



Дубравка М. Ђедовић Хандановић^[1]

Министар рударства и енергетике Републике Србије
Београд (Србија)

УДК 338.246.025.13:553.04(73)
338.246.025.13:553.04(4-6EU)
338.32:553.493.34(497.11)
338.24:502.131.1(497.11)
Оригинални научни рад
Примљен: 09.12.2024.
Прихваћен: 17.12.2024.
doi: 10.5937/napredak5-55291

Критичне минералне сировине – литијум (Li)

Сажетак: У овом раду анализирани су концепти и методологије које САД и ЕУ користе за утврђивање списка критичних минералних сировина (КМС). Критичне минералне сировине, као кључни елементи за националну безбедност и економију, имају важну улогу у енергетским, индустријским и војним технологијама. САД су усвојиле методологију засновану на економској рањивости, потенцијалу поремећаја, изложености трговини и ризику снабдевања, док ЕУ користи критеријуме економског значаја и ризика снабдевања. Листа КМС у САД и ЕУ редовно се ажурира, те су САД уврстиле 50 минералних сировина на свој списак из 2023. године, док ЕУ на свом списку има 34 минералне сировине. У овом раду такође се разматра важност литијума као једне од кључних сировина на глобалном нивоу и даје преглед великих произвођача и понуђача литијума, као и потенцијала Србије у овој области. Литијум је посебно значајан за производњу батерија, електронику и свемирске технологије.

Кључне речи: критичне минералне сировине, методологија САД и ЕУ, минералне сировине Србије, литијум, глобално тржиште, економски и технолошки аспекти

Увод

Урађена је анализа главних горућих тема у свету која се односи на то шта су критичне минералне сировине, како се одређује која минерална сировина има статус критичне, као и то која се методологија користи за одређивање тог статуса. У главним цртама представљен је Акт о критичним минералним сировинама који је донела ЕУ.

У другом делу рада обрађена је у главним цртама проблематика у вези с литијумом, као једном од најважнијих сировина са списка критичних минералних сировина, као и пројекција његовог утицаја на економију у Србији.

Термин *критичне минералне сировине* (у даљем тексту КМС, енгл. CRM) установљен је као политички, геостратешки, војни, а не стручни или геолошки термин. До пре неколико година

[1] press@mre.gov.rs

термин се није користио, већ се само описно говорило о проблематици у вези са одређеним минералним сировинама и неопходности да западне економије обезбеде снабдевање тим сировинама. То се може закључити из бројних објављених стручних радова и анализа геолошких института САД, Канаде и институција ЕУ које се баве проблематиком геологије, рударства и трговине минералним сировинама (метала, неметала, природних и других материјала). Литијум је један од битних материјала или минералних сировина из групе КМС и налази се на свим листама (САД, ЕУ, Аустралија, Канада, Индија, Норвешка...). Литијум се користи за различите намене: код непунјивих батерија као анода, у електролиту и катода литијум-јонских пуњивих батерија, масти на бази литијума, производњу алуминијума, оплемењивање ваздуха, у свемирској технологији, индустрији стакла, керамике, ливачкој индустрији (одливци гвожђа и челика), за специјалне врсте гума и пластике.

Критичне минералне сировине

За сада постоје две широко распрострањене методологије: америчка из 2020. и европска из 2022. године. На основу ових методологија успостављене су листе КМС у САД и ЕУ.

У суштини, не постоји дефиниција критичних минералних сировина. Постоји неколико верзија које су дале/саставиле поједине земље и организације које се детаљније баве овом проблематиком као што су САД, ЕУ, Аустралија и Норвешка. Нека општа дефиниција КМС описује их као минерале, елементе, супстанце или

материјале који имају суштински значај за економску или националну безбедност неке државе и чији је ланац снабдевања подложен поремећајима. Те сировине користе се за енергетске технологије, одбрану, валуту, пољопривреду, електронику широке потрошње и апликације везане за здравствену заштиту, а њихов недостатак може да угрози националну безбедност и сигурност неке државе.

Методологија САД заснива се на следећим факторима: *економска рањивост, њојшеницијал њоремећаја, изложеност њировини и ризик снабдевања*, сви параметри у границама од 0 до 1 (Nassar & Fortier, 2021, str. 3). На основу ових фактора САД су (USGS) 2020. године успоставиле методологију и листу КМС, што је потврђено у Закону о енергетици (U. S. Department of Energy). Листа КМС САД из 2023. године садржи 50 минералних сировина: алуминијум, антимон, арсеник, барит, берилијум, бизмут, церијум, цезијум, хром, калај, кобалт, диспрозијум, ербијум, еуропијум, флуорит, гадолинијум, галијум, германијум, графит, хафнијум, холмијум, индијум, иридијум, лантан, литијум, лутецијум, магнезијум, манган, неодијум, никл, ниобијум, паладијум, платину, празеодијум, родијум, рубидијум, рутенијум, самаријум, скандијум, тантал, телуријум, тербијум, тулијум, титанијум, ванадијум, волфрам, итербијум, итријум, цинк и цирконијум.

ЕУ је успоставила своју методологију утврђивања листе КМС 2020. године, а тек је 2024. донела Акт о КМС и обавезала све чланице ЕУ да са овим актом ускладе законодавства из области рударства и области везаних за рударство (Blengini et al., 2017, str. 1–30). Методологија ЕУ прати следеће критеријуме на основу којих се одређују КМС – *економ-*

ски значај ($EI \geq 2,8$) и ризик снабдевања ($SR \geq 1$). На списку ЕУ налазе се 34 минералне сировине. На европској листи фигурирају ознаке L & HREE, RE и PGE, а то укључује више од 20 посебних минералних сировина. На европској листи налазе се: алуминијум/боксит, антимон, арсеник, *барий*, берилијум, *бор/борај*, *флуорит*, *фосфатне стене (од ајатинија)*, *фосфат* (*фосфорит*), *фелдспат*, галијум, германијум, *природни графит*, хафнијум, хелијум, L & HREE, *силициј метала*, кобалт, *улаз за коксовање*, литијум, *магнезијум*, манган, ниобијум, PGE, скандијум, стронцијум, тантал, титан, ванадијум, бизмут, волфрам.

