

Preliminarna ispitivanja i ocena primenljivosti krečnjaka „Sibnička Čukara“ - opština Rekovac

SLAVICA R. MIHAJLOVIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih i

drugih mineralnih sirovina, Beograd

ŽIVKO T. SEKULIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih i

drugih mineralnih sirovina, Beograd

VLADAN D. KAŠIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih i

drugih mineralnih sirovina, Beograd

MIROSLAV D. SOKIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih i

drugih mineralnih sirovina, Beograd

MARINA S. BLAGOJEV, Institut za tehnologiju nuklearnih i

drugih mineralnih sirovina, Beograd

Stručni rad

UDC: 552.541(497.11)

DOI:10.5937/tehnika1903378M

Geološka istraživanja na području centralne Srbije, u reonu opštine Rekovac pokazala su prisustvo pojave krečnjaka „Sibnička Čukara“. Krečnjak je sirovina koja ima primenu u različitim industrijskim granama kao što su: industrija kreča, šećera, stočne hrane, mineralnih đubriva, farmacija, u metalurgiji i dr. U kojim industrijskim granama ova sirovina može da ima primenu nakon određenih postupaka pripreme, zavisi od njenog kvaliteta. Preliminarna laboratorijska ispitivanja i karakterizacija pojedinih asortimana dobijenih iz krečnjaka „Sibnička Čukara“ su potvrdila mogućnost primene u sledećim oblastima: drobljenog krečnjaka u proizvodnji kreča i šećera i u metalurgiji kao II klasa, mlevenog kao punilo za asfalt, kao dodatak stočnoj hrani, ali samo za svinje koje su starije od 16 nedelja zbog sadržaja teških metala, kao sredstvo u proizvodnji mineralnog đubriva i za odsumporavanje dimnih gasova.

Ključne reči: krečnjak, industrijska upotreba, metalurgija, mineralna đubriva, odsumporavanje dimnih gasova

1. UVOD

Krečnjak je sedimentna karbonatna stena koja je izgrađena od kalcita, kao dominantnog minerala, uz nezatno prisustvo aragonita, kao i drugih minerala koji predstavljaju primese. Kalcit i aragonit su dva polimorfna oblika CaCO_3 . U zavisnosti od mineralnog sastava i udela primesa u krečnjaku razlikuju se: dolomitisani, laporoviti, silifikovani, bituminozni, tufitični krečnjaci i drugi varijeteti [1]. Od pratećih mineralnih vrsta u krečnjaku su prisutni: dolomit (Ca, MgCO_3), siderit, opal, rodohozit, kalcedon, kvarc, minerali iz grupe glina, kao i oksidni i hidroksidni minerali gvožđa i mangana, kao i drugih metala, ali u manjim kon-

centracijama. Postoji više klasifikacija krečnjaka koje se, u suštini, zasnivaju na sadržaju MgO, kao i glinovite supstance ($\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$)% u njima. Najčešći nazivi koji se sreću za krečnjake su: čist krečnjak, laporoviti krečnjak i dolomitisani krečnjak.

Polazeći od sadržaja MgO u krečnjaku, drugim rečima od učešća dolomita, a po nekim autorima od odnosa kalcit: B dolomit, moguće je razlikovati sledeće tipove krečnjaka [1]:

- čist krečnjak sa sadržajem više od 95% CaCO_3 i manje od 1,2% MgO,
- krečnjak sa manje od 10% dolomitske komponente,
- dolomitski krečnjak sa 10-15% dolomitske komponente i
- kalcitski dolomit sa 50-90% dolomitske komponente.

Laporoviti krečnjaci sadrže 6-10% minerala gline, a jako laporoviti čak 10-21% ovih minerala. Ovo

Adresa autora: Slavica Mihajlović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, Bulevar Franše d'Eperea 86

e-mail: s.mihajlovic@itnms.ac.rs

Rad primljen: 24.04.2019.

Rad prihvaćen: 03.06.2019.

ukazuje na to da se pod pojmom krečnjak podrazumeva ona mineralna sirovina koja sadrži najmanje 50% CaCO₃.

Krečnjačka ležišta, velikih dimenzija i ekonomski najznačajnija, nastala su u procesu sedimentacije, a krečnjački sedimenti čine 10-12% svih sedimentnih tvorevina u zemljinoj kori. Hidrotermalne kalcitske žice maseno imaju male razmere, pa samim tim i mali ekonomski značaj.

