

Mladen Brezović

# Mogućnost izrade ploča od uslojenog drva strukturno zaštićenih kemijskim vatrozaštitnim sredstvima

## Production possibilities for structurally protected plywood by chemical fire-retardants

*Izvorni znanstveni rad - Original scientific paper*

Primljeno - received: 04.10.1997. • Prihvaćeno - accepted: 08.10.1997.

UDK 634\*832.282 i 634\*843

**SAŽETAK** • Cilj rada bio je proizvesti ploče od uslojenog drva zaštićene kemijskim vatrozaštitnim sredstvima. Tako proizvedene ploče trebale bi zadržati svoja fizička i mehanička svojstva iznad minimalnih svojstava propisanih standardima, uz istodobno poboljšanje vatrootpornih svojstava.

Od materijala je upotrijebljen bukov furnir, karbamid-formaldehidno ljepilo, a za strukturnu zaštitu upotrijebljeni su boraks i ortoboratna kiselina, u omjeru 1:1. Kemijska vatrozaštitna sredstva nanesena su potapanjem furnira u njihove vodene otopine koncentracija 6, 10 i 14 %. Za usporedbu su proizvedene i ploče od uslojenog drva bez dodatka vatrozaštitnih sredstava.

Tako proizvedenim pločama ispitana su fizička i mehanička svojstva te vatrootpornost. Između različitih metoda za ocjenu vatrootpornosti odabrana je metoda koja je dovoljno "oštra" i u sklopu koje se pri ispitivanju koriste uzorci malih dimenzija. Ta se metoda naziva metodom ognjene cijevi.

Rezultati ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava ploča pokazali su da dodavanje vatrozaštitnih sredstava u navedenim koncentracijama ne utječe bitno na ta svojstva, tako da su ona veća od minimalnih vrijednosti propisanih standardima po kojima su ispitivanja provedena.

---

Autor je asistent na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu  
Author is an assistant at the Faculty of Forestry of the Zagreb University

Ispitivanja vatrootpornosti metodom ognjene cijevi pokazala su da su najbolje rezultate postigle ploče od uslojenog drva strukturno zaštićene 14 %-tnom vodenom otopinom vatrozaštitnog sredstva, iako su i ploče zaštićene 10 %-tnom otopinom pokazale vrlo dobre rezultate. Vatrootpornost ploča zaštićenih 10 %-tnom vodenom otopinom boraksa i ortoboratne kiseline mogla bi se dodatno povećati kad bi se ploče osim strukturnoj, podvrgnule i površinskoj zaštiti.

**Ključne riječi:** strukturna zaštita, vatrozaštitno sredstvo, fizička i mehanička svojstva, vatrootpornost, metoda ognjene cijevi

**SUMMARY** • *The aim of our work was to produce panels from laminated wood protected by chemical fire-retardants. Such produced panels should maintain their physical and mechanical properties above the minimally prescribed standards, whereas, at the same time improving their fire-retardant properties.*

*The materials used were beech veneer, urea formaldehyde glue, and for the structural protection, borax and boric acid in proportion 1:1 were used.*

*The chemical fire-retardants were deposited by sinking the veneer in their water solution concentration of 6, 10 and 14 %. Also, for reasons of comparison, laminated wood based panels were produced without the addition of fire-retardant chemicals.*

*The physical and mechanical properties as well as fire-retardance were tested on such produced panels. With regards to the various methods for the evaluation of fire-retardance, a certain method was chosen, which was sufficiently "severe", and which used samples of small dimensions during the research. This method is called the fire-tube method.*

*The research results of the physical and mechanical properties of the panels have shown that the added fire-retardance chemicals in the stated concentrations, do not significantly influence these features, and that they are above the minimally prescribed standard values according to which the research was made.*

*The results of the fire-retardance research, using the fire-tube method, have shown that the best results were achieved with the laminated panels structurally protected with 14 % water solution fire-protected substance, even though panels with 10 % solution have shown solid results. Fire-retardance of panels with 10 % borax and boric acid, can be additionally increased if the panels undergo a surface protection in addition to the structural one.*

**Key words:** structural protection, fire-retardant chemicals, physical and mechanical properties, fire-retardance, fire-tube method

## 1. UVOD

### 1. Introduction

Proizvodi od drva ili materijala na bazi drva svakodnevno nas okružuju u našoj životnoj i radnoj sredini. Budući da se drvo i drvni proizvodi svrstavaju u skupinu lako zapaljivih materijala, oni su potencijalna opasnost od širenja požara.

