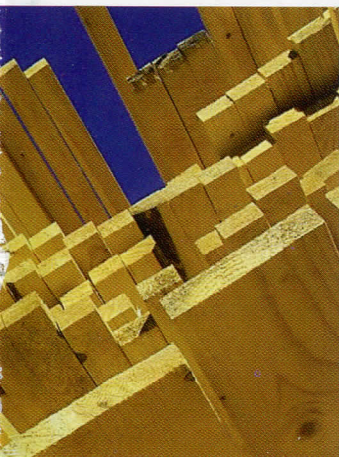




UTICAJ VISOKOTEMPERATURNIH TRETMANA NA GUSTINU, BUBRENJE I GUBITAK MASE TOPOLOVOG FURNIRA

Aleksandar Lovrić*, Vladislav Zdravković**

*asistent na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Beogradu

**vanredni profesor na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Beogradu

Izvod: U radu su prikazani rezultati termičke modifikacije topolovog ljuštenog furnira debljine 3mm. Uzorci furnira su termički tretirani na temperaturama od 180°C, 190°C, 200°C, 210°C i 220°C, uz variranje vremena izlaganja uzoraka od pola sata do tri sata. Dobijeno je da najbolji odnos između smanjenja zapreminskog bubrenja i gubitka mase daju tretmani od 150min. na 180°C i 90min. na 200°C. Eksperimentom je utvrđena jaka korelaciona zavisnost između primenjenih termičkih tretmana i promene gustine tretiranih uzoraka.

Cljučne reči: termička modifikacija, gustina, bubrenje, topolov furnir

INFLUENCE OF THE THERMICAL TREATMENTS ON DENSITY, SWELLING AND MASS LOSS OF POPLAR VENEER

Abstract: In the paper results of influence of thermal modification of poplar peeled veneer are presented. Samples of veneer are thermally treated on 180°C, 190°C, 200°C, 210°C and 220°C, with time of every treatment varied from half to three hours. Treatment with temperature of 180°C and duration of 150 min., and treatment with temperature of 200°C and duration of 90 min. gave best ratio between volume swelling reduction and mass loss. The experiment found a strong correlation dependence between used thermal treatments and changes of density of treated samples.

Key words: thermal modification, density, swelling, poplar veneer

1. UVOD

U šumama Republike Srbije topole se nalaze na osmom mestu po zapreminskom učešću (oko 7.760.000m³) što je 2,2% od ukupnog šumskog fonda. Najviše su rasprostranjene u AP Vojvodini gde se uglavnom plantažno gaje i gde su po zastupljenosti na drugom mestu sa 21,4% ili oko 6.200.000m³ (Banković et al. 2009). Osnovna primena topolovine je u industriji celuloze i papira kao i u proizvodnji furnira i furnirskih ploča.

Primena masivnog topolovog drveta u industriji nameštaja je ograničena iz više razloga. Zbog relativno male gustine $\rho_0 = 0,41\text{g/cm}^3$ (Ugrenović 1950), mehanička svojstva nisu dovoljno dobra da bi se topola mogla koristiti pri izradi nosivih elemenata (prema Šoškiću i Popoviću (2002) napon na pritisak paralelno sa vlakancima iznosi 35MPa, napon na savijanje 60MPa, napon na zatezanje paralelno sa vlakancima 77MPa, a upravo na vlakanca od 1,7 do 2,8MPa). Po ispitivanju Zdravkovića (2005), pritisna čvrstoća topolovine u radialnom smeru, u sirovom stanju vlažnosti, iznosi 3,07MPa, a zatezna čvrstoća u tangencijalnom pravcu je 3,145MPa.

Zbog brzog rasta topole su sklone formiranju reakcionog (tenzionog) drveta. Ono uzrokuje pojavu deformacija tokom procesa sušenja (Glavaški i Popadić 1997), što dovodi do povećanog procenta škarta. Pored ovih mana, drvo topole nema veliku estetsku vrednost (osim mazeraste topole), tako da se u proizvodnji nameštaja topolovina koristi za detalje koji se ne vide, ili se ona oblaže sečenim furnirom odnosno dekorativnim folijama.