Međutim, treba istaći da ova ležišta karakteriše odličan kvalitet, odnosno visok sadržaj CaCO₃. Sedimentne mase krečnjaka obrazovane su u morima, a samo manjim delom u jezerima, pri čemu je koncentracija krečnjačke mase nastala od morskog organizama u plitkim delovima toplih voda, u procesima hemijske sedimentacije i kao posledica nakupljenih klastičnih krečnjačkih materijala. Jedan poseban varijetet krečnjaka organskog porekla je kreda koja je nastala od ljušturica foraminifera [1, 2].

Postupcima pripreme mineralnih sirovina prerađuju se brojne kalcijum-karbonatne sirovine, različitog hemijskog i mineralnog sastava, u cilju dobijanja velikog broja proizvoda za različite industrijske grane: industrija kreča, šećera, stočne hrane, mineralnih đubriiva, farmacija, u metalurgiji i dr [3-5]. Ono što je veoma važno da se naglasi kada je upotreba krečnjaka u pitanju je činjenica da industrijske grane koje koriste ovu sirovinu doprinose očuvanju životne sredine imajući u vidu da su materijali na bazi krečnjaka ekološki prihvatljivi.

U radu su autori prikazali rezultate preliminarnih ispitivanja krečnjaka „Sibnička Čukara“. Na osnovu poređenja tih rezultata i propisanih uslova kvaliteta za materijale na bazi krečnjaka data je preliminarna ocena primenljivosti u pojedinim oblastima.

Krečnjaci „Sibničke Čukare“ su donjo-kredne starosti (K₁³-Baremski kat) i grade vrh Čukare (818 m), koji svojim prepoznatljivim kupastim izgledom dominira ovim krajem. Kontakt krečnjaka sa okolnim stenama je diskordantan.

Detaljna geološka istraživanja krečnjaka „Sibnička Čukara“ nisu vršena, samim tim nisu utvrđene geološke rezerve mineralne sirovine, pa se zato ne može govoriti o ležištu već o pojavi. Iz tih razloga autori su u radu koristili termin pojava krečnjaka „Sibnička Čukara“, a ne ležište.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2.1 Materijal

Krečnjak – Ispitivanja prikazana u ovom radu su na krečnjaku „Sibnička Čukara“ koji predstavlja kompozit tamnijih i svetlijih uzoraka. Na ovom uzorku su urađene hemijska, mikroskopska i XRD analiza.

2.2 Oprema

Hemijska analiza je urađena na atomskom adsorpcionom spektrofotometar „Perkin Elmer“ - Analyst 300.

Mineraloška analiza urađena je na polarizacionom mikroskopu za odbijenu i propuštenu svetlost marke „JENAPOL-U“, firme Carl Zeiss-Jena, binokularna lupa firme Leitz Wetzlar.

XRD rendgenska difrakciona analiza je urađena na rendgenskom difraktometru marke „PHILIPS“, model PW-1710.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Karakterizacija krečnjaka „Sibnička Čukara“

Na uzorcima krečnjaka „Sibnička Čukara“ urađena je hemijska, mikroskopska i rendgenska analiza. Rezultati hemijske analize krečnjaka su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijska analiza krečnjaka „Sibnička Čukara“

Komponenta, %	1.	2.	3.	4.
SiO ₂	1,26	0,41	0,23	0,93
Al ₂ O ₃	0,433	0,57		
MgO	0,452	0,43	0,49	0,46
CaO	53,90	54,60	55,14	54,44
Fe ₂ O ₃	0,575	0,27		
Na ₂ O	0,0198	0,066		
K ₂ O	0,080	0,15		
TiO ₂	<0,034	0,012		
GŽ	43,20	42,12	43,76	43,16
Cr ₂ O ₃	-			
MnO	0,0088	0,014		
P	0,0106			
P ₂ O ₅	0,0242	0,012	0,005	0,006
S	<0,01	0,036	0,02	0,01
CaCO ₃	96,20	97,50		
N.O.*	1,85			
Rast. u HCl	98,15			

