

## РУДОДОБИВЪТ КАТО АНТРОПОГЕНЕН ИЗТОЧНИК НА ЗАМЪРСЯВАНЕ В ОБЩИНА БОСИЛЕГРАД, РЕПУБЛИКА СЪРБИЯ

*Милена Миленова<sup>1</sup>, Иван Дреновски<sup>2</sup>, Драгана Джорджевич<sup>3</sup>*

Целта на статията е да обобщи наличната информация за състоянието на водите и почвите в района на община Босилеград в Западните покрайнини (Р. Сърбия). Територията е силно повлияна от дългогодишния рудодобив и флотация. Рудните находища са с високи концентрации на Zn, Pb и други тежки метали, каквито се откриват и в хвоста от мините „Грот“ и рудно поле „Караманица“. За някои тежки метали се установяват концентрации над пределно допустимите в почвите в близост до хвостохранилищата, както и във водите на реките, в които се заустват тези хвостохранилища, поради което те не могат да се използват нито за питейни нужди, нито за напояване. Налице са условия за трансгранично замърсяване на р. Струма на територията на България.

**Ключови думи:** рудодобив, тежки метали, хвостохранилища, трансгранично замърсяване.

---

<sup>1</sup> Югозападен университет „Неофит Рилски“ – Благоевград; milena\_rangelov@abv.bg

<sup>2</sup> Институт за изследвания на климата, атмосферата и водите (ИИКАВ) при Българска академия на науките; idri@abv.bg

<sup>3</sup> Институт за химия, технологии и металургия, Университет в Белград – Център за изключителни стойности за химия и инженеринг на околната среда, Белград, Сърбия, dragodj@chem.bg.ac.rs

# MINING AS AN ANTHROPOGENIC SOURCE OF POLLUTION IN THE MUNICIPALITY OF BOSILEGRAD, REPUBLIC OF SERBIA

*Milena Milenova, Ivan Drenovski, Dragana Đorđević*

**Abstract:** The aim of this article is to summarize the available information on the status of water and soil in the area of the municipality of Bosilegrad in the Western outskirts (R. Serbia). The area is strongly influenced by long-term mining and flotation. Data from publications and department reports on the mineral and chemical composition of the ores, as well as on the state of the environment in the study area were used. The ore deposits here are characterised by high concentrations of Zn, Pb and other heavy metals, which are also found in the tailings from the Grot and Karamanica ore field. Heavy metals are found in the soils in the vicinity of the tailings in excess of the maximum permissible concentrations. Due to the high content of heavy metals in the rivers into which the tailings are discharged, their waters cannot be used either for drinking or for irrigation. They are classified as Class 4 and Class 5 according to the standards applied in the Republic of Serbia. There are conditions for transboundary pollution of the Struma River on the territory of Bulgaria. Continued mining and flotation make conservation and recultivation of the tailings dumps at the Grot and Podvirovi mines impossible. In order to improve the condition of the rivers and also the overall ecological status, it is necessary to monitor soil, surface and groundwater pollution and to build modern waste water treatment facilities.

**Keywords:** mining, heavy metals, tailings dumps, transboundary pollution.

## ВЪВЕДЕНИЕ

Металите и техните сплави, както и енергията от изкопаеми горива, са неотделима част от съвременния живот. Всички те се добиват от природата под формата на минерални суровини. Добивът и преработката на полезни изкопаеми са в основата на всички известни земни цивилизации. Неслучайно имената на много от историческите епохи в развитието на човечеството са свързани с материала, който е играл основна роля в живота на хората – каменна, медна, бронзова, желязна епоха.

Миннодобивната и флотационната дейност винаги са били свързани с изменение на природната среда и пораждање на екологични проблеми. Община Босилеград – в Западните покрайнини, Р. Сърбия, е поредният негативен пример, потвърждаващ това правило. В изключително атрактивни терени на нейна територия, в непосредствена близост до резервати и природни забележителности, се намират няколко рудника и хвостохранилища. Става въпрос за мина „Грот” при с. Мусул и махала Кекеринци, както и за

рудно поле „Караманица“ (фиг. 1), което включва находищата „Подвирови“, „Поповица“ и „Лиска“. За краткост, в текста оттук нататък рудно поле „Караманица“ ще бъде обозначавано като мина „Подвирови“.

Целта на статията е да обобщи наличната информация за състоянието на водите и почвите в района на община Босилеград (Р. Сърбия). За нейното постигане е направен подробен преглед на минералния и химическия състав на оловно-цинковите руди в района, на съдържанието на тежки метали в хвостохранилищата, водите на реките, в които те се заустват, и в почвите в близост до тях.

## ИЗХОДНИ ДАННИ

Използвани са данни от публикации и ведомствени доклади за минералния и химически състав на рудите, както и от изследвания за състоянието на околната среда в Югоизточна Сърбия, провеждани през годините (Янковић, 1990; Миланов, 2016; Ђокић и др., 2011; Ђокић, 2012). Някои последни изследвания са финансирани от чужбина (Nishikawa, 2008). Има и няколко публикации, свързани с въпросите за миннодобивната и флотационната дейност в Сърбия (Янковић, 1990; Янковић и др., 2003).

В близост до част от мините в района на изследването са създадени хвостохранилища, като повечето от тях са необезопасени. Липсват публикации за материалите в тези депа, но данните са предимно под формата на фондова документация (Ђокић, Јовановић, 2006.).

Последните изследвания за състоянието на повърхностните води и почвите са извършени от колектив от учени от Белградския университет през периода 2011–2019 г. (Ђорђевић и др., 2021).

