

Stjepan Tkalec, Silvana Prekrat

Čvrstoća spojeva u konstrukcijama stolica od borovine i bukovine

Strength of joints in chairs made of beech and pine

Izvorni znanstveni rad • Original scientific paper

Prispjelo - received: 12.06.1997. • Prihvaćeno - accepted: 08.10.1997.

UDK 630*824.

SAŽETAK • U članku su izneseni rezultati ispitivanja dvaju različitih ugaonih spojeva na stolicama od bukovine i borovine. Rezultati provedbe pokusa pokazali su da se isti spojevi ne mogu jednako uspješno primjenjivati za konstrukcije od različitih vrsta drva, kao i to da čvrsti dosjed poboljšava čvrstoću spojeva, a ravni ugaoni zupci na zaobljenim čepovima ne daju čvršće spojeve od zaobljenih čepova s kosim sučeljem.

Ključne riječi: konstruiranje, konstrukcije stolica, lijepljeni spojevi drva, čvrstoća spojeva

SUMMARY • The paper presents the results of an investigation into the strength of angle joints in chairs made of beech and pine. The results show that the same type of joint may not be equally well used for structures made of different wood species. The tightness of a joint contributes to its strength. The corner locking joint of two tenons does not present an improvement over a mitered joint of two tenons.

Key words: technical design, chair structure, glued wood joints, joint strength

1. UVOD 1. Introduction

U novije vrijeme zbivaju se znatne promjene u oblikovanju namještaja od masivnog drva, s tim da se konvencionalni oblici sve više zamjenjuju modernima, tj. onima jednostavnih linija, racionalnije primjene materijala, tehnoloških rješenja, ali čvrsto na granicama opće i tehničke kvalitete.

Projektiranje i konstruiranje te ostvarenje kvalitetnih proizvoda rezultat je zajedničkih aktivnosti dizajnera, konstruktora i tehnologa. Međutim, dobar se proizvod gradi na temelju kvalitativnih zahtjeva korisnika, a često i na zakonskim odredbama o najnižim tehničkim zahtjevima kvalitete propisanim Hrvatskim normama.

Racionalna primjena drva te smanjenje njegova udjela u gotovom proizvodu

Autori su profesor i asistentica na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu - Authors are a professor and an assistant at the Faculty of Forestry of the Zagreb University, respectively.

vodi smanjenju presjeka konstrukcijskih dijelova, čime se bitno mijenjaju uobičajena konstrukcijska rješenja za spajanje i povezivanje sastavnih dijelova u cjelovitu izdržljivu konstrukciju.

Kako je čvrstoća konstrukcijskih spojeva jedan od bitnih čimbenika tehničke kvalitete gotovog proizvoda, ona se smatra ključnim kriterijem pri izboru oblikovnih i konstrukcijskih rješenja.

U ovom će radu biti sažeto izneseni neki rezultati ispitivanja konstrukcija stolica, kako bi se na temelju provjerenih podataka postupno uvodile nove metode rada u odnosu na dosadašnja empirijska saznanja i time postizali bolji rezultati.

2. PROBLEM I SVRHA ISTRAŽIVANJA

2. Research aims

2.1. Istraživanja konstrukcija stolica

Problemima spajanja zaobljenim čepom bavilo se više istraživača. U njihovim su radovima obrađivani problemi dimenzioniranja čepova, utjecaja dužine i širine čepa na čvrstoću spoja, utjecaja položaja godova i promjene vlažnosti na čvrstoću spoja, te utjecaj vrste dosjeda odnosno veličine zazora (Za) ili zadora (Zd) na čvrstoću lijepljenja.

Skopal, B. (10) usmjerio je svoja istraživanja na određivanje optimalnog dosjeda pri spajanju zaobljenim čepom. Eksperimentalno je utvrdio da su maksimalne sile loma u spojeva od bukovine postizane pri zadoru $Zd=0.2-0.3$ mm, te je utvrdio optimalni zador od 0.3 mm s graničnim naprezanjem za PVAc liepilo 1406 N/cm^2 .