Da bi joj se poboljšala loša mehanička svojstva, topolovina se koristi u proizvodnji furnirskih ploča. Tako npr. petoslojna furnirska ploča debljine 6,2mm ima bolja mehanička svojstva od masivne daske iste vrste debljine 25mm (Nikolić 1988). Takođe, ukrštanjem listova furnira smanjuju se utezanje, raspucavanje i vitoperenje drveta.

Kako je poznato da i termički tretmani povećavaju dimenzionalnu stabilnost drveta (Rowell et al. 2009; Lovrić i Zdravković 2009), ali i smanjuju masu (Popadić i Todorović 2008) odnosno mehanička svojstva tretiranog materijala (Majano et al. 2009, Popović et al. 2008), postavlja se pitanje da li bi se proizvodnjom furnirske ploče

od termički modifikovane topolovine dobio materijal koji bi bio dimenzionalno stabilan uz zadovoljavajuća mehanička svojstva. Osim toga, termičkom modifikacijom drveta postiže se i promena boje, čime bi se poboljšala loša estetska svojstva topolovine.

Kao osnovu za dalja istraživanja u ovom pravcu, urađen je eksperiment u kojem je topolov furnir termički modifikovan. Cilj eksperimenta je bio pronalaženje optimalnog termičkog tretmana koji daje zadovoljavajući odnosi između povećanja dimenzione stabilnosti (posmatrane preko smanjenja zapreminskog bubrenja) i smanjenja mehaničkih svojstava (posmatranih preko gubitka mase termički tretiranog furnira).

2. METOD RADA

Materijal za ispitivanje obezbeđen je iz fabrike „Novi drveni kombinat“ iz Sremske Mitrovice. Eksperiment je rađen na ljuštenom topolovom furniru nominalne debljine od 3mm. Za rad su korišćene epruvete dimenzija 100x100mm. Ukupno je upotrebljeno 155 uzoraka, od kojih je, metodom slučajnog izbora, određeno pet za utvrđivanje sledećih fizičkih svojstava ispitivanog materijala: početna vlažnost, gustina u prosušenom, apsolutno suvom i napojenom stanju i ukupno zapreminsko bubrenje.

Izmerene su tačne dimenzije kontrolnih uzoraka (dužina i širina pomoću digitalnog šublera, a debljina na pet mesta pomoću komparatera sa stopom – slika 1.) i masa na vagi tačnosti 0,01g.

Na osnovu izmerenih dimenzija i mase, izračunata je prosečna gustina netretiranih uzoraka u prosušenom stanju vlažnosti:

$$\rho_p = \frac{m_p}{V_p} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

gde je:

ρ_p – gustina uzoraka u prosušenom stanju vlažnosti (g/cm³);

m_p – masa uzoraka pre sušenja (g);

V_p – zapremina uzoraka u prosušenom stanju vlažnosti (cm³).

Početna vlažnost ispitivanog materijala je određena gravimetrijskom metodom zagrevanjem furnira na 103±2°C, po formuli:

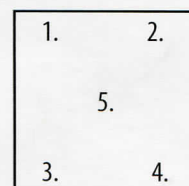
$$V_a = \frac{m_p - m_0}{m_0} \cdot 100 \text{ (%)}$$

gde je:

V_a – apsolutna vlažnost uzoraka (%);

m_p – masa uzoraka pre sušenja (g);

m_0 – masa uzoraka u apsolutno suvom stanju vlažnosti (g).



Slika 1.

Šema merenja debljine furnira

Figure 1.

