

VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA

Ovdje

UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
Broj 2608
Podgorica, 18.12. 24 god.

PREDMET: Predlog Komisije za odbranu master rada

Shodno dopisu broj 2573 od 16.12. 2024. god., u kome smo obaviješteni da je Komisija za pisanje izvještaja o ocjeni master rada pod nazivom: **"Sinteza i karakterizacija kompozitnih materijala na bazi pirofita za uklanjanje boja iz vode"**, kandidatkinje Emina Međedović, BApp. Zaštita životne sredine, dostavila Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta izvještaj na razmatranje i da na rad kandidatkinje, koji je stajao na uvid javnosti u univerzitetskoj biblioteci, nije bilo primjedbi, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a dostavlja Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta predlog Komisije za odbranu master rada:

1. Prof. dr Milena Tadić, vanredni profesor MTF-a, predsjednik
2. Prof. dr Vanja Asanović, redovni profesor MTF-a, mentorka
3. Dr Anđela Mitrović Rajić, naučna saradnica, Institut tehničkih nauka SANU, Beograd, komentorka
4. Prof. dr Biljana Damjanović-Vratnica, redovni profesor MTF-a, članica
5. Prof. dr Vesna Vukašinović-Pešić, redovni profesor MTF-a, članica

U dogovoru sa kandidatkinjom termin odbrane master rada će biti naknadno utvrdjen.

Predsjednica Komisije,

Prof. dr Vesna Vukašinović-Pešić

UNIVERZITET CRNE GORE
VIJEĆU METALURŠKO – TEHNOLOŠKOG FAKULTETA
Podgorica

PREDMET: *Izveštaj Komisije za ocjenu master rada kandidatkinje Emine Međedović,
BApp zaštite životne sredine*

Na osnovu člana 64 Statuta Univerziteta Crne Gore, Vijeće Metalurško-tehnološkog fakulteta u Podgorici na sjednici održanoj 20.09.2024. godine je donijelo odluku broj 1824 od 20.09.2024. godine kojom je imenovana Komisija za ocjenu master rada pod nazivom „**Sinteza i karakterizacija kompozitnih materijala na bazi pirofilita za uklanjanje boja iz vode**“, kandidatkinje Emine Međedović, BApp zaštite životne sredine.

Nakon uvida u kompletan priloženi materijal podnosimo sljedeći:

IZVJEŠTAJ
o master radu

Kratak prikaz

Master rad „**Sinteza i karakterizacija kompozitnih materijala na bazi pirofilita za uklanjanje boja iz vode**“, kandidatkinje Emine Međedović, BApp zaštite životne sredine, urađen je u skladu sa odobrenjem koje je za ovu temu dalo Vijeće Metalurško-tehnološkog fakulteta. Rad je prikazan na 134 strane i sadrži sljedeće tematske cjeline: 1. *Uvod*, 2. *Teorijski dio*, 3. *Eksperimentalni dio*, 4. *Rezultati i diskusija*, 5. *Zaključak*, 6. *Literatura i Prilozi*. Pored navedenog, rad sadrži i naslovnu stranu, podatke i informacije o magistrandu, informacije o master radu i informacije o članovima Komisije, kao i izjavu o autorstvu, zahvalnicu, izvod/abstract, sadržaj i predgovor. U tekst rada su uključene 76 slike i 22 tabele. Slike od P1 do P3c prikazane su u okviru priloga. U radu je citirano 196 bibliografskih jedinica.

Postavljeni cilj rada

U okviru ovog master rada sprovedeno je istraživanje sorpcionih osobina kompozitnih materijala dobijenih na bazi mehanohemijski modificirane gline pirofilit, dopirane oksidima željeza, cinka i titana u količini od 2%, 5% i 10%. U **uvodnom dijelu rada**, kandidatkinja je naglasila da je mehanohemijska modifikacija odabrana kao inovativni pristup koji kombinuje mehaničku energiju i hemijske procese kako bi se dobili kompozitni materijali poboljšanih adsorpcionih osobina za uklanjanje kontaminanata iz vode.

U **teorijskom dijelu** kandidatkinja je objasnila mehaničku aktivaciju primjenom mehaničkog mljevenja čvrstih materijala, opisala vrste mehaničkih mlinova koji se primjenjuju u cilju mehanohemijske modifikacije, definisala parametre mljevenja i opisala prateće efekte mljevenja. Predstavila je i minerale glina, njihovu klasifikaciju, strukturu i osobine, kao i ulogu u zaštiti životne sredine. Opisala je i ilustrovala kristalnu strukturu pirofilita, objasnila fizičko-hemijske osobine pirofilita i prikazala uzorke pirofilita iz različitih područja. Kandidatkinja je opisala postupke za modifikaciju pirofilita i njegovu primjenu. Analizirala je i uticaj zagađenja bojama na životnu sredinu i zdravlje ljudi, kao i istraživanja performansi adsorpcije minerala glina.

