

Udruženje za energetiku i rudarstvo

Broj: 09.05 - 7/B

Beograd, 12. 05. 2022.

INSTITUT ZA TEHNOLOGIJU NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

Dr Dragan Radulović

Predmet: Rad po pozivu

Poštovani,

Privredna komora Srbije zajedno sa privrednim subjektima i naučnim institucijama organizuje simpozijum "RUDARSTVO 2022" koji će se održati od 23. do 26. maja 2022. godine u Vrnjačkoj Banji.

Sa zadovoljstvom Vas obaveštavamo da je Naučni odbor simpozijuma "Rudarstvo 2022", prihvatio Vaš rad kao plenarni:

- **NAUČNA STRUČNA VALIDACIJA BENTONITSKOG MINERALNOG RESURSA, NA OSNOVU FIZIČKO-HEMIJSKIH I MINERALOŠKIH ISPITIVANJA UZORKA BENTONITA IZ LEŽIŠTA „BIJELO POLJE“ – OPŠTINA BAR**

Dragan S. Radulović, Ljubiša Andrić, Branislav Ivošević, Dejan Todorović, Vladimir Jovanović, Sonja Milićević, Jelena Petrović

Vaš rad će biti štampan u Zborniku, a pozivamo Vas da ga, usmeno izložite prema priloženom Programu, u okviru Plenarnog izlaganja. Predviđeno je da izlaganje traje 20 minuta.

S poštovanjem



Sekretar

Petko Šišović
Petko Šišović

„ RUDARSTVO 2022“

13. simpozijum sa međunarodnim učešćem
- Održivi razvoj u rudarstvu i energetici

“MINING 2022“

- 13st Symposium with international participation
- Sustainable development in mining and energy

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

**Hotel „ Fontana “, Vrnjačka Banja
23. - 26. maj 2022.**

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

Tiraž / Copies

180

ISBN: 978-86-80420-25-7.

Beograd, 23 maj 2022

13. Simpozijum „Rudarstvo 2022“ ***Održivi razvoj u rudarstvu i energetici***

NAUČNI ODBOR

prof.dr Ljubiša Andrić, ITNMS, Beograd; dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; dr Dragan Radulović, ITNMS, Beograd; Prof. dr Neđo Đurić, Tehnički institut, Bjeljina; prof.dr Grozdanka Bogdanović, Tehnički fakultet; dr Dragana Jelisavac Erdeljan, MRE R. Srbije; 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 Ranđelović, 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 Nataša Đorđević, ITNMS, Beograd; dr Zlatko Dragosavljević, rudnik GROT; dr Zajim Hrvat, JP Elektroprivreda BiH; Prof.dr Marina Dojčinović, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd; dr Edin Lapandić, JP Elektroprivreda BiH, dr Miro Maksimović, RiT „Ugljevik“, Ugljevik, dr Rada Krgović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; dr Aleksandra Patarić, ITNMS, Beograd; dr Branko Petrović, JP EPS, Ogranak RB; Kolubara; mr Jadranka Vukašinić, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Šefik Sarajlić, RMU Đurđevik; dr Dimšo Milošević, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; dr Milisav Tomić, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; dr Halid Čičkušić, ZDR „Kreka“, BiH, dr Milica Vlahović, IHTM, Beograd; dr Sanja Martinović, IHTM, Beograd; mr Žarko Nestorović, JPEPS, Ogranak HE Đerdap

PROGRAMSKI ODBOR

dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Milan Jakovljević, JP EPS; Danko Prokić, JP EPS; Andrea Radonjić, Rio Tinto; Jovica Radisavljević, Zijin Bor Copper doo Bor; Prof. dr Milanka Negovanović, RGF, Beograd; Branko Đukić, JP PEU, Resavica; Borivoje Stojadinović, IRM Bor; Ivan Filipov, rudnik Kovin; Drago Vasović, rudnik Veliki Majdan; Mr Šahbaz Lapandić, rudnik mrkog uglja Banovići

SADRŽAJ / CONTENTS:

Plenarna predavanja / Plenary Presentations

FITORUDARENJE NIKLA: RAZVOJ, METODE I MOGUĆNOST PRIMENE U SRBIJI Branislav Marković, Dragana Ranđelović, Gvozden Jovanović, Miroslav Sokić	5
NAUČNA STRUČNA VALIDACIJA BENTONITSKOG MINERALNOG RESURSA, NA OSNOVU FIZIČKO-HEMIJSKIH I MINERALOŠKIH ISPITIVANJA UZORKA BENTONITA IZ LEŽIŠTA „BIJELO POLJE“ – OPŠTINA BAR Dragan S. Radulović, Ljubiša Andrić, Branislav Ivošević, Dejan Todorović, Vladimir Jovanović, Sonja Milićević, Jelena Petrović	23
TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE LIGNITA KOLUBARSKOG UGLJONOSNOG BASENA, SRBIJA Bogoljub Vučković, Dragana Životić, Biljana Radovanović	38
POBOLJŠANJE TEHNOLOGIJE PODVODNE EKSPLOATACIJE UGLJA NA RUDNIKU KOVIN Ivan Filipov	48
PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA KOD IZRADE VERTIKALNIH JAMSKIH PROSTORIJA-OKANA Duško Đukanović, Nemanja Đokić	59
PROIZVODNJA ČVRSTOG BIOGORIVA OD OTPADNE BIOMASE POSTUPKOM HIDROTERMALNE KARBONIZACIJE Jelena Petrović, Marija Simić, Marija Ercegović, Marija Koprivica, Marija Kojić, Jelena Milojković, Jelena Dimitrijević	71
STRATEGIJA RUDARSKIH KOMPANIJA ZA VREME PANDEMIJE COVID-19 Slavica Miletić, Dejan Bogdanović, Miroslav Ignjatović, Emina Požega, Zdenka Stanojević Šimšić, Vesna Conić	77
TERMALNA ANALIZA MEHANIČKI AKTIVIRANOG NATRIJUM KARBONATA I NJEGOVE FAZNE PROMENE TOKOM VREMENA RELAKSACIJE Nataša Đorđević, Slavica Mihajlović, Sanja Martinović, Milica Vlahović	85
KARAKTERIZACIJA UZORKA HOLOVIM EFEKTOM I VAN DER PAUOVOM METODOM Emina Požega, Nikola Vuković, Danijela Simonović, Milijana Mitrović, Slavica Miletić, Miloš Janošević, Miomir Mikić	93
RECIKLAŽA OTPADA KOJI SADRŽI MATERIJALE NA BAZI KARBONATNIH MINERALNIH SIROVINA Slavica Mihajlović, Nataša Đorđević, Vladan Kašić, Vladimir Jovanović	107

Saopštenja / Contributions

PROCESNA ANALITIKA

Zorica Gojak 125

DEFINISANJE OPTIMALNE KONTURE POVRŠINSKOG KOPA ZAGRAĐE 5 KOD BORA

Daniel Kržanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić, Milenko Jovanović 118

OSKULTACIJA FLOTACIJSKIH JALOVIŠTA

Sandra Milutinović, Ivan Svrkota, Ljubiša Obradović, Miomir Mikić 125

PRIMENA KOMBINOVANIH (HIBRIDNIH) MATERIJALA U GEOMEMBRANAMA

Milenko Jovanović, Daniel Kržanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić
Emina Požega 136

ANALYSIS OF STABILITY OF THE FINAL SLOPE OF THE OPEN PIT MINING SOUTH DISTRICT OF THE COPPER MINE MAJDANPEK IN THE NORTHWESTERN PART - LANDSLIDE ZONE

Radmilo Rajković, Daniel Kržanović, Miomir Mikić, Milenko Jovanović,
Emina Požega 144

REKULTIVACIJA SPOLJAŠNJEG ODLAGALIŠTA JALOVINE SARAKA POVRŠINSKOG KOPA „VELIKI KRIVELJ”, SRBIJA

Miomir Mikić, Milenko Jovanović, Radmilo Rajković, Igor Svrkota 152

REKULTIVACIJE ODLAGALIŠTA KONCENTRATA PIRITA, FLOTACIJSKOG JALOVIŠTA I ODLAGALIŠTA NEUTRALIZACIONOG MULJA NA LOKACIJI ČUKARU PEKI, SRBIJA