Scheme of measuring of veneer thickness

Osušenim uzorcima izmerene su dimenzije i izračunate zapremine i gustine u apsolutno suvom stanju vlažnosti. Potom su uzorci potopljeni u vodu i posle dva dana su im izmerene mase i dimenzije. Na osnovu ovih podataka izračunato je gustina u sirovom stanju, kao i koliko iznosi ukupno bubrenje u tri osnovna anatomska pravca, odnosno koliko je ukupno zapreminsko bubrenje netretiranih uzoraka:

$$\beta_A = \frac{A_s - A_0}{A_0} \cdot 100 \quad (\%); \quad \beta_R = \frac{R_s - R_0}{R_0} \cdot 100 \quad (\%); \quad \beta_T = \frac{T_s - T_0}{T_0} \cdot 100 \quad (\%); \quad \beta_V = \frac{V_s - V_0}{V_0} \cdot 100 \quad (\%)$$

gde je:

$\beta_A, \beta_R, \beta_T, \beta_V$ – ukupno aksijalno, radijalno, tangencijalno i zapreminsko bubrenje (%);

A_s, R_s, T_s – dimenzije uzoraka u sirovom stanju vlažnosti (m);

A_0, R_0, T_0 – dimenzije uzoraka u apsolutno suvom stanju vlažnosti (m);

V_s – zapremina uzoraka u sirovom stanju vlažnosti (m³);

V_0 – zapremina uzoraka u apsolutno suvom stanju vlažnosti (m³).

Preostalih 150 epruveta podeljeno je u 30 grupa od po pet uzoraka predviđenih za različite termičke tretmane. Po merenju mase i dimenzija ovi uzorci furnira su uvijani u aluminijumsku foliju kako bi se sprečio kontakt ispitivanog materijala sa kiseonikom, odnosno paljenje furnirskih uzoraka. U eksperimentu su korišćene sledeće temperature: 180°C, 190°C, 200°C, 210°C i 220°C, a vreme izlaganja uzoraka na svakoj od ovih temperatura je bilo 30min, 60min, 90min, 120min, 150min i 180min. Po završetku odgovarajućih termičkih tretmana izvršena su sva merenja i proračuni kao i kod termički netretiranih uzoraka da bi se moglo utvrditi kako visina temperature i dužina izlaganja utiču na ispitivana svojstva topolovog furnira.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I ANALIZA

U tabeli 1 prikazane su izračunate razlike između gustina uzoraka pre i posle odgovarajućih termičkih tretmana. Iz tabele se može videti da, osim u početnim fazama termičkih tretmana od 180°C i 190°C, sa produženjem tretmana dolazi do povećavanja ove razlike.

Tabela 1.

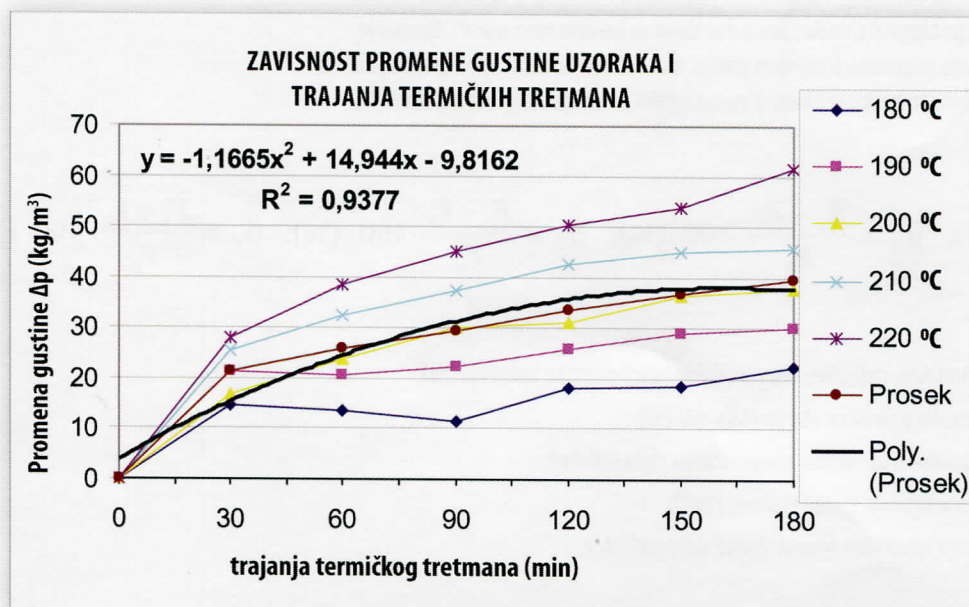
Izračunate razlike gustine topolovog furnira pre i posle termičkih tretmana

Table 1.

