

# **„ RUDARSTVO 2023“**

14. simpozijum sa međunarodnim učešćem

## **Održivi razvoj u energetici i rudarstvu**

*11. Savetovanje sa međunarodnim učešćem*

## **ZBORNİK RADOVA**

*PROCEEDINGS*

**Zlatibor**

**30. maj - 2. jun 2023**

# ZBORNİK RADOVA/ *PROCEEDINGS*

## **Organizatori:**

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina  
Privredna komora Srbije

## **Izdavač / *Publisher***

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

## **Urednik / *Editor***

Miroslav Ignjatović

## **Štampa / *Printed by***

Akadska izdanja, Beograd

## **Tiraž / *Copies***

180

Beograd, 30. maj 2023

## **14. Simpozijum „Rударstvo 2023“ *Održivi razvoj u rudarstvu i energetici***

**СИМПОЗИЈУМ са међународним учешћем "Рударство" (14 ; 2023 ; Златибор)**

**Održivi razvoj u rudarstvu i energetici** : Zbornik radova / 14. simpozijum sa međunarodnim učešćem "Rударstvo 2023" = Sustainable development in mining and energy : proceedings = 14th Symposium with International Participation "Mining 2023", Zlatibor 30. maj - 2. jun 2023. ; [organizatori Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina [i] Privredna komora Srbije] ; [urednik, editor Miroslav Ignjatović. - Beograd : Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, 2023 (Beograd : Akademaska izdanja). - 401 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 180. - Bibliografija uz većinu radova. - Abstracts.

**ISBN:978-86-80420-27-1**

COBISS.SR-ID:116330505

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд 622(082)  
502/504(082)

### **NAUČNI ODBOR**

dr Dragan Radulović, ITNMS, Beograd; dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Beograd; dr Vladimir Šiljkut, JP EPS; Prof.dr Mirko Gojić, Metalurški fakultet, Sisak; prof.dr Grozdanka Bogdanović, Tehnički fakultet; dr Maja Grbić, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"; dr Branislav Marković, ITNMS, Beograd; prof. dr Jovica Sokolović, Tehnički fakultet, Bor; prof. dr Predrag Jovančić, RGF, Beograd; dr Slavica Mihajlović, ITNMS, Beograd; dr Dragana Randelović, ITNMS, Beograd; dr Vladimir Jovanović, ITNMS, Beograd; Prof. Snežana Ignjatović, RGF, Beograd; dr Nevad Ikanović, JP Elektroprivreda BiH, prof.dr Omer Musić, RGG fakultet, Tuzla; dr Zajim Hrvat, JP Elektroprivreda BiH; Prof.dr Marina Dojčinović, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd; dr Edin Lapandić, JP Elektroprivreda BiH, dr Rada Krgović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; dr Aleksandra Patarić, ITNMS, Beograd; dr Vladan Kašić, ITNMS, Beograd; dr Branko Petrović, JPEPS, Ogranak RB; Kolubara; mr Jadranka Todorović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Šefik Sarajlić, RMU Đurđevik; dr Dimšo Milošević, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; dr Milisav Tomić, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Žarko Nestorović, JPEPS, Ogranak HE Đerdap

### **PROGRAMSKI ODBOR**

dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Ljubinko Savić, Privredna komora Srbije; Gordana Tomašević, JP EPS; dr Nikola Vuković, ITNMS; Vladimir Vukojević, NIS Gaspromneft; Nataša Malenčić, NIS Gaspromnjeft; Andrea Radonjić, Rio Tinto; Jovica Radisavljević, ZiJin Bor Copper doo Bor; Bojan Rakić, JP EPS, Ogranak HE Đerdap, Miliša Jovanović, EMS ad; Prof. dr Milanka Negovanović, RGF, Beograd; Slobodan Mitić, JP PEU, Resavica; Ivan Filipov, rudnik Kovin; Drago Vasović, rudnik Veliki Majdan; Momčilo Dugalić, Jelen Do; Mr Šahbaz Lapandić, rudnik mrkog uglja Banovići

## SADRŽAJ / CONTENTS:

### Plenarna predavanja / Plenary Presentations

#### RETKE ELEMENTI I NJIHOV STRATEŠKI ZNAČAJ

Jovan Kovačević, Dragoman Rabrenović, Predrag Mijatović, Jelena Kokot, Slobodanka Sudar, Nebojša Gavrilović 5