## РАЙОН НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Изследването включва част от т.нар. в българската историография Западни покрайнини. Община Босилеград се намира в Източна Сърбия и граничи с България. Това е една от най-изостаналите общини в Сърбия, малка по площ и с непрекъснато намаляващо население. Рудодобивът е съдбовно свързан с развитието на този район. Първите добивни дейности се датират още от римско време, като в много местности и до днес са запазени следи от тях. В наши дни мините „Подвирови“ и „Грот“ са единствените големи промишлени предприятия, където населението може да намери работа. През последните години собствеността на мините премина от държавата в частни ръце.



В началото на Първата световна война всички минни дейности в района са прекратени. Периодът от 1958 г. до 1972 г. е време на системна минна дейност, когато се формира флотационното хвостохранилище „Грот“, сега в непосредствена близост до селище Крива Фея, но също така и хвостохранилище в с. Мусул, махала Кекеринци, община Босилеград (Миланов, 2016).

Мина „Подвирови“ от рудно поле „Караманица“ е работила за кратко по времето на бивша Югославия и е била закрыта поради нерентабилност и липса на добри пътища. През 2016 г. се правят нови геоложки проучвания и две години по-късно дейността ѝ е възстановена от частна фирма за добив на руди и други неблагородни метали „Босил Метал“ д.о.о. гр. Босилеград. Министерството на земеделието и опазването на околната среда на Р. Сърбия уведомява за решението, че не се изисква оценка на въздействието върху околната среда след действията на фирмата (Решење ..., 2017).

През 2018 г. започва експлоатация на мина „Подвирови“. По-късно е изградена пилотна инсталация за техническо изпитване на флотационната обработка на Pb-Zn руда от находищата „Подвирови“ и „Поповица“. Мината няма хвостохранилище, всички отпадъчни води се изхвърлят непречистени в р. Караманичка. Липсва официална информация за работата на рудник „Подвирови“ (Решење ..., 2022).

## ДИСКУСИЯ

Първите сериозни геологопроучвателни изследвания започват през петдесетте години на XX век. Комплексните проучвания на района се провеждат от „Института за геофизични изследвания“ – Белград през 1955 г., а от 1963 г. е включена и геоложката служба „Трепча“ за провеждането на подробни геоложки проучвания. Освен основни и частично детайлни геоложки, геохимични и геофизични проучвания са извършени значителни по обем детайлни геоложки проучвания в рудните структури. В резултат е определено качеството на рудите и са създадени геоложки карти. Подробните проучвания на рудните структури включват изготвяне на подробни геоложки планове (1:1000, 1:2500, 1:5000), минно-проучвателни работи и проучвателни сондажи.

### РУДНО ПОЛЕ „КАРАМАНИЦА“ (НАХОДИЩА „ПОДВИРОВИ“, „ПОПОВИЦА“, „ЛИСКА“)

Най-подробна информация има за находище „Подвирови“, тъй като там проучвателните работи са проведени в три периода. Първият е от 1956 до 1964 г., вторият – от 1972 до 1978 г., а третият – от 1984 до 1989 г.

Подвировската надлъжна дислокация, разположена от СЗ-ЮИ, се проследява на разстояние 5 km. Тя прорязва серия от серицит-хлоритни шисти с кварцитни разкрития. В рамките на структурата се намира и частично проученото находище „Подвирови“, а в други нейни части са отбелязани многобройни прояви на Pb-Zn орудявания (Радовић, 2015). Рудните тела са от прожилен и лещовиден тип с дебелина до 13 m. Жилите във високите части на находището са с малка дебелина и сравнително високо метално съдържание (Миланов, 2016). Средното съдържание на метал по хоризонти е показано в таблица 1.

Таблица 1.

*Средно съдържание на метали (%) в находищата на рудно поле „Караманица“ (по Радовић „Програм истраживања и експлоатације Pb -Zn руде на подручју Караманица (2007–2015)“*

Хоризонт	Pb	Zn	Cu
1459	10,51	8,32	2,09
1426	11,17	10,50	2,88
1372	12,79	9,76	3,10
1312	6,36	5,75	1,50

Резултатът от подробните проучвания от първия етап са доказаните рудни запаси, представени в таблица 2. Разработена е инвестиционна програма с планиран годишен добив от 24 000 t руда (Миланов, 2016).

Таблица 2.

*Доказани рудни запаси (t) и метално съдържание (%) в находища „Подвирови“, „Поповица“ и „Лиска“*

Категория	Запаси	Pb	Zn	Cu
<b>Находище „Подвирови“*</b>				
A	9 358	9,55	10,33	2,41
B	47 190	9,10	8,13	1,88
C1	114 573	9,96	8,84	2,33
A + B+ C1	171 085	9,70	8,73	2,21
<b>Находище „Поповица“**</b>				
C1	606 330	1,08	1,70	-
C1	4 317 780	1,00	1,45	-
<b>Находище „Лиска“***</b>				
B	2 577 832	0,48	0,89	-
C1	2 284 918	0,60	1,00	-
B+C1	4 826 750	0,54	0,94	-

*\*по Радовић „Програм истраживања и експлоатације Pb -Zn руде на подручју Караманица (2007-2015); \*\* по Миланов (2016)*

## РУДНО НАХОДИЩЕ „ГРОТ“

Рудник „Грот“ принадлежи към Сръбско-македонската тектонска единица, Беснокобилско-Осоговския руден район. Образуването на находищата е свързано с алпийския магматизъм. Генетично те са от скарново-хидротермален тип (Ђокић, 2012).

От рудните минерали в мина „Грот“ преобладават галенит, сфалерит и пирит, а второстепенни са халкопирит, пиротин, магнетит, хематит, кубанит, арсенопирит, марказит, тетраедрит, молибденит, сидерит, лимонит, хидрохематит, вулфенит, церусит и ковелин (Ђокић, 2012).

