

# KOMPJUTERSKA SIMULACIJA X-Y LASERSKOG CENTRIRANJA TRUPACA ZA LJUŠTENJE FURNIRA

UDK 630.832.2

Originalni naučni rad

**Izvod.** – U ovom radu izvršena je kompjuterska simulacija centriranja trupaca pomoću dvofaktornog modela koji omogućava određivanje uticaja prečnika trupca i greške centriranja na gubitke u sirovom materijalu. Ovaj jednovremeni uticaj je prikazan preko polinomijalne jednačine drugog reda ANOVA tabele i površine odziva. Postoji vrlo jak uticaj greške centriranja, prečnika trupca i njihove interakcije na odziv. Prikazana je i analiza rentabilnosti centriranja.

**KLjučne reči:** lasersko skeniranje, centriranje trupca, ljuštenje furnira, kompjuterska simulacija, faktorna analiza

## COMPUTER SIMULATION OF X-Y LASER CENTERING OF VENEER PEELER BLOCKS

**Abstract.** – In this paper an optimized computerized log centering has been simulated by computer Central Composite Design model which enables the determination of influence of two factors: log diameter and centering error on the loss in raw material. This simultaneous influence has been shown through second order polynomial equation, ANOVA table and response surface graph. There was very a strong influence of centering error, block diameter, and of their interaction on response.

The profitability analysis of block centering with X-Y PCL Charger has been shown.

**Key words:** laser scanning, block centering, veneer peeling, computer simulation, factorial design.

### 1. UVOD

Značaj tačnog centriranja geometrijske ose trupca u odnosu na osu hvataljki ljuštilice u proizvodnji ljuštenog furnira poznat je od samih početaka ove proizvodnje. Međutim, danas kada je kvalitetnog drveta za proizvodnju furnira sve manje, i kada prečnici i kvalitet drveta opadaju uz istovremeni rast cena, faza centriranja u tehnološkom procesu proizvodnje furnira dobija prioritetan ekonomski značaj.

Zahvaljujući ubrzanom razvoju elektronike i PC računara u WINDOWS okruženju, konstruisani su sofisticirani X-Y laserski skeneri velike preciznosti koji su pojeftinili i postali standard u proizvodnji ljuštenog furnira u svetu.

Ovakvi skeneri povećavaju iskorišćenje, omogućavaju dobijanje 10-15% više punog furnirskog platna, više kvalitetnog furnira, jer se najkvalitetnije drvo nalazi baš u zoni zaokruživanja trupca, a doprinose i smanjenju troškova proizvodnje zbog manje komadnog

furnira, što znači manje troškove sortiranja, sušenja, obrade sljubnica i sastavljanja.

Cilj ovoga rada je da se izvrši elektronska simulacija ljuštenja trupaca različitih prečnika sa različitim iznosima greške centriranja i analiza uticaja oba faktora na gubitke u furnirskom platnu, kao i da se izvrši ekonomska analiza profitabilnosti ovakvog načina centriranja. To omogućava dobijanje polinomijalne jednačine drugog reda za predviđanje gubitaka u punom furnirskom platnu u zavisnosti od prečnika trupca i napravljene greške centriranja.

### 2. PRINCIPI RADA X-Y SKENERA

O principima rada X-Y laserskog skenera bilo je reči u našim ranijim radovima (Zdravković, 1994). Samo skeniranje površine može da se vrši pomoću jedne laserske kamere koja se kreće od jednog do drugog kraja trupca koji se okreće, ili pomoću merenja 7 poprečnih preseka trupca sa 7 različitih skenera. Neki proizvođači imaju i varijantu X-Y uređaja za centriranje bez lasera, sa mehaničkim polugama i digitalnim mernim letvama.

Najbitnije faze skeniranja su: predcentriranje, skeniranje, kompilacija i obrada podataka na računaru - pro-

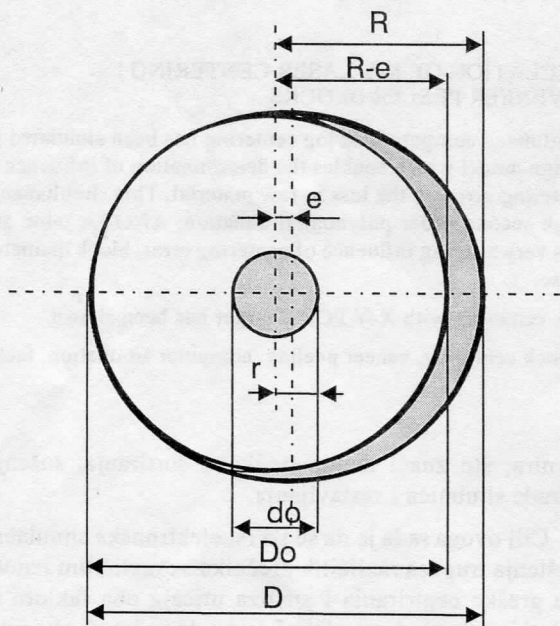
Mr Vladislav Zdravković, asistent, Šumarski fakultet u Beogradu.

račun cilindra maksimalne zapremine koja može da se upiše u trupac i nalaženje položaja njegove ose, korekcija pozicije trupaca pomoću kompjuterski kontrolisanih servo cilindara i precizan prenos trupaca u hvataljke ljuštalice.

