

STANISLAV BAĐUN\*

# Prilog proučavanju utjecaja nekih faktora na dinamičku čvrstoću savijanja (čvrstoću na udarac) važnijih komercijalnih vrsta drva

## Sažetak

Istraživanja u ovom radu odnose se na ispitivanje utjecaja volumne mase i različitog sadržaja vode na dinamičku čvrstoću savijanja. Kompleksnost ovog svojstva i utjecaja navedenih faktora odrazila se i kod rezultata ovog rada. Zaključci i tumačenja, koja iz njih proizlaze, za topolovinu, lipovinu, borovinu, hrastovinu, bukovinu i grabovinu su sljedeći:

— dinamička čvrstoća savijanja prosušenog drva povećava se povećanjem njegove volumne mase (sl. 1);

— utjecaj sadržaja vode u drvu na dinamičku čvrstoću savijanja ne može se izraziti jednoznačno za sve vrste drva; ono je svojstveno zavisno od vrste drva;

— razlike u veličini dinamičke čvrstoće savijanja, između nekih stanja vlažnosti drva, za pojedine vrste su statistički signifikantne (topola, bor, hrast, bukva — tabele 3 i 4, sl. 2). Kod lipovine i grabovine te razlike nisu statistički signifikantne;

— različitosti u ispoljavanju dinamičke čvrstoće savijanja, s obzirom na vrste drva i stanja vlažnosti, vjerojatno su posljedica fizikalnih osnova prirode drva nakon interakcije s određenom količinom primljene, odnosno preostale vode. Uspostavljeno stanje specifično je za pojedinu vrst drva.

Glavne riječi: dinamička čvrstoća savijanja (čvrstoća na udarac) — utjecaj volumne mase i sadržaja vode.

## CONTRIBUTION TO INVESTIGATION OF INFLUENCE OF SOME FACTORS ON IMPACT BENDING OF SOME IMPORTANT COMMERCIAL WOOD SPECIES

### Summary

Investigations in this field relate to testing of influence of the specific gravity of wood and the different moisture content on impact bending. Complexity of such features and influences of the mentioned factors reflected on the results of such work. Conclusions and explanations which arose from them, for poplar, basswood, pine, oak, beech and hornbeam are the following:

— impact bending of partly dried wood is increased by enlargement of its specific gravity (picture 1);

— the influence of the moisture content in wood on impact bending cannot be expressed unambiguously for all species of wood, it is distinctively dependent on the wood species;

— differences in the size of impact bending among some humidity states of wood for individual species are statistically significant (poplar, pine, oak, beech — tables 3 and 4, pict. 2). For basswood and hornbeam these differences are not statistically significant;

— diversity in showing impact bending with regard to wood species and humidity state probably appears as a consequence of physical basis of wood nature upon interaction with a certain quantity of accepted, i.e. remained over water. The established state has been specific for individual wood species.

Key words: impact bending — influence of specific gravity and the moisture content

## 1.0 UVOD

Najveće naprezanje koje drvo suprostavlja udarcu (šoku) naziva se dinamička čvrstoća na savijanje (čvrstoća na udarac). Naprezanja uslijed udarca nastaju, razvijaju se i djeluju u vrlo kratkom vremenskom periodu, ponekad nekoliko mikrosekundi. Drvo u upotrebi izloženo je češće

djelovanju dinamičkog naprezanja (udarac) nego statičkom preopterećenju. Ispoljavanje velikog naprezanja drva uslijed udarca naziva se i žilavost, a isto maleno naprezanje krhkost.