#### STRATEŠKI PLAN ODRŽIVOG RAZVOJA EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA UGLJA RMU „SOKO” SOKOBANJA

Sobodan Kokerić, Zoran Aksentijević, Mirko Ivković 16

#### POVRŠINSKI MODIFIKOVANI ZEOLITI - EFIKASNI ADSORBENTI EMERGENTNIH ZAGAĐIVAČA

Danijela Smiljanić, Aleksandra Daković, Marija Marković, Milena Obradović i Milica Ožegović 29

#### ČELIČNI OTPAD - SEKUNDARNA SIROVINA ZA PROIZVODNJU ČELIKA

Mirko Gojić, Stjepan Kožuh, Ivana Ivanić 37

#### PRIMENA AEROMAGNETSKIH I GRAVIMETRIJSKIH PODATAKA PRI IZRAD GEOFIZIČKOG-GEOLOŠKOG MODELA DELA TIMOČKOG MAGMATSKOG KOMPLEKSA

Snežana Ignjatović 55

#### ANALIZA KRITERIJUMA VERIFIKACIJE METODA ZA ISPITIVANJE ZATEZANJEM ČELIČNIH ŽICA, UŽADI U RUDARSTVU

Slavica Miletić, Biserka Trumić, Suzana Stanković 78

#### PRIMENA SKENIRAJUĆE ELEKTRONSKE MIKROSKOPIJE U ISTRAŽIVANJU LEŽIŠTA I PRIPREMI MINERALNIH SIROVINA

Nikola S. Vuković 66

#### MOGUĆNOST EKSPLOATACIJE METANA IZ LEŽIŠTA RMU „SOKO“ – SOKOBANJA

Duško Đukanović, Nemanja Đokić, Zoran Aksentijević, Daniel Radivojević, Branislav Stakić 75

#### ANALIZA KRITERIJUMA VERIFIKACIJE METODA ZA ISPITIVANJE ZATEZANJEM ČELIČNIH ŽICA, UŽADI U RUDARSTVU

Slavica Miletić, Biserka Trumić, Suzana Stanković 88

#### GEOLOGIJA LEŽIŠTA ZEOLITSKIH TUFOVA SRBIJE

Vladan Kašić, Vladimir Simić, Jovica Stojanović, Ana Radosavljević-Mihajlović, Slavica Mihajlović, Nataša Djordjević 95

#### TEHNOLOŠKA ISPITIVANJA PET ALKALNO AKTIVIRANIH UZORAKA BENTONITSKE RUDE „BIJELO POLJE“ – BAR I NJIHOVA PRIMENA U RAZLIČITIM INDUSTRIJSKIM GRANAMA

Dragan S. Radulović, Vladimir D. Jovanović, Dejan Todorović, Branislav Ivošević, Darko M. Božović, Sonja Milićević, Slavica Mihajlović 110

#### SMANJENJE RIZIKA OD OŠTEĆENJA KAPITALNE RUDARSKE OPREME IMPLEMENTACIJOM RADARSKOG PRAĆENJA STABILNOSTI KOSINA NA KOPOVIMA ELEKTROPRIVREDE SRBIJE

Dragan Milošević, Ivan Janković, Đorđe Radulović 119

## Saopštenja / Contributions

### **HORIZONTALNA I VERTIKALNA DISTRIBUCIJA TEŠKIH METALA (Cu, Pb, Zn) U LIGNITU KOSTOLAČKO - KOVINSKOG UGLJONOSNOG BASENA**

Bogoljub Vučković 124

### **КОЛИКО ДАНАС, ЈУЧЕ СМО МОРАЛИ МИСЛИТИ НА СУТРА**

Зорица Гојак 134

### **UTVRĐIVANJE PARAMETRA ODLOŽENE OTKRIVKE I JALOVINE METODOM POVRATNE ANALIZE NA OVRŠINSKOM KOPU GACKO-CENTRALNO POLJE**

Aleksandar Ateljević, Nenad Lasica, Dušan Nikčević, Nikola Stanić,  
Aleksandar Doderović 137

### **POTENCIJALNOST LEŽIŠTA MRKOG UGLJA “SOKO” – SOKOBANJA**

Miljana Milković, Đorđe Fići, Daniel Radivojević, Zoran Aksentijević,  
Slobodan Kokerić 151

### **ODREĐIVANJE ISKORISTIVE VREDNOSTI PRIRODNOG KAPITALA LEŽIŠTA UGLJA “POLJANA”**

Zorica Ivković, Dejan Dramlić, Dražana Tošić, Boban Branković, Jelena Trivan 163

### **ПРИМЈЕНА МОДЕЛА УПРАВЉАЊА ДИКОНТИНУАЛНИМ СИСТЕМИМА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ У УСЛОВИМА ПК „БОГУТОВО СЕЛО“**