Calculated density changes of poplar veneer before and after thermal treatment

Vreme izlaganja (MIN)	Promena gustina uzoraka posle primenjenih termičkih tretmana (KG/M ³)				
	180° C	190° C	200° C	210° C	220° C
30	14,846	21,369	16,946	25,589	27,841
60	13,813	20,512	23,751	32,708	38,655
90	11,554	22,522	30,059	37,549	45,056
120	18,281	25,980	30,990	42,552	50,509
150	18,545	28,901	36,471	45,244	53,745
180	22,350	30,257	37,955	45,927	61,565

Pored dužine izlaganja, na smanjenje gustine utiču i primenjene temperature. Uticaj dužine tretmana prikazan je na slici 2, a uticaj temperatura tretmana na slici 3. Kod oba grafika prikazane su i prosečne vrednosti promena gustine, kao i odgovarajuće jednačine i vrednosti koeficijenta determinacije za ove prosečne vrednosti.

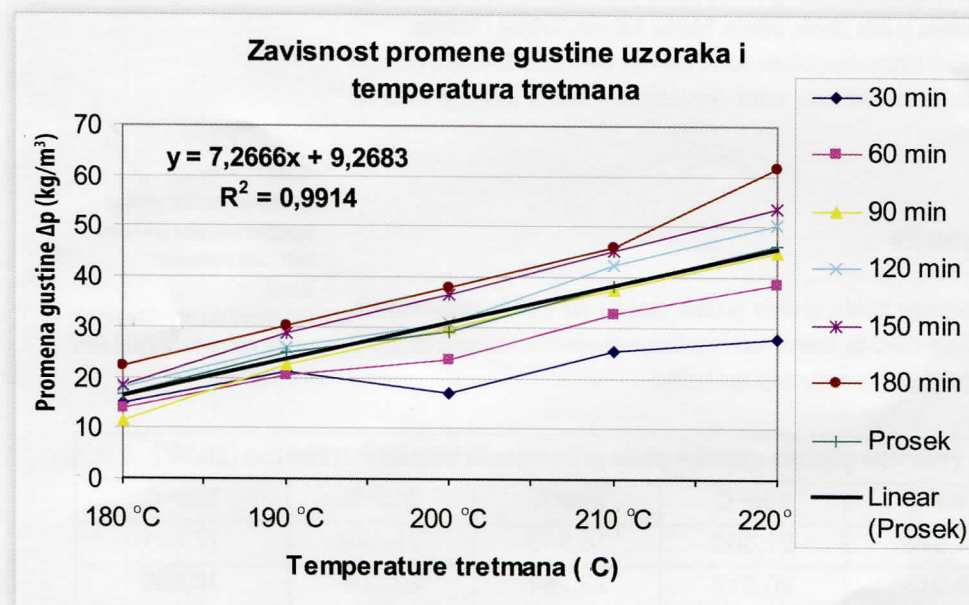


Slika 2.

Promena gustine tretiranih furnira u zavisnosti od dužine tretmana

Figure 2.

Density changes of the treated veneer, depending on duration of treatment



Slika 3.

Promena gustine tretiranih furnira u zavisnosti od temperature tretmana

Figure 3.

Density changes of the treated veneer, depending on treatment temperatures

Izračunata korelaciona zavisnosti dužine tretmana i gubitka gustine je eksponencijalna, dok je zavisnost temperature tretmana i gubitka gustine linearna. U oba slučaja zavisnost je vrlo jaka ($R^2 = 0,94$ i $R^2 = 0,99$).