Teorija dinamičke čvrstoće savijanja vrlo je složena ne samo za drvo nego i druge nemetalne konstrukcijske materijale. Veličina ove čvrstoće kod krutih tijela direktno zavisi o sposobnosti materijala da apsorbira energiju i razmrvi se usli-

\* Prof. dr S. Bađun, dipl. ing., Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

jed deformacija. Tiemann, H. D. [3], na temelju opažanja da se štap (proba), kod ispitivanja čvrstoće na udarac, može deformirati prije loma dvostruko više nego kod statičkog ispitivanja, zaključuje da je i čvrstoća dva puta veća. Monnin, M. [2] izjednačuje totalnu apsorbiranu energiju kod udarca s radnjom konačne destrukcije kod statičkog savijanja i zaključuje da ona zavisi o: modulu elastičnosti, položaju granice proporcionalnosti, čvrstoći na savijanje za koju su odlučni vlažna i tlačna naprezanja, deformaciji na granici proporcionalnosti i u momentu loma, otporu vlaknaca poslije loma, koji zavisi o koheziji okomito na vlakanca i uslijed toga o čvrstoći na vlak okomito na vlakanca, otpornosti na cijepanje i maksimalnom naprezanju na smicanje u smjeru vlakanca. Ghelmeziu, N. [1, 2] smatra da se neke pojedinosti u ponašanju drva kod statičkog i dinamičkog savijanja sasvim razlikuju.

Ovaj kratki pregled pojedinosti vezanih za teoriju dinamičke čvrstoće savijanja i ponašanja drva u momentu i nakon djelovanja udarca iznesen je radi predstavljanja kompleksnosti ove vrste čvrstoće drva. Kada se tomé dodaju i faktori od utjecaja na tu čvrstoću, kao: vrst drva, volumna masa, kut vlaknaca prema djelovanju dinamičke sile udarca, sadržaj vode drva, detalji mehanizma destruiranja i dr., postaje jasnija sva složenost ovog mehaničkog svojstva drva. Njeno poznavanje je od interesa ne samo u upotrebi drva (aviointerijer, vagonogradnja, sportske naprave, stubišta, dijelovi oruđa, elementi građevnih konstrukcija i dr.) nego još više kod studija mehanizma razaranja drva pri mehaničkoj preradi i dezintegraciji.

## 2.0 ZADATAK RADA

Ispitivanja u ovom radu imala su za cilj da se istraži utjecaj nekih faktora na dinamičku čvrstoću savijanja drva. Osim utjecaja vrste drva, istraživanja su se odnosila na:

1. Utjecaj volumne (obujmske) mase, kod različitog sadržaja vode, na dinamičku čvrstoću savijanja.

2. Utjecaj sadržaja vode, kod različitih vrsta drva, na čvrstoću na udarac.

## 3.0 MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJE

Kao materijal za ispitivanje upotrijebljeni su sementi drva koji su ostali nakon raspiljivanja trupčica za pokus. Iz trupčica za pokus izrezane su srednjače, u dva okomita smjera (JUS D.A1.040), i one su već ranije poslužile za ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava. Drvo trupčica za pokus iz preostalih segmenata imalo je karakteristike koje su prikazane u tablici I.

NEKE KARAKTERISTIKE POKUSNOG MATERIJALA Tablica 1

Vrst drva	Sumarija	Stabala (kom.)	Prsni prom. (cm)	Starost (god.)	Sirina goda (mm)	Volumna masa (g/cm <sup>3</sup> )	Vlažnost (%)
bor crni	Glina	5	41	68	2,13	0,575 0,597	0,0 12,0
bukva	Zalesina	20	38	97	2,03	0,660 0,690	0,0 10,8
grab	—	—	—	—	—	0,725 0,763	0,0 10,6
hrast	Lipovljani	5	42	132	1,45	0,616 0,648	0,0 10,9
lipa	Lipovljani	5	37	73	2,75	0,506 0,521	0,0 12,0
topola crna	Lipovljani	10	38	50	2,69	0,412 0,430	0,0 10,6

U tablici I dane su prosječne vrijednosti nekih obilježja pokusnog materijala. Detaljni podaci nalaze se u publiciranim radovima. I. Horvata i S. Bađuna. Pokusni materijal drva graba uzet je iz raspoloživog materijala, nepoznate provenijencije.