Zahvaljujući 16.000 merenja pozicija trupaca u sekundi osetljivost ovakvih X-Y skenera kod proračuna je  $\pm 0,05\text{mm}$  a tačnost centriranja je  $\pm 0,1\text{mm}$  kod transfera trupaca, uređaj može da skenira do 15 trupaca u minuti i da opsuži nekoliko linija za ljuštenje (Sintonen, 1992).

### 3. METOD RADA

Usled nepoklapanja ose valjka maksimalne zapremine koji se može upisati u trupac sa geometrijskom osom trupca javlja se greška centriranja ( $e$ ) koja dovodi do gubitaka u punom furnirskom platnu (slika 1).



Slika 1: Gubitak punog furnirskog platna usled greške centriranja (Nikolić, 1988)

Jednostavna geometrijska interpretacija procenta neprekidnog furnirskog platna može se predstaviti formulom (Nikolić, 1988):

$$p = \frac{(R-e)^2 - r^2}{R^2} \times 100 \quad \dots \dots \dots (1)$$

gde je:

- $p$  – procenat neprekidnog furnirskog platna (%);
- $R$  – maksimalni teoretski poluprečnik valjka upisanog u trupac (mm);
- $r$  – poluprečnik rolne-ostatka (mm);
- $e$  – iznos greške centriranja (mm).

Ovako uprošćena formulacija gubitaka ne tretira uticaj uzdužne forme trupca i interakcije između pojedinih faktora. Danas kada je moguće meriti stvarni oblik trupca pomoću X-Y skenera, moguće je naći jednačinu višeg reda koja tačnije opisuje ovaj problem.

Kako u našoj zemlji ne postoji X-Y skener, nismo u mogućnosti da izvršimo eksperimentalna merenja, tako da smo se opredelili za elektronsku simulaciju skeniranja na osnovu podataka od strane proizvođača X-Y skenera kojima raspolazemo. U tu svrhu korišćeni su programski paketi EXCEL 5.0 i STATGRAF 5.0. Opredelili smo se za prošireni ortogonalni plan tima  $2^2$ , gde se prečnik i greška centriranja menjaju na tri nivoa, uz dodatak još dve vrednosti udaljene na  $\pm 1,14$  od centralne tačke da bi eksperimentalni plan zadovoljio i kriterijum rotabilnosti. Tako je korišćen eksperimentalni plan tipa *CENTRAL COMPOSITE DESIGN:  $2^2 + star$* , a kompletna plan-matrica prikazana je u tabeli 1:

Tabela 1: Plan-matrica proširenog eksperimenta  $2^2$

Prolaz	Prečnik (mm)	Greška (mm)
1	450,000	12,50
2	300,000	20,00
3	662,132	12,50
4	600,000	5,00
5	600,000	20,00
6	450,000	23,106
7	300,000	5,00
8	237,868	12,50
9	450,000	1,89
10	450,000	12,50

Na osnovu takve plan-matrice, dobijaju se podaci o analizi varijanse (*ANOVA tabela*), koeficijenti korelacije i površine odziva.

Ekonomska analiza za brezu i smrču srednjeg prečnika 200mm, 320mm, respektivno, preneti je od proizvođača X-Y uređaja za centriranje (*RAUTE Wood Processing Machinery*).

### 4. REZULTATI SIMULACIJE

Dvofaktorni model drugog reda je veoma složen za proračun, jer se javljaju matrice veće od  $3 \times 3$  i vrlo je teško izvršiti inverziju takvih matrica bez računara. Pomoću programskog paketa STATGRAF 5.0 napravljena je proširena plan-matrica eksperimenta  $2^2$  sa dva ponavljanja u centralnoj tački i dva na rastojanju  $\pm 1,41$  od centralne tačke.

Minimalni prečnik trupca u modelu je 300 mm, maksimalni 600 mm, a minimalna greška centriranja je 5 mm, dok je maksimalna 20 mm. To ujedno i predstavlja oblast eksperimenata u kojoj je model pouzdan.