Димшо Милошевић, Владимир Малбашић 172

### **ORDŽIVOST PODZEMNE EKSPLOATACIJE UGLJA U REPUBLICI SRBIJI**

Marko Babović, Ivan Janković, Branislav Babić 193

### **POZITIVNI I NEGATIVNI UTICAJ HIDROELEKTRANA NA ŽIVOTNU SREDINU**

Ivana Mitrović 203

### **EKSTERNI TROŠKOVI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE TOKOM I NAKON PROCESA PROIZVODNJE**

Boban Turanović 215

### **GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA MINERALIZACIJA BORA I PRATEĆIH ELEMENATA U VALJEVSKO-MIONIČKOM BASENU RADI DOKAZIVANJA LEŽIŠTA RUDE BORA, SA TEŽIŠTEM NA PROCESU IZVEDENIH TEHNOLOŠKO-METALURŠKIH ISPITIVANJA**

Branislav Potić, Ana Arifović 220

### **MOGUĆNOST SMANJENJA EMISIJE CO<sub>2</sub> U TERMoeLEKTRANAMA "EPS-a" U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA I CIRKULARNE EKONOMIJE**

Momčilo MOMČILOVIĆ 233

### **STABILNOST ODLAGALIŠTA JALOVINE NA POVRŠINSKOM KOPU BELI KAMEN NA FRUŠKOJ GORI**

Radmilo Rajković, Daniel Kržanović, Miomir Mikić, Milenko Jovanović, Stefan Trujić 248

### **ГЛАУКОНИТСКИ КВАРЦНИ АРЕНИТИ И ЊИХОВА ПРИМЕНА У ОРГАНСКОЈ ПРОИЗВОДЊИ**

Драгоман Рабреновић, Јован Ковачевић, Маја Познановић Спахих, Цветко Живоковић,  
Јелена Кокот 257

## **SPECIFIČNOSTI HIBRIDNIH GEOMREŽA**

Milenko Jovanović, Daniel Krzanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić, Emina Pozega	269
<b>BIOLOŠKA REKULTIVACIJA FLOTACIJSKOG JALoviŠTA STUBIČKI POTOK U LEPOSAVIĆU</b>	
Miomir Mikić, Sandra Milutinović, Stefan Trujić, Radmilo Rajković, Milenko Jovanović	278
<b>SISTEM ODBRANE OD VODA POVRŠINSKOG KOPA VELIKI KRIVELJ</b>	
Daniel Krzanović, Milenko Jovanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić, Ivana Jovanović	283
<b>IZRADA DRENAŽNIH KANALA U PODINI PK „DRMNO“, ZAPUNA IBERLAUFOM I POKRIVANJE GEOTEKSTILOM</b>	
Jovan Zdravković, Tomislav Nestorović, Mladen Vojnić Nadežda Stevanović –Petrović	289
<b>POSTUPCI PRIPREME KVARCNOG PESKA I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU</b>	
Slavica Mihajlović, Nataša Đorđević, Vladan Kašić, Dragan Radulović, Vladimir Jovanović	293
<b>DEMONTAŽA I MONTAŽA RADNOG KOLA TURBINE NA HE ĐERDAP 1</b>	
Aleksandar Čelebić	299
<b>ODRŽIVI RAZVOJ U ELEKTROENERGETICI</b>	
Žarko Nestorović, Petar Nikolić, Dragan Marinović, Bojan Rakić	310
<b>MONTAŽA STATORA GLAVNOG GENERATORA NA HE „ĐERDAP 1“</b>	
Dragan Belonić	316
<b>REVITALIZACIJA AGREGATA A2 NA HE „ĐERDAP 1“</b>	
Radovan Miković	326
<b>ZNAČAJ PROBNO-EKSPLOATACIONE ETAŽE PRI ISTRAŽIVANJU LEŽIŠTA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKOG KAMENA U CRNOJ GORI</b>	
Darko Božović, Dragan S. Radulović, Branko Vilotijević	337
<b>ANALIZA UTICAJA RUDARSKIH RADOVA NA PROMENE NAČINA KORIŠĆENJA ZEMLJIŠTA U ZONI RUDARSKOG BASENA „KOLUBARA“ DALJINSKOM DETEKCIJOM</b>	
Milisav Tomić	344
<b>FLEKSIBILNOST U RADU POSTROJENJA ZA DORADU NA RUDNIKU KOVIN</b>	
Ivan Filipov	355
<b>ZEOLITSKI TUFOVI LEŽIŠTA SLANCI U BEOGRADSKOM DUNAVSKOM KLJUČU</b>	
Vladan Kašić, Jovica Stojanović, Ana Radosavljević-Mihajlović, Slavica Mihajlović, Nataša Djordjević	366
<b>METODOLOGIJA IZDAVANJA ULJA I MAZIVA U POMOĆNOJ MEHANIZACIJI NA PK „DRMNO“</b>	
Filip Todorović	374
<b>UTICAJ SEPARATNOG PROVJETRANJA NA POJAVU ENDOGENIH POŽARA U RUDNIKU „PODZEMNA EKSPLOATACIJA UGLJA“ RMU „BANOVIĆI“</b>	
Dž. Dostović; Šefik Sarajlić	382