LREE је ознака за лаке елементе ретких земаља – група лантанида (Light Rare Earth Elements): церијум, лантан, неодијум, празеодијум и самаријум.

HREE је ознака за тешке елементе ретких земаља – група лантанида (Heavy Rare Earth Elements): диспрозијум, ербијум, еуропијум, гадолинијум, холмијум, лутецијум, тербијум, тулијум, итербијум, итријум.

RE је ознака за групу ретких елемената (Rare Elements): ниобијум, тантал, стронцијум, цирконијум, хафнијум, скандијум, ренијум, талијум, галијум, кадмијум, индијум, селен, телур, германијум.

PGE ознака представља платинску групу елемената: платина, паладијум, иридијум осмијум, родијум, рутенијум.

Стратешки КМС (ЕУ): бор, галијум, германијум, природни графит, L & HREE, силициј метала, кобалт, литијум, магнезијум, манган, PGE, титанијум, бизмут, волфрам (бакар, никл).

Код обе методологије важи правило да се сваке три године успоставља нова листа. Прве

листе су објављене 2020, а последње 2023. године (Grohol & Veeh, 2023, str. 3). Као што се може видети, многе минералне сировине заступљене су на обе листе. Осим ових листа, независно једни од других, САД су последњих година успоставиле посебну листу КМС у енергетици. На тој листи се налазе само неке од ових минералних сировина са главне листе. ЕУ је после 2022. успоставила посебну листу, која носи назив стратешке критичне минералне сировине. На тој листи су само неке од минералних сировина са европске листе.

Главни елементи Акта о КМС који је усвојила ЕУ (ЕК) јесу:

1. најмање 10% од потреба ЕУ за минералним сировинама треба обезбедити из примарне производње (рударење) с територије ЕУ;
2. најмање 40% прераде критичних минералних сировина треба да се одвија на тлу ЕУ;
3. најмање 15% европских потреба за критичним минералним сировинама треба да потиче од рециклаже;
4. увоз појединачне КМС из једне земље не треба да буде виши од 65%;
5. стратешки пројекти који за циљ имају обезбеђивање критичних минералних сировина треба да имају брз и једноставан пут ка добијању дозвола за истраживање и рударење;
6. треба омогућити да такви пројекти имају приоритете у финансирању;
7. значајно укључивање ЕУ и подршка реализацији таквих пројеката;
8. активирање и експлоатација рудника који садрже критичне минералне сировине

чак и када за покретање производње не постоји економско оправдање;

9. успостављање мониторинга над критичним сировинама, дефинисање ланаца снабдевања и утврђивање могућих поремећаја рута и начина снабдевања;
10. укључивање у ове процесе у што већој мери националних и комерцијалних банака;
11. удруживање купаца у конгломерате са основним циљем да се ЕУ што брже и сигурније снабдева критичним минералним сировинама;
12. размена података међу државама чланицама о активним локацијама депонија рударског и флотацијског отпада;
13. формирање база података о местима старих рударења и местима где се одлажу рударски и флотацијски отпад;
14. приоритетно увођење рециклирања магнета.

Највећи светски произвођачи КМС јесу:

Кина (59%), САД (7%), Јужна Африка (5%), Аустралија (4%), Чиле (4%), Канада (3%), ДР Конго (3%), Турска (3%), Бразил – Француска – Грчка – Индија – Индонезија – Мексико – Португалија – Русија – Шпанија – Тајланд (1%).

Највећи светски извозници КМС јесу:

Кина: барит (38%), бизмут (49%), церијум (99%), диспрозијум (98%), ербијум (98%), еуропијум (98%), гадолинијум (98%), холмијум (98%), тулијум (98%), лутецијум (98%), итербијум (98%), лантаниди (99%), магнезијум (93%), графит (47%), неодијум (99%), празеодијум (99%), самаријум (99%), тербијум (98%), титанијум (45%), волфрам (26%), итријум (98%).

Африка: боксит (64%), кобалт (68%), фосфатне стене (24%), тантал (36%).

Јужна Америка: флуорит (25%), литијум (78%), ниобијум (85%).

Азија: природна гума (31%), фосфати (71%).

Аустралија: угаљ за коксовање (24%) (Blengini et al., 2020, str. 9).

Србија, минералне сировине и критичне минералне сировине

На територији Србије, у ближој историји, истраживања и експлоатација минералних сировина непрекидно трају од 1835. године. Тада је барон А. Хердер (1835) дошао у Србију на позив књаза Милоша са циљем „да се рудна блага учине полезним за српско отачаство“. Крајем 1848. године почели су истражни радови и експлоатација гвожђа у Мајданпеку, Рудној Глави и Црнајки. До данас, код нас су истражене, од нивоа рудних појава до лежишта, следеће минералне сировине:

Металичне сировине: олово-цинк, бакар, злато, антимон, калај, гвожђе, манган, волфрам, хром, никал-кобалт, молибден, боксит, жива, REE, PGE, литијум, бизмут, титан (Geozavod-IMS, група autora, 1999, str. 1–240; Jelenković, Mijatović, 2006–2010).

Неметаличне сировине: магнезит, дунит, хризотилазбест, ватросталне/керамичке/каолинске глине, алумосиликати, фелдспати, кварцни пескови, кварцне сировине, бентонити, зеолит, дијатомити, кречњак, доломит, барит, флуорит, бор, фосфорит, анхидрит, талк, воластонит, вермикулит, лискуни, јувелирске сировине, графит (Geozavod-IMS, група autora, 1999, str. 1–240; Jelenković, Mijatović, 2006–2010).

Енергетске сировине: угљеви (камени, мрки, лигнитски), угљни шкриљци, *уран*, нафта и гас (Geozavod-IMS, група autora, 1999, str. 1–240; Jelenković, Mijatović, 2006–2010).