Rezultati ispitivanja uticaja toplotnih tretmana na smanjenje zapreminskog bubrenja prikazani su u tabeli 2. Može se videti da su svi primenjeni tretmani dali manje vrednosti zapreminskog bubrenja u odnosu na netretirane uzorke kod kojih je ono iznosilo $\beta_v = 13,87\%$.

prosečno zapremsko bubrenje netretiranih uzoraka $\beta_v = 13,87\%$

Vreme izlaganja (min)	Zapremsko bubrenje uzoraka posle primenjenih termičkih tretmana (%)				
	180° C	190° C	200° C	210° C	220° C
30	11,53	9,73	10,11	11,18	9,24
60	10,84	10,94	8,40	9,27	6,39
90	11,34	8,78	6,25	7,13	5,71
120	9,70	8,39	6,93	7,16	5,03
150	8,92	7,54	6,47	5,71	5,45
180	11,06	8,37	6,01	6,76	4,29

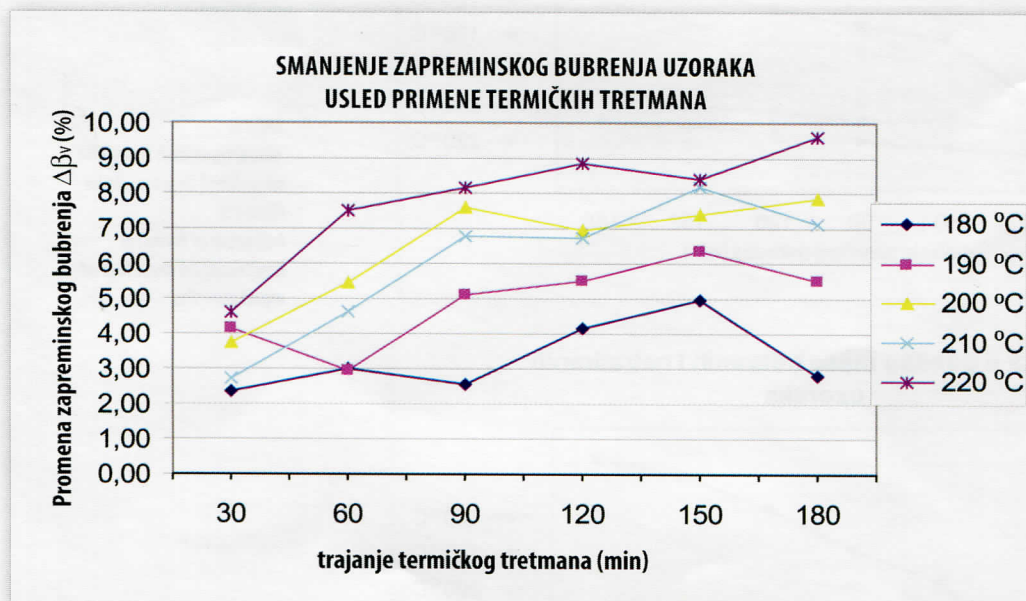
Zapremsko bubrenje se u zavisnosti od tretmana smanjilo od 2,33% (30min. na 180°C) do 9,58% (180min. na 220°C). Sa slike 4 se može videti da i dužina tretmana i povećanje temperature pozitivno utiču na smanjenje zapremskog bubrenja. Jedino je kod tretmana od 180min. na 180°C, dobijeno značajnije odstupanje od ovog pravila. Mora se imati u vidu da su izračunate vrednosti ukupnog zapremskog bubrenja dobijene potapanjem uzoraka u vodu. Ovaj postupak je brži, ali i neprecizniji, u odnosu na držanje ispitivanog materijala u klimi maksimalne relativne vlažnosti od 100%, usled mogućnosti stvaranja vazдушnih džepova u ćelijskim zidovima.

Tabela 2.

Uticaj temperature i dužine tretmana na zapremsko bubrenje furnira

Table 2.

Influence of temperature and duration of treatment on volume swelling of veneer



Slika 4.

Uticaj temperature i dužine tretmana na smanjenje zapremsko bubrenje furnira

Figure 4.

