

# Ležište Jovanovići - novi formacioni tip arhitektonsko-građevinskog kamena Crne Gore

DARKO M. BOŽOVIĆ, Zavod za geološka istraživanja Crne Gore,

Podgorica, Crna Gora

VLADIMIR M. SIMIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Pregledni rad

UDC: 622.35(497.16)

DOI: 10.5937/tehnika2302159B

*Arhitektonsko-građevinski kamen predstavlja jednu od najznačajnijih nemetalnih mineralnih sirovina Crne Gore, sa brojnim istraženim ležištima karbonatnih mineralnih sirovina od kojih su neka u eksploataciji, među kojima je područje Bjelopavlića najznačajnije. Formaciono-minerogenetskom analizom karbonatnih sedimenata rudnog rejonu Bjelopavlića izdvojeno je više formacionih tipova karbonatnih sirovina, među kojima i formacioni tip Jovanovići, kao novi formacioni tip ukrasnog kamena u Crnoj Gori. U radu je dat prikaz rezultata višegodišnje formaciono-minerogenetske analize izvršene na području rudnog rejonu Bjelopavlića, geološke karakteristike formacionog tipa Jovanovići, rezultati detaljnih geoloških istraživanja ležišta arhitektonsko-građevinskog kamena Jovanovići, utvrđene rezerve, kvalitativne karakteristike, mogućnost njihove primjene i potencijalnost. U radu je posebna pažnja posvećena ispitivanju njihovih sedimentoloških, biostratigrafskih i fizičko-mehaničkih karakteristika. Rezultati pokazuju da se krečnjaci ovog formacionog tipa mogu koristiti kao ploče za arhitektonsko oblaganje. Takođe, u radu je dat kratak prikaz hemijskih, geohemijskih i tehnoloških svojstava ovih krečnjaka sa mogućnošću njihovog korišćenja kao karbonatnih filera.*

**Ključne riječi:** ukrasni kamen, rezerve, kvalitet, potencijalnost

## 1. UVOD

Kamen je bio i ostao najvažniji građevinski materijal, koji se koristi između ostalog i za dekorativne svrhe, pri čemu su od prvorazrednog značaja estetske osobine, nastale u zavisnosti od geoloških uslova tokom deponovanja karbonatnog materijala u različitim sedimentacionim sredinama, a ističu se nakon odgovarajuće obrade. Osim toga ukrasni kamen mora da posjeduje i odgovarajuće fizičko-mehaničke i tehnološke karakteristike, povoljan hemijski sastav, kao i zadovoljavajuću postojanost za različitu namjenu. Često je glavni kriterijum za izbor ukrasnog kamena njegov izgled. Estetska svojstva kamena definišu se bojom i teksturom. Iako se preporučuje uniformna boja za upotrebu kamena za fasade ili nadgrobne spomenike, u drugim područjima primjene, egzotične boje i teksture su ključni faktor u određivanju vrste kamena.

Ostali bitni kriterijumi za profitabilnu proizvodnju ukrasnog kamena su očuvanost kamena (mogućnost dobijanja blokova odgovarajuće veličine) i tržišni zahtjevi.

Najznačajnija ležišta i pojave arhitektonsko-građevinskog kamena u Crnoj Gori otkrivena su u okviru gornjokrednih karbonatnih formacija, među kojima se po svojoj perspektivnosti i produktivnosti izdvaja rudni rejon Bjelopavlića [1]. U okviru formacije gornjokrednih rudistnih krečnjaka rudnog rejonu Bjelopavlića otkriveno je više ležišta arhitektonsko-građevinskog kamena: Visočica, Maljat, Vinići, Radujev krš, Suk, Klikovače, Slatina, Jovanovići i Đeđezi, sa geološkim rezervama od oko 10 miliona m<sup>3</sup> [2].