Извършените през 60-те години на ХХ век химически анализи на представителна проба руда (от 30 t) от рудник „Грот“ показват следния състав: Pb (5,22%), Zn (4,91%), Fe (10,90%), S (5,85%), As (0,16%), Sb (0,11%), Cu (0,23%), Cd (0,026%), Bi и Au следи, Ag (20,00 g/t), Mn (10,7%), Mg (1,61%), SiO<sub>2</sub> (56,75%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,60%) и CaO (4,77%) (Ђокић, Јовановић, 2008).

През 2006 г. са извършени химически анализи (American Assay Laboratory) на 68 елемента, които показват следния състав на рудата: Al (802 ppm), As (70 ppm), Au (<2 ppm), B < 3 ppm, Ba (2 ppm), Be (0,11 ppm), Bi < 1 ppm, Ca (4680 ppm), Cd (1327,50 ppm), Ce < 1 ppm, Co (19 ppm), Cr (2 ppm), Cu > 10 000 ppm (18 680 ppm), Dy < 1 ppm, Er < 1 ppm, Eu < 0,5 ppm, Fe (74700 ppm), Ga (6 ppm), Ge < 2 ppm, Hf < 2 ppm, Hg < 0,5 ppm, Ho < 0,5 ppm, In < 1 ppm, Ir < 5 ppm, K (943 ppm), La (3 ppm), Li < 1 ppm, Lu < 1 ppm, Mg (1350 ppm), Mn (1660 ppm), Mo < 0,5 ppm, Na (68 ppm), Nb < 2 ppm, Ni (9 ppm), Os < 5 ppm, P (320 ppm), Pb > 10 000 ppm (160 620), Pd < 5 ppm, Pr < 1 ppm, Pt < 5 ppm, Rb < 5 ppm, Re < 5 ppm, Rh < 10 ppm, Ru < 10 ppm, S (84 900 ppm), Sb (22 ppm), Sc (0,27 ppm), Se (1,7 ppm), Si (429 ppm), Sm < 1 ppm, Sn < 1 ppm, Sr (14 ppm), Ta < 5 ppm, Tb < 1 ppm, Te < 5 ppm, Th < 3 ppm, Ti < 10 ppm, Tl < 3 ppm, Tm < 1 ppm, U (4 ppm), V (7 ppm), W (45 ppm), Y (2 ppm), Yb < 1 ppm, Zn > 10 000 ppm (194 740), Zr (2 ppm), Ag (55,30 ppm), Nd < 1 ppm (Ђокић, Јовановић, 2008).

## ХАРАКТЕРИСТИКА НА ХВОСТОХРАНИЛИЩАТА В РАЙОНА

Хвостохранилището на мина „Грот“ е образувано чрез преграждане на Селишкия поток (Ђокић и др., 2011). Рудите, от преработката на които се е формирало, са полиметални. Технологичната подготовка на тези руди се състои в тяхното раздробяване, смилане и флотационна подготовка – обработка с калиев етил ксантогенат, калиев амил ксантогенат, натриев цианид, цинков сулфат, меден сулфат и вар (Ђокић, 2012).

Почвите около хвостохранилището са плитки, което е следствие от специфичната геоложка основа, климат и релеф. В педологично отношение те представляват почви, формирани на полегати склонове върху гранит и гранодиорит (Николоски и др., 2011).

Терените около хвостохранилището се използват за пасища и градини, които се обработват екстензивно, така че въздействието на торове и препарати за растителна защита върху свойствата на почвите им е минимално. Почвите са защитени с канал от разпиляване на утаечен материал от хвостохранилището. Свойствата на почвата са силно повлияни от утаяването на прах от сухите повърхности на хвостохранилището, който се отнася от вятъра в зависимост от преобладаващата му посока. За съжаление, в непосредствена близост няма метеорологична станция, която предоставя съответни данни за местния климат. На повърхността на почвата в близко разположените обработваеми земи се забелязват минерални агрегати, което показва наличието на хвостов материал (Ђокић, 2012).

Мина „Подвирови”, в която също се добива и обогатява оловно-цинкова руда, няма хвостохранилище. Цялата отпадъчна вода се зауства в близко дере и отива в р. Караманичка, която се влива в р. Драговищица и оттам в р. Струма.

#### СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ В ПОЧВИТЕ И ВОДИТЕ В РАЙОНА

Районите около флотационното хвостохранилище „Грот“ са изложени на значителен риск, като самата почва е силно замърсена, а замърсяването продължава. Хвостният материал съдържа високи концентрации на тежки метали. Определянето на връзката между геохимичните свойства на хвостохранилището и земеделската земя е от съществено значение, тъй като тази земя се използва за селскостопанско производство, а населението консумира произведените върху нея продукти. По този начин тежките метали от хвоста навлизат в хранителната верига. Селскостопанските продукти от този регион се консумират и в по-отдалечени части на Сърбия, което разширява обхвата на потенциалното замърсяване (Ђокић, 2012).

Изследвана е концентрацията на тежки метали в плитките почвени хоризонти около хвостохранилището на мина „Грот“. Събрани са 14 почвени проби със следното пространствено разположение: северно и североизточно от хвостохранилището (проби П 1, П 2, П 3 и П 4), югоизточно (проби П 5, П 6, П 7, П 8 и П 9) и южно (проби П 10, П 11, П 12, П 13 и П 14) (Ђокић, 2012) (фиг. 2). Фитотоксичните концентрации са представени по Kabata Pendias & Pendias (1984).