## 4.0 METODA ISTRAŽIVANJA

Ispitivanje čvrstoće na udarac izvršeno je na probama i metodom kako to predviđa JUS D.A1.047. Budući da se zadatkom rada predvidjelo istraživanje utjecaja volumne mase i različitog sadržaja vode u drvu na čvrstoću na udarac, to su probe ispitivanih vrsta drva bile grupirane. U njima je ostvareno željeno stanje faktora, čiji se utjecaj želio istražiti. Grupiranje proba za proučavanje faktora volumna masa proizlazi iz karakteristika tog svojstva kod različitih vrsta drva. Utjecaj različitog sadržaja vode, kod iste vrste drva, na dinamičku čvrstoću savijanja ispitivan je na probama u kojima je ostvarena vlažnost drva od 0%, 5—7%, 11—15% i preko 60%. Da bi se utvrdila statistička istovjetnost tako grupiranog materijala, unutar iste vrste drva, ispitano je da li postoje signifikantne razlike između drva ovih grupa uzoraka kod 0% sadržaja vode. Nadalje je za naznačene grupe proba izračunata postotna promjena čvrstoće na udarac, radi uvida u utjecaj razmatranih faktora na veličinu ove čvrstoće. Iz vrijednosti aritmetičkih sredina (m) i njihovih grešaka (fm) za čvrstoću na udarac, utvrđena je statistička signifikantnost razlika, po grupama proba unutar pojedine vrste drva.

## 5.0 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U tablici II prikazani su podaci za volumnu masu i sadržaj vode po grupama proba, kao i srednje vrijednosti čvrstoće na udarac za topolovinu, lipovinu, borovinu, hrastovinu, bukovinu i grabovinu. Vrste drva su u tablici poredane po veličine čvrstoće na udarac u prosušenom stanju, kod vlažnosti 11—15%.

VOLUMNA MASA, SADRŽAJ VODE I ČVRSTOĆA NA UDARAC

Tablica II

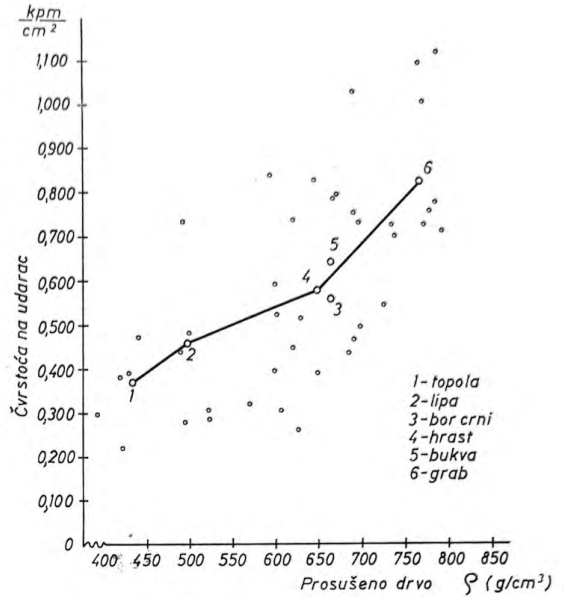
vlažnost %	broj proba	volumna masa				čvrstoća na udarac		smanjenje 111 povećanje %
		granice		prosjek	m	m	km/cm <sup>2</sup>	
		od	do	m	m	km/cm <sup>2</sup>		
		kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	km/cm <sup>2</sup>	km/cm <sup>2</sup>	
<b>Topolovina (Populus nigra L.)</b>								
0,0	12	349	470	388,8	35	0,327	0,198	100
6,0	6	348	417	382,2	23	0,197	0,070	60,2
13,3	6	391	488	431,7	29	0,367	0,088	112,2
144,0	12	649	1183	870,0	151	0,298	0,115	91,1
<b>Lipovina (Tilia parvifolia Ehrh.)</b>								
0,0	12	391	569	489,7	54	0,595	0,186	100
5,2	7	442	606	521,8	59	0,654	0,165	109,9
13,9	7	366	592	498,8	63	0,455	0,222	76,5
125,0	12	899	1009	953,7	36	0,520	0,178	87,4
<b>Borovina (Pinus nigra Arn.)</b>								
0,0	12	539	653	575,9	31	0,581	0,153	100
6,9	6	564	629	586,0	20	0,566	0,132	97,4
13,1	5	597	726	663,0	54	0,551	0,111	94,8
119,0	8	975	1147	1063,5	51	0,348	0,074	59,9
<b>Hrastovina (Quercus robur L.ssp.pedunculata D.C.)</b>								
0,0	18	549	714	629,0	42	0,484	0,161	100
6,1	10	573	751	659,0	41	0,694	0,286	143,4
14,6	12	569	739	649,0	51	0,580	0,215	119,8
61,7	25	733	931	825,0	49	0,739	0,176	152,7
<b>Bukovina (Fagus Sylvatica L.)</b>								
0,0	12	593	702	632,8	32	0,690	0,124	100
6,3	6	620	716	654,7	33	0,711	0,163	103,0
14,2	4	626	689	662,0	23	0,646	0,228	93,6
90,0	12	861	1048	976,8	53	0,452	0,158	65,5
<b>Grabovina (Carpinus betulus L.)</b>								
0,0	12	629	782	722,8	39	0,990	0,262	100
-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,8	8	686	791	768,5	32	0,832	0,220	84,0
82	12	939	1097	1044,4	41	0,854	0,380	86,3

