

**Bibliid:** 0350-2953 (2012) 38, 2:75-86  
**UDK:** 620.952

Pregledni rad  
Review

**OBLICI I VELIČINE OTVORA NA MATRICAMA PELETIRKI U  
ZAVISNOSTI OD VRSTE SIROVINE ZA PRESOVANJE**

**FORMS AND SIZES OF HOLES AT DIES OF PELLET PRESS IN DEPENDING  
ON THE SORTS OF RAW MATERIAL FOR PRESSING**

Brkić Miladin, Janić Todor, Gluvakov Zorica  
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad  
[mbrkic@uns.ac.rs](mailto:mbrkic@uns.ac.rs)

**REZIME**

U radu su obrađene konstrukcione karakteristike opreme za peletiranje biomase. Opisani su i tehnološki postupci presovanja usitnjene biomase. Prikazane su dve osnovne vrste alata presa: prstenaste i ravne matrice. Objasnjena je upotreba pojedinih vrsta matrica u zavisnosti od vrste i stanja usitnjene biomase. Analizirani su različiti oblici i dimenzije otvora na matricama peletirki u zavisnosti od vrste sirovine za presovanje. Oblici otvora na matricama mogu biti cilindrični, kvadratni, konusni i ovalni. Dimenzije otvora po dužini kanala mogu biti konstantne i promenjive. Obrađeni su i različite vrste valjaka za presovanje. Ustanovljeno je da pojedine vrste biljnog materijala različito se presuje i zbog toga zahtevaju odgovarajuće konstrukcione parametre za presovanje. Lakše se presuje piljevina od drveta, vlaknast material, koji se dobro samozalepljuje, a teže se presuje poljoprivredna biomasa, kabasta, neujednačene strukture i usitjenosti, sa manje vlakana i sa povećanim sadržajem vlage. Presuva biomasa se, takođe, teško presuje, pa je potrebno sirovinu prethodno kondicionirati (ovlažiti).

**Ključne reči:** biomasa, energetske pelete, oprema za presovanje, konstrukcione karakteristike

**1. UVOD**

Postoje razni načini sakupljanja i pakovanja poljoprivredne i šumske biomase: u bale, brikete, kobsove i pelete (Tešić et. al, 1983). Procesom peletiranja biomase najviše se smanjuje zapremina otpreska i povećava specifična masa sirovine. Zapreminska masa suve sirovine (sa skladišnim sadržajem vlage) iznosi 80 do 120 kg/m<sup>3</sup>, kod drugih vrsta sirovina i do 200 kg/m<sup>3</sup>, dok kod peletirane zapreminska masa ili nasipna gustina iznosi 650 do 750 kg/m<sup>3</sup>. Time se potreban prostor za smeštaj hraniva smanjuje u odnosu 7:1 do 12:1 (sedam do dvanaest puta). Dalja prednost peletiranja jeste u mogućnosti uvrećavanja peleta, pogodnijeg pakovanja, što olakšava uskladištenje i transport. Osim toga, peletiranjem se smanjuju gubici sirovine, koji nastaju pri uskladištenju i transportu (Brkić i Janić, 2009a).

Takođe, peletirana biomasa ima najpovoljniji oblik i dimenzije za automatsko hranjenje kotlova i ložišta. Proces peletiranja razvio se pre četrdeset godina u oblasti pogodnog

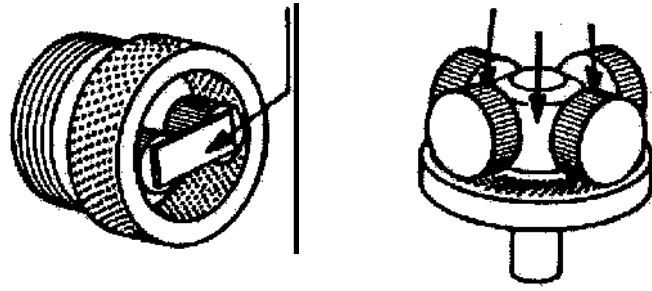
spremanja krmnog hraniva i koncentrata. Reč „pellet“ na engleskom znači loptica, kuglica ili valjak. Dakle, proces peletiranja označava sabijanje ili presovanje usitnjenog kabastog biljnog materijala u pogodan oblik, koji ima znatno manju zapreminu u odnosu na početni material (sirovinu). Do danas se najviše peletiralo brašno od lucerke posle procesa dehidracije, kao i krmne smeše (koncentrati).