Iz ležišta Visočica i Maljat decenijama se vrši eksploatacija različitih varijeteta ukrasnog kamena, a u novije vrijeme i iz ležišta Jovanovići. Ranije aktivnim ležištima su pripadala i ležišta Klikovače, Vinići i Radujev krš. Rasprostranjenje karbonatnih stijena, način pojavljivanja (debelo bankoviti i masivni krečnjaci) zadovoljavajuća svojstva koja su potvrđena u praksi, isplativa eksploatacija i obrada kamena rezultirala je otvaranjem kamenoloma ukrasnog kamena, kao što je to slučaj sa ležištem Jovanovići.

---

Adresa autora: Darko Božović, Zavod za geološka istraživanja Crne Gore, Podgorica, Naselje Kruševac bb, Crna Gora

e-mail: bozovic.d@geozavod.co.me

Rad primljen: 27.01.2023.

Rad prihvaćen: 12.04.2023.

Predmetni rad predstavlja sintezu rezultata dugogodišnjih geoloških istraživanja rudnog rejonu Bjelopavlića i detaljnih geoloških istraživanja ležišta Jovanovići, u kom su prikazane sedimentološke i biostratigrafske karakteristike, zajedno sa fizičko mehaničkim i mineraloškim karakteristikama ovih krečnjaka. Kao rezultat ovih istraživanja dobijeni su podaci o mogućnosti upotrebe krečnjaka iz ovog ležišta kao ukrasnog kamena za oblaganje i popločavanje za eksterijer i enterijer i njihov mogući efekat na građevinsku industriju i industriju kamena i eventualno njihov izvoz.

## 2. METODE ISTRAŽIVANJA

Geološka istraživanja izvedena su u dvije etape. U prvoj etapi urađena je regionalna analiza različitih krečnjačkih formacija i određivanje litoloških, tektonskih i stratigrafskih karakteristika, kao i utvrđivanje parametara kvaliteta krečnjaka sa ocjenom njihove potencijalnosti i mogućnosti upotrebe za proizvodnju ukrasnog kamena. Ova istraživanja pratila su mineraloška i geochemijska proučavanja, sedimentološka, paleontološka i fizičko-mehanička ispitivanja. Na osnovu izvršene formaciono-mineragenetske analize izdvojen je prostor ležišta Jovanovići na kome su tokom 2022. godine izvedena detaljna geološka istraživanja.

## 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Krečnjaci formacionog tipa Jovanovići genetski su vezani za dubokovodnu sredinu i pelaške uslove stvaranja, koji se razlikuju u odnosu na ostale krečnjake sa područja Bjelopavlića a koji se nalaze u podini ili povlati predmetnih krečnjaka [3].

Ispitivani krečnjaci pripadaju stuktornom tipu madstoun, ređe vakstoun, odnosno mikritima koji su prekinuli plitkovodni režim sedimentacije. Osim na području Jovanovića kao tipskom lokalitetu, krečnjaci istog tipa ustanovljeni su i na brdima Plato i Taraš u selu Lalevići sa istoimenim ležištem ukrasnog kamena, kao i na području Krive ploče, Slatine, Krasovine, Slapa, Frutka, Sretnje, Donjih Rsojevića, Rove.

Karbonatne naslage Jovanovića prikazane su na osnovu rezultata proučavanja više detaljnih geoloških profila prilikom rada na geološkoj karti rudnog rejonu Bjelopavlića u razmeri 1:10.000, i geoloških istraživanja izvedenih 2022. na ležištu arhitektonsko-građevinskog kamena Jovanovići. Debljina istraženih krečnjaka varira u intervalu 25-160 m.