m = aritmetička sredina; s = srednja kvadratna greška

5.1. Utjecaj volumne mase na čvrstoću na udarac

U tablici II i na slici 1. vidljivo je da se povećanjem volumne mase prosušenog drva, vlažnosti 11–15%, povećava i dinamička čvrstoća savijanja. Newlin, J. A. i Wilson T. R. C. ustanovili su da je čvrstoća na udarac u proporcionalnom odnosu s kvadratom nominalne volumne mase, a Seegar, R. i Thunell, B. da je taj odnos linearan za borovinu i bukovinu [3]. Kollmann, F. F. je za jasenovinu utvrdio da se ta zavisnost može izjednačiti pravcem, ali da bolje odgovara odnos kubne parabole, a = 2,33 ρ<sub>0</sub><sup>3</sup>. [2]. Gheimezi, N. je za smrekovinu, borovinu, bukovinu i hrastovinu kod 11–12% vlažnosti utvrdio da taj odnos najbolje odgovara izrazu a = C · ρ<sub>0</sub><sup>n</sup>, u kojem konstanta C iznosi 1,5 — 2,1, u prosjeku 1,8 za prosušeno drvo i 1,9 kod standardno suhog drva, ako udarac djeluje u smjeru tangentsom [1].

Podaci istraživanja u ovom radu, iako nije izvršeno izjednačavanje podataka, ukazuju da bi se



Slika 1. — Odnos između volumne mase drva i dinamičke čvrstoće na savijanje.

odnos između volumne mase i čvrstoće na udarac najbolje mogao izraziti krivuljom na neku n potenciju.

U daljnjem pregledu donose se usporedni podaci odnosa volumne mase kod 12% vlažnosti i čvrstoće na udarac prema Ugolevu, B. N. [4] i ovim istraživanjima:

Vrst drva	Ugolev, B. N.		Badun, S.	
	Volumna masa (g/cm <sup>3</sup> )	Čvrstoća na udarac (kpm/cm <sup>2</sup> )	Volumna masa (g/cm <sup>3</sup> )	Čvrstoća na udarac (kpm/cm <sup>2</sup> )
topolovina	0,455	0,40	0,432	0,37
lipovina	0,495	0,59	0,499	0,45
borovina	0,500	0,42	0,663	0,55
hrastovina	0,690	0,78	0,649	0,58
bukovina	0,670	0,82	0,662	0,65
grabovina	0,800	1,01	0,769	0,83

U svakom slučaju, prema navedenim i ovim istraživanjima, može se zaključiti, da se dinamička čvrstoća savijanja povećava s povećanjem volumne mase. Ta promjena veličine čvrstoće na udarac, u zavisnosti od volumne mase, vrijedi unutar pojedine vrste i između vrsta drva.

