Biblid: 0350-2953 (2017) 43(2): 63-74
UDK: 631.3; 62;

Pregledni rad
Review paper

TEHNOLOGIJA I OPREMA ZA PELETIRANJE BIOMASE

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR PELLETING OF BIOMASS

Janić T.¹, Janić V.²

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg D. Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija

² Fakultet tehničkih nauka, Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija
e-mail: jtdor@polj.uns.ac.rs

REZIME

U radu je opisana oprema za peletiranje i specifičnosti pojedinih konstruktivnih rešenja peletirki, a poseban akcenat je dat na važniju opremu za peletiranje biomase kao što su: prese, matrice, pritiskujući valjci, alati i ostala oprema. Prikazani su i tehnološki zahtevi koji se nameću prilikom peletiranja biomase. Obrađeni su uslovi za optimalan rad peletirki pri peletiranju različitih vrsta biomase i prikazana su stečena iskustva u korišćenju aditiva za poboljšanje svojstava dobijenih peleta. Izneti su višegodišnja iskustva razvoja procesa peletiranja biomase u Srbiji (zajedno sa ličnim iskustvima). U zaključcima rada dat je pravac daljeg razvoja ovog procesa.

Ključne reči: biomasa, peletiranje, oprema, tehnologija, aditivi

1. UVOD

Postoji sve veća potreba za razvojem tehnologija kojima bi se na ekonomski i ekološki opravdan i održiv način zamenilo korišćenje fosilnih goriva sa nekim obnovljivim izvorima energije. (Janić i Brkić, 2012). Primarni i sekundarni ostaci poljoprivredne proizvodnje i dorade poljoprivrednih proizvoda su bogat i jeftin izvor obnovljivih energenata (Sun, 2010), (Martinov, 2010). U pogledu raspoloživosti ostaci poljoprivredne proizvodnje i njihovih doradnih procesa su najveći lako dostupan resurs sirovina biomase u svetu (Kim i Dale, 2004). Međutim, biomasa kao biogorivo ima niz povoljnosti, ali i nedostataka.

Pri korišćenju biomase kao energenta mogu se istaći čitav niz povoljnih osobina u raznim sverama, energetskim, ekonomskim, ekološkim, socijalnim i dr. (Janić i sar., 2010). U osnovi navedeno se odnosi na to da je biomasa lako dostupan, obnovljiv, tehnički i ekološki prihvatljiv izvor energije. Međutim, i pored mnogih povoljnosti u eksploataciji biomase kao energenta njeno korišćenje je vezano i za određene nedostatke, od kojih bi se moglo navesti: periodičnost nastanka biomase, disperzovanost u prostoru, otežano sakupljanje, pakovanje i skladištenje, usled male gustine, manjom toplotnom moći svedenom na jedinicu zapremine, nepovoljnim oblikom i visokim sadržajem vlage, a i investicioni troškovi za izgradnju postrojenja za sagorevanje biomase su veći od onih za sagorevanje konvencionalnih energenata. Navedeni problemi se u mnogome mogu izbeći ili njihov uticaj smanjiti ukoliko se biomasa sabija u obliku peleta i briketa. Istina, za te

proces se troši dodatna energija, za usitnjavanje, po potrebi sušenje, sabijanje i hlađenje, ali je krajnji bilans uložene i raspoložive energije značajno pozitivan (Brkić i Janić, 2009).

Pre razvijanja procesa peletiranja razvijao se proces briketiranja (briketiranje prašine u rudnicima uglja) (Stanković, 1964). Kao i ranije i danas briketi imaju formu prizme ili valjka. U poljoprivredi su se još krajem Drugog svetskog rata na taj način presovali suvi rezanci šećerne repe.

