

ISTRAŽIVANJE NEKIH SVOJSTAVA TOPOLOVOG DRVETA VAŽNIH ZA PROIZVODNJU LJUŠTENOG FURNIRA*

Vladislav Zdravković

UDK: 630*+853:812:582.681.81
Naučni rad

Izvod.- U radu su ispitivana neka fizička i mehanička svojstva topolovog drveta u sirovom stanju vlažnosti važna za modeliranje procesa ljuštenja furnira. Dobijeni su podaci o pritisnoj čvrstoći u radijalnom pravcu, zateznoj čvrstoći u tangencijalnom pravcu i modulima elastičnosti sirovog drveta.

Ključne reči: topola, pritisna čvrstoća popreko na vlakanca, zatezna čvrstoća popreko na vlakanca.

EXAMINATION OF SOME PROPERTIES OF POPLAR WOOD OF IMPORTANCE IN PEELED VENEER PRODUCTION

Abstract.- In this paper some physical and mechanical properties of green poplar wood, important for peeled veneer production, has been examined. Some data of radial compressive strength, tangential tensile strength, and modulus of elasticity has been obtained.

Key words: poplar, compressive strength across the grain, tensile strength across the grain.

1. UVOD

Pritisna čvrstoća drveta u radijalnom pravcu i zatezna čvrstoća u tangencijalnom pravcu su veoma značajne u izučavanju procesa ljuštenja furnira. Naime, prilikom ljuštenja javlja se jako naprezanje na zatezanje na otpuštenoj strani furnira izazvano savijanjem preko oštrice noža. Poznato je da je zatezna čvrstoća drveta u tangencijalnom pravcu mala, a njenu veličinu moramo da znamo da bi smo procenili da li će doći do pojave pukotina u furniru. Takođe, podaci o pritisnoj čvrstoći drveta u radijalnom pravcu potrebni su, da bi se odredio optimalan stepen pritiska pritisne grede, odnosno da ne dođe do prekompresije. Podaci koji se mogu naći u literaturi za ove čvrstoće su veoma oskudni, i uglavnom se odnose na vlažnost drveta od 12%, dok su za modeliranje potrebni podaci o ovim čvrstoćama u sirovom stanju vlažnosti. Ovo istraživanje daje podatke o nekim fizičkim svojstvima

topolovog drveta, pritisnoj čvrstoći u radijalnom pravcu i zateznoj čvrstoći u tangencijalnom pravcu, i to u napojenom stanju vlažnosti, a koji su do sada u literaturi bili retkost.

2. PREDMET I CILJ RADA

Predmet istraživanja u ovom radu su neka svojstva topolovog drveta (*Populus robusta*), kao što su prosečna širina prstenova prirasta, radijalno i tangencijalno utezanje drveta, gustina, pritisna čvrstoća popreko na vlakanca u radijalnom pravcu, zatezna čvrstoća popreko na vlakanca u tangencijalnom pravcu kao i moduli elastičnosti i to u sirovom stanju vlažnosti

Osnovni cilj obavljenih istraživanja je da se, na osnovu fizičkih svojstava sirovina indentifikuje i da se dobiju podaci o pritisnoj i zateznoj čvrstoći drveta popreko na vlakanca i to u sirovom stanju vlažnosti. Ovo poslednje je od posebnog značaja, jer tih podataka u

literaturi za topolu u sirovom stanju vlažnosti nema, a oni su potrebni za modeliranje procesa ljuštenja furnira i procenu sila i napona koji se javljaju prilikom rezanja. Drugi cilj je da se ispita valjanost ispitivanja zatezne čvrstoće drveta popreko na vlakanca po metodu Ugoleva (1965).

3. METOD RADA

Ispitivani trupci pripadaju vrsti *Populus robusta*, iz iste partije, sa istog lokaliteta, istog vremena seče i približno istih spoljašnjih karakteristika. Trupci su čuvani na stovarištu oblovine pod istim uslovima. Trupci su zdravi, pravi, po spoljnjim karakteristikama pripadaju L kvalitetu prema JUS D.B4.022.

Dr Vladislav Zdravković, vanredni profesor, Šumarski fakultet u Beogradu.