Iljinskij, S.A. (13) utvrdio je da u čvrstih dosjeda, tj. u zadornih spojeva nastaju deformacije koje ovise o materijalu, obliku obratka i veličini zadora. Također je ustanovio da je najveća čvrstoća spoja određena silom loma za uzorke izrađene od smrekovine iznosila 1450 N pri zadoru 0,2 mm. Povećanje zadora veće od 0.4 mm uvjetovalo je tanak sloj ljepila, tzv. gladnu sljubnicu i znatno oslabljenje slijepljjenosti.

Korzeniowski, A.M. (9) u svom je radu istražio metode poboljšanja svojstava spojeva zaobljenim čepom. On smatra da ljepilo pridonosi čvrstoći spoja do 85%, a ostala su bitna svojstva : vrsta drva, vlažnost i specifični tlak pri kojem se obavljaju liepljenje.

Tkalec, S. (13) ustanovio je optimalnu natisnutost za zaobljene čepove od bukovine lijepljene PVAc ljepilom. Najveću čvrstoću imali su spojevi pri vlažnosti 8-9%, zadora natisnutog čepa $Zd=0.01-0.06$ mm.

pri čemu je natisnutost po debljini iznosila $0,434 \pm 0,1$ mm tj. točnost izrade kretala se u rasponu 0,2 mm.

Svrha ispitivanja čvrstoće odabranih spojeva u konstrukcijama namještaja za sjedenje jest nalaženje tehničkih odrednica bitnih za oblikovanje i dimenzioniranje konstrukcijskih oblika kojima se postižu najveće čvrstoće na statička i dinamička opterećenja, te načina i mogućnosti primjene tih spoznaja u projektiranju novih proizvoda i predviđanju razine njihove tehničke kvalitete.

2.2. Zadaća i ciljevi rada

2.2. Tasks and objectives

Dosadašnja istraživanja raznih autora donosila su uglavnom rezultate koji se mogu primjenjivati za konkretna konstrukcijska rješenja odnosno koji su mogli poslužiti kao teorijska osnova za dimenzioniranje, oblikovanje sastavnih dijelova namještaja za sjedenje ili kao istraživačke metode rada. Rad je imao zadaću objediniti dosadašnja spoznaje onih radova koji mogu pridonijeti racionalizaciji postojećih metoda konstruiranja radi nalaženja boljih konstrukcijskih rješenja uz objašnjenje nekih pogrešno shvaćenih empirijskih metoda rada u praksi. To su prije svega neka fizička i mehanička svojstva lijepljenih spojeva u konstrukcijama stolica o kojima ovisi njihova čvrstoća i izdržljivost na dinamička opterećenja, mogućnost uštede osnovnog materijala primjenom sastavnih dijelova manjih dimenzija presieka te racionalnija izrada.

3 PBIKAZ METODE BADA

3. PRIKAZ METOD

3.1 Određivanje uzorka

3.1. Određivanje uzora

Pri provođenju eksperimentalnog dijela ovog rada primijenjena je jedna od diskurzivno-aplikacijskih metoda konstruiranja uzoraka za ispitivanje. Izabrani su konstrukcijski oblici sastavljanja stolica koji pripadaju ugaonim spojevima stražnjih nogu i dviju okvirnica sjedala (sl. 1). Budući da na pravilan izbor najpovoljnijeg konstrukcijskog spoja utječe i svojstva materijala od kojega je izrađena stolica, pri odabiru uzoraka za ovo ispitivanje izrađeni su istovrsni uzorci od bukovine i borovine kao primjeri mekog i tvrdog drva. Da bi se mogao izvršiti odabir odgovarajućeg spoja navedenog sklopa, za ispitivanje su bila odabrana dva tina spojeva (sl. 1):

- tip A: ugaoni spoj s okomitim nosačem i dvije bočne okvirnice učepljen

Tablica 1.

Tehnička svojstva
ljepila Drvofix S (PVAc)
• Technical properties of
the glue Drvofix S
(PVAc)

Sadržaj suhe tvari % Solid content %	pH vrijednost pH value	Viskoznost (B7/50/20 °C) (mPa s) Viscosity (mPa s)
52	6,5 - 7,5	8 000 - 12 000

zaobljenim čepovima i kosim sljubom na sučelju

- tip B: ugaoni spoj s okomitim nosačem i dvije bočne okvirnice učepljen zaobljenim čepovima s ugaono spojenim ravnim zupcima.