Na osnovu analize dobijena je sledeća polinomijalna jednačina:

$$G=24,0231-0,0117 \times D+2,7975 \times e-3,683 \times 10^{-3} \times D \times e+1,313 \times 10^{-4} \times D^2+2,178 \times 10^{-3} \times e^2 \dots\dots\dots (2)$$

gde su:

G – odziv, procenat izgubljenog punog furnirskog platna;

D – prečnik trupca u mm;

e – greška centriranja u mm.

Da bi se potvrdilo da li dobijena površina odziva adekvatno prikazuje stvarne podatke za gornju funkciju napravljena je analiza varijanse čiji su rezultati prikazani u tabeli 2:

Tabela 2: Analiza varijanse – ANOVA tabela

Izvor varijacije	Suma kvadrata	Srednja suma kvadrata	Broj stepeni slobode	F-odnos
Regresija	1113.547	222.709	5	82.684
Neslaganje	10.739	3.579	3	101.177
Čista greška	0.0353	0.0353	1	
Greška ostatka	10.774	2.693	4	
Total	1131.584	–	9	–

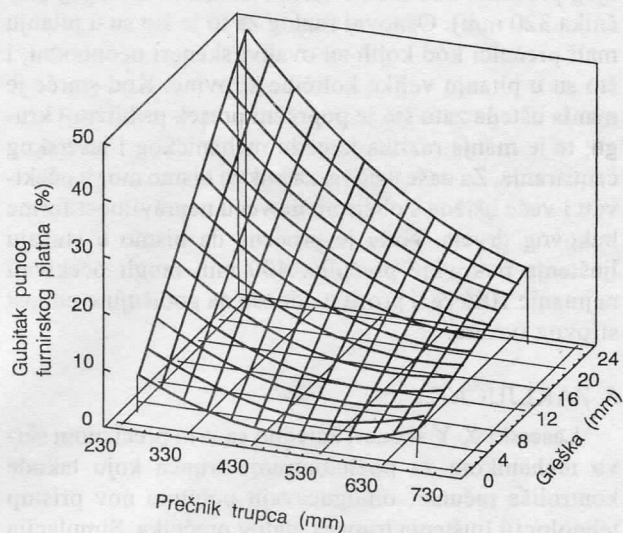
Koeficijent višestruke determinacije  $R^2=0,990$  što znači da površina odziva verno prikazuje podatke, ali to samo za sebe nije dovoljan pokazatelj. Odnos sume kvadrata neslaganje/čista greška je  $F=101,177$  dok je tablična F vrednost za 3 i 1 stepen slobode na nivou poverenja 0.05:  $F=215,71$  što znači da neslaganje podataka sa fitovanom površinom odziva nije signifikantno, odnosno model je adekvatan. Sa druge strane, odnos regresija/greška ostatka je  $F=82,684$ , dok je tablična

vrednost za 5 i 4 stepena slobode  $F=6,26$  što znači da je uticaj regresije na varijansu signifikantan.

Što se tiče uticaja pojedinih faktora, najveći uticaj ima greška centriranja, zatim prečnik trupca, a nesignifikantan uticaj ima kvadrat greške centriranja  $e^2$ .

#### 4.1 Površina odziva

Površina odziva je grafik odziva (procenat izgubljenog punog furnirskog platna usled lošeg centriranja) kao funkcija prečnika trupca i veličine greške centriranja, prikazan je na slici 2:



Slika 2: Površina odziva dobijena kompjuterskom simulacijom

Ako se proračun izvrši prema jednačini (1) i prema jednačini (2) vidljivo je da postoji razlika u dobijenom odzivu. Naime, naše analize u elektronskoj tabeli pokazale su da se te dve jednačine slažu samo za prečnik trupca od 600 mm, a odstupanje se povećava sa smanjenjem prečnika trupca, kada dolazi do izražaja uticaj interakcija koji se tretira u jednačini (2).

Tabela 3: Ekonomska analiza profitabilnosti X-Y laserskog skeniranja (preneto iz kataloga RAUTE Wood Processing Machinery)

VRSTA DRVETA	BREZA	SMRČA
Godišnja količina proizvodnje	24.000 m <sup>3</sup>	75.000 m <sup>3</sup>
Vrednost m <sup>3</sup> furnira sa uračunatim svim troškovima	390 DEM	285 DEM
Godišnja vrednost furnira	9.360 000 DEM	21.375 000 DEM
Srednji prečnik trupca	200 mm	320 mm
Povećanje iskorišćenja u odnosu na proizvedenu količinu furnira	7%	4%
Godišnja vrednost furnira nastalog primenom X-Y laserskog skenera	655.200 DEM	855.000 DEM
Povećanje vrednosti furnira na račun više furnira I klase	168.000 DEM	
Smanjenje troškova manipulacije kratkim komadima furnira	96.000 DEM	150.000 DEM
Povećanje produktivnosti linije za ljuštenje furnira	31.200 DEM	58.500 DEM
Umanjena vrednost otpadaka	-109.200 DEM	-180.000 DEM
UKUPNA GODIŠNJA UŠTEDA	841.200 DEM	883.500 DEM

