



Александар М. Јововић^[1]

Универзитет у Београду,
Машински факултет
Београд (Србија)

УДК 338.23:622(497.11)
338.32:553.493.34(497.11)
338.246.025.13:553.04(4-6EU)
Прегледни научни рад
Примљен: 17.12.2024.
Прихваћен: 24.12.2024.
doi: 10.5937/napredak5-55503

Пројекат „Јадар“ у светлу снабдевања критичних сировина

Сажетак: У раду је приказана анализа развоја интереса за критичним сировинама у свету у погледу све већих захтева за убрзаним и све већим коришћењем обновљивих извора енергије. У раду су приказани најзначајнији европски прописи, иницијативе и пројекти. Такође, приказане су основне карактеристике пројекта „Јадар“, техничка решења, потенцијални утицаји и мере смањења ових утицаја. Посебно су обрађена испуштања у ваздух и воде, као и начин одлагања индустријског отпада. Сва техничка решења пројектована су у складу са најбољим доступним техникама, описаним у референтним документима ЕУ.

Кључне речи: критичне сировине, литијум, „Јадар“

Увод

Убрзање климатских промена определило је свет ка угљеничној неутралности. Европа се залаже за драстичне промене у сектору енергетике услед постепеног нестајања фосилних горива, убрзани развој и увођење обновљивих извора енергије (ОИЕ) и водоника. Такође, неопходан је виши ниво енергетске ефикасности, неизвесна је судбина нуклеарне енергије, али и масовна електрификација сектора крајње потрошње, првенствено у области електричних возила (ЕВ), која би требало да чине

80% свих друмских возила до 2050. године (IRENA 2022).

Енергетска транзиција укључује три стуба:

- енергетску ефикасност;
- производњу обновљиве енергије; и
- масовну електрификацију сектора крајње употребе.

Према Међународној агенцији за ОИЕ предвиђено је да обновљиви извори чине 90% енергетског микса до 2050, што захтева повећање капацитета са 2.800 GW у 2020. на 27.700 GW 2050. године. Предвиђа се да ће број ЕВ порасти са 3,4 милиона у 2020. на 150 милиона 2050. године.

[1] ajovovic@mas.bg.ac.rs ; <https://orcid.org/0000-0003-2294-5729>

Овај сценарио који је заснован на порасту средње температуре у односу на преиндустријско доба за 1,5°C, условљава да 80% свих друмских возила мора бити на електрични погон до 2050. године.

Такве промене би резултирале утростручењем потражње за електричном енергијом у наредне три деценије, што би довело до мноштва изазова. Иако је енергетска транзиција неопходна за постизање глобалних климатских циљева на отпоран и правичан начин, расте забринутост због доступности и приступачности минерала и метала потребних за њено спровођење (IRENA, 2021, IRENA, 2022).

Кључне технологије као што су соларни панели, ветротурбине и батерије захтевају критичне материјале као што су литијум и елементи ретких земаља (REE). Стога расте забринутост у вези с будућим приступом овим материјалима, потешкоћама у повећању понуде довољно брзо да се уклопи у потражњу, порастом и нестабилношћу цена, као и геополитичким питањима. Ове изазове треба анализирати и узети у обзир у државним плановима енергетске транзиције. У последње време су цене најкритичнијих материјала порасле, у већини случајева као резултат повећане тражње и ограничене понуде. Критични материјали поседују јединствена својства и користе се у различите сврхе. Европска унија и Сједињене Државе препознају 30 односно 35 критичних сировина, али, никл, бакар, литијум и ретки земни метали (неодимијум и диспрозијум) привлаче посебну пажњу због свог значаја и изазова у снабдевању.

Јединствене карактеристике ових материјала дошле су у први план енергетске транзиције

захваљујући бројним технологијама, укључујући ветротурбине, соларне панеле и батерије за електрична возила и складиштење енергије. Осигурати довољне количине ових материјала изазовно је из неколико разлога:

- Тешко их је издвојити;
- Релативно мало земаља има лежишта/резерве;
- Не постоје директне замене за њих;
- Квалитет природних ресурса опада;
- Само мале количине ових материјала могу се рециклирати;
- Брзо повећање понуде је често компликовано услед флукуације цена која произилази из дисбаланса понуде и потражње.

Европска комисија је покренула свој акциони план за критичне сировине 2020. (ЕС, 2020), а прву листу направила је још 2011. године (ЕС, 2023). Друге акције Европске уније укључују идентификовање пројеката рударства и прераде у Европској унији који би могли да буду оперативни до 2025, укључујући *Horizont Europe* који би требало да подржи истраживање и иновације за критичне сировине и развој међународних партнерстава како би се обезбедило снабдевање критичним материјалима који нису откривени у Европској унији.

Европска комисија је покренула Европску алијансу за батерије 2017. године (ЕС, 2017). Њен пројекат индустријског развоја, ЕВА 250 (ЕВА, 250) окупља више од 700 секторских актера с циљем стварања снажне паневропске индустрије батерија. Информациони систем о сировинама Европске комисије јесте центар знања

и информација о критичним материјалима за политике и услуге Европске комисије.

Најзначајнији акт који је донесен у последњим годинама јесте Закон о критичним сировинама (EU Critical Raw Materials Act, CR-MA) (ЕС, 2024), који има за циљ стварање услова који би омогућили да Европа достигне своје климатске циљеве до 2030. године.

Способност брзог повећања залиха и обраде кључна је за избегавање уских грла у производњи. Иако су ресурси појединих критичних материјала попут литијума, релативно велике,

тренутне пројекције указују на то да ће бити потребно огромно убрзање у производњи и преради у кратком временском периоду да би се задовољила растућа потражња за батеријама.

Посебно је значајан утицај државних институција на убрзавање транзиције стварањем ефикаснијих регулаторних и лиценцих процедура које ће омогућити рударској индустрији да

ефикасније реагује на неочекивана и изненадна повећања потражње. Финансијске подршке су такође значајне, па влада САД улаже преко 350 милијарди америчких долара, а ЕУ кроз

Кључне технологије као што су соларни панели, ветротурбине и батерије захтевају критичне материјале као што су литијум и елементи ретких земаља (REE).



Литијум-јонска кућна батерија марке LG и Solar Edge инвертер соларни панел за кућно складиштење енергије инсталиран у гаражи. Аделејд, Јужна Аустралија.

Фото: Shutterstock

Зелени договор више од 250 милијарди евра. Рециклирање критичних материјала је генерално изводљиво с техничке тачке гледишта и већ се широко примењује за неке материјале, посебно бакар и никл. У догледној будућности, међутим, очекује се да ће и ови „нови“ материјали наставити да доминирају у снабдевању, док би рециклажа могла имати већу улогу на дуги рок, посебно ради смањења утицаја рударства.

Међутим, извесно је да ће енергетска транзиција довести до отварања нових рудника и постројења за прераду специфичних материјала. Кључно је да се све активности широм сектора и читавог ланца снабдевања посвете одрживој експлоатацији, сигурним условима рада, локалном економском развоју, поштовању културног и природног наслеђа и нето нултим емисијама угљеника. Да се чланице ЕУ посебно брину о томе указује и унапређена Директива о индустријским емисијама (Industrial and Livestock Rearing Emissions Directive, IED 2.0, 2024/1785). Осим тога, сагледано је да постојећа Директива о рударском отпаду (European Extractive Waste Directive, 2006/21/EC) није у складу са експлоатацијом нових материјала те је започета њена ревизија, као и ревизија референтног документа о најбољим доступним техникама у екстрактивној индустрији (Transport & Environment, 2024).