Концентрациите на хром са в границите на 20–30 ppm и са с максимум от 55 ppm южно от хвостохранилището (П 11), което е почти два пъти под максимално допустимото (100 ppm). Максимумът се достига в почвата на юг, най-близо до хвостохранилището.

Концентрациите на кобалт са преобладаващо от 30 до 45 ppm, което е над ПДК и попада във фитотоксичния диапазон от 25 до 50 ppm.

Съдържанието на олово в почвата е значително, а в някои случаи и в пъти по-високо от допустимото (85 ppm), преобладаващо във фитотоксич-

ни концентрации (над 100 ppm), с изключение на най-отдалечените почвени проби, събрани южно от хвостохранилището. Най-високото съдържание на олово се достига локално югоизточно от хвостохранилището (П 7).

Съдържанието на цинк е от 160 до 320 ppm и е във фитотоксични граници (над 70 ppm). Цинкът има свойството да се свързва с глинести минерали и с оксиди и хидроксиди на желязото и мангана (Јовић, Јовановић, 2004). Локализациите на максималните концентрации на цинк и желязо в хвостохранилището съвпадат (Ђокић и др., 2011). Цинкът се отличава със своя халкофилен характер. Този метал е концентриран в северните части на хвостохранилището, в зоните, където се постигат максимални съдържания на Fe и Pb. Среща се в повишени концентрации локално в отделни проби на юг и югоизток. Причината за повишените концентрации на Zn вероятно е свързана със способността му да се адсорбира върху глинести минерали. В хвоста концентрациите на този метал са в пъти по-високи от тези в земната кора. Много често съдържанието му в определени части на хвостохранилището надвишава дори това на рудите в рудник „Грот“ (Ђокић, 2012).

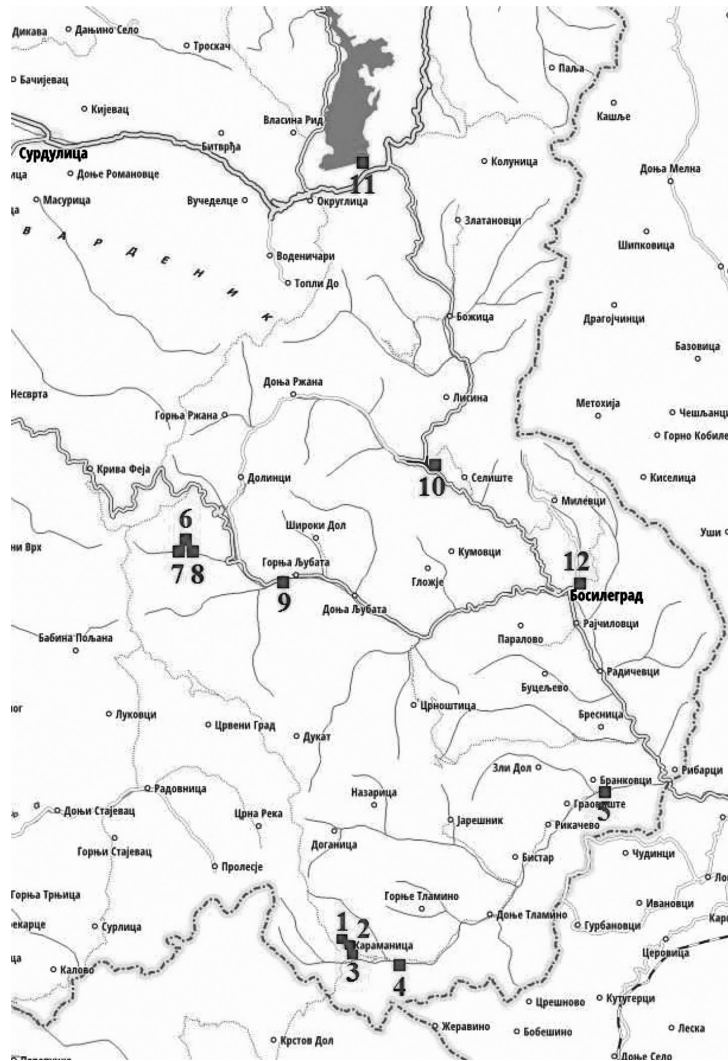
Съдържанието на калай се колебае в много широки граници, но в над 80% от случаите е във фитотоксичния диапазон (над 50 ppm).

Медта в повечето анализи е под границата на откриване. Само в две проби (П 1 и П 11) нейното съдържание е над ПДК, но под фитотоксичното.

Само в една проба (П 11) концентрациите на арсен са във фитотоксичния диапазон (над 15 ppm), но под ПДК (29 ppm).

Молибден, живак, хром, волфрам и кадмий не са открити в близост до хвостохранилището, въпреки че тези тежки метали са открити във флотационното тяло (Ђокић, 2012).

Последните проучвания са от м. август 2020 г., когато са събрани проби от вода, речни седименти, почва и силикатни водорасли от водите, реките и езерата под двете оловно-цинкови мини в Босилеградско Краище. Изследвано е общото съдържание на алкални, алкалоземни и тежки метали и основните йони в проби от речна вода, също и анализ на съдържанието им в речни седименти и почва. Тези проучвания са направени от колектив учени от Белградския университет (Ђорђевић и др., 2021). Резултатите от тях дават представа за състоянието на повърхностните води, речните седименти и почва на територията на Босилеградска община във водосборите под мините „Подвирови“ и „Грот“. В рамките на така описаните екохимични изследвания са взети проби от седем водни потока (фиг. 2): Безименен поток, Караманичка река, Голема река, Бранковачка река, Краснодолски поток, Църна река, Любатска река. Взети са също проби от две езера – Лисинско и Власинско. Отводнителен канал в Горня Любата се използва за пълнене на Лисинското езеро, което е второстепенен резервоар за Власинското езеро. Лисинското езеро е част от помпено-акумулиращата система, която транспортира вода от Лисинско до Власинско езеро (Ђорђевић и др., 2021).