Uzorci namijenjeni ispitivanju izrađeni su od borovine i bukovine, na kojima je nakon sušenja električnim vlagomjerom izmjerena vлага od 8,3 do 11,7%.

Dimenzije presjeka bile su 50 x 20 mm, a vertikalnih nosača 42 x 28 mm.

Bušenje podužnih rupa obavljeno je horizontalnom oscilirajućom bušilicom, a čepovi su izrađeni na čeparici zaobljenih

čepova. Za uzorke A-BU, A-BO čepovi su skošeni pod kutom 45° na kružnoj pili. Na čepovima uzoraka B-BU i B-BO izrađeni su ravni zupci.

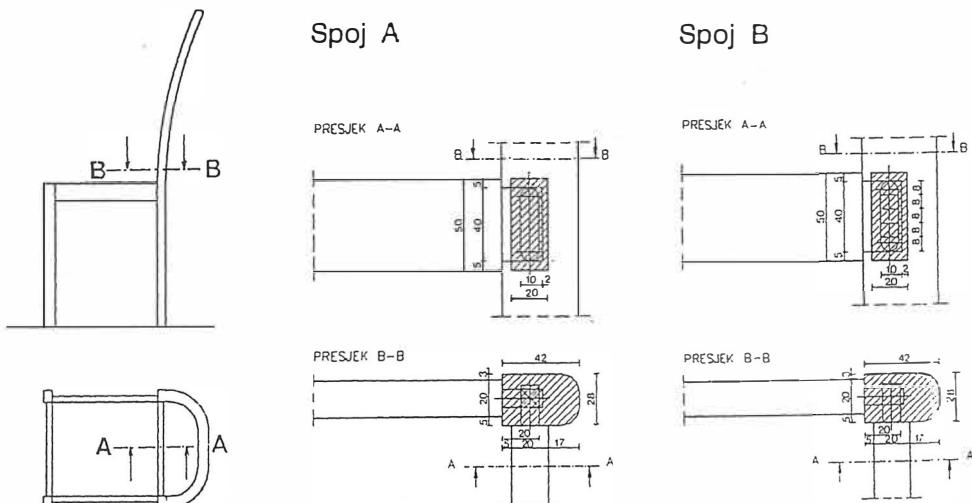
Na izrađenim sastavima izmjerene su rupe i čepovi na određenim mjernim mjestima.

Dijelovi su zali jepljeni u sklopove pri sobnoj temperaturi 22 °C i nanosom od 160 g/m² ljepila Drvofix S izrađenoga na bazi vodene disperzije polivinilaceteta, punila i dodataka, prozvod "Karbona" iz Zagreba, fizikalno-kemijskih svojstava navedenih u tablici 1.

Nakon izvršenog nanošenja ljepila na obje sljubnice čepa i rupe uzorci su slijepljeni