* Rad je finansiran sredstvima projekta MNT RS br. 361005.

	Srednji prečnik	Dužina
Trupac 1:	55 cm	5,2 m
Trupac 2:	37 cm	6,2 m
Trupac 3:	37 cm	6,2 m
Trupac 4:	57 cm	4,1 m
Trupac 5:	38 cm	6,2 m

Ovo istraživanje je samo deo jednog obimnog istraživanja kvaliteta ljuštenog furnira (Zdravković, 1999). Iz trupaca su izrađeni trupčići standardne dužine 1,35 m okorani na guljaču kore sa glodalima, i po slučajnom redosledu oljušteni u furnir debljine 3,5 mm. Posle ljuštenja uzorci za ispitivanje furnira uzeti su samo iz spoljašnjeg prstena od 35 cm do 25 cm, da bi se smanjio uticaj promene svojstava

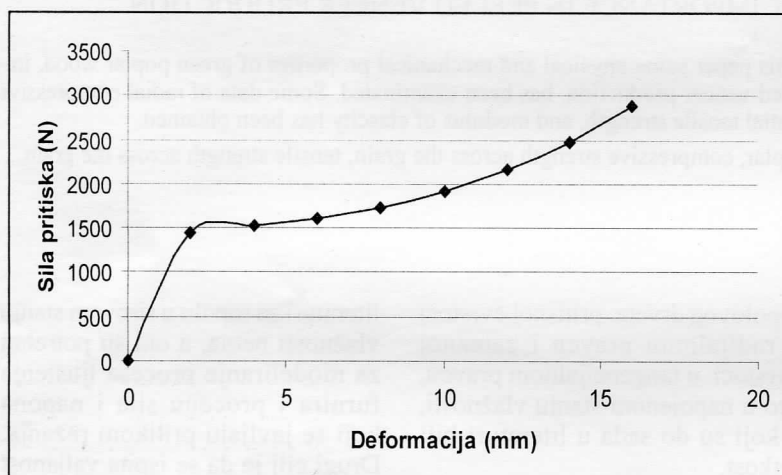
drвета sa smanjenjem prečnika i uticaj promene uslova rezanja sa promenom prečnika, kao i uticaj savijanja trupca prilikom ljuštenja na malim prečnicima. Svi uzorci za ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava drveta su uzeti sa istog mesta iz koga su uzeti i uzorci furnira (grubo od 35 cm, odnosno od prečnika zaokruženog trupca do prečnika od približno 27 cm ali nikako manjeg od 25 cm), tako da je uticaj prečnika trupca na karakteristike sirovine sveden na najmanju meru.

Iz sredine svakog debla isečen je kotur širine 15 cm iz koga su izrezani uzorci za ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava materijala.

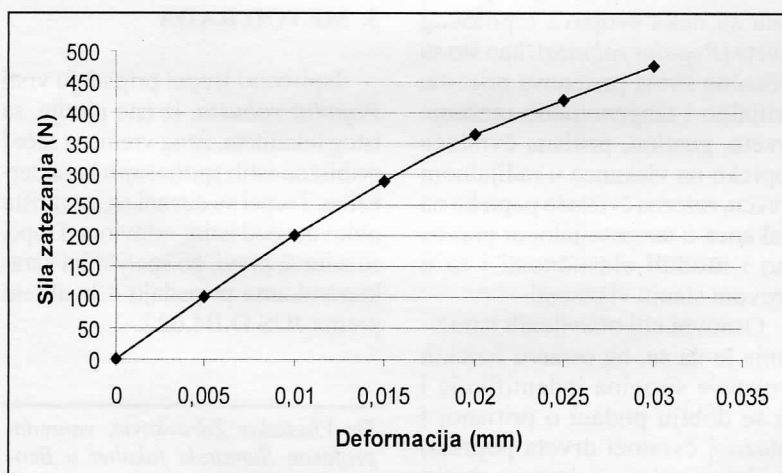
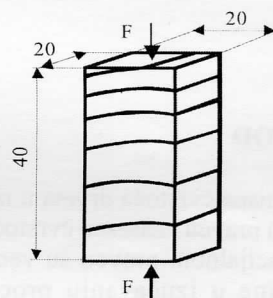
Ova ispitivanja rađena na uzorku od 15 do 30 merenja, zavisno od ispitivanog svojstva.

