

Kvalitet zeolita iz ležišta Vranjska Banja po klasama krupnoće

Živko T. Sekulić¹, Aleksandra S. Daković¹, Milan M. Kragović¹, Marija A. Marković¹, Branislav B. Ivošević¹, Božo M. Kolonja²

¹Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, Srbija

²Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Srbija

Izvod

Obavljena su ispitivanja kvaliteta polaznog uzorka i kvaliteta pojedinih klasa krupnoće na uzorku prirodnog zeolita iz ležišta Zlatokop (okolina Vranjske Banje, Srbija). Cilj ispitivanja je bio da se utvrdi homogenost kvaliteta zeolita u pogledu klasa krupnoće i da li se odvajanjem neke klase lošijeg kvaliteta može izdvojiti klasa sa višim sadržajem osnovnog minerala – klinoptilolita. Karakterizacija polaznog zeolita, kao i određenih klasa krupnoće je urađena određivanjem hemijskog sastava, sadržaja oksida $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ kao i kapaciteta katjonske izmene (KKI) kao i koršćenjem XRD analize. Dobijeni rezultati su ukazali da sve analizirane klase krupnoće ($-2+0,8$; $-0,8+0,6$; $-0,6+0,4$; $-0,4+0,1$; $-0,1+0$; $-0,3+0,63$; $-0,63+0$ i $-0,43+0$ mm) imaju dobar kvalitet. Najveće vrednosti kapaciteta katjonske izmene (KKI) imaju klase $-0,043+0$ mm (166,5 meq/100 g) i $-0,063+0$ mm (158,8 meq/100 g). Rezultati su ukazali da nešto bolji kvalitet zeolita se može postići kada se ove klase izdvajaju prosejavanjem iz polaznog uzorka nego kada se iste dobiju mlevenjem polaznog uzorka na tu finoću.

Ključne reči: prirodni zeolit, klase krupnoće prirodnog zeolita, mlevenje, prosejavanje, kapacitet katjonske izmene.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

U oblasti pripreme mineralnih sirovina, da bi se utvrdio sadržaj ili raspodela minerala po klasama krupnoće rade se hemijske analize po klasama krupnoće. Dobijene klase krupnoće se usitnjavaju na 100% $-0,074$ mm i u njima se određuje hemijski sastav. Na primer, podaci o kretanju sadržaja Cu u klasama krupnoće su od značaja za izbor postupka i načina odstranjivanja nečistoća iz sirovine u cilju dobijanja koncentrata sa što većim sadržajem bakra [1]. O uticaju finoće mlevenja na iskorišćenje bakra u osnovnom koncentratu govore Magdalinović i saradnici [2].

Kad je reč o nemetalnim mineralnim sirovinama, na primer kvarcni šljunak ili kvarcni pesak, obično se prati sadržaj nečistoća (Fe_2O_3) da bi se definisalo koja klasa ima najviše primesa pa se onda ta klasa ne koristi za najkvalitetnije asortimane proizvoda [3].

Postoji veliki broj radova koje su istraživači objavili na osnovu istraživanja na prirodnom zeolitu. Ta istraživanja su iz različitih aspekata, a najčešće se prirodni zeolit razmatra kao sirovina za dobijanje materijala za uklanjanje toksičnih metala, amonijaka, i drugih neorganskih i/ili organskih zagađivača. U radovima istraživači obično imaju poglavlje u kome se govori o polaznom uzorku koji je korišćen u eksperimentima. Tu se obično kaže da je prirodni zeolit uzet iz određenog

STRUČNI RAD

UDK 549.67(497.11)Vranjska Banja):54:543.218

Hem. Ind. 67 (4) 663–669 (2013)

doi: 10.2298/HEMIND120724107S

ležišta i da je od njega napravljena određena klasa krupnoće koja je korišćena za realizaciju cilja ispitivanja. Na primer, za modifikovanje površine prirodnog zeolita koriste se klase $-0,1+0$, $-0,063+0$ i $-0,043+0$ mm [4–9].