Произвођачи оригиналне опреме (ОЕМ) као крајњи корисници постављају све више стандарде у одрживој експлоатацији и заштити животне средине, те ова питања неће ни бити само ствар добре воље рударских и прерађивачких компанија и државних прописа и контрола, већ многих организација као што је Иницијатива за обезбеђивање одрживог ру-

дарства (IRMA, 2020). Геополитичке импликације морају се додатно анализирати за сваку земљу посебно, при чему се препоручује да свака држава, у оквиру својих могућности, да приоритет националној производњи како би се смањила зависност од увоза. Мобилизација и додељивање финансијских средстава за подршку истраживању и развоју критичних сировина и њихових одговарајућих технологија обећавају безброј користи и могу постати покретач енергетске транзиције. Тржишни приступи за проширење понуде, као и политичке интервенције како би се одговорило на геополитичку реалност, подједнако су неопходни. Улагања у истраживање, рударство и прераду повећаће отпорност тржишта и разноврсност понуде. Владе такође треба да теже смањењу зависности од критичних материјала.

Предвиђена потражња за критичним сировинама

Цене критичних сировина значајно варирају на светским берзама услед ратова, нагомилавања резерви, поремећаја на светском тржишту електричних аутомобила и сл. Цене литијума су биле веома нестабилне последњих година. Како купци нагомилавају литијум-карбонат, односно праве резерве, цена је једно време била веома висока, али је затим уследио неминовни пад (SPGLOBAL, 2024). Максимално је износила 27 USD/kg крајем 2017. пре него што су пале на 6 USD/kg средином 2020. и затим се подигле на 14 USD/kg средином 2021. године. Од почетка 2021. оне су стално расле, достигавши око 52 USD/kg

у јануару 2022, с рекордом од 85 USD/kg 14. новембра 2022, да би се спустила на 69 USD/kg (69.000 USD/t) и сада износи око 10.600 USD/kg, односно цена литијум-карбоната је приближно 18.000 USD/t.

Предвиђено је да ће цена бакра достићи 15 USD/kg у наредним годинама (тренутно је 9 USD/kg), након чега следи даљи пораст (Dizard, 2022) с обзиром на то да се очекује да ће електрична возила и обновљиви извори енергије чинити 72% укупног раста потражње за рафинисаним бавром до 2025. године.

Тржишта литијума и електричних возила су уско повезана. На свету се сада вози приближно 17 милиона електричних возила, док је у овој години продаја на нивоу 1,1 милион возила,

с тенденцијом раста, мада нешто мањом од очекиване пре неколико година. Предвиђа се да ће потражња за литијумом за батерије ЕВ расти, тако да ће 75% потражње за литијумом до 2030. потицати од производње батерија (IRMA, 2022).

Цене никла су порасле на највиши ниво од 2012, достигавши 25 USD/kg у фебруару 2022. (Reuters, 2022), док је тренутна цена 16 USD/kg (Trading economics, 2024). Предвиђа се да ће оне наставити да расту у наредним годинама.

Цене неодимијума порасле су од средине 2020. достигавши садашњи ниво од 516 USD/kg (Trading economics, 2024). За разлику од цена злата и сребра, цене REE тешко је пратити у реалном времену, јер се њима не тргује на светским јавним берзама. Цене REE порасле су као резултат

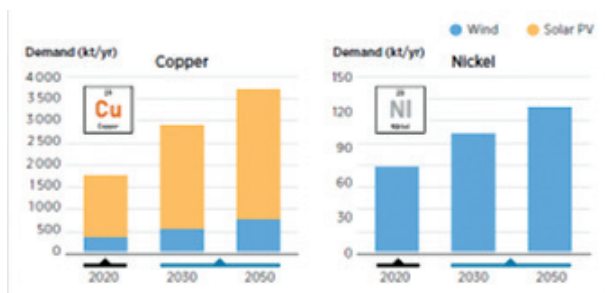


Литијум се користи и у производњи батерија за електрична возила. На слици је приказан аутомобил Фиат Гранде Панда чија је производња недавно започета у Републици Србији.

Фото: Димитрије Гол

повећаних трошкова производње у Кини, где се налази већина прерађивачких капацитета и повећане потражње. Ако цене наставе да расту, произвођачи ће бити подстакнути да траже алтернативне материјале.

На следећој слици дата су предвиђања потрошње појединих критичних сировина на основу моделирања од стране IRENA, при сценарију да средња температура до 2100. године не пређе $1,5^{\circ}\text{C}$ у односу на прединдустријско доба.



Слика 1. Очекиване потребе за бакром и никлом (у случају реализације сценарија IRENA $1,5^{\circ}\text{C}$) (IRENA, 2022)

Јачање истраживања и међународне сарадње у многим областима може помоћи у смањењу ризика у снабдевању. На пример, у току су напори да се смањи садржај REE у трајним магнетима. Садржај сребра у соларним PV има значајан простор за побољшање ефикасности материјала. Добављачи обично траже таква решења за смањење трошкова производње. Истраживања финансирана од стране јавних и приватних фондова имају кључну улогу у убрзавању овог процеса.

Друге области истраживања укључују развој нових рударских технологија, проширење домаћих извора критичних материјала, побољ-

шање ефикасности материјала и обраде, убрзање иновација производа и проналажење алтернативних материјала, развој технологија рециклаже и побољшање одрживости рударских и прерађивачких операција. Најпожељнија опција јесте поновна употреба производа који је достигао крај свог техничког века кад год је то могуће с обзиром на то да литијум-јонске батерије чији је капацитет опао на 70–80% њиховог почетног капацитета и даље могу да се користе за стационарне апликације за складиштење енергије у електричној мрежи. Ако не постоји одржива опција за поновну употребу производа, он се може поново произвести коришћењем примарних, секундарних и поправљених материјала (Gaustad et al., 2018). Трећа опција је рециклажа.

Блиска сарадња и дељење података могли би да избегну дуплирање истраживачких напора и убрзају резултате. Фокусирање на ове области истраживања и развоја могло би повећати продуктивност и исплативост у целом ланцу вредности уз побољшање снабдевања критичним материјалима.

Након усвајања Европског закона о критичним сировинама, којим ЕУ покушава да постане што самосталнија у експлоатацији и преради критичних сировина, очекује се даља експанзија пројеката, па се овај развој све чешће назива европска ренесанса рударства. У највећем европском налазишту, у долини Горње Рајне, литијум се налази у геотермалним резервоарима слане воде, где процес екстракције подразумева мањи утицај на животну средину. Тамо аустралијска компанија „Вулкан“ планира да покрене комерцијалну производњу литијума за батерије крајем 2026. године. Ипак, изгледа да ће први европски

рудник литијума бити отворен до краја 2026. у алпском региону Корушке, 270 km од Беча и 20 km од индустријског града Волфсберга. У питању је подземни рудник сличан „Јадру“, где је литијум такође у чврстој стени, мада је процењени потенцијал лежишта знатно мањи. Једно од најбогатијих европских налазишта литијума у чврстој стени налази се на немачко-чешкој граници, у минералу цинвалдиту. Чешка развија пројекат „Циновец“, а Немачка „Зинвалд“. Значајне резерве литијума има и Португалија, где је регионална влада Екстремадуре прогласила пројекат Сан Хозеа за пројекат од регионалног и општег интереса (скр. Премија). Пројекат „Баросо“ британске компаније „Savana resources“ најважније је европско лежиште литијума у облику сподумена, такође минерала у чврстој стени. Пројекти за ископавање литијума постоје у Шпанији, Финској, Ирској, Великој Британији, при чему се два пројекта изводе у зонама заштићене природе које носе ознаку Натура 2000. Велики литијумски пројекат „Емили“ компаније „Имерис“ развија се у централној Француској, непосредно уз заштићене букове шуме, које су дом бројним животињским и биљним врстама (Reutner, 2024).