Prema litološkom sastavu i mikrofosilnoj asocijaciji krečnjaci Jovanovića odgovaraju formaciji Dol, to jest mikritima i biomikritima ležišta „Sivac“ koji su izdvojeni na Braču [4]. Prema površinskom rasprostranjenju i načinu javljanja, krečnjaci Jovanovića mogu da predstavljaju veoma dobar i vrijedan

tip arhitektonsko-građevinskog kamena. Nažalost, na području Bjelopavlića trenutno je samo jedno ležište ovog formacionog tipa krečnjaka u eksploataciji. U ranijem periodu se na ležištu Jovanovići odvijala probna eksploatacija kamena manjeg obimu, a u toku 2022. godine godine izvedena su detaljna geološka istraživanja kojima je dokazan kvalitet arhitektonsko-građevinskog kamena i proračunate njegove rezerve.

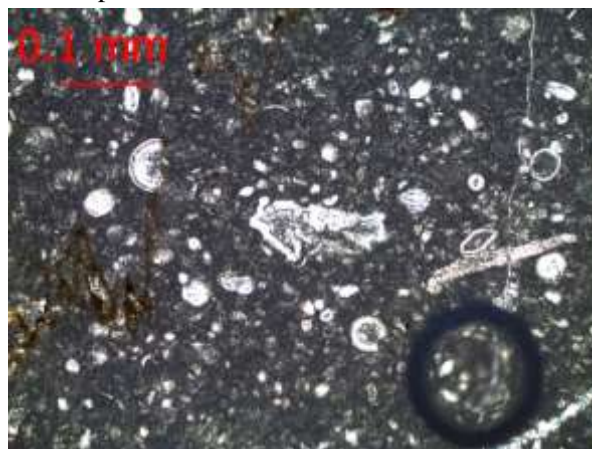
### *Sedimentološke karakteristike*

Ležište krečnjaka Jovanovići grade smeđi i smeđesivi bankoviti do debelo bankoviti (1,0 - 2,0 m) i masivni i (2,0 - 4,0 m) krečnjaci, to jest mikriti i biomikriti sa planarnim i rijetko stilolitskim površinama slojeva [2]. Unutar banaka u početnim djelovima naslaga česti su sitni stilolitski šavovi bilo paralelni sa površinama slojevitosti bilo pod određenim uglom u odnosu na eksternu slojevitost. Javljaju se u homogenim, gustim krečnjacima, a ispunjeni su glinovitim i limonitsko - hematitskim materijalom crne i žutormene boje, što tim krečnjacima daje izuzetnu dekorativnost.

Mikroskopska proučavanja potvrdila su da je krečnjak sa muljevitom osnovom, pri čemu se mikrit iste gustine zapaža od početka do kraja banka. Mjestimično se nalaze i ređi proslojci i nodule rožnaca, veličine obično nekoliko centimetara do nekoliko decimetara. Takođe, njihovo bitno svojstvo je boja i homogenost, ali i ljuspavost na spoljnim površinama, zbog čega se veoma lako prepoznaju na terenu.

### *Biostratigrafske karakteristike*

Biostratigrafska proučavanja uzoraka krečnjaka formacionog tipa Jovanovići (slika 1) pokazala su da isti sadrže sitne biogene ostatke, odnosno planktonske čestice [2]. Osim mikrofaune ovi krečnjaci sadrže i rijetke bioklaste veličine do 0,5 mm, predstavljene ljušturama rudista i skeletima ehinida. Na osnovu prikazane mikrofaune ovi sedimenti su određeni kao ranokampanski.



Slika 1 – Tipični madstoun krečnjak sa *Globotruncana linneiana* (D'ORBIGNY), *calcisferama* i *spikulama sponjija*

Krečnjaci Jovanovića taloženi su u dubokovodnoj sredini - basenu, odnosno u koritu - intraplatformnom basenu [5] po čemu se genetski razlikuju od ostalih krečnjaka sa područja rudnog rejonu Bjelopavlića koji su nastali u plitkomorskoj faciji u okviru koje su razvijena najznačajnija ležišta ukrasnog kamena.

