

UNIVERZITET CRNE GORE
VIJEĆU METALURŠKO – TEHNOLOŠKOG FAKULTETA
PODGORICA

PREDMET: Izvještaj komisije za ocjenu magistarskog rada pod nazivom „**Izrada i razvoj metodologije za kontrolu kvaliteta vazduha pomoću 3D štampe i web kamere**“, kandidata Ivane Banićević, Spec. Sci. hemijske tehnologije.

Na osnovu odredbi Statuta Univerziteta Crne Gore, i odredbi Pravila studiranja na postdiplomskim studijama Univerziteta Crne Gore, Vijeće Metalurško-tehnološkog fakulteta na sjednici održanoj 15.10.2019. godine, imenovalo je komisiju za ocjenu magistarskog rada pod nazivom „**Izrada i razvoj metodologije za kontrolu kvaliteta vazduha pomoću 3D štampe i web kamere**“, kandidata Ivane Banićević, Spec. Sci. hemijske tehnologije.

Nakon uvida u kompletan priloženi materijal Komisija u sastavu:

Prof. dr Vesna Vukašinović Pešić, MTF, Podgorica, predsjednik;
Prof. dr Nada Blagojević, MTF, Podgorica, mentor;
Doc. dr Aleksandar Radu, Univerzitet u Keele-u, Ujedinjeno Kraljevstvo, član;

podnosi

I Z V J E Š T A J

Izvještaj o magistarskom radu

Magistarski rad „**Izrada i razvoj metodologije za kontrolu kvaliteta vazduha pomoću 3D štampe i web kamere**“, kandidata Ivane Banićević, Spec. Sci. hemijske tehnologije, urađen je u skladu sa odobrenjem koje je za ovu temu dalo Vijeće ovog fakulteta.

Rad je prikazan na 82 stranice i sadrži: Izvod, Abstract, Uvod, Teorijski dio, Eksperimentalni dio, Rezultate i diskusiju, Literaturu i Prilog. U tekst rada je uključeno 22 slike, 25 grafika i 19 tabela. Prilog rada sadrži programski kod u Python jeziku. U Literaturi je dat popis 60 referenci.

Postavljeni cilj rada

Cilj ovog rada je razvoj nove metodologije za monitoring koncentracije NO₂ u vazduhu pri čemu je, u tom cilju konstruisan i uzorkivač za vazduh. Neki od dijelova uzorkivača su odštampani 3D štampačem. Nova metodologija za određivanje koncentracije NO₂ se zasniva na kolorimetrijskoj

metodi koja je standardna metodologija za određivanje NO_2 , a podrazumijeva apsorpciju gasa u ispiralicama, razvijanje boje pomoću specifičnog hemijskog reagensa i određivanje koncentracije zagađivača UV/VIS spektrofotometrijom. Za razliku od standardne metodologije koja podrazumijeva spektrofotometrijsku analizu obojenih rastvora, u novoj metodologiji zamjenjuje se spektrofotometar kamerom i kompjuterom (Raspberry Pi). Cilj nove metodologije je određivanje koncentracije NO_2 slikanjem rastvora što omogućava određivanje koncentracije gasa na osnovu intenziteta boje rastvora. Ovakvim novim pristupom, analize bi u budućnosti mogle da se obavljaju brže s obzirom da za analizu nije neophodan odlazak u laboratoriju i jeftinije zbog dosta niže cijene kamere i kompjutera u odnosu na spektrofotometar.

U teorijskom dijelu dat je osvrt na:

- Tehnologiju 3D štampanja (uvod u tehnologiju 3D štampanja, istorija 3D štampanja, prednosti 3D štampe u odnosu na konvencionalne načine proizvodnje, 3D print dokument, vrste 3D štampe, materijali koji se koriste za 3D štampanje, primjena 3D štampe, primjena 3D tehnologije u hemiji)
- UV/VIS spektrofotometriju (apsorpcija UV/Vis svjetlosti, Lamber-Berov zakon, spektrofotometri)
- Kalibracione krive u instrumentalnim analizama (koeficijent determinacije, regresiona analiza, korelaciona analiza)
- Python programski jezik
- Raspberry Pi (Raspberry Pi kamera)

Eksperimentalni dio sadrži:

- Konstrukciju uzorkivača vazduha
- Primjenu 3D štampača
- Laboratorijski dio u kome je prikazana priprema reagenasa
- Programski kod za analizu NO_2 koji je razvijen u Python programskom jeziku
- Uzorkovanje vazduha i proračun

Rezultati i diskusija

- U cilju razvoja nove metodologije, konstruisan je uređaj za uzorkovanje vazduha. Konstrukcija uređaja podrazumijeva nabavku svih komponenti koje su sastavni dio klasičnih uzorkivača: ispiralica, rotamer, pumpa i cijevi. Pored klasičnih komponenti uzorkivača vazduha, u uređaju su prisutni i kamera sa kompjuterom (Raspberry Pi kompjuter). Neki od dijelova uređaja su odštampani primjenom 3D tehnologije štampanja.
- Spektrofotometrijskom analizom dobijeni su apsorpcioni spektri i kalibracione krive tri seta standardnih rastvora.
- U sklopu razvoja nove metodologije, najprije su podešeni optimalni uslovi analize (položaj osvjetljenja, intenzitet osvjetljenja, položaj kamere i slično).

Postavka optimalnih uslova analize je izvršena snimanjem nijansi obojenog papira i konstrukcijom kalibracione krive. Kalibracione krive dobijene su kao funkcija očitano^{og} intenziteta od brojne vrijednosti nijanse papira. Svako^j nijansi obojenog papira je dodijeljena brojna vrijednost, tako da je bijeli papir imao brojnu vrijednost 0, a najtamnija nijansa obojenog papira brojnu vrijednost 1.