Пројекат „Јадар“ – техничке карактеристике и утицаји на животну средину

Основне поставке

Србија је потенцијално у могућности да постане део индустријске револуције Европе, али многа дешавања око пројекта „Јадар“ прете да остане

на маргини успеха. Потенцијали Србије у погледу производње батерија и електричних возила значајни су услед:

- Сопственог јединственог лежишта висококвалитетног литијума;
- Богате традиције у области рударства и индустријске прераде;
- Квалитетних стручњака и истраживача;
- Индустријских зона које могу да подрже развој повезаних индустрија;
- Близине највећих OEM.

Пројекат „Јадар“ има за циљ експлоатацију и прераду јадарита у једном од највећих светских налазишта литијума. Оно се налази недалеко од Лознице, у региону Подриња и Посавине, источно од реке Дрине и јужно од реке Саве, где је у оквиру теренских радова у долини Јадра 2004. откривен нови минерал – јадарит. Новооткривени минерал представља полазну сировину за добијање литијума, односно производа литијум-карбоната, који је неопходан за производњу батерија и компонената за електронику, и бора, који налази велику примену у хемијској индустрији. Корпорација „Рио Тинто“ је током испитивања лежишта истраживала и дефинисала технологију експлоатације руде, затим технологију концентрације руде у концентрат јадарита а потом поступак растварања и селективне кристализације, којим се добијају финални производи за тржиште. Национална стратегија одрживог коришћења природних ресурса и добара („Службени гласник РС“, број 33/12) поставља да се пројекат геолошких истраживања литијума и бора (Јадарски басен) заврши до краја 2014. године. Уредбама („Службени гласник РС“, бр.

104/16 и 106/16) предвиђене су активности отварања лежишта борних и литијумских минерала у долини реке Јадар. Нацртом просторног плана Републике Србије (тачка 4.1), као једно од приоритетних планских решења до 2025. дефинисан је почетак експлоатације руда литијума (код Лознице) и молибдена (MGSI, 2021).

Пре започињања административне процедуре која се односи на израду и добијање сагласности за студију о процени утицаја на животну средину, у складу с Просторним планом подручја посебне намене за реализацију пројекта експлоатације и прераде минерала јадарита „Јадар“ („Службени гласник РС“, број 26/20) издати су локацијски услови. Ови услови издати су за фазну изградњу процесног постројења у циљу израде идејног пројекта, пројекта за грађевинску дозволу и пројекта за извођење.

Упоредо с изградом просторног плана урађен је извештај о стратешкој процени утицаја просторног плана на животну средину („Службени гласник РС“, број 36/17).

Просторни план представља плански основ за реализацију пројекта експлоатације и прераде минерала јадарита „Јадар“ (развој рудника, индустријског постројења и неопходне инфраструктуре), као и за заштиту, коришћење и уређење простора посебне намене. Подручје просторног плана обухвата површину од 293,91 км² на територији јединица локалне самоуправе:

❖ Града Лознице – целе катастарске општине (к. о.): Руњани, Липница, Брадић, Брњац, Велико Село, Јаребице, Драгинац, Симино Брдо, Цикоте, Шурице, Ступница, Слатина, Коренита, Горње Недељице, Доње Недељице, Грнчара и Шор;

❖ Општине Крупањ – целе катастарске општине (к. о.): Костајник, Дворска, Брезовице, Красава и Церова.

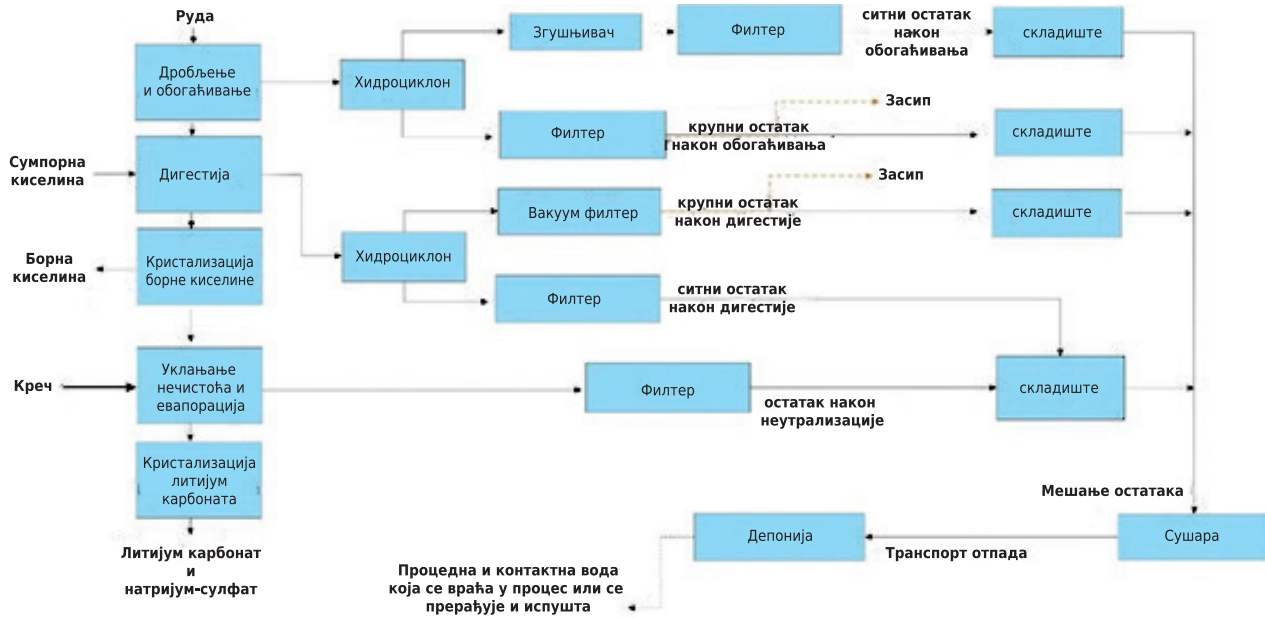
У погледу концепције просторног развоја, будућих функција и намене земљишта, простор потребан за реализацију пројекта „Јадар“ подељен је на више зона и подзона. С циљем омогућавања рада планираног комплекса, потребно је изградити железничку пругу и путеве који ће комплекс повезивати с постојећом инфраструктуром. Такође је потребно изградити гасовод, цевовод за транспорт сирове воде од места захватања до постројења, телекомуникационе и електричне прикључке. Планиран је транспорт помоћних сировина и готових производа железницом и друмским саобраћајем. Зона саобраћајно-инфраструктурног коридора (планираних саобраћајних и инфраструктурних система) у функцији посебне намене обухвата простор коридора планиране железничке пруге, планиране нове деонице државног пута ИБ реда број 27 Ваљево–Лозница који је кључан за приступ комплексу посебне намене, коридора планираног бочног гасовода високог притиска и цевовода техничке воде у функцији посебне намене, површине од 480,02 ха.

