

ECOLOGICA

UDC:502.7

ISSN 0354 - 3285

No - 96 • Beograd, 2019. • Godina XXVI

Samo u pretplati



Izdavač:

**Naučno-stručno Društvo za zaštitu
životne sredine Srbije "ECOLOGICA"**



SADRŽAJ – CONTENT

<i>Novica Ilić, Žaklina Spalević, Vladimir Džamić, Miloš Ilić</i>	
Reducing the number of chemical treatments by digitizing agriculture – law regulation and management	437
<i>Vladimir N. Bashkin, Rauf V. Galiulin</i>	
Ecological consequences of climate continentality strengthening in the Yamal peninsula (Russia)	443
<i>Adriana Jović Bogdanović, Milan Janković</i>	
Obezbeđenje sigurnosti i održivosti životne sredine u gradovima i naseljima	449
<i>Olja Munitlak Ivanović, Petar Mitić</i>	
Ekološka odgovornost u konceptu održivog razvoja i uticaj prirodnih katastrofa na rezilijentnost privrede	455
<i>Ljiljana Arsić, Nebojša Đokić, Jelena Premović, Ana Grbić</i>	
Uticaj prirodnih i tehnoloških katastrofa na povećanje broja „ekoloških izbeglica“	463
<i>Tripko Jerkić, Andrea Okanović, Simonida Vukadinović</i>	
Značaj ruralnog turizma za privlačenje kineskih turista u Srbiju	469
<i>Veselin Drljević, Violeta Šiljak, Života Stefanović, Dragan Toskić, Dragana Aleksić</i>	
Prirodni potencijali Lovčena za ekološki sportski turizam	475
<i>Снежана Милићевећ, Наташа Ђорђевић, Живана Крежућ</i>	
Крупњаско врело као нова еко-туристичка дестинација Србије	481
<i>Vera Stanković</i>	
Pravne regulative u oblasti zaštite šuma od prirodnih katastrofa u zaštićenim područjima	487
<i>Branislav Stankov, Dragan P. Gačić, Srđan Stamenković</i>	
Saniranje posledica katastrofalne poplave 2014. godine u lovištu „Bosutske šume“ (Vojvodina)	493
<i>Volha Dauhulevich, Siarhei Azemsha</i>	
Reducing the negative impact of vehicles on air quality by optimizing the traffic light cycle at the intersection	499
<i>Marija Kojić, Marija Petrović, Mirjana Stojanović, Marija Koprivica, Marija Mihajlović, Jelena Milojković, Jelena Petrović</i>	
Uticaj procesne temperature na strukturne karakteristike hidročađi otpadne biomase	505
<i>Smiljana Marković, Dejan Gurešić, Marija Kompirović</i>	
Analiza stanja komunalnih otpadnih voda na području Opštine Zvečan	510
<i>Atanas Atanasov, Lyubomir Lyubenov, Ivailo Hristakov, Veselin Dochev, Milen Petrov</i>	
Decisions for profitably beekeeping in northeast part of Bulgaria	515
<i>Snežana Ivanović, Ivan Pavlović, Marija Pavlović</i>	
Meso koza - mogući prenosilac bioloških opasnosti	520
<i>Branko Živanović, Aleksandra Cvejić, Una Sikimić</i>	
Perspektive finansiranja organskog stočarstva modelom bankarskog kredita u Republici Srbiji	525
<i>Branko Živanović, Aleksandra Cvejić, Željko Aćimović</i>	
Rizici finansiranja konvencionalnog modela proizvodnje maline u poslovnom bankarstvu Republike Srbije	535