Cilj ovog rada jeste da analizira oblike alata za presovanje biomase u zavisnosti od vrste, strukture, usitnjenosti i sadržaja vlage biomase, radi definisanja potrebnih konstantnih parametara za efikasnu proizvodnju energetskih peleta.

## 2. MATERIJAL I METOD RADA

### 2.1 Prese za peletiranje biomase

Posle eventualnog sušenja, usitnjavanja i kondicioniranja sirovine, obavlja se proces peletiranja na pelet presi (Obenberger i Thek, 2009, Stanković et. al, 1995). Najvažniji radni organ (alat) pelet prese je matrica sa pritisnim valjcima. Postoje dva tipa matrica: u obliku prstena i ravna matrica (sl. 1). Obe matrice su optimalizovane za proizvodnju energetskih peleta od drveta. U Austriji je najviše u upotrebi prstenasta matrica, koja je pogodna za presovanje tvrde drvenaste sirovine. U Nemačkoj je u upotrebi ravna matrica za peletiranje lakših materijala.



Sl. 1. Vrste matrica: a) prstenasta, b) ravna (Obenberger i Thek, 2009)

Fig. 1: Types of dies: a) ringlike, b) flat (Obenberger i Thek, 2009)

Prikupljanje podataka o postupku peletiranja biomase obavljeno je u pogonu za peletiranje firme “Eko pelet” u Bačkom Petrovcu 2011 godine. Ovaj pogon je izgrađen 1980. godine i osnovna namena mu je bila da peletira šišarke od hmelja. Pogon je 2009. godine adaptiran za peletiranje slame i piljevine. U pogonu instalirana je presa CPM američke proizvodnje (Gluvakov et. al, 2011).

Dakle, za proces presovanja sirovine najvažniji alati prese su matrica, valjci i nož za otsecanje peleta. Sirovina ulazi u prostor za napajanje (presovanje) i podjednako treba da bude razdeljena po otvorima matrice. Na matrici se stvara “tepih” (tanak sloj) od sirovine

Brkić, M., et al. (2012). Oblici i veličine otvora na matricama peletirki u zavisnosti od vrste sirovine za presovanje. *Contemporary agricultural engineering* 38(2):75-86.

okretanjem valjaka ili matrice. Iz matrice izlazi beskonačna nit sirovine, koja se preseca nožem na željenu dužinu. Tako nastaju pelete.

Važne karakteristične veličine u proizvodnji peleta su odnos presovanja, broj rupa u matrici i otuda upotreba otvorene unutrašnje površine matrice (bez obzira na prilike, tj. mogućnost pristupa). Kod odnosa presovanja podrazumeva se odnos između dužine kanala (otvora matrice) za presovanje materijala i preseka izbušene rupe, tj. prečnika otvora matrice, kao karakteristične veličine ( $Op = l/d$ ). Kod procesa peletiranja drvenaste mase (strugotine ili piljevine) odnos presovanja obično je između 3:1 i 5:1. Sirovina sa malom snagom vezivanja (lepljenja) zahteva duže kanale za presovanje i obrnuto, sirovina sa velikom snagom vezivanja zahteva kraće kanale za presovanje. Temperatura sirovine u kanalu za presovanje penje se povećanjem dužine kanala za presovanje, pri čemu se povećanjem kanala za presovanje, takođe, povećava tvrdoća peleta.

Po pravilu matrice su koncipirane tačno za određenu vrstu sirovine i ne može da se koristi za drugu vrstu. Dakle, parametri presovanja za jednu određenu vrstu sirovine su:

- debljina matrice,
- dužina kanala za presovanje (sa protivotvorom, tj. proširenjem na ulazu u otvor matrice),
- broj rupa (otvora), forma otvora (oblik), presek otvora (prečnik),
- 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 ravnim matricom, tip kanala na površini valjaka (rupičasti, linearni i dr.).