Za eksperimente remedijacije koristi prirodni zolitni tuf bogat klinoptilolitom iz St. Cloud ležišta kod Vinston, Novi Meksiko, krupnoće $-0,4$; $-1,4+0,4$ ili $-2,4+1,4$ mm. Kvantitativnom XRD analizom je određeno da polazni uzorak zeolita sadrži 74% klinoptilolita, 5% smektita 10% kvarca i kristobalita, 10% feldspata i 1% ilita. Spoljašnja specifična površina, određena adsorpcijom azota, neznatno je varirala za tri klase krupnoće (od 13.3 do 15.2 m^2/g) [10]. Na prirodnom zeolitu modifikovanom sa organskim katjonima (surfaktanti) je ispitivana adsorpcija neorganskih oksidnih anjona, kao i organskih zagađivača i patogenih mikroorganizama.

Orha i saradnici u svom radu [11] za eksperimente antibakterijskih osobina zeolita koji u sebi sadrži jone srebra i bakra koriste rumunski zeolitni mineral iz ležišta Mirsida koji isporučuje Cemacon kompanija. Mineral je u prahu i prosejan sa multilab sito šejkeru, prečnik veličine zrna izabran za obavljanje eksperimenata je bio između $-0,50+0,315$ mm.

Tarasevich i saradnici [12] su određivali poziciju katjona u Na-zeolitu izmenjiv sa Cs^+ i Co^{2+} . Za eksperimente katjonske izmene koristili su zeolit – klinoptilolit veličine čestica $0,5+0,25$ mm.

Trgo i Perić [13] su u eksperimentima adsorpcije cinka koristili zeolit iz ležišta Donje Jesenje, Republika Hrvatska, koji je mleven i prosejan da se odvoji frakcija

Prepiska: Ž.T. Sekulić, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d' Eperea 86, Beograd, Srbija.

E-pošta: z.sekulic@itnms.ac.rs

Rad primljen: 24. jul, 2012

Rad prihvaćen: 9. oktobar, 2012

–0.5+0,1 mm. U sastavu ovaj zeolit ima do 50% klinoptilolita, a feldspat, kalcit i kvarc su glavne nečistoće.

Ćurković i saradnici [14] u eksperimentima adsorpcije bakra koriste prirodni klinoptilolitski zeolit iz ležišta Donje Jesenje, Republika Hrvatska, tri klase krupnoće: –0,5; –2+0,5 i –5+2 mm. Eksperimenti su rađeni u cilju izučavanja kinetike i termodinamike procesa adsorpcije Cu katjona iz vode. Određeno je da adsorpcija bakra raste sa porastom temperature i smanjenjem veličine čestica prirodnog zeolita.

Li i Hong [15] su ispitivali adsorpciju hromata na prirodnom zeolitu modifikovanom surfaktantima. Korišćene su sledeće frakcije zeolita: 3,6–4,8 mm, 1,4–2,4 mm i <0,4 mm. Potvrđeno je da adsorpcija hromata raste sa smanjenjem veličine čestica zeolita. Ukazano je i na činjenicu da je neophodna veća krupnoća čestica da bi se postigla veća hidraulična provodljivost, i da je zbog toga značajno da se ispita uticaj veličine čestice na adsorpciju specifičnog zagađivača.

Na osnovu pregleda literature se može videti da se eksperimenti adsorpcije neorganskih, kao i organskih zagađivača na modifikovanim zeolitima najčešće rade u stacionarnim uslovima („batch“ eksperimenti) i u dinamičkim uslovima (eksperimenti sa kolonom). Za eksperimente u stacionarnim uslovima, obično se koristi zeolit granulacije ispod 100 μm , dok je za eksperimente u koloni neophodno da granulacija zeolite bude iznad 100 μm . Filtrabilnost zeolita kao adsorbenta je značajan parametar koji ukazuje na mogućnost njegovog korišćenja kao reakcionog filtra u jednom ili više slojeva. Adsorpciona sposobnost zeolita u ovom slučaju jeste sposobnost zadržavanja zagađivača pri prolasku kontaminirane vode. Za razliku od glinenih minerala smektita i njihove osobine bubrenja u vodi, zeoliti imaju čvršću trodimenzionu kristalnu strukturu, a samim tim i hidrauličke osobine koje im omogućavaju širi spektar primene pri prečišćavanju kontaminiranih voda [9]. Zbog obrnute proporcionalnosti između veličine zrna i specifične površine, u eksperimentima adsorpcije različitih zagađivača na prirodnim zeolitima je neophodno da se ispita i uticaj veličine čestica na adsorpciju specifičnog zagađivača.