Kao što je navedeno peletiranjem i briketiranjem biomase se mogu u određenoj meri otkloniti njene brojne loše karakteristike da se koriste kao gorivo u direktnom sagorevanju (mala gustina, promenljivi sadržaj vlage, povećane emisije štetnih jedinjenja, nepovoljne tehničke karakteristike pepela, manja energetska efikasnost, smanjena mogućnost upravljanja procesom sagorevanja, veće potrebe za ljudskim radom i dr.) (Janić i dr., 2008) što je i uzrokovalo da se biomasa za sagorevanje sve više priprema u formi peleta ili briketa (Brkić i Janić, 2009), (Kričko Tajana i sar., 2012). Uporedni prikaz peleta i briketa je prikazan u tab. 1.

Prednosti proizvodnje peleta i briketa od biomase su očite i opravdane, pa je zato potrebno podizati ovaj tehnološki proces proizvodnje na svim lokalitetima i gde za to postoje uslovi.

Procesom briketiranja smanjuje se zapremina otpreska i povećava gustina biomase. Forma briketa je veća, ali je sabijenost briketa znatno manja u odnosu na pelet. Za suvu biomasu (sa ravnotežnim sadržajem vlage) gustina briketa iznosi 300 do 400 kg/m³, dok gustina peleta iznosi 650 do 750 kg/m³. Na taj način se prostor za smeštaj biomase smanjuje za tri puta. Pored toga vaća nasipna gustina peleta omogućuje efikasnije korišćenje vreća i binova za pakovanje, smanjuju se i gubici biomase, koji nastaju pri uskladištenju i transportu (Brkić i Janić, 2009). Zbog navedenog u današnjem vremenu peletiranje biomase u cilju dobijanja energije je u velikoj meri premašilo peletiranje biomase u cilju dobijanja krmnih smeša (koncentrata) i peletiranog brašna od lucerke (Janić, nesto...).

Cilj ovog rada je da analizira neke od tehnoloških postupaka, opremu za peletiranje pojedinih vrsta biomase i korišćenih aditiva radi definisanja potrebnih parametara za efikasnu proizvodnju energetskih peleta.

Tab. 1: Poređenje između briketa i peleta

Tab. 1: Comparison between briquettes and pellets

	Peleti / Pellets	Briketi / Briquettes
Izgled Appearance
Sirovinski materijal Raw material	Suvo i samleveno drvo i ostaci poljoprivrednih kultura. Dry and grinded wood or agricultural residues.	Suvo i samleveno drvo i ostaci poljoprivrednih kultura. Sirovinski materijal može biti krupniji nego za peletiranje, a u zavisnosti od dimenzija briketa. Dry and grinded wood or agricultural residues. Raw material can be more coarse than for pelleting, due to the larger dimensions of final product.
Oblik Shape	Cilindričan, cylindrical (uobičajeno, generally Ø 6 do (to) 12 mm, sa dužinom (with a length) 4 do (to) 5 puta od (times the) Ø).	Cilindričan, cylindrical (uobičajeno (generally) Ø 80 do (to) 90 mm) ili u obliku paralelopipeda (or parallelepiped) (150*70*60 mm)
Struktura Structure	Stabilna, čvrsta, bez primesa prašine Stable, hard, without dust	Delimično se osipa, rasipa se Relatively friable, fragile
Nasipna gustina Bulk density	Min. 650 kg/m ³	400 do (to) 450 kg/m ³
Spoljašnji izgled Aspect	Ravan "Smooth"	Najčešće neravan Mostly "rough"
Transport Transport	U rinfuzi, vrećama i velikim vrećama Bulk, bags, big bags	Upakovane jedinice, na paletama Unit, pallet
Način ubacivanja Handling	Ručno ili automatizovano korišćenja Manual or automatic use	Ručno korišćenja Manual use

2. MATERIJAL I METOD RADA

Tehnologijom peletiranja biomase nalaže se njeno prethodno adekvatno pripremanje u pogledu usitnjenosti, sadržaja vlažnosti i sastava smeše za peletiranje (Obenberger i Thek, 2010). Tehnologija proizvodnje tkv. energetskih peleta izvorno proizilazi iz industrijske proizvodnje stočne hrane (Brkić i Janić, 2009). Prilagođavanjem tehnologije peletiranja usitnjene sirovine od biomase u cilju proizvodnje energetskih peleta u obliku odgovarajuće forme, dimenzija peleta i sadržaja vlage, moguće je proizvesti homogeno biogorivo od otpadaka drveta ili poljoprivredne biomase.