# ZEOLITSKI TUFOVI LEŽIŠTA SLANCI U BEOGRADSKOM DUNAVSKOM KLJUČU

Vladan Kašić<sup>1</sup>, Jovica Stojanović<sup>1</sup>, Ana Radosavljević-Mihajlović<sup>1</sup>, Slavica Mihajlović<sup>1</sup>, Nataša Djordjević<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franš d' Eperea 86, Beograd, Srbija

## APSTRAKT

*Zeoliti čine grupu prirodnih i sintetičkih neorganskih jedinjenja, koja imaju specifične fizičko-hemijske osobine pogodne za industrijsku primenu. Po svom postanku, raznovrsnosti hemijskog sastava, strukturnim karakteristikama i primeni, zeoliti čine specifičnu grupu alumosilikatnih minerala u okviru klase tektosilikata. Klinoptilolit-hejlanditska serija minerala (HEU-tip zeolitske mreže) zbog svojih fizičko-hemijskih osobina predstavlja ekonomski najznačajniju grupu prirodnih zeolita. Brojna su polja primene ovih minerala u ekosistemima: kod odstranjivanja organskog sumpora vezanog za ulja; kod prečišćavanja vazduha od gasova SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> i azotnih oksida; koriste se za odstranjivanje cezijuma i stroncijuma iz zemljišta zagađenog nuklearnim otpadom, u oblasti poljoprivrede i veterinarstvu; i dr.*

*Zeolitski tuf slanačke serije je predstavljen sivobelim do žućkasto bojenim agregatom, sa prisutnim limonitskim skramama koje zapunjavaju prsline i pukotine. Mineralni sastav zeolitskog tufa je: KVARC, FELDSPATI, LISKUNI, **MINERALI ZEOLITA** (iz grupe **hejlandit /klinoptilolit**), LIMONIT-GETIT, VULKANSKO STAKLO, MINERALI GLINA, CIRKON, APATIT, RUTIL. Osnova uzoraka zeolitskog tufa je kristaloklastična do vitroklastična, delimično šupljikava i porozna.*

*Ključne reči: Slanci, zeolitski tuf, klinoptilolit-hejlandit*

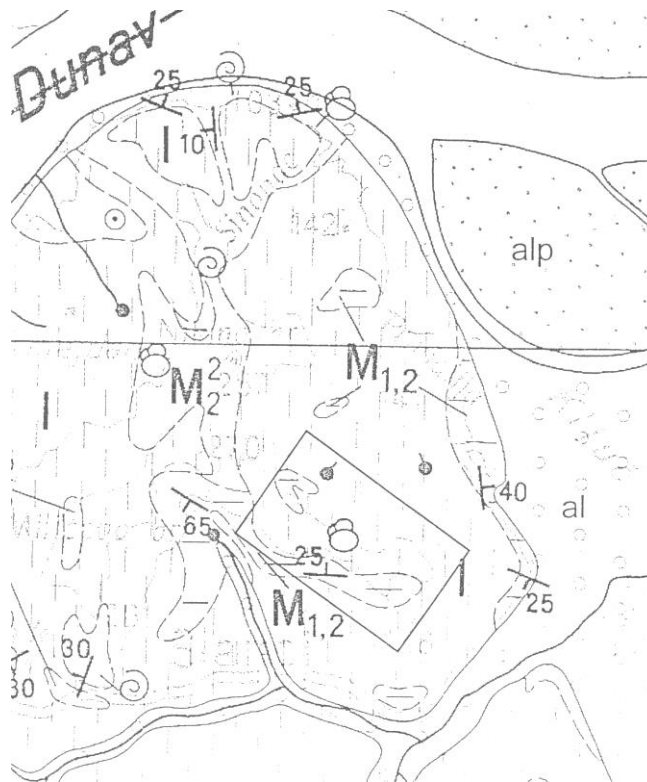
## 1. UVOD

Istraživanja Beogradskog dunavskog ključa (BDK) na lokalitetu Slanci, obavljena u toku 2002. godine u okviru izrade Geološke karte BDK, dala su više podataka o geološkoj građi šire okoline izdvojenog istražnog prostora (Đoković i dr. 2002). Na osnovu rezultata prethodno izvedenih istraživanja šireg područja, koje regionalno posmatrano predstavlja deo slanačke geološke formacije, u čijem sastavu učestvuju i tufovi različitog sastava i kvaliteta, kao najpovoljniji je ocenjen prostor koji zahvata lokalitete Tapino brdo i Zapis. Izdvojeno područje nalazi se van naseljenih mesta severno od sela Slanci i Velikog Sela.