Из овог кратког прегледа јасно се може уочити да су досадашњим геолошким истраживањима регистроване бројне минералне сировине које се данас у Европи и широм света третирају као КМС. Према методологији ЕУ и њиховој листи КМС у Србији су регистроване следеће минералне сировине: *бакар, антимон, манган, волфрам, никл-кобалт, титан, боксит, L & HREE, PGE, литијум, магнезиј, фелдспат, барит, флуорит, бор, фосфорит, графит, арсеник, бизмут*.

У техногеним/секундарним лежиштима (јаловиштима) након прераде руда олово-цинка и бакра регистровани су значајни садржаји следећих елемената: *скандијум, индијум, галијум (RE), L & HREE*.

Глобална потражња КМС и других метала по материјалима за технологије чисте енергије по STEPS и SDS сценарију

Текућа тренутна процена (STEPS) потреба ЕУ за металним минералним сировинама до 2050. године према STEPS износи 45 милиона тона. Динамичка процена потреба за металним минералним сировинама (SDS) у ЕУ (алуминијум, бакар, никл, цинк, олово, силицијум, литијум, манган, хром, кобалт...) до 2050. године према SDS износи 75 милиона тона. Процена OECD показује да глобална потражња за минералним сировинама расте са садашњих 79 милиона тона на 167 милиона тона до 2060. године.

Процена процентуалног повећања потреба за металима до 2050. године за чисте енергетске технологије у односу на општу употребу 2020. године (глобални SDS амбициозни климатски сценарио) јесте следећа (КМС + други метали):

| 13

Табела 1. Процена процентуалног повећања потреба за металима до 2050. године

Минерална сировина	Проценат повећања	Минерална сировина	Проценат повећања
Литијум (Li)	2.109%	Силицијум (Si)	62%
Диспрозијум (Dy)	433%	Тербијум (Tb)	62%
Кобалт (Co)	403%	Бакар (Cu)	51%
Телур (Te)	277%	Алуминијум (Al)	43%
Скандијум (Sc)	204%	Калај (Sn)	28%
Никл (Ni)	168%	Германијум (Ge)	24%
Празеодијум (Pr)	110%	Молибден (Mo)	22%
Галијум (Ga)	77%	Олово (Pb)	22%
Неодијум (Nd)	66%	Индијум (In)	17%
Платина (Pt)	64%	Цинк (Zn)	14%
Иридијум (Ir)	63%	Сребро (Ag)	10%

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe’s raw materials challenge

Процена раста потражње у ЕУ за металима потребним за развој технологија за чисту енергију:

Табела 2. Електрична возила (без батерија и перманентних магнета)

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Al, Cu, Pb, Zn, Si	B, Ag, Ga, Pt, Au, Ge, In
482	5.356		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe’s raw materials challenge

Табела 3. Батерије за електрична возила

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Ni, Li, Si, Co, Mn	Al, Cu
34	1.287		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe’s raw materials challenge

Табела 4. Соларни панели (фотонапонски)

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Al, Zn, Cu, Si	Sn, Pb, Ag, Ni, Te, Cd, In, Ga, Ge
0	697		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe’s raw materials challenge

Табела 5. Ветротурбине

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Cu, Al, Mn, Cr, Ni	Zn, Mo, B
75	206		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe’s raw materials challenge

Табела 6. Хидроген (технологије)

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Ni, Cu, Cr, Al, Zn	Mn, Sc, Co, Ir, Pt
0	3,95		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe’s raw materials challenge

Табела 7. Трајни магнети

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Nd, Pr, Dy	Tb
0	2,67		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe’s raw materials challenge

Табела 8. Електромрежа

Потражња (kt)		Основни метали	Остали метали
2020. год.	2050. год.	Al, Cu, Zn	
297	511		

Извор: KU Leuven, 2022: Metals for clean energy: Pathways to solving Europe’s raw materials challenge

Литијум

Литијум (грч. λίθος – камен) има ознаку Li и редни број 3 у Менделејевљевом периодном систему, а према тежини је најлакши од свих познатих метала. Има атомску тежину 6,94, а специфичну густину $0,534 \text{ g/cm}^3$ (при 20°C).

Представља смесу два изотопа литијума – ^7Li (92,6%) и ^6Li (7,4%) и припада групи алкалних метала. Литијум је врло лак метал и има најмању густину међу свим чврстим елементима (у стандардним условима).

Историја литијума почиње око 1800. године, када је познати бразилски политичар, геолог, природњак, песник Хосе Бонифацио де Андрада е Силва у узорцима стена са острва Уте у Шведској открио и описао минерал петалит ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$). Литијум је открио Јохан Арфведсон 1817. године. Његов ментор на универзитету Берцелијус предложио је име за нови материјал – *lithion*. Много година касније добијен је чист литијум поступком електролизе литијум-оксида, а веће количине литијума добијене су из литијум-хлорида средином 19. века. Интензивна производња литијума почела је у Немачкој 1923. године електролизом истопљене смесе литијум-хлорида (LiCl) и калијум-хлорида (KCl). До пред крај Другог светског рата литијум се употребљавао искључиво као средство за подмазивање машина и у стакларској индустрији. Права експанзија потражње за литијумом настаје у САД после Другог светског рата. Тада су амерички научници, који су радили на развоју и усавршавању хидрогенске бомбе, трагајући за трицијумом, успели да га добију издвајањем из литијума неутронском активацијом ^6Li у нуклеарном реактору.

Због геохемијских карактеристика и велике реактивности, литијум се у природи не налази у елементарном стању. Када је у елементарном стању, чува се у керозину или у неком другом минералном уљу. На сувом ваздуху постаје литијум-нитрид, а на влажном ваздуху мења се у литијум-хидроксид. У облику разних соли налази се у минералним водама.

У природи литијум учествује у изградњи низа минерала од којих неки представљају основне руде из којих се прерадом добија литијум-карбонат, а то су:

- сподумен,
- петалит,
- лепидолит,
- цинвалдит,
- амблигонит,
- јадарит,
- хекторит,
- забујелит.