Miomir Mikić, Sandra Milutinović, Milenko Jovanović, Daniela Urošević 170

MONITORING FORMIRANOG ODLAGALIŠTA U OTKOPANI PROSTOR PK KRAKU BUGARESKU CEMENTACIJA 1

Miomir Mikić, Emina Požega, Radmilo Rajković, Daniel Kržanović 188

BUĐUĆNOST UGLJA U ENERGETICI REPUBLIKE SRBIJE NAREDNIH DECENIJA

Mirko Ivković, Vladimir Todorović, Boban Branković, Zorica Ivković,
Dejan Dramlić 179

BUĐUĆNOST PODZEMNE GASIFIKACIJE UGLJA SA ASPEKTA ODRŽIVOG RAZVOJA

David Petrović, Duško Đukanović, Nemanja Đokić, Vladimir Todorović 190

ANALIZA REZERVI UGLJA PREDISPONIRANIH ZA SISTEM

PODZEMNE EKSPLOATACIJE U REPUBLICI SRBIJI

Ivković Zorica, Tošić Dražana, Dramlić Dejan 201

UTICAJ SLOŽENIH RUDARSKO- GEOLOŠKIH FAKTORA NA IZBOR NAČINA OTKOPAVANJA ŠIROKOČELNOM OTKOPNOM TEHNOLOGIJOM

Halid Čičkušić, Kenan Herco, Šefik Sarajlić 209

POSTUPAK IZRADE KVALITETNIH GEOLOŠKIH PODLOGA U SLUŽBI PRIMENJENE GEOLOGIJE, LEŽIŠTE UGLJA „POLJE G“, KOLUBARSKI UGLJONOSNI BASEN, SRBIJA

Slobodan Lalatović 220

ZNAČAJ I REALIZACIJA GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA ZA IZGRADNJU TE "KOLUBARA B"	
Miodrag Kezović	233
DETALJNA ANALIZA PRVOG UGLJENOG SLOJA U DELU LEŽIŠTA "TAMNAVA-ZAPADNO POLJE"	
Miodrag Kezović	227
KOMPJUTERSKI SIMULACIONI MODEL DISKONTUNUALNOG SISTEMA EKSPLOATACIJE UGLJA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA	
Dimšo Milošević, Miro Maksimović	259
ODREĐIVANJE UKUPNE ŽIVE U UGLJU POMOĆU ANALIZATOR AMA-254	
Rada Krgović, Jadranka Todorović	269
PREGLED OSNOVNIH SIROVINA ZA PROIZVODNJU ČELIKA U SVIJETU U RAZDOBLJU OD 2000. DO 2022. GODINE	
Mirko Gojić, Stjepan Kožuh, Ivana Ivanić	294
KOMASACIJA I ODRŽIVO KORIŠĆENJE POLJOPRIVRENOG ZEMLJIŠTA	
Milan Trifković, Miroslav Kuburić, Jelena Tatalović, Žarko Nestorović	308
KOMPLEKSNOST SISTEMA ODVODNJAVANJA NA PK GACKO	
Aleksandar Ateljević, Dušan Nikčević, Nenad Lasica, Petar Marković, Ranko Stojanović	313
MODELIRANJE ZAGAĐENJA ZEMLJIŠTA U ZONI RUDNIKA SA POVRŠINSKOM EKSPLOATACIJOM LIGNITA, PRIMENOM DALJINSKE DETEKCIJE I GIS-a	
Milislav Tomić	325
POJAM, ZNAČAJ I NAČIN FORMIRANJA ORGANIZACIONE KULTURE U DELATNOSTI RUDARSTVA	
Blagoje Aleksić	334
PRIMENA ANTRACITA KAO TEHNOLOŠKE SIROVINE U SPECIJALNE NAMENE	
Bojana Maksimović, Branislav Stakić, Jovica Sokolović, Ivana Ilić	350
UNAPREĐENJE UPRAVLJANJA POMOĆNOM MEHANIZACIJOM NA PK „DRMNO“ PRIMENOM KONCEPTA PAMETNOG RUDARSTVA	
Filip Todorović, Goran Anđelić	357

NAUČNA STRUČNA VALIDACIJA BENTONITSKOG MINERALNOG RESURSA, NA OSNOVU FIZIČKO-HEMIJSKIH I MINERALOŠKIH ISPITIVANJA UZORKA BENTONITA IZ LEŽIŠTA „BIJELO POLJE“ – OPŠTINA BAR

**Dragan S. Radulović, Ljubiša Andrić, Branislav Ivošević, Dejan Todorović,
Vladimir Jovanović, Sonja Milićević, Jelena Petrović**

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

Izvod

U ITNMS-u su obavljena detaljna fizičko-hemijska i mineraloška ispitivanja na 3 tri vrste uzorka bentonita iz ležišta „Bijelo polje“ - Opština Bar. Ova ispitivanja su omogućila sagledavanje potencijalnosti mineralnog resursa kao i tehnoloških mogućnosti prerade bentonitske sirovine iz ležišta "Bijelo Polje"-Bar u cilju dobijanja komercijalnih proizvoda, za primenu u različitim industrijskim granama.

Ovim ispitivanjima su određeni: gruba i higroskopna vlaga, specifična masa, granulometrijski sastavi. Granulometrijski sastavi su određivani prosejavanjem na Tyler-ovoj seriji sita, do krupnoće $-37\mu\text{m}$, a na klasi $-37+0,00\mu\text{m}$ granulometrijski sastavi su određeni laserskom difrakcijom na suvo i mokro. Na sve tri vrste uzoraka obavljene su hemijske analize, u okviru kojih je određen sadržaj glavnih i štetnih komponenti u uzorcima bentonita (sadržaj teških metala). U okviru fizičke karakterizacije urađena je DTG/TG i DSC analiza, određen je: bentonitski broj, KKI (kapacitet katjonske izmene), stepen adsorpcije metilen plavog, stepen beline pojedinih uzoraka, kao i index plastičnosti po metodi Atteberg-Kasagrande, koef. apsorpcije vlage po metodi Enslin –Neff, sadržaj adsorbovanih dioksina u kompozitnom uzorku bentonitske rude, i na kraju je obavljeno određivanje pH vrednosti 5% suspenzije. U okviru mineraloških ispitivanja obavljena su ispitivanja na pojedinim klasama krupnoće, kao i XRD analiza, kojom su određene strukturno-teksturine osobine bentonitske sirovine, mineralni sastav, način njihovog pojavljivanja, veličinu pojedinih mineralnih čestica u rudi itd. Sve obavljene analize i ispitivanja izvršena su u skladu sa međunarodno priznatim standardnim metodama za određivanje parametara koji se koriste za ocenu kvaliteta bentonitski glina - ISO, EN i ASTM. Obavljena ispitivanja su pokazala da je bentonitski mineralni resurs „Bijelo polje“ - Bar, veoma značajna sirovina iz koje se mogu dobiti brojni proizvodi koji se mogu potencijalno primeniti u mnogim industrijskim granama.

Uvod:

Ispitivanja na uzorcima bentonita Institut je obavio za potrebe firme „Uniprom“-Nikšić koja je jedan od lidera u istraživanju i eksploataciji kako nemetalčnih tako i metalčnih mineralnih sirovina ne samo za područje Republike Crne Gore, već i jugozapadnog dela Balkanskog poluostrva. „Uniprom“-Nikšić je potpisao koncesioni Ugovor sa vladom Republike Crne Gore o ispitivanju i komercijalnoj valorizaciji bentonita iz ležišta „Bijelo Polje“ Opština Bar. Za ovu namenu

„Uniprom“ je, pod nadzorom JU Zavod za geološka istraživanja Crne Gore, obavila istražna bušenja i izvršila je otkopavanje probne etaže u ležištu „Bijelo Polje“ -Bar. Tokom bušenja i otkopavanja uočeno je da u samom ležištu postoje tri različita varijeteta bentonitske sirovine, koji se i vizuelno razlikuju. Iz tog razloga za potrebe ispitivanja Investitor (Uniprom –Nikšić) je uzorkovao tri različita uzorka bentonitske rude (mase 400-600kg), koji su zapakovani u plastičnim džakovima i kao takvi dopremljeni u ITNMS.