Novijim istraživanjima u ataru sela Slanci, (2003 i 2004 godine -ITNMS) utvrđene su pojave tufova na izdancima na Tapinom brdu, za koje je laboratorijskim ispitivanjima konstatovano da imaju karakter zeolitskih tufova. U ovom radu su dati rezultati tih istražnih radova.

## 2. GEOLOŠKA GRAĐA ŠIREG PODRUČJA

Područje istražnog prostora koje čine visovi Tapino brdo i Zapis sa neposrednom okolinom, nalaze se severno od sela Slanci i Veliko Selo u Beogradskom Dunavskom ključu. i izgrađeno je od miocenskih i kvartarnih sedimenata (sl 1).



Slika 1. Pregledna geološka karta šireg područja oko istražnog prostora, 1:25 000 (Legenda: **al**-aluvijum: sugline, peskovi; **alp**-aluvijalni peskovi; **I**-les; **M<sub>2</sub>**-gline, laporovite gline, peskovi, peščari, krečnjaci, šljunkovi; **M<sub>1,2</sub>**-laporci, gline, tufiti)

Osnovu geološke građe šire okoline istražnog prostora čine sedimenti starijeg i srednjeg miocena.

Stariji (donji) miocen je poznat od ranije pod nazivom »slanačka serija«. To su najstarije neogene naslage u kojima se po superpoziciji (po D. Doliću, 2000) mogu izdvojiti tri formacije: klastična formacija Velikog Sela; formacija u kojoj su nataloženi pravi bosinski jezerski sedimenti – glinci, laminirani glinoviti laporci, alevriti, peščari i glinci sa proslojcima tufova i tufita i formacija »bučvar« izgrađena od različitih klastita – šarenih konglomerata, šljunkovitih slabo vezanih peščara i sl.

Srednji miocen predstavljen je morskim naslagama badenskog kata i sarmata. Morske naslage badenskog kata (panonskog mora – Paratetisa) nastale su transgresivno i diskordantno preko jezerskih naslaga »slanačke serije« i predstavljeni su sa više različitih facija: klastiti vezani peskovito-karbonatnim vezivom sa ostacima fosila koji navise prelaze u laporovite peskove i peskovite laporce; facija badenskih glina; laporovite gline i alevriti. kao i karbonatni sedimenti tzv. lajtovački krečnjaci i peščari. Badenski morski sedimenti imaju najveće rasprostranjenje na području Beogradskog Dunavskog Ključa. Naslage sarmatskog kata leže konkordantno preko badenskih sedimenata i predstavljene su slojevima starijih odeljaka sarmata risoidno hidrobijskih slojeva i ervilijskih slojeva (laporovite gline, laporoviti alevroliti, peskoviti lapori i sl.).

Kvartarne tvorevine na najvećem delu prostora Beogradskog dunavskog ključa prekrivaju miocenske sedimente. Među njima su rasprostranjene naslage pleistocenske epohe (lesne



naslage) i savremene holocenske naslage (padinski i aluvijalni nanosi-Manastirski i Slanački potok).

## **2.1.GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE IZDOJENOG ISTRAŽNOG PROSTORA**

Na lokalnostima Tapino brdo i Zapis, prostoru gde su obavljena istraživanja zeolitskih tufova, zastupljeni su sedimenti miocena i kvartara.

Miocenske naslage su otkrivene na višim delovima visova Tapino brdo i Zapis, i predstavljene su donjemiocenskim jezerskim sedimentima tzv. «slanačke serije» i srednjemiocenskim morskim sedimentima badenskog kata. Jezerski sedimenti «slanačke serije» izbijaju na površinu na prevojima ispod vrha visova. Predstavljani su laminiranim sivim i sivozelenkastim glincima, proslojcima peščara i slojevima tufova i tufita. Naniže su prekriveni kvartarnim pokrivačem Za ovaj paket su vezane pojave zeolitskih tufova kao potencijalna mineralna sirovina. Mladi miocenski sedimenti predstavljani su slojevima badenskog kata i nalaze se na samom vrhu visova Tapino brdo i Zapis. Predstavljani su bazalnim konglomeratima, zatim laporovitim i peskovitim krečnjacima od kojih su izgrađeni grebeni oba visa.