Prema tome, veoma važno koja krupnoća zeolita se koristi u određene svrhe. Isto tako, veoma je važno kako je pripremljena neka klasa krupnoće zeolita i u kojoj klasi krupnoće je najviši sadržaj osnovnog minerala, odnosno da li su neke klase krupnoće boljeg kvaliteta nego polazni uzorak? U ovom radu urađeni su eksperimenti dobijanja pojedinih klasa krupnoće prirodnog zeolita a zatim je na svim klasama kao i na polaznom uzorku određena hemijski sastav, kapacitet katjonske izmene i urađena XRPD analiza. U eksperimentima je korišćen uzorak prirodnog zeolita iz ležišta Zlatokop (okolina Vranjske Banje, Srbija).

EKSPERIMENTALNI DEO

Materijal i plan eksperimenta

Za eksperimentalni rad korišćen je uzorak prirodnog zeolita iz firme „MineraliCO“, Vranjska Banja, koji je dobijen postupkom usitnjavanja na postrojenju u Vranjskoj Banji na krupnoću 100%–2 mm. Hemijski i mineraloški sastav polaznog uzorka se daje u sklopu rezultata ispitivanja.

Eksperimentalni rad se sastojao u dobijanju određenih klasa krupnoće iz polaznog uzorka, a zatim je na tim klasama urađena hemijska analiza, mineraloška analiza, XRD analiza i određivanje kapaciteta katjonske izmene (KKI). Šematski prikaz eksperimenta je dat na slici 1.

Uzorak br. 1 je uzet iz polaznog uzorka i njegovim prosejavanjem na laboratorijskim sitima otvora 0,8, 0,6, 0,4 i 0,1 mm, dobijene su klase –2+0,8; –0,8+0,6; –0,6+0,4; –0,4+0,1 i –0,1+0 mm.

Uzorak br. 2 uzet iz polaznog uzorka, a zatim je samleven u laboratorijskom mlinu sa prstenovima na krupnoću 100%–0,3 mm. Nakon toga, mokrim postupkom prosejavanja na laboratorijskim sitima otvora 0,1 i 0,063 mm su dobijene klase –0,3+0,1 mm; –0,1+0,063 i –0,063+0 mm, a prosejavanjem na situ situ otvora 0,043 mm dobijene su klase –0,1+0,043 i –0,043+0 mm.

Uzorak br. 3 jeste polazni uzorak zeolita na kome je urađena hemijska i XRPD analiza i određen je KKI.

Metode

Određivanje hemijskog sastava

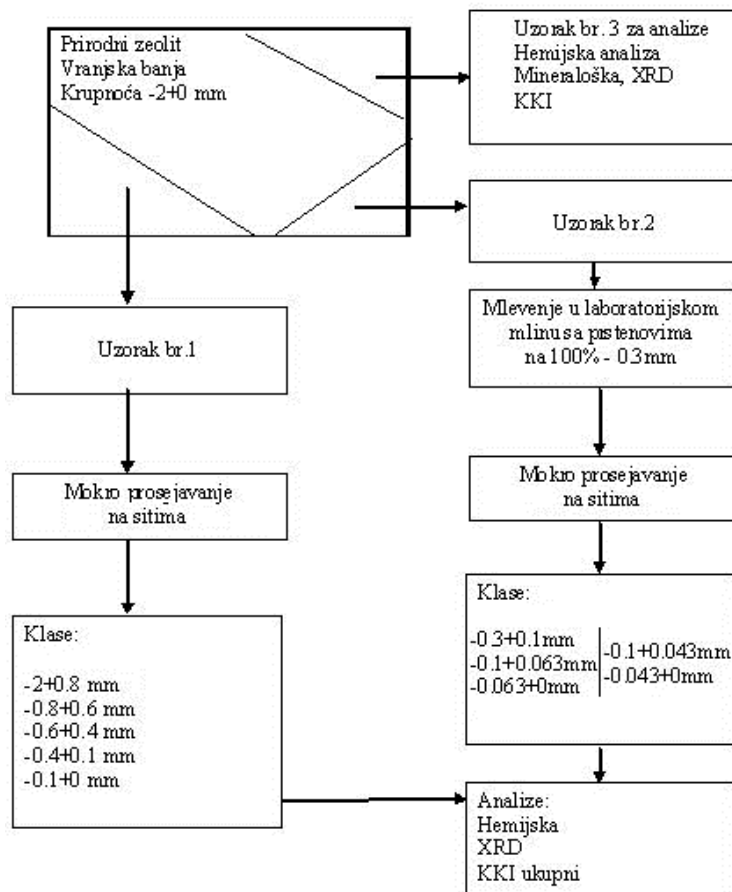
Kvantitativna hemijska analiza polaznog uzorka zeolita urađena je na atomskom adsorpcionom spektrofotometru Aanalysis 300.