<i>Dragan Bulatović, Milutin Pečić, Bojana Ostojić</i> Kontradiktornost između ekološke svijesti i djelovanja i potreba suzbijanja ekološkog kriminala	545
<i>Violeta Šiljak, Rade Stefanović, Dragan Toskić, Života Stefanović, Slađana Milošević, Dragana Mitić</i> Istraživanja u naučnim publikacijama u oblasti sporta i očuvanja životne sredine	552
<i>Miroslav Perić, Milica Kaličanin</i> Značaj revizije za održivi razvoj	559
<i>Slobodan Cvetanović, Danijela Despotović, Lela Ristić, Milica Grujić</i> Paradigma održivosti u teoriji ekonomskog razvoja	565
<i>Rade Stefanović, Dragan Toskić, Života Stefanović, Slađana Milošević, Dragana Mitić, Marko Isaković</i> Informisanost učenika srednjih škola u Srbiji o interakciji sporta i očuvanja životne sredine	571
<i>Zoran Papović, Slaviša Đorđević, Kiril Postolov</i> Investicije u zaštitu životne sredine i potreba za izveštavanjem o zaštiti životne sredine kao deo društveno odgovornog poslovanja	577
<i>Miodrag Džodžo, Milica Kaličanin, Zoran Kaličanin</i> Značaj faktora strateškog rizika za održivo bankarstvo	583
<i>Maja Dimić, Svetislav Paunović</i> „Zeleno“ bankarstvo u Srbiji.....	588
<i>Gordana Đukić, Biljana Ilić, Mladenka Balaban</i> Upravljanje prirodnim fondovima na primeru šumskih resursa – matematički model ...	595
Uputstvo za pripremu rada	454
Instructions for the preparation of the papers	492

**Napomena: Autori snose punu odgovornost za originalnost i sadržaj svojih radova.
Radovi objavljeni u časopisu ECOLOGICA proveravaju se na plagijarizam**

**Posebnu zahvalnost Upravni odbor Naučno-stručnog društva «Ecologica» izražava
Savezu inženjera i tehničara Srbije, organima, rukovodstvu i Stručnoj službi za pomoć
u realizaciji Programa rada Društva «Ecologica»**

UTICAJ PROCESNE TEMPERATURE NA STRUKTURNE KARAKTERISTIKE HIDROČAĐI OTPADNE BIOMASE

MARIJA KOJIĆ,
MARIJA PETROVIĆ,
MIRJANA STOJANOVIĆ,
MARIJA KOPRIVICA,
MARIJA MIHAJLOVIĆ,
JELENA MILOJKOVIĆ,
JELENA PETROVIĆ

Institut za Tehnologiju Nuklearnih i drugih Mineralnih Sirovina, Bulevar Franš d'Eperea 86, Beograd

1. UVOD

Poslednjih decenija, sve veća potrošnje energije uzrokovana povećanjem populacije i razvojem industrije doprinela je nastanku ekoloških zagađenja širom sveta [1]. Problemi životne sredine se javljaju kao posledica emitovanja ugljen-doksida, oksida azota i drugih štetnih čestica upotrebom fosilnih goriva [2]. Kako bi se redukovali problemi ovakve vrste, sve je veća težnja za iskorišćenjem otpadnih biomasa, kao čvrstih i obnovljivih izvora energije [3]. Pored toga, prednost biomase je laka transformacija u drugi oblik energije, pomoću termohemijskih i biohemijskih procesa [4]. Neke od bitnih karakteristika biomase su visok sadržaj isparljivih materija, visok sadržaj kiseonika, mogućnost postojanja u različitim oblicima, niska gustina i visok sadržaj vode što su zapravo glavni nedostaci za njenu primenu kao energetskog materijala. Da bi se poboljšale gorivne karakteristike biomase i njene energetske performanse, sve se više ispituje razvoj novih, ekološki unapređenih tehnologija prerade sirove biomase, poput hidrotermalne karbonizacije (HTC), pirolize, torefrakcije, sagorevanja i druge [4].

