

**PELETIRANJE DRVNE MASE I TIPOVI PROIZVODNJE****PELLETING OF WOODEN MASS AND PRODUCTION TYPES**Nemanja Bandić, Borislav Savković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – PROIZVODNO MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazan je proces proizvodnje peleta od drvene mase kroz proizvodne korake, faktori koji utiču na proizvodnju peleta, kao i tipovi i varijante proizvodnih pogona za peletiranje drvene mase.

**Ključne reči:** Pelet, Biomasa, Obnovljivi izvori energije

**Abstract** – This paper presents the process of wood pelleting through main steps, factors that influence the production of pellets, as well as the types and variants of the production lines for wood pelleting.

**Keywords:** Pellet, Biomass, Renewable energy sources

**1. UVOD**

Obnovljiva energija koristi izvore energije koji se prirodno kontinualno dopunjavaju Suncem, vetrom, vodom, toplotom Zemlje i biljkama. Tehnologije obnovljive energije pretvaraju ova goriva u korisne oblike energije - najčešće električnu energiju, ali i toplotnu, hemijsku ili mehaničku energiju [1].

Danas se fosilna goriva pretežno koriste za zagrevanje i snabdevanje kuća, kao i za goriva automobila. Pogodno je koristiti uglja, naftu i prirodni gas kako bi se zadovoljile energetske potrebe, ali je snabdevanje ovim gorivima ograničeno, zato što se koriste brže nego što se stvaraju. Zbog sigurnosnih razloga i problema sa odlaganjem otpada, Sjedinjene Američke Države će „penzionirati“ većinu nuklearnih kapaciteta do 2020. godine. U međuvremenu, očekuje se da će energetske potrebe zemlje porasti za 33 procenta u narednih 20 godina.

Čak i da je neograničena količina fosilnih goriva, korišćenje obnovljive energije je bolje za životnu sredinu. Često se tehnologije obnovljive energije nazivaju "čiste" ili "zelene", jer su mali zagađivači. Međutim, sagorevanje fosilnih goriva emituje stakleničke gasove u atmosferu, zarobljavajući sunčevu toplotu i doprinoseći globalnom zagrevanju. Naučnici tvrde da je prosečna temperatura Zemlje porasla u prošlom veku. Ako se taj trend nastavi, nivo mora će se povećati, a naučnici predviđaju da će se poplave, talasi vrućina, suše i drugi ekstremni vremenski uslovi sve češće javljati.

**2. PELET**

Proizvodnja peleta je počela pre više od jednog veka. Koristeći toplotu i pritisak, pelet se može proizvoditi iz različitih materijala za različite namene.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Borislav Savković, docent.**

Neke kompanije koje su koristile pelet za proizvodnju stočne hrane počele su 1970-ih da se bave proizvodnjom drvenog peleta kao izvora goriva. Međutim, zbog jeftinih fosilnih goriva koja su bila na raspolaganju, proizvodnja peleta od drveta nastavila je da raste. U 21. veku drveni pelet i uopšte pelet imaju ekspanziju, iako postoje problemi pri snabdevanju. Na slici 1. prikazan je izgled drvenog peleta.



Slika 1. Izgled drvenog peleta

Zbog visokih cena nafte i gasa i zabrinutosti zbog klimatskih promena, pelet postaje čisto i jeftino gorivo za grejanje koje može pomoći smanjenju globalnog zagrevanja. Tokom poslednje decenije postojala su dva glavna faktora koja su izazvala rast peleta na tržištu. Prvi je konstantan rast troškova fosilnih goriva i nestabilnost cena, a drugi je povećana pažnja na korišćenje fosilnih goriva, kao što su nafta i gas i njihov uticaj na životnu sredinu. Ostali faktori koji doprinose razvoju peleta su da se pelet može proizvesti na lokalnom nivou, od lokalnog drveta i biomase. Proizvodnja i distribucija peleta može dati pristupačno gorivo, kao vrstu grejanja i stvarati tako lokalne poslove.

Primarna svrha peletiranja materijala je olakšati rukovanje i smanjiti troškove transporta. Zapremina je često ograničavajući faktor kada se radi o prevozu. Povećanjem gustine materijala, potrebna zapremina za transport određene količine materijala je snižena.