U **eksperimentalnom dijelu** je navedena hipoteza i ilustrovan je plan istraživanja. Prikazan je uzorak pirofilita koji je podvrgnut modifikaciji i navedeni su primijenjeni dopanti (oksidi ZnO, TiO₂ i Fe₂O₃). Predstavljen je postupak mehanohemijske modifikacije pirofilita i dopiranja modificiranog pirofilita u cilju dobijanja kompozitnih materijala poboljšanih sorpcionih osobina. Opisane su i metode koje su primijenjene za mikrostrukturnu i morfološku karakterizaciju dobijenih materijala. Kristalna struktura dobijenih kompozita je ispitivana metodom rendgenostrukturne analize (XRD), dok je morfološka analiza mehanohemijski modificiranog pirofilita i mehanohemijski modificiranog i dopiranog pirofilita izvršena pomoću skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM). Primijenjena je i metoda difrakcije laserske svjetlosti za određivanje veličine čestica ispitivanih materijala. U cilju identifikacije funkcionalnih grupa prisutnih u uzorcima pirofilita i kompozitnih materijala, primijenjena je infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom (FTIR), dok je ultraljubičasta-vidljiva spektroskopija (UV-VIS) pružila informacije o interakciji boja s pirofilitom i promjenama u adsorpcionim spektrima nakon njegove modifikacije.

U poglavlju **Rezultati i diskusija**, kandidatkinja je šematski i tabelarno prikazala dobijene rezultate koje je detaljno objasnila i uporedila sa rezultatima iz literature. Objasnila je rendgenostrukturne difraktograme uzoraka pirofilita, modificiranog i dopiranog pirofilita, kao i promjene međuravanskih rastojanja u slojevitoj strukturi pirofilita u zavisnosti od mehanohemijskog tretmana i dopiranja oksidima metala (ZnO, TiO₂ i Fe₂O₃) u različitim koncentracijama. U slučaju kompozitnih materijala dobijenih dopiranjem pirofilita oksidom željeza (Fe₂O₃), utvrdila je značajno veće razlike u intenzitetu i obliku pikova u poređenju sa ZnO i TiO₂ dopantima.

Kandidatkinja je prikazala i objasnila rezultate morfološke karakterizacije mehanohemijski modificiranog pirofilita i kompozitnih materijala (mehanohemijski modificiranog i dopiranog pirofilita), sprovedene pomoću skenirajuće elektronske mikroskopije sa energetsko-disperzionom spektroskopijom (SEM-EDS). SEM mikrofografije ispitivanih uzoraka i hemijske mape dobijene SEM-EDS analizom kompozitnih materijala na bazi pirofilita dopiranog oksidom Fe_2O_3 prikazane su u okviru poglavlja **Rezultati i diskusija**. Hemijske mape dobijene SEM-EDS analizom modificiranog pirofilita i kompozitnih materijala na bazi pirofilita dopiranog oksidima ZnO i TiO_2 prikazane su u prilogima. Kandidatkinja je objasnila da se na SEM mikrofografiji početnog uzorka pirofilita zapažaju čestice neujednačene veličine i hrapave površine i da se pored čestica pirofilita laminarne strukture, zapažaju i čestice oštih ivica, koje su identifikovane kao kvarc (SiO_2). EDS spektroskopijom početnog uzorka potvrđeno je da su aluminijum i silicijum osnovni elementi koji ulaze u sastav pirofilita, a detektovano je i prisustvo kalijuma, natrijuma, željeza i kalcijuma. SEM mikrofografija mehanohemijski modificiranog pirofilita za vrijeme od 15 minuta ukazala je da se pločasta struktura značajno narušila, a da su manje čestice nastale fragmentacijom obrazovale agregate. Kandidatkinja je navela podatke o hemijskom sastavu čestica dobijenih kompozitnih materijala i detaljno objasnila promjenu morfologije uslijed modifikacije i dopiranja pirofilita.