Hidrotermalna karbonizacija (HTC) je pokazala brojne prednosti u odnosu na klasične termo-hemijske procese, karbonizaciju i pirolizu [1]. Neke od prednosti korišćenja HTC procesa su: niže reakcione temperature, kraće trajanje procesa, mogućnost korišćenja biomase bez predhodnog sušenja, nizak sadržaj pepela u dobijenim proizvodima, sprečavanje emitovanja CO₂ i drugih štetnih gasova tokom prerade biomase itd. [5]. Ovom tehnikom se vrši konverzija otpadne biomase u čvrste, visoko ugljenične proizvode, hidročađi. HTC proces se odigrava na umerenim temperaturama i autogenim pritiscima, u vodi kao procesnom medijumu, stoga se ova tehnika često naziva "mokra" piroliza [6]. Glavni proizvodi konverzije su: čvrst ugljenični materijal (hidročađ), procesna voda i gas. Tokom ovog procesa vrši se niz reakcionih mehanizama počevši od hidrolize, preko dehidracije, dekarboksilacije, kondenzacije i polimerizacije, pa sve do aromatizacije, usled čega dolazi do transformacije polazne sirovine u hidročađi [7]. Zahvaljujući svojim fizičko-hemijskim karakteristikama, dobijene hidročađi imaju veliki potencijal za brojne praktične primene. Dosadašnja istraživanja su pokazala da se ovi materijali mogu potencijalno koristiti kao čvrsta goriva, adsorbenti različitih polutanata, sredstva za poboljšanje kvaliteta zemljišta, nosači katalizatora i dr. [8,9]. Stoga, implementacija ove tehnologije pruža veliki potencijal zemljama u razvoju u domenu upravljanja otpadnom biomasom, kao i rešavanju njenog nekontrolisanog odlaganja na otvorene deponije sa potencijalnim posledicama na životnu sredinu [10].

Prinos i karakteristike dobijenih proizvoda u najvećoj meri zavise od procesnih parametara kao što su pritisak, temperatura, reakciono vreme, odnos biomase i vode, ali i od vrste biomase koja se koristi kao sirovina [11]. Nakon pregleda literature, moglo bi se zaključiti da su HTC eksperimenti najčešće vršeni u temperaturnom opsegu od 150 do 300°C sa različitim odnosima biomase i vode i reakcionim vremenom od nekoliko minuta do nekoliko časova [12,13]. U okviru ovog rada biće prikazan uticaj temperature, kao najvažnijeg procesnog

parametra na strukturne karakteristike izabranih hidročađi, kao i poređenje preliminarnih rezultata karakterizacije hidročađi dobijenih karbonizacijom otpadne biomase supstrata za gajenje gljiva na različitim temperaturama sa literaturnim podacima, a u cilju boljeg razumevanja HTC procesa i promovisanja njegovog potencijala za konverziju otpadne biomase u energetske materijale.

2. UTICAJ TEMPERATURE NA FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE HIDROČAĐI

2.1. UTICAJ TEMPERATURE NA PRINOS HIDROČAĐI

Procesna temperatura se izdvaja kao parametar koji ima najveći uticaj na strukturne promene dobijenih hidročađi. Dosadašnja istraživanja su pokazala da je osnovna uloga procesne temperature degradacija vlakana lignocelulozne biomase (celuloze, lignina i hemiceluloze) i njena transformacija u ugljenični materijal. Povećanjem reakcione temperature prinos čvrstog proizvoda opada, dok sadržaj procesne vode raste, Opadanju prinosa doprinose povećana dehidratacija i dekarboksilacija lignocelulozne biomase tokom termalnog tretmana, pri čemu se pojačava degradacija vlakana, pa se samim tim i prinos čvrste hidročađi smanjuje. Dosadašnja ispitivanja su pokazala je da je sadržaj hidročađi najveći u temperaturnom opsegu 150-200°C, dok je na temperaturama 250-350°C dominantna tečna faza [14]. Na osnovu literaturnih saznanja se može videti da se prinos hidročađi dobijene od komine grožđa smanjuje od 86 do 66 % usled porasta temperature sa 180 na 220°C, dodatno, prinos hidročađi miskantusa opada od 73 do 51 %, dok je prinos hidročađi dobijenih od supstrata za gajenje gljiva od 68 do 57 % u istom temperaturnom režimu [15,16].

2.1. UTICAJ TEMPERATURE NA TEHNIČKU ANALIZU

Porast temperature utiče i na promene u sadržaju isparljivih materija, vezanog ugljenika i pepela. Istraživanja sprovedena od strane Petrović i sar. (2016) i Mihajlović i sar. (2018) su pokazala da se sadržaj vezanog ugljenika povećava sa povećanjem temperature od 180 do 220°C, dok sadržaj pepela i isparljivih materija postepeno opada (Tabela 1.). Smanjen sadržaj pepela sa porastom temperature se može pripisati procesu otpuštanja velike količine nečistoća i neorganskih elemenata iz sirove biomase u procesnu vodu [14,15,16]. Niži sadržaj pepela je poželjan pogotovo ako se hidročađi koriste kao izvor energije, jer se tokom njihovog direktnog sagorevanja stvara manje šljake, što za posledicu ima manje prljanje kotlova.