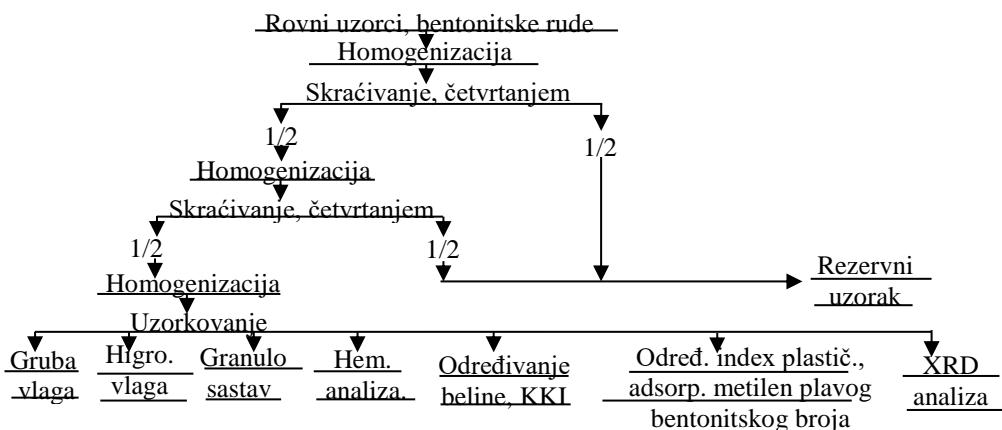
1.0 Eksperimentalni rad

1.1. Uzorak za laboratorijska ispitivanja

U ITNMS je dopremljeno tri različita uzorka bentonitske rude iz ležišta „Bijelo Polje“-Bar u trideset devet džakova (za svaki varijetet rude dopremljeno je po trinaest džakova) ukupne mase $m=1578\text{kg}$. Na pomenutom uzorku su obavljena detaljna fizičko-hemijska i mineraloška ispitivanja, u cilju definisanja svih potrebnih parametara koji će poslužiti kao podloge za dalja tehnološka ispitivanja bentonitske rude iz ležišta „Bijelo-Polje“-Bar.

1.2. Priprema i uzorkovanje uzorka za laboratorijsku obradu

Sva tri polazna uzorka bentonitske rude, su pojedinačno pripremani na isti način. Po trinaest džakova bentonitske rude (Uzorka -1, Uzorka-2 i Uzorka-3) je raspakovano i svaki od uzoraka je homogenizovan, a zatim četvrtanjem skraćivan, do dobijanja svakog pojedinačnog uzorka mase od oko $m=130\text{kg}$. Iz ovih uzoraka posle homogenizacije su uzeti uzorci za detaljnu fizičko-hemijsku i mineralošku analizu. Način pripreme uzorka za laboratorijska ispitivanja prikazan je na slici 1.



Slika 1. Pisana šema pripreme bentonitske rude „Bijelo Polje“ –Bar za fizičko-hemijska i mineraloška ispitivanja

2.0 Fizičko-hemijska i mineraloška karakterizacija uzoraka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

Na sva tri uzorka bentonitske rude „Bijelo Polje “ –Bar obavljena su ispitivanja kojima su određene njene fizičko-hemijske i mineraloške osobine. Ova ispitivanja su omogućila da izvršimo karakterizaciju i definisanje bentonitske rude kao i da shvatimo njenu potencijalnost za buduća tehnološka ispitivanja.

2.1. Fizička karakterizacija uzorka

U okviru fizičke karakterizacije na sva tri uzorka bentonitske rude određivana je gruba i higroskopna vlaga, specifične mase (gustine), granulometrijski sastav prosejavanjem na standardnoj Tyler-ovoj seriji sita, kao i kvalitativna mineraloška XRD analiza.

2.1.1. Određivanje vlage i specifične mase (gustine) uzoraka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

Gruba i higroskopna vlaga, su određivane na sva tri uzorka rovne bentonitske rude „Bijelo Polje “ –Bar standardnim metodama. Prilikom određivanja vlage zbog tačnosti iz svakog od tri polazna rovna uzorka bentonitske rude uzeta po tri uzorka (ukupno na devet uzoraka), dobijena rezultat određivanja vlage predstavlja aritmetičku sredinu izmerenih vrednosti za svaki od tri uzorka bentonitske rude. Posle sušenja polaznih uzoraka na sobnoj temperaturi u vremenu trajnju od 24 h, gruba vlaga je određivana prema formuli 1:

$$W_g = \frac{(m_{\text{vlažan}} - m_{\text{suv}})}{m_{\text{vlažan}}} = \% \quad (1)$$

Određivanje higroskopne vlaga je obavljeno na uzorcima krupnoće -0,2mm, posle sušenja na 105 °C, u vremenu trajanja od t=3h, prema formuli (2).

$$W_h = \frac{(M_{\text{pw}} - M_{\text{ps}})}{(M_{\text{ps}} - M_{\text{p}})} = \% \quad (2)$$

Specifična masa (gustina) je određivana standardnom metodom sa piknometrom. Sadržaji grube i higroskopne vlage, kao i specifične mase za sva tri rovna uzorka bentonitske rude prikazani su Tabeli 1.

Tabela 1. Sadržaji grube i higros. vlage u rovnim uzorcima bentonita Bijelo Polje - Bar

Određivanje/merenje	Uzorak -1	Uzorak -2	Uzorak -3
Gruba vlaga W_g , %	21,84	24,158	20,54
Higrosk. vlaga W_h , %	7,99	8,95	8,99
Specifična masa, g/cm ³	2,42	2,43	2,52

2.1.2. Određivanje granulometrijskog sastava uzoraka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

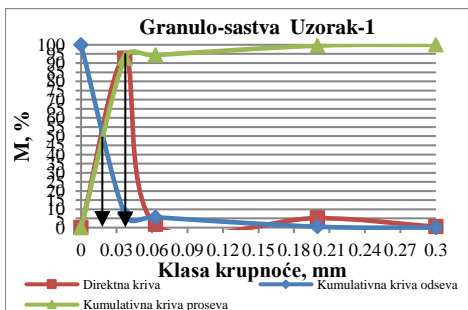
Granulometrijski sastav sva tri uzorka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar je određivan na tri različita načina: prosejavanjem na sitima (Tyler-ova serija sita) do krupnoće +37 μ m, granulometrijski sastav klase -37+0,00 μ m je određivan laserskom difrakcionom analizom na mokro (Malvern-ov uređaj) i na suvo (Sympatec-ov uređaj).

2.1.2.1 Određivanje granulometrijskog sastava tri polazna uzorka bentonita, prosejavanjem

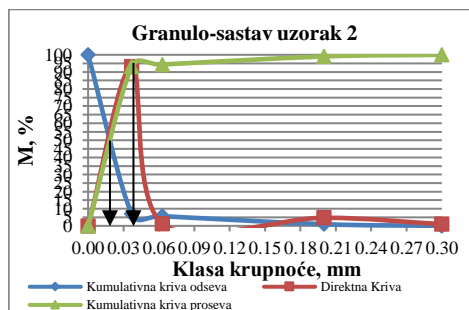
Granulometrijski sastav sva tri rovna uzorka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar, je određivan prosejavanjem na Tyler-ovoj seriji sita. Eksperimentalno je utvrđeno, da prvo sito u slogu treba da bude otvora 0,2 mm, na kome je prosejavanje obavljeno na suvo, dok je na sledeća dva sita u slogu otvora 0,063mm i 0,037mm prosejavanje obavljeno na mokro. Sve podaci granulometrijske analize su sredjeni i prikazani u obliku Tabela 1, za sva tri uzorka bentonitske rude. Na osnovu podataka iz Tabele 1 nacrtan si dijagram krivih granulometrijskog sastava za svaki od uzoraka pojedinačno prikazani na slikama 2-4, za klasu krupnoće -0,3+0,00 mm.