*Nerastvorni ostatak

1 – rezultat iz ITNMS

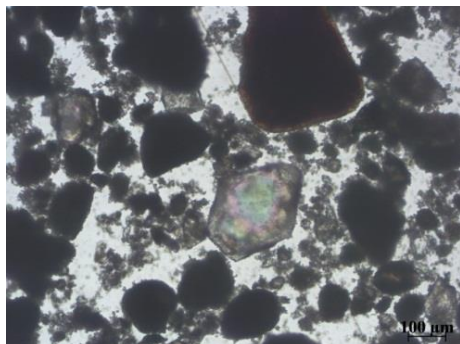
2 – rezultat iz IRM Bor

3 – tamni uzorak, rezultat iz Instituta za puteve

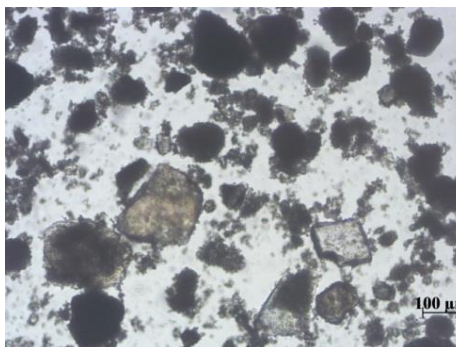
4 – svetli uzorak, rezultat iz Instituta za puteve

Pored analize urađene u laboratoriji Instituta Instituta za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS) dati su i rezultati dobijeni u različitim laboratorijama a koji su preuzeti od predstavnika Opštine Rekovac.

Hemijska analiza krečnjaka na sadržaj nosilaca kalcijuma, prema analizi u ITNMS, je pokazala prisustvo CaCO_3 od 96,20%, dok je CaO 53,90% i gubitak žarenjem (GŽ) 43,20%. Rezultati dobijeni u drugim referentnim laboratorijama su pokazali slične vrednosti. Mikroskopska analiza krečnjaka „Sibnička Čukara“ je pokazala sledeći mineralni sastav:



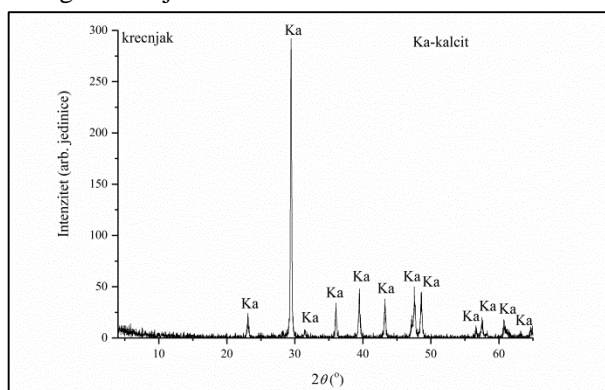
a)



b)

Slika 1 - Mikrofotografije (II N) a) zrno kvarca u uzorku krečnjaka i b) zrna kvarca i feldspata u uzorku krečnjaka

XRD analiza uzorka krečnjaka „Sibnička Čukara“ je pokazala prisustvo samo kalcita čime su potvrđeni rezultati mikroskopske analize. Difraktogram ispitivanog uzorka je dat na slici 2.



Slika 2 - Difraktogram praha uzorka krečnjaka „Sibnička Čukara“

3.2. Primena krečnjaka

Mogućnosti primene krečnjaka i materijala od krečnjaka mogu se podeliti u tri opšte kategorije i to: 1. kao tehnički kamen; 2. kao drobljeni kamen i 3. kao mleveni asortimani proizvoda, [3,4].

3.2.1. Tehnički kamen

Da bi se krečnjak koristio kao tehnički kamen mora da ispuni određene uslove koji su propisani za te namene. Prema dobijenim rezultatima ispitivanja može se zaključiti da prirodni kamen „Sibnička Čukara“ ne zadovoljava uslove kvaliteta tehničkog kamena zbog loše pritisne čvrstoće u suvom i vodom zasićenom stanju (tabela 2). Preporučuje se njegova upotreba u izgradnji puteva i kao kamen za proizvodnju agregata za beton.

karbonati, kvarc, feldspati, neprovidni minerali. Minerali karbonata apsolutno su najzastupljeniji u uzorku, dok se kvarc, feldspati i neprovidni minerali javljaju u tragovima.

Minerali karbonata su redovno izmenjeni i ne karakteristično neprovidni. Mikrofotografije analiziranog uzorka su prikazane na slici 1.

Tabela 2. Svojstva prirodnog kamena i tehnički uslovi kvaliteta

Čvrstoća na pritisak prema SRPS B B8 012	Uslovi kvaliteta po SRPS B B2 009	Rezultat iz IRM Bor, MPa
1) u suvom stanju	Min 80, odnosno 160-kamen za beton izložen habanju i min 64 odnosno, 128–za kamen izložen eroziji	61,70
2) u vodom zasićenom stanju	80 od vrednosti za čvrstoću u suvom stanju	59,20

a) kao ukrasni (arhitektonski) kamen

Svojstva i tehnički uslovi kvaliteta kamena za upotrebu kao ukrasni kamen, propisani standardima, prikazani su u tabeli 3.