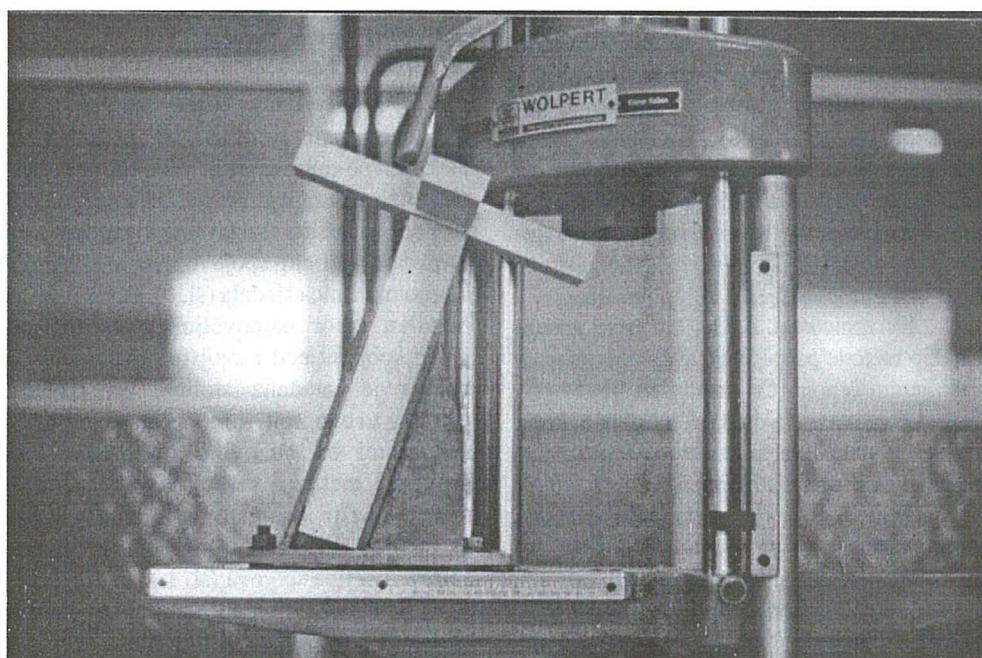
Slika 1.

Uzorci za ispitivanje
ugaonog spoja sa
zaobljenim čepom i
njegov položaj na stolici
• Samples used for
testing right-angle joint
joints with rounded
tenons and their position
on the chair



Slika 2.

Položaj uzorka za
ispitivanje u kidalici •
Position of the sample
when twisted



te klimatizirani u prostoriji s klimatskim uvjetima 24.....32 °C te relativnom vlagom 36% u trajanju 35 dana. Prosječni sadržaj vlage prije ispitivanja bio je 6,5% za uzorke od borovine te 8,3 % za uzorke od bukovine.

3.2. Opis metode ispitivanja

3.2. Research method

Ispitivanje čvrstoće spojeva izrađenih od borovine i bukovine obavljeno je u laboratorijima Šumarskog fakulteta u Zagrebu.

Za spomenute uzorke (sl. 1) prilagođena je hidraulička kidalica tvrtke Wolpert na kojoj se na uzorke djelovalo momentom sile brzinom 8 mm/min (sl. 2). Ispitano je po 17 istovrsnih spojeva tipa A i B od borovine i bukovine.

4. REZULTATI ISPITIVANJA

4. Research method

4.1. Obrada podataka

4.1. Processing of the results

Podaci su obrađeni pomoću računalnih paketa Excel 5.0 i Statistica.

U tablice 2 - 5. uvršteni su podaci mjerena otvora i čepova kako bi se utvrdila vrsta dosjeda, tj. numerička vrijednost zadara odnosno zazora, sila loma te da bi se izračunali statički momenti sile loma.

4.2. Analiza dobivenih rezultata

4.2. Analysis of the results

Prema podacima iznesenim u prethodnom poglavlju izvedena je intervalna

procjena momenata sila te su time dobiveni rezultati predočeni na slici 3, koja prikazuje raspon momenata sila ispitanih sedamnaest uzoraka svakog spoja posebno.

Za dobivanje konačnog zaključka ispitivanja provedene su sljedeće usporedbe spojeva.

- A-BO prema A-BU

Raspon momenata sila za oba je spoja podjednak i za A-BO iznosi od 770 do 1 140 daNcm, a za A-BU raspon momenata sila kreće se od 770 do 1 300. Prema srednjoj vrijednosti tih momenata sila moglo bi se zaključiti da je spoj A izrađen od borovine čvršći od istovrsnog spoja od bukovine i time opovrgnuti bitan utjecaj veće čvrstoće bukovine od borovine kao materijala od kojeg su spojevi izrađeni. U ovom primjeru razliku u čvrstoći možemo tumačiti činjenicom da je na uzorcima od borovine zadorni dosjed bio veći $Zd=0,007$ mm, a u spojeva od bukovine zazorni je dosjed prosječno iznosio $Za=0,06$ mm. Jedan od razloga slabije čvrstoće spojeva od bukovine može biti različit sadržaj vlage, jer je ispitivanje obavljeno u različitim vremenskim razdobljima, zbog čega je prosječna vлага spojeva izrađenih od bukovine veća za 1,8%, a poznato je da navlaživanjem ljeplila spoj oslabljuje. U ovom slučaju bitan utjecaj na iskazani zaključak ima dosjed, čija srednja vrijednost za A-BO iznosi $Zd=0,007$, dok je ona za A-BU $Za=0,06$. Uvezši u obzir znatan utjecaj dosjeda na čvrstoću spojeva, rezultati te usporedbe vjerojatno bi izgledali drugačije