Na padinama sa obe strane visova Tapino brdo i Zapis rasprostranjeni su kvartarni sedimenti: les i dalje niz padinu deluvijalni i koluvijalni (klizišta) sedimenti.

## **3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA**

Šire područje Beogradskog dunavskog ključa ranije je istraživano u cilju izrade geološke karte grada Beograda 1:25000 (Laskarev i dr., 1931), izrade OGK SFRJ lista Pančevo 1:100000 (A. Ivković i dr.), zatim raznih specijalističkih inženjersko-geoloških i hidrogeoloških proučavanja.

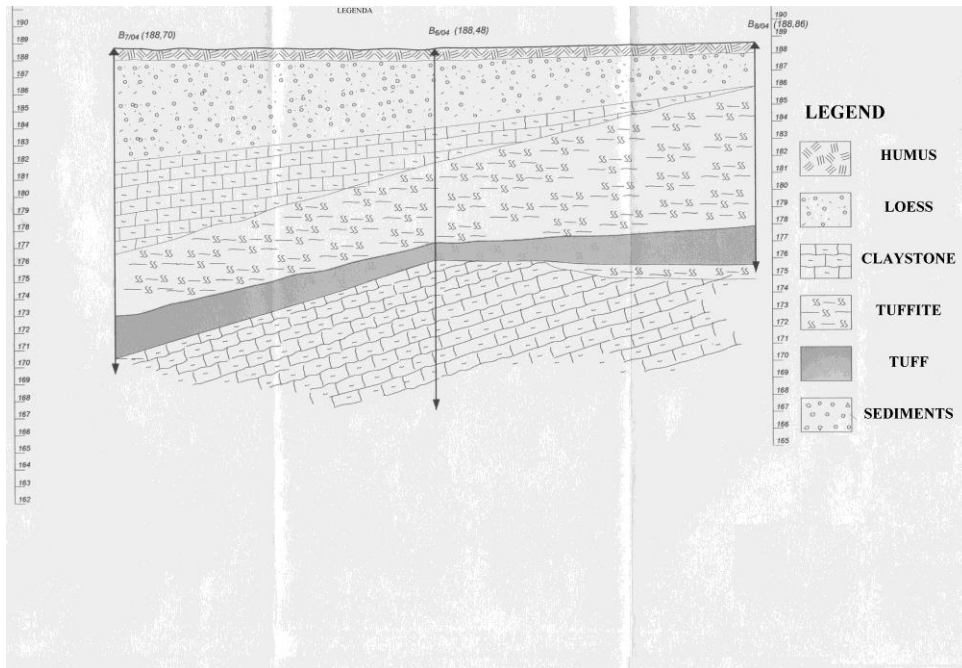
Kasnija istraživanja, obavljena su u toku 2002. godine u okviru izrade Geološke karte Beogradskog dunavskog ključa, (Đoković i dr. 2002). U okviru ovih istraživanja utvrđene su pojave tufova na izdancima na Tapinom brdu, za koje je laboratorijskim ispitivanjima konstatovano da imaju karakter zeolitskih tufova i da predstavljaju korisnu mineralnu sirovinu, veoma dobrog kvaliteta (Kašić, Radosavljević i dr., 2003).

Rudonosna struktura zeolitskog tufa u ataru sela Slanci počela je intenzivno da se istražuje u 2004 godini (ITNMS), tako što su istraživanja vršena na lokalitetu Tapino Brdo, i rezultati tih istraživanja su predstavljani u daljem tekstu.

### **3.1.Geološki radovi**

Geološki radovi su obuhvatili kabinetsku obradu rezultata dosadašnjih istraživanja pomenutog prostora, prospekciju terena, kartiranje i oprobavanje istražnih raskopa (2 raskopa ukupne zapremine 37m<sup>3</sup>) i istražnih bušotina (5 bušotina ukupne dubine bušenja 110m ), interpretaciju i usmeravanje daljih istražnih radova.

Na osnovu izvedenih istražnih radova i analize pri tom dobijenih rezultata može se zaključiti, da na pomenutom istražnom prostoru rudonosni sloj zeolita ima prosečnu debljinu oko 2,5m (od 1-3,9m) i padni ugao od oko 20° ka sever-severoistoku (sl. 2). Za sada je ovaj pad rudnog sloja (oko 20°) dosta nepovoljan sa rudarskog aspekta, pa je izrada istražnog zaseka od velike važnosti za planiranje i projektovanje daljih radova u narednom periodu.