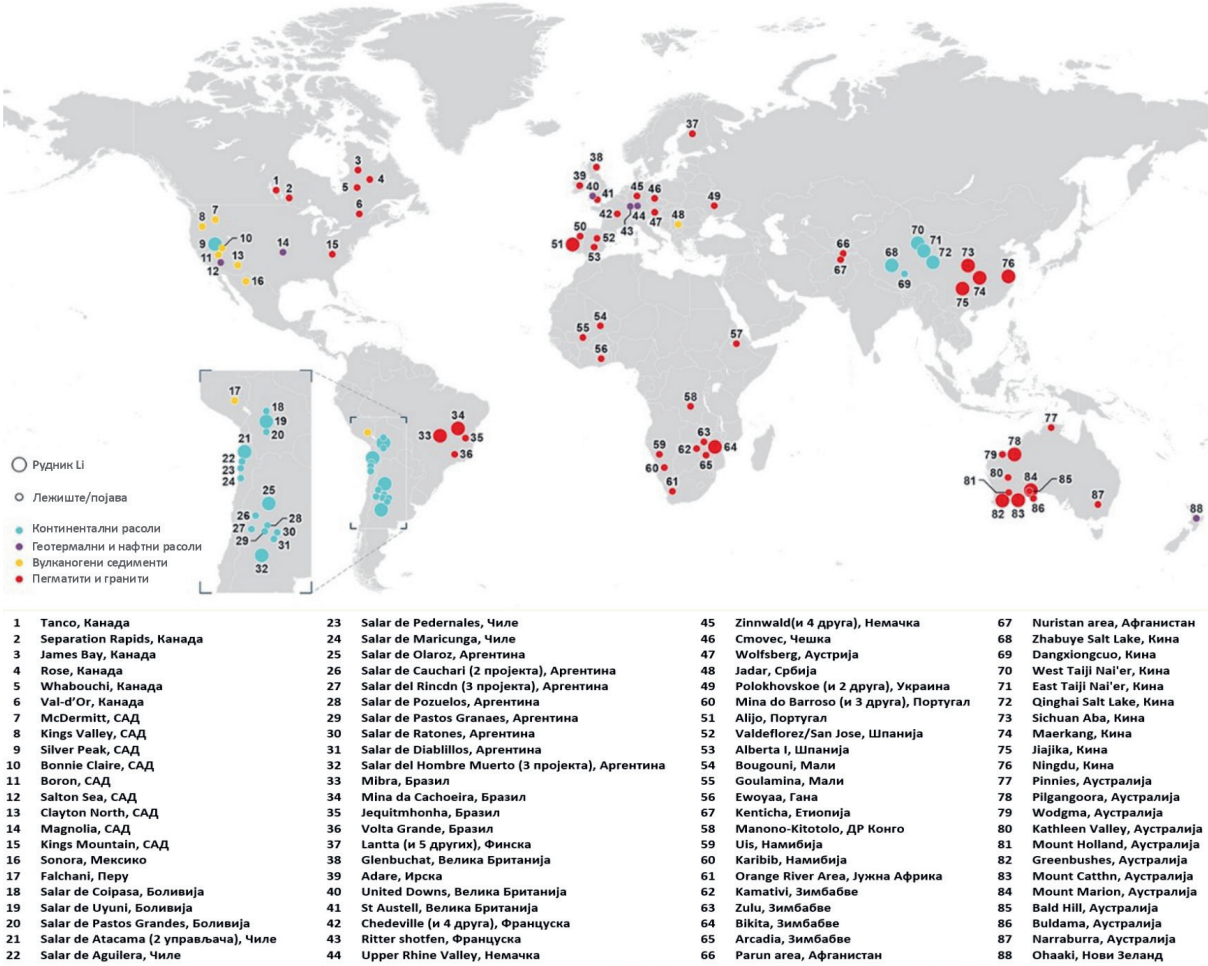
Главни извор литијума из стена је минерал сподумен из групе пироксена изграђен од литијум иносилката. У суштини то је петрогени минерал који изграђује различите врсте стена, па и пегматите. Током експлоатације литијума из пегматита прво се добија концентрат сподумена па се онда технолошким поступком добија литијум-карбонат. Сподумен у пегматитима прате и минерали с литијумом као што су петалит, амблигонит, али су знатно подређени.

Посебну врсту минерала литијума представља забујелит, који је природни литијум-карбонат (није добијен вештачким путем). Откривен је 1987. године на Тибету у језеру Забује, по којем носи име, а експлоатација је почела 2004/2005. године.

С листе минерала из којих се добија литијум као посебне треба издвојити: *јадарит* и *хекторит*. Осим јадарита, хекторита и забујелита, претходно наведени минерали улазе у састав пегматита као петрогени минерали, а пегматити представљају последње фазе диференцијације и очвршћавања гранитског растопа када долази

до повећања садржаја воде обogaћене флуором и литијумом. Јадарит је нов минерал откривен у узорцима истражних бушотина у долини реке Јадар код Лознице, у слојевима рудног тела набуше-ног 2004. године. Од 2004. године до данас исти минерал није регистрован више нигде у свету. Минерал хекторит је главни састојак белих

16 |



Слика 1. Мапа распореда рудника литијума, лежишта и појава у свету
Извор: Shaw 2021

How to cite Shaw R A (2021) Global lithium (Li) mines deposits and occurrences (November 2021) British Geological Survey.

масних глина, насталих разлагањем гранитоида (риолит-пегматити). Из минерала цинвалдита (нем. zinvaldit) планира се будућа експлоатација литијума у Савезној Републици Немачкој. Цинвалдит је силикатни минерал из групе лискуна по саставу је калијум-литујум-гвожђе-алуминијум-силикат-хидроксид флуорид. Лепидолит је исто силикатни минерал и представља секундарни извор литијума и иде уз сподумен. Највећи значај има за добијање рубидијума.

Истраживања литијума су у пуном замаху свуда у свету – у Аустралији, Кини, САД, Аргентини, Чилеу, Боливији, Португалији, Немачкој, Чешкој, Финској, Великој Британији, Француској, Норвешкој, Индији, Србији. Има неколико разлога за експанзију геолошких истраживања литијума: као прво, недостатак литијума на тржишту (већа потражња од понуде), затим развој нових технологија, спровођење агенди за „зелену енергију“ и „декарбонизацију“, широка примена у различитим гранама индустрије и одређивање литијума као КМС.