Nezaštićeno (neimpregnirano) i prosušeno drvo upaljeno stranim izvorom topline (otvorenim plamenom), gori uz slobodan pristup zraka prema ovoj shemi:

- u dodiru s inicijalnim plamenom

posmeđi i pougljeni na površini te izgara otvorenim intenzivnim plamenom; plamen se postupno širi, temperatura drva u neposrednoj okolini raste, a masa drva znatno se smanji ili drvo potpuno izgori.

No ako se drvo zaštititi nekim od vatrozaštitnih sredstava te time povećamo njegovu otpornost prema vatri, ono se ponaša na ovaj način:

- pri gorenju uz slobodan pristup zraka djelovanjem početne topline površina drva pougljeni i time postane teško upaljiva jer je karbonizirano drvo izolator. Ako se pojavi



jaska i mehanička svojstva drva. Uočeno je da pri uporabi kombinacije boraksa i ortoboratne kiseline kao vatrozaštitnog sredstva nema bitnog narušavanja kemijske strukture drva što je povezano s neutralnom pH vrijednosti uporabljene kemikalije (Le Van, Ross, Winandy 1990).

Vatrozaštitni mehanizam boraksa i ortoboratne kiseline nije u potpunosti razjašnjen iako neki autori (Lyons 1970) upućuju na to da ta kemikalija djeluje mehanizmom barijere a ne kemijskim mehanizmom na smanjenje gorivosti drva.

Prilikom odabira vatrozaštitnog sredstva također valja paziti da ta sredstva pri gorenju ne stvaraju veliku količinu plinova i dima.

Dokazano je da neka od tih sredstava, koja se rabe kao vatrozaštitna, imaju i dobra fungicidna svojstva.

S obzirom na metode kojima je određivana gorivost odnosno ispitivano vatrootporno svojstvo izrađenih ploča, može se uočiti da su primjenjene najrazličitije metode određivanja gorivosti ploča na bazi drva.

U SAD-u se u novije vrijeme sve češće koristi metoda kisikova indeksa, i to nakon što je Robert H. White 1979. godine uveo tu metodu za ocjenu gorivosti drva i drvnog materijala.

Većina naših stručnjaka koja se je bavila povećanjem vatrootpornih svojstava ploča na bazi drva (Penzar, Salah, Petrović) koristila se metodom ognjene cijevi. Ta se metoda primjenjuje u nas najvjerojatnije zbog njezine jednostavnosti i pristupačnosti te zbog objektivnosti rezultata.

Hrvatski su se stručnjaci u svojim istraživanjima koristili različitim vatrozaštitnim sredstvima koja su se mogla naći na tržištu. Bile su to kemikalije poznatog kemijskog sastava ili industrijski proizvedena sredstva većinom nepoznatog kemijskog sastava. Svima je zajedničko to što su se nanosila potapanjem furnira u njihovu otopinu, odnosno zajednička im je strukturalna zaštita koja se pokazala boljim načinom zaštite ploča na bazi drva.

Petrović (1985.) se u svojim istraživanjima koristio kombinacijom trinatrijfosfata i boraksa u omjeru 1:1 kao 12 %-tnom vodenom otopinom te vatrozaštitnim sredstvom pod trgovačkim nazivom Basilit Dreifach KD, također kao 12 %-tnom vodenom otopinom. Gubitak mase pri primjeni kombinacije trinatrijfosfata i boraksa iznosio je 9,7 % dok je pri uporabi industrijski proizvedenog vatrozaštitnog sredstva rezultat bio malo slabiji i iznosio je 18,5 %.

