

VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA

Ovdje

CRNA GORA
UNIVERZITET
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

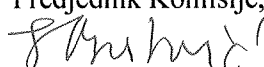
Broj 757
29-04-2020 god.
Podgorica

PREDMET: Predlog mentora i Komisije za ocjenu master rada

Shodno dopisu broj 546/1 od 23.03.2022. godine, a nakon dobijanja pozitivnog mišljenja Odbora za monitoring master studija UCG i izvršenih konsultacija sa kandidatom, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a dostavlja Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta predlog mentora i Komisije za ocjenu master rada pod nazivom: "*Sinteza aktivnog ugljenika dopiranog azotom iz otpadne biomase i njegova primjena u superkondenzatorima*", kandidatkinje Marije Rašević, BSc. Hem. Tehnologije:

1. Prof. dr Veselinka Grudić, redovni profesor MTF-a, mentor
2. Prof. dr Biljana Damjanović-Vratnica, redovni profesor MTF, predsjednik
3. Prof. dr Ivana Bošković, redovni profesor MTF-a, član

U dogovoru sa kandidatom, Komisija predlaže prof.dr Veselinku Grudić za mentora.

Predjednik Komisije,

Prof. dr Ivana Bošković

Broj: 01/3- 546/4

Podgorica, 16.03.2022. godine

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj 546
Podgorica, 22.03.22 god
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
KOMISIJI ZA POSTDIPLOMSKE STUDIJE
PREDSJEDNIKU KOMISIJE

U skladu sa nadležnostima definisanim članom 13 Pravilnika o organizaciji i radu sistema za osiguranje i unapređenje kvaliteta na Univerzitetu Crne Gore, a u vezi sa prijavom teme master rada pod nazivom „Sinteza aktivnog ugljenika dopiranog azotom iz otpadne biomase i njegova primjena u superkondenzaorima“ kandidatkinje Marije Rašević, Odbor za monitoring master studija, na sjednici od 14.03.2022. godine, daje sljedeće

MIŠLJENJE

Prijava teme master rada pod nazivom „Sinteza aktivnog ugljenika dopiranog azotom iz otpadne biomase i njegova primjena u superkondenzaorima“ kandidatkinje Marije Rašević, sadrži elemente propisane Formularom za prijavu teme master rada, u skladu sa članom 22 Pravila studiranja na postdiplomskim studijama. Odbor predlaže sprovođenje dalje procedure, uz obavezu Komisije za postdiplomske studije da prati dalji tok izrade master rada i usklađenost sa predloženom prijavom teme.

Napomena: U toku rasprave povodom predmetne prijave, u cilju unapređenja samog master rada, na sjednici Odbora konstatovano je da se radi o veoma kvalitetnoj prijavi i posebno naglašeno da su istraživačke hipoteze odlično formulisane. U Prijavi rada metode istraživanja su prilično sažeto prikazane, tako da se očekuje da u budućem radu budu detaljno opisane, kako bi se omogućila reproducibilnost istraživanja.

U Poglavlju VII Struktura rada trebalo bi, ukoliko je moguće, jasnije izdvojiti Rezultate rada kao cjelinu, ili odvojeno (prije Diskusije rezultata) ili kao poglavlje Rezultati i diskusija. Odbor sugeriše da se u budućem master radu povede računa o pravilnom navođenju literature, u skladu sa izabranim stilom. Na primjer, u referenci 3. skraćena "et al." navedena je poslije trećeg autora rada, a u referenci 14. navedeno je svih 10 autora.

ZA ODBOR ZA MONITORING MASTER STUDIJA
Prof. dr Sanja Peković



UNIVERZITET CRNE GORE

ODBORU ZA MONITORING MASTER STUDIJA

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURGIJSKO TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj: 424/1
01-03 22
Podgorica, 20. god.

PREDMET: Saglasnost

Shodno članu 17. Pravila studiranja na postdiplomskim/master studijama Univerziteta Crne Gore, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a je razmotrila dostavljenu dokumentaciju za prijavu teme master rada Marije Rašević, Spec. Sci. Hemijske tehnologije, i saglasna je da je dostavljena dokumentacija u skladu sa Pravilima studiranja na postdiplomskim/master studijama Univerziteta Crne Gore, kao i da navedena tema ispunjava uslove za izradu master rada.

Predsjednik Komisije



Prof. dr Ivana Bošković

UNIVERZITET CRNE GORE

METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj 424
Podgorica, 01-03-2022. god.

PREDMET: Saglasnost

Shodno Vašem dopisu broj 407 od 25.02.2022. godine, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a dostavlja Izvještaj za davanje saglasnosti na podnesenu prijavu teme za izradu master rada kandidatkinje Marije Rašević, Spec. Sci. Hemijske tehnologije, pod nazivom: **"Sinteza aktivnog ugljenika dopiranog azotom iz otpadne biomase i njegova primjena u superkondenzatorima"**.