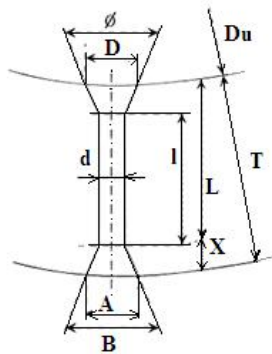
Broj valjaka može da bude dva, tri ili četiri. Broj rupa u matrici utiče na učinak (proizvodnost) prese. Preduslov za dobro i kvalitetno peletiranje jeste kontinuirano (stalno) hranjenje prese sa homogenom sirovinom, dovoljno usitnjenom, sa konstantnim sadržajem vlage, koja za određenu vrstu prese i konkretnu drvenastu sirovinu iznosi između 8 i 13 masenih procenata (%). Kod presovanja poljoprivredne biomase sadržaj vlage u sirovini može da bude nešto veći (10 do 14%), (Brkić I Janić, 2009b).

### 3. REZULTATI RADA I DISKUSIJA

#### 3.1. Prese sa prstenastom matricom

Danas su najviše zastupljene prese za peletiranje sa prstenastim matricama, mada je izrada tih matrica izuzetno teška, posebno kvalitet čelika i termička obrada, jer nastaju dodatne deformacije prstena, usled unutrašnjih naprezanja materijala. Stoga se radije koriste diskosne (ravne) matrice sa čeličnim valjcima na njoj, posebno kada su u pitanju pelete prečnika do 20 mm i dužine 30 do 50 mm (Tešić, 1997).

Na sl. 2 prikazane su konstrukcioni parametri otvora prstenaste matrice prema Litvanskoj kompaniji JSC "Radviliskis machine factory" iz Radviliskisa (JSC "Radviliskis machine factory", 2012), u kooperaciji sa italijanskom firmom Factori S.A.S., iz Merate ([www.factory.lt](http://www.factory.lt)).



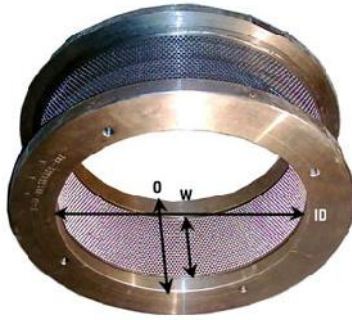
Sl. 2. Konstrukcioni parametri otvora matrice

( $d$ - prečnik pelete,  $L$  - efektivna dužina,  $D_u$  – unutrašnji prečnik prstenaste matrice,  $D$  - prečnik otvora na ulazu,  $\emptyset$  - ugao otvora na ulazu,  $T$  - ukupna debljina matrice,  $l$  – dužina trenja,  $X$  - dubina proširenja otvora na ulazu (protivzagušenje),  $B$  - ugao otvora za protivzagušenje,  $A$  - prečnik otvora za protivzagušenje, kompresioni odnos -  $D^2/d^2$ , odnos trenja -  $l/d^2$ )

Fig. 2. Constructions parameters of the hole die

( $d$ -pellet diameter,  $L$ -effective length,  $D_u$  – inner diameter of ring die,  $D$ -inlet diameter,  $\emptyset$ -inlet angle,  $T$ -total thickness,  $l$ -frictional length,  $X$ -counterbore depth,  $B$ - counterbore angle,  $A$ - counterbore diam, Compression ratio- $D^2/d^2$ , Frictional ratio- $l/d^2$ )

Na sl. 3 i 4 prikazani su konstrukcioni parametri otvora u prstenastoj matrici firme "General Dies" iz Italije" ([www.generaldies.com](http://www.generaldies.com)), (General Dies, 2012) .

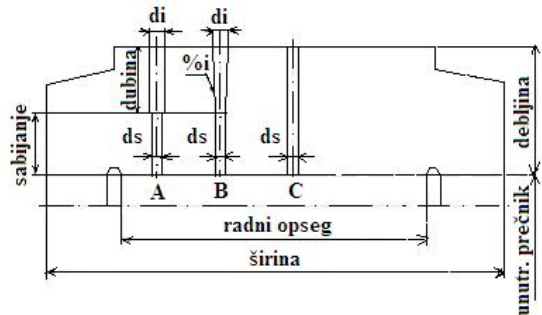


Sl. 3. Prstenasta matrica

ID – unutrašnji prečnik, W- radni opseg, O – debljina

Fig. 3. Ring die (matrix)