#### 4. REZERVE I KVALITET

Zbog definisanja kvaliteta i rezervi arhitektonsko-građevinskog kamena ležišta „Jovanovići“ u toku 2022. godine izvedeno je istražno bušenje, kao osnovna metoda istraživanja, i urađena je probno-eksploataciona etaža. Vertikalno istražno bušenje i probnu eksploataciju etaže pratile su i ostale vrste radova: geodetski, geološki, laboratorijski i tehnološki. Izvedene su 4 istražne bušotine ukupne dužine 104,30 m. Na osnovu stepena istraženosti, to jest stepena poznavanja geoloških uslova ležišta i kvaliteta rezervi arhitektonsko-građevinskog kamena u ležištu su izdvojene rezerve A i B kategorije (tabela 1) na dan 31.12.2021. godine.

Tabela 1. Bilasne rezerve stijenske i blok mase

Kategorija rezervi	Bilasne rezerve č.s.m (m <sup>3</sup> )	Iskorišćenje bloka (%)	Rezerve bloka (m <sup>3</sup> )
A	166.030	15,0	24.904
B	711.393	15,0	106.709
A+B	877.423	15,0	131.385

Potencijalne rezerve arhitektonsko-građevinskog kamena formacionog tipa Jovanovići na području rudnog rejonu Bjelopavlića, imajući u vidu površinu koju zauzima i prosječnu debljinu iznose oko 360 Mm<sup>3</sup> bloka [6].

Prilikom oprobavanja stijenske mase iz ležišta Jovanovići ukupno je uzeto 10 (deset) proba, i to: tri probe za kompletna i sedam proba za djelimična ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika arhitektonsko-građevinskog kamena. Probnu za djelimična ispitivanja činile su dvije kocke uzete sa izdanaka od zdrave stijenske mase, dimenzija 18x18x18 cm, ili više komada jezgra minimalne dužine 30 cm (ukupno minimalno 2 metra), uzeta iz istražnih bušotina, a probu za kompletna ispitivanja činile su četiri kocke uzete sa izdanaka ili iz probno-eksploatacione etaže od zdrave stijenske mase, dimenzija 18x18x18 cm, ili više komada jezgra minimalne dužine 30 cm (ukupno minimalno 5 metra) uzeta iz istražnih bušotina.

U tabeli 2 prikazane su prosječne vrijednosti fizičko i mehaničkih karakteristika kamena formacionog tipa Jovanovići dobijene na osnovu detaljnih geoloških istraživanja izvedenih 2022 godine na ležištu Jovanovići.

Tabela 2. Fizičko-mehaničke karakteristike kamena formacionog tipa Jovanovići [2]

Ispitivana svojstva	Srednje vrijednosti
Čvrstoća na pritisak (MPa)	
-u suvom stanju	130,51
-u vodozasiceenom stanju	121,73
-poslije 25 ciklusa smrzavanja	113,97
Čvrstoća na savijanje (MPa)	10,83
Upijanje vode (%)	0,446
Poroznost (%)	0,56
Otpornost na habanje brušenjem (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	16,58
Zapremnska masa sa porama i šupljinama (g/cm <sup>3</sup> )	2705
Zapremnska masa bez pora i šupljina (g/cm <sup>3</sup> )	2730
Koeficijent zapremnske mase	0,9905
Otpornost na drobljenje i habanje (Los Angeles)	18,87
Otpornost ivica na udar „Treton“	17,53
Postojanost na Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	postojan
Postojanost na mraz	postojan

Krečnjak iz ležišta Jovanovići pripada grupi dekorativnog kamena i po boji i šari, po čemu je još od ranije dobro poznat na crnogorskom i inostranom tržištu. Upotrebljava se za izradu enterijera u poslovnim i/ili stambenim objektima (ploče visokog sjaja za horizontalna i vertikalna oblaganja, stolovi, stubovi, šankovi i dr.), a često se koristi i kao galanterijski kamen.