Prema članu 17. Pravila studiranja na postdiplomskim/master studijama Univerziteta Crne Gore, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a je razmotrila dostavljenu dokumentaciju za prijavu teme master rada kandidatkinje Marije Rašević, Spec. Sci. Hemijske tehnologije, i saglasna je da je dostavljena dokumentacija u skladu sa Pravilima studiranja na postdiplomskim/master studijama Univerziteta Crne Gore, kao i da navedena tema ispunjava uslove za izradu master rada.

Komisija u sastavu:

1. Prof. dr Ivana Bošković, predsjednik
2. Prof. dr Kemal Delijić, član
3. Prof. dr Zorica Leka, član

Broj. 406/1 22
Podgorica, 29.04 2021 god.

PRIJAVA TEME MASTER RADA (popunjavanje magistranda u saradnji sa mentorom)		Studijska godina 2021/22.
OPŠTI PODACI MAGISTRANDA		
Ime i prezime:	Marija Rašević	
Fakultet:	Metalurško-tehnološki fakultet	
Studijski program:	Hemijska tehnologija	
Godina upisa master studija:	2020.	

LIČNE INFORMACIJE**Marija Rašević** IV cmogorska, P+4/6, Nikšić, 81400, Crna Gora. +38268238300 marija.rasevic98@gmail.comPol ☐ Datum rođenja 30/07/1998 | Državljanstvo Bosne i Hercegovine**OBRAZOVANJE I
OSPOSOBLJAVANJE**

Upišite datume (od - do) 2020-2022. Master student Hemijske tehnologije
2017-2020. BSc Hemijske tehnologije
2013-2017. Gimnazija „Stojan Cerović“ Nikšić

Zamijenite nivoom
CKO-a ako je
primjenjivo

Metalurško-tehnološki fakultet, Podgorica, UCG

Gimnazija „Stojan Cerović“ Nikšić, opšti smjer

- Za vrijeme studija upoznali smo se sa osnovnim hemijskim zakonima, hemijskim reakcijama, tehnološkim procesima, strukturom materije i njenim analiziranjem pomoću različitih metoda i kako primjeniti stečeno znanje iz ovih oblasti u industriji.

**LIČNE VJEŠTINE I
KOMPETENCIJE**

Maternji jezik	Crnogorski jezik				
Ostali jezici	RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
	Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	
Engleski jezik	B2	B2	B2	B2	B2
Španski jezik	B2	B2	B2	B2	B2
Njemački jezik	B1	B2	A2	B1	B2

Komunikacione vještine Upišite svoje komunikacione vještine. Navedite u kojem su kontekstu stečene.

Društvena i komunikativna. Iskustvo stečeno učešćem u raznim projektima, kursovima i ljetnjoj školi u *online* formatu.

Organizacione / rukovodeće vještine Upišite svoje organizacione / rukovodeće vještine. Navedite u kojem su kontekstu stečene.

Razvijene liderske vještine, sposobna za motivisanje i podsticanje drugih da djeluju. Velika sposobnost u planiranju, upravljanju vremenom, postavljanju glavnih ciljeva i ispunjavanju istih u zadatom roku. Iskustvo stečeno učešćem u kursovima koji za cilj imaju unapređivanje liderskih vještina i upoznavanje mladih sa istraživačkim trendovima i istraživačkom kulturom.

Digitalna kompetencija
SAMOPROCJENA

Obrada informacija	Komunikacija	Stvaranje sadržaja	Sigurnost	Rješavanje problema
Samostalna upotreba	Samostalna upotreba	Samostalna upotreba	Samostalna upotreba	Samostalna upotreba

Nivoi: Elementarna upotreba - Samostalna upotreba - Kompetentna upotreba

Osnovno znanje AutoCad-a.

DODATNE INFORMACIJE

Projekti Učestvovala sam u projektu „Materijali za skladištenje energije“, čiji je rukovodilac prof. dr Veselinka Grudić (2019-2020).

Priznanja i nagrade Certifikati o završenim kursevima:

1. Interkalatni materijali za litijum-jonske baterije;
2. Elektroodni materijali za superkondenzatore;
3. *MCAA Spring School „From Research to Innovation“.*