Новембра 2021. године BGS приказао је мапу света са списком свих лежишта и појава литијума (Shaw, 2021). На списку се налази 88 локација/топонима у различитом статусу: појаве које се истражују, лежишта са завршеним истраживањима и без експлоатације и лежишта у експлоатацији.

По континентима/државама распоред је следећи:

- **Северна Америка:** приказано је 15 локација, од којих се само на једној локацији експлоатише само литијум. Из лежишта Silver Peak (САД) литијум се добија из сланих раствора црпљењем око четири милијарде галона воде

(САД галон = 3,785 l) из подземља или 15,14 милијарди литара воде, сваке године од 2020. године. Годишња производња износи око 6.800 t литијума. На преосталим локацијама или се изводе интензивна истраживања или литијум није једина сировина која се експлоатише (Nb, Та и др.).

- **Средња Америка:** у Мексику пројекат Сонора је у развоју, док других пројеката нема.

- **Јужна Америка:** активна су истраживања на 20 локација. Експлоатишу се лежишта на четири места из сланих подземних вода и два лежишта из пегматита. Из сланих вода литијум се експлоатише у Saler de Uyuni – Боливија, Saler de Atacama – Чиле, Saler de Olaroz – Аргентина, Saler de Hombre Muerto – Аргентина. Површинском експлоатацијом пегматита литијум се експлоатише у Mibra – Бразил, а поред литијума добијају се тантал и ниобијум. Подземном експлоатацијом сподумена из пегматита литијум се експлоатише у Mina da Cachoeira – Бразил.

- **Африка:** на 12 локација се истражује литијум, а површинска експлоатација се одвија у руднику Bikita – Зимбабве, при чему се експлоатишу сподумен и петалит из којих се добија литијум.

- **Азија:** интензивна су истраживања на три локације. Експлоатација се одвија на четири места из сланих подземних вода и на четири локације из пегматита. Из сланих вода експлоатација се одвија из неколико сланих језера у Кини: Zhabuye Salt Lake, West Taiji Nai'er, East Taiji Nai'er и Qinghai Salt Lake. Експлоатација из пегматита одвија се на четири локације у Кини: Sichuan Abe, Maerkang (површинска експлоатација из пегматита – сподумен), Jiajika

(површинска експлоатација из албит-сподумен пегматита са литијумом, а добијају се још: берилијум, ниобијум, тантал и цезијум(цезиј), Ningdu (површински коп гранит-пегматита).

• **Аустралија:** активна су четири рудника с површинском експлоатацијом. Активни рудници су: Pilgangoora (површински коп у пегматитима, експлоатишу се лепидолит, сподумен, танталит, каситерит и мале количине микролита, тапиолита и берила; Li + Ta производи), Greenbushes (површински коп пегматита са сподуменом, највећи светски рудник Li у пегматитима), Mount Cattlin (површински коп, пегматити са сподуменом), Mount Marion (површински коп, пегматити са сподуменом).

У Европи литијум се експлоатише на само једном месту, и то из лежишта Alijo у Португалији из минерала сподумена. Геолошка истраживања свих минералних сировина са листе КМС у Европи су интензивна. Од бројних локација у Европи на којима се истражује литијум, на 21 локацији истраживања су у завршним фазама. Истражни радови и пратеће студије најдаље су одмакли на следећим локацијама:

- *Рудници у фази истраживања:* Goncalo – Alvaroso, Bajoca – La Fregeneda, Goncalo – Castanho, сва налазишта у Португалији (Filipov, Filipova, 2023);
- *Пројекти у развоју (израда физибилити студије):* Central Ostrobothnia (Keliber) – Финска, Zinvald – Немачка (Filipov, Filipova, 2023);
- *Пројекти са физибилити студијом:* Cinovec – Чешка, Wolfsberg – Аустрија, Mina do Barroso, Romano Sepeda, Argemela – Португалија, San Jose –

Шпанија, Emili – Француска (Filipov, Filipova, 2023), Србија – Јадар (Rudarsko-geološki fakultet, 2021).

- *Пројекти у фази префизибилити студије:* Sadisdorf – Немачка, Presqueiras – Шпанија (Filipov, Filipova, 2023);
- *Пројекти који су атрактивни за наставак истраживања/радова:* Adagoi, Alijo – Португалија, Hirvikallio, Kietymäki – Финска, Bergby, Varuträsk – Шведска, NW Leinster – Ирска (Filipov, Filipova, 2023);

Европска унија је директно подржала следеће пројекте: Goncalo-Alvaroso, Mina do Barroso – Португалија, Central Ostrobothnia (Keliber) – Финска, Emili – Француска (Filipov, Filipova, 2023).

Највеће резерве литијума (метала) у свету налазе се у следећим државама:

1. Боливија – 23 милиона тона,
2. Аргентина – 22 милиона тона,
3. Чиле – 11 милиона тона,
4. Аустралија – 8,7 милиона тона,
5. Кина – 6,8 милиона тона,
6. Немачка – 3,8 милиона тона,
7. ДНР Конго – 3 милиона тона,
8. Канада – 3 милиона тона,
9. Мексико – 1,7 милиона тона,
10. Чешка – 1,3 милиона тона,
11. Србија – 1,2 милиона тона,
12. Перу – милион тона,
13. Русија – милион тона,
14. Мали – 890.000 тона,
15. Бразил – 800.000 тона,
16. Зимбабве – 690.000 тона,
17. Шпанија – 320.000 тона,

- 18. Португалија – 270.000 тона,
- 19. Намибија – 230.000 тона,
- 20. Гана – 200.000 тона,
- 21. Финска – 68.000 тона,
- 22. Аустрија – 60.000 тона,
- 23. Казахстан – 50.000 тона (USGS, 2024).