S obzirom da se ispitivana svojstva ne menjaju iznad granice higroskopsnosti, uzorci su držani iznad vode četiri nedelje da bi dostigli oblast zasićenosti vlakanaca, a zatim su potopljeni u vodu u trajanju od nedelju dana, tako da vazduh može nesmetano da izlazi iz lumena ćelija. To je učinjeno da bi se uzorak homogenizovao, i da bi se simulirao pritisak na furnir koji u lumenima ćelija sadrži slobodnu vodu, koja generiše hidrostatski pritisak prilikom ljuštenja.

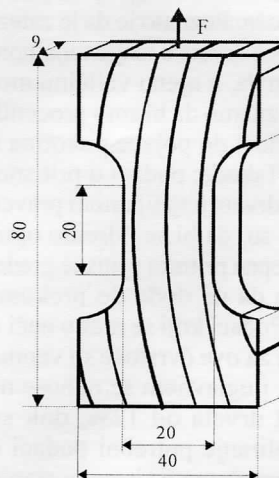
Pritisna čvrstoća drveta u napojenom stanju vlažnosti, u radialnom



Slika 1. Dijagram sila-apsolutna deformacija pri pritisku i izgled epruvete
Figure 1. Force-absolute deformation in compression diagram and look of the sample



Slika 2. Dijagram sila-apsolutna deformacija pri zatezanju i izgled epruvete
Figure 2. Force-absolute deformation in tension diagram and look of the sample



smeru određena je na epruvetama dimenzija 2 cm x 2 cm x 4 cm (slika 1).

Zatezna čvrstoća u napojenom stanju vlažnosti, u tangencijalnom smeru, određena je na posebnim epruvetama po U g o l e v u (slika 2). Za ovu metodu opredelili smo se iz praktičnih razloga. Uzorak je tako napravljen da obezbeđuje gotovo čisto zatezanje, sa zanemarivim uticajem nekog neželjenog opterećenja i prilagođen je našoj mašini za testiranje. Takav oblik uzorka obezbedio je da iz svakog kotura dobijemo dovoljan broj epruveta za ispitivanje.

Svi podaci za fizička i mehanička svojstva topolovog drveta statistički su obrađeni na računaru i prikazani su u tabelama za svaki trupac posebno.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Širina prstenova prirasta merena je samo u spoljašnjem prstenu iz koga su uzimani uzorci furnira, kako je predviđeno programom rada, i stoga komparacija rezultata sa rezultatima drugih autora može da bude samo orijentaciona.

Prema Nikoliću (1974) prosečna širina prstenova prirasta za *Populus robusta* sa ritskog i aluvijalnog zemljišta je 9,45 mm odnosno 6,69 mm ali to se odnosi na celo stablo. Prosečni koeficijent varijacije je 27,51% odnosno 44,84%. U našem istraživanju je prosečna širina prstenova prirasta 4,79 mm i koeficijent varijacije je 45,95% što je u skladu sa pomenutim istraživanjem ako imamo u vidu ograničenje prečnika.

Prema istom autoru (Nikolić, 1974) prosečno radijalno utezanje za *Populus robusta* sa ritskog i aluvijalnog zemljišta je 3,49% odnosno 4,31% sa koeficijentom varijacije 24,64% odnosno 10,9%. U našem istraživanju prosečno radijalno utezanje je 4,11% sa prosečnim koeficijentom varijacije od 11,22%, što je, takođe, u skladu sa literaturnim navodima.