Naslov rada <i>Tema mora biti aktuelna, nova, naslov treba precizno da odražava cilj i predmet istraživanja.</i>	Sinteza aktivnog ugljenika dopiranog azotom iz otpadne biomase i njegova primjena u superkondenzatorima
I UVOD	
U uvodnom dijelu dati obrazloženje naziva rada (≤ 1200 karaktera) <i>Argumentovanim naučnim stilom obrazložiti aktuelnost i primjerenost predložene teme.</i>	Iscrpljivanje fosilnih goriva i sve strožiji zahtjevi u oblasti zaštite životne sredine zahtijevaju intenzivan razvoj održivih tehnologija za skladištenje energije visokih performansi, kako bi se zadovoljile globalne energetske potrebe. Superkondenzatori, zahvaljujući velikoj gustini snage, brzom punjenju i stabilnosti tokom višestrukog punjenja i pražnjenja se smatraju perspektivnim uređajima za skladištenje energije [1]. Elektroodni materijali superkondenzatora određuju njihove elektrohemijske performanse. Zbog toga se ulažu ogromni naponi u cilju razvoja novih elektroodnih materijala superkondenzatora. Među elektroodnim materijalima, ugljenični materijali, zahvaljujući velikoj specifičnoj površini, poroznosti, dobroj elektronskoj provodljivosti i stabilnosti, sve više privlače pažnju istraživača. Međutim, široko rasprostranjen razvoj funkcionalnih ugljeničnih materijala je ograničen odgovarajućim prekursorima na bazi fosilnih goriva (npr. uglja, pepela i asfalta) kao i energetski zahtjevnim procesima sinteze. Rješenje ovog problema je korišćenje biomase kao jeftine, obnovljive i ekološki prihvatljive sirovine za proizvodnju aktivnog ugljenika. Nažalost, direktna karbonizacija biomase bez ikakvih aditiva rezultuje proizvodom male specifične površine i niske poroznosti [2,3]. Poboljšanje ovih osobina može se postići korišćenjem hemijskih aktivatora, kao na primjer KOH, NaOH, ZnCl₂, H₃PO₄ [4-6]. Alternativni pristup za dalje povećanje specifične kapacitivnosti ugljenika je dopiranje heteroatomima [7]. Dakle, ideja ovog rada je korišćenje otpadne biomase iz industrije vina kao ekonomski i ekološki prihvatljivog prekursora za sintezu ugljeničnih materijala. Hemijskom aktivacijom pomoću ZnCl₂ i dopiranjem azotom dobiće se visokoporozni aktivni ugljenik, obogaćen funkcionalnim grupama azota sa ciljem njegove primjene kao elektroodnog materijala u superkondenzatorima vodenog tipa.

Predmet istraživanja

(≤ 1200 karaktera)

Koncizno obrazložiti predmet istraživanja.

Predmet istraživanja ove master teze je sinteza aktivnog ugljenika karbonizacijom jeftinog i obnovljivog izvora - grančica vinove loze koje nastaju kao otpad prilikom rezidbe vinograda. Predkarbonizacijom biomase pomiješane sa ureom kao izvorom azota dobiće se biouglj. U sljedećoj fazi vršiće se hemijska aktivacija koja podrazumijeva impregnaciju biougla sa odgovarajućim reagensom za aktivaciju kao što su: KOH, K₂CO₃, NaOH, Na₂CO₃, AlCl₃, ZnCl₂, H₃PO₄ i H₂SO₄, a zatim zagrijavanje u inertoj atmosferi, u cilju dobijanja porozne strukture. U ovom radu, zbog niza prednosti u odnosu na ostale aktivatore (spriječava stvaranje katrana, obezbjeđuje veći prinos jer hemijski ne reaguje sa ugljenikom, vrši aktivaciju na nižoj temperaturi), koristiće se ZnCl₂. Na ovaj način sintetisani aktivni ugljenik će biti okarakterisan primjenom fizičko-hemijskih metoda analize u smislu određivanja specifične površine, poroznosti, prisustva površinskih funkcionalnih grupa. Ispitivanje potencijalne primjene dobijenih ugljeničnih materijala u superkondenzatorima vršiće se primjenom elektrohemijskih metoda u vodenim elektrolitičkim rastvorima. Poseban akcenat će biti na ispitivanju uticaja dopiranja na elektrohemijske performanse ugljeničnih materijala. U tom smislu sintetisaće se aktivni ugljenik pod istim uslovima, ali bez dodatka uree i izvršiti poređenje sa azotom dopiranim aktivnim ugljenikom.