Određivanje ukupnog kapaciteta katjonske izmene

Kapacitet katjonske izmene – KKI – je određen metodom jonske izmene sa amonijum-hloridom na sledeći način: 1 g uzorka ostavi se da stoji 24 h u 100 ml amonijačnog rastvora, na pH 7, uz povremeno mućkanje. Nakon završene jonske izmene, suspenzija se filtrira i u filtratu se određuju koncentracije izmenjivih katjona Ca, Mg, K i Na, koja preračunata na meq/100g uzorka predstavlja ukupni KKI. Koncentracije izmenljivih jona su određivane na atomskom spektrofotometru Analytic Jena Spekol 300.

Metoda rendgenske difrakcije (XRPD)

Za određivanje i praćenje faznog sastava polaznog uzorka zeolita, kao i izdvojenih klasa korišćen je rendgenski difraktometar marke “PHILIPS”, model PW-1710, sa zakrivljenim grafitnim monohromatorom i scintilacionim brojačem. Uzorci su prethodno pripremljeni u obliku praha.



Slika 1. Šematski prikaz eksperimenta.
Figure 1. Experiment scheme.

REZULTATI I DISKUSIJA

Hemijski sastav uzoraka pojedinih klasa krupnoće prirodnog zeolita kao i polaznog uzorka zeolita je dat u tabeli 1.

Na osnovu rezultata hemijske analize datih u tabeli 1 vidi se da su najveće vrednosti sadržaja oksida CaO+MgO+Na₂O+K₂O za uzorak klase -0,8+0,6 mm (10,38%) i -0,043+0 mm (10,14%), s tim što je u uzorku -0,8+0,6 mm nešto povišen sadržaj kalcijum-oksida. Isto tako se može očititi da je odnos Si/Al > 4,5 što ukazuje da se radi o klinoptilolitskom zeolitu [11].

Rendgenska difrakciona analiza je urađena na uzorku polaznog prirodnog zeolita iz lokaliteta Vranjska Banja, a zatim na nekoliko uzoraka po klasama krupnoće. Difraktogrami rendgenskih analiza su dati na slici 2.

Iz difraktograma datih na slici 1 se vidi da su u svim klasama zastupljeni sledeći minerali: dominantan zeolitski mineral je klinoptilolit, dok su kao prateći minerali u uzorcima prisutni kvarc, feldspati, karbonati (kalцит), smektitiski minerali. Takođe, intenziteti difrakcionih pikova osnovnog minerala klinoptilolita su nešto viši u sitnijim klasama krupnoće.

Uporedni prikaz sadržaja oksida CaO+MgO+Na₂O+K₂O i vrednosti kapaciteta katjonske izmene (KKI) dobijenih analiziranjem klasa krupnoće zeolita i polaznog uzorka je dat u tabeli 2.