Kandidatkinja je detaljno objasnila rezultate određivanja veličine čestica mehanohemijski aktiviranog pirofilita i uzoraka pirofilita dopiranih oksidima ZnO , TiO_2 i Fe_2O_3 , metodom difrakcije laserske svjetlosti. Analizirala je karakteristične prečnike $d(0,1)$, $d(0,5)$ i $d(0,9)$, koji predstavljaju vrijednosti prečnika ispod kojih se nalazi 10% 50% i 90% ukupne zapremine čestica, kao i srednje prečnike zasnovane na površini i zapremini, span (širina raspodjele) i specifičnu površinu. Najveće vrijednosti $d(0,5)$ i $d(0,9)$ primijećene su kod uzorka kompozita pirofilita dobijenog dopiranjem oksidom Fe_2O_3 u količini od 10%, što ukazuje na prisustvo većih čestica. Najmanje vrijednosti ovih parametara, kandidatkinja navodi za uzorke kompozita na bazi pirofilita dopiranog oksidom TiO_2 u količini od 5%, što ukazuje na prisustvo sitnijih čestica. Kod uzorka kompozita pirofilita koji je sadržao 5% TiO_2 primijećena je najhomogenija raspodjela veličine čestica, dok je široka distribucija veličina čestica utvrđena za uzorak koji je sadržao 10% ZnO . Kandidatkinja je utvrdila najveću vrijednost za geometrijsku specifičnu površinu od $3,22 \text{ m}^2/\text{g}$ kod uzorka kompozita - pirofilita dopiranog oksidom TiO_2 u količini od 5%, što je posljedica prisustva manjih i ujednačenijih čestica. Navela je da najmanju specifičnu površinu od $2,06 \text{ m}^2/\text{g}$ ima uzorak koji je sadržao 2% ZnO , što je povezano sa prisustvom većih i manje ujednačenih čestica.

Kandidatkinja je prikazala i detaljno objasnila FTIR spektre pirofilita i kompozitnih materijala. Prikazala je i objasnila vrijednosti talasnih brojeva karakterističnih traka i pripadajuće vibracije, dobijene iz FTIR spektara ispitivanih uzoraka.

Budući da uklanjanje organskih zagađivača iz vodenih rastvora, poput metilensko plavog (MB), predstavlja značajan izazov u tretmanu otpadnih voda, kandidatkinja je analizirala efikasnost kompozitnih materijala, dobijenih dopiranjem pirofilita oksidima metala (ZnO , TiO_2 i Fe_2O_3) u

različitim koncentracijama (2%, 5% i 10%), kao i pirofilita koji je mehanohemijski modificovan u trajanju od 15 minuta. Cilj je bio utvrditi koji od ispitivanih uzoraka pokazuje najbolje rezultate u adsorpciji MB, putem analize UV-Vis spektara snimljenih nakon 24 h, 48 h i 72 h kontakta uzoraka sa rastvorom MB. Nakon modifikacije pirofilita mehanohemijski i dodavanjem dopanata (ZnO , TiO_2 i Fe_2O_3) sprovedeno je mjerenje koncentracije MB u rastvoru prije i poslije adsorpcije na svakom od uzoraka, pomoću UV-Vis spektroskopije. Na osnovu razlike u apsorbanci prije i poslije dodavanja pirofilita i kompozitnih materijala, kandidatkinja je odredila količinu MB koja je adsorbovana, odnosno efikasnost svakog uzorka u pogledu uklanjanja boje. Utvrđeno je da kompozit – pirofilit dopiran sa 2% Fe_2O_3 , pokazuje najveći koeficijent adsorpcije, pri čemu duže vrijeme nije uticalo na povećanje koeficijenta, odnosno koeficijent adsorpcije nakon 48 h iznosio je 91%, kao i nakon 72 h. Kandidatkinja je zapazila da se u ovom slučaju optimalna adsorpcija može postići u kraćem vremenskom intervalu odnosno za 48 h, jer je poboljšanje od dodatnih 24 h zanemarljivo i važi samo za veće koncentracije dopanta (5% i 10%). Najbolje ukupne performanse utvrdila je za kompozit - pirofilit dopiran sa 5% TiO_2 nakon 48 h i ukazuje da je taj kompozit optimalni izbor za postizanje visoke efikasnosti adsorpcije u što kraćem vremenskom intervalu. Analiza kompozita nastalih dopiranjem pirofilita oksidom TiO_2 pokazala je bolje performanse u odnosu na one nastale dopiranjem oksidom ZnO . Izbor TiO_2 kao optimalnog dopanta, kandidatkinja objašnjava i činjenicom da niže koncentracije (5% ovog oksida) daju visoku efikasnost adsorpcije, čime se dodatno smanjuje potreba za većim količinama dopanata. S obzirom da su razlike u koeficijentima adsorpcije između 48 h i 72 h minimalne za sve ispitane uzorke, kandidatkinja je predložila 48 h kao optimalno vrijeme za postizanje gotovo maksimalne adsorpcije.