Pregled dosadašnjih istraživanja (pozvati se na najmanje 10 primarnih referenci na kojima se istraživanje bazira, od toga minimum 5 iz posljednjih 10 godina ≤ 6000 karaktera) <i>Pregled dosadašnjih istraživanja je narativan. Prikazati stanje u oblasti nauke u vezi sa predmetom istraživanja.</i>	Jeftini i efikasni ugljenični elektrodni materijali sistema za skladištenje energije postaju sve veći prioritet, između ostalog, zbog globalno sve većeg udjela obnovljivih izvora energije, kao i zbog elektrifikacije transportnog sektora. Ove činjenice opravdavaju sve intenzivnija istraživanja koja omogućavaju ekološki i ekonomski održivu proizvodnju elektrodnih materijala visokog specifičnog kapaciteta, a koji će omogućiti zadovoljavajuće performanse sistema za skladištenje energije. Među elektrodnim materijalima superkondenzatora aktivni ugljenici na bazi biomase, zbog dostupnosti i obnovljivosti biomase, kao i činjenice da se uslovima sinteze mogu podesiti morfološke i teksturalne karakteristike, su predmet intenzivnih istraživanja. Strukturna raznolikost biomase značajno utiče na strukturu sintetisanih ugljenika. Istraživanja su usmjerena na ispitivanje različitih tipova biomase, kao što je bambus [9], pšenična slama [10], ljuske sjemena čaja [11], zrno soje [12] i sl. Pošto je azot jedan od najrasprostranjenijih elemenata u sastavu biomase, azotom dopirani ugljenični materijali su veoma aktuelni za primjenu u superkondenzatorima. Biougalj dopiran azotom može se sintetisati na dva načina. Jedan način je direktnom karbonizacijom biomase bogate azotom, dok drugi podrazumijeva tretiranje biomase supstancama koje sadrže azot (urea, polipirrol, melamin, itd.) [7, 13]. Karbonizacijom komine grožđa pomiješane sa ureom kao izvorom azota sintetisan je jeftin i visoko porozan biougalj velike specifične površine (2221,4 m²/g) i visokog kapaciteta (446,0 F/g pri gustini struje od 0,1 A/g u 1 M rastvoru H₂SO₄) [14]. Zahvaljujući ovim osobinama sintetisani aktivni ugljenik se može koristiti kao ekonomičan, ekološki prihvatljiv i visoko kapacitivan elektrodni materijal u superkondenzatorima. Korišćenjem uree kao izvora azota i korijena lotosa kao prekursora, hemijskom aktivacijom pomoću MgCl₂ sintetisan je porozni ugljenik veoma dobrih elektrohemijskih performansi [15]. Istim postupkom je sintetisan porozni ugljenik iz crne soje i kukuruza. Rezultati istraživanja su pokazali veliku kapacitivnost i mnogobrojne defekte u strukturi, što omogućava primjenu aktivnog ugljenika kao elektrode u superkondenzatorima. Li i saradnici su pokazali da porozni biougalj dopiran azotom sintetisan iz pasulja kao prekursora dostiže visok specifični kapacitet od 284,0 F/g pri gustini struje od 0,1 A/g u 6 M rastvoru KOH [16]. Slične vrijednosti kapaciteta pokazuje i azotom dopiran ugljenični materijal dobijen iz glukoze hemijskom aktivacijom, uz korišćenje melamina kao izvora azota [17].
--	---

III HIPOTEZA/ISTRAŽIVAČKO PITANJE

Hipoteza/e istraživanja i/ili istraživačko/a pitanje/a sa obrazloženjem
(≤ 2400 karaktera)

Jasno definisati hipotezu/e i/ili istraživačka pitanja. Hipoteza treba da sadrži ključne riječi iz naslova, odnosno predmeta istraživanja.

Osnovne hipoteze planiranog istraživanja su:

1. Termohemijskom konverzijom otpadne biomase nastale rezidbom vinograda može se sintetisati aktivni ugljenik.
2. Podešavanjem vremena i temperature karbonizacije kao i izborom pogodnog hemijskog aktivatora moći će se manipulirati morfološkim i teksturalnim karakteristikama koje direktno utiču na elektrohemijske performanse sintetisanih ugljenika.
3. Dopiranje heteroatomima povećava se specifični kapacitet ugljeničnih materijala kroz izraženo pseudokapacitivno ponašanje.
4. Visoke vrijednosti specifičnog kapaciteta aktivnih ugljenika i stabilnost kapaciteta tokom cikliranja će omogućiti njihovu potencijalnu primjenu kao elektrodnih materijala superkondenzatora.

Kao prirodna mješavina ugljovodonika, otpadna biomasa dostupna u velikom obimu je dobar prekursor za proizvodnju ugljeničnih materijala. Karbonizacija biomase u cilju dobijanja konačnog produkta je sa druge strane jedan od vrlo atraktivnih i ekonomski isplativih načina rješavanja problema otpada u Crnoj Gori.

U zavisnosti od uslova pod kojim se karbonizacija vrši (temperatura, vrsta prekursora, vrsta aktivatora, vrijeme karbonizacije...), dobijaju se krajnji proizvodi različitih karakteristika. Prilikom dobijanja ugljeničnih materijala termičkom razgradnjom čvrstih materijala, dobijaju se materijali amorfnе strukture sa velikim brojem otvorenih pora ako je oslobađanje isparljivih supstanci brzo, i na taj način dobijaju se visoko porozni materijali velike specifične površine. Jedan od načina da se dobiju takvi materijali je hemijska aktivacija, a najčešće korišćeni aktivatori su $ZnCl_2$, H_3PO_4 , $NaOH$, KOH , K_2CO_3 ...