Najvažniji konstrukcioni delovi prese za peletiranje biomase su matrica sa pritisnim valjcima za presovanje biomase. Postoje dva osnovna i najčešće primenjivana tipa matrica u presama za peletiranje i to: prstenaste i ravne matrice (sl. 1).

Sl. 1. Vrste matrica: a) prstenasta, b) ravna (Obenberger and Thek, 2010)

Fig. 1: Types of dies: a) ring-like, b) flat (Obenberger and Thek, 2010)

Prilikom izbora konstrukcije prese za peletiranje biomase, tj. koja matrica će se koristiti veliku važnost treba usmeriti na hemijske i fizičke osobine te biomase, kao i na sastav biomase za peletiranje.

Prstenaste matrice se u najvećem broju slučajeva postavljaju u vertikalnom položaju, mada se tekođe mogu naći konstrukcije presa kod kojih se prstenaste matrice postavljaju i u horizontalnom položaju, kao na sl. 2, gde je prikazana šema rada presa za peletiranje biomase postupkom normalnog pritiska na presovani materijal u horizontalno postavljenoj fiksnoj prstenastoj matrici (Stanković, et al, 1995).

Sl. 2. Presa za peletiranje biomase sa horizontalno postavljenom matricom (1 - matrica, 2 - žljebasti valjak, 3 - pelet, 4 – pogonsko vratilo, 5 - rotirajući noževi)

Fig. 2. Press for biomass pelletizing with horizontally set die (1 - die, 2 - small-gutter roller, 3 - pellet, 4 – beam (shaft), 5 - rotating knives)

Pri izboru matrica jedan od važnijih kriterijuma može poslužiti podatak da je prstenaste matrice bolje koristiti za sirovine čija je nasipna gustina iznad 500 kg/m^3 (npr.

presovanje tvrde drvenaste sirovine), a ravne matrice treba koristiti sa sirovine koje imaju manju gustinu od 500 kg/m^3 (Brkić i sar., 2010).

U praksi se mogu sresti različite konstrukcije peletirki (prese za peletiranje biomase) (Brkić i Janić, 2009). Najčešće se kod presa sa prstenastim matricama (koje su postavljene vertikalno) koriste konstrukcije kod kojih se središnji valjci za sabijanje biomase okreću oko centralne ose vratila za pogon valjaka ili se okreću prstenaste matrice, a valjci ne dobijaju pogon već se okreću usled sile trenja od sirovine koja se peletira. Sirovina kod takvih peletirki se dovodi odozgo tako da pada preko valjaka na matricu. Valjcima se biomasa potiskuje ekstruzijom (istiskivanjem), radijalno (bočno) kroz otvore matrice. Kod peletirki sa ravnom matricom, takođe, postoje dve kombinacije, tj. da se valjci okreću po matrici koja stoji ili da se pokreće matrica, a valjci se okreću usled trenja biomase o pokretnu matricu. Biomasa pada odozgo, preko valjaka, na matricu i biva potisnuta valjcima kroz otvore u matrici izlazeći iz otvora istiskivanjem. Matrica je u oba slučaja postavljena horizontalno.

Izgled uzdužnih preseka otvora na matrici nije isti kao što je prikazano na sl. 3, tako se kod prstenastih matrica mogu izraditi: cilindrični, konusni i zaobljeni ulazni ili izlazni delovi otvora. Ulazni ili izlazni otvori se proširuju da bi se smanjio otpor sabijanju biomase.