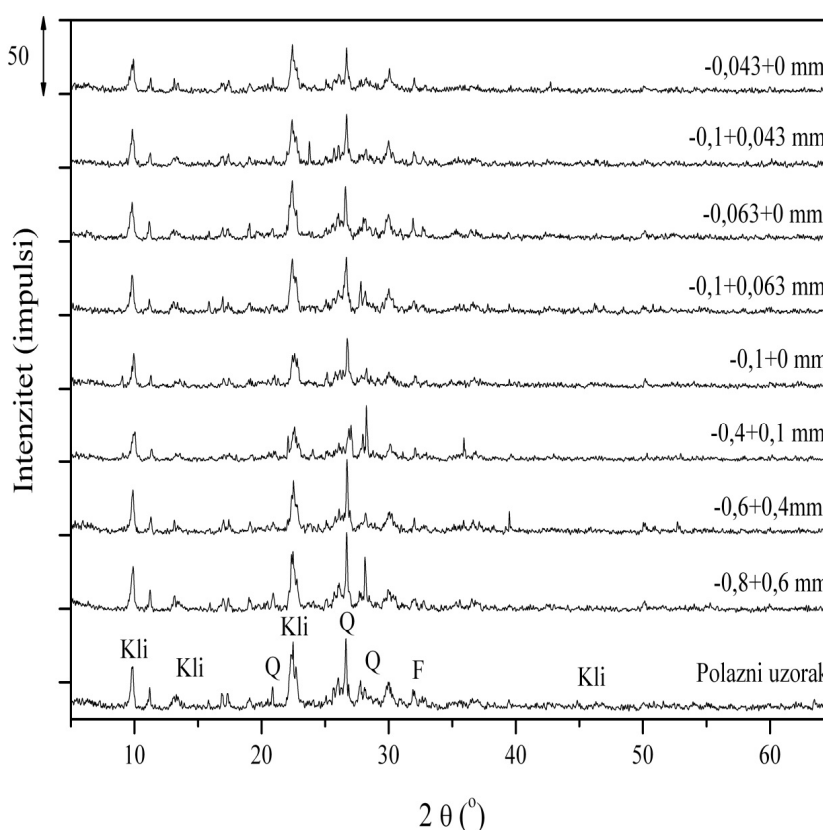
U tabeli 3 je dato kretanje ili distribucija sadržaja oksida CaO+MgO+Na₂O+K₂O i KKI po klasama krupnoće dobijenih prosejavanjem, a u tabelama 4 i 5 distribucija oksida CaO+MgO+Na₂O+K₂O i KKI po klasama krupnoće koje su dobijene mlevenjem i prosejavanjem. Distribucija po klasama krupnoće se dobija računskim putem preko bilanasa raspodele uvažavajući maseno učešće pojedinih klasa u polaznom uzorku (-2+0mm).

Iz literature je poznato da vrednost za teorijski kapacitet katjonske izmene KKI iznosi preko 200 meq/100g zeolita [14]. Isto tako nije zadata minimalna granica vrednosti KKI, ona zavisi od oblasti primene. Na osnovu datih vrednosti za kapacitet katjonske izmene (tabela 2) vidimo da je najveća vrednost za kapacitet katjonske izmene (KKI) za klasu -0,043+0 mm (166,5 meq/100g) i onda za klasu -0,063+0 mm (158,8 meq/100g).

Raspodela sadržaja oksida CaO+MgO+Na₂O+K₂O (tabela 3) po klasama krupnoće ukazuje da je 54,22% ovih oksida u klasi -2+0,8 mm, a da je 45,78% u klasama

Tabela 1. Hemijski sastav analiziranih klasa zeolita i polaznog uzorka tog prirodnog zeolita iz Vranjske Banje
Table 1. Chemical composition of zeolite classes and starting natural zeolite from Zlatokop deposit

Klasa, mm	Sadržaj komponente, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	G.ž.
Polazni uzorak (-2+0 mm)	64,72	13,12	3,42	5,15	0,79	1,19	1,06	9,76
Klase dobijene prosejavanjem polaznog uzorka								
-2+0,8	65,81	12,91	3,04	4,88	0,76	1,17	0,60	9,99
-0,8+0,6	63,79	12,33	3,12	6,65	0,77	1,30	1,66	9,70
-0,6+0,4	64,24	13,47	3,37	4,55	0,97	1,38	1,60	9,74
-0,4+0,1	66,47	12,85	2,52	4,90	0,65	1,77	1,31	9,02
-0,1+0	62,50	13,61	4,36	5,60	0,85	1,04	1,66	9,53
Klase dobijene mlevenjem polaznog uzorka (100%–0,3mm) i prosejavanjem na situ 0,1 mm i 0,063 mm								
-0,3+0,1	65,55	14,04	2,83	4,88	0,682	1,15	0,406	9,62
-0,1+0,063	66,72	12,57	2,26	5,25	0,670	1,62	0,548	9,52
-0,063+0	63,24	12,66	2,75	6,30	1,09	1,34	0,84	11,26
Klase dobijene mlevenjem polaznog uzorka (100%–0,3mm) i prosejavanjem na situ 0,1 mm i 0,043mm								
-0,1+0,043	65,27	13,42	2,28	5,60	0,87	0,97	1,38	9,86
-0,043+0	62,28	12,33	3,20	6,65	1,18	1,46	0,85	11,84