U prethodnim vlastitim istraživanjima autor ovog rada koristi se Meldurom TM i antipiretikom (dicijandiamid + amonijfosfat + etilglikol) kao vatrozaštitnim sredstvima. Rezultati ispitivanja pokazali su da ta vatrozaštitna sredstva u primijenjenim koncentracijama nisu dala zadovoljavajuće povećanje vatrootpornih svojstava izrađenih ploča. U daljnjim istraživanjima Penzar (1990.) je, koristeći se tim vatrozaštitnim sredstvima, ali u promijenjenim koncentracijama, uspio dobiti zadovoljavajuće rezultate. Osim tih sredstava za strukturalnu zaštitu, koristio se i melaminskom folijom kao površinskom zaštitom od vatre. Najbolji rezultat dale su ploče strukturalno zaštićene antipiretikom (16,7 %), dok melaminska folija, kao samostalna površinska zaštita ili u kombinaciji sa sredstvima za strukturalnu zaštitu, nije pokazala očekivane rezultate glede povećanja vatrootpornosti.

### 3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA 3. Aim of research

1. Proizvodnja troslojnih ploča od uslojenog drva strukturalno zaštićenih kemijskim vatrozaštitnim sredstvima (boraks + ortoboratna kiselina) pri različitim količinama dodanog vatrozaštitnog sredstva, uz istodobno zadržavanje ostalih fizičkih i mehaničkih svojstava viša od minimalnih što ih propisuju norme.

2. Ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava ploča proizvedenih bez dodatka vatrozaštitnog sredstva, kao i ploča kojima je dodano vatrozaštitno sredstvo.

3. Određivanje gorivosti pokusnih ploča metodom ognjene cijevi.

4. Analiza rezultata dobivenih ispitivanjem fizičkih, mehaničkih i vatrootpornih svojstava ploča.

### 4. SIROVINE I TEHNOLOŠKI PARAMETRI

#### 4. Raw materials and technological parameters

##### *Sirovine*

Furnir. Rabljen je ljušten buk (Fagus Sylvatica L.) furnir debljine 1,5 mm.

Prije impregnacije listovi furnira osušeni su u troetažnoj sušionici do sadržaja vode 3,2 %. Listovi su bili dobre kvalitete i bez grešaka.

Ljepilo. Kao vezivno sredstvo upotrijebljeno je karbamid-formaldehidno ljepilo LENDUR 120 koje se je tog trenutka upotrebljavalo u redovnoj proizvodnji.



Ako je gubitak mase prema toj metodi manji od 9 %, ploče pripadaju kategoriji teško gorivog materijala. Ako je gubitak mase u granicama od 9 do 30 %, ploče pripadaju u kategoriji teško zapaljivog materijala. Ploče koje gube više od 30 % svoje početne mase svrstavaju se u kategoriju lako gorivog materijala.

Duljina i širina uzoraka mjerena je pomičnom mjerkom.

Debljina uzoraka izmjerena je mikrometrom s pomakom mjernih površina prema načelu vijka, mjernog područja 0-25 mm, točnosti mjerenja na dvije decimale.

Mjerenje mase obavljeno je analitičkom vagom s točnošću mjerenja na četiri decimale.

Ispitivanje vatrootpornosti uzoraka (spaljivanje) obavljeno je u tzv. ognjenoj cijevi.

Mehanička svojstva ispitana su ispitnim uređajem tipa Wolpert-Werke (tzv. kidalicom), normiranim prema DIN-u 51220.

## 6. MJERNI REZULTATI I ANALIZA REZULTATA

### 6. Measurement results and analysis of results

Rezultati ispitivanja prikazani su tablično za svaku eksperimentalno proizvedenu ploču (tab. 3) te kao aritmetičke sredine za svaku pojedinu seriju.

Ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava ploča obavljeno je na po deset uzoraka svake ploče za svako ispitivano svojstvo

	A		B		C		D	
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
Debljina Thickness (mm)	4,466	4,451	4,474	4,461	4,451	4,458	4,483	4,421
Debljina Thickness (mm)	4,459		4,468		4,455		4,452	
Gustoća Density (g/cm <sup>3</sup> )	0,754	0,741	0,740	0,774	0,773	0,762	0,724	0,731
Gustoća Density (g/cm <sup>3</sup> )	0,749		0,757		0,768		0,728	
Sadržaj vode Water content (%)	8,64	8,48	8,90	8,90	8,91	8,85	9,26	9,44
Sadržaj vode Water content (%)	8,56		8,90		8,88		9,35	
Savojna čvrstoća Bending strength (MPa)	133,2	138,1	142,6	147,9	149,3	149,7	112,9	115,5
Savojna čvrstoća Bending strength (MPa)	135,7		145,3		149,5		114,2	
Savojna čvrstoća Bending strength (MPa)	24,9	25,3	30,3	30,6	34,9	35,3	24,0	23,1
Savojna čvrstoća Bending strength (MPa)	25,1		30,5		24,1		23,6	
Vlačna čvrstoća Tensile strength (MPa)	41,6	49,5	39,1	48,0	38,9	42,1	43,1	47,9
Vlačna čvrstoća Tensile strength (MPa)	45,6		43,6		40,5		45	
Vlačna čvrstoća Tensile strength (MPa)	70,4	80,5	56,2	72,6	65,7	66,4	55,1	64,4
Vlačna čvrstoća Tensile strength (MPa)	75,5		64,4		66,1		59,8	
Čvrstoća u sloju ljepila Bonding strength (MPa)	3,5	4,4	3,3	3,7	3,3	3,3	3,1	2,9
Čvrstoća u sloju ljepila Bonding strength (MPa)	4,0		3,5		3,3		3,0	
Gubitak mase Loss of weight (%)	60,63	61,95	28,99	23,33	8,80	9,12	79,78	81,62
Gubitak mase Loss of weight (%)	61,29		26,16		8,96		80,70	

Tablica 3.

Rezultati ispitivanja ploča • Test results of board

Legenda - legend:

A-ploče zaštićene 6 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom-boards protected with 6 % fire-retardant chemicals

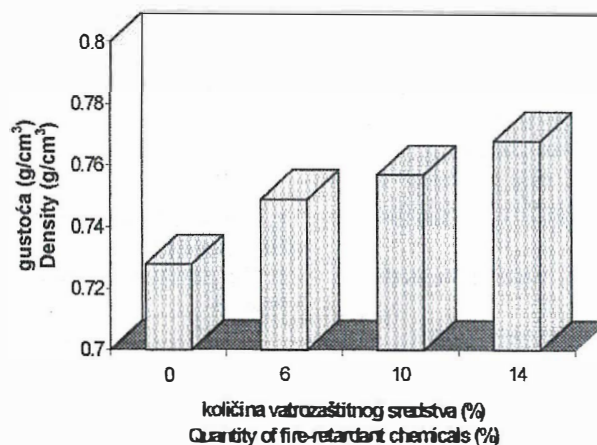
B-ploče zaštićene 10 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom-boards protected with 6 % fire-retardant chemicals

C- ploče zaštićene 14 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom-boards protected with 6 % fire-retardant chemicals

D-nezaštićene ploče-unprotected board

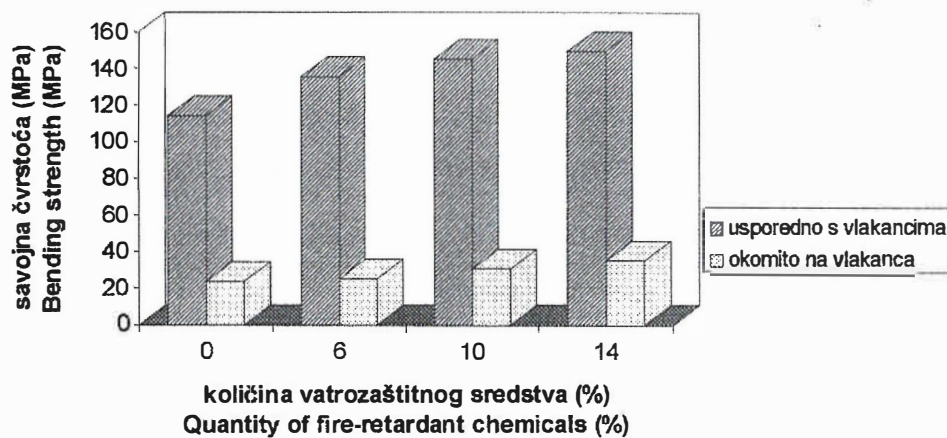
**Slika 1.**

*Utjecaj kemijskog sredstva na gustoću ploča • Influence of chemical substances on density of board*