Tabela 1. *Prosečna širina prstenova prirasta (mm)*

Table 1. *Average growth-ring width (mm)*

STATISTIKA	OZNAKA TRUPCA				
	1	2	3	4	5
Broj merenja	60	81	81	62	74
Aritmetička sredina	6,098	3,894	3,522	6,395	4,166
Standardna devijacija	2,009	1,683	2,100	2,546	2,258
Minimum	2,900	1,200	1,000	2,500	1,000
Maksimum	11,300	7,500	11,000	16,800	10,500
Koeficijent varijacije (%)	32,942	43,234	59,623	39,804	54,203
Standardna greška	0,259	0,187	0,233	0,323	0,263

Tabela 2. *Radijalno utezanje topolovog drveta (%)*

Table 2. *Radial shrinkage of poplar wood (%)*

STATISTIKA	OZNAKA TRUPCA				
	1	2	3	4	5
Broj merenja	12	12	12	11	10
Aritmetička sredina	3,75	4,186	4,789	3,907	3,931
Standardna devijacija	0,77	0,349	0,348	0,348	0,441
Minimum	2,64	3,595	4,376	3,268	3,268
Maksimum	5,13	4,685	5,466	4,362	4,670
Koeficijent varijacije (%)	20,40	8,347	7,262	8,895	11,226
Standardna greška	0,22	0,101	0,100	0,105	0,140

Tabela 3. *Tangencijalno utezanje topolovog drveta (%)*

Table 3. *Tangential shrinkage of poplar wood (%)*

STATISTIKA	OZNAKA TRUPCA				
	1	2	3	4	5
Broj merenja	12	12	12	11	10
Aritmetička sredina	8,378	8,010	8,122	7,981	7,584
Standardna devijacija	0,624	0,594	1,273	0,261	0,436
Minimum	7,547	6,858	5,049	7,425	7,166
Maksimum	9,472	9,020	10,154	8,320	8,544
Koeficijent varijacije (%)	7,453	7,420	15,678	3,272	5,745
Standardna greška	0,180	0,172	0,368	0,079	0,138

Tabela 4. *Gustina topolovog drveta (g/cm³)*

Table 4. *Density of poplar wood (g/cm³)*

STATISTIKA	OZNAKA TRUPCA				
	1	2	3	4	5
Broj merenja	12	12	12	11	10
Aritmetička sredina	0,435	0,430	0,412	0,434	0,413
Standardna devijacija	0,012	0,013	0,008	0,010	0,015
Minimum	0,417	0,414	0,405	0,416	0,390
Maksimum	0,451	0,451	0,428	0,448	0,445
Koeficijent varijacije (%)	2,679	2,957	1,887	2,225	3,546
Standardna greška	0,003	0,004	0,002	0,003	0,005

Prosečno tangencijalno utezanje za *Populus robusta* sa ritskog i aluvijalnog zemljišta prema Nikoliću (1974) je 8,25% odnosno 8,88% sa koeficijentom varijacije 7,64% i 5,63% respektivno. U našem istraživanju prosečno radijalno utezanje je 8,013% sa prosečnim koeficijentom varijacije od 7,9%, što je, takođe, u skladu sa pomenutim literaturnim navodima.

Prema istom navodu, Nikolić (1974), gustina topolovg drveta *Populus robusta* sa ritskog i aluvijalnog zemljišta je 0,392 g/cm³ odnosno 0,445 g/cm³ sa koeficijentom varijacije 3,82% odnosno 8,31%. U našem istraživanju prosečna gustina drveta je 0,4248 g/cm³ sa prosečnim koeficijentom varijacije od 2,65%, što je, takođe, u skladu sa pomenutim literaturnim navodima.

Sve srednje vrednosti za navedena fizička svojstva drveta su u skladu sa literaturnim navodima za ovu vrstu drveta, a koeficijenti varijacije su niži od literaturnih, uobičajenih za ova svojstva drveta, ali to je očekivano, s obzirom na to da su uzorci uzimani samo iz spoljašnjeg prstena stabala.

Podaci o pritisnoj čvrstoći u radijalnom smeru su nam potrebni radi određivanja maksimalnog stepena pritiska pritisne grede i generisanog napona na pritisak u furniru. Nažalost, ovi podaci su jako oskudni i zavise od metoda merenja, tako da smo se opredelili da odredimo napon na pritisak u radijalnom smeru koji nastaje na granici proporcionalnosti, i to na probama 2 cm x 2 cm x 4 cm (slika 1). Podaci su prikazani u tabeli 5.