Uslovima sinteze može se kontrolisati i površina ugljeničnog materijala, a samim tim i njegova sposobnost skladištenja naelektrisanja. Odabirom odgovarajućih prekursora (prirodnih ili sintetičkih) tokom sinteze može se postići širok dijapazon kapacitivnih svojstava, u rasponu od vrlo niskog do ekstremno visokog. Različite strategije su razvijene u cilju hemijske ili elektrohemijske modifikacije površine ugljenika, poboljšavajući tako gustinu energije kondenzatora. Ugljenični materijali dopirani heteroatomima kao što su S, N, P, B i kiseoničnim grupama predstavljaju zanimljive alternative aktivnom ugljenu komercijalnih kondenzatora. N-dopirani ugljenik je predložen kao najbolja alternativna elektroda za komercijalne kondenzatore na bazi aktivnog ugljenika.

IV METODE

Naučne metode koje će biti primijenjene u istraživanju

(≤ 3000 karaktera)

Detaljno navesti i obrazložiti koje će se metode koristiti kako bi se testirale hipoteza/e i/ili istraživačka pitanja.

Planiranim istraživanjem biće obuhvaćena karakterizacija sintetisanih aktivnih ugljenika sljedećim metodama:

1. **Rendgenskom difrakcionom analizom (XRD)** će biti dokazana amorfna struktura aktivnih ugljenika, kao i eventualno prisustvo nekih drugih elemenata ili jedinjenja u strukturi, zatim nečistoća itd.
2. **BET metodom** će se odrediti specifična površina i poroznost sintetisanih materijala.
3. **Skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM) i energetskom disperzionom spektroskopijom (EDS)** biće određena struktura na mikronskom nivou i elementarna analiza dobijenih aktivnih ugljenika. Na ovaj način će se utvrditi morfologija i mikrostruktura sintetisanih materijala.
4. **Infracrvenom spektroskopijom sa Furijeovom transformacijom (FTIR)** biće analiziran proces formiranja aktivnog ugljenika od polaznog prekursora, kao i promjena funkcionalnih grupa.
5. **Cikličnom voltametrijom (CV)** biće ispitana priroda dvojnog električnog sloja dobijenih aktivnih ugljenika, sa različitim raspodjelom mikro/mezopora, u različitim vodenim elektrolitima (KOH, H₂SO₄ i Na₂SO₄), sa akcentom na kulonski kapacitet materijala i doprinos pseudokapacitivnosti u ukupnoj vrijednosti kapaciteta.
6. **Hronopotencijometrijom** će biti utvrđena vrijednost specifičnih kapaciteta aktivnih ugljenika u različitim vodenim elektrolitima, kao i njegova stabilnost tokom višestrukog punjenja/praznjenja.

V OČEKIVANI REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NAUČNI DOPRINOS

Očekivani rezultati istraživanja, primjena i naučni doprinos

(≤ 3000 karaktera)

Koncizno navesti važnije očekivane rezultate. Ukazati na eventualnu praktičnu primjenu rezultata istraživanja. Sažeto navesti očekivani doprinos rada u odnosu na postojeća istraživanja.

Istraživanjem u okviru ovog master rada očekuje se da se inovativnim postupkom karbonizacije iz ekonomski isplative i dostupne otpadne biomase sintetiše aktivni ugljenik sa razvijenom specifičnom površinom i razvijenom poroznošću koji bi mogao da se koristi kao elektrodni materijal superkondenzatora. Sa druge strane, dopiranje azotom će značajno uticati na kapacitivno ponašanje sintetisanog aktivnog ugljenika. Očekuje se da se djelimičnom supstitucijom ugljenika azotom u aktiviranim ugljenicima, indukuje sinergijsko dejstvo između visoke specifične površine samog aktiviranog ugljenika i pseudofaradejskih procesa u kojima učestvuju azotne površinske grupe, što će rezultovati visokom vrijednošću specifičnog kapaciteta. Pored toga, usljed smanjenja hidrofobnosti ugljenične površine, koje je uzrokovano formiranjem kiseoničnih i azotnih grupa na površini, očekuje se poboljšana interakcija između elektrolita i samog materijala, a time i skladištenje veće količine naelektrisanja.

