

# DRVNA INDUSTRIJA

ZNANSTVENO STRUČNI ČASOPIS ZA PITANJA DRVNE TEHNOLOGIJE • ZAGREB • VOLUMEN 48 • STRANICA 57-124 • BROJ 2  
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL JOURNAL OF WOOD TECHNOLOGY • ZAGREB • VOLUME 48 • PAGES 57-124 • NUMBER 2



*Ulmus spp.*

2/97



# HRVATSKE ŠUME

Višenamjenskim potrajnim gospodarenjem šumama i šumskim zemljištem, kojim se podjednako osiguravaju ekološke, općekorisne i gospodarske funkcije šume, "Hrvatske šume", p.o. Zagreb, uvećavaju nacionalno bogatstvo i pridonose opstojnosti hrvatske države.

# DRVNA INDUSTRIJA

ZNANSTVENO-STRUČNI ČASOPIS ZA PITANJA DRVNE TEHNOLOGIJE  
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL JOURNAL OF WOOD TECHNOLOGY

**IZDAVAČ I UREDNIŠTVO**  
Publisher and Editor's Office

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Faculty of Forestry, Zagreb University  
10000 Zagreb, Svetošimunska 25  
Hrvatska - Croatia  
Tel. (\*385 1)230 22 88; Fax (\*385 1)21 86 16

**SUIZDAVAČI**  
Co-Publishers

Exportdrvo d.d., Zagreb  
Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb  
"Hrvatske šume", p. o. Zagreb

**OSNIVAČ**  
Founder

Institut za drvnoindustrijska istraživanja, Zagreb

**GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK**  
Editor-in-Chief

Dr. sc. Hrvoje Turkulin

**UREDNIČKI ODBOR**  
Editorial Board

Doc. dr. sc. Andrija Bogner, Prof. dr. sc. Vladimir Bruči, dr. sc. Jurica Butković, prof. dr. sc. Mladen Figurić, prof. dr. sc. Vlado Goglia, izv. prof. dr. sc. Ivica Grbac, prof. dr. sc. Vladimir Hitrec, prof. dr. sc. Boris Ljuljka, prof. dr. sc. Božidar Petrić, prof. dr. sc. Vladimir Sentić, prof. dr. sc. Stjepan Tkalec, svi iz Zagreba, Dr. Georg Böhner, München, Njemačka, Dr. Robert L. Geimer, Madison WI, USA, dr. Eric Roy Miller, Watford, Velika Britanija, prof. dr. A.A. Moslemi, Moscow ID, USA, dr. John A. Youngquist, Madison WI, USA, prof. emeritus R. Erickson, St. Paul MN, USA, prof. dr. W. B. Banks, Bangor, Velika Britanija, dr. Jürgen Sell, Dübendorf, Švicarska

**IZDAVAČKI SAVJET**  
Publishing Council

Izv. prof. dr. sc. Ivica Grbac (predsjednik), Šumarski fakultet Zagreb, prof. dr. sc. Boris Ljuljka, Šumarski fakultet Zagreb, Josip Štimac, dipl. ing. (Exportdrvo d.d.), Hranislav Jakovac, dipl. ing. (Hrvatsko šumarsko društvo), Anđelko Serdarušić, dipl. ing. (Hrvatske šume p. o.)

**TEHNIČKI UREDNIK**  
Production Editor

Zlatko Bihar

**LEKTORI**  
Linguistic Advisers

Zlata Babić, prof. (hrvatski - Croatian)  
Mr. sc. Gordana Mikulić, prof. (engleski-English)  
Mr. sc. Marija Lütze - Miculinić (njemački-German)

**DRVNA INDUSTRIJA** je časopis koji objavljuje znanstvene i stručne radove te ostale priloge iz cjelokupnog područja iskorištavanja šuma, istraživanja svojstava i primjene drva, mehaničke i kemijske prerade drva, svih aspekata proizvodnje te trgovine drvom i drvnim proizvodima.

Časopis izlazi četiri puta u godini.

**DRVNA INDUSTRIJA** contains research contributions and reviews covering the entire field of forest exploitation, wood properties and application, mechanical and chemical conversion and modification of wood, and all aspects of manufacturing and trade of wood and wood products.

The journal is published quarterly.

OVAJ BROJ ČASOPISA SUFINANCIRA:



MARULIČEV TRG 18. 10000 ZAGREB, HRVATSKA  
tel 385/01/4560-222. fax. 385/01/420-004

# Sadržaj

## Contents

**NAKLADA (Circulation):** 600 komada • **ČASOPIS JE REFERIRAN U (Indexed In):** *Forestry abstracts, Forest products abstracts, Agricola, Cab abstracts, Paperchem, Chemical abstracts, Abstr. bull. inst. pap. chem, CA search* • **PRIOLOGE** treba slati na adresu Uredništva. Znanstveni i stručni članci se recenziraju. Ručnopolisi se ne vraćaju. **MANUSCRIPTS** are to be submitted to the Editor's office. *Scientific and professional papers are reviewed. Manuscripts will not be returned* • **PRETPLATA (Subscription):** Godišnja pretplata (annual subscription) za sve pravne osobe i sve inozemne pretplatnike 40 USD. Pretplata u Hrvatskoj za individualne pretplatnike iznosi 20 USD, a za đake, studente, i umirovljenike 6 USD, plativa u kunama u protivrijednosti navedenih iznosa na dan uplate na žiroračun 30102-603-929 s naznakom "Drvena industrija" • **ČASOPIS SUFINANCIRA** Ministarstvo znanosti Republike Hrvatske. Na temelju mišljenja Ministarstva prosvjete, kulture i športa Republike Hrvatske br. 532-03-1/7-92-01 od 15. lipnja 1992. časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet • **SLOG I TISAK (Typeset and Printed by)** - „MD” - kompjutorska obrada i prijelom teksta - ofset tisak Zagreb, tel. (01) 3880-058, 531-321, E-mail: tiskara-md@zg.tel.hr, URL: <http://www.ergraf.hr/tiskara-md> • **DESIGN** Aljoša Brajdić • **ČASOPIS** je dostupan na INTERNETU: <http://www.ergraf.hr/tiskara-md>