Slika 2. Geološki profil B-B´

### 3.2.Laboratorijska ispitivanja

Kompletna laboratorijska ispitivanja obavljena su u laboratorijama Instituta za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina u Beogradu.

#### *Mineraloško-petrografska ispitivanja*

Uzorci stena za mineraloško-petrografska ispitivanja su pregledani i ispitivani makroskopski, optičkim mikroskopskim metodama ispitivanja i metodom rendgenske difrakcije na polikristalnom uzorku (prahu).

Makroskopski, uzorci zeolitskog tufa su predstavljeni sivobelim do žućkasto bojenim masivnim agregatima, dosta limonitisani, bez jasno vidljivih minerala. Mineralni sastav uzoraka je: *KVARC, FELDSPATI, LISKUNI, MINERALI ZEOLITA, LIMONIT-GETIT, VULKANSKO STAKLO, OSTACI FOSILNIH BILJAKA, MINERALI GLINA, CIRKON, APATIT, RUTIL.*

Rendgenska analiza uzoraka zeolitskog tufa je dala sledeći mineralni sastav: *minerali zeolita*, kvarc, plagioklasi, amorfna materija. Najzastupljeniji mineral je zeolit iz grupe hejlandit/klinoptilolit.

#### *Hemijska ispitivanja*

Na osnovu kompletne silikatne analize ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , gubitak žarenjem-G.Ž.) i ispitivanja štetnih metala (Pb, Zn, Cd, Cr, Ni, Sb, Cu), dobijen je sastav ispitivanih uzoraka zeolitskog tufa, prikazan u tabelama 1 i 2.

Tabela 1. Sadržaj najvažnijih komponenata ležišta zeolita Slanci

Oznaka uzorka	Vrsta uzorka	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	G. Ž (%)
B <sub>1</sub> -P <sub>5</sub>	Zeolitski tuf	69,28	12,76	1,18	2,80	0,484	0,333	0,972	1,04	11,07
B <sub>6</sub> -P <sub>6</sub>	Zeolitski tuf	68,00	12,28	1,14	3,85	0,726	0,250	0,554	1,05	12,08
B <sub>7</sub> -P <sub>7</sub>	Zeolitski tuf	69,32	13,23	1,07	2,45	0,448	0,167	0,904	1,07	11,24
B <sub>8</sub> -P <sub>8</sub>	Zeolitski tuf	68,62	12,70	1,29	3,50	0,501	0,190	0,338	1,08	11,73
B <sub>1</sub> -P <sub>9</sub>	Tufit	25,78	6,14	2,47	21,03	12,45	0,300	0,392	0,94	30,47

Tabela 2. Sadržaj štetnih metala u zeolitu ležišta Slanci

Oznaka uzorka	Vrsta uzorka	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Sb (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
B <sub>1</sub> -P <sub>5</sub>	Zeolitski tuf	1	10	35	45	30	12	33	35
B <sub>6</sub> -P <sub>6</sub>	Zeolitski tuf	1,5	13	40	40	25	11	34	49
B <sub>7</sub> -P <sub>7</sub>	Zeolitski tuf	1	11	25	45	25	11	31	22
B <sub>8</sub> -P <sub>8</sub>	Zeolitski tuf	2	12	40	45	25	9	22	42

Na osnovu dobijenih laboratorijskih rezultata, rudnosni sloj zeolitskog tufa predstavlja korisnu sirovinu. Štetni metali su u dozvoljenim granicama. Dobijeni rezultati hemijskih analiza ukazuju da ispitivani uzorak ispunjava kriterijume za dobijanje različitih proizvoda daljom tehnološkom preradom.

### Fizičko-hemijska ispitivanja

U okviru fizičko-hemijske karakterizacije obradjenih uzoraka vršeno je određivanje sadržaja vlage i specifične mase, DTA/TG analiza, kiselinska stabilnost i kapacitet katjonske izmene (KKI).

Svi zeoliti sadrže različite jednovalentne, dvovalentne ili trovalentne katjone u pozicijama vanmrežnih katjona. Vrsta i sadržaj izmenljivih katjona u polaznom klinoptilolitskom tufu ležišta Slanci prikazan je u tabeli 3. Pošto, prateći minerali ne poseduju kapacitet katjonske izmene, svi neorganski izmenljivi katjoni, prikazani u ovoj tabeli, pripadaju mineralu klinoptilolitu/hejlanditu. Ukupan kapacitet katjonske izmene (KKI CEC) koji je određen kao suma sadržaja izmenljivih katjona i koji je odlučujući faktor za primenu zeolitskih minerala u različitim oblastima u ovom slučaju je povoljan i ispunjava zahtevane kriterijume.