ID – inside diameter, W – working width O – overall width



Sl. 4. Poprečni presek gornjeg dela prstenaste matrice

( $d_i$  – prečnik otvora na izlazu,  $\%i$ - konusni otvor na izlazu,  $d_s$  – prečnik otvora za sabijanje, A,B,C – različiti oblici otvora)

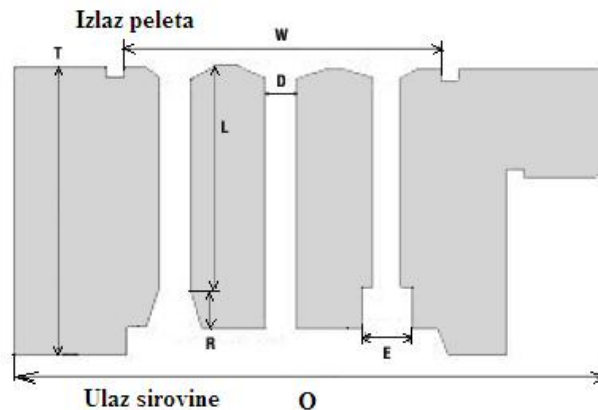
Sl.4. Cross-section of upper part of ring die (matrix)

( $d_i$  – diametern of holes at outlet,  $\%i$ - cone of holes at outlet,  $d_s$  – diameter of holes for pressing, A,B,C – different form of holes)

Na sl. 5 i 6 prikazani su konstrukcioni parametri otvora u prstenastoj matrici firme "Feed Mashinery and Equipment" iz Australije ([www.feedmashinery.com](http://www.feedmashinery.com)), ("Feed mashinery and equipment" (2012).



Sl. 5. Prstenasta matrica  
Fig. 5. Annular Die (Ring matrix)



Sl. 6. Poprečni presek gornjeg dela prstenaste matrice

D – prečnik otvora, W- radni opseg, O – debljina, L – efektivna dužina, R – rasterećenje, T – ukupna debljina, E – prečnik ili širina otvora na ulazu)

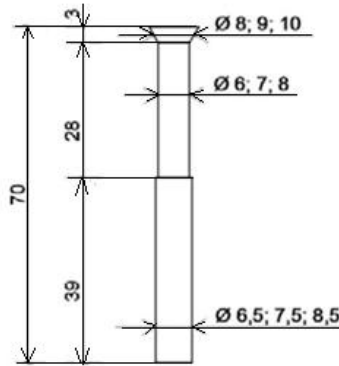
Sl.6. Cross section of above part of ring die (matrix)

(D - hole diameter, W – working width O – overall width, L - effective length, R – relief, T- total thickness, E- inlet diameter or width)

Presa za peletiranje biomase CPM u pogonu “Eko pelet” u Bačkom Petrovcu (Gluvač et al, 2011) je stabilne konstrukcije, koju čine koš, pužni transporter-izuzimač, kondicioner, dozator i radni alat matrice. Nakon ulaska usitnjenog materijala u koš peletirke, neophodno je isti pomoću kondicionera zaparivati (vlažiti) da bi se ostvarilo kompaktnije peletiranje. Matrica je prstenasta sa dva potisna valjka. Dimenzije matrice su 500 x 100 x 70 mm. Prstenasta matrica se okreće, a valjci za potiskivanje mase kroz otvore

na matrici stoje. Na matrici ima 9 redova otvora prečnika 6, 7 ili 8 mm. Ukupan broj otvora iznosi 1200. Radna temperatura prstenaste matrice je oko 130°C. Učinkak prese je 400 kg/h rada energetskih peleta od slame.

Oblik otvora (rupe) na matrici je sledeći: unutrašnji konusni otvor  $\varnothing$  8, 9, 10 mm i dubine 3 mm, središnji cilindrični deo za formiranje peleta:  $\varnothing$  6, 7 ili 8 mm i dužine 28 mm, spoljni cilindrični deo za rasterećenje pritiska na peletu (ekspanzija)  $\varnothing$  6,5; 7,5 i 8,5 mm i dužine 39 mm. Ukupna dužina otvora je 70 mm. Na slici 7 je prikazan uzdužni presek otvora matrice.