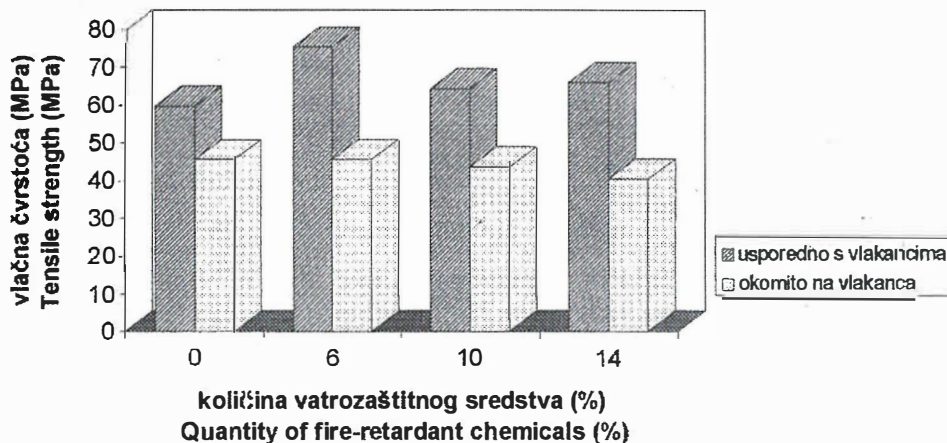
**Slika 2.**

*Utjecaj kemijskog sredstva na savojnu čvrstoću • Influence of chemical substances on bending strength*



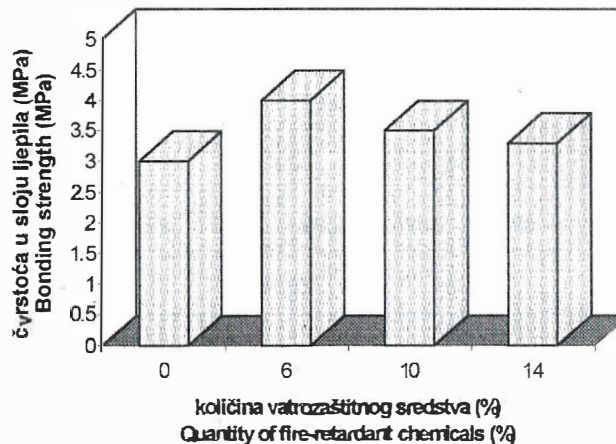
**Slika 3.**

*Utjecaj kemijskog sredstva na vlačnu čvrstoću • Influence of chemical substances on tensile strength*



**Slika 4.**

*Utjecaj kemijskog sredstva na čvrstoću u sloju ljepila • Influence of chemical substances on bonding strength*



(ukupno 640 uzoraka). Za ispitivanje gorivosti metodom ognjene cijevi izrađeno je po 6 epruveta od svake ploče (ukupno 48).

#### Fizička i mehanička svojstva ploča

Rezultati ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava ploča prikazani su tablično (tab. 3) i grafički (sl. 1-4).

Kako bi se prikazao utjecaj dodanoga vatrozaštitnog sredstva na fizička i mehanička svojstva ploča, zaštićene su ploče uspoređivane s nezaštićenima pločama (ploče D). Pritom su kao pokazatelj služile srednje vrijednosti ispitanih ploča.

Ujedno su vrijednosti ispitanih fizičkih i mehaničkih svojstava ploča uspoređene s vrijednostima što ih propisuju norme prema kojima je ispitivanje provedeno.