Данас се литијум у највећој мери добија експлоатацијом из континенталних високо-минерализованих, сланих вода (Чиле, Аргентина, Боливија, Кина, САД); затим прерадом минерала сподумена, лепидолита (с пратећим пегматитским минералима). Врло мале количине, у експерименталној фази, из хекторита у Корнволу, делом и у оквиру будућег лежишта

у Мекдермиту – САД . У ближој будућности, када се заврше истраживања и почне експлоатација, литијум ће се добијати и из: геотермалних вода и сланих вода нафтних бушотина (Magnolia – САД, долина реке Рајне – Немачка, United Downs – УК), вулканогено-седиментних лежишта (Јадар – Србија; Мекдермит, Kings Valley, Bonnie Claire, Boron, Clayton North, Kings Mountain – САД и Falchani – Перу). С почетком експлоатације у Чешкој (Синовец) и Немачкој (Цинвалд) литијум-карбонат добијаће се из минерала цинвалдита. Само се у Кини из сланих вода језера на Тибету експлоатише природни литијум-карбонат у виду минерала забујелита.

Највећи светски произвођачи литијума за период 2021–2023. приказани су у табели 9.

Табела 9. Производња литијума у свету

Државе произвођачи	Производња у свету (t)		
	2021. год.	2022. год.	2023. год.
Аустралија	55.000	61.000	86.000
Чиле	28.300	39.000	44.000
Кина	14.000	19.000	33.000
Аргентина	5.970	6.200	9.600
Бразил	1.700	2.200	4.900
Зимбабве	710	800	3.400
Канада	/	500	3.400
Португалија	900	600	380
Остали у свету	/	/	3.700

Извор: STATISTA; USGS, 2024

Три највећа светска произвођача литијум-карбоната и литијум-хидроксида су Аустралија, Чиле и Кина, који покривају 90% светског тржишта, и то око 9,5% покривају Аргентина,

Бразил, Зимбабве, Португалија и Канада, а преостали удео у светској производњи чине све друге земље. Највећи произвођач литијума у Европи је Португалија.

Генерално, према статистичким подацима производња литијума у 2023. години износила је око 188.000 t, а потражња на светском нивоу око 980.000 t. Потражња за литијумом 2025. године прећи ће милион тона, а до 2030. године прећи ће два милиона тона. У исто време процењује се да ће производња литијума у 2025. години достићи ниво од око 500.000 t, што никако не може да задовољи потребе светске привреде. Потребе за литијумом наставиће да расту и 2050. године потражња за овим металом износиће око 3.500.000 t (сви подаци из немачког специјализованог интернет сајта STATISTA). Раскорак између понуде и потражње за литијумом не чуди ако се узме у обзир где се све он користи: батерије – 87%; керамика и стакло – 4%; масти за подмазивање – 2%; третман ваздуха – 1%; прашкови флукса за калупе за континуално ливење – 1%; медицина – 1%; и друге употребе (добивање алуминијума, специјалне врсте гума, фармација, козметика, електроника) – 4%.

Раст тржишта литијума праћен је нестабилношћу његове цене у последње две године. Након значајног успона од почетка 2022, цена литијума је због промена на стању залиха почела да варира. У 2022. години су смањене залихе производа на бази литијума неопходне за производњу батерија, али су у 2023. години почеле да се повећавају како због повећане понуде постојећих произвођача, тако и због појаве нових учесника у њиховој производњи. Један од разлога за пад цена литијума на светском тржишту јесте и престанак државних субвенција 2022. године у НР Кини и СР Немачкој за куповину електричних возила. Кретање цена литијума на светском нивоу и пројекција до 2030. године приказани су на наредној слици:

Година	Прогноза распона цена	Кључни чиниоци
2024	ЛИТИЈУМ ХИДРОКСИД: \$12.775 ЛИТИЈУМ КАРБОНАТ: \$9.856,55 ДО \$15.500	• РАСТ ПРИХВАТАЊА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА • УСПОРАВАЊЕ ПРОДАЈЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА • ВИШАК КАПАЦИТЕТА БАТЕРИЈА У КИНИ
2025	ЛИТИЈУМ ХИДРОКСИД: \$13.485/Т ЛИТИЈУМ КАРБОНАТ: \$9.411,15/Т ДО \$20.000/Т	• КОНСТАНТНА ПРЕКОМЕРНА ПОНУДА • РАСТ ПОТРАЖЊЕ ЗА ЕЛЕКТРИЧНИМ ВОЗИЛИМА • ТРГОВИНСКИ РАТ САД И КИНЕ
2026-2030	ЛИТИЈУМ ХИДРОКСИД 2026: \$14.775 ЛИТИЈУМ КАРБОНАТ 2026: \$12.000 2027: \$14.000	• ЕНЕРГЕТСКА ТРАНЗИЦИЈА • ПОТРАЖЊА НАДМАШУЈЕ ПОНУДУ • ПОЈАВА АЛТЕРНАТИВНИХ ИЗВОРА ЗА БАТЕРИЈЕ

Слика 2. Упоредна пројекција цене литијум-хидроксида и литијум-карбоната
Извор: Techopedia

Предвиђа се да ће цене сировина за производњу батерија остати повишене због очекивања раста тражње, изазова и трошкова повезаних с производњом и др. Већина капацитета за експлоатацију литијума била је концентрисана у чилеанским саларима и лежиштима литијума у чврстим стенама у Аустралији (рудници сподумена). У преради руде литијума доминира Кина.