#### Geohemijske karakteristike krečnjaka

U cilju kompleksne buduće valorizacije krečnjaka iz ležišta Jovanovići, s obzirom na relativno malo iskorišćenje ukupne stijenske mase od oko 15%, kao i rezultate ranijih ispitivanja mogućnosti primjene krečnjaka sa područja Bjelopavlića kao filera i njihovu valorizaciju u industriji [7], [8], sprovedeno je detaljno ispitivanje mogućnosti upotrebe ostatka mineralne sirovine (85%) koji ne zadovoljava primjenu kao ukrasni kamen, kao potencijalnih punila. U tom smislu izvršena su geohemijska ispitivanja krečnjaka, ispitivanja krečnjaka metodom skenirajuće elektronske mikroskopije i tehnološka ispitivanja.

Geohemijske analize krečnjaka su izvršene u „AC-ME Analytical laboratories LTD“ iz Kanade, i to određivanje hemijskog sastava krečnjaka na glavne okside i ukupni ugljenik i sumpor, kao i ispitivanje sadržaja 45 elemenata u tragovima (tabela 3).

Ispitivanja krečnjaka iz ležišta Jovanovići korišćenjem skenirajuće elektronske mikroskopije izvršena su da bi se utvrdilo eventualno prisustvo metalčnih minerala, koji su glavne štetne komponente za

industriju punila. Dobijeni rezultati pokazali su dominantno prisustvo oksida i hidroksida gvožđa, koji nisu mogli da se razdvoje s obzirom na vrstu analize. Osim toga detektovan je redak pirit, vrlo malo rutila i/ili ilmenita, zatim smitsonita i sfalerita (slika 2).

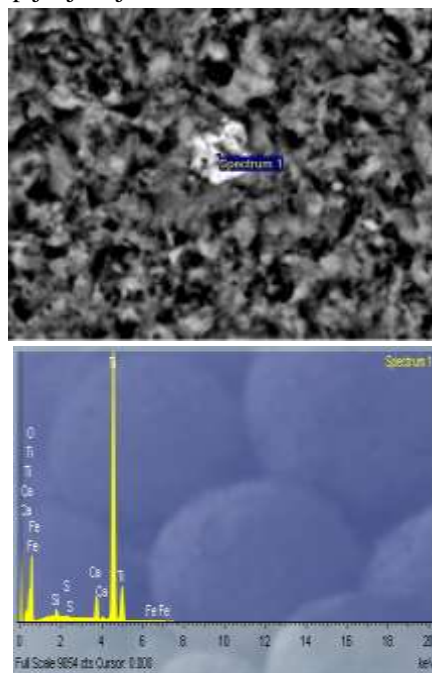
Upoređujući rezultate ispitivanja krečnjaka ležišta Jovanovići sa rezultatima ispitivanja krečnjaka sa drugih ležišta sa područja rudnog rejona Bjelopavlića, može se konstatovati da je najviše mineralnih faza detektovano upravo u krečnjaku ležišta Jovanovići zbog sedimentacionih uslova, pošto je u pelaškim i hemipelaškim krečnjacima mnogo verovatniji prinos terigene komponente u poređenju sa plitkovodnim krečnjacima razvijenim na karbonatnoj platformi.

Tabela 3. Geohemijski sastav krečnjaka

Makroelementi	Sadržaj (%)
SiO <sub>2</sub>	0,18
TiO <sub>2</sub>	<0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03
CaO	54,84
MgO	0,50
Na <sub>2</sub> O	<0,01
K <sub>2</sub> O	<0,01
MnO	<0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,001
GŽ	43,98
TOT/C	12,31
TOT/S	0,02
Mikroelementi	Sadržaj (ppm)
Co	0,6
Sr	444
U	1,3
V	<8
Cu	1
Pb	0,6
Zn	6
Ni	1,8
As	<0,5
Cd	0,2
Sb	<0,1
Bi	<0,1
Hg	<0,01

