka používaniu li-ion batérií a lítiových akumulátorov bol výrazne uľahčený.

Hlavným cieľom našej práce bolo, ako z názvu našej bakalárskej práce vyplýva, na základe získaných teoretických poznatkov a praktických príkladov zistiť významnosť lítia vo svetovom obchode. Ako sme v práci opísali, lítium predstavuje jeden z najlepších spôsobov uskladnenia energie a spôsob ekonomickejšej a ekologickejšej dopravy, čo ma za následok neustále sa zvyšujúci rast dopytu po lítiu za účelom výroby li-ion batérií, ktoré sa používajú v elektromobiloch a lítiových akumulátorov na uskladnenie obnoviteľných zdrojov energie – veternej, vodnej, solárnej. Elektromobily sú šetrnejšie k životnému prostrediu ako konvenčné automobily so spaľovacím motorom v prípade, ak sa elektrická energia produkuje prostredníctvom obnoviteľných zdrojov.

Vzhľadom k preskúmaným teoretickým poznatkom a výsledkom našej práce, možno povedať že cena lítia z časového hľadiska dlhodobo rástla, bez ohľadu na to že v poslednom roku bol zaznamenaný prepád, dopyt neustále rástol a je predpoklad že dopyt bude aj naďalej v budúcnosti rásť. Je očividné že sa množstvo vyrábaných elektrických áut z roku na rok zvyšuje, čo určite spôsobí väčší dopyt po lítiu v budúcnosti. V závislosti od toho, ako rýchlo budeme prechádzať z konvenčných automobilov na elektromobily sa zásoby lítia môžu rýchlo vyčerpať. Vzhľadom k tomu že lítium je pomerne mladá komodita, možno očakávať že dôjde k technologickému pokroku ťažby lítia a pri nedostatku zdrojov za začne lítium ťažiť aj z morskej vody, pričom nedostatku zdrojov možno zamedziť recykláciou.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Oliveira, L.; Messagie, M.; Rangaraju, S.; Sanfelix, J.; Rivas, M.H.; Van Mierlo, J. Key issues of lithium-ion batteries—from resource depletion to environmental performance indicators. *J.Clean.*, 2015, JCLP5668
- [2] Kunasz, I.A. *Lithium Resources. Industrial Minerals and Rocks*; SME (Society Mining Metallurgy and Exploration): Englewood, CO, USA, 2006
- [3] Sheppard, S.M.F. The Cornubian batholith, SW England: D/H and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ studies of kaolinite and other alteration minerals. *J. Geol. Soc.* 1977
- [4] Rumble, J. *Handbook of Chemistry and Physics*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2017; ISBN 9781138561632
- [5] Garrett, D.E. *Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride*; Elsevier: New York, NY, USA, 2004
- [6] Kavanagh, L.; Keohane, J.; Cleary, J.; Garcia Cabellos, G.; Lloyd, A. Lithium in the Natural Waters Int. *J. Environ. Res. Public Health* 2017
- [7] Vikström, H.; Davidsson, S.; Höök, M. Lithium availability and future production outlooks. *Appl. Energy* 2013
- [8] Ammari, T.G.; Al-Zu'bi, Y.; Abu-Baker, S.; Dababneh, B.; Tahboub, A. The occurrence of lithium in the environment of the Jordan Valley and its transfer into the food chain. *Environ. Geochem. Health* 2011
- [9] Gruber, P.W.; Medina, P.A.; Keoleian, G.A.; Kesler, S.E.; Everson, M.P.; Wallington, T.J. Global lithium availability. *J. Ind. Ecol.* 2011
- [10] Belt. Syadara-Hajigak Iron Ore. *Minerals in Afghanistan*; Afghanistan Geological Survey: Kabul, Afghanistan, 2014
- [11] Meinert, L.D.; Robinson, G.R.; Nassar, N.T. Mineral resources: Reserves, peak production and the future. *Resources* 2016
- [12] CRIRSCO. Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards, International Mineral Resources/Reserves Reporting Template. 2013. [13] Wilson, G.C.;

- Long, J.V.P. The distribution of lithium in some Cornish minerals: Ion microprobe measurements. *Miner. Mag.* 1983
- [14] Swain, B. Recovery and recycling of lithium: A review. *Sep. Purif. Technol.* 2017
- [15] Meshram, P.; Pandey, B.D.; Mankhand, T.R. Extraction of lithium from primary and secondary sources by pre-treatment, leaching and separation: A comprehensive review. *Hydrometallurgy* 2014
- [16] Colton, J.W. Recovery of lithium from complex silicates. In *Handling and Uses of the Alkali Metals; Advances in Chemistry; American Chemical Society: Washington, DC, USA, 1957*
- [17] Väyrynen, A.; Salminen, J. Lithium ion battery production. *J. Chem. Thermodyn.* 2012
- [18] Sitando, O.; Crouse, P.L. Processing of a Zimbabwean petalite to obtain lithium carbonate. *Int. J. Miner. Process.* 2012
- [19] Jamal, A.; Kumar, R.; Varshney, R.; Shirin, S.; Ratan, S.; Yadav, A.K. Economic rehabilitation of local population in the post-mining situation. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2017) and SECOTOX Conference, Thessaloniki, Grécko, 30 Júna 2017*
- [20] Akcil, A.; Koldas, S. Acid Mine Drainage (AMD): Causes, treatment and case studies. *J. Clean. Prod.* 2006
- [21] Sadiki, A.D.; Williams, D.T. A study on organotin levels in Canadian drinking water distributed through PVC pipes. *Chemosphere* 1999
- [22] Hilson, G. Small-scale mining and its socio-economic impact in developing countries. In *Natural Resources Forum; Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK; Boston, MA, USA, 2002*
- [21] Steve H. Moran *Lithium Resources and Production: Critical Assessment and Global Projections*
- [22] Vine, J.D. *Lithium Resources and Requirements by the Year 2000*(No. 1005); US Government Publishing Office: Washington, DC, USA, 1976
- [23] Yalamanchali, R. Lithium, an Emerging Environmental Contaminant, Is Mobile in the Soil-Plant System. Ph.D. Thesis, Lincoln University, Lincoln, New Zealand, 2012