#### Gustoća ploča

Najmanju srednju vrijednost gustoće imale su nezaštićene ploče (D) a iznosila je  $0,728 \text{ g/cm}^3$ , dok je srednja vrijednost ploča serije A (6 %-tno vatrozaštitno sredstvo) iznosila  $0,749 \text{ g/cm}^3$ , srednja vrijednost ploča serije B (10 %-tno vatrozaštitno sredstvo) bila je  $0,757 \text{ g/cm}^3$ , a najveću srednju vrijednost gustoće ( $0,768 \text{ g/cm}^3$ ) pokazale su ploče serije C, potapane u 14 %-tnom vatrozaštitnom sredstvu. Porast vrijednosti gustoće najvjerojatnije je uzrokovan povećanjem koncentracije dodanog vatrozaštitnog sredstva te većom retencijom.

#### Sadržaj vode

Srednja vrijednost sadržaja vode kretala se između 8,56 % u ploča natopljenim 6 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom i 9,35 % u nezaštićenim pločama.

Prema normama, najveći dopušteni sadržaj vode u pločama smije biti 12 %. Rezultati dobiveni ispitivanjem laboratorijskih ploča potpuno zadovoljavaju tu odredbu normativa.

#### Savojna čvrstoća

Savojna čvrstoća ispitana je usporedno i okomito na vlakanca vanjskog furnira.

Iz dobivenih rezultata ispitivanja savojne čvrstoće pokusnih ploča vidljivo je da s porastom količine dodanog vatrozaštitnog sredstva rastu i vrijednosti savojne čvrstoće u oba smjera, te se može reći da vatrozaštitno sredstvo u primijenjenim koncentracijama ne utječe nepovoljno na savojnu čvrstoću ploča (sl. 2).

Vrijednosti savojne čvrstoće za sve ploče veće su od minimalnih vrijednosti propisanih normativom.

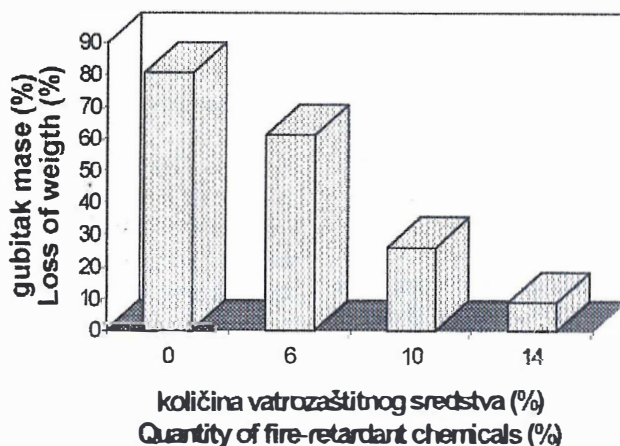
#### Vlačna čvrstoća

Iz rezultata dobivenih ispitivanjima vlačne čvrstoće (usporedno s vlakancima i okomito na njih) vidljivo je da je dodatak vatrozaštitnog sredstva neznatno utjecao na slabljenje tog svojstva, ali je zamjetno i to da povećanje količine dodanog sredstva ne prati i smanjenje vlačne čvrstoće (sl. 3). Sve dobivene vrijednosti vlačne čvrstoće veće su od minimalnih normama propisanih vrijednosti.

#### Čvrstoća u sloju ljepila

Promatrajući izdvojeno zaštićene ploče, u sloju ljepila uočeno je smanjenje čvrstoće s porastom količine dodanog vatrozaštitnog sredstva, ali uzimajući u obzir sve pokusno proizvedene ploče, vidljivo je da su najniže vrijednosti čvrstoće u sloju ljepila imale ploče koje nisu natapane vatrozaštitnim sredstvom (3,0 MPa). Na osnovu dobivenih rezultata (sl. 4) može se reći da dodano vatrozaštitno sredstvo nije utjecalo na čvrstoću slijepljenog spoja, iako je očekivano da će dodatak vatrozaštitnog sredstva nepovoljno odraziti na sustav ljepilo-drvo s obzirom na to da se na površini impregniranog furnira stvorio fini sloj kristala vatrozaštitnog sredstva.