Izbor pogodnog vodenog elektrolitičkog rastvora u kojem sintetisani aktivni ugljenik pokazuje najbolje elektrohemijske performanse omogućice njegovu potencijalnu primjenu u superkondenzatorima vodenog tipa. Vodeni kondenzatori su ekološki mnogo prihvatljiviji i znatno jeftiniji u odnosu na, do sada proizvedene i komercijalizovane, kondenzatore organskog tipa. S obzirom na cijenu komercijalnih aktivnih ugljenika, u savremenoj naučno-istraživačkoj praksi akcenat se stavlja na dobijanje površinski aktivnih materijala iz novih, do sada neispitivanih organskih prekursora. Ideja je da se razvije potpuno nova, jednostavna i ekonomična metoda sinteze aktivnog ugljenika hemijskom aktivacijom, kao i postupkom dopiranja kao jednim od efikasnih načina povećanja kapacitivnosti elektrodnog materijala. Aktivni ugljenici sintetisani karbonizacijom grančica vinove loze biće podvrgnuti fundamentalnoj karakterizaciji i detaljnim elektrohemijskim ispitivanjima u vodenim elektrolitičkim rastvorima. Cilj je da se utvrde njihova fizičko-hemijska svojstva, temeljno ispita priroda dvojnog sloja i udio pseudokapacitivnosti u ukupnoj vrijednosti kapaciteta (u različitim uslovima rada), kao i zavisnost elektrohemijskih performansi od osobina materijala.

Dakle, rezultati ovih istraživanja daće poseban doprinos u pogledu rješavanja problema otpadne biomase kroz dizajniranje i optimizaciju potpuno novih postupaka sinteze aktivnih ugljeničnih materijala visokih elektrohemijskih performansi. Sa druge strane, razvoj prototipa vodenog superkondenzatora, na bazi aktivnog ugljenika dobijenog iz biomase koji će biti uporediv sa komercijalnim, imao bi značajan doprinos u pogledu smanjenja troškova i povećanja bezbjednosti postojećih tehnologija skladištenja naelektrisanja.

VI DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Ograničenja i dalji pravci u istraživanju

(≤ 1800 karaktera)

Diskusija o mogućim prijedlozima za buduća istraživanja u ovoj oblasti i njihovoj opravdanosti (putem rezultata istraživanja ili literature). Identifikovati i opisati potencijalna ograničenja istraživanja. Rezultate i doprinose istraživanja je potrebno razmotriti u svjetlu ograničenja – npr. teorijski i konceptualni problemi, problemi metodoloških ograničenja, nemogućnost odgovora na istraživačka pitanja i tome slično.

Bilo koji materijal bogat ugljenikom može se uz optimizaciju procesnih parametara uspješno transformisati u aktivni ugljenik. Stoga bi buduća istraživanja trebalo usmjeriti na karbonizaciju drugih vrsta otpadne biomase (iz industrije vina, piva, koštice voća i sl.).

Aktivni ugljenici, zbog niza već navedenih prednosti, imaju značajnu ulogu u komercijalnim superkondenzatorima. Za razliku od amornog aktivnog ugljenika, grafitni ugljenik zahvaljujući uređenoj strukturi posjeduje visoku električnu provodljivost i odličnu termičku i hemijsku stabilnost. Zahvaljujući navedenim osobinama grafit se primjenjuje u baterijama, gorivnim ćelijama, solarnim ćelijama, superkondenzatorima i u proizvodnji grafena.

Stoga bi buduća istraživanja trebalo usmjeriti ka sintezi grafitizovanog ugljenika polazeći od biomase kao sirovine. Poželjna strategija za konverziju biomase u grafitne ugljenične materijale na relativno niskim temperaturama je katalitička grafitizacija. Ova metoda generalno zahtijeva katalizator prelaznog metala koji sadrži željezo [18-20], nikal [21], kobalt [22], hrom ili mangan za transformaciju amornog ugljenika u uređene grafitizovane strukture ugljenika.

VII STRUKTURA RADA

Struktura rada po poglavljima:

Voditi računa da naslovi poglavlja budu jasno formulisani.

Struktura rada će obuhvatiti sljedeća poglavlja:

- **Uvod** u kojem će se ukazati na značaj sistema za skladištenje energije i aktivnih ugljenika dobijenih konverzijom otpadne biomase kao elektrodnih materijala superkondenzatora. Takođe će biti definisana oblast, predmet i cilj istraživanja.
- **Teorijski dio** koji će dati uvid u:
 - značaj, vrste i princip rada elektrohemijskih kondenzatora;
 - vrste ugljeničnih materijala;
 - elektrodne materijale i elektrolite superkondenzatora;
 - metode termohemijske konverzije biomase, sa posebnim osvrtom na hemijsku aktivaciju;
 - način i značaj dopiranja azotom ugljeničnih materijala;
 - pregled dosadašnjih istraživanja u oblasti sinteze azotom dopiranih ugljeničnih materijala karbonizacijom biomase uz hemijsku aktivaciju.
- **Eksperimentalni dio** će sadržati:
 - opis eksperimentalnog rada kojim će biti obuhvaćena metodologija ispitivanja konverzije biomase postupkom karbonizacije i primjena dobijenog aktivnog ugljenika u superkondenzatorima;
 - pripremu biomase (pranje, mljevenje, odvajanje frakcija određene granulacije);
 - opis samog procesa sinteze aktivnog ugljenika;
 - pripremu rastvora i elektroda za elektrohemijska ispitivanja;
 - eksperimentalne tehnike za karakterizaciju uzoraka (opisane u poglavlju Naučne metode).
- **Rezultati i diskusija** će obuhvatiti prikaz elektrohemijskih spektara i slike strukture materijala dobijene korišćenjem elektronskog mikroskopa i detaljnu analizu dobijenih rezultata, što podrazumijeva:
 - analizu uticaja uree kao izvora azota i ZnCl_2 kao aktivatora na morfološke, strukturne i površinske osobine dobijenog aktivnog ugljenika;
 - analizu elektrohemijske aktivnosti i poređenje vrijednosti specifičnih kapaciteta sintetisanih aktiviranih i neaktiviranih materijala sa i bez dodatka uree, kao i stabilnosti kapaciteta tokom višestrukog punjenja i pražnjenja;
 - analizu uticaja vodenih elektrolitičkih rastvora (H_2SO_4 , KOH i NaOH) na elektrohemijske performanse sintetisanih materijala sa aspekta skladištenja naelektrisanja na ugljeničnoj površini.
- **Zaključak** u kojem će biti sumirani zaključci proistekli iz rezultata magistarskog rada. Takođe, biće predloženi mogući pravci daljih istraživanja u ovoj oblasti.
- **Literaturu** sa navedenim relevantnim radovima iz oblasti istraživanja.