Biomasa koja ulazi u prostor za presovanje i podjednako treba da bude razdeljena po otvorima matrice. Na matrici se formira tanak sloj biomase od sirovine okretanjem valjaka ili matrice. Preko sloja biomase prelazi valjci za presovanje i stvaraju sabijen, zgusnut sloj sirovine, koji se potiskuje kroz otvore matrice stvarajući beskonačnu nit presovane biomase, koja se odseca nožem na željenu dužinu. Noževi mogu biti stacionarni ili pokretni u zavisnosti da li se matrica okreće ili ne okreće.

Sl. 3. Uzdužni preseki otvora

Fig. 3. Longitudinal cross-sections of holes

Važne karakteristične veličine kod proizvodnje peleta su odnos presovanja, broj rupa u matrici, njihov oblik i odnos ukupne površine matrice sa površinom otvora za prolaz peleta.

Kod odnosa presovanja podrazumeva se odnos između preseka izbušene rupe i dužine kanala za presovanje materijala. Odnos presovanja je određen u zavisnosti od vrste

biomase za presovanje, da bi se u kanalu za presovanje stvorilo odgovarajuće trenje. Dobro izabran odnos presovanja je jedan od najvažnijih preduslova za postizanje željenog učinka (produktivnosti) prese za peletiranje i zadovoljavajućeg kvaliteta peleta. Kod procesa peletiranja drvenaste biomase (strugotine ili piljevine) odnos za presovanje obično je između 1:3 i 1:5. Često se početni parametar pri izboru matrice za neku vrstu smeše biomase za peletiranje odnosi na željeni odnos ukupne radne površine matrice sa površinom otvora presek izbušenih rupa, pa se odnos za presovanje varira (menja) samo preko dužine kanala za presovanje (tj. debljine matrice). Biomasa sa malom snagom vezivanja (lepljenja), kao što su slama strnih žita, neke vrste trava i dr. zahteva duže kanale za presovanje i obrnuto, biomasa sa velikom snagom vezivanja (licerka i dr.) zahteva kraće kanale za presovanje. Temperatura biomase u kanalu za presovanje raste sa povećanjem dužine kanala za presovanje, pri čemu se sa produženjem kanala za presovanje, povećava i tvrdoća peleta. Prema istraživanjima Stelte i sar. (2011) istaknuto je da najpogodnija temperatura u kanalu matrice za peletiranje biomase iznosi oko 90°C (sl. 4). Značajnijim prekoračenjem navedene temperature dolazi do karamelizacije (ugljenisanja) spoljašnjeg sloja peleta i uzrokuje manju energetska efikasnost u procesu peletiranja.

Sl. 4. Temperatura unutrašnjosti i spoljašnjeg prstena otvora matrice i peleta u procesu peletiranja

Fig. 4. Temperature of the interior and outer ring of the die and pellets in the pelleting process

Po pravilu matrice su koncipirane tačno za određenu vrstu biomase i ne bi trebalo da se koriste za drugu vrstu.

Parametri presovanja za jednu određenu vrstu biomase su:

- debljina matrice,
- dužina kanala za presovanje (kroz protiv-otvor),
- broj rupa (otvora),
- forma otvora (oblik),
- presek otvora,
- širina puta za kretanje valjaka za presovanje,
- broj valjaka za presovanje,
- presek, širina i spoljna površina valjaka,
- forma (oblik) valjaka za presovanje (cilindrični ili konusni) kod prese sa ravnom

matricom.

Broj valjaka za presovanje biomase kod peletirki može da bude dva, tri ili četiri.