Prosečna vrednost napona na pritisak, na granici proporcionalnosti, u radijalnom smeru, u sirovom stanju vlažnosti, za svih pet stabala u našem uzorku je 3,07 MPa (tabela 5) dok je prema literaturnim podacima (Hoadley, 1980) 3,24 MPa za *Populus deltoides*, ali pri 12% vlažnosti. Prema USDA (Wood handbook, 1974) za severnoameričku žutu topolu pritisna čvrstoća popreko na vlakanca pri 12% vlažnosti, na granici pro-

Tabela 5. *Pritisna čvrstoća u radijalnom smeru (MPa)*
Table 5. *Compression strength in radial direction (Mpa)*

STATISTIKA	OZNAKA TRUPCA				
	1	2	3	4	5
Broj merenja	10	12	15	15	10
Aritmetička sredina	3,370	3,134	2,794	3,263	7,584
Standardna devijacija	0,150	0,239	0,223	0,200	0,436
Minimum	3,134	2,736	2,386	2,777	7,166
Maksimum	3,523	3,400	3,238	3,669	8,544
Koeficijent varijacije (%)	4,452	7,631	7,992	6,121	5,745
Standardna greška	0,047	0,069	0,058	0,052	0,138

Tabela 6. *Zatezna čvrstoća u tangencijalnom smeru (MPa)*
Table 6. *Tensile strength in tangential direction (Mpa)*

STATISTIKA	OZNAKA TRUPCA				
	1	2	3	4	5
Broj merenja	15	15	15	15	15
Aritmetička sredina	3,388	3,115	2,926	3,311	2,988
Standardna devijacija	0,361	0,244	0,362	0,211	0,329
Minimum	2,589	2,672	2,468	2,922	2,589
Maksimum	3,893	3,583	3,535	3,551	3,538
Koeficijent varijacije (%)	10,656	7,832	12,356	6,360	11,026
Standardna greška	0,093	0,063	0,093	0,054	0,085

porcionalnosti je 3,4 MPa. Pritisna čvrstoća popreko na vlakanca jako varira, u zavisnosti od klona, u rasponu je od 3,64 MPa do 4,07 MPa dok je kod I-214 6,1 MPa (Klašnja et al. 1996), ali nema podataka o tome da li je to čvrstoća u radijalnom ili u tangencijalnom pravcu. Prosečan koeficijent varijacije u našem uzorku bio je svega 7,06%, što govori o ujednačenosti karakteristika ispitivane sirovine. Podaci koje smo mi dobili uklapaju se u ove raspone i najbliži su podacima za *Populus deltoides*.

Modul elastičnosti (MOE) na pritisak u radijalnom smeru, u sirovom stanju vlažnosti (meren bez tenzometara na ukupnoj dužini uzorka od 42mm), imao je prosečnu vrednost od 65,25 MPa. Podatke za poređenje nemamo, ali radi ilustracije, modul elastičnosti za bor pri 12% vlažnosti je od 200 MPa do 400 MPa (Marjanov, 1992).

Zatezna čvrstoća topolovog drveta od koga smo ljuštili furnir merena je metodom po Ugolevu (slika 2), koja nije obuhvaćena našim standardima, a podaci za svih pet stabala prikazani su u

tabeli 6. Prosečna vrednost zatezne čvrstoće u tangencijalnom smeru za svih pet stabala je 3,145 MPa, u sirovom stanju vlažnosti, sa prosečnim koeficijentom varijacije od 9,64%. Pritom su svi lomovi bili pravi (bez cepanja), dok je prema literaturnim podacima (Hoadley, 1980) 3,99 MPa za *Populus deltoides*, ali pri 12% vlažnosti. Prema USDA (Wood handbook, 1974.) za severnoameričku žutu topolu zatezna čvrstoća popreko na vlakanca pri 12% vlažnosti je 3,7 MPa. Podaci koje smo mi dobili uklapaju se u ove raspone.

Modul elastičnosti (MOE) na zatezanje, u tangencijalnom smeru, u sirovom stanju vlažnosti, imao je prosečnu vrednost od 50,42 MPa, a meren je bez tenzometara, na referentnoj dužini od 38 mm. Ovi podaci se daju radi ilustracije, jer podataka za sirovo stanje vlažnosti za topolu nema, a pored toga radili smo na uzorcima koji nisu obuhvaćeni našim standardom.