Опис пројекта и производног процеса прераде руде

Рудник минерала јадарита с процесним постројењем подељен је на три целине и то:

- ❖ Подземни део рудника;
- ❖ Надземни део рудника;
- ❖ Постројење за прераду руде.

Блок шема технолошког поступка приказана је на слици 2.



Слика 2. Упрощена технолошка шема прераде руде (MF, 2023b)

Идејне пројекте процесног постројења урадио је „Термоенерго-инжењеринг“ из Београда 2022. и налазе се у списку литературе студија о процени утицаја пројекта „Јадар“ – фазне изградње процесног постројења за прераду минерала јадарит „Јадар“ на животну средину у складу с прописима РС (MF, 2023). Такође, израђена су и два пројекта, идејна решења одлагања индустријског отпада на локацији депонија Штавице, која је израдио Институт „Јарослав Черни“ из Београда 2020, која су била основ за израду Студије о утицају депоније индустријског отпада на животну средину (MF, 2023). Студија о процени утицаја на животну средину пројекта подземне експлоатације лежишта литијума и

бора „Јадар“ (RGE, 2023) урађена је на основу Студије изводљивости подземне експлоатације лежишта литијума и бора „Јадар“ (RGE, 2021) и бројне друге документације набројане у списку литературе ове студије.

Носилац пројекта, „Rio Sava Exploration“, ангажовао је неколико специјалистичких инжењерских компанија, укључујући и HATCH, у развоју нове и иновативне технологије за производњу циљаних минералних производа литијум-карбоната, борне киселине и натријум-сулфата. Испитивање узорака и истраживање спроведено је у Бандури (Аустралија) како би се тестирала и развила нова технологија. До данас је обављено више од 2.000

испитивања да би се унапредило оптимално решење за вађење минерала из руде јадарит.

Све студије урађене су у складу са Законом о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС, бр. 135/04 и 36/09) и Правилником о садржини студије о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС“, број 69/05).

Целокупно постројење и сви његови системи пројектовани су у складу с БАТ-ом, а према референтним документима (БРЕФ):

- ❖ Емисије из складишта, 2006;
- ❖ Индустрија обојених метала, 2017, БАТ закључци 6/2016;
- ❖ Енергетска ефикасност, 2009;
- ❖ Уобичајени третмани отпадних вода / отпадних гасова / системи управљања у хемијској индустрији, 2017, БАТ закључци 6/2016;
- ❖ Системи индустријског хлађења, 2001;
- ❖ Неорганске хемикалије – амонијак, киселине, средства за заштиту биља, 2007;
- ❖ Третман отпада, 2018, БАТ закључци 8/2018.

Детаљан преглед усаглашености с БАТ/БРЕФ дат је у посебном поглављу студије. У складу са чланом 17. Закона о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС“, бр. 135/04 и 36/09) и Правилником о садржини студије о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС“, број 69/05), студије о процени утицаја садрже:

1. податке о носиоцу пројекта;
2. опис локације на којој се планира реализација пројекта;

3. опис пројекта;
4. приказ главних могућности које је носилац пројекта разматрао;
5. приказ стања животне средине на локацији и ближој околини (микро и макро локација);
6. опис могућих значајних утицаја пројекта на животну средину;
7. процену утицаја на животну средину у случају удеса;
8. опис мера предвиђених с циљем спречавања, смањења и, где је то могуће, отклањања сваког значајнијег штетног утицаја на животну средину;
9. програм праћења утицаја на животну средину;
10. нетехнички краћи приказ података наведених у тач. 2)–9);
11. податке о техничким недостацима или непостојању одговарајућих стручних знања и вештина или немогућности да се прибаве одговарајући подаци.

Постројење за прераду руде налази се у подзони производно-индустријских активности (Подзона 2А), а обухвата простор и површине потребне за изградњу и формирање комплекса у коме се врши прерада руде и производња литијум-карбоната, натријум-сулфата и борне киселине. У оквиру пројекта „Јадар“ могу се издвојити следеће основне производне целине:

- ❖ Подземна експлоатација руде минерала јадарита пројектног квалитета око 1,64% Li_2O ;
- ❖ Надземни део комплекса рудника, који укључује обогаћивање руде и произ-

- водњу концентрата јадарита са око 3,04% Li_2O ;
- ❖ Индустијска прерада концентрата јадарита с циљем добијања тржишних финалних производа, борне киселине, литијум-карбоната и нуспродукта натријум-сулфата (у просторном плану ова целина носи назив Подзона производно-индустијских активности 2А);
 - ❖ Депонија индустијског отпада;
 - ❖ Снабдевање пројекта „Јадар“ свежеом водом захватањем воде из алувиона реке Дрине, пумпање подземне воде из јаме рудника, затим коришћење воде за процес и на крају прерада отпадних вода пре испуста у реку Јадар;
 - ❖ Довод електричне енергије с два далековода 110 kV и два трансформатора снаге 63/75 MVA (с могућношћу оптерећења до 82 MVA у нужним ситуацијама). Потребне за електричном енергијом комплекса посебне намене (погона за прераду) износе око 43 MW, уз максимално очекивано, тј. вршно оптерећење од око 54 MVA;
 - ❖ Довод природног гаса за потребе производно-индустијских активности до мерно-регулационе станице у комплексу (довод цевоводом под притиском од 50 бара, у дужини 11 km);
 - ❖ Повезивање комплекса оптичким каблом ради обезбеђења савремених комуникација;
 - ❖ Изградња саобраћајница за допрему нормативног материјала, превоз радника и отпрему производа;

- ❖ Изградња железничког прикључка од Лознице до локације пројекта „Јадар“, у дужини 8,6 + 4 km за потребе пријема потрошног материјала и отпреме производа.

Најважнији параметри пројекта:

- ❖ Сировинска база: пројекат „Јадар“ има за циљ експлоатацију и прераду 1,9 mt годишње руде јадарит;
- ❖ Готови производи: минерал јадарит представља полазну сировину за добијање литијум-карбоната (~56 kt/god), борне киселине (~286 kt/god) и натријум-сулфата (~259 kt/god) као споредног производа;
- ❖ Прикључак на гас: предвиђена годишња потрошња гаса 2,603,000 GJ. Овим идејним пројектом предвиђен је развод гаса у оквиру Подзоне 2А;
- ❖ Прикључак на телекомуникациону мрежу: овим идејним пројектом предвиђени су интерни телекомуникациони системи у оквиру Подзоне 2А;
- ❖ Прикључење за сирову воду: Идејним пројектом предвиђено је прикључење на доводни цевовод сирове воде из реке Дрине и развод сирове воде у оквиру процесног постројења у Подзони 2А. За потребе рада постројења предвиђено је коришћење сирове воде из бунара наноса Дрине, непосредно поред реке Дрине (алувион реке Дрине). Дневни максимални унос воде од 2025. до 2040. године износиће 4,8 Ml/dan, док је очекивани просечни унос воде 1 Ml/dan, у зависности од количине инфилтрације подземне воде у рудник;

- ❖ Прикључак за пијаћу воду: снабдевање пијаћом водом врши се из водоводне мреже Лознице. Просечне потребе за водом износе 0,55 л/с односно 48 м³/дан;
- ❖ Контрола емисије прашкастих материја: врећастим филтерима;
- ❖ Контрола емисије сумпорних једињења: за третман отпадног гаса из процеса растварања предвиђен је скруббер за уклањање сумпорних једињења као што су H₂S и киселе магле из тока отпадног гаса богатог угљен-диоксидом;
- ❖ Прикупљање и одвођење технолошких отпадних вода: у оквиру процесног постројења предвиђено је постројење за третман санитарне отпадне воде, као и постројење за третман технолошких отпадних вода. Отпадне воде ће се испуштати у реку Јадар након третмана. Идејним пројектом предвиђен је одвод пречишћених отпадних вода до екстерног прикључка на цевовод за одвод отпадних вода до реке Јадар.
- ❖ Депоновање чврстог отпада: чврсти отпад, настао у процесу прераде одлагаће се на депонији индустријског отпада. Од постројења за третман отпада до депоније транспортоваће се камионима.