Slika 2. Difraktogrami praha ispitivanih uzoraka zeolita Vranjska Banja.
Figure 2. XRPD Patterns of zeolite samples.

ispod 0,8 mm, od čega 29,56% u klasi -0,1+0 mm. Ovo ukazuje da je veća koncentracija klinoptilolita u najsitnijoj klasi krupnoće.

Iz rezultata datih u u tabelama 4 i 5, koji se odnose na klase -0,063 i -0,043 mm vidimo da je sadržaj oksida CaO+MgO+Na₂O+K₂O u sitnijim klasama veći nego u

krupnijim. Naime, u klasi -0,063+0 mm taj sadržaj je 9,57%, a u klasi -0,1+0,063 mm 8,09%. U klasi -0,043+0 mm sadržaj ovih oksida je 10,14%, a u klasi -0,1+0,043 mm 8,82%. Ovaj trend prati i raspodela KKI po klasama. Tako je za klasu -0,063+0 mm sadržaj KKI 62,5%, a za klasu -0,043+0 mm 56,0 %.

Tabela 2. Uporedni prikaz sadržaja oksida $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ i vrednosti kapaciteta katjonske izmene (KKI) u različitim klasama
 Table 2. Content of $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ oxides and cation exchange capacity (CEC) in different classes

Klasa, mm	Prema KKI, meq/100g	Prema sadržaju $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, %	Prema XRD
Polazni (–2+0 mm)	145,6	8,19	Najviše: klinoptilolit, manje: kvarc, feldspat; zanemarljivo: kalcit i smektit
Klase dobijene prosejavanjem			
–2+0,8	146,3	7,41	–
0,8+0,6	148,27	10,38	Kao polazni
–0,6+0,4	149,1	8,50	Ima više kvarca nego u polaznom
–0,4+0,1	146,2	8,63	Ima više feldspata nego u polaznom
–0,1+0	141,7	9,15	Kao klasa –0,6+0,4mm
Klase dobijene mlevenjem polaznog uzorka na 100% – 0,3 mm i prosejavanjem na situ 0,1 i 0,063 mm			
–0,3+0,1	110,5	7,12	–
–0,1+0,063	143,2	8,09	Kao polazni
–0,063+0	158,8	9,57	Kao polazni
Klase dobijene mlevenjem polaznog uzorka na 100% – 0,3 mm i prosejavanjem na situ otvora 0,1 i 0,043 mm			
–0,1+0,043	141,5	8,82	Kao polazni
–0,043+0	166,5	10,14	Kao polazni

Tabela 3 Distribucija oksida $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ i KKI po klasama krupnoće dobijenih prosejavanjem
 Table 3. Distribution of $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ oxides and CEC in different classes

Klasa, mm	Maseni udeo, mas.%	Sadržaj oksida, mas.%	KKI, meq/100g	Distribucija po klasama			
1	2	3	4	2×3	2×4	Oxid, %	KKI, %
–2,0+0,8	53,96	7,41	146,3	399,8436	7894,35	48,84	54,22
–0,8+0,6	3,73	10,38	148,27	38,7174	553,05	4,73	3,80
–0,6+0,4	4,71	8,50	149,1	40,035	702,26	4,89	4,82
–0,4+0,1	7,56	8,63	146,2	65,2428	1105,27	7,97	7,60
–0,1+0	30,04	9,15	141,7	274,866	4307,70	33,57	29,56
Ulaz, –2+0 (računski)	100,00	8,19	145,6	818,7048	14562,63	100,00	100,00

Tabela 4. Distribucija oksida $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ i KKI po klasama krupnoće: –0,3+0,1; –0,1+0,063 i –0,063+0 mm
 Table 4. Distribution of $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ oxides and CEC in classes: –0.3+0.1, –0.1+0.063 and –0.63+0 mm