### ***Tehnološka ispitivanja***

Iz raskopa R-1 uzeta je korisna mineralna sirovina zeolitskog tufa u količini od cca 4m<sup>3</sup> (R1-PROBA1) na kojoj je vršeno ispitivanje rovnog uzorka zeolita i to u samo u obimu uvećano laboratorijskih ispitivanja. Rezultati ovih ispitivanja su potvrdili izuzetan kvalitet mineralne sirovine, dokazan ispitivanjem prethodnih laboratorijskih pojedinačnih proba.

Za detaljnu poluindustrijsku i industrijsku verifikaciju zeolitskog tufa sa ove uže lokalnosti potrebna je veća količina uzorka (oko 400m<sup>3</sup>) i to pod uslovom da ne bude značajnih odstupanja u kvalitetu i sastavu ispitivanog zeolitskog tufa, koji će se definisati na osnovu planiranih rudarsko-geoloških i laboratorijskih istraživanja.

## **4. ZAKLJUČAK**

Istraživanja zeolitskih tufova kod sela Slanci izvedena su na području istražnog prostora, koji čine visovi Tapino brdo i Zapis sa neposrednom okolinom i nalaze se severno od sela Slanci i Veliko Selo u Beogradskom dunavskom ključu. Administrativno, istražni prostor pripada opštini Palilula, odnosno području grada Beograda.

Istraživanje zeolitskih tufova vršeno je na površini od oko 1,6 km<sup>2</sup> gde su delimično upoznate osnovne geološke i morfološke karakteristike jednog rudnog sloja, kao i kvalitet korisne mineralne sirovine. Uradjena su 2 istražna raskopa (zapremine 37m<sup>3</sup>) i izbuseno je 5 istražnih bušotina obima bušenja od 110 m, čime su delimično proverene litološke i stratigrafske pretpostavke koje definišu način i oblik pojavljivanja korisne mineralne sirovine.

U geološkoj gradnji, osnovni litološki članovi ispitanog dela terena su: tvorevine lesa, laporovitog (dolomitičnog) glinca, zeolitskog tufa, tufita u povlati i karbonatno-glinovitog materijala u podini rudonosnog zeolitskog sloja.

Zeolitski tuf je predstavljen sivobelim do žućkasto bojenim agregatom, sa prisutnim limonitskim skramama koje zapunjavaju prsline i pukotine. Mineralni sastav zeolitskog tufa je: KVARC, FELDSPATI, LISKUNI, **MINERALI ZEOLITA** (iz grupe **hejlandit /klinoptilolit**), LIMONIT-GETIT, VULKANSKO STAKLO, MINERALI GLINA, CIRKON, APATIT, RUTIL. Osnova uzoraka zeolitskog tufa je kristaloklastična do vitroklastična, delimično šupljikava i porozna.

Hemijski sastav korisne mineralne sirovine, vrednosti DTA/TG analiza, kiselinska stabilnost i kapacitet katjonske izmene (KKI), ukazuju na to da je zeolitski tuf odgovarajućeg kvaliteta i da zadovoljava zahteve za širok spektar primene zeolitskog tufa.

## **ZAHVALNICA**

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na podršci istraživanjima prikazanim u radu (ugovor br. 451-03-47/2023-01/200023).

## LITERATURA

1. Dolić, D., (1997): *Jezerski miocen kod Beograda*. Geološki Anali Balkanskog poluostrva, knjiga 61, tom 2, Beograd, 15-32.
2. Kašić V., Radosavljević S., Stojanović J. i Radosavljević-Mihajlović A., (2004): *Godišnji izveštaj o izvršenim radovima po projektu geoloških istraživanja zeolitskih tufova kod sela Slanci u Beogradskom dunavskom ključu*, ITNMS, 1-26.
3. Kondžulović R., Nikolić M. i Knežević S., (2003): *Projekat geoloških istraživanja zeolitskih tufova kod sela Slanci u Beogradskom Dunavskom Ključu*, Beograd, 1-20
4. Obradović, J., i Dimitrijević, R., (1978): *The Pyroclastic rocks with analcime from Slanci series of the Danube river bend near Belgrade*. Geol anali balkanskog poluostrva, XLII, Beograd, 483-494.
5. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Centre for Diffraction Data, Swarthmore, PA, (1988): Kartica broj 47-1870.
6. Stojanović, J., Radosavljević-Mihajlović, A., i Kašić V., (2003): *Prilog poznavanju zeolitskog tufa sa lokalnosti Slanci, kod Beograda*. VII Simpozijum JAM, Mineralogija Godišnjak JAM, Beograd, 42-48.