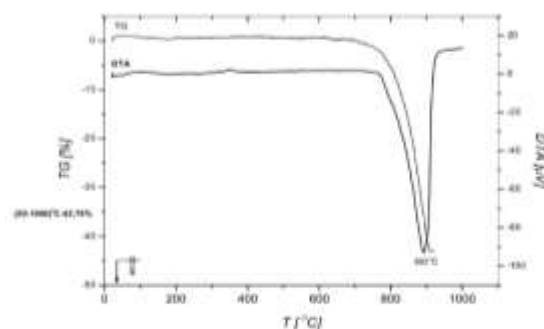
Tehnološka ispitivanja mogućnosti primjene krečnjaka iz ležišta Jovanovići kao punila nakon mikronizacije pokazala su da stepen bjeline krečnjaka iz ležišta Jovanovići, kao veoma važan parametar kvaliteta, iznosi 83,6 prema MgO-100%, specifična

zapreminska masa 2,679 gr/cm<sup>3</sup>, upijanje vode 15%, dok je upijanje ulja 11,80%.



Slika 2 – Rutil u uzorku krečnjaka Jovanovići

DTA i (TGA analize pokazale su da su krečnjaci ležišta Jovanovići visoke čistoće (slika 3).



Slika 3 –DTA/TGA dijagrami krečnjaka iz ležišta Jovanovići

Na osnovu prikazanih rezultata ispitivanja krečnjaka a prema SRPS standardima, krečnjak iz ležišta Jovanovići se može koristiti kao filer u sledećim industrijskim granama: boja i lakova, metalurgiji, livarstvu, industriji šećera i stočne hrane, dok se u drugim zahtjevnim granama industrije ne mogu koristiti ili je njihova primjena veoma limitirana prevashodno zbog stepena bjeline, kao i niskog sadržaja CaCO<sub>3</sub> komponente.

## 5. ZAKLJUČAK

Karbonatne mineralne sirovine su već sada najviše korišćene sirovine u Crnoj Gori, ali još uvek su i jedan od najvećih potencijala za dalji rast postojeće industrije, kao i razvoja novih proizvoda. Naravno da takve tendencije mora da prati i stalni razvoj tehnologije uz

sve veću brigu o životnoj sredini, ali takođe i moderna geološka istraživanja svih industrijskih tipova karbonatnih sirovina.

Najznačajnija koncentracija ležišta i potencijalnih pojava krečnjaka odgovarajućeg kvaliteta za proizvodnju komercijalnih blokova na području Crne Gore nalazi se u okviru rudnog rejonu Bjelopavlića [2], [6]. Najnovijim istraživanjima otkriveno je još jedno ležište Jovanovići kao novi formacioni tip arhitektonsko-građevinskog kamena kamena.

Prema dobijenim rezultatima fizičko mehaničkih karakteristika, može se zaključiti da krečnjaci ležišta Jovanovići imaju visoku specifičnu gustinu, kompaktni su ili niske poroznosti, imaju nisku absorpciju vode, i imaju visoke do umjereno visoke vrijednosti čvrstoće na pritisak. Prema tome, kamen ležišta Jovanovići odlikuje se dobrim fizičko-mehaničkim svojstvima, dekorativan je, lako se obrađuje i ima široke mogućnosti primjene u građevinarstvu kao ukrasni kamen za oblaganje spoljnih i unutrašnjih površina.

Takođe, obavljena geohemijska, fizička i mineraloška ispitivanja krečnjaka ležišta Jovanovići potvrdila su da se iz ovog ležišta, u cilju kompleksne valorizacije, mogu dobiti i punioci za mnoge grane industrije. Osim proizvodnje komercijalnih blokova ukrasnog kamena visokog kvaliteta, primjenom odgovarajućih tehnoloških rešenja za korišćenje ostatka sirovine dobijene prilikom proizvodnje blokova ukrasnog kamena, obezbijedila bi se sirovinska baza za industriju punila. Na taj način bi se postiglo kompleksno iskorišćenje ležišta, povećao efekat zaposlenosti i dobili proizvodi za mnoge grane industrije koji se u Crnoj Gori uvoze.