Фиг. 2. Карта на Босилеградско Краище с местата на вземане на водни проби (по Ђорђевић и др., 2021): 1. Безименен поток на Караманичка река над флотацијата; 2. Хвостохранилиште на мина „Подвирови“; 3. Безименен поток на Караманичка река под флотацијата на мина „Грот“; 4. Голяма река, Оматика; 5. Бранковачка река преди бента; 6. Краснодолски поток под старата флотация на рудник „Грот“; 7. Чърна река преди вливането на Краснодолски поток; 8. Чърна река след вливането на Краснодолски поток; 9. Любатска река преди водохващането и за Лисинско езеро; 10. Лисинско езеро след бента; 11. Власинско езеро при устието на Божичкият канал; 12. Босилеград

Това позволява да се направи објективна оценка на квалитетот на водите во близост до мините при с. Караманица и мина „Грот“ (табл. 3, 4). Според нормативите на Република Србија категориите за квалитет на поврхностните води се пет (Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012).

Таблица 3.

Гранични стойности на параметрите в повърхностните и питейните води, регламентирани от сръбските и чуждестранните норми (по Борђевић, и др., 2021)

ЕСТЕСТВЕНИ ВОДИ										ПИТЕЙНИ ВОДИ			
МДК <sup>(7)</sup>	РС <sup>(1)</sup>	РС <sup>(2)</sup>		ЕС <sup>(3)</sup>					РС <sup>(4)</sup>	СЗО <sup>(5)</sup>	ЕС <sup>(6)</sup>		
		І <sup>(2)</sup>	ІІ <sup>(2)</sup>	повърхностни води		МДК <sup>(7)</sup>		ІС <sup>(9)</sup>					
		СГК <sup>(8)</sup>	ІІІ <sup>(2)</sup>	ІV <sup>(2)</sup>	V <sup>(2)</sup>	МДК <sup>(7)</sup>	СГК <sup>(8)</sup>	МДК <sup>(7)</sup>	ІС <sup>(9)</sup>	МДК <sup>(7)</sup>	ІС <sup>(9)</sup>	МДК <sup>(7)</sup>	
Ca (mg/l)										200			
Fe (µg/l)		200	500	1000	2000	>2000				300		200	
K (mg/l)										12			
Mg (mg l)										50			
Na (mg/l)										200		200	
B (µg/l)		300 (или ЕН) <sup>(11)</sup>	1000	1000	2500	>2500				1000	2400	1500	
Al (µg/l)										200		200	
Ba (µg/l)										700	1300		
Cr (µg/l)		25 (или ЕН) <sup>(11)</sup>	50	100	250	>250				50	50	50	
Mn (µg/l)		50	100	300	1000	>1000				50		50	
Ni (µg/l)	34						4 <sup>(12)</sup>	34			4 <sup>(12)</sup>	20	
Cu (µg/l)												20	
			5 (T=10) <sup>(10)</sup>	5 (T=10) <sup>(10)</sup>									
			22 (T=50)	22 (T=50)									
			40 (T=100)	40 (T=100)	500	1000							
			112 (T=300)	112 (T=300)									
												2000	
												2000	
												2000	



*Забележка:* с индекс са означени граничните стойности на параметрите в повърхностните и питейните води, регулирани от сръбските и чуждестранните норми, както и прилагане на гранични стойности на приоритетни и приоритетно опасни вещества, предписани от наредбите на Република Сърбия:

- (1) Наредба за пределно допустимите стойности на приоритетните и приоритетно опасните вещества, които замърсяват повърхностните води, и сроковете за достигането им, Държавен вестник на РС, бр. 24/2014 г
  - (2) Наредба за пределно допустимите стойности на замърсяващите вещества в повърхностните и подземните води и утайките и сроковете за достигането им. ДВ на Р. Сърбия, бр. 50/2012 г.;
  - (3) Directive 2013/39/EU (EC) of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy, Off. J. Eur. Union, L226 (2013).
  - (4) Правилник за хигиенната годност на питейната вода. ДВ на СРЮ, бр. 42/98 и 44/99 и ДВ на Р. Сърбия, бр. 28/2019 г.;
  - (5) Световна здравна организация (СЗО). Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum, World Health Organization, Geneva (2017);
  - (6) Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption. Off. J. Eur. Union, L 435 (2020);
  - (7) МДК – максимално допустима концентрация;
  - (8) СГК – средногодишна концентрация;
  - (9) ГС – гранична стойност;
  - (10) Т – твърдост на водата (mg/l CaCO<sub>3</sub>);
  - (11) ЕН – естествено ниво;
  - (12) Тези стойности за стандарта за качество на околната среда показват концентрации на вещества, които са бионалични;
  - (13) Посочените стойности се отнасят за mg/l NO<sub>x</sub> -, което е 11,3 mgN/l;
  - (14) Пределно допустимата стойност зависи от вида на повърхностните води.
- Най-замърсени са водите от пета категория, които по своето качество не отговарят на критериите за използване за каквито и да било цели като пиене/готвене, поливане, миене, чистене и разни индустриални цели.

Таблица 4.