Tabela 1. Uporedni literaturni podaci tehničkih analiza odabranih hidročađi

Biomasa	Temperatura (°C)	Pepeo (%)	Vezani ugljenik (%)	Isparljive materije (%)	Reference
Komina grožđa	180-220	3,67-6,75	25,84-26,68	67,76-63,38	[15]
Miskantus	180-220	1,50-0,88	10,83-22,90	82,30-74,36	[16]

2.2. UTICAJ TEMPERATURE NA SADRŽAJ NEORGANSKIH ELEMENATA

Uticaj temperature na dobijne hidročađi može se videti i kroz značajne promene sadržaja neorganskih elemenata, koji su u direktnoj korelaciji sa sadržajem pepela, u odnosu na polaznu sirovinu. Kako se većina neorganskih elemenata nalazi u lignoceluloznim vlaknima biomase (hemicelulozi i celulozi), njihovom degradacijom tokom hidrotermalnog tretmana dolazi do otpuštanje neorganskih elemenata u procesnu vodu, što za posledicu ima i smanjenje sadržaja pepela u hidročađima. Degradacija hemiceluloze započinje već na 180°C, dok je za razgradnju celuloze potrebna temperatura od 200°C [15]. U skladu sa tim, sadržaj

neorganskih elemenata (K, Na) u hidročađima supstrata za gajenje gljiva karbonizovanim na 180°C je niži nego u polaznoj sirovini, dok u hidročađima dobijenim na 200°C njihov sadržaj je najmanji. Na osnovu ovoga se može zaključiti da je karbonizacijom na 200°C pored degradacije hemiceluloze započeta i degradacija dela celuloze. Suprotno ovom trendu, u hidročađima dobijenim na 220°C uočen je porast sadržaja Ca i Mg (Table 2.). Ovo se može objasniti readsorpcijom pojedinih izluženih elemenata od strane formirane, porozne hidročađi. Pored toga, povećan sadržaj P, Al, Ca i Fe u odnosu na polaznu sirovinu u KK-180 i KK-200 se može objasniti njegovim koncentrisanjem i zadržavanjem u čvrstom proizvodu, ali i potencijalnom readsorpcijom jona iz procesne vode na površinu hidročađi [15,16]. Sa druge strane, u hidročađi KK-220 se uočava smanjenje sadržaja ovih elemenata, što se može pripisati njihov otpuštanju u procesnu vodu [10,14]. Sadržaj teških metala (Cu, Pb, Cd) nije se značajno menjao u odnosu na polaznu sirovinu ni u jednom od prikazanih biomasa nakon hidrotermalne karbonizacije (Tabela 2.). Prikazani rezultati u Tabeli 2. su u skladu sa istraživanjima objavljenim od strane Reze i sar. (2013) i Petrović i sar. (2016), koji pokazuju porast Ca, Mg i P u dobijenim hidročađima kukuruza i komine grožđa, respektivno, dok je u rezultatima Porechmanna i sar. (2015.), u hidročađima biljke *Elodea nuttalli*, uočen porast Ca i P [10].

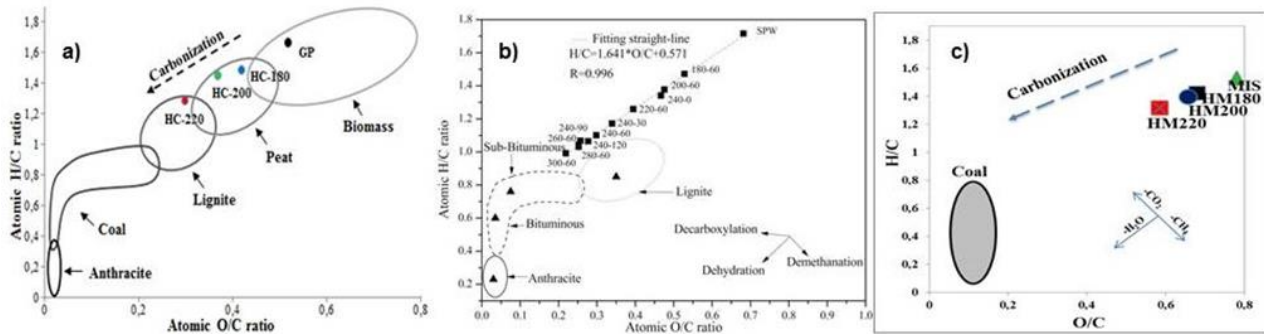
Tabela 2. Sadržaj neorganskih elemenata u sirovim biomasama i hidročađima dobijenim na različitim temperaturama (180, 200 i 220°C)