Tabela 1. Granulo-sastav U-1, U-2 i U-3 polazne bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

Kl. krupno., mm	Uzorak-1			Uzorak-2			Uzorak-3		
	M, %	↓ Σ M, %	↑ Σ M, %	M, %	↓ Σ M, %	↑ Σ M, %	M, %	↓ Σ M, %	↑ Σ M, %
+0,2mm	0,471	0,471	100,00	0,963	0,963	100,00	2,529	2,529	100,00
-0,2 + 0,063	5,19	5,661	99,529	4,725	5,688	99,037	5,84	8,369	97,471
-0,063 + 0,037	1,688	7,349	94,339	1,305	6,993	94,312	1,142	9,511	91,631
-0,037 + 0,00	92,651	100,00	92,651	93,007	100,00	93,007	90,489	100,00	90,489
Ulaz	100,00			100,00			100,00		

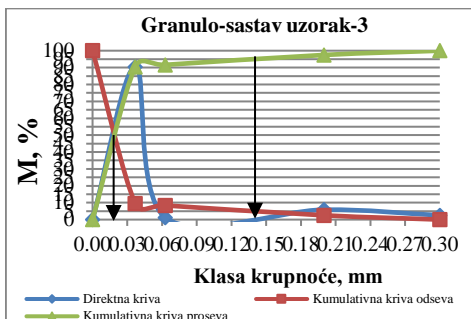


Slika 2. Dijagram granulometrijskog sastava polaznog U-1 bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar, posle prosejavanja.



Slika 3. Dijagram granulometrijskog sastava polaznog U-2 bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar“, posle prosejavanja.

Sa slike 2. se vidi da je ggk (d_{95}) polaznog U-1 rude 39,2 μ m, dok je d_{50} =18,5 μ m. Sa slike 3. se vidi da je polaznog U-2 rude ggk (d_{95}) 38,8 μ m, dok je d_{50} =18,4 μ m.



Slika 4. Dijagram granulometrijskog sastava polaznog uzorka-3 bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar, posle prosejavanja.

Sa slike 4. se vidi da je ggk odnosno d_{95} polaznog U-3 rude od $142,32\mu\text{m}$, dok je d_{50} ili srednji prečnik zrna $18,9\mu\text{m}$.

Na osnovu granulometrijska sastava polaznih uzoraka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar, U-1, U-2 i U-3, može se konstatovati da su U-1 i U-2, sličnog granulometrijskog sastava (U-1: $d_{95}=39,2\mu\text{m}$ i $d_{50}=18,5\mu\text{m}$; U-2: $d_{95}=38,8\mu\text{m}$ i $d_{50}=18,4\mu\text{m}$) dok U-3 sadrži nešto krupnija zrna (U-3: $d_{95}=142,32\mu\text{m}$ i $d_{50}=18,9\mu\text{m}$), tj. u U-3 se nalaze primese tvrdih i krupnijih čestica.

2.1.2.2 Određivanje granulometrijskog sastava tri polazna uzorka bentonita, laserskom difrakcijom

Granulometrijska analiza prosejavanjem sva tri uzorka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar do krupnoće $-0,037\text{mm}$ pokazala je da je sadržaj klase $-0,037\text{mm}$ je preko 90% u sva tri uzorka (Tabela 1, U-1 sadržaj klase $-0,037\text{mm}$ 92,651%; U-2 sadržaj klase $-0,037\text{mm}$ 93,007%; i za U-3 sadržaj klase $-0,037\text{mm}$ 90,489%). Bentonit spadaju u gline montmorlionitskog tipa, krupnoća montmorlionita u čistom stanju je oko $2\mu\text{m}$. Granulometrijska analiza prosejavanjem do sita otvora $37\mu\text{m}$, ne daje raspodelu čestica unutar klase $-0,037+0,00\text{mm}$, tj. sadržaj bentonita u uzorcima rude prema granulometrijskom sastavu. Iz tog razloga, za klasu $-0,037+0,00\text{mm}$, za sva tri uzorka bentonita, određivan je granulometrijski sastava laserskom difrakcijom na suvo (difraktometar marke Sympatec Helos BR(H1506) Sucell 2; HELOS, sa opsegom merenja od $0,1-875\mu\text{m}$) i na mokro (na difraktometru marke Malvern Mastersizer 3000, sa opsegom merenja od $0,1-1000\mu\text{m}$). Određivanje granulo sastava na suvo i na mokro uzoraka bentonita je obavljeno u mernom opsegu od $0,5\mu\text{m}$ do $37\mu\text{m}$. Dobijeni rezultati su poslužili da se nacrtaju dijagrami granulometrijskog sastava i da se odrede srednji prečnici i ggk klase krupnoće $-0,037+0,00\text{mm}$, za sva tri uzorka bentonita i oba načina merenja. Sređeni podaci za obe vrste merenja su prikazani u Tabeli 2.

Tabela 2. Srednji prečnici i ggk kod sva tri uzorka bentonita pri suvom i mokrom određivanju granulometrijskog sastava za klasu $-0,037+0,00\text{mm}$

Granulometrijska analiza		U-1	U-2	U-3
na suvo	d_{50} (srednji prečnik), μm	13,024	12,872	11,97
	d_{95} (ggk), μm	33,067	33,015	32,745
na mokro	d_{50} (srednji prečnik), μm	11,082	10,638	10,68
	d_{95} (ggk), μm	32,845	32,362	32,771

Dobijeni rezultati granulometrijskog određivanja kod sva tri uzoraka bentonita na mokro pokazuju da su uzorci koji su tretirani mokro finiji, nego oni koji su analizirani na suvo (Tabele 2). Dobijena veća finoća kod uzoraka koji su analizirani mokro se može pripisati velikom afinitetu bentonita, prema vodi i vlazi iz vazduha. Verovatno je bentonit kao veoma higroskopan materijal adsorbovao vlagu iz vazduha i aglomerisao što je prilikom granulometrijske analize rezultiralo većim masenim učešćem krupnijih klasa u uzorku. Naročito je kod bentonitskih ruda važno obratiti pažnju na sledeće tri klase $-2+0,0\mu\text{m}$, gde bi trebali da se nalaze samo minerali glina, i klasa krupnoće $-5+0,0\mu\text{m}$ i $-10+0,0\mu\text{m}$, koje bi trebale da predstavljaju granične vrednosti za klasiranje sirovine i u tehnološkom postupku cilj za dobijanja gotovog proizvoda u kome bi sadržaj montmorillonit bio zadovoljavajući za komercijalnu upotrebu.

2.2. Hemijska karakterizacija uzoraka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

Hemijskom analizom je određen hemijski sastav sva tri polazna uzorka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar. Hemijska analiza određivan je sadržaj osnovnih komponenti koje sačinjavaju montmorillonit $((\text{Na,Ca})_{0,3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}))$ koji je osnovni mineral bentonitskih glina. Pored toga, pošto je bentonit poznat kao dobar adsorbent teških metala, hemijska analiza uzoraka je urađena i na teške metale, koji mogu da ga onečiste. Hemijski sastav osnovnih i štetnih komponenti bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar, određen je za sva tri uzorka U-1, U-2 i U-3 i prikazan je u tabeli 3.

Tabela 3. Hemijski sastav osnovnih i štetnih komponenti uzoraka U-1, U-2 i U-3 bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

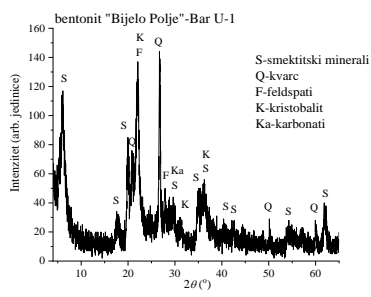
Komp.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S	Fe ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅	G.Ž.	Pb	As	Hg
	Osnovne komponente,%											Štetne komp., %		
U-1	72,12	12,44	1,67	1,74	0,51	0,76	0,07 1	1,75	0,178	0,0035	8,45	40	1,06	2,29
U-2	72,48	12,31	1,75	1,96	0,484	0,58	0,06 3	1,97	0,157	0,0018	8,11	30	1,39	2,29
U-3	69,92	12,69	2,10	1,97	0,355	0,67	0,14	2,36	0,35	0,0029	9,22	65	0,95	2,3

Hemijska analiza uzoraka rude „Bijelo Polje“-Bar je pokazala da se ovi uzorci međusobno unekoliko razlikuju (Tabela 3) U-1 i U-2 su sličniji po hemijskom sastavu, dok se U-3 unekoliko razlikuje od njih.