Качество на изследваните повърхностни води по различни показатели\*  
(по Борђевић, и др., 2021)

Водна проба**	Fe	B	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Cl	- NO3	3- PO4	2- SO4
1.	V	I	I	III	III/IV	I-II	II	I	V	III/IV	I	I	I	III
2.	V	I	I	I	I	I-II	I	V	I	V	I	II	I	V
3.	V	I	I	I	I	I-II	I	V	I	V	I	II	I	V
4.	V	I	I	II	I	III	I	II	III/IV	III/IV	I	I	I	II
5.	V	I	I	I	I	I-II	I	I	I	I	I	I	I	I
6.	V	I	I	IV	I	I-II	II	I	V	V	I	II	I	III
7.	V	I	I	I	I	I-II	I	I	III/IV	I	I	I	I	I
8.	V	I	I	III	I	I-II	II	I	V	V	I	II	I	III
9.	V	I	I	I	I	I-II	I	I	V	I	I	I	I	I
10.	V	I	I	I	I	I-II	I	I	V	I	I	I	I	I
11.	I	I	I	I	I	I-II	I	I	I	I	I	I	I	I

\*по класове, представени с римски цифри: I, II, III, IV, V (по Уредба Републике Србије – Службени гласник РС бр. 50/2012);

\*\*Местата, от които са взети водните проби: 1. Безименен поток на р. Караманица, нагоре по течението от флоцията на мина „Подвирови“; 2. Безименен поток на р. Караманица, надолу по течението од флотацията на мина „Подвирови“1; 3. Безименен поток на р. Караманичка, надолу по течението од флотацията на мина „Подвирови“2; 4. Голяма река, Оматица; 5. Река Бранковачка, преди язовира на мини ВЕЦ „Градище“; 6. Краснодолски поток, под старата флотация на мина „Грот“; 7. Черна река, преди устието на Краснодолския поток; 8. Черна река, след устието на Краснодолския поток; 9. Любатска река, преди водохващането (Отводнителен канал фиг. 1) за Лисинско езеро; 10. Лисинско езеро, от реката под него; 11. Власинско езеро, при устието на Божичкия канал

Изследванията за качеството на водата установяват значителни замърсявания, свързани с рудодобива и флотацията:

Високата концентрация на замърсители в резултат от миннодобивната дейност е ясно изразена. Водите на р. Караманичка, след флотацията на рудник „Подвирови“, показват повишени концентрации на олово, арсен и сулфати.

Наблюдава се повишаване на концентрациите на определени замърсители надолу по течението на реките след заустване на флотационни води. Така например състоянието на водите на Черна река се влошава рязко след вливането на Краснодолски поток. Това се наблюдава най-отчетливо по от-

ношение съдържанието на олово, кадмий, манган и сулфати. Аналогично е положението и при самия Краснодолски поток под старата флотация на мина „Грот“.

Тези закономерности подчертават значителното влияние на рудодобивната дейност върху качеството на водата в община Босилеград. Географското разположение на водоемите и тяхната близост до минните обекти играят определяща роля за степента на замърсяване.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въздействието на рудодобива и флотационната дейност върху състоянието на околната среда в района рядко са били анализирани. Не прави изключение и хвостохранилището на мина „Грот“, за което липсва основна информация. Независимо от повишените концентрации на тежки метали във водите и почвите, местното население консумира произведената в района земеделска продукция.

Депонираният флотационен материал от мина „Подвирови“ в долините на близко разположените потоците повишава концентрацията на тежки метали във водите. Експлоатацията на мина „Подвирови“ като пилотен проект или експериментално производство продължава без оценка на въздействието върху околната среда повече четири години, с което далеч надхвърля максимално допустимите срокове съобразно статута на изключението, предвидено съгласно Конвенцията за ОВОС в трансграничен контекст, ратифицирана от България и Сърбия. Наложително е изграждането на модерни пречиствателни станции, с което да се намалят негативните екологични последици от добива и преработката на рудите в изследвания район.

Въз основа на представените резултати може да се заключи, че е необходимо да се извършва, ако не постоянен, то поне организиран периодичен мониторинг за съдържанието на тежки метали във повърхностните води и почвите в Босилеградско Краище. Добре е от страна на България да бъде проявен интерес и предложена методическа помощ за неговата организация.

## ЛИТЕРАТУРА

**Бокић, Б.В., Јовановић, М.** 2006. „Катастар јаловишта техногених минералних сировина Републике Србије са проценом ризика извора и капацитета животне средине“. Фонд Министарства животне средине и просторног планирања, Београд. / **Jokic B. V., Jovanovic M.** 2006. „Cadastre of tailings of artificial

mineral raw materials of the Republic of Serbia with assessment of risk of sources and environmental capacity“. Fund of the Ministry of Environment and Spatial Planning, Belgrade (Sr).