A-BU	OTVOR MORTICE	ČEP TENON	DOSJED TIGHTNESS	OPTEREĆENJE LOAD
Uzorak Sample	d.o.	d.č.	d.o.-d.č.	ML
	(mm)	(mm)	(mm)	(daNcm)
1.	10,025	10,175	-0,150	1 100
2.	10,125	10,200	-0,075	1 040
3.	10,150	10,175	-0,50	950
4.	10,125	10,075	-0,050	1 000
5.	10,025	10,050	-0,050	980
6.	10,025	9,975	-0,025	1 250
7.	10,000	9,950	0,025	1 050
8.	10,000	9,875	0,050	1 130
9.	10,000	9,875	0,125	960
10.	10,000	9,875	0,125	780
11.	10,000	9,875	0,125	860
12.	10,050	9,925	0,125	710
13.	10,025	9,875	0,150	920
14.	10,025	9,875	0,150	970
15.	10,025	9,850	0,175	960
16.	10,000	9,800	0,200	910
17.	10,000	9,800	0,200	880

Tablica 2.

Podaci mjerena za uzorak A-BU •
Measurements of sample A-BU

Tablica 3.
Podaci mjerena za uzorak B-BU •
Measurements of sample B-BU

B-BU	OTVOR MORTICE	ČEP TENON	DOSJED TIGHTNESS	OPTEREĆENJE LOAD
Uzorak Sample	d.o.	d.č.	d.o.-d.č.	ML
	(mm)	(mm)	(mm)	(daNcm)
1.	9,875	10,200	-0,325	1 300
2.	9,900	10,025	-0,125	1 250
3.	9,950	10,050	-0,100	1 230
4.	9,850	9,950	-0,100	1 100
5.	10,100	10,175	-0,075	990
6.	9,925	10,000	-0,050	1 220
7.	10,100	10,150	-0,050	1 355
8.	10,075	10,125	-0,050	1 300
9.	9,900	9,950	-0,050	1 310
10.	10,050	10,050	0,000	1 255
11.	10,075	10,075	0,000	1 200
12.	9,975	9,950	0,025	1 390
13.	10,050	10,025	0,025	900
14.	10,050	9,925	0,125	850
15.	10,000	9,875	0,125	840
16.	10,000	9,850	0,150	750
17.	10,000	9,825	0,175	800

Tablica 4.
Podaci mjerena za uzorak A-BO •
Measurements of sample A-BO

A-BO	OTVOR MORTICE	ČEP TENON	DOSJED TIGHTNESS	OPTEREĆENJE LOAD
Uzorak Sample	d.o.	d.č.	d.o.-d.č.	ML
	(mm)	(mm)	(mm)	(daNcm)
1.	9,800	10,050	-0,250	1 300
2.	10,075	10,150	-0,075	1 280
3.	10,025	10,100	-0,075	1 120
4.	10,050	10,125	-0,075	1 080
5.	10,125	10,200	-0,075	1 000
6.	10,050	10,125	-0,075	990
7.	10,025	10,100	-0,075	990
8.	9,800	9,850	-0,050	795
9.	10,025	10,075	-0,050	1 120
10.	9,975	10,025	-0,050	1 180
11.	10,025	10,075	-0,050	1 000
12.	10,025	10,050	-0,025	885
13.	10,000	10,000	0,000	880
14.	10,050	9,925	0,125	820
15.	10,125	9,925	0,225	770
16.	10,025	9,800	0,225	770
17.	10,025	9,750	0,275	875

kada bi oba spoja imala jednaku vrstu dosjeda. Osim toga, finoča obrade sljubnica ravnih zubaca na čepovima od borovine i bukovine nije ujednačena. Velika hrapavost površine borovine mogla je utjecati na smanjenje adhezije.