Sl. 7. Uzdužni presek otvora prstenaste matrice  
Fig. 7. Longitudinal-section of the hole die (matrix)

Kroz konusni otvor (sl. 7) ulazi usitnjena masa potiskivana sa valjcima. U konusu se sabija masa. Dalje sabijanje (kompresija) obavlja se u suženom otvoru matrice ( $\varnothing$  6,7,8 mm), zavisno od potrebnog prečnika otvora. Posle ovog otvora, masa dolazi do proširenog preseka otvora ( $\varnothing$  6,5;7,5;8,5 mm), gde ona ekspanduje, rasterećuje se pritisak u masi i pelet lakše izlazi iz otvora. Ovaj oblik otvora odgovara za proizvodnju peleta od slame (Brkić et. al, 2009a).

### 3.2. Prese sa ravnom matricom

Kod peletiranja lakših sirovina postiže se izvesni stepen prednosti, ukoliko se koristi ravna matrica [1]. Sve sirovine, kod kojih je nasipna masa niska (trava, slama, suvi repini rezanci, gradski otpad, drveni ostaci, itd.), sa nasipnom masom manjom od 0,3 t/m<sup>3</sup>, pretežno se peletiraju ravnom 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/m<sup>3</sup> treba „stisnuti“ sa nekoliko puta većom silom, faktor x 4 ili 5, da bi se dobio pelet od 0,65 t/m<sup>3</sup>),

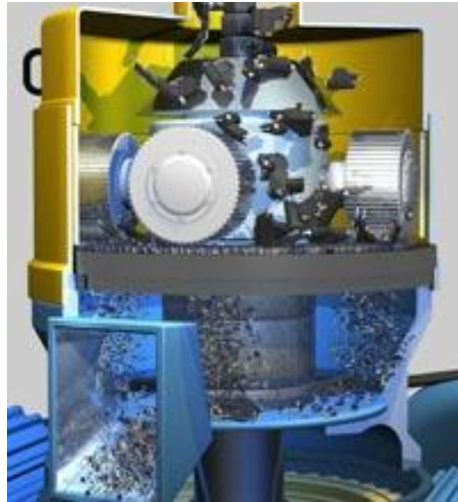
- sirovine koje imaju veliku nasipnu masu, veću od  $0,5 \text{ t/m}^3$  pretežno se peletiraju prstenastom matricom (stočna hrana, otpadni materijal prehrambene industrije i dr.) iz razloga što materijal treba staviti samo u tzv. „formu“, tj. oblik, koji zahteva malu upotrebu snage.

- kod peletiranja prstenastom matricom prvi valjak radi predzbijanje 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.

Drvo je vlaknasti materijal sa niskom nasipnom masom, a to znači da je to pogodna sirovina za peletiranje na ravnoj matrici. Kod presa sa ravnom matricom sirovina se dovodi gravitacijom. Mala brzina valjaka od  $2,5 \text{ m/s}$  osigurava dobar kvalitet gotovog proizvoda.

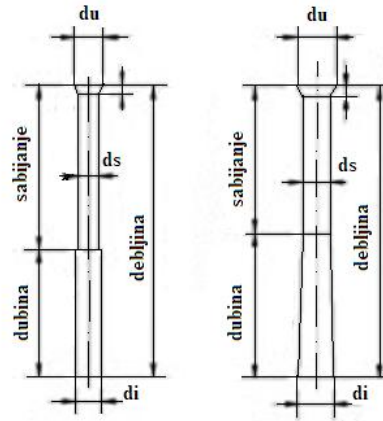
Kao rezultat male brzine obrtanja valjaka buka koja se stvara pri presovanju je ispod  $70 \text{ dBA}$ . Tanak sloj sirovine u prostoru za peletiranje omogućava veću propusnu moć. Zazor između valjaka i matrice se podešava (to se radi sa hidrauličnom glavom koja nosi valjke), pa se na taj način može da kontroliše kvalitet istisnutih peleta. Vek trajanja ove matrice je duži.

Na sl. 8 prikazana je presa sa ravnom matricom i valjcima firme Amandus Kahl iz Nemačke ([www.akahl.de](http://www.akahl.de)), (“Amandus Kahl”, 2009).