5.2. Utjecaj sadržaja vode u drvu na čvrstoću na udarac

Utjecaj sadržaja vode u drvu na dinamičku čvrstoću savijanja složenije je naravi od istog utjecaja kod raznih oblika statičke čvrstoće. Vri-

jednosti statičkih čvrstoća povećavaju se smanjenjem sadržaja vode u drvu ispod vlažnosti zasićenja vlaknaca, u određenoj korelacionoj zavisnosti. To povećanje iznosi od 1,5 do 6%, u ovisnosti od vrste statičke čvrstoće, za svako smanjenje sadržaja vode od 1% unutar higroskopskog područja. Kao što se vidi iz podataka tablice II i slike 2, takav odnos ne postoji kod svojstava drva kojim se izražava čvrstoća na udarac (žilavost, otpor udaru). Iz slike 2. se vidi da utjecaj sadržaja vode u drvu na čvrstoću na udarac nije istovjetan za sve vrste drva, unutar higroskopskog područja. Nadalje se uočava da se taj utjecaj, iako neistovrstan, najizrazitije ispoljava u području vlažnosti od 0% ... 10% ... 15%. Osim kod hrastovine, u području od 15% ... 20% ... 25%, utjecaj vlažnosti na čvrstoću na udarac ne pokazuje neki poseban trend izrazitosti. Iznad tog područja vlažnosti, kao i dalje za stanja koja odgovaraju sadržaju vode sirovog drva, taj se utjecaj ispoljava opet neistovrsnim promjenama.

Zbog ovakvog ponašanja drva, različite vlažnosti, pri ispoljavanju čvrstoće na udarac, mišljenja o utjecaju vlažnosti na ovo svojstvo su različita. Markwardt, L. J. i Wilson, T. R. C. [3] su mišljenja da se utjecaj sadržaja vode zrako-suhog stanja može zanemariti kod čvrstoće na udarac. Krech, H. smatra da sadržaj higroskopske vode nema signifikantan utjecaj na dinamičku čvrstoću savijanja [3]. Ghelmezii, N. i Rein, W. smatraju da sadržaj vode drva, u granicama od 10 do 20% nema utjecaja na čvrstoću na udarac [3]. Seeger, R. iznosi da se čvrstoća na udarac povećava povećanjem vlažnosti u području od 9 do 23% [2].

Stvaranje raznih mišljenja posljedica je više razloga: malog broja istraživanja utjecaja ovog faktora na dinamičku čvrstoću savijanja, istraživanja utjecaja ovog faktora samo na nekim vrstama drva, ispitivanja s različitim uređajima i oblikom proba, nedovoljnog poznavanja mehanizma razaranja drva uslijed udarca, fizikalnih os-

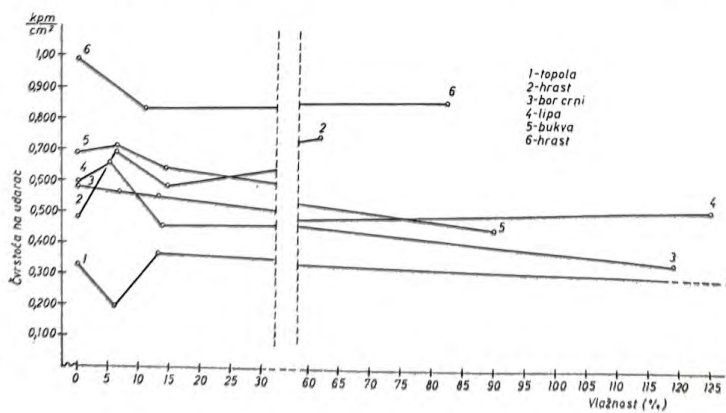
nova prirode drva nakon interakcije s određenom količinom primljene (preostale) vode, stanja i promjena kohezivnih sila i trenja, zatim deformacija i utrošene unutarnje radnje kod udarca, kao i djelovanja elementarnih sila deformacija i premještanja elementarnih čestica tijela kod naprezanja uslijed udarca. Upoznavanje ovih, kao i nekih drugih pitanja vezanih uz mehanizam razaranja drva kod udarca, pomoći će u otkrivanju spoznaje o utjecaju raznih faktora na dinamičku čvrstoću savijanja, uključujući i sadržaj vode.