Uporedo su dati rezultati ispitivanja prirodnog kamena „Sibnička Čukara“ koji su dobijeni u IRM Bor. Prema utvrđenim rezultatima ispitivanja može se zaključiti da prirodni kamen „Sibnička Čukara“ ne zadovoljava uslove kvaliteta ukrasnog kamena zbog loše pritisne čvrstoće u suvom i vodom zasićenom stanju.

Iz tih razloga je nemoguća njegova upotreba u izgradnji puteva i kao kamen za proizvodnju agregata za beton.

Tabela 3. Svojstava i tehnički uslovi kvaliteta za ukrasni kamen

Čvrstoća na pritisak SRPS B B8 012	Uslovi kvaliteta po SRPS B B3 200	Rezultat iz IRM Bor, MPa
1) u suvom stanju	Min 80, odnosno 160-kamen za beton izložen habanju i min 64 odnosno, 128—za kamen izložen eroziji	61,70
2) u vodo-zasićenom stanju	80 od vrednosti za čvrstoću u suvom stanju	59,20

b) kao lomljeni kamen

Lomljeni kamen različitih dimenzija se koristi za zidanje u niskogradnji, izradu nasipa, slojeva izravnjanja, kod izrade hidrotehničkih objekata i dr. Uslovi kvaliteta za lomljeni kamen u niskogradnji nisu propisani standardom. Smatra se da se za ove namene može koristiti kamen koji ima malo upijanje vode, otporan je na atmosferilije i ima minimalnu čvrstoću na pritisak.

3.2.2. Drobljeni kamen

Drobljeni građevinski kamen ima primenu u sledećim oblastima:

Industrija građevinskog materijala. Imajući u vidu činjenicu da se drobljenjem prirodnog kamena (krečnjaka) ne menjaju njegove osobine, već samo krupnoća, drobljeni kamen ima ista svojstva kao prirodni. Prema utvrđenim rezultatima ispitivanja prirodnog kamena već je zaključeno da prirodni kamen lokaliteta „Sibnička Čukara“, a samim tim i drobljeni, ne zadovoljava uslove kvaliteta za primenu u industriji građevinskog materijala zbog loše pritisne čvrstoće u suvom i vodom zasićenom stanju.

Iz tih razloga je nemoguća njegova upotreba u izgradnji puteva, kao kamena za proizvodnju agregata za beton i za izradu zastora železničkih pruga. Jedino je moguća njegova upotreba kao agregata za dobijanje kreča.

U tabeli 4 su prikazani uslovi kvaliteta za agregat od krečnjaka za upotrebu u industriji kreča. Imajući u vidu hemijski sastav krečnjaka „Sibnička Čukara“ prikazanog u tabeli 4 može se konstatovati da on može da se koristi za II klasu u industriji kreča zbog sadržaja 1,26% SiO₂. Takođe, potrebno je zadovoljiti i kriterijum za zadati granulometrijski sastav.

Industrija šećera - Za uslove kvaliteta drobljenog agregata u proizvodnji kreča i šećera koristi se standard SRPS B B6 013. Prema ovom standardu krečnjak ima hemijski sastav koji ukazuje na mogućnost primene u industriji šećera za II klasu zbog sadržaja 1,26% SiO₂.

Tabela 4. Uslovi kvaliteta za agregat krečnjaka za upotrebu u industriji kreča

Sadržaj, %	Standard	Uslovi kvaliteta SRPS B.B6.013		Rezultati iz ITNMS
		Klasa		
		I	II	
min CaO	SRPS B B8 070	54,35	53,23	53,90
min CaCO ₃		97,00	95,00	96,20
max MgO		0,72	1,43	0,452
max MgCO ₃		1,50	3,00	0,945
Min CO ₂	SRPS B B8 040	43,43	43,34	
Max SiO ₂	SRPS B B8 070	0,80	1,00	1,26
Ostatak (R ₂ O ₃), max	SRPS B B8 070	0,70	1,00	1,08*

* 0,433+0,575=1,08 (Al₂O₃+Fe₂O₃)

Drobljeni kamen u metalurgiji - Da bi se krečnjak u formi drobljenog kamena koristio u oblasti metalurgije neophodno je da ispuni uslove kvaliteta propisane određenim standardima, tabela 5.