Influence of temperature and duration of treatment on reduction of veneer volume swelling

Ocena o poboljšanju svojstava ispitivanog materijala ne može se doneti samo na osnovu povećanja dimenzionalne stabilnosti. Na višim temperaturama pored isparavanja vode dolazi i do isparavanja hemijskih jedinjenja nastalih usled promene odnosno razgradnje osnovnih hemijskih komponenata drveta. Negativna posledica ovog procesa ogleda se u smanjenju mehaničkih svojstava termički tretiranog drveta.

Količina nastalih isparljivih materija zavisice od primenjene temperature i biće veća što je temperatura viša. Gubitak mase topolovog furnira prikazan je u tabeli 3 i na slici 5. Gubitak mase je računat tako što je razlika u masi uzoraka pre i posle tretmana deljena sa površinom uzorka pre termičkog tretmana.

gubitak mase netretiranih uzoraka $\Delta M = 0,72 \text{ kg/m}^2$					
Vreme izlaganja (min)	Gubitak mase uzoraka posle primenjenih termičkih tretmana (mg/cm^2)				
	180° C	190° C	200° C	210° C	220° C
30	0,67	0,91	0,82	1,18	1,22
60	0,73	1,04	1,04	1,59	1,86
90	0,80	1,01	1,25	1,72	1,99
120	0,88	1,12	1,34	1,84	2,18
150	0,95	1,16	1,52	2,01	2,39
180	1,01	1,25	1,63	2,26	2,66

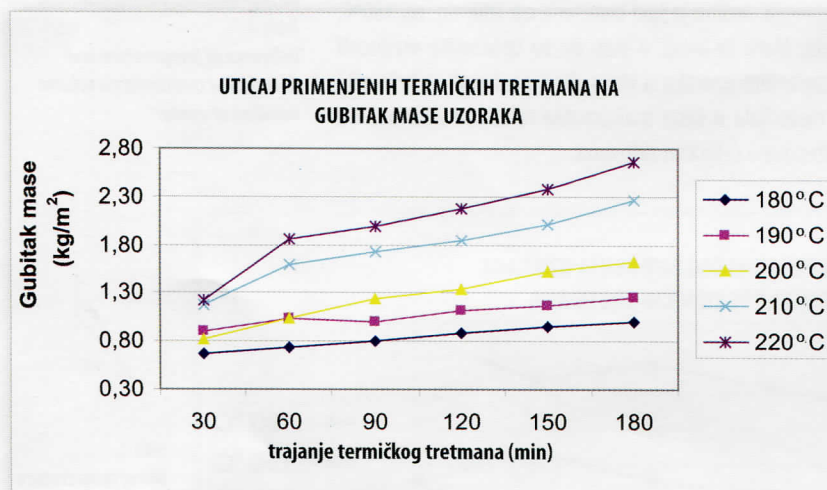
Početna vlažnost ispitivanog materijala iznosila je 6,59 %, tako da se gubitak mase od 0,72kg/m² (kod netretiranih uzoraka) odnosi se na smanjenje mase usled isparavanja vode pri sušenju ovih uzoraka do apsolutno suvog stanja.

Tabela 3.

Gubitak mase uzoraka (kg/m^2) u zavisnosti od primenjenog termičkog tretmana

Table 3.

Influence of thermal treatment on mass loss of wood samples (kg/m^2)

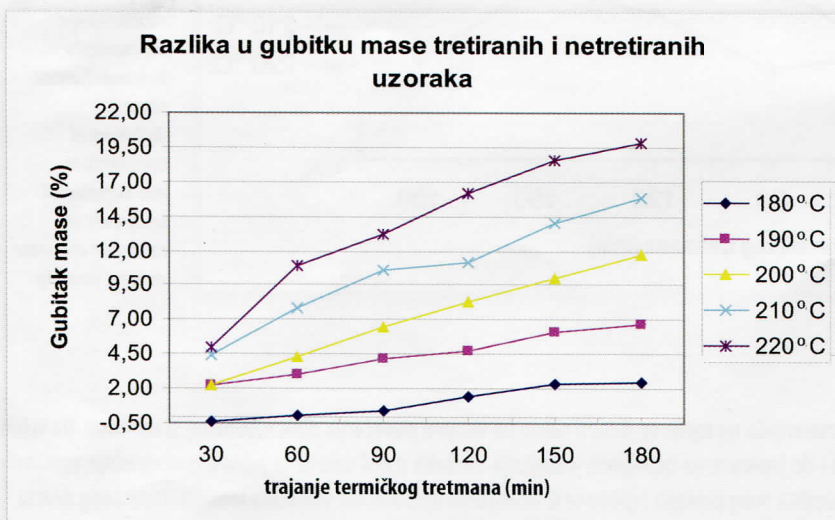


Slika 5.