## LITERATURA

- [1] Božović D, Radusinović S, Simić V, Karbonatne mineralne sirovine Crne Gore. *Zbornik apstrakata sa 17. Kongresa geologa Srbije sa međunarodnim učešćem*, Vrnjačka Banja. Srpsko geološko društvo, Beograd, Prošireni abstrakt, str. 263-268. (<https://www.sgd.rs/publikacije/> posebna-izdanja), 2018
- [2] Božović D, *Mineragenija i potencijalnost karbonatnih sirovina rudnog reona Bjelopavlića, Crna Gora*. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu. 263 pp, 2016.
- [3] Božović D, Milić M, Đaković M, Pelaški i hemipelaški krečnjaci formacionog tipa Jovanovići kao arhitektonsko-građevinski kamen. *Zbornik apstrakata sa 17. Kongresa geologa Srbije sa međunarodnim učešćem*, Vrnjačka Banja. Srpsko geološko društvo, Beograd, ISBN 978-86-86053-19-0, Prošireni abstrakt, str. 352-357. (<https://www.sgd.rs/publikacije/> posebna-izdanja). 2018
- [4] Gušić I, Jelaska V, *Stratigrafija gornjokrednih naslaga otoka Brača u okviru geodinamske evolucije Jadranske karbonatne platforme*. Jugoslovenska akademija znanosti i umjetnosti i institut za geološka istraživanja - OOUR za geologiju, 160 str., Zagreb, 1990.
- [5] Čadenović D, Mirković M, Čepić M, Karakteristike kampanjskih formacija Dinarske karbonatne platforme Prostora Bjelopavlića. *Geološki glasnik*, knj. XV. Zavod za geološka istraživanja SR Crne Gore, 59-89 str, Titograd, 1996.
- [6] Božović D, Simić V, Ocjena potencijalnosti karbonatnih sirovina na području rudnog rejonu Bjelopavlića. *Geološki glasnik*, knjiga XVI. JU Zavod za geološka istraživanja Crne Gore, 143-161, 2015.
- [7] Božović D, Simić V, Radulović D, Abramović F, Radusinović S, Carbonate filler resources of the Bjelopavlići area, Montenegro. *Hem. ind.* 70 (5), 493-500, 2016.
- [8] Radulović D, Božović D, Upotreba fino mljevenog krečnjaka za neutralizaciju kisjelih zemljišta - primjena postupka peletizacije. *Geološki glasnik*, knj. XVI. JU Zavod za geološka istraživanja Crne Gore, 173-180 str., Podgorica, 2015.

## SUMMARY

### JOVANOVIĆI DEPOSIT – NEW FORMATION TYPE OF DIMENSION AND CONSTRUCTION STONE IN MONTENEGRO

*Dimension and construction stone is one of the most significant non-metallic mineral raw material in Montenegro. There are numerous carbonate deposits in Montenegro (dimension and construction stone), either investigated or in exploitation, including the Bjelopavlići area which occupies the most significant place. Formation-mineragenic analysis of the carbonate sediments of the Bjelopavlići area revealed several formations of carbonate raw materials, including Jovanovići formation, as a new formation of dimension and construction stone in Montenegro. The paper presents the results of a multi-year formation-mineragenic analysis in the Bjelopavlići area, and the results of detailed geological exploration of the Jovanovići deposit of dimension and construction stone, calculated reserves, qualitative characteristics, possibility of their application and potential. The paper pays special attention to the examination of their sedimentological, biostratigraphic, and physico-mechanical characteristics. Results show that limestones of this formation type can be used as dimension stone. Also, the paper provides a brief overview of chemical, geochemical, and technological properties of these limestones with the possibility of their usage as a carbonate filler in various branches of industry.*

**Key Words:** *dimension and construction stone, reserves, quality, potential*