Tabela 5. Uslovi kvaliteta za agregat od krečnjaka za upotrebu u metalurgiji

Sadržaj, % *	Kvalitet SRPS B.B6.011			
	I	II	III	**
min CaO	52,0	50,0	48,0	53,90
max MgO	1,0	1,5	2,5	0,452
max SiO ₂	1,0	1,5	2,0	1,26
max R ₂ O ₃	2,0	2,5	3,0	1,08***
max P	0,03	0,03	0,04	0,0106
max S	0,03	0,03	0,04	0,01

* Standard za ispitivanje SRPS B B8 070

** Rezultat iz ITNMS

*** 0,433+0,575=1,08 (Al₂O₃+Fe₂O₃)

Hemijski sastav krečnjaka „Sibnička Čukara“ ukazuje na mogućnost primene u metalurgiji kao II klasa imajući u vidu da je sadržaj SiO₂ 1,26%. Takođe, potrebno je prilagoditi i krupnoću krečnjaka zadatom granulometrijskom sastavu.

Drobljeni kamen za livnice - Da bi se krečnjak u formi drobljenog kamena koristio u oblasti livarske industrije neophodno je da ispuni uslove kvaliteta propisane određenim standardima, tabela 6.

Hemijski sastav krečnjaka ukazuje na mogućnost primene u livnicama kao II klasa zbog sadržaja

1,26%SiO₂. Potrebno je zadovoljiti i dati granulometrijski sastav.

Tabela 6. Uslovi kvaliteta za agregat krečnjaka koji se koristi u livnicama

Sadržaj, %*	SRPS B.B6.012		Rezultat iz ITNMS
	Klasa		
	I	II	
max CaO	54,0	50,0	53,90
max MgO	1,0	3,0	0,452
max SiO ₂	1,0	2,0	1,26
(R ₂ O ₃), max	2,0	3,0	1,08**
max S	0,03	0,05	0,0106
Ukupna količina primesa max	3,0	6,0	0,01

*Standard za ispitivanje SRPS B B8 038

** 0,433+0,575=1,08 (Al₂O₃+Fe₂O₃)

3.2.3 Kao mleveni asortimani

Proizvodi na bazi kalcijum karbonatne sirovine potrebnog hemijskog sastava se dobijaju u asortimanima krupnoće 3-5, 5-10, 20-24, 40-45, 60-65, 90-100, 150 –200 μm i koriste se u industriji: građevinskog materijala (filer za asfalt, za ugljovodonične mešavine

i dr), boja i lakova, stočne hrane, farmaciji i kozmetici, industriji papira, gume, stakla, u proizvodnji mineralnih đubriva i proizvoda na bazi polivinil hlorida (PVC), proizvodnji mineralnih đubriva, za neutralizaciju kiselih zemljišta, desumporizaciju SO₂ gasa u termoelektranama i toplanama.

Od ostalih manjih upotreba krečnjaka treba pomenuti primenu u pravljenju preparata za domaćinstvo (sredstva za čišćenje), u proizvodnji tepiha, lepkova, maltera i sl.

Industrija građevinskog materijala – filer za asfalt, za ugljovodonične mešavine. Da bi se proizvodi na bazi kalcijum karbonatne sirovine koristili u ovoj oblasti neophodno je da ispune određene uslove propisane standardima, SRPS B B1 105, SRPS U B1 020, SRPS U M8 102, SRPS B B8 104. Što se tiče zatevanog granulometrijskog sastava prosejavanjem na odgovarajućim sitima dobiće se tražena krupnoća. Međutim, neophodno je ispitati indeks otvrdnjavanja bitumena u nadležnoj laboratoriji.

Industrija boja i lakova. Uslovi kvaliteta proizvoda od prirodnog kalcijum karbonata za upotrebu u industriji boja i lakova prikazani su u tabeli 7. Kao što se vidi, iz rezultata u tabeli 7, krečnjak „Sibnička Čukara“ nema zahtevani stepen beline (od 80 odnosno 75), već 73,2 pa ne može da se koristiti za boje i lakove bez obzira što ima odgovarajući hemijski sastav.