- Ђокић, Б.В., Јовановић, М.** 2008. Јаловишт Благодата – Потреба за успостављањем искрених односа природе и човека, Рециклажа и одрживи развој UDK 626.877(497.11), Стручни рад Технички факултет у Бору Универзитета у Београду, Бор, Србија, Катедра за минералне и рециклажне технологије. [https://www.rsd.tfbor.bg.ac.rs/download/arhiva\\_radova/2008\\_Broj\\_1/09.%20B.%20Djokic.pdf](https://www.rsd.tfbor.bg.ac.rs/download/arhiva_radova/2008_Broj_1/09.%20B.%20Djokic.pdf) (активно 30.06.2024). / Tailing dumps of Blagodata – Need to establish a true relationship between man and nature, Recycling and sustainable development, UDC 626.877(497.11), Scientific work, Technical Faculty in Bor, University of Belgrade, Bor, Serbia, Department of Mineral and Recycling Technologies [https://www.rsd.tfbor.bg.ac.rs/download/arhiva\\_radova/2008\\_Broj\\_1/09.%20B.%20Djokic.pdf](https://www.rsd.tfbor.bg.ac.rs/download/arhiva_radova/2008_Broj_1/09.%20B.%20Djokic.pdf) (active 30.06.2024) (Sr).
- Ђокић, Б.В.** 2012. Геохемијске карактеристике флотацијског јаловишта рудника Грот (Југоисточна Србија) Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет / Bozidar V. Djokic 2012. Geochemical characteristics of the flotation tailings of the Grot Mine (Southeast Serbia) PhD thesis, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology (Sr).
- Ђокић, Б.В., Јовић, В., Јовановић, М., Ћирић, А., Јовановић, Д.** 2011. Geochemical behaviour of some heavy metals of the Grot flotation tailing, Southeast Serbia. Environmental Earth Sciences. DOI 10.1007/s12665-011-1303-6, online, (15.03 2012). / Djokic B. V., Jovic V., Jovanovic M., Ciric A., Jovanovic D.2011. Geochemical behavior of some heavy metals of the Grot flotation tailing, Southeast Serbia. Environmental Earth Sciences. DOI 10.1007/s12665-011-1303-6, online, (15.05.2024) (Sr).
- Ђорђевић, Д., С. Сакан, Љ. Игњатовић, Ј. Кризманић, Д. Видаковић, А. Михајлиди – Зелић, И. Кодранов.** 2021. Студија „Екохемијски статус и алголошка анализа воде река и језера Крајишта“ - Универзитет у Београду - Научна установа Институт за хемију, технологију и металургију, бр. 1911, ПИБ:100160355; ЈБКЈС:81325; Матични број: 07805497; Жиро рачун: 205-67091-90. / Djordjevic, D., S. Sakan, LJ. Ignatowicz, J. Krizmanic, D. Vidakovic, A. Mihajlidi - Zelic, I. Kodranov. 2021. Study „Ecochemical status and algological analysis of the waters of rivers and lakes in Krajiste“. - University of Belgrade - Scientific Institution Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, No. issue 1911, PIB: 100160355; ЈБКЈС:81325; EGN: 07805497; Giro Account: 205-67091-90 (Sr).
- Јанковић, С.** 1990. Рудна лежишта Србије. Регионални металогенетски положај, средине стварања и типови лежишта. Републички друштвени фонд за геолошка истраживања, Катедра економске геологије, Рударско-геолошки факултет, Београд, 760 стр. / Jankovic, S. 1990. Ore deposits of Serbia. Regional metallogenetic situation, environment of formation and types of deposits. Republican Social Fund for Geological Research, Department of Economic Geology, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 760 pp (Sr).

- Јанковић, С., Јеленковић, Р., Вујић, С.** 2003. Минерални ресурси и прогноза потенцијалности металних и неметалних минералних сировина Србије и Црне Горе на крају XX века. Инжењерска академија Србије и Црне Горе, Одељење рударских и геолошких наука, Београд, 9, 131-156, 316-329, 539-543. / Jankovic, S., Jelenkovic, R., Vuic, S. 2003 Mineral resources and forecast of metallic and non-metallic mineral resource potential of Serbia and Montenegro at the end of the 20th century. Engineering Academy of Serbia and Montenegro, Department of Mining and Geological Sciences, Belgrade, 9, 131-156, 316-329, 539-543 (Sr).
- Јовић, В., Јовановић, Л.** 2004. Геохемијске основе еколошког менаџмента. Друштво за ширење и примену науке и праксе у заштити животне средине Србије и Црне Горе „Ecologica“, Београд, 216 стр. / Jovic, V., Jovanovic, L. 2004. Geochemical foundations of ecological management. Society for dissemination and application of science and practice in environmental protection of Serbia and Montenegro „Ecologica“, Belgrade, 216pp (Sr).
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (1984)** Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton.
- Мандић Љ.** 2012. Тешки метали од хране до токсичних ефеката, Београд 2012 / Mandic, L. 2012. Heavy metals from food to toxic effects, Belgrade 2012 (Sr).
- Миланов Г.** 2016. „Насеља општине Босилеград“, Босилеград. / Milanov, G. 2016. „Settlements of the municipality of Bosilegrad“ Bosilegrad. (Sr).
- Николоски М., Антоновић Г., Чакмак Д., Салников Е., Максимовић С., Коковић Н., Перовић В.** 2011. Педолошка карта, пресек Власотинце 3, 1:50000, детаљ, Институт за земљиште, Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије, Београд. / Nikoloski M., Antonovic G., Cakmak D., Salnikov E., Maksimovic S., Kokovic N., Perovic V. 2011. Pedological map, section Vlasotince 3, 1:50000, detail, Soil Institute, Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of the Republic of Serbia, Belgrade (Sr).
- Nishikawa Y.** 2008. The Study on Master Plan for Promotion of Mining Industry in Republic of Serbia. Final Report. Japan International Cooperation Agency Economic Development Department. Beograd, 308 стр.
- Радовић, В.** 2015. Програм истраживања и експлоатације Pb -Zn руде на подручју Караманица (2007-2015), Босилеград, 2007. / Radovic, V., 2015. Program for exploration and exploitation of Pb-Zn ore in the Karamanitsa area (2007-2015), Bosilegrad, 2015 (Sr).
- \*\*\* Commission of the European communities 2003. Proposal for a Directive of the European parliament and of the council on the management of waste from extractive industries. Presented by the Commission, 319, final, Brussels 56 p.
- \*\*\*Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање, Службени гласник РС, бр. 50/2012. / **Ordinance** on the limit values of pollutants in surface and groundwater and sediments and the deadlines for reaching them, Official Journal R. Serbia, No 50/2012 (Sr).
- \*\*\*Решење носиоцу пројекта „Босил Метал“ д.о.о. - Босилеград, о немању потребе за изградом Студије о процени утицаја на животну средину за До-