I rezultati ovih istraživanja (tab. II, sl. 2) pokazuju raznolikost utjecaja sadržaja vode na dinamičku čvrstoću savijanja kod različitih vrsta drva. Vrlo nepravilno ponašanje i nesrazmjerno velike razlike u veličini tog svojstva ispoljava hrastovina kod razmatranih sadržaja vode. Isto tako grabovina i topolovina, u stanju od 0 do 15% vlažnosti, pokazuju zavisnost prema čvrstoći na udarac koja se razlikuje od ostalih ispitanih vrsta drva.

Utjecaj sadržaja vode na veličinu čvrstoće na udarac može se relativno iskazati postotnim odnosom vrijednosti tog svojstva kod raznih vlažnosti prema istoj čvrstoći kod 0% ili prosušenog stanja. U tablicama III i IV napravljen je takav pregled. Osim toga, u njima se donose podaci o signifikantnosti razlika između čvrstoće na udarac za pojedine sadržaje vode, utvrđene metodom matematičke statistike.

Relativne vrijednosti čvrstoće na udarac (tab. III i IV) iskazane također u odnosu na čvrstoću kod nekih vlažnosti drva, ne pokazuju neke karakteristične relacije, osim možda kod borovine i bukovine. Ovo se odnosi i na stupanj signifikantnosti razlika između čvrstoća na udarac kod raznih sadržaja vode.

S obzirom da su probe pojedinih vrsta grupirane za ispitivanje kod određenog sadržaja vode, statistički je ispitana pripadnost tog materijala istom uzorku. Signifikantnost razlika utvrđivana je između volumnih masa pojedinih grupa proba kod sadržaja vode od 0%. Signifikantne razlike



Slika 2. — Utjecaj sadržaja vode na dinamičku čvrstoću savijanja kod nekih komercijalnih vrsta drva.

RELATIVNE PROMJENE ČVRSTOĆE NA UDARAC U ZAVISNOSTI OD SADRŽAJA VODE U DRVU

Tablica III

Vrst drva	Postotak od čvrstoće kod 0% vlažnosti				Signifikantne razlike između čvrstoće kod vlažnosti
	vlažnost drva (%)				
	0 (1)	5—7 (2)	11—15 (3)	> 60 (4)	
topolovina	100	60,2	112,2	91,1	(2) i (3); nema
lipovina	100	109,9	76,5	87,4	(1) i (4); (2) i (4); (3) i (4)
borovina	100	97,4	94,8	59,9	(1) i (4)
hrastovina	100	143,4	119,8	152,7	(1) i (4)
bukovina	100	103,0	93,6	65,5	(1) i (4); (2) i (4)
grabovina	100	—	84,0	86,3	nema

RELATIVNE PROMJENE ČVRSTOĆE NA UDARAC U ZAVISNOSTI OD SADRŽAJA VODE U DRVU

Tablica IV

Vrst drva	Postotak od čvrstoće kod 11—15% vlažnosti				Signifikantne razlike između čvrstoće kod vlažnosti
	vlažnost drva (%)				
	0 (1)	5—7 (2)	11—15 (3)	> 60 (4)	
topolovina	89,1	53,7	100	81,2	(2) i (3)
lipovina	130	143,7	100	114,3	nema
borovina	105,4	102,7	100	63,2	(1) i (4); (2) i (4); (3) i (4)
hrastovina	83,4	119,6	100	152,6	(1) i (4)
bukovina	106,8	110,1	100	70,0	(1) i (4); (2) i (4)
grabovina	119,0	—	100	102,6	nema

između grupa proba nisu utvrđene niti kod jedne ispitane vrste drva. Na taj je način isključen utjecaj drugih faktora, osim sadržaja vode u drvu. Eventualni utjecaj kemijskih ili fizičko-kemijskih faktora, vezanih na prirodu drva ili interakciju voda-drvo, nisu isključeni.