Prednosti peleta u odnosu na briket i drvo kao ogrevni materijal su:

- Cena – pelet od drveta i biomase, kao alternativa fosilnim gorivima, u mnogim zemljama ima konkurentniju i stabilniju cenu, u odnosu na prirodni gas i naftu. Kao takav, drveni pelet se pokazao kao efektivna kontramera u borbi protiv globalnog zagrevanja, energetske sigurnosti i povećanja cene nafte.
- Širok asortiman materijala - Što se tiče peleta na bazi drveta i biomase, izvor sirovina je raznovrstan, kao što je otpad od drveta (piljevina, sečka, itd.), dvorišni otpad (trava, lišće, grančice, grmlje itd.), farmanski

otpad (kukuruz, kukuruzna stabla, slama itd.) i ostali ostaci otpada iz biomase. Kao tradicionalno grejanje, fosilna goriva su skuplja i lako izazivaju zagađenje životne sredine. Drveće (ogrev) raste sporo i teško je kontrolisati vlagu, pa tako da obe navedene vrste goriva, nisu dobre za peći i kotlove.

- Zaštita životne sredine - prednost peleta od drveta i biomase je što ne emituje CO<sub>2</sub>. Pri sagorevanju peleta oslobađa se samo CO<sub>2</sub> koji se čuva tokom života biljke i bezopasan je za životnu sredinu, dok sagorevanje fosilnih goriva oslobađa dodatni CO<sub>2</sub> u atmosferu koji se skladišti milionima godina i tako ubrzava globalno zagrevanje.
- Pogodnost - Pelet se proizvodi sa jedinstvenim sadržajem vlage, oblikom, veličinom i gustom koja odgovara potrebama automatizovanih sistema sagorevanja peći i kotlova, a takođe zauzima manje prostora u skladištenju od drugih biomasa.

Ispod su navedeni neki od termina u proizvodnji peleta od strane Pellet Fuels Institute Standard Specification for Residential/Commercial Densified Fuel, October 25, 2010:

- **Bulk density** - zapreminska gustina u uzorkovanom peletu
- **Diameter** - prosečan prečnik uzorkovanih peleta
- **Pellet Durability Index (PDI)** - standardizovani parametar za specifikaciju sposobnosti peleta da se odupre degradaciji prilikom transporta i rukovanja
- **Fines** - procenat materijala peleta u uzorku koji prolazi kroz ekran od 3,7 mm
- **Inorganic ash** - procenat neorganskog materijala u uzorkovanom peletu
- **Length** – težinski procenat peleta dužine 38,1 mm u uzorkovanom peletu
- **Moisture** – sadržaj vlage u uzorkovanom peletu
- **Heating value** – Toplota sagorevanja uzorkovanog peleta

### 3. PELETIRKE I PROCES PELETIRANJA

Peletirka, tj. mašina za proizvodnju peleta, predstavlja glavni deo procesa peletiranja. Postoje dva tipa peletirki od kojih je jedna sa ravnom matricom (engl. flat die), a druga je sa prstenastom matricom (engl. round die). Ravna matrica za pelet se pojavila prva, a prstenasta je kasnije projektovana.

Uobičajeno je da se ravne koriste za male i srednje proizvodnje peleta, a prstenaste za srednje i velike proizvodnje peleta [2].

#### 3.1. Peletirke sa ravnom matricom

Na slici 2. prikazana je peletirka sa ravnom matricom koja radi na principu pada materijala odozgo na valjke koji se rotiraju preko matrice. Materijal se onda kompresuje između valjaka i površine matrice kroz otvore. Kada pelet izađe kroz otvor matrice, nož odseca pelet na određenu dužinu.

Pogon preko puža i pužnog točka se koristi kod nekih peletirki sa ravnim matricama, dok se kod drugih pogon vrši preko zupčanika.

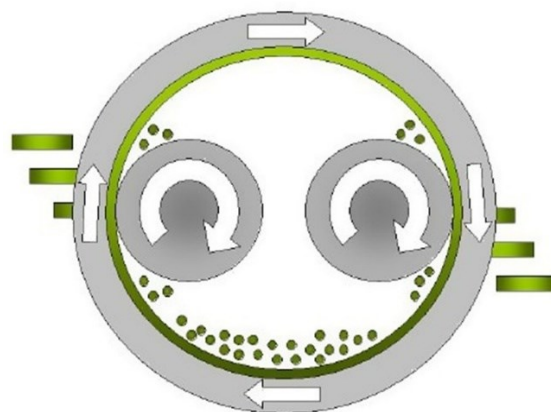


Slika 2. Princip rada peletirke sa ravnom matricom

#### 3.2. Peletirke sa prstenastom matricom

Na slici 3. prikazan je princip rada peletirke sa prstenastom matricom. Peletirke sa prstenastom matricom se sastoje od vertikalne prstenaste matrice sa valjcima na unutrašnjoj strani, koji stvaraju pritisak na matricu.