Normativ za opisano ispitivanje pro-



Slika 5.  
Utjecaj kemijskog sredstva na gubitak mase •  
Influence of chemical substances on loss of weight



pisuje minimalnu vrijednost od 1,2 MPa, što su je sve ispitane ploče uvelike nadmašile.

#### **Gorivost ploča**

Određivanje gorivosti obavljeno je prema normativu ASTM E 69 - 50 po 6 epruveta načinjenih od svake ploče. Svaka je epruveta izlagana plamenu po 90 sekundi.

Rezultati ispitivanja gubitka mase ploča metodom ognjene cijevi prikazani su tablično (tab. 3) i grafički (sl. 5).

Srednja vrijednost gubitka mase nezaštićenih ploča (D) iznosila je 80,70 %, ploča zaštićenih s 6 %-tnom otopinom (A) 61,29 %, ploča natopljenih 10 %-tnim sredstvom (B)

26,16 %, a ploča zaštićenih 14 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom (C) 8,96 %.

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da nezaštićene ploče, što je i očekivano, pripadaju kategoriji lako gorivog materijala. Ploče serije A mogu se također svrstati u kategoriju lako gorivog materijala iako je već u njih uočen gubitak mase 19,41 % manji nego u nezaštićenih ploča.

Ploče natopljene 10 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom pokazuju znatno smanjenje gubitka mase u odnosu prema nezaštićenim pločama (pa i prema pločama serije A) te ih možemo ubrojiti u skupinu teško zapaljivog materijala, dok su ploče natopljene 14 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom dale najbolji rezultat i njihov je gubitak mase iznosio 8,96 % te se mogu svrstati u skupinu teško gorivog materijala.

### **7. ZAKLJUČAK 7. Conclusion**

Na osnovi dobivenih rezultata ispitivanja fizičkih, mehaničkih i vatrootpornih svojstava ploča od uslojenog drva, izrađenih s dodatkom kemijskih vatrozaštitnih sredstava (boraks + ortoboratra kiselina, u omjeru 1:1) i bez njega, mogu se izvesti sljedeći zaključci.

1. Gustoća ploča kreće se između 0,728 g/cm<sup>3</sup> u nezaštićenih i 0,768 g/cm<sup>3</sup> u ploča natopljenih 14 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom. Iz rezultata ispitivanja vidljivo je da s porastom količine dodanog vatrozaštitnog sredstva raste vrijednost gustoće.

2. Sadržaj vode u pločama kretao se između 8,56 % u ploča serije A i 9,35 % u ploča serije D. Budući da norme propisuju najveći sadržaj vode 12 %, vidljivo je da sve ploče ispunjavaju taj uvjet.

3. Savojna čvrstoća ispitana usporedno s vlakancima i okomito na njih kretala se za sve ploče iznad minimalnih pro-

pisanih vrijednosti. Usporedno s vlakancima savojna je čvrstoća bila najveća u ploča impregniranih 14 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom i iznosila je 149,2 MPa, što je 27,2 % veća čvrstoća od čvrstoće kontrolnih ploča u kojih je iznosila 114,2 MPa. Najveću savojnu čvrstoću ispitivanu okomito na vlakanca imale su ploče natopljene 14 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom, a iznosila je 35,1 MPa, što je 49 % više nego u nezaštićenih ploča.

4. Vrijednosti dobivene ispitivanjima vlačne čvrstoće usporedno s vlakancima vanjskog furnira i okomito na njih udovoljavaju vrijednostima propisanim normama. Vlačna čvrstoća usporedno s vlakancima kretala se između 59,8 MPa u ploča serije D i 75,5 MPa u ploča serije A, a okomito na vlakanca vlačna se čvrstoća kretala između 40,5 MPa u ploča serije C i 45,6 MPa u ploča serije A.

5. Najbolji rezultat ispitivanja čvrstoće u sloju ljepila tj. 4 MPa, dale su ploče serije A, što je 33,3 % veća čvrstoća od kontrolnih ploča serije D, čija je čvrstoća iznosila 3 MPa. Ploče impregnirane 10 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom imale su čvrstoću 3,5 MPa, odnosno 16,7 % veću od kontrolnih ploča, dok je čvrstoća ploča serije C iznosila 3,3 MPa ili 10,0 % više od čvrstoće kontrolnih ploča.