Preduslov za dobro i kvalitetno peletiranje jeste kontinuirano (stalno) hranjenje prese sa homogenom sirovinom, dovoljno usitnjenom, sa konstantnim sadržajem vlage, koja za određenu vrstu prese i biomasu iznosi od 6 do 15 masenih procenata. (Nielsen et al.2009a; Stelte et al. 2011), za smrću iznosi oko 10% (Stelte et al.2011), za ostatke 5% (Carone et al.2011), a za borovinu oko 6 do 8% (Nielsen et al.2009a). Optimalni sadržaj vlage za peletiranje trave je znatno veći. Za slamu, uopšteno gledano, utvrđeno je da je optimalni sadržaj vlage u biomasu za peletiranje između 10 i 15% (Odogherti and Wheeler 1984), dok je za ječmenu slamu od 19 do 23% (Serrano et al.2011), za slamu pšenice oko 15% (Smith et al.1977; Stelte et al.2011), a za kukuruzovinu oko 10% (Kaliian i Morei 2009b). Utvrđeno je da povećanje sadržaja vlažnosti iznad optimalne utiče na mehaničke osobine peleta (Carone et al., Kaliian i Morei 2009d, Nielsen et al. 2010, Serrano et al., Stelte et al., 2011) i da smanjuje količinu ispeletirane biomase (učinak prese) (Kaliian i Morei 2009d, Odogherti i Wheeler 1984).

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Kao što je navedeno, na zbijenost i čvrstoću peleta, proizvedenih od sena ili slame, utiče, sem pritiska prese, još i sadržaj vlage i usitnjenost sirovine. Ako je sadržaj vlage u sirovini veći od 15% ili je manji od 10%, zbijenost peleta se smanjuje, pri istom pritisku i istom poprečnom preseku peleta. Sa povećavanjem sadržaja vlage u sirovini potrebna je veća sila presovanja da bi se međusobno zbližile i povezale čestice materijala. Ovo je poznato pošto se zna da je voda nestišljiva, odnosno za istiskivanje suvišne vode iz sirovine potrebno je obezbediti dodatnu silu ili energiju. Kod manjeg sadržaja vlage u sirovini, ona je dovoljno elastična i teško je sabiti i pri prestanku pritiska sabijena sirovina se širi i puca

Zahtev za utroškom energije pri peletiranju biomase iznose od 16 do 49 kWh/t peletirane biomase (Odogherti i Wheeler, 1984), što je u velikoj meri u korelaciji sa kvalitetom pripremljene biomase i zadatog režima rada, od kojih su verovatno najvažniji veličina čestica peletirane biomase, sadržaj vlage i temperatura rada.

Kod usitnjene sirovine povećava se sabijenost peleta. Najveća sabijenost postiže se pri peletiranju lucerkinog brašna. Gustina peleta može da iznosi 720 do 750 kg/m³, bez

ikakvog dodavanja aditiva. Pri peletiranju sena vlažnosti do 25% i slame do 20% gustina peleta iznosi 400 do 450 kg/m³ (Brkić i Janić, 2009). Za peletiranje drugih vrsta biomase koje nisu tako pogodno za peletiranje kao lucerka postoji niz vezivnih sredstava, među njima je najvažnija melasa, sredstva na bazi lignosulfonata, skrob i dr. U zavisnosti od vezivnog sredstva, dodata količina varira od 0,5 do 5%.

Kao vezivna sredstva kod peletiranja biomase se pored melase koriste i druge materije koje mogu biti u čvrstom ili tečnom agregatnom stanju, kao što su skrob, prirodni parafin, biljno ulje, lignin sulfat i neka specijalna sintetička sredstva. Osnovne karakteristike navedenih vezivnih sredstava se mogu prikazati u sledećem:

Skrob je sredstvo za vezivanje koji nastaje od kukuruza, krompira ili pirinča. Pored vezivnih svojstava utiče i na smanjenje abrazije matrice i valjaka u radu peletirke. Mala količina skroba, manje od 2% (maseno), povećava čvrstoću peleta. Pri korišćenju skroba kao vezivnog sredstva, često se dovodi u pitanje i isplativost dobijenih peleta, pa se zbog toga mora izvršiti i analiza troškova takvog rada.

Lignin je osnovno vezivna materija u biomasi, ali ga mnoge vrste biomase nemaju dovoljno u svom sastavu. Može se dodavati i kao vezivo dobijeno kao nusprodukt pulpne i papirne industrije. Na povišenim temperaturama, lignin se omekšava i pomaže proces vezivanja peletirane biomase. Iako je dodavanje lignina kao vezivnog sredstva dobro, u peletiranoj masi ne bi trebalo da ga ima više od 34%, pošto takvi peleti nemaju zadovoljavajuću čvrstoću.