Потрошња основних хемикалија:

- Сумпорна киселина (t/god) 344.414;
- Хидратисани креч (t/god) 62.085;
- Натријум-карбонат (t/god) 105.000;
- Натријум-хидроксид (t/god) 40;
- Хлороводонична киселина (t/god) 1.874.

Приказ кључних утицаја и начина третмана

• Ваздух

Емисије ће бити сведене на минимум применом најбољих доступних техника и пракси (филтери, стални надзор квалитета ваздуха и превентивне мере као што су млазнице за прскање воде, радно време итд.).

Моделирање: промене у дизајну пројекта су се одразиле на моделирање квалитета ваздуха, што је резултирало развојем пет различитих модела током више година. Резултати модела неретко су и били повод за измене и унапређење самог пројекта.

- Модели загађења ваздуха израђени су на претпоставкама које су најгори могући случај. Не репрезентују стварно стање на терену током извођења радова већ само служе за правилан одабир адекватних мера за избегавање или умањење могућих утицаја пројекта на животну средину.

- Моделирање утицаја пројекта „Јадар“ на квалитет ваздуха током фазе изградње, експлоатације и затварања, извршено је за следеће загађујуће материје: TSP (укупне суспендоване честице), суспендоване честице PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂, CO, HCl и SO₄²⁻ као индикатор присуства H₂SO₄.

- Моделом су обухваћени извори повезани с пројектом без позадинског загађења. У оквиру анализираних сценарија урађене су симулације распрострањања загађења при чему су концентрације загађења добијене моделом представљене графички путем приземних изоплета (линије које повезују тачке с истом

концентрацијом загађујуће материје). За метеоролошке услове коришћени су сатни подаци за пуних пет календарских година (2016–2020). Резултати моделирања квалитета ваздуха упоређени су с референтним вредностима и приказани у складу с дефинисаним начином приказивања и периодима усредњавања из Уредбе о условима за праћење и захтевима квалитета ваздуха („Службени гласник РС“, бр. 11/10, 75/10 и 63/13).

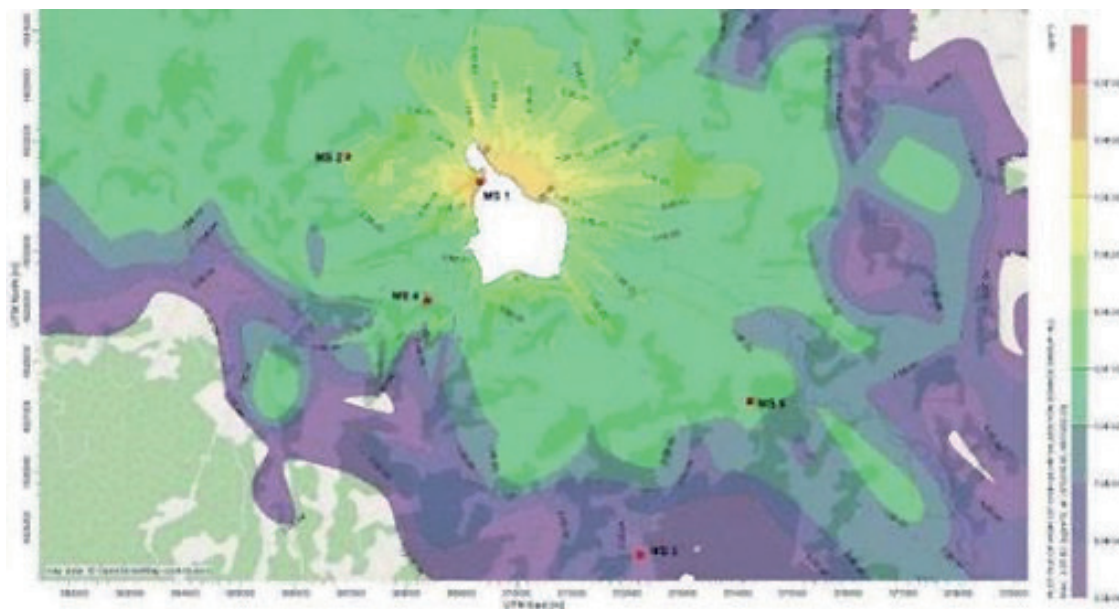
- Додатно, за моделирање дисперзије загађивача коришћен је конзервативни приступ – неповољни метеоролошки услови, максималне активности у току радног времена, максимално коришћење опреме;

- За процену утицаја на квалитет ваздуха коришћен је софтверски пакет AERMOD (US EPA) (пример једног резултата дат је на Слици 3).

Утицаји идентификовани моделирањем:

- Емисије прашине, представљене као укупне суспендоване честице (TSP) идентификоване су као главна загађујућа материја за све фазе пројекта. TSP – површине с прекорачењима налазе се углавном дуж јужне границе главног подручја пројекта, југозападне границе депоније Штавице и дуж приступног пута ка Штавицама. Концентрација експоненцијално опада до 500 м од границе где је у складу са задатим граничним вредностима;

| 75



Слика 3. Максималне приземне концентрације H_2SO_4 за период усредњавања од једног дана [$\mu g/m^3$] (MF, 2023a).

- NO_2 се емитује око парних котлова, покретне опреме и транспортног пута, а достиже граничну вредност на раздаљини од 200 м. Због интензивне употребе камиона и машина концентрација NO_2 могла би да буде повећана у односу на прописан стандард квалитета ваздуха, али само на краће временске периоде, а у оквиру дозвољених краткотрајних прекорачења у складу с прописима;

- Потенцијални утицај других загађивача (CO , HCl и H_2SO_4) на квалитет ваздуха у домену модела је низак и не би направио никакву значајну разлику на квалитет ваздуха. Утицај ових полутаната своди се на деловање у непосредном окружењу опреме и ношење заштите на радном месту оператера постројења.

Моделовањем распрострањања потенцијалних полутаната идентификоване су зоне угрожености на основу најгорег могућег сценарија и даље ће се усвојити и предузимати мере које ове утицаје смањују и одржавају концентрације у дозвољеним границама или испод граничних вредности. Мере ублажавања утицаја:

- ✓ заштитне баријере;
- ✓ систем за сакупљање прашине и издувни систем за основну опрему која ствара праšину;
- ✓ уређаји за пречишћавање излазног гаса (вентури скрубери);
- ✓ мере одржавања и чистоће на лицу места;
- ✓ одлагање отпадних материјала с мање висине;
- ✓ избегавање или минималан транспорт земљишта;

- ✓ коришћење прскалица за воду;
- ✓ покривање, затварање или обнављање вегетације на депонијама и складиштима где год је изводљиво;
- ✓ праћење стања ветра;
- ✓ управљање радним временом;
- ✓ ограничење брзине;
- ✓ мере енергетске ефикасности за смањење потрошње горива и електричне енергије.