6. Gubitak mase smanjivao se s povećanjem količine dodanoga vatrozaštitnog sredstva. U neimpregniranih ploča iznosio je 80,70 %, u ploča zaštićenih 6 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom 61,29 %, u ploča natopljenih 10 %-tnim sredstvom iznosio je 26,16 %, a u ploča zaštićenih 14 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom 8,96 %.

7. Na osnovi dobivenih rezultata ispitivanja gubitka mase metodom ognjene cijevi, ploče možemo svrstati u ove kategorije:

- neimpregnirane ploče i ploče impregnirane 6 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom u lako gorivi materijal

- ploče natopljene 10 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom u teško zapaljivi materijal

- ploče zaštićene 14 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom u teško gorivi materijal

8. Najbolji rezultat, ako se uzmu u obzir sva ispitana svojstva, dale su ploče zaštićene 14 %-tnom vodenom otopinom boraksa i ortoboratra kiseline u omjeru 1:1, te se na osnovi toga može reći da boraks i ortoboratra kiselina te koncentracije i međusobnog omjera 1:1 znatno i potpuno zadovoljavajuće utječu na povećanje vatrootpornosti ploča od uslojenog drva.

## 8. LITERATURA

### 8. Literature

1. ASTM E 69-50, 1975: Fire tube method. American Society for Testing and Materials, Philadelphia
2. Bruči, V., 1984: Određivanje intenziteta oslobađanja topline iz drvnih proizvoda i konstrukcija u uvjetima požara. *Drvena industrija*, Vol. 35, br. 11 - 12, str. 271 - 276.
3. Eickner, H. N., 1966: Fire retardant treated wood. *Journal of materials*, No 3, str. 625, Philadelphia
4. Gerhards, C. C., 1970: Effect of fire-retardant treatment on bending strength of wood. Research Paper FPL-145, Department of Agriculture, Forest Service, Madison
5. Goldstein, I. S., Dreher, W. A., 1961: Fire retardant treatment for wood. *Forest Product Journal*, Vol 11, No 5, str. 235 - 237.
6. Deppe, H. J., 1973: Combustion of wood products. *Journal of the Institute of Wood Science*, December 1973, str. 20 - 27.
7. Kollmann F. P. F., Kuenzi, W. E., Stamm, 1975: Principles of Wood Science and Technology. Springer - Verlag, Berlin, str 1 - 85, 223 - 278.
8. Kuryla, W. C., Papa, A. J., 1973: Flame retardancy of polymeric materials, M. Dekker INC., New York.
9. Le Van, S. L., Winandy, J. E., 1990: Effects of fire retardant treatments on wood strength. *Wood and Fiber Science*, Vol 22, No 1, str 113 - 131.
10. LeVan, S. L., Ross, R. J., Winandy, 1990: Effects of fire retardant chemicals on the bending properties of wood at elevated temperatures, Research Paper FPL-RP-498, Department of Agriculture, Madison
11. Lyons, J. W., 1970: The chemistry and uses of fire retardants. Wiley-Interscience, John Wiley and Sons Inc., New York. 462 p.
12. Penzar, F., Stjepčević, I. 1990: Vatrootporni drvni laminati i otpresci. Zbornik radova sa savjetovanja Polimerni materijali smanjene gorivosti, Opatija, str. 17/1 - 17/6.
13. Petrović, S., Klekar, J., 1985: Neke mogućnosti proizvodnje vatrootpornih furnirskih ploča. *Bilten ZIDI*, Vol 13, br. 2, str 1 - 6.
14. Syska, A. D. 1969: Exploratory investigation of fire retardant treatments for particleboard. USDA Forest Products Laboratory, FPL 0201, Madison.
15. Winandy, J. E. 1988: Effects of treatment and redrying on the mechanical properties of wood. Wood protection techniques and the use of treated wood in construction. Forest Products Research Society, str. 54-62, Madison.
16. \* \* \* \* \*, 1987: Zaštita drva. Šumarska enciklopedija, II. izd., sv. 3, Zagreb, str. 617 - 630.