Uticaj termičkih tretmana na gubitak mase uzoraka

Figure 5.

Influence of thermal treatment on mass loss of wood samples



Slika 6.

Razlika u gubitku mase tretiranih i netretiranih uzoraka furnira

Figure 6.

Mass loss difference of treated and untreated veneer samples

Gubitak mase kod tretmana od 30min. na 180°C iznosi 0,67kg/m² i manji je nego kod netretiranih uzoraka. Ovo znači da pri primeni ovog tretmana nije došlo do isparavanja sve raspoložive vode ($v_a = 6,59 \%$), odnosno da tretirani uzorci topolovog furnira nisu postigli apsolutno suvo stanje vlažnosti.

Bolji pokazatelj o razgradnji odnosno upotrebljivosti termički tretiranog materijala, dobija se preko razlike procentualnog gubitka mase tretiranih uzoraka u odnosu na netretirane (slika 6).

Može se videti da na gubitak mase topolovog furnira utiču i trajanje i primenjena temperatura toplotnog tretmana. Kod nižih temperatura (180°C i 190°C), gubitak mase ne raste naglo sa produžavanjem termičkog tretmana, dok je kod viših temperatura ova pojava izraženija. Najveći gubitak mase pokazao je tretman od 180min. na 220°C (19,79%) dok je kod tretmana na 180°C i posle 180min. ovaj gubitak bio manji od 2,5%.

Kada se upoređi gubitak mase sa smanjenjem zapreminskog bubrenja, tretmani na 180°C ne daju zadovoljavajuće rezultate, osim tretmana od 150min. za koji je izračunato smanjenje bubrenja za 5% uz gubitak mase od 2,4%. I na temperaturi od 190°C najbolji rezultati su postignuti posle 150min., ali uz značajno veći gubitak mase (oko 6%).

Temperature od 200°C i 210°C daju približno iste rezultate u pogledu smanjenja bubrenja, pri čemu je prednost tretmana na 200°C očigledna kada se uporede gubici mase. Na ovoj temperaturi najbolji odnos daje tretman od 90min (smanjenje bubrenja za 7,5% uz gubitak mase od 6,5%).

Tretmani na 220°C su pokazali najveće smanjenje bubrenja, ali uz veliki gubitak mase, pa se postavlja pitanje upotrebljivosti ovako modifikovanog furnira. Tolerantan gubitak mase ima samo tretman od 30min., koji se i po smanjenju bubrenja i po gubitku mase može uporediti sa tretmanom od 150min. na 190°C.

4. ZAKLJUČAK

Primenom termičkih tretmana na topolovom ljuštenom furniru debljine 3mm, postignuta je veća dimenzionalna stabilnost ispitivanog materijala u odnosu na kontrolni uzorak. Eksperimentom je utvrđeno da dužina tretmana i povećanje temperature pozitivno utiču na smanjenje zapreminskog bubrenja. Najblaži tretman, 30min. na 180°C, doveo je do smanjenja zapreminskog bubrenja od 2,33%, dok je najoštrij primenjeni tretman, 180min. na 220°C, smanjio zapreminsko bubrenje topolovog furnira za 9,58%.

Negativne posledice toplotnih tretmana ogledaju se u smanjenju mehaničkih svojstava koje su u eksperimentu indirektno posmatrane preko gubitka mase uzoraka. Kod nižih temperatura (180°C i 190°C), gubitak mase ne raste naglo sa produžavanjem termičkog tretmana, dok je kod viših temperatura ova pojava izraženija. Najveći gubitak mase pokazao je tretman od 180min. na 220°C (19,79%) dok je kod tretmana na 180°C i posle 180min. ovaj gubitak bio manji od 2,5%.