Kandidatkinja je u **Zaključku** ukratko predstavila najznačajnije rezultate studije sinteze i karakteristika kompozitnih materijala na bazi mehanohemijski modificovanog i dopiranog pirofilita, sa ciljem njihove primjene u uklanjanju boja iz vodenih rastvora:

- Primjenom mehanohemijske modifikacije pirofilita u visokoenergetskom kugličnom mlinu postignuta je značajna promjena strukture prirodnog minerala pirofilita. Ključne promjene uključivale su delaminaciju slojeva, smanjenje veličine čestica, povećanje poroznosti i specifične površine, što je omogućilo poboljšanje sorpcionih svojstava. Vrijeme mljevenja od 15 minuta koristilo se za postizanje maksimalnog efekta u povećanju specifične površine i stvaranju aktivnih mjesta pogodnih za interakciju sa molekulima boje.
- Promjena morfoloških karakteristika i sorpcionih osobine pirofilita je uzrokovana dodavanjem oksida ZnO , TiO_2 i Fe_2O_3 u različitim koncentracijama (2%, 5% i 10%).
- Kvantitativna analiza pokazala je da je kompozitni materijal dobijen dopiranjem pirofilita sa 5% TiO_2 ispoljio najveću efikasnost adsorpcije, odnosno uklonjeno je 94% metilensko plavog iz vodenog rastvora u periodu od 72 h. Kompozit - pirofilit dopiran

oksidom željeza (Fe_2O_3) pokazao je superiorne rezultate za kraće vrijeme (24 h) i pri nižim koncentracijama (2%), sa adsorpcionom efikasnošću od 91%. Veće koncentracije dopanta Fe_2O_3 (5% i 10%) nisu vodile povećanju adsorpcione efikasnosti kompozita.

- Rezultati karakterizacije ispitivanih uzoraka (XRD, SEM, FTIR, UV-Vis) potvrdili su da mehanohemijska modifikacija pirofilita dovodi do značajnih promjena u kristalnoj strukturi i mikrostrukturi, koje su ključne za poboljšanje adsorpcionih svojstava. SEM analiza je pokazala pojavu savijanja slojeva i formiranje manjih čestica sa povećanom poroznošću, dok su rezultati FTIR analize potvrdili promjene u hemijskim vezama, ukazujući na interakciju modificovanih uzoraka sa molekulima boje.
- Efikasnost uklanjanja boje metilensko plavog je značajno zavisila od tipa i koncentracije dopanata, kao i od vremena. Modifikacija putem mljevenja i dopiranja omogućila je značajno poboljšanje efikasnosti u odnosu na prirodni nemodifikovani pirofilit. Kompoziti dobijeni dopiranjem pirofilita oksidom cinka (ZnO) i oksidom titana (TiO_2) pokazali su značajnu adsorpcionu efikasnost nakon 72 h, dok je pirofilit dopiran oksidom željeza (Fe_2O_3) omogućio brzo uklanjanje boje, posebno pri nižim koncentracijama dopanta.
- Dobijeni rezultati ukazuju na mogućnost za dalji razvoj i primjenu kompozitnih materijala na bazi pirofilita u industrijskim procesima uz uštedu resursa i energije.

Navedena **Literatura** sadrži listu od 196 referenci.

U **Prilozima** su prikazane hemijske mape dobijene SEM-EDS analizom uzoraka čistog pirofilita i uzoraka kompozitnih materijala - pirofilita dopiranog sa 2% ZnO , 5% ZnO , 10% ZnO , 2% TiO_2 , 5% TiO_2 i 10% TiO_2 (slike od P1 do P3c).

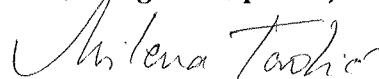
Zaključni stav i predlog

Komisija je na osnovu detaljnog pregleda master rada kandidatkinje Emine Mededović, BApp zaštite životne sredine, pod nazivom „**Sinteza i karakterizacija kompozitnih materijala na bazi pirofilita za uklanjanje boja iz vode**“ zaključila da su predmet, naučni cilj i metode istraživanja jasno definisani, i da je kandidatkinja savremenim eksperimentalnim pristupom, kao i detaljnim razmatranjima dobijenih rezultata realizovala postavljene ciljeve master rada. Sprovedeno istraživanje doprinosi razvoju novih kompozitnih materijala na bazi mehanohemijski modifikovanog i dopiranog pirofilita za uklanjanje boja i pruža osnovu za rješavanje izazova u oblasti tretmana otpadnih voda i buduća istraživanja u cilju uklanjanja i drugih vrsta polutanata. Na osnovu izloženog Komisija je zaključila da master rad „**Sinteza i karakterizacija kompozitnih materijala na bazi pirofilita za uklanjanje boja iz vode**“, zadovoljava sve predviđene uslove i sa zadovoljstvom predlaže Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta, Univerziteta Crne Gore u Podgorici, da prihvati master rad kandidatkinje Emine Mededović, BApp zaštite životne sredine i odobri javnu usmenu odbranu.