Просечне цене литијум-карбоната, литијум-хидроксида и сподумена данас у односу на јануар 2024. године износе:

- литијум-карбонат – US\$ 10.934 за тону (јануар: US\$ 11.867);
- литијум-хидроксид – US\$ 9.563 за тону (јануар: US\$ 9.899)
- сподумен – US\$ 990 за тону (јануар: US\$ 1.000)

Према подацима компаније Рио Сава (Елаборат о резервама из 2020. године) производња руде јадарита из лежишта требало би да се установи на 1,8 mt/g, а производња литијум-карбоната на 58.000 t/g (Misailović, Tanasković, 2020). Када

се то упореди с производњом из претходне табеле, Србија би у овом тренутку заузимала друго место у свету по производњи литијум-карбоната. Само лежиште јадарита према количини доказаних резерви припада категорији великих лежишта. Доказане резерве износе 158.647.256 тона. Предвиђен је век експлоатације дужи од 60 година. Када се уради анализа доступних података о планираним активностима у геологији и рударству на територији ЕУ, будућој експлоатацији литијума из европских лежишта, потребама тржишта и инвестицијама у индустрију која користи литијум, плановима за експлоатацију, може се закључити да ће Србија бити у самом европском врху експлоатације руде литијума и индустрије базиране на литијуму. Према предвиђеној производњи, као што смо већ навели, Рио Сава планира годишњу производњу од 58.000 тона литијум-карбоната. Процене о будућој

производњи LCE (литијум-карбонат еквивалент) у Европи представљене су у следећој табели:

Табела 10. Прогноза производње литијум-карбоната у ЕУ

Р. бр.	Држава произвођач	Литијум-карбонат (t)
1.	Србија	58.000
2.	Немачка	42.000
3.	Чешка	30.000
4.	УК	28.000
5.	Португалија	20.000
6.	Финска	20.000
7.	Шпанија	15.000
8.	Аустрија	9.000

| 21

Преглед кретања цена литијум-карбоната по тони, у кинеским јуанима (1 јуан = US\$ 0,14), на светском тржишту представљен је следећим дијаграмом:



Графикон 1. Кретање цена литијум-карбоната (2020–2025)

Извор: Trading Economics

Према неким проценама о уделу LCE из Јадра у потребама српске и европске индустрије која користи литијум-карбонат, Рио Сава би подмиривала скоро 50% потреба. То је у суштини процена о стању на тржишту до 2030. године, под условом да је лежиште у долини Јадра у функцији. Све европске и светске статистике које се односе на литијум говоре о великој потражњи за литијумом/лителијум-карбонатом, а производња то не може да испрати. Зато се у последње време обављају интензивна геолошка истраживања и покушава се да се што већи број пројеката истраживања преведе у експлоатационе пројекте. Према проценама западних аналитичара, да би се стабилизовало тржиште литијума/лителијум-карбоната до 2040. године у свету треба отворити још 60 рудника литијума величине рудника у Јадру, и то до 2040. године.

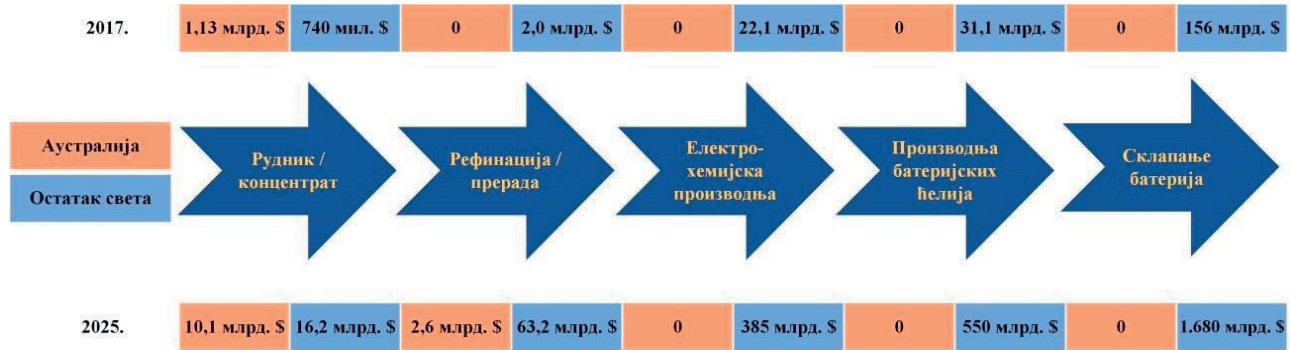
Урађене су и процене ефекта отварања и рада рудника у долини Јадра на економију Србије. Први ефекти показали би се у инвестицији Рио Тинта у пројекат отварања рудника. Према подацима из Елабората о резервама, инвестиција у израду подземних рударских просторија и надземне инфраструктуре рудника с производним делом, где се добијају концентрат литијума, борна киселина и натријум-сулфат и системом пречишћавања отпада, износила би око две милијарде евра (Misailović, Tanasković, 2020). У фази експлоатације и прераде руде до финалних производа било би ангажовано још близу 2.000 запослених, од висококвалификоване до неквалификоване радне снаге. На све то мора се додати и ангажовање екстерних услужних делатности ван система рудника и прераде. Код

ефеката који се односе на буџет Србије разматрано је неколико опција или сценарија:

1. производња LCE и пласман на тржиште, према проценама, чинили би само око 0,95% БДП;
2. производња LCE и катода и пласман на тржиште, према проценама, чинили би око 2,06% БДП;
3. претходна комплетна производња и батерије, према проценама, чинили би око 3,97% БДП;
4. производња из претходних опција и електрична возила, према проценама, чинили би око 16,45% БДП.

Ако се, с једне стране, узме у обзир овакав развој ситуације на економском плану, а с друге стране, интензивирање улагања у наш рударски сектор (држава, домаћи и страни капитал) кроз различите облике улагања, може се у великој мери увећати БДП. За све то постоје реални изгледи поготову ако се узме у обзир урађен Мастер план за рударство у Србији који је финансирала Светска банка (Nishikawa, 2008). Мастер план је урадила јапанска компанија JICA, 2008. године, и њиме је предвиђено да рударство у Србији има реалне основе да у БДП учествује са око 16%.

Економски ефекти експлоатације литијума могу се пратити на следећем примеру из Аустралије. На слици је приказана вредност литијума у Аустралији и свету након откопавања и различитих нивоа прераде. Укупна вредност руде литијума чини само око 1% од укупне вредности крајњег производа. Приближно 99,5% вредности аустралијске литијумске руде додаје се прерадом на мору, производњом хелија и склапањем батерија.