Biomasa	Mg (%)	Ca (%)	Al (%)	Fe (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Cu (%)	Cd (%)	Pb (%)	Ref.
Komina grožđa (GP)	0,12	0,64	-	0,12	0,67	1,02	0,01	0,01	0,01	0,01	[15]
GP-180	0,06	0,59	-	0,12	0,52	0,34	0,01	0,01	0,01	0,01	[15]
GP-200	0,05	0,51	-	0,10	0,41	0,12	0,01	0,01	0,01	0,01	[15]
GP-220	0,11	0,93	-	0,27	0,84	0,62	0,01	0,01	0,01	0,01	[15]
Supstrat za gajenje gljiva (KK)	8,39	1,78	1,16	0,86	0,19	1,43	0,25	<0,1	<0,1	<0,01	Ovaj rad
KK-180	4,59	8,39	1,76	1,23	0,22	0,38	0,06	<0,1	<0,1	<0,01	Ovaj rad
KK-200	4,89	4,89	1,76	1,27	0,25	0,18	0,06	<0,1	<0,1	0,02	Ovaj rad
KK-220	7,99	7,99	1,52	1,05	0,19	0,18	0,05	<0,1	<0,1	<0,01	Ovaj rad
Miskantus (Mis)	0,08	0,11	-	0,03	0,43	0,19	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	[16]
Mis-180	<0,01	0,02	-	0,01	0,42	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	[16]
Mis-200	<0,01	<0,01	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	[16]
Mis-220	<0,01	<0,01	-	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	[16]

2.3. UTICAJ TEMPERATURE NA ELEMENTARNI SADRŽAJ I GORIVNE KARAKTERISTIKE HIDROČAĐI

Nakon hidrotermalne karbonizacije, na različitim temperaturama, primećuje se značajna razlika u sadržaju C, H, N, O i S u poređenju sa polaznom biomasom. Na osnovu zaključaka Petrović i sar. (2016) i Mihajlovic i sar. (2018) uočava se da se sadržaj C u hidročađima povećavao sa porastom temperature, dok se sadržaj N, S, O i H smanjivo u odnosu na polaznu sirovinu. Smanjenje sadržaja S i N je posledica ispiranja ovih elemenata iz otpadnih biomasa tokom HTC procesa [14]. Sa druge strane, povišenje procesne temperature doprinosi reakcijama dekarboksilacije i dehidratacije, što je uzrok povećanja sadržaja C i smanjenje sadržaja H i O. Uz to, povećanje sadržaja C ukazuje da je tokom HTC procesa došlo do intenzivnije karbonizacije biomase, kao i da je formirana ugljenikom bogata hidročađ, koja pokazuju odlične gorivne karakteristike [19,20]. Van Krevelenov dijagram (Slika 1.) je potvrdio da su reakcije dehidratacije i dekarboksilacije dominantne i da je pozicija hidročađi na dijagramu veoma blizu zoni lignita [11]. Budući da se H/C i O/C atomski odnos smanjuje

povećanjem temperature, dobijene hidročađi imaju veliku energetska gustinu, energetska prinos i toplotna moć [21,22]. Goriva koja imaju manji H/C i O/C odnos karakteriše mali gubitak energije tokom sagorevanja, male količine dima i vodene pare što ih čini energetska povoljnijim [10]. Još jedan bitan parametar za karakterisanje čvrstih goriva je gornja toplotna moć (eng. higher heating value, HHV). Njena vrednost nam pruža informacije o toplotnoj moći dobijenih hidročađi i njihovoj potencijalnoj primeni kao energetska izvora [14]. Na osnovu dosadašnjih istraživanja, uočeno je da se HHV vrednosti povećavaju sa porastom reakcione temperature, što ukazuje na poboljšanje gorivnih karakteristika korišćene sirovine nakon hidrotermalne karbonizacije i da je ova tehnologija konverzije sirove biomase veoma perspektivna za proizvodnju čvrstih biogoriva.