Poredeći pozitivne i negativne uticaje toplotnih tretmana, zaključeno je da najbolje rezultate daju tretmani: 150 min. na 180°C (smanjenje zapreminskog bubrenja od 5% uz gubitak mase od 2,38%) i tretman od 90min. na 200°C (smanjenje bubrenja za 7,5% uz gubitak mase od 6,5%).

Na smanjenje gustine ispitivanih uzoraka utiču i dužina tretmana i primenjene temperature. Izračunata korelaciona zavisnosti je u oba slučaja vrlo jaka, ali je zavisnost dužine tretmana i gubitka gustine eksponencijalna, dok je zavisnost temperature tretmana i gubitka gustine linearna.

5. LITERATURA

1. Banković et al (2009): „Nacionalna inventura šuma Republike Srbije“, monografija, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije – Uprava za šume, Beograd.
2. Glavaški L., Popadić R. (1997): „The influence of different properties on processing and application of poplar wood“, Proceedings of 3rd international conference on the development of forestry and wood science/technology – Volume 1, str. 445-450, Beograd.
3. Glavaški L., Popadić R. (1997): „The research of the influence of drying on the change of form of poplar lumber“, Proceedings of 3rd international conference on the development of forestry and wood science/technology – Volume 1, str. 481-486, Beograd.
4. Zdravković V. (2005): „Istraživanje nekih svojstava topolovog drveta vezanih za proizvodnju ljuštenog furnira“, Prerada drveta 12, str. 23-28, Beograd.
5. Lovrić A., Zdravković V. (2009): „Uticaj termičkih tretmana na gustinu i bubrenje bukovog furnira“, Prerada drveta 26-27, str. 34-40, Beograd.
6. Majano A. et al. (2009): „Fracture characteristics and properties of thermally modified timber made out of beech“, Proceedings of 4th European conference on wood modification, str. 177-180, Stockholm.
7. Nikolić M. (1988): „Furniri i slojevite ploče“, udžbenik, Šumarski fakultet, Beograd.
8. Popadić R., Todorović N. (2008): „Uticaj visokotemperaturnog tretmana na neka fizička svojstva bukovog drveta“, Prerada drveta 23, str. 5-9, Beograd.
9. Popović Z., Todorović N., Gavrilović D. (2008): „Čvrstoća na pritisak termički modifikovanog drveta hrasta kitnjaka“, Prerada drveta 21-22, str. 14-20, Beograd.
10. Rowell R. et al (2009): „Understanding decay resistance, dimensional stability and strength changes in heat treated and acetylated wood“, Proceedings of 4th European conference on wood modification, str. 489-502, Stockholm.
11. Ugrenović A. (1948): „Tehnologija drveta“, udžbenik, Zagreb.
12. Šoškić B., Popović Z. (2002): „Svojstva drveta“, udžbenik, Šumarski fakultet, Beograd.

INFLUENCE OF THE THERMAL TREATMENTS ON DENSITY, SWELLING AND MASS LOSS OF POPLAR VENEER

Aleksandar Lovrić, Vladislav Zdravković

SUMMARY

Using of poplar in furniture production is limited by its mechanical properties, tendency to deformations during drying and estetic appearance. One way to increase the usability of this wood could be through the production of plywoods of thermally modified poplar veneer.

To determine how thermal treatments affect

the poplar veneer, an experiment was done to find out the optimum thermal treatment. The temperatures of 180°C to 220°C were used, with varying time from 30 to 180min for each temperature.

Comparing positive and negative effects of heat treatments, it was concluded that the best results gave the treatment: 150 min. at 180°C (swelling volume reduction of 5% with

the mass loss of 2.38%) and treatment of 90min. at 200°C (decrease 7.5% of swelling volume with mass loss of 6.5%).

The experiment found a strong correlation dependence between used thermal treatments and changes of density of treated samples.