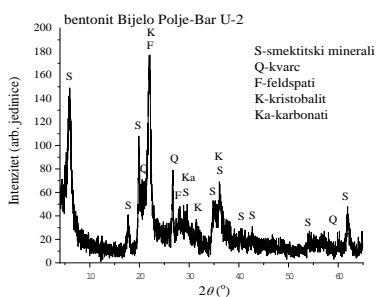
2.3. Kvalitativno-kuantitativna mineraloška ispitivanja uzoraka bentonita „Bijelo Polje“-Bar

Mineraloška analiza na tri polazna mikronizirana uzorka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar (U-1, U-2 i U-3) je obavljena rendgenskom difrakcionu (XRD) analizu kojom je određen mineralni sastav uzorka. (određivan je i praćen fazni sastav

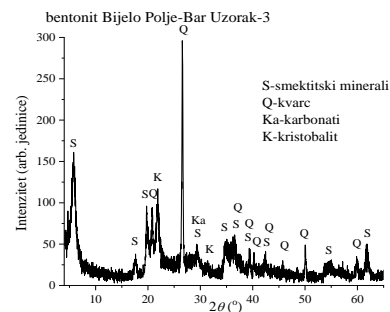
uzoraka). Uzorci su analizirani na rendgenskom difraktometru marke "PHILIPS", model PW-1710, sa zakrivljenim grafitnim monohromatorom i scintilacionim brojačem. Inteziteti difraktovanog $\text{CuK}\alpha$ rendgenskog zračenja ($\lambda=1.54178\text{\AA}$) mereni su na sobnoj temperaturi u intervalima $0,02^\circ 2\theta$ i vremenu od 1 s u opsegu od 4 do $65^\circ 2\theta$. Rendgenska cev je bila opterećena sa naponom od 40 kV i strujom od 30 mA, dok su prerezi za usmeravanje primarnog i difraktovanog snopa bili 1° i 0,1 mm.



Slika 5. Difraktogram praha U-1 bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar



Slika 6. Difraktogram praha U-2 bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

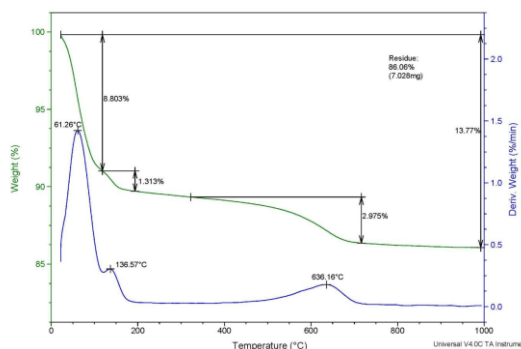


Slika 7. Difraktogram praha U-3 bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

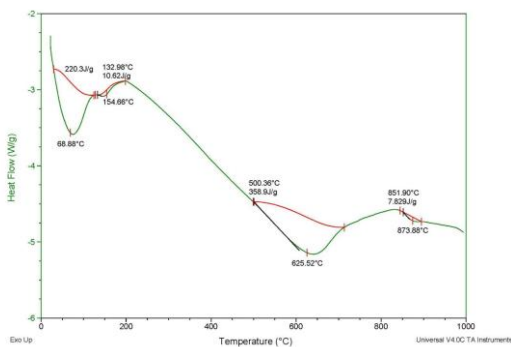
Uzorci su ispitivani metodom rendgenske difrakcije na polikristalnom uzorku (prahu) koja je u svim uzorcima pokazala prisustvo istih minerala: **smektitiski minerali, α -kristobalit, kvarc, feldspati minerali karbonata**. U analiziranom U-1 najzastupljeniji minerali su smektitiski minerali, pa zatim α -kristobalit i kvarc, dok su feldspati najmanje zastupljeni. Od minerala feldspata prisutni su plagioklasi, a od karbonata kalcit. U analiziranom U-2 najzastupljeniji minerali su smektitiski minerali, pa zatim α -kristobalit i kvarc, dok su feldspati najmanje zastupljeni. Za razliku od prethodnog uzorka, u ovom je sadržaj kvarca značajno manji. U analiziranom U-3 najzastupljeniji minerali su smektitiski minerali, pa zatim kvarc i α -kristobalit. Za razliku od prethodnog uzorka, u ovom je kvarc značajno više zastupljen od α -kristobalita. U sva tri uzorka od minerala feldspata prisutni su plagioklasi, a od karbonata kalcit koji je prisutan u tragu.

2.4. Termijske analize uzoraka bentonita „Bijelo Polje“-Bar

Termo gravimetrijsko (TG) i diferencijalno termogravimetrijsko DTG i diferencijalno skemirajuće kalorimetrijsko (DSC) ispitivanje rovnih uzoraka bentonita „Bijelo Polje“-Bar je urađeno na instrumentu SDT Q600 (TA Instruments) za simultanu DTG/TG i DSC analizu u intervalu od sobne temperature do 1000°C , u posudama od alumine (Al_2O_3) i dinamičkoj atmosferi vazduha sa protokom od $100\text{ cm}^3\text{ min}^{-1}$ i brzini zagrevanja od $10^\circ\text{C min}^{-1}$. Mase uzoraka iznosile su: za U-1 8,1660; za U-2 7,8100 i za U-3 7,5650 mg. TG/DTG dijagram bentonita U-1 prikazan je na slici 8, a njegov DSC dijagram na slici 9.

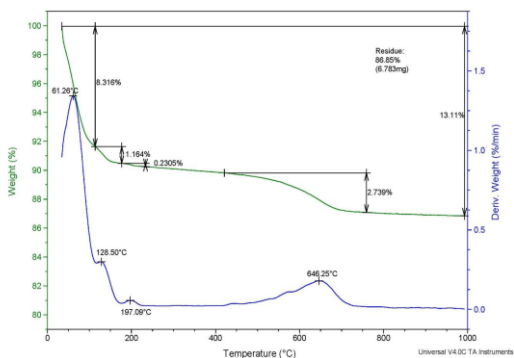


Slika 8. TG/DTG dijagrami bentonita U-1

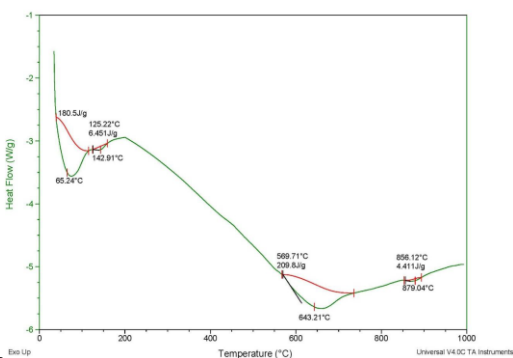


Slika 9. DSC dijagram bentonita U-1

Priklom TG analize ukupan gubitak mase kod U-1 iznosio je 13,77% maseno i razlaganje se odvija u tri koraka (slika 8, DTG/TG dijagram bentonita U-1). U prvom koraku, do temperature 118,42 °C uzorak gubi 8,803 % mase, što je praćeno endotermnim efektom na DSC-krivoj sa minimumom na 69 °C i utroškom toplote od 220,3 J g⁻¹ (slika 9). Drugi korak razlaganja odigrava se u temperaturnom intervalu 118,42 – 193,76 °C sa gubitkom mase od 1,313 %. Proces razlaganja u drugom koraku praćen je endotermnim efektom na DSC-krivoj sa minimumima na 155 °C, pri čemu je utrošeno 10,62 J g⁻¹ toplote. U trećem koraku u temperaturnom intervalu 322,15 - 716,17 °C uzorak gubi 2,975 % mase. Proces razlaganja u trećem koraku praćen je endotermnim efektom na DSC-krivoj sa minimumima na 626 °C i razmenjenom toplotom u iznosu od 358,9 J g⁻¹. Sa TG-krive (slika 8) uočava se da na temperaturama većim 716,17 °C nema gubitka mase i da je uzorak 1 termički stabilan do 1000 °C. Međutim, na DSC-krivoj (slika 9) se uočava endotermni pik sa minimumom na 874 °C koji je posledica fazne transformacije praćene promenom toplote u iznosu od 7,829 J g⁻¹, koja nije dovela do gubitka mase. TG/DTG dijagram bentonita U-2 prikazan je na slici 10, a njegov DSC dijagram na slici 11. Termijska analiza U-2 je dala slične rezultate kao kod U-1 (gubitak mase pri zagrevanju u slučaju U-2 iznosi 13,11%, slika 10), dok su na DTG krivoj uočena četiri koraka u kojima dolazi do razlaganja. I ovde se sa TG-krive (slika 10) uočava se da na temperaturama većim 759,21 °C nema gubitka mase i da je U-2 termički stabilan do 1000 °C.