пунски рударски пројекат „пилот“ постројења за технолошка испитивања флотацијске прераде Pb-Zn. 2017. Министарство заштите животне средине РС, 2017, <https://www.ekologija.gov.rs/obavestjenja/procena-uticaja-na-zivotnu-sredinu/doneta-resenja-i-zakljucci/resenja-o-potrebi-izrade-procene-uticaja/resenje-nosiocu-projekta-bosil-metal-doo-bosilegrad-o-nemanju-potrebe-za-izradom-studije-o-proceni-uticaja-na-zivotnu-sredinu-za-dopunski> (активно 31.05.2024). / Decision of the project holder Bosil Metal d.o.o. - Bosilegrad, on the lack of need to prepare an EIA for the Additional Mining Project „pilot“ installation for technological testing of Pb-Zn flotation treatment. in 2017. Ministry of Environmental Protection R. Serbia, 2017, <https://www.ekologija.gov.rs/obavestjenja/procena-uticaja-na-zivotnu-sredinu/doneta-resenja-i-zakljucci/resenja-o-potrebi-izrade-procene-uticaja/resenje-nosiocu-projekta-bosil-metal-doo-bosilegrad-o-nemanju-potrebe-za-izradom-studije-o-proceni-uticaja-na-zivotnu-sredinu-za-dopunski> (active 31.05.2024)(Sr).

\*\*\*Решење о одређивању обима и садржаја студије о процени утицаја на животну средину пројекта експлоатације Pb, Zn и Cu руде из лежишта „Подвирови“ и „Поповица“ на подручју Караманице код Босилеграда 2022. Министарство заштите животне средине РС, 2022, <https://www.ekologija.gov.rs/obavestjenja/procena-uticaja-na-zivotnu-sredinu/doneta-resenja-i-zakljucci/resenje-o-odredjivanje-obima-i-sadrzaja/bosil-metal-doo-bosilegrad-resenje-o-odredjivanju-obima-i-sadrzaja-studije-o-proceni-uticaja-na-zivotnu-sredinu-projekta-eksploatacije-pb-zn> (активно 31.05.2024 г) Decision on determining the scope and content of the environmental impact assessment of the project for the extraction of Pb, Zn and Cu ores from the Podvirovi and Popovitsa deposits in the Karamanitsa area near Bosilegrad in 2022/ Ministry of Environmental Protection R. Serbia, 2022, <https://www.ekologija.gov.rs/obavestjenja/procena-uticaja-na-zivotnu-sredinu/doneta-resenja-i-zakljucci/resenje-o-odredjivanje-obima-i-sadrzaja/bosil-metal-doo-bosilegrad-resenje-o-odredjivanju-obima-i-sadrzaja-studije-o-proceni-uticaja-na-zivotnu-sredinu-projekta-eksploatacije-pb-zn> (active 31.05.2024) (Sr).

- (1) \*\*\* Уредба о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање, Службени гласник РС, бр. 24/2014. / Ordinance on the limit values of priority and priority hazardous substances polluting surface waters and the time limits for reaching them, Official Gazette of RS, No. 24/2014. (Sr).
- (2) \*\*\*Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање, Службени гласник РС, бр. 50/2012. / Ordinance on the limit values of polluting substances in surface and groundwater and sediments and the time limits for reaching them, Official Gazette of RS, No. 50/2012.(Sr).
- (3) \*\*\*Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy, Off. J. Eur. Union, L226 (2013).

- (4) \*\*\*Правилник о хигијенској исправности воде за пиће, Службени лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99 и Службени гласник РС, бр. 28/2019. / Regulations on the hygienic suitability of drinking water, Official Gazette of the SRJ, nos. 42/98 and 44/99 and Official Gazette of the RS, no. 28/2019. (Sr).
- (5) \*\*\*Светска здравствена организација (СЗО), Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum, World Health Organization, Geneva (2017). / World Health Organization (WHO), Guidelines for drinking water quality: fourth edition, including the first supplement, World Health Organization, Geneva (2017) (Sr).
- (6) \*\*\*Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption, Off. J. Eur. Union, L 435 (2020).
- (7) \*\*\*МДК – максимално дозвољена концентрација, Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012), Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014). / MAC - maximum permissible concentration Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 50/2012), Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 24/2014) (Sr).
- (8) \*\*\*ПГК – просечна годишња концентрација, Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012), Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014). / MCL - annual mean concentration, Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 50/2012), Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 24/2014) (Sr).
- (9) \*\*\*ГВ – гранична вредност, Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012), Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014) / GC - limit value, Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 50/2012), Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 24/2014) (Sr).
- (10) \*\*\*Т - тврдоћа воде (mg/l CaCO<sub>3</sub>), Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012), Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014) / T - water hardness (mg/l CaCO<sub>3</sub>), Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 50/2012), Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 24/2014) (Sr).
- (11) \*\*\*ПН - природни ниво, Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012), Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014) / EN - natural level, Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 50/2012), Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 24/2014) (Sr).
- (12) \*\*\*Ове вредности за стандард квалитета животне средине указују на концентрације супстанце које су биодоступне, Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012), Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014) / These ambient quality standard values indicate concentrations of substances that are bioavailable, Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 50/2012), Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 24/2014) (Sr).

- (13) \*\*\*Наведене вредности се односе на mg/l NO -, што износи 11,3 mgN/l, Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012), Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014) / These values refer to mg/l NO - which is 11,3 mgN/l, Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 50/2012), Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 24/2014) (Sr).
- (14) \*\*\*Гранична вредност зависи од типа површинске воде, Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012), Уредба Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014) / The limit value depends on the type of surface water, Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 50/2012), Decree of the Republic of Serbia (Official Gazette of RS No 24/2014) (Sr).