• Воде

Планирање управљања водама као један од највећих изазова има задатак, с једне стране, да обезбеди оптималну количину воде неопходну за процес експлоатације и прераде минералне сировине, док, с друге стране, мора да обезбеди да не дође до штетних утицаја на режим вода у непосредном окружењу будућег комплекса. У току развоја пројекта „Јадар“, односно током израде техничке документације, осмишљен је и пројектован систем за управљање водама тако да се изврши максимална рецикулација вода уз учешће у водном билансу око 2/3 сопствених извора (одводњавање подземног рудника као и прикупљање кишнице на самој локацији) с циљем минимизирања количине вода коју је неопходно обезбедити из екстерних извора. Вишак воде који се може јавити у систему, у складу са захтевима које налаже хијерархија управљања водама, након што се исцрпу могућности за рецикулацију или поновну употребу, пречишћава се и испушта у складу са захтевима и циљевима заштите животне средине.

Анализа водног биланса и планирање потреба за водом током развоја пројекта „Јадар“ – рађена је уз помоћ наменских модела, који имају могућност комплексног прорачунавања с различитим променљивим улазним параметрима ради оптимизације коришћења водних ресурса и адекватног планирања. Овако сложени модели са сваком променом, нпр. у рударским плановима или технолошком поступку, доводе до измена у самом водном билансу, те су улазне као и излазне вредности трпеле одређене измене током времена. Последњи модел је рађен током 2023. године.

Оперативна филозофија управљања атмосферским отицајем осмишљена је тако да све три лагуне за прихват површинског отицаја, као и базен процесних вода, држи „празне“, како би пун капацитет увек био слободан за евентуални прихват екстремних кишних догађаја. Као резултат ове филозофије јавља се потреба за допремањем „свеже“ воде у условима када недостаје воде на самој локацији. „Свежа“ вода користи се за снабдевање резервоара сирове воде с циљем задовољавања потреба за водом у процесном постројењу у случајевима када нема довољних прилива вода из система за одводњавање подземног рудника као и од прикупљене кишнице. Вршна потреба за допремањем „свеже“ воде (П100) процењена је на 4,2 Мл/дан (приближно 48 л/с), која се јавља у 33. години рада постројења. Средња вредност варира током година и износи између 1 и 2 Мл/дан (11 и 23 л/с).

У случајевима када се јавља вишак воде у лагунама за прихват атмосферског отицаја, као и у базену процесне воде, постројење за третман отпадних вода у процесном постројењу добија

информацију да се јавио вишак у капацитету, који је потребно третирати и на крају испустити у реку Јадар. Максимални протицај отпадних вода који би се испуштао у ову реку јавља се у почетним данима пете године рада постројења (прва година фазе достизања нормалне производње) када се користи пун капацитет двоструке реверзне осмозе да третира воду за испуштање у реку, а када је смањена потреба за водом у процесном постројењу (током фазе достизања нормалне производње).

Од 5. до 7. године производња се увећава и потреба за водом у процесном постројењу се повећава. Оперативне активности достижу нормалне вредности у 8. години, капацитет потребан за испуштање воде у реку је 90 м³/h (25 л/с). Средња вредност протицаја отпадних вода варира око 0,5 Мл/дан (око 6 л/с).

Потребно је нагласити да се допремање сирове воде, односно испуштање пречишћених отпадних вода не дешава истовремено, односно ово су две одвојене операције условљене количином воде у водосабирним лагунама. Другим речима, када је повећан прилив подземних вода или прилив атмосферских падавина потребно је ослободити се вишка воде који се јавља у систему, односно супротан процес јавља се у случајевима када нема довољног прилива вода те је потребно обезбедити додатне количине из алувиона реке Дрине.

У случају неадекватног управљања водама у свим фазама развоја пројекта „Јадар“, како површинским отицајем тако и отпадним водама с локације планираног комплекса, може доћи до нарушавања режима подземних и површинских вода на предметној локацији. Основни ризици

у вези с планираним рудником и процесним постројењем (као једна целина), који су детаљно сагледани а могу се јавити приликом планирања оваквих активности јесу: утицај одводњавања на режим вода, отпадне воде и њихов третман и евакуација, захватање вода за потребе рада планираног постројења, као и појава великих вода и њихов утицај на планиране објекте. Локација планирана за формирање депоније за одлагање индустријског отпада због своје физичке одвојености може се посматрати као независна целина и повезани утицаји могу се посматрати независно. Доминанти утицаји везани за планирану депонију односе се на управљање површинским

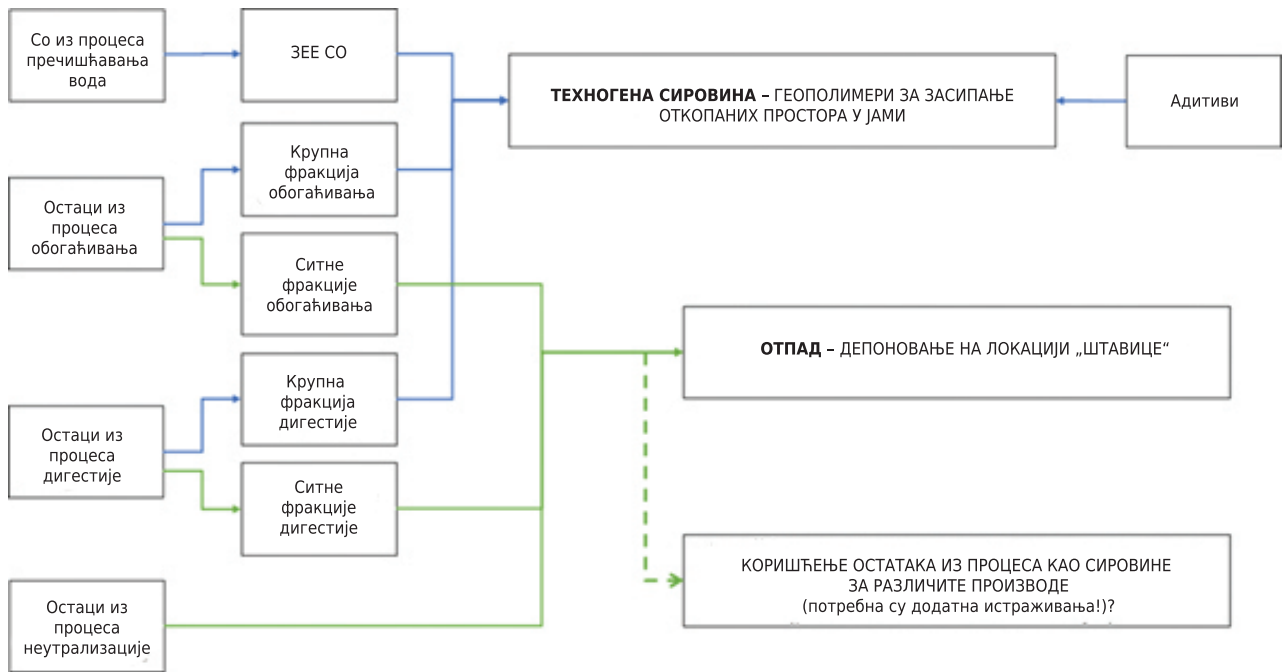
отицајем, као и контролу процедурних вода које се могу јавити на овој локацији.