Najbolji uslovi snimanja su postignuti kada se ostvari visoka vrijednost koeficijenta determinacije. Pokazano je da su optimalni uslovi kada je LED lampa postavljena dalje od papira, sa smanjenim intezitetom svjetlosti.

- Slikanjem obojenih rastvora u staklenim ispiralicama konstruisane su kalibracione krive koje predstavljaju očitani intenzitet u funkciji koncentracije rastvora. Zbog niskog koeficijenta determinacije koji se dobijaju usljed refleksije svjetlosti od strane stakla, ustanovljeno je da se sve naredne analize obavljaju slikanjem rastvora u plastičnim kivetama.
- Izvršena je provjera kalibracionih krivih dobijenih upotrebom nove metodologije, slikanjem rastvora poznate koncentracije i izračunavanjem relativne greške određivanja koncentracije novom metodologijom. Ustanovljeno je da je vrijednost relativne greške određivanja veća pri nižim koncentracijama rastvora što ukazuje da je osjetljivost određivanja koncentracije novom metodologijom manja kod razblaženijih rastvora, tj. rastvora manjeg intenziteta obojenosti.
- Novom metodologijom analizirani su realni uzorci. Uzorci su uporedo analizirani i spektrofotometrijski čime je omogućena provjera tačnosti određivanja koncentracije NO₂ u vazduhu novom metodologijom. Nakon svake analize, tabelarno su prikazane vrijednosti koncentracije NO₂ dobijene sa kalibracione krive, preračunate vrijednosti koncentracije NO₂ u vazduhu izražene u ppm-u i intervali 95% nivoa povjerenja. Uz to, tabelarno su upoređene vrijednosti koncentracije NO₂ dobijene spektrofotometrijski i novom metodologijom, tako što su u tabelama prikazane koncentracije dobijene spektrofotometrijski, koncentracije dobijene upotrebom kamere i Raspberry Pi-a, apsolutne greške određivanja novom metodologijom i relativna greška određivanja novom metodologijom. Ustanovljeno je da je interval povjerenja značajno veći kada se primjenjuje nova metodologija, a relativne greške određivanja koncentracije NO₂ novom metodologijom su manje kod uzoraka sa većom koncentracijom NO₂.
- Za dodatno upoređivanje standardne i nove metodologije upotrebljena je regresiona analiza koja je pokazala da ne postoji potpuna usaglašenost ove dvije metodologije.

Zaključak

- U cilju razvoja nove metodologije, konstruisan je uređaj za uzorkovanje vazduha. Ovim uređajem vrši se analiza koncentracije NO₂ u vazduhu upotrebom kamere i kompjutera.
- Neki od dijelova uređaja su odštampani 3D tehnologijom štampanja.

- Bolji rezultati postižu se slikanjem rastvora u plastičnim kivetama nego u staklenim ispiralicama. Kalibracione krive nastale slikanjem rastvora u plastičnim kivetama imaju veći koeficijent determinacije.
- Prilikom provjere kalibracionih krivih koje su konstruisane primjenom nove metodologije (slikanjem standardnih rastvora u plastičnim kivetama) utvrđeno je da se relativne greške određivanja koncentracije sa kalibracione krive razlikuju pri svakoj provjeri koja je izvršena. To ukazuje da su kod nove metodologije dominantne slučajne greške.
- Relativne greške određivanja koncentracije kod razblaženijih rastvora su veće, što novu metodologiju čini manje osjetljivom kada su u pitanju rastvori manjeg intenziteta obojenosti, tj. kada je u uzorcima zastupljena manja koncentracija NO₂.
- Prilikom uporedne analize uzoraka standardnom i novom metodologijom utvrđeno je da su standardne devijacije izračunatih koncentracija NO₂ značajno manje pri analizi standardnom metodologijom, da je interval za 95% nivo povjerenja značajno veći primjenom nove metodologije, a osjetljivost određivanja koncentracije novom metodologijom je manja kod rastvora svjetlije boje (rastvori niže koncentracije).
- Nova metodologija je upoređena sa spektrofotometrijskom, regresionom analizom. Vrijednosti korelacionog koeficijenta (0.978) i nagiba (0.9527) teže 1, a vrijednost odsječka (-0.0042) teži 0.
- Određivanje koncentracije NO₂ novom metodologijom je trenutno u svojoj ranoj fazi razvoja, ali je na dobrom putu da postane često korišćena metoda. Poboljšanje konstrukcije uzorkivača i modifikacija programskog koda omogućiti će da se u budućnosti koncentracija NO₂ očitava sa terena.

Zaključni stav i prijedlog

Na osnovu prezentovanih činjenica kandidat Ivana Banićević Spec. Sci. hemijske tehnologije je kvalitetno ovladala materijom koja se odnosi na *izradu i razvoj metodologije za kontrolu kvaliteta vazduha pomoću 3D štampe i web kamere*. Komisija je pozitivno ocijenila naučne i stručne kvalitete prezentovanog magistarskog rada pod nazivom „*Izrada i razvoj metodologije za kontrolu kvaliteta vazduha pomoću 3D štampe i web kamere*“ i sa zadovoljstvom predlaže Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta, Univerziteta Crne Gore u Podgorici da se kandidatu Ivani Banićević, Spec. Sci. hemijske tehnologije dozvoli odbrana magistarskog rada.

K o m i s i j a:

Prof. dr Vesna Vukašinović Pešić, MTF, Podgorica, predsjednik;

V. Vukašinović - Pešić

Prof. dr Nada Blagojević, MTF, Podgorica, mentor;

N. Blagojević

Doc. dr Aleksandar Radu, Keele University, Ujedinjeno Kraljevstvo, član;

Aleksandar Radu