VIII LITERATURA

Literaturu citirati u APA, MLA, Harvard, Čikago, Vankuver ili nekom drugom stilu, primjenjivijem za određenu oblast nauke, pritom voditi računa da navođenje literature bude dosljedno. Sve navedene reference moraju biti citirane u tekstu prijave.

- [1] Gong, Y.N.; Li, D.L.; Luo, C.Z.; Fu, Q.; Pan, C. Highly porous graphitic biomass carbon as advanced electrode materials for supercapacitors. *Green Chem.* 2017, 19, 4132–4140.
- [2] Chen, Q.; Tan, X.F.; Liu, Y.G.; Liu, S.; Li, M.; Gu, Y., et al. Biomass-derived porous graphitic carbon materials for energy and environmental applications. *J. Mater. Chem. A* 2020, 8, 5773–5811.
- [3] Long, W.; Fang, B.Z.; Ignaszak, A.; Wu, Z.; Wang, Y.; Wilkinson, D. Biomass-derived nanostructured carbons and their composites as anode materials for lithium ion batteries. *Chem. Soc. Rev.* 2017, 46, 7176–7190.
- [4] Lin, G.; Ma, R.; Zhou, Y.; Liu, Q.; Dong, X.; Wang, J. KOH activation of biomass-derived nitrogen-doped carbons for supercapacitor and electrocatalytic oxygen reduction. *Electrochim. Acta* 2018, 261, 49–57.
- [5] Hu, L.; Zhu, Q.; Wu, Q.; Li, D.; An, Z.; Xu, B. Natural biomass-derived hierarchical porous carbon synthesized by an in situ hard template coupled with NaOH activation for ultrahigh rate supercapacitors. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2018, 6, 13949–13959.
- [6] Elmouwahidi, A.; Bailón-García, E.; Pérez-Cadenas, A. F.; Maldonado-Hódar, F. J.; Carrasco-Marín, F. Activated carbons from KOH and H₃PO₄-activation of olive residues and its application as supercapacitor electrodes. *Electrochim. Acta* 2017, 229, 219–228.
- [7] Wang, B.; Wang, Y.; Peng, Y.; Wang, X.; Wang, N.; Wang, J., et al. Nitrogen-doped biomass-based hierarchical porous carbon with large mesoporous volume for application in energy storage, *Chem. Eng. J.* 2018, 348, 850–859.
- [8] Hulicova, D.; Kodama, M.; Hatori, H. Electrochemical Performance of Nitrogen-Enriched Carbons in Aqueous and Non-Aqueous Supercapacitors. *Chemistry of Materials* 2006, 18, 2318–2326.
- [9] Zhang, G.; Chen, Y.; Chen, Y.; Guo, H. Activated biomass carbon made from bamboo as electrode material for supercapacitors. *Mater. Res. Bull.* 2018, 102, 391–398.
- [10] Du, W.; Zhang, Z.; Du, L.; Fan, X.; Shen, Z.; Ren, X., et al. Designing synthesis of porous biomass carbon from wheat straw and the functionalizing application in flexible, all-solidstate supercapacitors. *J. Alloys Compd.* 2019, 797, 1031–1040.
- [11] Quan, C.; Jia, X.; Gao, N. Nitrogen-doping activated biomass carbon from tea seed shell for CO₂ capture and supercapacitor. *Int. J. Energy Res.* 2020, 44, 1218–1232.
- [12] Wang, S.; Sun, W.; Yang, D. S.; Yang, F. Conversion of soybean waste to sub-micron porous-hollow carbon spheres for supercapacitor via a reagent and template-free route. *Mater. Today Energy* 2019, 13, 50–55.
- [13] Li, B.; Dai, F.; Xiao, Q. F.; Yang, L.; Shen, J.M.; Zhang, C. M., et al. Nitrogen-doped activated carbon for a high energy hybrid supercapacitor. *Energy Environ. Sci.* 2016, 9, 102–106.
- [14] Zhang, J.; Chen, H.; Bai, J.; Xu, M.; Luo, C.; Yang, L., et al. N-doped hierarchically porous carbon derived from grape marcs for high-performance supercapacitors. *Journal of Alloys and Compounds* 2021, 854, 157207.
- [15] Zhong, G.; Xu, S.; Chao, J.; Fu, X.; Liao, W.; Xu, Y., et al. Biomass-Derived Nitrogen-Doped Porous Carbons Activated by Magnesium Chloride as Ultrahigh-Performance Supercapacitors. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2020, 59, 21756–21767.
- [16] Li, Q.; Wu, X.; Zhao, Y.; Miao, Z.; Xing, L.; Zhou, J., et al. Nitrogen-doped hierarchical porous carbon through one-step activation of bean curd for highperformance supercapacitor electrode. *ChemElectroChem* 2018, 5, 1606–1614.
- [17] Wang, Y.; Xuan, H.; Lin, G.; Wang, F.; Chen, Z.; Dong, X. A melamine-assisted chemical blowing synthesis of N-doped activated carbon sheets for supercapacitor application. *J. Power Sources* 2016, 319, 262–270.
- [18] Gai, C.; Zhu, N.; Hoekman, S. K.; Liu, Z.; Jiao, W.; Peng, N. Highly dispersed nickel nanoparticles supported on hydrochar for hydrogen-rich syngas production from catalytic reforming of biomass. *Energy Convers. Manage.* 2019, 183, 474–484.