• **Отпад**

Принцип управљања остацима из производних процеса приказан је на слици 4.

Развој пројекта „Јадар“ подразумевао је и одређене измене у контексту решења за управљање отпадом, а с циљем смањења утицаја на животну средину и оптимизацију производног процеса. Постојеће техничко решење подразумева да се сва три процесна остатка (од обогаћивања руде, растварања концентрата и уклањања нечистоћа) умешавају у форми хидромешавине

78 |



Слика 4. Принцип управљања остацима из производних процеса прераде руде јадарита (MF, 2023b).

и затим филтрирају, суше до нивоа влаге 25% и затим одлажу у сувој форми на депонију Штавице. Такође, ~29% процесног остатка може бити искоришћено у рударској запуни – а све ради смањења негативних утицаја на животну средину.

Наведени предлог технолошког решења за управљање отпадом одабран је на основу разматрања најповољније опције по животну средину, а у складу са чл. 6. и 44. Закона о управљању отпадом („Службени гласник РС“, бр. 36/09, 88/10, 14/16, 95/18 – други Закон и 35/23). Ово ће обезбедити да се одабраним техничким решењем површина и запремина простора потребног за формирање депоније свде на минимум, да се смањују штетна својства отпада, побољшава геотехничка стабилност одлагалишта, олакшава процес хидроизолације и сакупљања процедурних вода у односу са случајем да се фракције остатка одлажу засебно. Наведено техничко решење предмет је исходавања дозвола и биће додатно оптимизовано с циљем добијања процеса са *нула отпада*, односно да сав процесни остатак буде искоришћен као производ с одређеном наменом (рударска запуна, грађевински материјал, пољопривредна индустрија, путоградња и друго).

Индустријски отпад, предвиђен за одлагање на депонију индустријског отпада Штавице, по последњој карактеризацији отпада извршеној на основу лабораторијских анализа од стране лабораторије Анахем, а у складу са захтевима Правилника о категоријама, испитивању и класификацији отпада („Службени гласник РС“, бр. 56/10, 93/19, и 39/21, дефинисан је као отпад индексног броја 19 03 06*. Класификован је као опасан отпад због повећаног садржаја бора у

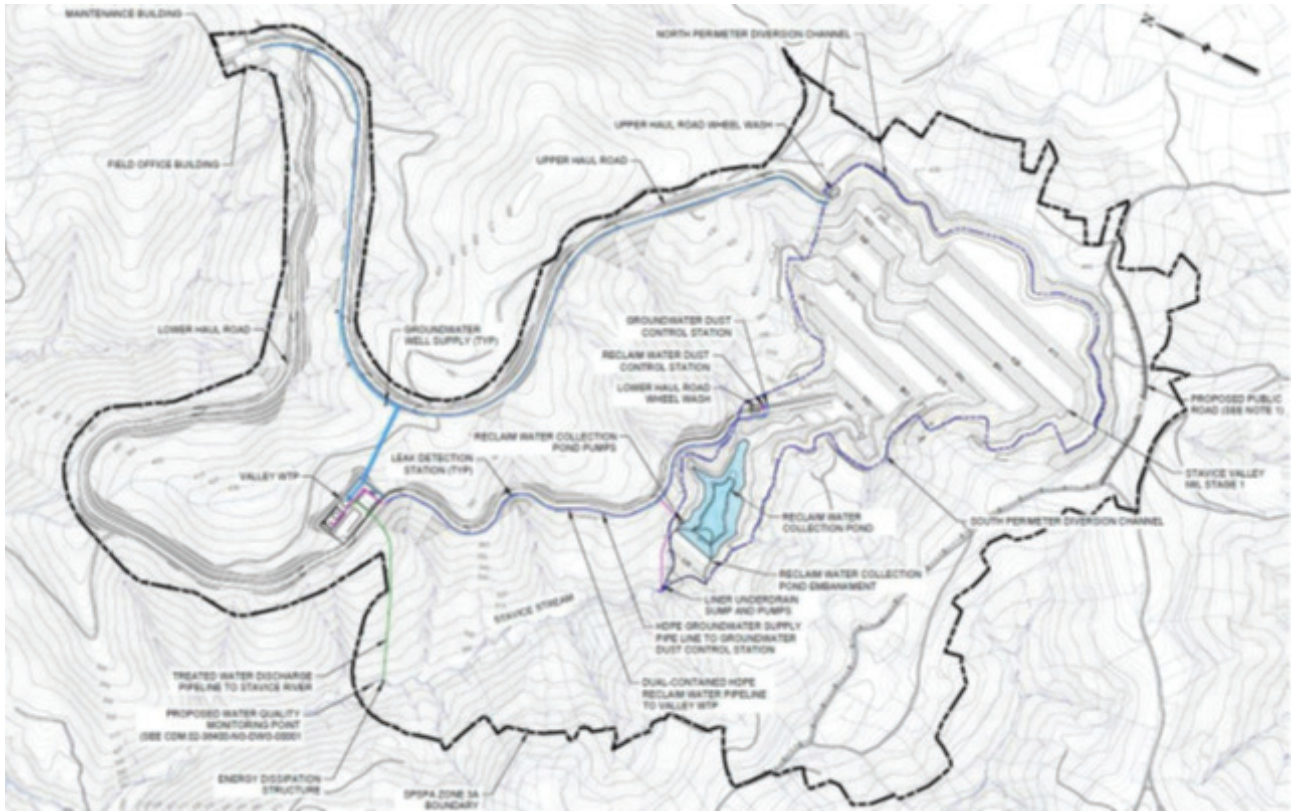
елуату према опасним карактеристикама Н15. Отпад не садржи угљоводонике ни једињења кисеоника, азота и сумпора, нити органохалогена једињења. Уредбом о одлагању отпада на депоније („Службени гласник РС“, број 92/2010), предметни отпад може се одлагати на депоније опасног отпада.

Узорак на ком је спроведена карактеризација представља мешавину три поменута тока отпада на начин да одсликавају пропорционални удео одређених токова у реалности, а по сценарију коришћења ~29% укупне масе отпада у рударској запуни.

У оквиру подзоне депоније налазе се депонија индустријског отпада и пратећи објекти, организовани и груписани у складу с технолошким шемом и захтевима инвеститора, и то:

- депонија индустријског отпада;
- иницијална брана депоније;
- прихватни базен за прикупљање воде;
- постројење за обраду и прераду прикупљене воде и резервоари;
- ободни канал за прикупљање површинске воде;
- приступне саобраћајнице (пошљунчене);
- наткривен простор за паркирање машина и камиона;
- бунар за снабдевање водом и постројење за третман воде;
- резервни бунар за воду за контролу емисије прашине;
- трафостаница;
- други објекти исте или компатибилне намене депоновању индустријског отпада и административна зграда за послене.

Распоред поменутих објеката приказан је на слици 5.