- B-BO prema B-BU

U tom su slučaju veće vrijednosti momenata sila bile rezultat boljih mehaničkih

svojstava bukovine.

- A-BO prema B-BO

Usporedbom tih dvaju spojeva unutar iste vrste drva jasno je oučena manja čvrstoća spoja B-BO, koja je i prema svim četirima navedenim spojevima bila najmanja. Srednja vrijednost momenta sile za taj spoj iznosila je 874,12 daNcm.

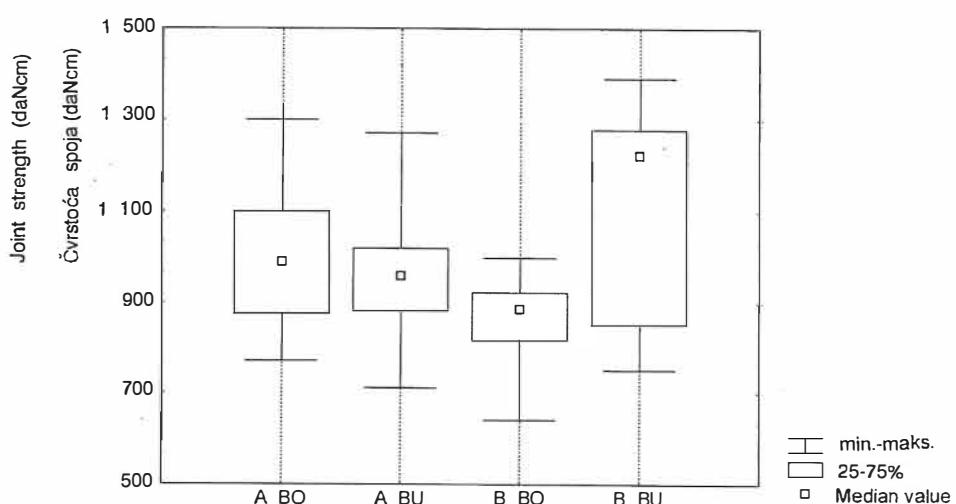
- A-BU prema B-BU

B-BO	OTVOR MORTICE	ČEP TENON	DOSJED TIGHTNESS	OPTEREĆENJE LOAD
Uzorak Sample	d.o.	d.č.	d.o.-d.č.	ML
	(mm)	(mm)	(mm)	(daNcm)
1.	10,000	10,125	-0,125	965
2.	10,050	10,150	-0,100	1 000
3.	10,075	10,150	-0,075	955
4.	10,013	10,075	-0,063	950
5.	10,000	10,050	-0,050	925
6.	9,800	9,850	-0,050	920
7.	9,975	10,025	-0,050	900
8.	10,025	10,063	-0,037	885
9.	10,025	10,063	-0,037	885
10.	9,975	10,000	-0,025	860
11.	10,050	10,025	0,100	845
12.	10,025	9,925	0,100	845
13.	10,175	10,063	0,113	825
14.	10,050	9,900	0,150	815
15.	10,250	10,063	0,188	810
16.	10,250	10,050	0,200	805
17.	10,500	10,100	0,400	640

Tablica 5.

Podaci mjeranja za uzorak B-BQ

Measurements of sample B-BU



Slika 3.

Spina 3. *Usporedba čvrstoće spojeva A i B iz borovine i bukovine • Comparison of A and B, pine and beech joint strength*

Ista usporedba samo spojeva od bukovine pokazuje neznatno veću čvrstoću spoja B. Tu tvrdnju treba uzeti u obzir uz obrazloženje da je srednja vrijednost zazora spoja A iznosila $Za=0,06$ mm, dok je spoj B bio pretežno zadomi i srednja je vrijednost za ispitanih 17 uzoraka iznosila $Zd=0,01$ mm.