**Sl. 8.** Presa sa ravnom matricom i valjcima  
**Fig. 8.** Press mashine with flat die and rollers



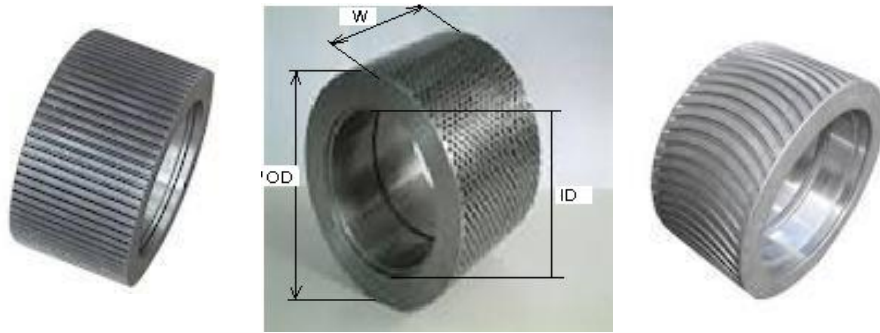


**Sl. 9.** Oblici otvora na ravnoj matrici ([www.generaldies.com](http://www.generaldies.com))  
( $d_u$  – prečnik otvora na ulazu,  $d_s$  – prečnik otvora za sabijanje,  $d_i$  – prečnik otvora na izlazu)

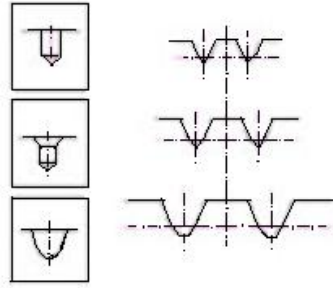
**Fig. 9.** Forms of holes at flat die ([www.generaldies.com](http://www.generaldies.com))  
( $d_u$  – diameter of holes at enter,  $d_s$  – diameter of holes for pressing,  $d_i$  – diameter of holes at outlet)

### 3.3. Valjci (točkovi) za presovanje

Na sl. 10 i 11 prikazani su valjci za presovanje različitih oblika kanala na površini valjaka firme General Dies iz Italije ([www.generaldies.com](http://www.generaldies.com)), (General Dies, 2012).



**Sl. 10.** Valjci za presovanje (W-širina, OD-spoljni prečnik, ID-Unutrašnji prečnik)  
**Fig. 10.** Rollers-shell for pressing (W-width, OD – outside diameter, ID – inside diameter)



**Sl. 11.** Oblici i veličine kanala na valjcima  
**Fig. 11.** Forms and sizes of channels at rollers-shell

Oblici i veličine kanala na površini valjaka zavise od vrste i stanja sirovine za presovanje. Krupnije usitnjena sirovina zahteva izraženiju reljefnu površinu valjka, da bi došlo do delimičnog usitnjavanja sirovine, kao nus pozitivne pojave.

#### 4. ZAKLJUČCI

Na osnovu analize konstrukcionih karakteristika opreme za peletiranje biomase (alata za presovanje), tj. oblika i dimenzija otvora na matricama i tehnoloških postupaka presovanja usitnjene biomase na prstenastim i ravnim matricama, ustanovljeno je sledeće:

- oblici otvora na matricama mogu biti cilindrični, kvadratni, konusni i ovalni,
- dimenzije otvora po dužini kanala mogu biti konstantne i promenjive,
- otvor na ulazu u kanal može biti proširen da bi se izbeglo nagomilavanje materijala na ulazu u kanal, tj da bi se smanjio otpor materijala pri presovanju,
- dužina kanala određuje stepen sabijenosti materijala,
- proširenje izlaznog dela kanala ima za cilj da smanji otpor presovanja materijala.
- valjci za presovanje imaju različitu konfiguraciju površine u zavisnosti od vrste materijala za presovanje, krupniji material zahteva izraženiju konfiguraciju,
- pojedine vrste biljnog materijala različitog su sastava i zbog toga potrebno je prilagoditi odgovarajuće konstrukcione parametre za presovanje,
- lakše se presuje piljevina od drveta, vlaknast material, koji se dobro samozalepljuje, a teže se presuje poljoprivredna biomasa, kabasta, neujednačene strukture i usitnjenosti, sa manje vlakana i sa povećanim sadržajem vlage.
- presuva biomasa se, takođe, teško presuje, pa je potrebno sirovinu prethodno kondicionirati (vlažiti).
- material manje nasipne mase se lakše presuje na prstenastoj matrici, a material veće nasipne mase na prstenastoj matrici,
- veći je učinak prese sa ravnom matricom od prstenaste matrice.