Слика 5. Распоред објеката депоније индустријског отпада (MF, 2023b)

Отпад ће у почетку бити одлаган на источном крају долине Штавице у слојевима до 95% збијености по стандардном Прокторовом опиту. Депонија ће имати активне и неактивне делове (зоне). Активне зоне ће бити оне у којима се отпад одлаже, разастире и збија. Одлагање отпада вршиће се на активним радним етажама које ће депонију подићи на пројектовану надморску висину. Предности

овог приступа изградње укључују следеће:

- Оперативна флексибилност за транспорт и депоновање отпада;
- Мали отисак депоније у почетку рада због смањења капиталних трошкова;
- Прогресивно затварање депоније након што свака фаза достигне пројектовану висину.

Утицај депоновања индустријског отпада на околину обухвата простор означен као Подзона ЗБ и односи се на простор у коме су могући утицаји услед депоновања индустријског отпада. Граница Подзоне ЗБ одређена је на растојању од 500 m у односу на границу Подзоне ЗА. Одлагање индустријског отпада (суви остатак) на депонију пружа повољније параметре у погледу утицаја на животну средину и могућности ефикаснијег управљања ризицима у Подзони утицаја депоније у односу на варијантно решење које би подразумевало јаловиште (депоновање течног отпада).

Закључак

Нацрти студија засновани су на истраживањима која је спровело више од 100 домаћих и међународних независних стручњака, укључујући 40 универзитетских професора с више од 10 факултета. Научна истраживања показују да се пројекат „Јадар“ може безбедно реализовати уз поштовање највиших домаћих и међународних стандарда заштите животне средине.

Нацрти објављених студија резултат су укупно шест и по година рада, који је започео прикупљањем података о почетном стању, након

чега је спроведено више од 23.000 биолошких, физичких и хемијских анализа земљишта, воде, ваздуха и буке. Нацрти студија су свеобухватни и засновани су на обимним подацима који омогућавају прецизне закључке о потенцијалним утицајима на животну средину и одговарајућим мерама заштите. Објављивање нацрта студија на 2.000 страница, с пратећим објашњењима, не представља почетак званичног поступка процене утицаја на животну средину који предвиђа закон Републике Србије.

Радни нацрти студија процене утицаја на животну средину пројекта „Јадар“ представљају најсвеобухватније студије ове врсте које су икада рађене у Србији. У студијама су детаљно анализирани постојеће стање животне средине, оцењено техничко решење и његов потенцијални утицај на животну средину и здравље људи израдом бројних модела, прорачуна и експеримената. На основу тога, у студијама су наведени сви познати потенцијални ризици и предложена одговарајућа решења за ублажавање утицаја, чиме је показано да се овај пројекат може одговорно и безбедно реализовати. Учешће НВО, универзитетске заједнице, пројектантских компанија, академија, заинтересоване јавности у будућој јавној расправи додатно ће осигурати изврсност пројекта.

References/ Литература

- Dizard, J. (2023, January 8). West needs to step up supply of copper for the energy transition. Financial Times. EBA, 250. Available at: <https://www.eba250.com/>
- EC (2017). Available at: https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/industrial-alliances/european-battery-alliance_en
- EC (2020). Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1542
- EC (2023). Available at: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en
- 82 | EC (2024). Available at: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en
- European Extractive Waste Directive, 2006/21/EC. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/21/oj>
- Gaustad, G., Krystofik, M., Bustamante, M., Badami, K. (2018). Circular economy strategies for mitigating critical material supply issues. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 135, 24-33. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.002>
- Industrial and Livestock Rearing Emissions Directive, IED 2.0, 2024/1785. Available at: https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-and-livestock-rearing-emissions-directive-ied-20_en
- IRENA (2021). Available at: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>
- IRENA (2022). Available at: <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2022>
- IRMA (2020). Available at: <https://www.electrive.com/2020/11/12/mercedes-to-source-cobalt-and-lithium-with-standard-for-responsible-mining/>
- Law on Environmental Impact Assessment. Official Gazette of the RS, no. 135/04 and 36/09. [In Serbian]
- Law on Waste Management. Official Gazette of the RS, no. 36/09, 88/10, 14/16, 95/18 – other law and 35/23. [In Serbian]
- MF (2023a). Study on the environmental impact of the Jadar Project – phased construction of the processing plant for the processing of the mineral jadarite „Jadar”, in accordance with the regulations of the Republic of Serbia. [In Serbian]
- MF (2023b). Study on the environmental impact of the industrial waste landfill. [In Serbian]
- MGSI (2021). Draft Spatial Plan of the Republic of Serbia. Available at: <https://www.mgsi.gov.rs/cir/dokumenti/javni-uvod-u-nacrt-prostornog-plana-republike-srbije-od-2021-do-2035-godine-i-izveshtaj-o> [In Serbian]
- National Strategy for the Sustainable Use of Natural Resources and Goods. Official Gazette of the RS, no. 33/12. [In Serbian]
- Regulation on the categories, testing, and classification of waste. Official Gazette of the RS, no. 56/10, 93/19, and 39/21. [In Serbian]
- Regulation on the conditions for monitoring and air quality requirements. Official Gazette of the RS, no. 11/10, 75/10, and 63/13. [In Serbian]

Regulation on the contents of the environmental impact assessment study. Official Gazette of the RS, no. 69/05. [In Serbian]

Regulation on the disposal of waste in landfills. Official Gazette of the RS, no. 92/10. [In Serbian]

Regulation on the Establishment of the Implementation Programme for the Spatial Plan of the Republic of Serbia for the period 2016–2020. Official Gazette of the RS, no. 104/16. [In Serbian]

Regulation on the Establishment of the Implementation Programme for the Regional Spatial Plan for the area of the Kolubara and Mačva Administrative Districts for the period 2016–2020. Official Gazette of the RS, no. 106/16. [In Serbian]

Report on the Strategic Environmental Impact Assessment of the Spatial Plan. Official Gazette of the RS, no. 36/17. [In Serbian]

Reuters (2022, January 11). *Nickel prices soar to highest since 2012*.

Reutner, U. (2024). Energy and raw material base in transition, POWTECH TECHNOPHARM. Available at: <https://www.powtech-technopharm.com/en/industry-insights/2024/article/lithium-from-europe-first-milestones-reached>

RGF (2021). Feasibility study of underground exploitation of lithium and boron deposits in Jadar. [In Serbian]

RGF (2023). Environmental impact assessment study for the underground exploitation project of lithium and boron deposits in Jadar. [In Serbian]

| 83

Spatial Plan for the Special Purpose Area for the implementation of the Jadar mineral exploitation and processing project. Official Gazette of the RS, no. 26/20. [In Serbian]

SPGLOBAL (2024). Available at: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/our-methodology/price-assessments/metals/lithium-carbonate>

Trading economics (2024). Available at: <https://tradingeconomics.com/commodities>

Transport & Environment (2024). Mining waste: time for the EU to clean up, Making the case for a revision of the EU Extractive Waste, Directive. Available at: https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2024_08_TE_briefing_revision_Extractive_Waste_Directive.pdf

Aleksandar M. Jovović

University of Belgrade,
Faculty of Mechanical Engineering
Belgrade (Serbia)

Jadar Project in light of critical raw materials supply

Summary

84 |

The paper provides an analysis of the global growth in demand for critical raw materials in terms of increasing demands for faster and greater use of renewable energy sources. The paper presents the most important European regulations, initiatives and projects. It also describes the basic characteristics of the Jadar Project, technical solutions, potential impacts and measures to reduce these impacts. Special attention is paid to emissions into air and water, as well as the method of disposal of industrial waste. All technical solutions are designed in accordance with the best available techniques, described in EU reference documents.

Keywords: critical raw materials, lithium, Jadar