## 5. EKONOMSKA ANALIZA

Centriranje trupaca pomoću X-Y laserskog skenera sa tehnološkog stanovišta nije neophodno ali jeste sa stanovišta ekonomije, jer vrlo je teško izdržati konkurenciju ostalih proizvođača koji ovaj uređaj primenjuju kao i konkurenciju OSB ploča.

Pošto podataka za naše uslove nema, radi ilustracije, prenosimo analizu proizvođača X-Y skenera.

U tabeli 3. prikazane su visoke godišnje uštede (8,98% od vrednosti godišnje proizvodnje za brezu srednjeg prečnika 200 mm, i 4,13% za smrču srednjeg prečnika 320 mm). Osnovni razlog za to je što su u pitanju mali prečnici kod kojih su ovakvi skeneri neophodni, i što su u pitanju velike količine sirovine. Kod smrče je manja ušteta zato što je poprečni presek približniji krugu, te je manja razlika između mehaničkog i laserskog centriranja. Za naše uslove, za bukvu bismo mogli očekivati i veće uštede s obzirom na veću nepravilnost forme bukovog drveta. Naša je procena da bismo u slučaju ljuštenja bukovine prečnika 400 mm mogli očekivati najmanje 10% veći profit u odnosu na godišnju vrednost sirovog furnira.

## 6. ZAKLJUČAK

Laserski X-Y skeneri zajedno sa vrlo preciznom servo mehanikom za pozicioniranje trupca koju takođe kontroliše računar, omogućavaju potpuno nov pristup tehnologiji ljuštenja trupaca malog prečnika. Simulacija centriranja i dvofaktorna analiza pokazala je jačinu uticaja greške centriranja i prečnika trupca na gubitke u sirovom furniru. Najjači uticaj ima greška centriranja,

zatim prečnik trupca, a zatim njihova interakcija, dok nesignifikantan uticaj ima kvadrat greške centriranja. Analizom je, takođe, dokazano da dosadašnji uprošćeni čisto geometrijski pristup gubi na značaju, jer postaje sve netačniji sa smanjenjem prečnika trupca.

Lasersko centriranje trupaca svakako bi našlo mesta u našim uslovima, jer pored profitabilnosti, ono omogućava tačno praćenje i vođenje proizvodnje kroz dnevne izveštaje. Ono svakako mora da bude u vezi sa savremenim vođenjem procesa ljuštenja furnira.

Kako su proizvođači furnira primorani da koriste i trupce manjeg prečnika, uvođenje X-Y laserskog skenera bi bilo prvi korak u uvođenju tehnologija za male prečnike najnovije generacije, koje će biti imperativ opstanka za proizvođače ljuštenog furnira.

## LITERATURA

1. Nikolić S. M. (1988): Furniri i slojevite ploče, Građevinska knjiga, Beograd.
2. Sintonen K. (1992): Laser X-Y Centring Eliminates Wastage, Raute News, 1/1992., (8-9).
3. Zdravković V. (1994): Mogućnosti optimizacije u primarnoj preradi drveta pomoću laserskog 3-D skeniranja trupaca, Drvarski glasnik, Beograd, 10-11, 27-29.
4. Zdravković V. (1994): New Technologies in Sawmilling and Plywood Manufactur, Wood News, 1994., Oct-Dec (31-33), Bangalore, India.
5. Katalog: Computerized Block Centring, Raute Wood Processing Machinery.

Recenzent: Dr Branko Kolin, vanr. profesor, Šumarski fakultet u Beogradu.

## COMPUTER SIMULATION OF X-Y LASER CENTERING OF VENEER PEELER BLOCKS

Vladislav Zdravković

### Summary

Thanks to a high precision and price drop of X-Y laser scanners, it has become necessary to extend the theoretical base of bolt centering. Laser scanners provide a correct bolt shape and it is possible to make prediction model based on the data from laser scanners. Based of the data from one of laser scanners manufacturers, two factorial model of predicting the centering error and bolt diameter influence on

the percentage of the loss of full veneer mat has been made. Analysis of variance (ANOVA) has shown the adequacy of the model, and the significance of the factors, which cannot be seen from simple geometrical model presentation. The paper also gives the economical analysis of the profitability of laser centering.