## 5. LITERATURA

- [1] "Amandus Kahl" (2009). Proizvodni program, Amandus Kahl GmbH, Hamburg, Nemačka, ([www.akahl.de](http://www.akahl.de)).
- [2] Brkić M, Janić T. (2009a). Briketiranje i peletiranje biomase, monografoija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, s. 277.
- [3] Brkić M, Janić, T. (2009b). Tehnološki postupci i oprema za peletiranje i briketiranja biomase, Revija agronomska saznanja, JNDPT, Novi Sad, 19:1-2, s. 32-39.
- [4] Brkić M. i Janić T. (2010). Oprema i tehnološki postupci za peletiranje biomase, Savremena poljoprivredna tehnika, JNDPT, Novi Sad, 36(4): 387 – 396.
- [5] "Feed machinery and equipment" (2012). Proizvodni program, Scoresby, Victoria, Australija ([www.feedmashinery.com](http://www.feedmashinery.com)).
- [6] Gluvakov Zorica, Brkić M, Janić T. (2011). Analiza procesa proizvodnje energetskih peleta od biomase, Savremena poljoprivredna tehnika, 37:2, 231-236.
- [7] JSC "Radviliskis machine factory". (2012). Proizvodni program, Radviliskis, Kaunas, Lithuania ([www.factory.lt](http://www.factory.lt))
- [8] General Dies (2012), Proizvodni program, Colognola ai Colli – VR, Italija, ([www.generaldies.com](http://www.generaldies.com))
- [9] Obenberger I, Thek, G. 2009. Herstellung und enegetische Nutzung von pellets, Institut für Prozesstechnik, Technische Unirversität Graz, s. 360,
- [10] 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.
- [11] Tešić M. (1977). Das Verdichten unter Nährstoffaufschluss von Futterplanzen in Matrizenpressen, Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Landwirtschaftlichen Fakultat der Georg-August. Universitat zu Gottingen, Gottingen, s. 181.
- [12] Tešić M, Martinov M, Veselinov V, Topalov S, Ličen H, Simić L, Horti J. (1983). Studija o mogućnostima mehanizovanog ubiranja, transporta i manipulacije sporednih prizvoda ratarstva, Fakultet tehničkih nauka, Institut za mehanizaciju, Novi Sad, s. 385,

**FORMS AND SIZES OF HOLES AT DIES OF PELLET PRESS IN DEPENDING ON THE SORTS OF RAW MATERIAL FOR PRESSING**

Dr Brkić Miladin, dr Janić Todor, MSc Gluvakov Zorica

**SUMMARY**

In this paper is analyzed structural characteristics of biomass pellet machinery. Describes the technological process of pressing chopped biomass. There were two basic types of press tools: ring and flat die (matrix). Explains how to use certain types of dies depending on the type and condition of chopped biomass. Analyzes of different shapes and dimensions of the holes dies, depending on the type of raw material for extrusion. Mounting holes in the dies can be cylindrical, square, oval and conical. Dimensions of openings along the length of the channel can be constant or variable. It reviews the different types of rollers for pressing. It was found that certain types of plant material is sized differently and therefore require suitable structural parameters for pressing. Easily be compressed sawdust, fibrous material, which is good selfstick and harder pressed to agricultural biomass, bulky, uneven and fragmented structure, with less fiber and with increased moisture content. Too, dry biomass is also hard pressed, so it need to pre-condition the raw material.

**Key words:** biomass, energy pellets, extrusion equipment, construction characteristics

<p><b>Napomena:</b> Ovaj rad predstavlja deo istraživanja na projektu MNTR br. III-42011 koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.</p>
---

Primljeno: 10. 04.2012.

Prihvaćeno: 30.05.2012.