Slika 1. Van Krevelen dijagram hidročađi od komine grožđa (a), ljuske slatkog krompira (b) i miskantusa (c)[14,15,23]

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata prikazanih u ovom istraživanju zaključuje se da procesna temperatura ima značajan uticaj na strukturu proizvoda nastalih hidrotermalnom karbonizacijom i da se variranjem ovog procesnog parametra mogu dobiti proizvodi različite upotrebne vrednosti. Hidročađi komine grožđa i miskantusa, dobijene na različitim temperaturama, su pokazale odlične gorivne karakteristike. Ova činjenica je potvrđena porastom gornje toplotne moći, povećanjem sadržaja ugljenika i smanjenjem sadržaja kisonika i vodonika. Takođe i van Krevelov dijagram potvrđuje karbonizaciju polazne sirovine do stadijuma lignita, što ukazuje na poboljšanje gorivnih karakteristika dobijenih hidročađi. Pored toga, hidročađi pokazuju i određena adsorpciona svojstva, jer i tokom karbonizacije dolazi do adsorpcije pojedinih neorganskih elemenata na površinu hidročađi. Stoga se HTC smatra tehnologijom budućnosti za konverziju otpadne biomase u ugljenikom bogat proizvod koji se može koristiti za širok spektar ekoloških, elektrohemijskih, katalitičkih i dugih primena. Dodatno, prikazana su i polazna istraživanja na supstratu za gajenje gljiva, prva te vrste u literaturi, u cilju pronalazanja njene upotrebne vrednosti, održivog upravljanja ovom otpadnom biomasom i u funkciji ciklične ekonomije.

ZAHVALNICA

Autori rada se ovom prilikom zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, koje je svojim finansiranjem kroz projekat br. TR 31003 pomoglo opisana istraživanja.

LITERATURA

- [1] Guo S., Dong X., Wu T., Shi F., Zhu C., J. Anal. Appl. Pyrol., 116, 1-9 pp. 2015.
- [2] Yu J., Ahmedna M., Int. J. Food Sci. Tech., 48, 221- 237 pp. 2013.
- [3] Simsir H., Eltugral N., Karagoz S., Bioresour. Technol., 246, 82-87 pp. 2017.
- [4] Pala M., Kantrali I., Buyukisik H., Yanik J., Bioresour. Technol., 161, 255-262 pp. 2014.
- [5] Chen D., Yu X., Song C., Pang X., Huang J., Li Y., Bioresour. Technol., 218, 1303-1306 pp. 2016.

- [6] Titirici M.M., White R.J., Falco C., Sevilla M., *Energy Environ.*, 5, 331-338 pp. 2016.
- [7] Lu X., Jordan B., Berge N.D., *Waste Manag.*, 32, 1353-1365 pp. 2012.
- [8] Han L., Sun H., Ro K.S., Libra J.A., Baoshan X., *Bioresour. Technol.*, 234, 77-85 pp. 2017.
- [9] Zhou N., Chen H., Xi J., Yao D., Zhou Z., Tian Y., Lu X., *Bioresour. Technol.*, 232, 204-210 pp. 2017.
- [10] Petrović J., *Optimizacija procesa hidrotermalne karbonizacije komine grožđa i primena dobijene hidročađi*, Doktorska disertacija, Beograd, 2017, 153 str.
- [11] Roman S., Nabais J. M. V., Laginhas C., Ledesma B., Gonzalez J.F., *Fuel Process. Technol.*, 103, 78-83 pp. 2012.
- [12] Tag A.T., Duman G., Yanik J., *Bioresour. Technol.*, 250, 337-344 pp., 2018.
- [13] Petrović J., Stojanović M., Mihajlovi M., Lopičić Z., Milojković M., Petrović M., Šošćarić T., *Ecologica*, 255-259 pp. 2014.
- [14] Reza M.T., Lynam J.G., Uddin M.H., Coronella C.J., *Biomass Bioener.*, 49, 86-94 pp. 2013.
- [15] Petrović J., Perišić N., Maksimović Dragišić J., Maksimović V., Kragović M., Stojanović M., Laušević M., Mihajlović M., *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 118, 267-277 pp. 2016.
- [16] Mihajlović M., Petrović J., Maletić S., Isakovski Kragulj M., Stojanović M., Lopičić Z., Trifunović S., *Energ. Convers. Manage.*, 159, 254-263 pp. 2018.
- [17] Chen W., Zhong L.X., Peng X.W., Wang K., Chen Z.F., Sun R.C., *Catal. Sci. Technol.*, 4, 1426- 1435 pp. 2014.
- [18] Liu Z., Quek A., Hoekman S.K., Balasubramanian R., *Fuel*, 103, 943-949 pp. 2013.
- [19] Li H., Wang S., Yuan X., Xi Y., Huang Z., Tan M., Li C., *Bioresour. Technol.*, 249, 574-581 pp.2018.
- [20] Yang W., Wang H., Zhang M., Zhu J., Zhou J., Wu S., *Bioresour. Technol.*, 205, 199-204 pp. 2016.
- [21] Sevilla M., Fuertes A.B., *Carbon*, 47, 2281-2289 pp. 2009.
- [22] Hoekman S.K., Broch A., Robbins C., *Energ. Fuels*, 25, 1802-1810 pp. 2011.
- [23] Chen X., Ma X., Peng X., Lin Y., Yao Z., *Bioresour. Technol.*, 249, 900-907 pp. 2018.