Klasa, mm	Maseni udeo, mas.%	Sadržaj oksida, mas.%	KKI, meq/100g	Distribucija po klasama			
1	2	3	4	2×3	2×4	Oxidi, %	KKI, %
–0,3+0,1	17,00	7,12	105,1	121,04	1878,5	13,78	12,90
–0,1+0,063	25,00	8,09	143,2	202,25	3580,0	23,03	24,60
–0,063+0	58,00	9,57	158,8	555,06	9210,4	63,19	62,5
Ulaz, –0,3+0 (računski)	100,00	8,78	145,6	878,35	14560,0	100,00	100,00

Tabela 5. Distribucija oksida $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ i KKI po klasama krupnoće: –0,3+0,1; –0,1+0,043 and –0,043+0 mm
 Table 5. Distribution of $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ oxides and CEC in classes: –0.3+0.1, –0.1+0.043 and –0.043+0 mm

Klasa, mm	Maseni udeo, mas.%	Sadržaj oksida, mas.%	KKI, meq/100g	Distribucija po klasama			
1	2	3	4	2×3	2×4	Oxida, %	KKI, %
–0,3+0,1	17,00	7,12	91	121,04	1878,5	13,15	12,90
–0,10+0,043	32,00	8,82	141,5	282,24	4528,0	30,66	31,10
–0,043+0	51,00	10,14	166,5	517,14	8491,5	56,19	56,00
Ulaz, –0,3+0 (računski)	100,00	9,20	145,6	920,42	14560,0	100,00	100,00

Sve ovo ukazuje da je sadržaj minerala klinoptilolita raspoređen po klasama krupnoće tako što je njegov sadržaj nešto veći u najsitnijim klasama ($-0,063+0$ i $-0,043+0$ mm). U prilog ovome idu i rezultati mineraloške analize dati u tabeli 2 i na difraktogramima na slici 2.

ZAKLJUČAK

Ispitivanja na polaznom uzorku zeolita kao i na klasama krupnoće: $-2+0,8$; $-0,8+0,6$; $-0,6+0,4$; $-0,4+0,1$; $-0,1+0$; $-0,3+0,63$; $-0,63+0$ i $-0,43+0$ mm pokazala su da je kvalitet pojedinih klasa krupnoće ispitivanog zeolita iz ležišta Zlatokop (okolina Vranjske Banje) veoma dobar. Na ovakav zaključak upućuju rezultati sadržaja oksida $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ i vrednosti kapaciteta katjonske izmene kao i kvalitativna XRD analiza. Veći kapacitet katjonske izmene (KKI), kao bitan parametar kvaliteta, je dobijen u sitnijim klasama krupnoće: $-0,063+0$ i $-0,043+0$ mm. Naime, vrednosti kapaciteta katjonske izmene u ostalim klasama se kreću od 141,5 do 149,1 meq/100 g, dok u slučaju klase $-0,063+0$ i $-0,043+0$ mm te su vrednosti 158,8, odnosno 166,5 meq/100 g. Ovo ukazuje na to da je prosejavanjem usitnjenog uzorka, na primer na $-0,043$ mm, moguće dobiti nešto bolji kvalitet nego mlevenjem kompletnog polaznog uzorak na tu klasu. Sadržaj klinoptilolita je veći u sitnijim klasama krupnoće.

Zahvalnica

Ovaj rad je rezultat projekata koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, TR 34013 i ON 172018 u periodu 2011-2014. godine.