Vlakna se mogu klasifikovati kao rastvorljiva i nerastvorljiva u vodi. Rastvorljiva vlakna u vodi povećavaju viskozitet mase za peletiranje i pozitivno utiču na strukturu peleta. Vlakna koja nisu rastvorljiva u vodi nisu toliko pogodna vezivna sredstva. Povećanje sadržaja sirovih vlakana u biomasi za peletiranje sa udelom od 18% do 27% povećava se čvrstoća peleta lucerke za oko 5%.

Od aditiva se još dodaje kreč (CaO) za poboljšanje kvaliteta energetskih peleta. Pored svojih mogućnosti da se poboljša stepen vezivanja kod peletirane biomase dodavanjem kreča masi za peletiranje poboljšava se i kvalitet sagorevanja biomase. Dodavanjem kreča se smanjuju mogućnosti za stvaranje topljive šljake u postrojenjima za sagorevanje peleta. Krečnjak stvara hemijsko jedinjenje kao što je CaSO₄ koje ima višu temperaturu topljenja, čime povećava temperaturu topljenja pepela. Takođe, kreč ima dodatnu prednost pošto utiče na smanjenje stvaranja hlorovodonika (HCl) tokom procesa sagorevanja biomase. Povećanje temperature topljenja šljake pri sagorevanju peleta se može postići i korišćenjem kaolina ili kalcijuma i magnezijumovih oksida.

Pri upotrebi vezivnih sredstava važno je imati u vidu da su u nekim zemljama EU ograničene njihove količine, npr. u Austriji je dozvoljeno koristiti biološke aditive koji su bogati skrobom iz kukuruza ili raženog brašna samo do 2%, u Nemačkoj su dozvoljeni melasa, prirodni parafin i skrob.

Ukoliko se presuje presušena slama (ispod 13%) neophodno je da se usitnjennoj smesi dodaje voda da bi se povećao sadržaj vlage na ravnotežni, tj optimalni za peletiranje (Janić i sar., 2013). Ako je sadržaj vlage u slami značajno veći, tj. preko 18%, onda se ne mogu dobiti kompaktni peleti (raspadaju se). Činjeni su pokušaji da se peletira kukuruzovina, ali nije uspeo da se dobro usitni kukuruzovina na sečki. Zbog toga je povoljnije izabrati otvore većeg prečnika na matrici za peletiranje kukuruzovine. Takođe, nije se uspeo sa peletiranjem ljuske suncokreta. Piljevina se može peletirati. Pošto je

piljevina dobro usitnjena, može se peletirati sa otvorima na matrici manjeg prečnika. Inače, lakši je rad s presom sa otvorima manjeg prečnika na matrici.

U usitnjenu slamu stavlja se negašeni kreč (CaO_3) da bi se razorio ligninski kompleks, omekšala organska masa (končast oblik celuloze) i da bi se postiglo bolje slepljivanje organske mase. Pelete mogu da dostignu temperaturu u presi 70 do 80°C. Zbog toga se pelete moraju hladiti. Količina vazduha za hlađenje iznosi 6 m³/min. Pritisak vazduha iznosi 200 Pa. Ako se pelet hladi na traci njena brzina treba da iznosi oko 1,25 m/min.

Sve sirovine, kod kojih je nasipna masa niska (trava, slama, suvi repini rezanci, gradski otpad, drveni ostaci, itd.), sa nasipnom gustinom manjom od 0,3 t/m³, pretežno se peletiraju sa horizontalnom matricom. Glavni razlozi za ovu konstataciju su:

- veliki prostor u delu prese za peletiranje omogućava da svaki valjak odmah može da peletira sirovinu,

- veliki prenos snage (sirovinu sa 0,14 t/m³ treba „stisnuti“ sa nekoliko puta većom silom, faktor x 4 ili x5, da bi se dobio pelet od 0,65 t/m³),

- sirovine koje imaju veliku nasipnu masu, veću od 0,5 t/m³ pretežno se peletiraju sa prstenastom matricom (stočna hrana, otpadni materijal prehrambene industrije i dr.) iz razloga što materijal treba staviti samo u tzv. „formu“, tj. oblik, koji zahteva malu upotrebu snage.