Materijal se napaja iz spremnika preko kondicionera sa varijabilnom brzinom iznad peletirke; odgovarajući materijal se zatim unosi kroz vrata peletirke i odlazi u centar komore peletirke. U unutrašnjosti komore valjci su stacionarni i matrica je gonjena, slično mašini za pranje veša. U komori materijal se pokreće rotirajućom matricom i zatim se kompresuje valjcima.

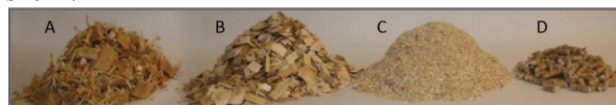


Slika 3. Princip rada peletirke sa prstenastom matricom

#### 3.3. Proces peletiranja

Drveni pelet se često proizvodi iz otpadnog materijala drugih proizvoda, mada nekoliko velikih kompanija koje se bave proizvodnjom peleta, pripremaju gotovo drvo samo za peletiranje [3].

Sirovi materijal koji se koristi za proces peletiranja može se pripremiti na različite načine, primeri su prikazani na slici 4.



Slika 4. Materijali za peletiranje

Proces peletiranja prolazi kroz nekoliko osnovnih koraka, koji su standardni za sve vrste proizvodnje peleta, bilo da se radi o mini serijama ili masovnoj proizvodnji, a to su [4]:

1. Usitnjavanje materijala koji se peletira
2. Prevoz materijala
3. Sušenje
4. Mešanje
5. Kondicioniranje
6. Proizvodnja peleta (peletirka)
7. Prosijavanje
8. Hlađenje
9. Transport peleta
10. Pakovanje i skladištenje

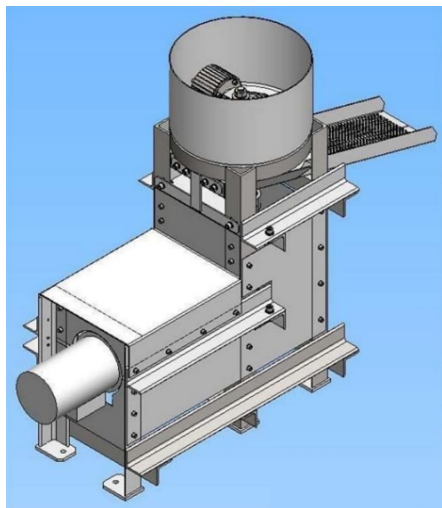
### 3.4. Faktori koji utiču na proces peletiranja

Na proces u peletirkama utiče nekoliko svojstava vezanih za materijal koji se peletira, kako i za sam dizajn matrice. Rezultati nekoliko istraživanja pokazali su kako neki od ovih svojstava utiču na proces. Ova istraživanja su se prvenstveno fokusirala na osobine materijala za peletiranje. Poznato je da sledeća svojstva utiču na proces peletiranja [5]:

- **Tip drveta (vrsta)**
- **Temperatura**
- **Vlažnost**
- **Veličina čestica i orijentacija vlakana**

## 4. TIPOVI PROIZVODNJE

### 4.1. Proizvodnja 250kg/h peleta



Slika 5. Peletirka za proizvodnju 250kg/h peleta

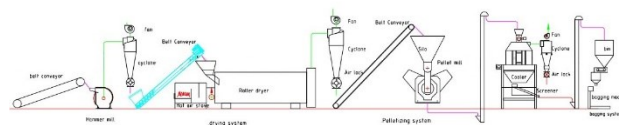
Na slici 5. je prikazana peletirka sa ravnom matricom i pokretnim valjcima. Prosečna proizvodnja ovakvih peletirki je 250 kg/h. Sam kapacitet proizvodnje zavisi od mnogo faktora. Najbitniji faktor je vrsta materijala koji se peletira, pri čemu se meko drvo može smatrati produktivnijim od tvrdog drveta. Međutim, osim vrste materijala na proizvodni kapacitet može uticati jačina motora i broj obrtaja, kao i sam dizajn motora. Ovakav tip peletirke je namenjen za neke manje proizvodnje, pa čak i samo za kućne potrebe. Upravljanje ovakvom peletirkom je jednostavno.