LITERATURA

- [1] R. Milosavljević, Metode ispitivanja mineralnih sirovina u pripremi mineralnih sirovina, Rudarsko-greološki fakultet Beograd, 1974.
- [2] S. Magdalinović, D. Urošević, S. Petković, Uticaj finoće mlevenja na iskorišćenje bakra u osnovnom koncentratu, Rudarski radovi **1** (2010) 103–114.
- [3] Z. Bartulović, M. Petrov, D. Todorović, Lj. Andrić, I. Jovanović, J. Stojanović, Possibility of High Grade SiO_2 Concentrate Production From Raw Quartz Gravel, XIV Balkan Mineral Processing Congress, 2011, pp. 314–317.
- [4] T. Stanić, A. Daković, A. Živanović, M. Tomašević-Čanović, V. Dondur, S. Milićević, Adsorption of arsenic (V) by iron (III)-modified natural zeolitic tuff, Environ. Chem. Lett. **7** (2009) 161–166.
- [5] M. Tomašević-Čanović, A. Daković, G. Rottinghaus, S. Matijašević, M. Đuričić, Surfactant modified zeolites – new efficient adsorbents for mycotoxins, Microporous Mesoporous Mater. **61** (2003) 173–180.
- [6] A. Vujaković, M. Tomašević-Čanović, A. Daković, V. Dondur, The adsorption of sulphate, hydrogenchromate and dihydrogenphosphate anions on surfactant-modified clinoptilolite, Appl. Clay Sci. **17** (2000) 265–277.
- [7] A. Daković, M. Tomašević-Čanović, G. Rottinghaus, V. Dondur, Z. Mašić, Adsorption of ochratoxin A on octadecyldimethyl benzyl ammonium exchanged-clinoptilolite-heulandite tuff, Colloids Surf., B **30** (2003) 157–165.
- [8] D. Krajišnik, A. Daković, M. Milojević, A. Malenović, M. Kragović, D. Bajuk Bogdanović, V. Dondur, J. Milić, Properties of diclofenac sodium sorption onto natural zeolite modified with cetylpyridinium chloride, Colloids Surf., B **83** (2011) 165–172.
- [9] J. Lemić, Modifikovani aluminosilikatni minerali kao adsorbenti u tretiranju kontaminiranih voda, doktorska disertacija, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, 2006, str. 99.
- [10] R.S. Bowman, Applications of surfactant-modified zeolites to environmental remediation, Microporous Mesoporous Mater. **61** (2003) 43–56.
- [11] C. Orha, F. Manea, A. Popi, G. Burtica, I. Fazakas Todea, Obtaining and Characterization of Zeolitic Materials with Antibacterial Properties, Rev. Chim. (Bucuresti) **59** (2008) 173–177.
- [12] Yu.I. Tarasevich, I.G. Polyakova, V.E. Polyakov, Microcalorimetric Study of the Interaction between Water and Cation-Substituted Clinoptilolites, Colloid J. **65** (2003) 493–499.
- [13] M. Trgo, J. Perić, Interaction of the zeolitic tuff with Zn-containing simulated pollutant solutions, J. Colloid Interface Sci. **260** (2003) 166–175.
- [14] L. Čurković, M. Trgo, M. Rožić, N. Vukojević Medvidović, Kinetics and thermodynamics study of copper ions removal by natural clinoptilolite, Indian J. Chem. Technol. **18** (2011) 137–144.
- [15] Z. Li, H. Honga, Retardation of chromate through packed columns of surfactant-modified zeolite, J. Hazard. Mater. **162** (2009) 1487–1493.

SUMMARY**QUALITY OF ZEOLIT FROM VRANJSKA BANJA DEPOSIT ACCORDING TO SIZE CLASSES**

Živko T. Sekulić¹, Aleksandra S. Daković¹, Milan M. Kragović¹, Marija A. Marković¹, Branislav B. Ivošević¹, Božo M. Kolonja²

¹*Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Belgrade, Serbia*

²*Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia*

(Professional paper)

This paper presents the results of investigations of the quality of the natural zeolite as well as the quality of specific particle size classes of the natural zeolite. The aim of the investigations was to determine if the different classes possess different qualities. The starting material used in experiments was the natural zeolite from the Zlatokop deposit (Vranjska Banja, Serbia). The classes $-0.2+0.8$ mm; $-0.8+0.6$ mm; $-0.6+0.4$ mm; $-0.4+0.1$ mm were obtained by wet sieving of the natural zeolite. Grinding processes of the natural zeolite gave classes $-0.3+0.63$ mm; $-0.63+0$ mm; $-0.43+0$ mm. Chemical composition, mineralogical XRPD and cation exchange capacities (CEC) were analyzed for the starting sample and the obtained particle size classes. It was determined that all particle size classes possess similar qualities. The highest cation exchange capacity was observed in classes $-0.043+0$ mm (166.5 meq/100 g) and $-0.063+0$ mm (158.8 meq/100 g).

Keywords: Natural zeolite • Size classes of natural zeolite • Grinding • Screening • Cationic exchange capacity