Izvod

Poslednjih godina sve veću pažnju privlači tehnika koja omogućava konverziju otpadne biomase u čvrst ugljenični materijal (hidročađ) velike energetske potencijala. Ovaj proces je poznat kao hidrotermalna karbonizacija (HTC). Konverzija sirove biomase u hidročađ se odvija na umerenim temperaturama i pritiscima, a kao procesni medijum se koristi podkritična voda, stoga se često ova tehnika naziva i „mokra“ piroliza. Na strukturu dobijenog proizvoda ključni uticaj imaju procesni parametri kao što su pritisak, temperatura, reakciono vreme, vrsta biomase i odnos biomase i vode. Na osnovu pregleda literature se može zaključiti da temperatura ima najveći uticaj na strukturne promene dobijenih hidročađi i stoga se izdvaja kao najbitniji parametar HTC procesa. Pokazano je da povećanjem reakcione temperature raste degradacija biomase, pri čemu se prinos, sadržaj isparljivih materija i pepela u dobijenim hidročađima smanjuje. Sa druge strane, sadržaj ugljenika, toplotna moć i energetska gustina se povećavaju. Ovo ukazuje da se variranjem temperature tokom HTC postupka mogu dobiti hidročađi sa znatno poboljšanim gorivnim karakteristikama u odnosu na polaznu sirovinu, čime se upotrebna vrednost otpadne biomase značajno poboljšava. U radu su po prvi put prezentovani rezultati HTC konverzije otpadne biomase supstrata za gajenje gljiva i upoređeni sa literaturnim podacima.

Ključne reči: biomasa, hidrotermalna karbonizacija, hidročađ, temperatura

Abstract

The influence of process temperature on structural characteristics of the obtained hydrochars

In recent years, a technique for conversion of waste biomass into solid carbon material (hydrochar) with high energy potential, become very attractive. This process is known as hydrothermal carbonization (HTC). The conversion of raw biomass into the hydrochars is called "wet" pyrolysis since conversion take place at moderate temperatures and pressures, while subcritical water is used as the process medium. Major influences on the structure of the obtained product have different process parameters such as pressure,

temperature, reaction time, biomass type and biomass and water ratio. Based on the literature review, it can be concluded that the temperature has the greatest influence on the structural changes of the obtained hydrochars and therefore stands out as the most important parameter of the HTC process. It has been shown that increasing of reaction temperature increases the degradation of biomass, thus the yield, ash and volatile content in the resulting hydrochars is reduced. On the other hand, the carbon content, fuel properties and energy density are increased. This suggests that temperature variation during the HTC process provides hydrochars with improved fuel characteristics in relation to the feedstock, whereby the utilization value of waste biomass was significantly improved. This is the first report of HTC conversion of waste substrates for mushrooms cultivation and comparison of obtained results with literature data.

Keywords: biomass, hydrothermal carbonization, hydrochars, temperature