- kod peletiranja sa prstenastom matricom prvi valjak radi predsabijanje sirovine za drugi valjak, a to znači da prvi valjak nije u punom opterećenju. Drugi valjak peletira sirovinu (ako toga ne bi bilo, onda bi drugi valjak stalno radio na prazno). Zbog toga na presama za stočnu hranu ima tri valjka.

Kod peletiranja sirovina od drveta postiže se izvesni stepen prednosti ukoliko se koristi horizontalna matrica (Amandus Kahl, 2009). Drvo je vlaknasti materijal sa niskom nasipnom masom, a to znači da je to pogodna sirovina za peletiranje na horizontalnoj matrici. Kod presa sa horizontalnom matricom sirovina se dovodi gravitacijom. Mala brzina valjaka od 2,5 m/s osigurava dobar kvalitet gotovog proizvoda. Kao rezultat male brzine obrtanja valjaka buka koja se stvara pri presovanju je ispod 70 dBA. Tanak sloj sirovine u prostoru za peletiranje omogućava veliku propusnu moć. Zazor između valjaka i matrice se podešava, pa se na taj način može da kontroliše kvalitet istisnutih peleta i iznosi od 0,1 do 0,3 mm.

4. ZAKLJUČCI

Postoji sve veća potreba za razvojem tehnologija kojima bi se na ekonomski i ekološki opravdan i održiv način zamenilo korišćenje fosilnih goriva sa nekim obnovljivim izvorima energije.

Peletiranjem biomase mogu se u određenoj meri otkloniti brojne loše karakteristike da bi se biomasa koristila kao gorivo u direktnom sagorevanju, što se najviše odnosi na smanjenju gustine biomase zbog čega se biomasa u današnjem vremenu često peletira u cilju dobijanja energije.

Tehnologijom peletiranja biomase nalaže se njeno prethodno adekvatno pripremanje u pogledu usitnjenosti, sadržaja vlažnosti i sastava smeše za peletiranje

Kod opreme za peletiranje najvažniji konstrukcioni delovi presa su matrica sa pritisnim valjcima za presovanje biomase. Postoje dva osnovna i najčešće primenjivana tipa matrica u presama za peletiranje i to: prstenaste i ravne matrice. Prstenaste matrice je bolje koristiti za peletiranje sirovina čija je nasipna gustina iznad 500 kg/m^3 , a ravne matrice treba koristiti sa sirovine koje imaju manju gustinu od 500 kg/m^3 .

U sastavu smeše je veoma bitno koja vrsta biomase se priprema za peletiranje, kolika je njena usitnjenost, koliki je njen sadržaj vlage i da li se koristi i koja vrsta aditiva se u procesu peletiranja dodaje osnovnoj smesi biomase. Ustanovljeno je da se granične vrednosti sadržaja vlažnosti za peletiranje kreću od 6 do 15 masenih procenata, usitnjenost zavisi od vrste peletirane biomase i ne bi trebala da prelazi granicu od nekoliko milimetara, a od aditiva se mogu dodavati: melasa, skrob, organska vlakna, prirodni parafini, biljna ulja, lignin sulfat ili neka specijalna sintetička sredstva. U zavisnosti od vrste dodatih aditiva kao vezivnih sredstava, dodata količina varira od 0,5 do 5%.

Aditivi se za proizvodnju energetskih peleta mogu dodavati i sa ciljem da se pospeši proces sagorevanja peleta, što se u današnje vreme najviše odnosi na smanjenje problema u pogledu negativnih uticaja nižih temperatura topljenja pepela.