Dovoljan je jedan radnik koji će ručno vršiti dosipanje materijala na valjke. Materijal mora biti prethodno samleven kako bi mogao proći kroz matricu. Konstrukcija ovakve peletirke omogućava laku i brzu zamenu potrošnih delova u bilo kom trenutku proizvodnje. Kako bi se napravila kompletna linija za proizvodnju peleta, osim

peletirke potreban je mlin za drobljenje piljevine, pužni dozator piljevine u peletirku, transportna traka za pelet od peletirke do silosa, sito za prosejavanje peleta i pakerica za pakovanje peleta. Ako materijal koji se peletira, ima veću vlažnost nego što je potrebna (npr. ako se koristi piljevina sa pilana) onda se u proizvodnu liniju mora ugraditi i sušara sa kapacitetom koji će pratiti kapacitet peletirke.

Glavne karakteristike proizvodnih linija ovakvog tipa su jednostavnost upravljanja, ne zauzimaju puno prostora i predstavljaju najjeftiniju varijantu. Idealno je rešenje za one koji se bave preradom drveta, a imaju problem sa otpadom, tj. piljevinom.

### 4.2. Proizvodnja 500kg/h peleta



Slika 6. Tip proizvodnje od 500kg/h peleta

Na slici 6. je prikazan tip proizvodnje peleta od 500kg/h, gde se koriste peletirke sa prstenastom matricom. Ovakav tip proizvodnje peleta se može podeliti na 4 podsistema:

1. Sistem za usitnjavanje drvenog otpada
2. Sistem za sušenje
3. Sistem za peletiranje
4. Sistem za pakovanje

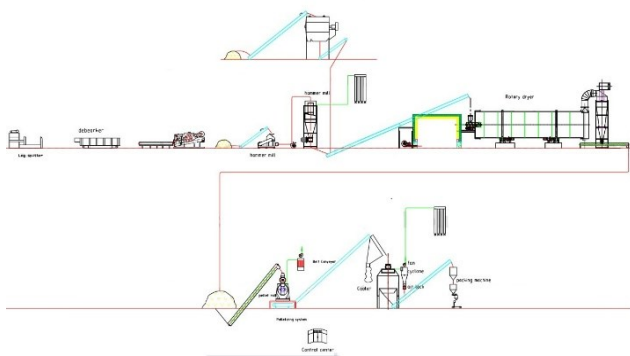
Proces peletiranja kreće od ubacivanja drvenog otpada u mlin čekićar. To se može vršiti transportnom trakom kako bi se ravnomerno ubacivao radni materijal. Usitnjeni materijal iz mlina se prenosi pužnim transporterom do sušare. Nakon što materijal prođe kroz sušaru, transportnom trakom se odvodi u silos, odnosno spremnik peletirke, gde se materijal pod pritiskom kompresuje u pelet. Gotov pelet se šalje u hladnjak, gde će se ohladiti i pripremiti za pakovanje. Na izlasku iz hladnjaka postavlja se sito, kako bi se odstranila sva prašina i pelet koji se pretvorio u sitne delove. Nakon toga pelet se šalje u korpu iznad pakerice, gde se vrši pakovanje u vreće. Između podsistema se instaliraju cikloni koji uvlače prašinu i tako omogućuju čistu sredinu za rad.

### 4.3. Proizvodnja 2t/h peleta

Na slici 7. je prikazan tip proizvodnje peleta od 2t/h. Ovaj tip proizvodnje omogućuje da se direktno iz trupaca dobija pelet, za razliku od prethodnih tipova gde se pelet dobijao iz drvenog otpada, tj. piljevine. Na slici 7. se vidi kako se piljevina koja je smeštena u silosu, šalje u mlin čekićar. Istovremeno drveni trupci prolaze kroz drobilicu za drvo, kako bi se napravila sečka koja takodje, ide u mlin čekićar.

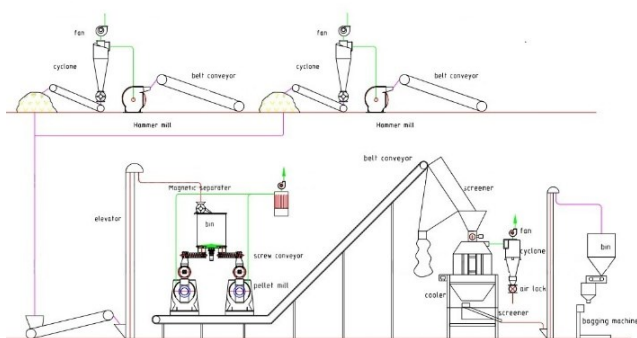
Usitnjeni materijal koji je dobijen iz trupaca i materijal doveden iz silosa se šalju u sušaru. Nakon završenog procesa sušenja, materijal se pužnim transporterom dozira u peletirku.