- [19] El Oualid, S.; Lachat, R.; Candusso, D.; Meyer, Y. Characterization process to measure the electrical contact resistance of Gas Diffusion Layers under mechanical static compressive loads. *Int. J. Hydrogen Energy* 2017, 42, 23920–23931.
- [20] Qin, H.; Zhou, Y.; Bai, J.; Zhu, B.; Ni, Z.; Wang, L., et al. Ligninderived thin-walled graphitic carbon-encapsulated iron nanoparticles: growth, characterization, and applications, *ACS Sustain. Chem. Eng.* (2017, 5, 1917–1923.
- [21] Chen, C.; Sun, K.; Wang, A.; Wang, S.; Jiang, J. Catalytic graphitization of cellulose using nickel as catalyst. *BioResources* 2018, 13, 3165–3176.
- [22] Li, S. S.; Wang, J. K.; Zhu, Q.; Zhao, X. W.; Zhang, H. J. Fabrication of graphitic carbon spheres via a hydrothermal carbonization combined catalytic graphitization method using cobalt as catalysts. *Solid State Phenom.* 2018, 281, 807–812.

PRIJEDLOG ZA MENTORA:

U skladu sa članom 15 stav 1 i članom 16 Pravila studiranja na master studijama,
predlažem prof. dr Veselinku Grudić za mentora i podnosim prijavu teme master rada pod
nazivom

Sinteza aktivnog ugljenika dopiranog azotom iz otpadne biomase i njegova primjena u
superkondenzatorima

Potpis studenta:

.....*Marija Rašević*.....
Marija Rašević, 3/20

**SAGLASNOST MENTORA ZA PRIHVATANJE
MENTORSTVA I PRIJAVE TEME MASTER RADA:**

Potpis mentora:

.....*V. Grudić*.....
Prof. dr Veselinka Grudić

Potpis komentora:

.....
Prof. dr / Doc. dr, ime i prezime (dopunite)

* **NAPOMENE:**

- Definirati termine – objašnjenje svih termina koji su upotrijebljeni u prijavi teme master rada, a koji nisu uobičajeni, po mogućnosti pronaći i sličnu interpretaciju koja bi bila razumljivija;
- Koristiti opciju *italic* za naslove slika, tabela, crteža i grafikona; kao i za sve strane riječi i izraze;
- Navesti reference za sve ideje, koncepte, dijelove teksta i podatke koji nisu lični i nisu nastali kao rezultat istraživanja. Neadekvatno navođenje referenci može izazvati sumnju da je rad plagijat;
- Strogo voditi računa o pravopisu i gramatici;
- Naziv rada (radni), hipoteze i ciljevi istraživanja moraju biti usklađeni.

Napominjemo da se nepotpuna dokumentacija neće razmatrati – dostavljene prijave tema master radova moraju sadržati sve navedene elemente. Nadležni na fakultetskoj jedinici, kao i studenti, u obavezi su da se pridržavaju dostavljene forme za izradu prijave teme master rada