Podaci o modulima elastičnosti prikazani su da se ukaže na problem da takvih podataka za topolu, u sirovom stanju vlažnosti, popreko

na vlakanca, u našoj literaturi nema, a neophodni su za izučavanje procesa ljuštenja furnira. Metodologija određivanja ovih modula elastičnosti koja bi simulirala pojave u furniru bila bi predmet posebnih studija, kakve su u svetu rađene za četinare. Granica proporcionalnosti određena je sa dijagrama sila-deformacija. Karakteristični dijagrami dobijeni pri ispitivanju pritisne i zatezne čvrstoće prikazani su na slikama 1 i 2.

5. ZAKLJUČAK

Sve srednje vrednosti za navedena fizička svojstva drveta su u skladu sa literaturnim navodima za ovu vrstu drveta, a koeficijenti varijacije su niži od literaturnih, uobičajenih za ova svojstva drveta, što je očekivano budući da su uzorci uzimani samo iz spoljašnjeg prstena trupaca. Metod Ugoleva se pokazao vrlo praktičnim za ispitivanje zatezne čvrstoće drveta u odnosu na metode definisane JUS-om.

Ovde treba napomenuti da su moduli elastičnosti i čvrstoća određeni statički, što svakako nije u skladu sa onim što se stvarno dešava u toku ljuštenja furnira. Naime, iznosi čvrstoće se menjaju sa uslovima ispitivanja, veličinom uzorka, brzinom opterećenja (u samom procesu ljuštenja u pitanju su velike brzine od oko 2 m/s). Pored toga vrh oštrice noža u toku ljuštenja nailazi na pot-

puno slučajan raspored zona ranog i kasnog drveta, reakcionog drveta, čvorova, devijaciju toka vlakancaca, tako da i iznosi pomenutih čvrstoća i moduli elastičnosti drveta variraju u širokim granicama. Međutim, uprkos navedenim ograničenjima dobijeni podaci su od velikog značaja za razvoj modela ljuštenja furnira.

LITERATURA

- Ho adley, R.B. (1980): Understanding Wood. The Taunton Press, Inc., 256 pp, USA.
- Klašnja, B., Kopitović, Š., Orlović, S. (1996): Some characteristics of peeled veneer based on the wood of some poplar clones. ICWSF 1996., Sopron, Hungary.
- Marjanov, M., Popović, Z., (1992): Deformacije i naprezanja na pritisak i zatezanje hrastovog, bukovog i borovog drveta u radijalnom pravcu. Drvarski glasnik, april-septembar, 7-9.
- Ugolev, B.N. (1965): Ispitanija drevesinji i drevesinjih materialov. Lesnaja promišlenost, Moskva, 250 str.
- Nikolić, M., (1974): Zavisnost fizičko-mehaničkih svojstava evroameričkih topola (*Populus robusta* i *Populus Serotina*) i domaće crne topole od nekih spoljnih i unutrašnjih faktora., Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd.
- Šoškić, B., Popović, Z., (2002): Svojstva drveta. Šumarski fakultet, Beograd.

Wood Handbook (1974): Wood as an engineering material. USDA Agr. Handb. 72 rew.

Zakić, D., Čemerikić, M. (1966): Primena mekih lišćara u lameliranim lepjenim konstrukcijama. Institut za ispitivanje materijala, Pub.br. 28, Beograd.

Zdravković, V. (1999): Model upravljanja kvalitetom ljuštenog furnira uz primenu elemenata teorije pouzdanosti. Šumarski fakultet, Beograd.

EXAMINATION OF SOME PROPERTIES OF POPLAR WOOD OF IMPORTANCE IN PEELED VENEER PRODUCTION

Vladislav Zdravković

Summary

In this paper some physical and mechanical properties of poplar wood (*Populus robusta*) has been treated. Our attention has been focused to mechanical properties: compressive strength in radial direction and tensile strength in tangential direction of wood in green condition. Average compressive strength in radial direction was 3.07 Mpa with average coefficient of variation of 7.06% and MOE of 65.25 Mpa. Average tensile strength measured with non standard method of Ugolev was 3.145Mpa with average coefficient of variation of 9.64%. The average MOE in tension in tangential direction was 50.42 Mpa measured without of tensometer on referent length of 38 mm.