Princip rada peletirke isti je kao i kod ostalih peletirki sa prstenastim matricama. Dobijeni pelet se šalje u hladnjak na hlađenje, a posle na pakovanje. Kompletnim sistemom se upravlja iz kontrolnog centra.



Slika 7. Tip proizvodnje od 2t/h peleta

#### 4.4. Proizvodnja 4t/h peleta



Slika 8. Tip proizvodnje od 4t/h peleta

Na slici 8. je prikazan tip proizvodnje peleta od 4t/h. Ovakav tip predstavlja masovnu proizvodnju peleta. U proizvodnoj liniji se nalaze dve peletirke sa prstenastim matricama od kojih svaka proizvodi po 2t/h.

Radni materijal može biti sa više izvora, ali se zajedno dovodi u bunker iznad obe peletirke, gde se dalje pužnim prenosnikom ravnomerno dozira u peletirke. Nakon toga pelet ide na hlađenje i pakovanje. Kompletan proces je automatizovan.

### 5. ZAKLJUČAK

Zbog različitosti upotrebe, procesi proizvodnje drvenog peleta se mogu razlikovati od postrojenja do postrojenja. Na primer, ako se drveni pelet pravi za ličnu upotrebu, nisu potrebni svi proizvodni koraci, tj. proces pakovanja nije potreban zato što se pelet može koristiti direktno iz spremnika peleta. Međutim, ako je pelet napravljen u komercijalne svrhe, takvom peletu je potrebno odgovarajuće pakovanje, odnosno potrebna je mašina za pakovanje peleta u vreće.

Peletiranje biomase ima neke važne prednosti:

- upotreba peleta kao alternativne održive energije je efikasan alat u borbi protiv klimatskih promena;
- manji troškovi transporta, manja količina prašine, veće grejne vrednosti i manje zagađenje [6]
- smanjeno sečenje šuma, pružajući zamenu drvetu koji se koristi kao ogrev

Glavni nedostaci peletiranja biomase su:

- emisije nekvalitetnog peleta dovode do korozije
- sitne čestice peleta mogu poremetiti kontrolu automatskog zagrevanja sistema ili uzrokuju prekid automatskog snabdevanja peletom
- sitne čestice brže gore i dovode do topljenja prašine
- prašina nastala raspadom nekvalitetnog peleta predstavlja zdravstveni rizik, a takođe može dovesti do paljenja i eksplozije tokom rukovanja, skladištenja i transporta.

### 6. LITERATURA

- [1] Johansson, T. B. , K. McCormick , L. Neij , and W.C. Turkenburg , „*The potentials of Renewable Energy*“, Bonn, 2004.
- [2] Kaltscmitt, M, „*Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren*“, Springer, 2009.
- [3] J. K. Holm, U. B. Henriksen, J. E. Hustad, L. H. Sorensen, „Toward an understanding of controlling parameters in softwood and hardwood pellets, production“ *Energy & Fuels*, pp. 2686-2694, 2006.
- [4] <http://www.pelletmillsolution.com/blogs/7-Steps-of-Fuel-Pellets-Production-Process.html> (pristupljeno u oktobru 2018.)
- [5] Wolfgang Stelte, Jens K. Holm, Anand R. Sanadi, Søren Barsberg, Jesper Ahrenfeldt, and Ulrik B. Henriksen, „Fuel pellets from biomass: The importance of the pelletizing pressure and its dependency on the processing conditions“, *Fuel*, 90 (11) pp. 3285 – 3290, 2011.
- [6] M.V. Gil, P. Oulego, M.D. Casal, C. Pevida, J.J. Pis, F. Rubiera, „Mechanical durability and combustion characteristics of pellets from biomass blends“, *Bioresource Technology*, vol. 101, pp. 8859–8867, 2010.

### Kratka biografija:



**Nemanja Bandić** rođen je u Doboju 1993. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog mašinstva odbranio je 2016.god.

kontakt: [bandic10hotmail.com](mailto:bandic10hotmail.com)



**Borislav Savković** rođen je u Novom Sadu 1982. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2015. god. gde je i zasnovao radni odnos u zvanju docenta. Autor je jednog univerzitetskog udžbenika i preko 100 naučnih radova. Oblast interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala, simulacije kao i ekološko tehnološki sistemi.