Očito je, prema ovim istraživanjima i ranijim tumačenjima, da se utjecaj sadržaja vode na čvrstoću na udarac ne može izraziti jednoznačno za sve vrste drva. Promjene zbog ovog faktora postoje, one su svojstvene zavisno o vrsti drva, a stupanj signifikantnosti treba utvrditi zasebno za svaku vrstu drva. Jedno od tumačenja, kojim bi se ova pojava mogla objasniti, jesu fizikalne osnove prirode drva nakon interakcije s određenom količinom primljene odnosno preostale vode. Uspostavljeno stanje (krutost, savitljivost, krhkost) u drvu nije jednako kod svih vrsta, i odražava se pri njegovom ponašanju u odnosu na apsorpciju energije kod udarca, nastajanja deformacija i utrošku unutrašnje radnje za konačno destruiranje drva, kao i razvijanju popratnih pojava koje pri tom sudjeluju.

## 7.0 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Prema postavljenom cilju istraživanja, ispitan je utjecaj volumne mase i različitog sadržaja vode na dinamičku čvrstoću savijanja. Kompleksnost istraživnog svojstva i utjecaja navedenih faktora odrazila se i kod rezultata ovog rada. Zaključci i tumačenja koja iz njih proizlaze su sljedeći:

— dinamička čvrstoća savijanja posušenog drva povećava se povećavanjem njegove volumne mase. Tu korelaciju bolje izražava krivolinijski nego linearni odnos. Promjena veličine čvrstoće

na udarac, u zavisnosti od volumne mase, vrijedi unutar pojedine vrste i između vrsta drva;

— utjecaj sadržaja vode u drvu na dinamičku čvrstoću savijanja složenije je naravi od istog utjecaja kod raznih vrsta statičke čvrstoće;

— utjecaj sadržaja vode u drvu na dinamičku čvrstoću savijanja ne može se izraziti jednoznačno za sve vrste drva. Promjene u veličini ove čvrstoće zbog utjecaja vlažnosti postoje, i one su svojstvene zavisno od vrste drva;

— razlike u veličini dinamičke čvrstoće na savijanje između nekih stanja vlažnosti drva, kod pojedinih vrsta drva, statistički su signifikantne (topola, bor, hrast, bukva). Kod lipe i graba te razlike nisu statistički signifikantne;

— razlike u ispoljavanju dinamičke čvrstoće savijanja, s obzirom na vrste drva i stanja vlažnosti, vjerovatno su posljedica fizikalnih osnova prirode drva nakon interakcije s određenom količinom primljene odnosno preostale vode. Uspostavljeno stanje u drvu specifično je za pojedine vrste drva i odražava se pri njegovom ponašanju u odnosu na apsorpciju energije kod udarca, nastajanja deformacija i utroška unutrašnje radnje za konačno razaranje drva nakon loma, te pri razvijanju popratnih pojava koje u tom sudjeluju.

## 7.0 LITERATURA

1. GHEMLEZIJU, N.: (1937/38). Untersuchungen über die Schlagfestigkeit von Bauhölzern. Holz and Roh — und Werkstoff 1 (1): 581-601.
2. KOLLMANN, F.: (1951). Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. I. Band. Springer-Verlag, Berlin.
3. KOLLMAN, F. i COTE, W. A.: (1968). Principles of Wood Science and Technology. I, Solid Wood. Springer-Verlag, Berlin — New York.
4. UGOLEV, B. N.: (1975). Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedenija. Lesn. prom. — st, Moskva.