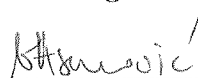
U Podgorici, 17.12.2024.

Komisija u sastavu:

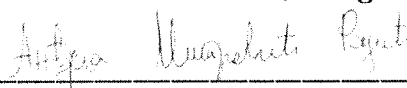
Prof. dr Milena Tadić, vanredni profesor
MTF-a, Podgorica, predsjednica



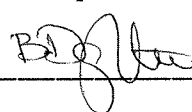
Prof. dr Vanja Asanović, redovni profesor
MTF-a, Podgorica, mentorka



Dr Andela Mitrović Rajić, naučna saradnica, Institut
tehničkih nauka SANU, Beograd, komentorka

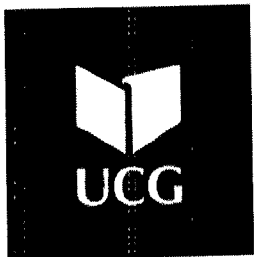


Prof. dr Biljana Damjanović-Vratnica,
redovni profesor MTF-a, Podgorica, član



Prof. dr Vesna Vukašinović-Pešić,
redovni profesor MTF-a, Podgorica, član





Univerzitet Crne Gore
Centralna univerzitetska biblioteka
adresa / address_ Cetinjska br. 2
81000 Podgorica, Crna Gora
telefon / phone_ 00382 20 414 245
fax_ 00382 20 414 259
mail_ [cub@ac.me](mailto:cub@ucg.ac.me)
web_ www.ucg.ac.me
Central University Library
University of Montenegro

Broj / Ref 01646-3609/4
Datum / Date 16.12.2024

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj 2569/5 24
Podgorica 16.12.2024 god.

UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Sekretar

Gospođa Seka Šekularac-Petrović

Predmet: Vraćanje master rada kandidatkinje Emine Međedović sa uvida javnosti

Poštovana gospođo Šekularac,

U prilogu akta dostavljamo Vam master rad pod nazivom: „**Sinteza i karakterizacija kompozitnih materijala na bazi pirofilita za uklanjanje boja iz vode**“ kandidatkinje **Emine Međedović**, koji je u skladu sa članom 21 stav 2 Pravila studiranja na master studijama dostavljen **Centralnoj univerzitetskoj biblioteci** dana 06. 12. 2024. godine, na uvid i ocjenu javnosti.

Na navedeni rad, Centralnoj univerzitetskoj biblioteci nijesu dostavljene primjedbe u predviđenom roku od 7 dana.

Molimo Vas da nam nakon odbrane, a u skladu sa članom 30 Pravila studiranja na master studijama, dostavite konačnu verziju master rada.

S poštovanjem,



DIREKTOR

Bosiljka Cicmil
Mr Bosiljka Cicmil

Pripremila:

Milica Barac *MB*
Administrativna asistentkinja
Tel: 020 414 245
e-mail: cub@ucg.ac.me



Univerzitet Crne Gore
Centar za unapređenje kvaliteta

020 332 20 334 232
020 332 20 334 232



Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj: 01/3- 3609/2

Broj: 2490 24
06. 12. 2024 god.
Podgorica

Podgorica, 05. 12. 2024 godine

METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

KOMISIJI ZA MASTER STUDIJE

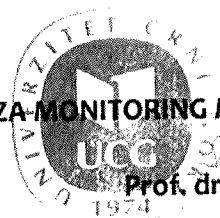
PREDSJEDNIKU KOMISIJE

Poštovani članovi Komisije za master studije,

U skladu sa Odlukom o korišćenju softvera za utvrđivanje plagijata na Univerzitetu Crne Gore, Odbor za monitoring master studija je, na sjednici od 29.11-01.12.2024. godine, razmatrao izvještaj softvera sa rezultatima provjere master rada kandidatkinje **Emine Mededović** pod nazivom „Sinteza i karakterizacija kompozitnih materijala na bazi pirofilita za uklanjanje boja iz vode” i utvrđeno je da u radu nema elemenata koji ukazuju na plagijat.

Predlaže se sprovođenje dalje procedure, u skladu sa Pravilima studiranja na master studijama.

ZA ODBOR ZA MONITORING MASTER STUDIJA



Prof. dr Svetlana Perović