Prosječna čvrstoća lijepljenja po jedinici površine realnog sljuba $A_A=18,57 \text{ cm}^2$, $AB=20,97 \text{ cm}^2$, ne računajući pri tome površine dna poduzne rupe, iznosila je za spojeve $A=53,09 \text{ daN/cm}^2$, a za spojeve $B=47,54 \text{ daN/cm}^2$. Ti su podaci za buduća dimenzioniranja najvažniji, jer bi jedan spoj na stolici, prema slici 1, da bi zadovoljio najmanje uvjete čvrstoće prema dosadašnjim

istraživanjima (13) trebao u predispetivnim izdržati moment sile od najmanje 608 daNcm.

5. ZAKLJUČAK

5. Conclusion

Sve češća pojava nekonvencionalnih oblikovnih rješenja, s jedne strane, i potreba za racionalnom i kvalitetnom konstrukcijom proizvoda, s druge strane, nameće potrebu za usporednim djelovanjem u povezivanju metoda rada i primjene rezultata znanstveno-istraživačkog rada radi što bržeg i svršishodnijeg donošenja kvalitetnih rješenja. Primjenom intuitivnih metoda rada i empirijske podatke treba zamijeniti suvre-

menim računalnim programima u koje su uključeni potvrđeni rezultati ispitivanja pojedinih konstrukcijskih rješenja.

Prikupljanjem podataka potrebnih za uspješan rad konstruktora te odabirom programa primjenjivih za proizvode drvne industrije mogu se izraditi aplikacijske inačice primjenjive za dizajnera u projektnom uredi i konstruktora u pripremi neposredne proizvodnje.

6. LITERATURA 6. References

1. Alić, O. 1984: Istraživanje čvrstoće konstruktivnih spajanja sargova i nogu stolova, Zbornik radova "Istraživanje, razvoj i kvaliteta proizvoda u preradi drva", Poslovna zajednica šumarstva i prerade drva i prometa Republike Hrvatske, Zagreb
2. Dillon, J. 1978: Chair comfort and design, Stevenage, FIRA Research Department,
3. Dzigielewski, S. 1978: Wpływ charakteru obciażania wybranych klejowych polaczeń meblarskich na ich trwałość i odkształcenia, Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy naukowe Zeszyt
4. Eckelman, C.A. 1988: Performance testing of furniture, part 2. a multipurpose universal structural performance test method, Forest Prod. J., str. 13-24.
5. Eckelman, C.A. 1988: Chair frame analysis and design, Forest Prod. J. 17, Madison str. 100-109
6. Hill, M.D. i dr. 1973: Flexibility and bending strength of mortise and tenon joints, Furniture Design and Manufacturing 45/1973/2 str. 60-63. i 70.
7. Hindley, H.R. 1980: The strength of mortise and tenon joints, Stewenage, Fira Bulletin 24/6 str. 92-94
8. Kamenicky, J. 1978: K Problematike podajnosti a namahania spojov stoličiek, Drevo Bratislava 33 (10),
9. Korzeniowski, A.M. 1982: Fit improves properties of joints, Furniture Manufacturer 1, str. 45,46, Oxted
10. Skopal, B. i dr. 1981.: Definiranje optimalnog nasjeda konstrukcione veze čep - gniazdo izvedena na detaljima od bukovine, rukopis, Sarajevo, Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu
11. Ljuljka, B. 1981: Ispitivanje kvalitete namještaja u sistemu proizvođač - korisnik kao faktor razvoja i unapređenja proizvoda, Bilten ZIDI-ja 9/3, str. 1-29, Šumarski fakultet u Zagrebu
12. Oltman, L. 1980: Odolnost stoličiek voči mechanickemu namahanju, Bratislava, Štatny drevarsky vyskumany ustav, Riport 37
13. Tkalec, S. 1985: Utjecaj konstrukcijskih spojeva na kvalitetu stolica, dizertacija, Zagreb, Šumarski fakultet
14. *****. 1994: Moebel - hanbuch zur pruefung, Nuernberg Landesgewerbe Anstalt Bayern (LGA) Moebelpruef institut,
15. Proračun građevinskih konstrukcija računalom - osnove drvenih konstrukcija i modeliranje, Zagreb, Školska knjiga,