5. LITERATURA

- [1] Amandus K. 2009. Prospektni materijal, Amandus Kahl GmbH, Hamburg, Nemačka,
- [2] Brkić M, Janić T. 2009. Briketiranje i peletiranje biomase, monografija, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, Novi Sad: 284,
- [3] Brkić M, Gluvakov Zorica, Janić T. 2010. Analiza procesa proizvodnje energetskih peleta od biomase. *Savremena poljoprivredna tehnika* 37(2): 203-212,
- [4] Janić T, Brkić M, Igić S, Dedović N. 2008. Termoenergetski sistemi sa biomasom kao gorivom, *Savremena poljoprivredna tehnika* 34(3-4): 212-219,
- [5] Janić T, Brkić M, Igić S, Dedović N. 2010. Biomasa – energetski resurs za budućnost, *Savremena poljoprivredna tehnika* 36(2): 167-177,
- [6] Janić T, Brkić M. 2012. Razvoj tržišta energetskih peleta i biketa od biomase, *Savremena poljoprivredna tehnika* 38(4): 339-350,
- [7] Janić T, Jelić D, Tot I, Stojković I, Igić S. 2013. Uticaj vlažnosti i sastava biomase na osobine peleta, *Savremena poljoprivredna tehnika* 39(4): 205-268,
- [8] Kim, S. and B. E. Dale. 2004. Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass and Bioenergy* 26, 361-375,
- [9] Kricko Tajana, Bilandzija N, Jurisic Vanja, Voca N, Martin Ana. 2012. Energy analysis of main residual biomass in Croatia, *African Journal of Agricultural Research* 7(48): 6383-6388,
- [10] Martinov M, Tešić M, Veselinov B, Đatkov Đ, Bojić S. 2010. Primena čvrste biomase kao goriva u Nemačkoj – stanje i perspective. *Savremena poljoprivredna tehnika* 36(2): 157-166,
- [11] Obernberger I, Thek G 2010 *The pellet handbook – The production and thermal utilization of biomass pellets*. Earthscan Ltd, London, UK, 549,
- [12] Sun, R. C. 2010. *Cereal straw as a resource for sustainable biomaterials and biofuels*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Publications,
- [13] Stanković L. 1964. *Mašine i uređaji u stočarstvu*, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, s. 363,
- [14] Stanković L, Bugarin, R, Zagorac R, Samardžija M. 1995. Presovanje otpadaka biomase radi zaštite životne sredine i stvaranje kvalitetnih goriva, *Zbornik radova "Biomasa", IPP "Mladost", Ekološki pokret Jugoslavije*, Beograd, s. 169-175,
- [15] Stelte, W., Holm, J. K., Sanadi, A. R., Barsberg, S., Ahrenfeldt, J., and Henriksen, U. B. 2011. "A study of bonding and failure mechanisms in fuel pellets from different biomass resources," *Biomass Bioenergy* 35(2), 910-918.

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR PELLETING OF BIOMASS

Janić T.¹, Janić V.²

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Poljorivredni fakultet, Trg D. Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija

² Fakultet tehničkih nauka, Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija

e-mail: jtodor@polj.uns.ac.rs

SUMMARY

The paper describes the pelletization equipment and the specificity of certain pelleting constructive solutions, and a special emphasis is given to more important equipment for biomass pelleting, such as presses, dies, pressure rollers, tools and other equipment. Technological requirements that are imposed during pelleting of biomass are also presented. Conditions for the optimal operation of pelleting different types of biomass were studied and gained experience in using additives to improve the properties of pellets obtained. Many years of experience in the development of the biomass pelletization process in Serbia (together with personal experiences) were presented. In the conclusions of work, the direction of further development of this process is given.

Key words: biomass, pellet, equipment, technology, additives

NAPOMENA: Rad predstavlja deo istraživanja na projektu III 42011 „Razvoj i unapređenje tehnologija za energetski efikasno korišćenje više formi poljoprivredne i šumske biomase na ekološki prihvatljiv način, uz mogućnost kogeneracije“, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Srbije.

Primljeno: 09. 06. 2017. god.

Prihvaćeno: 18. 06. 2017. god.