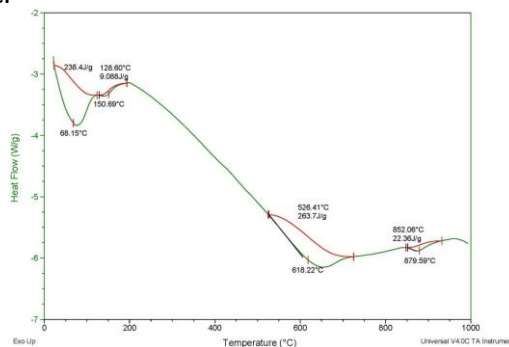
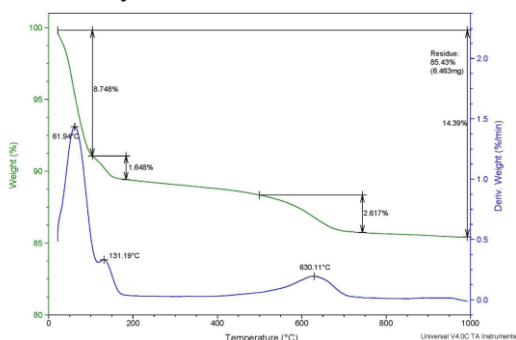


Slika 10. TG/DTG dijagrami bentonita U-2



Slika 11. DSC dijagram bentonita U-2

TG/DTG dijagram bentonita U-3 prikazan je na slici 12, a njegov DSC dijagram na slici 13. Termijska analiza U-3 je dala slične rezultate kao kod prethodna dva uzorka (gubitak mase pri zagrevanju u slučaju U-3 iznosi 14,39%, slika 12), dok su na DTG krivoj uočena četiri koraka u kojima dolazi do raganja. I ovde se sa TG-krive (slika 12) uočava se da na temperaturama većim 744,42 °C nema gubitka mase i da je U-3 termički stabilan do 1000 °C.



Slika 12. TG/DTG dijagrami bentonita U-3 Slika 13. DSC dijagram bentonita U-3

Na osnovu obavljenih termijskih analiza na uzorcima bentonitske rude „Bijelo Polje” Bar, mogu se izvući neki generalni zaključci koji važe za sva tri uzorka. Gubitci mase od oko 10% i endotermni pikovi koji se javljaju od 0°C do otprilike 200°C se mogu pripisati dehidraciji bentonita. Ove vrednosti gubitka mase dobro odgovaraju određenom sadržaju higroskopnih vlaga uzoraka bentonita koje su dobijene u ovom ispitivanju (Tabela 1). Sledeći endotermni pik u temperaturnom intervalu od 300 do 650 °C se može pripisati dehidroksilaciji minerala montmorilonita. Ovaj proces je praćen gubitkom mase od 2,6% (U-3) do 3% (U-1). Kada se pogleda mineralni sastav pomenutih uzoraka (XRD dijagrami, Slike 5-7) vidi se da je u svakom uzorku prisutan karbonat, razlaganje karbonata se dešava u temperaturnom interval od 650 -900°C, i praćeno je (gubitkom mase) usled oslobađanja CO₂, obično se ovaj pik javlja na DTG dijagramu na oko 880C. Ovi pikovi koji bi trebali da su vezani za karbonate na ovim termijskim dijagramima nisu uočeni.

2.5 Određivanje izmenjivih katjona KKI i beline za uzorke bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

Za određivanje izmenjivih katjona Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ i K⁺ i kapaciteta katjonske izmene korišćena je dokumentovana metoda Instituta DM 10-0/40*. Za određivanje beline je korišćena dokumentovana metoda Instituta DM-10/46*. Za određivanje stepena beline korišćen je uređaj Belinometar Carl Zeiss Jena. Stepen beline se određuje prema standardu MgO čiji je stepen beline 99.0 %. Dobijeni rezultati određivanja KKI i beline prikazani su u Tabeli 4.

Tabela 4. Rezultati određivanja sadržaja i vrste izmenljivih katjona i beline ispitivanih uzoraka bentonita „Bijelo Polje“-Bar

Bentonit	Ca, meq /100g	K, meq /100g	Na, meq /100g	Mg, meq /100g	$\Sigma_{kat.}$, meq /100g	Stepen beline prema MgO – 99.0 %
U-1	43,04	15,59	14,88	2,68	76,18	75,4
U-2	37,43	11,42	14,35	2,97	66,16	78,0
U-3	51,15	14,60	11,15	2,07	78,97	75,3

2.6. Određivanje ukupnog kapaciteta izmene bentonita preko adsorpcije metilen plavog i bentonitskog broja za uzorke bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

Za određivanje ukupnog kapaciteta izmene bentonita korišćena je dokumentovana metoda Instituta za adsorpciju metilen plavog – DM 10-0/39*. Za određivanje bentonitskog broja korišćena je Dokumentovana metoda Instituta DM 10-0/60*. Prilikom ispitivanja korišćena je neophodna Laboratorijska oprema. Dobijeni rezultati određivanja koeficijent adsorpcije metilen plavog, kapacitet katjonske izmene i bentonitskog broja prikazani su u Tabeli 5.

Tabela 5. Koeficijent adsorpcije metilen plavog, kapacitet katjonske izmene i bentonitski broj za uzorke bentonita „Bijelo Polje“-Bar

Bentonit	Koef. adsorpcije metilen plavog mg/g	Kapacitet katjonske izmene, meq/100g	Bentonitski broj
U-1	167	52,20	8
U- 2	162	50,64	6
U-3	178	55,64	7

2.7 Određivanje indeksa plastičnosti po metodi Atterberg –Casagrande, koeficijent apsorpcije vlage (Enslin -Neff)za uzorke bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

Za određivanje indeksa plastičnosti po metodi Atterberg –Casagrande, korišćena je dokumentovana metoda Instituta DM 10-0/59*. Za ocenu kvaliteta bentonita koristi se parametar granica tečenja bentonita (W_L) koristeći standard ASTM D 4318 – 00. Zatim je obavljeno je ispitivanje adsorpcije vlage na uzorcima bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar, po metodi Enslin –Neff-a. Prilikom ispitivanja korišćena je neophodna Laboratorijska oprema. U okviru ovog poglavlja određena je pH vrednost 5% suspenzije bentonita sa destilovanom vodom za sva tri uzorka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar. Suspenzija su mešane magnetnom mešalicom pri brzini od $n=600$ ob/min, u vremenu trajanja od $t=3$ h, posle čega je uravnotežen rastvor, pa je merenjem na pH metru određena pH vrednost sredine za svaku od suspenzija posebno.