Tabela 7. Kvalitet proizvoda od prirodnog kalcijum karbonata za upotrebu u industriji boja i lakova

Svojstvo	Ispitivanje prema standardu	Sita, μm	Uslovi kvaliteta (SRPS B.B6.032)					Rezultat iz ITNMS
			A	B	C	D	E	
Spoljni izgled	Beo prah bez mehaničkih primesa							
		20	0,50	3,00	30,0	50,00	75,00	
Stepen beline (88,5 % MgO), %	SRPS B B8 084		80		75			73,2
Hemijski sastav	GŽ na 1000 °C, %	SRPS B B8 082	42,0 do 44,5					43,20
	Sadržaj CaO, %	SRPS B B8 070	52,0 do 55,5					53,9
	pH vodene suspenzije	SRPS H C3 209	8 do 10					9,12

Industrija stočne hrane - Uslovi kvaliteta proizvoda od prirodnog kalcijum karbonata za upotrebu u industriji stočne hrane prikazani su u tabeli 8. Krečnjak

„Sibnička Čukara“ što se tiče primene u industriji stočne hrane ograničen je samo za krmnu smešu za svinje od 16 nedelja pa na više zbog sadržaja Pb, Cu i Fe₂O₃.

Tabela 8. Uslovi kvaliteta proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu u industriji stočne hrane

Svojstvo	Ispitivanje prema standardu	Uslovi kvaliteta (Sl.list 31/78, 6/81, 2/90, 20/00, 38/2001)	Rezultat iz ITNMS	
Boja		Bela ili svetlo siva		
Miris		Bez mirisa		
Sadržaj klase -200 µm, %	SRPS L J0 002	100 %		
CaCO ₃ , %	SRPS B B8 070	min 94	96,2	
Voda, %		< 2		
Mg soli, %		< 2		
CaO, %		53	53,9	
MgO, %		1	0,452	
SiO ₂ , %		5	1,26	
Fe ₂ O ₃ , %		0,2	0,575	
Pesak, glina i dr, %	SRPS B B8 038	< 1	Mineraloška	
Pb, ppm	SRPS B B8 070	Krmne smeše i hraniva	10	130
		Fosfatna min. hraniva	30	130
Krmne smeše za		telad do 6 nedelja	30	148
		ovce	12	148
		svinje do 16 nedelja	200	148
		ostale kategorije svinja	125	148
		ostale domaće životinje	50	148
Mn, ppm			250	88
Zn, ppm			2000	41

Industrija farmacije i kozmetike - Uslovi kvaliteta proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji prikazani su u tabeli 9.

Tabela 9. Uslovi kvaliteta proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji

Svojstvo		Uslovi kvaliteta SRPS B.B6.034	Rezultat iz ITNMS
Izgled	Vizuelno	beo prah bez mirisa i ukusa	
Sadržaj CaCO ₃ (min.), %	SRPS B B8 070	98	96,2
Vlaga na 105 °C		1	

pH*	SRPS H C3 209	9 – 10	9,12
As	Pravilnik	5	
Cd		2	5,5
Hg		3	
Pb		30	130
Cr		100	29
Ba		100	

* 10 % suspenzija

Zbog povišenog sadržaja Pb i Cd krečnjak „Sibnička Čukara“ nije za upotrebu u farmaciji i kozmetici.

Industrija papira - Uslovi kvaliteta proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu u industriji papira prikazani su u tabeli 10. Zbog sadržaja CaCO₃, od 96,2%, a zahteva se min 98% i zbog stepena beline koji je dosta niži od potrebnog, ovaj krečnjak nije za upotrebu u industriji papira.

Tabela 10. Uslovi kvaliteta proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu u industriji papira

Svojstvo		Uslovi kvaliteta (SRPS B.B6.033)				Ispitivanje prema standardu	Rezultat iz ITNMS
		A	B	C	D		
Spoljni izgled						Vizuelno	
Prolazi kroz sita, % (min)	Sito prema standardu SRPS L.J9.010	45 μ m	100,0	100,0	100,0	100,0	SRPS L J 0 002
		20 μ m	80,0	95,0	99,9	99,9	
	Utvrđena granična krupnoća	10 μ m	75,0	80,0	95,0	97,0	SRPS B B8 086
		2 μ m	/	30,0	90,0	95,0	
Stepen beline (MgO=100 %) (min R46), % min		80	94	86	90	SRPS H N8 129	73,2
Stepen beline (MgO=88,5 %), %, min		83	0,3	90	94	SRPS B B8 084	
Sadržaj vlage na 105 °C, %, max		0,3	2	0,3	0,3	SRPS H C8 202	
Abrazivnost po Brojingu pri proizvodnji na metalnim sitima, mg, max		20	98	4	2	SRPS B B8 080	
Hemijski sastav	min CaCO ₃ , %	98	98	98	98	SRPS B B8 070	96,2

Industrija gume - Uslovi kvaliteta za davanje ocene primenljivosti proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu u industriji gume prikazani su u tabeli 11.