Слика 3. Вредност литијума у Аустралији и свету у зависности од степена прераде и коришћења

Извор: Capturing the value of the global lithium supply chain. Innovation Newsnetwork

Закључак

Проблематика КМС и посебно литијума као једне од врло важних сировина са списка КМС обрађена је у главним сегментима у овом раду. Представљена је описна дефиниција шта су то КМС и методологије на основу којих се оне одређују. На крају првог дела рада који се односи на КМС дат је преглед минералних сировина Србије, као и списак минералних сировина истраживаних у Србији које се налазе на списку ЕУ о КМС.

Други део рада посвећен је литијуму, тренутно једном од најтраженијих метала у светској економији. Неопходан је у многим индустријским гранама и на светском нивоу постоји велика потражња за главним производом – литијум-карбонатом, који има вишеструку примену. Потражња за литијумом тренутно знатно превазилази понуду на тржишту. То је главни разлог интензивних геолошких

истраживања најмоћнијих рударских компанија свуда у свету, тј. на свим континентима. С друге стране, многе државе на чијим се територијама могу очекивати нова лежишта и њихова експлоатација виде у томе могућност своје економске стабилности, напретка, усвајања и развоја нових технологија.

Све КМС са европске листе које се налазе у Србији, а нарочито литијум, представљају за државу важан ресурс за развој нових технологија са циљем спровођења политике климатске неутралности и декарбонизације до 2050. године, што је дефинисано Интегрисаним националним енергетским и климатским планом Републике Србије за период до 2030. са визијом до 2050. године.

У завршном делу рада представљене су могућности Србије у развоју рудника јадарита (литијума) у долини Јадра и приказани могући финансијски ефекти на БДП Србије.

References / Литература

- [Geozavod-IMS] Geological Survey of Serbia; group of authors (1999). Information system and database of metal raw materials. Professional documentation fund of the Geological Survey of Serbia [In Serbian].
- [Rudarsko-geološki fakultet] Faculty of Mining and Geology (2021). Feasibility study of underground exploitation of Jadar deposit of lithium and boron
- [USGS] US Department of the Interior (2024). Mineral commodity summaries 2024. Available at: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024>
- Blengini, G., El Latunussa, C., Eynard, U., Torres De Matos, C., Wittmer, D., Georgitzikis, K., Pavel, C., Carrara, S., Mancini, L., Unguru, M., Blagoeva, D., Mathieux, F., & Pennington, D. (2020). *Study on the EU's list of critical raw materials (2020): final report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Blengini, G., Pennington, D., Tzimas, E., Baranzelli, C., Dewulf, J., Manfredi, S., Nuss, P., Grohol, M., Van Maercke, A., Kayam, Y., Solar, S., Vidal-Legaz, B., Talens Peirò, L., Mancini, L., Ciupagea, C., Godlewska, L., Dias, P., Pavel, C., Blagoeva, D., ...Marmier, A. (2017). *Methodology for establishing the EU list of critical raw materials: guidelines*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Filippov L., Filippova I. (2023). *Evaluation of the processing routes for the "hard lithium" European deposits*. 2nd International conference on raw materials and circular economy. Athens, Greece.
- Grohol, M., & Veeh, C. (2023). *Study on the critical raw materials for the EU 2023: final report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://www.rtlnieuws.nl/sites/default/files/content/documents/2023/07/04/Study%202023%20CRM%20Assessment%20%281%29.pdf>
- Innovation News Network. Available at: <https://www.innovationnewsnetwork.com/capturing-value-global-lithium-supply-chain/30827/>
- Jelenković, R. and Mijatović, P. (2006–2010). Reports on the project "Prediction-metallogenetic and geological-economic assessment of resources and reserves of metallic mineral raw materials in Serbia". Professional documentation fund of the Ministry of Mining and Energy. [In Serbian]
- KU Leuven (2022). *Metals for clean energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge*. Available at: <https://eurometaux.eu/media/rqocjybv/metals-for-clean-energy-final.pdf>
- Misailović, I. and Tanasković, D. (2020). Elaborate on resources and reserves of boron and lithium in the deposit "Jadar" near Loznica (lower Jadar horizon) as of 31st July 2020. Professional documentation fund of the Company RIO SAVA. [In Serbian]

- Nassar, N.T., and Fortier, S.M. (2021). Methodology and technical input for the 2021 review and revision of the U.S. Critical Minerals List: U.S. Geological Survey Open-File Report 2021-1045.
- Nishikawa Y. (2008). The Study on Master Plan for Promotion of Mining Industry in Republic of Serbia Final Report. Ministry of Mining and Energy of Serbia.
- Shaw R. A. (2021). Global lithium (Li) mines, deposits and occurrences. British Geological Survey.
- Statista. Available at: www.statista.com
- Techopedia. Available at: www.techopedia.com/investing/lithium-price-forecas
- Trading Economics. Available at: www.tradingeconomics.com/commodity/lithium
- U. S. Department of Energy (2020). *Critical minerals and materials – U. S. Department of energy’s strategy to support domestic critical minerals and material supply chains (FY2021-FY2031)*. Available at: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2021/01/f82/DOE%20Critical%20Minerals%20and%20Materials%20Strategy_0.pdf

Dubravka M. Đedović-Handanović

Ministry of Mining and Energy
Belgrade (Serbia)

Critical Mineral Resources – Lithium (Li)

Summary

26 |

This paper analyzes the concepts and methodologies used by the USA and the EU for establishing the list of critical raw materials (CRM). Critical raw materials as key elements for national security and economy play an important role in energy, industrial and military technologies. The USA has adopted the methodology based on economic vulnerability, disruption potential, trade exposure and supply risk, while the EU uses the criteria of economic importance and supply risk. The CRM lists in the USA and the EU are regularly updated so that the USA included 50 raw materials in its 2023 list, while the EU has 34 raw materials in its list. This paper also considers the importance of lithium as one of the key raw materials at the global level and gives a review of large lithium producers and suppliers, as well as Serbia's potential in this field. Lithium is particularly important for the production of batteries, electronics and space technologies.

Keywords: critical raw materials, US and EU methodology, raw materials of Serbia, lithium, global market, economic and technological aspects