Tabela 6. Parametar granice tečenja bentonita (Atterberg –Casagrande), koeficijent apsorpcije vlage (Enslin -Neff), pH vrednost 5% suspenzije za uzorke bentonita „Bijelo Polje“-Bar

Bentonit	Parametar granica tečenja bentonita (W_L), %	Koeficijent apsorpcije vlage, %	pH
U-1	113,37	171,39	9,72
U- 2	91,91	138,85	9,82
U-3	99,26	155,81	9,88

2.8. Ispitivanje sadržaj dioksina u uzorcima bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

Dioksini spadaju u grupa organskih aromatičnih jedinjenja sa hlorom i oni se svrstavaju među najtoksičnije ekološke zagađivače i visoko kancerogene supstance. Porast koncentracije dioksina u životnoj okolini se dovodi u vezu sa tehnološkim aktivnostima čoveka. Dioksini spadaju u dugotrajne organske zagađujuće supstance (poznate i kao Persistent Organic Pollutants-**POPs**) koje su najopasniji kontaminanti, zbog njihove hemijske stabilnosti i otpornosti na degradaciju. Oni se ne rastvaraju u vodi, nego u mastima, stoga se akumuliraju u višim životinjskim vrstama, uključujući i čoveka. Teško se razgrađuju, slabo su isparljivi i vrlo su postojani pa se lako prenose na velike udaljenosti uobičajenim mehanizmima transporta. Zbog svih ovih osobina nazivaju se transnacionalnim zagađivačima životne sredine. Sredinom 70-tih godina prošlog veka utvrđeno je da ove grupe toksičnih jedinjenja nastaju u svim procesima gorenja organskih materijala. Naročito, kada se proces sagorevanja odvija u području od 450 do 650°C (pirosinteza), što su danas najčešće uslovi pri sagorevanju. Dioksini **u vazduhu** potiču od gasova koji nastaju prilikom spaljivanja u stacionarna ložišta, starija postrojenja za spaljivanje medicinskog ili opasnog otpada, kao i komunalnog otpada, motori sa unutrašnjim sagorevanjem. Zbog svoje stabilnosti, i slabe razgradljivosti dioksini se raznose vazduhom i talože u vodi i zemljištu, odnosno dioksini se danas nalaze u vazduhu, zemlji (sedimentima), vodi i hrani. Odatle ulaze u lance ishrane (posebnu **opasnost za čoveka** predstavljaju dioksini **u mesu i mleku** i njihovim proizvodima, **ribama** ili **školjkama**) i u tkiva svih živih bića. Zbog svih tih okolnosti dugi niz godina je prisutan trend porasta količina dioksina u svim vrstama uzoraka iz životne okoline, zbog čega postoji rizik njihovog nepoželjnog uticaja na zdravlje populacije. Kontrola nastajanja i emisije dioksina u životnu okolinu osnovna je preventivna aktivnost u kompleksnom postupku sprečavanja njihovog mogućeg štetnog učinka na zdravlje. POPs su zakonski počele da se tretiraju, na svetskom nivou poznatom Stokholmskom konvencijom (usvojena 22.05.2001) o dugotrajnim organskim zagađujućim suspcancama, koju je usvojila i počela da sprovodi agencija UN za zaštitu životne sredine (UN Environment Programme) počev od 17.05.2004. godine. Stokholmsku konvenciju na usvajanju je potpisalo 151 zemlja, (do jula 2014. Kovenciji pristupilo ukupno 179 država) ima za cilj

eliminaciju hemikalija koje su najstabilnije i najtoksičnije, uključujući izazivače kancera – dioksine i furane. Konferencija je utvrdila da su svi spaljivači, uključujući i peći u cementarama u kojima se vrši spaljivanje otpada, najveći izvor dioksina, furana i polihlorovanih bifenola (piralen). Svetska zdravstvena organizacija (WHO) je ustanovila dozvoljen mesečni unos (Provisional Tolerable Monthly Intake (PTMI)) za dioksine, furane i PCBs od 70 pikograma/kg telesne težine (1 pikogram= 10^{-12} grama). Ova vrednost predstavlja dozvoljen unos tokom života koji ne predstavlja rizik po zdravlje ljudi. Zbog želja i ambicija da se ovim i budućim ispitivanjima utvrdi što je moguća šira primena bentonita „Bijelo Polje“-Bar u što većem broju industrijskih grana, pre svih u poljoprivredi (dodataka zemljištu i stočnoj hrani) i medicini (razvoj specijalnih proizvoda na bazi bentonita koji će biti nosači lekova za životinjsku i ljudsku upotrebu), to je bilo neophodno utvrditi eventualno prisustvo dioksina u ovom bentonitu. Pored toga kako su za sve ove namene EU i druge razvijene zemlje propisale veoma strogu zakonsku regulativu u pogledu sadržaja dioksina u njima to je i ova analiza bila za te namene neophodna. Za ova ispitivanja nisu rađene analize na sva tri uzorka jer je potencijalno onečišćenje moglo da stigne iz vazduha, i tu bi bili najugroženiji gornji slojevi bentonita iz ležišta „Bijelo Polje“-Bar, dok u dubljim delovima ležišta koncentracija dioksina je sigurno daleko manja. Kako su uzorci za ova ispitivanja uzeti iz probne etaže to je od tri različite vrste uzoraka napravljen kompozit koji je dat na analizu u SP Laboratoriju, koja je deo J.S. Hamilton Grupe Poljska i koji ima svoje Laboratorije i u Srbiji. Deo originalanog izveštaj SP laboratorije o sadržaju dioksina i furana u kompozitu bentonita prikazan je na slici 14.

REPUBLIKA SRBIJA
SP LABORATORIJA AD BEČEJ
Industrijska 3, 21220 Bečej

R20100261: BENTONIT

Identifikacija:

Podaci dobijeni od korisnika:
Kompozit - uzorak 1, 2 i 3

Neto masa dostavljenog uzorka: 480 g

Tabela 17. Rezultati fizičko-hemijskog ispitivanja kontaminanata/rezidua

Vrsta ispitivanja	Izmerena vrednost	Referentna vrednost	Metoda ispitivanja	
WHO-PCDD/F-TEQ (upper bound), na 88% suve materije [ng/kg]	0,197	max 0,75	EPA 1613:1994	GC/HRMS

Ispitivanje je vršeno u okviru obima akreditacije u laboratoriji pod akreditacionim brojem 96-LI.
Izvor referentnih vrednosti: DIRECTIVE 2002/32/EC

Slika 14. Deo izveštaja SP Laboratorije o određivanju sadržaja dioksina i furana u uzorku bentonita „Bijelo Polje“-Bar

Iz izveštaj analize, se vidi da su ove analize obavljene u skladu sa Direktivom Evropske Komisije 2002/32 (COMMISSION DIRECTIVE 2002/32/EC). Ova direktiva 2002/32 Evropske Komisije (EK) utvrđuje najveći sadržaj (udeo) nepoželjnih materija i komponenti koje mogu da se nađu u hrani za životinje, pa je i ova analiza

urađena u skladu sa njom. Dobijeni sadržaj dioksina u kompozitnom uzorku bentonita „Bijelo Polje“-Bar, je 0,197 ng/kg (nano grama po kilogramu), što je skoro četiri puta manje od dozvoljene vrednosti od 0,75 ng/kg.

3.0 Zaključak, mišljenje i predlozi o načinu daljih ispitivanja bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar

Fizičko-hemijska i mineraloška ispitivanja u okviru ove Studije obavljena su sa ciljem određivanja fizičko-hemijskih osobina i mineralnog sastava bentonitske rude. Ona predstavljaju osnov i podlogu za dalja tehnološka ispitivanja kojima treba da se definiše postupak prerade bentonitske rude iz ležišta „Bijelo Polje“-Bar.

Na osnovu fizičko-hemijskih i mineraloških osobina uzorka rude bentonitske rude „Bijelo Polje“- Bar može se zaključiti sledeće:

- bentonitska ruda iz ležišta „Bijelo Polje“-Bar, je jedan ozbiljan mineralni resurs sa velikim potencijalom za razvoj čitavog niza proizvoda za primenu u različitim industrijskim granama. Uzorci bentonita koji analizirani jasno pokazuju da se radi o bentonitima Ca - tipa, kod kojih je u dominantom izmenljivom položaju u strukturi katjon kalcijima (> 50%). Prvenstveno je mineraloška (Tačka 2.3, Slike 5 - 7) a i hemijska analiza (Tačka 2.2, Tabele 3) pokazala da je sadržaj minerala iz grupe smektita- montmorlionita (ovaj sadržaj definiše kvalitet sirovine) dosta visok u rudi na nivo od oko 70%, što ovom resursu daje veliki značaj i daje mu veliki potencijal za primenu. Pored toga hemijske i mineraloške analize su pokazale da je sadržaj karbonata u uzorcima bentonita- “Bijelo Polje”- Bar, nizak što je dobro jer karbonati negativno utiču na kvalitet bentonita. Ostali prisutni minerali su karakteristični i za ostala ležišta bentonita u svetu. Ispitivanja sadržaja dioksina u bentonitu (tačka 2.8) su pokazala da je njegov sadržaj u uzorcima bentonita- “Bijelo Polje”- Bar, isto tako jako nizak što ovom bentonitu daje poseban kvalitet i pokazuje da se može koristiti kao komponenta u različitim proizvodima bez opasnosti po ljudsko zdravlje.
- Pored toga, obavljene granulometrijske analize, koje su pokazale da je sadržaj najfinijih klasa veoma velik u ležištu bentonita „Bijelo Polje“-Bar, preko 92% udeo klase -37µm u U-1 (Tačka 2.1.2.1., Slika 2, Tabela1), preko 93% udeo klase -37µm u uzorku 2 (Tačka 2.1.2.1., Slika 3, Tabela 1) i preko 90% udeo klase -37µm, u uzorku 3 (Tačka 2.1.2.1., Slika 4, Tabela 1), umnogome potvrđuju rezultate hemijske i mineraloške analize.
- Za razliku od Na - tipa bentonita kod kojih je u dominantom izmenljivom položaju katjon natrijuma, ovi bentoniti manje apsorbuju vodu, malo bubre, pokazuju nisku plastičnost i lošiju reologiju, što im limitira mogućnosti upotrebe. Zato se u cilju poboljšanja tehnoloških karakteristika moraju primeniti različite tehnologije „aktivacije“ (hemijsko - tehnološke prerade) rovne rude bentonita. Bentoniti se mogu aktivirati alkalno, kiselinski i organski.
- Što se tiče postupaka daljih ispitivanja, ona bi pre svega trebala da se odvijaju u više pravaca. Prvo bi trebalo da se utvrdi mogućnost primene ovog i ovakvog

proizvoda sa što manjim obimom tehnoloških faza pripreme, odnosno potencijalno dobijanje finalnog komercijalnog proizvoda sa što manjim ulaganjima i troškovima prerade. Ovakvo osvajanje proizvoda bi omogućilo bržu komercijalizaciju ležišta i najbrže vraćanje uložених sredstava Investitoru. Sa druge strane trebalo bi nastaviti istraživanja u cilju ispitivanja mogućnosti proširenja asortimana proizvoda koji bi imali primenu u što većem broju industrijskih grana. Ovakvi proizvodi bi bili sofisticiraniji, dobijali bi se sa većim stepenom tehnološke prerade, ali bi i donosili veću profitnu stopu, u odnosu na uložena sredstva i bila bi osnov za dalja istraživanja i razvoj novih proizvoda u budućnosti.

- Ako se usvoje ovi aspekti kao osnov za dalja ispitivanja, trebalo bi ispitati načine koncentracije bentonita u finalnom proizvodu (povećanje sadržaja montmorillonita u finalnom proizvodu sa sadašnjih 65-70%, preko 80%), indentifikacija načina javljanja olova u rovnoj rudi bentonita, kao i mogućnosti njegovog smanjenja. Smatra se u tehnološkoj praksi da su rude bentonita pogodне za tehnološku obradu ukoliko je sadržaj montmorillonita u njima preko 60%.
- Tehnološka ispitivanja treba da utvrde sve načine pripreme i prerade rude, sa definisanjem optimalnih procesnih parametara koji omogućavaju dobijanje komercijalnih proizvoda. Ova ispitivanja će omogućiti definisanje šeme tehnološkog procesa pripreme i prerade bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar, kojom će se dobiti paleta komercijalnih proizvoda za različite industrijske grane. Pored toga, ova ispitivanja moraju i da definišu i primenu uređaja i opreme koja će na najjeftiniji i tehnološki najsvrsishodniji način omogućiti dobijanje ovih proizvoda.
- U daljoj fazi ispitivanja utvrdiće se mogućnost hemijsko-tehnološke prerade rovnog bentonita u cilju dobijanja komercijalnih proizvoda za primenu u različitim industrijama (naftna i livačka industrija, proizvodnja čelika, ekologija, poljoprivreda, farmacija, medicina, građevinska industrija itd).
- Stoga će se u drugoj fazi istražiti, utvrditi i osvojiti nova tehnološka rešenja, čijom implementacijom će se ostvariti:
 - A. Tehnologije dobijanja nano - bentonita. Ispitivanje mogućnosti dobijanja visoko čistih koncentrata montmorillonita iz rovnih uzoraka bentonita različitim metodama separacije.
 - B. Ispitivanje mogućnosti dobijanja Na - oblika bentonita primenom tehnologije u alkaline aktivacije rovnog bentonita.
 - C. Optimizacija tehnoloških parametara procesa („scale up“) proizvodnje odabranih vrsta bentonita na poluindustrijskom nivou.
 - D. Proizvodnja test uzoraka odabranih tipova bentonita za ispitivanje kvaliteta u različitim industrijama.

Na kraju da rezimiramo, sa stanovišta svetskih tehnoloških standarda koji definišu kvalitet rude bentonita i mogućnost industrijske prerade, analizirani bentoniti

lezista „Bijelo Polje“-Bar " po svim parametrima predstavljaju tehnološki vrednu sirovinu na bazi koje uz definisanja tehnologija prerade kroz laboratorijska i poluidustrijska ispitivanja se mogu dobiti komercijalni proizvodi za primenu u različitim industrijama.

Zahvalnica:

Ova istraživanja su podržana finansijskim sredstvima MPNTR Republike Srbije Ugovorom o finansiranju istraživanja br. 451-03-68/2022-14/200023, za 2022.godinu.

Literatura:

1. Detaljna fizičko-hemijska karakterizacija uzoraka bentonita –Šipovo, ITNMS-Beograd 2007., Arhiva ITNMS
2. Laboratorijska tehnološka ispitivanja uzoraka bentonitskih glina-Šipovo u cilju određivanja optimalne šeme tehnološkog procesa prerade, ITNMS-Beograd 2007., Arhiva ITNMS
3. Tućan, F: "Special mineralogy", Zagreb, 1957.
4. Ilic, M: "Special mineralogy, Part I", Belgrade, 1978.
5. Milosavljevic, R: "Methods of tests of mineral raw materials in the preparation of mineral raw materials", Belgrade, 1985.
6. Čalic, N: "Theoretical bases of preparation of mineral raw materials", Belgrade, 1990.
7. Lesic, Dj, Markovic, S: "Preparation of mineral raw materials", Belgrade, 1968
8. Taggart, A.F.: "Handbook of mineral dressing", New York, 1960.
9. Weis, H.L.: "SME Mineral processing handbook;, Volume 1, 1985
11. Dragan Radulović, Ljubiša Andrić, Anja Terzić, Branoslav Ivošević, Dejan Todorović, Vladimir Jovanović, *Investigation of bentonite characteristics for application in geopolymers and hybrid cement binders*, Serbian Ceramic Society Conference "Advanced Ceramic and Application IX – New frontiers in multifunctional material science and processing", Book of Abstracts, (Organiz: Serbian ceramic society and Institute of technical sciences of SASA) Belgrade, Serbia (20.09-21.09.2021) pp. 82-83 ISBN 978-86-915627-8-6, COBISS-SR-ID 45804553
12. A. Daković sa sarad., AflaProtect -Visoko efikasni adsorbent mikotoksina, Tehničko-tehnološko rešenje, ITNMS-Beograd 2015.
13. Studija fizičko-hemijskih i mineraloških ispitivanja tri uzorka bentonita iz ležišta „Bijelo polje“- Opština Bar (Republika Crna Gora) u cilju njihove naučno-stručne validacije, ITNMS-Beograd 2020., Arhiva ITNMS

**СИМПОЗИЈУМ са међународним учешћем "Рударство" (13 ;
2022 ; Врњачка Бања)**

Održivi razvoj u rudarstvu i energetici : zbornik radova / 13. simpozijum sa međunarodnim učešćem "Rudarstvo 2022" = Sustainable development in mining and energy : proceedings = 13th Symposium with International Participation "Mining 2022", Vrnjačka Banja 23. - 26. maj 2022. ; [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, 2022 (Beograd : Akademska izdanja). - 282 str. : ilustr. ; 25 cm

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

ISBN 978-86-80420-25-7

а) Рударство -- Зборници б) Животна средина -- Заштита --
Зборници

COBISS.SR-ID 66165513