Imajući u vidu da je sadržaj CaCO₃ u krečnjaku „Si-bnička Čukara“ 96,2%, a zahteva se min 98% i zbog 0,575% Fe₂O₃ ovaj krečnjak nije za upotrebu u industriji gume.

Tabela 11. Uslovi kvaliteta za davanje ocene primenljivosti proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu u industriji gume

Svojstva	Uslovi kvaliteta (SRPS B.B6.031)				Ispitivanje prema standardu	Rezultat iz ITNMS
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂		
min CaCO ₃ , %, (u suvom uzorku)	98	96	98	96	SRPS B B8 070	96,2
Materije isparljive na 105°C, %, max	0,4	0,4	0,4	0,4	SRPS H C8 202	
Nerastvorljive materije u HCl, %, max	1,5	3,0	1,5	3,0	SRPS B B8 081	1,85
Gubitak žarenjem na 1000 °C, % (u suvom uzorku)	43 do 44,5	42 do 44,5	43 do 44,5	42 do 44,5	SRPS B B8 082	43,2
Ukupno Fe (kao Fe ₂ O ₃), ppm, max	300	1000	300	1000	SRPS B B8 070 SRPS H M8 101	0,575

Industrija stakla - Uslovi kvaliteta za davanje ocene primenljivosti proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu u proizvodnju stakla prikazani su u tabeli

12. Zbog sadržaja CaCO_3 od 53,90%, a zahteva se min 55% i zbog sadržaja Fe_2O_3 od 0,575% ovaj krečnjak nije za upotrebu u industriji stakla.

Tabela 12. Uslovi kvaliteta za davanje ocene primenljivosti proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu u proizvodnju stakla

Uslovi kvaliteta, (SRPS B.B6.020)							
Komponenta	Klasa kvaliteta prema hemijskom sastavu						Rezultat iz ITNMS
	Extra	I	II	III	IV	V	
	Sadržaj, %						
min CaO	55,50	55,00	55,00	55,00	54,00	54,00	53,9
max MgO	0,10	0,30	0,50	0,80	1,20	1,50	0,452
max SiO_2	0,05	0,10	0,30	0,50	0,80	1,00	1,26
max Al_2O_3	0,01	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,433
max Fe_2O_3	0,001	0,002	0,003	0,02	0,05	0,10	0,575

*Ispitivanje prema standardu SRPS B B8 070

Neutralizacija kiselih zemljišta - Uslovi kvaliteta za davanje ocene primenljivosti proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu za neutralizaciju kiselih zemljišta prikazani su u tabeli 13.

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 13 može se zaključiti da krečnjak „Sibnička Čukara“ nije za upotrebu u neutralizaciji kiselih zemljišta zbog visokog sadržaja teških metala.

Tabela 13. Uslovi kvaliteta za davanje ocene primenljivosti proizvoda od kalcijum karbonata za neutralizaciju kiselih zemljišta

Svojstvo	Uslovi kvaliteta (Sl.list 60/2000).	Ispitivanje prema standardu	Rezultat iz ITNMS
Vlaga na 105 °C, %, najviše	0,06	SRPS B B8 050	
Rastvorljivost u HCl, %	97,8	SRPS B B8 081	
Hemijski sastav (biogene komponente)		SRPS B B8 070	
Komponenta	Sadržaj		
CaCO_3 , %	94,00		96,2
CaO, %	53,62		53,9
MgO, %	0,40		0,452
P_2O_5 , %	0,014		0,024
K_2O , %	0,001		0,08
Fe, mg/kg	276		339
Mn, mg/kg	44		68
Zn, mg/kg	21		41
Cu, mg/kg	7		148
Co, mg/kg	12		37
Štetni teški metali			
Cr, mg/kg	8,0		29
Pb, mg/kg	12,0		130
Ni, mg/kg	1,1		35
Cd, mg/kg	0,0		5,5

Proizvodnja mineralna đubriva - Uslovi kvaliteta za davanje ocene primenljivosti proizvoda od kalcijum karbonata za upotrebu u proizvodnji mineralnog đubriva prikazani su u tabeli 14.