- [24] Rittmeyer, P.; Wietelmann, U. Hydrides. In Ullmann's Encyclopaedia of Industrial Chemistry; Wiley-VCH: Weinheim, Nemecko, 2000
- [25] Ryu, T.; Shin, J.; Ryu, J.; Park, I.; Hong, H.; Kim, B.G.; Chung, K.S. Preparation and characterization of a cylinder-type adsorbent for the recovery of lithium from seawater. Mater. Trans. 2013
- [26] Raghavan, R. Synthesis and Electrochemical Characterization of Silicon Clathrates as a node Materials for Lithium Ion Batteries; Arizona State University: Tempe, AZ, USA, 2013
- [27] Goonan TG, 2012. Lithium use in batteries. U.S. Geological Survey Circular 1371.
- [28] IEA, 2010. Energy Technology Perspectives. ISBN: 978-92-64-08597-8
- [29] Sullivan J L, Gaines, L. Status of life cycle inventories for batteries. Energy Conversion and Management 2012
- [30] Cleaner Cars from Cradle to Grave, Rachael Nealer, David Reichmuth, Don Anair, November 2015
- [31] Wanger TC. The lithium future—resources, recycling, and the environment. Conservation Letters 2011

Internetové zdroje

- [33] The conversation. Explainer why lithium ion batteries could be a game changer in Africa. [online]. [citované 18. 9. 2018]. Dostupné na: <http://theconversation.com/explainer-why-lithium-ion-batteries-could-be-a-game-changer-in-africa-65168>
- [34] NEW YORK TIMES. Report on Boeing 787 Battery Flaws Finds Lapses at Multiple Points. [online]. [citované 1. 12. 2016]. Dostupné na: <https://www.nytimes.com/2014/12/02/business/report-on-boeing-787-dreamliner-batteries-assigns-some-blame-for-flaws.html>
- [35] NEW YORK TIMES. Designing a safer battery for smartphones that wont catch fire. [online]. [Citované 12. 11. 2016], Dostupné na: [https://www.nytimes.com/2016/12/11/technology/designing-a-safer-battery-for-smartphones-that-wont-catch-fire.html?rref=collection%2Ftimestopic%2FLithium%20\(Metal\)](https://www.nytimes.com/2016/12/11/technology/designing-a-safer-battery-for-smartphones-that-wont-catch-fire.html?rref=collection%2Ftimestopic%2FLithium%20(Metal))

- [36] American manganese Inc. Company Business Plan. [online]. [citované 14. 12. 2018]
Dostupné na: https://americanmanganeseinc.com/wp-content/uploads/2018/12/AMY_BP-12_19_2018.pdf
- [37] Bloomberg. Lithium market cheers as top supplier sees demand driving higher. [online]. [citované 21. 02. 2019] Dostupné na :<https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-02-21/lithium-market-cheers-as-top-supplier-sees-demand-driving-higher>
- [38] Adamas Intelligence. Lithium usage in EV batteries. [online]. [citované 19. 04. 2019]
Dostupné na : <https://www.adamasintel.com/lithium-usage-ev-batteries-feb-2019/>
- [39] Statista. World lithium reserves by country 2018. [online]. 2018. Dostupné na:
<https://www.statista.com/statistics/268790/countries-with-the-largest-lithium-reserves-worldwide/>
- [40] OICA, International Organization of Motor Vehicle Manufacturers [online]. 2018.
Dostupné na: <http://oica.net/category/production-statistics/>
- [41] Auto.cz. Studie : elektromobily škodí víc než auta se spalovacím motorem. [online]
[citované 07. 10. 2012] Dostupné na : https://www.auto.cz/studie-elektromobily-skodi-vic-nez-auta-se-spalovacim-motorem-70336?utm_source=facebook&utm_medium=dave&fbclid=IwAR2QxY4lzMtKELgbywe27g_ogJSVm7FPfjNaM-p7JlxzxIQw1dKgdpG6pZg
- [42] TESLARATI. Tesla's full year financial report. [online]. [citované 20. 01. 2019].
Dostupné na : <https://www.teslarati.com/tesla-tsla-full-year-2018-q4-2018-financial-report-earnings-call-date/>
- [43] Tesla magazín SK. Dotácie na e-autá by mali pokračovať. Spoznali sme nový plan rozvoja elektromobility v SR. [online]. [citované 27. 11. 2018]. Dostupné na :<https://www.teslamagazin.sk/dotacie-elektromobily-slovensko-akcny-plan-rozvoja-elektromobility/>
- [44] <https://www.reuters.com/article/us-lithium-chemicals-prices/solid-demand-to-underpin-lithium-as-price-slides-in-2018-idUSKCN1LX1PF>

- [45] PMC. Energy and public health. [online]. [citované 12. 02. 2009]. Dostupné na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2602925/>
- [46] Tesla Motors. Gigafactory. [online]. [citované 26. 02. 2014] Dostupné na: <https://www.tesla.com/blog/gigafactory>
- [47] IAE. Global EV Outlook 2017. [online]. [citované 20. 01. 2018] Dostupné na: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf>
- [48] The NEWYORKER. Lithium dreams, Can Bolivia become the Saudi Arabia of the electric-car era?. [online]. [citované 15. 03. 2010]. Dostupné na: <https://www.newyorker.com/magazine/2010/03/22/lithium-dreams>