Tabela 14. Uslovi kvaliteta za primenu proizvoda od kalcijum karbonata za proizvodnju mineralnog đubriva

Uslovi kvaliteta prema zahtevu <i>Azotare Pančevo</i>		Prema standardu	Rezultat iz ITNMS
	Sadržaj, %		
CaO	49,00–55,89	SRPS B B8 070	53,9
MgO	-		0,452
SiO ₂	2 (0,6–3,0)		1,26
max Al ₂ O ₃	0,68		0,433
Vlaga	0,02–0,20	SRPS B B8 050	
max G.Ž	43,57	SRPS B B8 082	43,2

Iz rezultata hemijske analize krečnjaka „Sibnička Čukara“ prikazanih u tabeli 14 može se zaključiti da ovaj krečnjak može da ima primenu u proizvodnji mineralnog đubriva u Azotari Pančevo.

Desumporizacija SO₂ gasa u termoelektranama i toplinama - Uslovi kvaliteta krečnjaka za upotrebu u odsumporavanju dimnih gasova prikazani su u tabeli 15. Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 15 može se konstatovati da krečnjak „Sibnička Čukara“ po svom hemijskom sastavu odgovara za primenu u odsumporavanju dimnih gasova u termoelektranama i toplinama.

Tabela 15. Uslovi kvaliteta krečnjaka za upotrebu u odsumporavanju dimnih gasova

Komponenta	A*	B*	Rezultat iz ITNMS
Vlaga, %	<5	<5	+
CaCO ₃ , %	>89	>94	96,20
max MgCO ₃ , %	<4	<3	0,452 MgO
SiO ₂ , %	<5	<3	1,26
Fe ₂ O ₃ , %	-	<0,8	0,575
Inertne materije, %	<11	<6	1,85
Veličina čestica, mm	19,05	19,05	+
Bondov radni index, kWh/t	<12	<12	-

A*Ako se kao rezultat reakcije dobija gips koji nije za zidne ploče

B*Ako se kao rezultat reakcije dobija gips koji je za zidne ploče

+ - zadovoljava

Proizvodnja artikala od PVC (polivinil hlorida) - Imajući u vidu sve zahteve koje krečnjak mora da ispuni da bi se koristio u industriji PVC neophodno je da se krečnjak „Sibnička Čukara“ ispita u nadležnoj laboratoriji radi utvrđivanja mogućnosti primene u ove svrhe.

U ITNMS se može pripremiti uzorak na željenu krupnoću i količinu kako bi se eventualno obavila ova ispitivanja.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata prikazanih u radu može da se zaključiti sledeće:

Laboratorijska ispitivanja i karakterizacija krečnjaka „Sibnička Čukara“ su potvrdila mogućnost primene drobljenog krečnjaka u proizvodnji kreča i šećera i u metalurgiji kao II klasa, mlevenog kao punilo za asfalt, kao dodatak stočnoj hrani, ali samo za svinje koje su starije od 16 nedelja zbog sadržaja teških metala, kao sredstvo u proizvodnji mineralnog đubriva i za odsumporavanje dimnih gasova.

5. ZAHVALNICA

Rad je rezultat projekta br. TR 34013 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u periodu 2011-2019.

LITERATURA

- [1] Pavlica J, Draškić D. *Priprema nemetaličnih mineralnih sirovina*, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1997.
- [2] Janković S, Vakanjac B. *Ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina*, Građevinska knjiga, Beograd, 1969.
- [3] Kobliška MA, Zeković MB. *Tehnologija materijala u rudarstvu*, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1979.
- [4] Sekulić Ž. *Kalcijum karbonatne i kvarcne mineralne sirovine i njihova primena*. ITNMS, Beograd, 2011.
- [5] Grupa autora. *Domaće nemetalične sirovine za primenu u privredi*. ITNMS, Beograd, 1993.

SUMMARY

PRELIMINARY EXAMINATIONS AND POSSIBLE APPLICATION OF LIMESTONE „SIBNIČKA ČUKARA“ – MUNICIPALITY OF REKOVAC

Geological research carried out in the area of Central Serbia, municipality of Rekovac, showed the presence of limestone “Sibnička Čukara”. Limestone is a raw material that has been used in various industrial branches such as: industry of lime, sugar, green-foder, mineral fertilizers, also in pharmacy, metallurgy, etc. This raw material can have application in various industrial branches, which depends on its quality. Preliminary laboratory tests and characterization of certain limestone assortments obtained from “Sibnička Čukara” confirmed the possibility of application in the following areas: crushed limestone in the production of lime and sugar, in metallurgy as a second-class material, crushed limestone as a filler for asphalt and animal feed (but only for pigs older than 16 weeks, due to the content of heavy metals), then as an agent for production of mineral fertilizers and thereupon for flue-gas desulfurization.

Key words: limestone, industrial use, metallurgy, mineral fertilizers, flue-gas desulfurization