DRVNA INDUSTRIJA • Vol. 48, 2. str. 57-124 • ljeta 1997. • Zagreb  
 REDAKCIJA DOVRŠENA 1997. 12. 20.

<b>UVODNIK</b> <i>Editorial</i> • • • • •	59-60
<b>ZNANSTVENI RADOVI</b> <i>Scientific papers</i> • • • • •	
<b>SEM STUDY OF THE WEATHERING EFFECTS ON PAINTED WOOD</b> <b>SEM ispitivanje djelovanja atmosferilija na površinski obrađeno drvo</b> <i>Hrvoje Turkulin, Martin Arnold, Hilary Derbyshire, Jürgen Sell</i> .....	61-78
<b>UGAONO SPAJANJE BUKOVINE KLINASTIM ZUPCIMA</b> <b>Beechwood finger-joints applied at an angle</b> <i>Stjepan Tkalec, Silvana Prekrat, Marko Žmire</i> .....	79-85
<b>MOGUĆNOST IZRADE PLOČA OD USLOJENOG DRVA STRUKTURNO ZAŠTIĆENIH KEMIJSKIM VATROZAŠTITNIM SREDSTVIMA</b> <b>Production possibilities for structurally protected plywood by chemical fire-retardants</b> <i>Mladen Brezović</i> .....	86-95
<b>PREGLEDNI RADOVI</b> <i>Review papers</i> • • • • •	
<b>MDF - SVJETSKI TREND</b> <b>MDF - world trend</b> <i>Vladimir Jambreković, Vladimir Bruči</i> .....	96-102
<b>SAJMOVI I IZLOŽBE</b> <i>Fairs and exhibitions</i> .....	103-112
<b>NOVI ZNANSTVENI RADNICI</b> <i>Scientists and their careers</i> .....	113-115
<b>UZ SLIKU S NASLOVNICE</b> <i>Species on the cover</i> .....	116

## Odlazak profesora Božidara Petrića u mirovinu

Obratimo se s nekoliko misli i riječi zahvalnosti profesoru Božidaru Petriću, našem dosadašnjem glavnom i odgovornom uredniku, koji s ovim volumenom *Drvne industrije* napušta tu dužnost zbog odlaska u mirovinu.

Prof. dr.sc. Božidar Petrić doajen je naše drvnotehnoške znanosti i veliki nestor proučavanja prirode drva. Profesor je anatomije i zaštite drva, a u mirovinu odlazi kao predstojnik Zavoda za znanost o drvu. Cijeli radni vijek proveo je na Katedri za anatomiju i zaštitu drva Šumarskog fakulteta u Zagrebu, a u svom je radnom vijeku bio i tajnik Zavoda za istraživanja u drvnoj industriji, prodekan Drvnotehnoškog odsjeka i predsjednik Komisije za publicističku djelatnost. Osim u Zagrebu, predavao je i na posljediplomskom studiju Biotehniške fakultete u Ljubljani. Objavio je mnogo znanstvenih i stručnih radova, napisao ili sudjelovao u pisanju petorih skripata i Višejezičnog rječnika stručnih izraza u anatomiji drva. Sudjelovao je na nekoliko svjetskih skupova (IUFRO) te na mnogim međunarodnim i nacionalnim znanstvenim savjetovanjima. Suradnik je IRG-a (International Research Group of Wood Preservation) i IAWA-e (International Academy of Wood Anatomy). Od 1991. do ovog godišta lista prof. Petrić je bio glavni i odgovorni urednik *Drvne industrije*.

Današnji časopis *Drvna industrija* plod je težnje i djelovanja prof. Petrića s ciljem poboljšanja neovisnosti i objektivnosti znanstvenog informiranja, vjernosti domaćem čitateljstvu, promicanja časopisa izvan hrvatskih granica, pomoći mlađim autorima i kolegama te ljubavi prema struci i časopisu.

U nekoliko posljednjih godina časopis *Drvna industrija* prošao je kroz znakovite promjene, ponajviše zahvaljujući nastojanjima i djelovanju prof. Petrića kao glavnoga i odgovornog urednika. On je uveo mnoge novosti u načinu tiskanja i opremi lista, uočavajući zahtjeve vremena i osjećajući potrebu za promjenama i prilagodbom časopisa novim strujanjima u sustavu znanstvenog informiranja. Mnoge su promjene pak posljedica profesorovih nastojanja da vlastitim promišljanjem poboljša časopis - zbirku naših znanja, da časopis učini modernijim, kvalitetnijim i prihvatljivijim čitateljstvu.

Priprema i obrada radova u posljednjih šest godina nije doživjela znatnije promjene, te je u osnovi ostala onakvom kakvu su je još davno postavili naši prethodnici, sada nažalost pokojni prof. dr. Stanislav Bađun i prof. Dinko Tusun, a neko vrijeme održavali i prof. Marijan Brežnjak kao glavni urednik te prof. Stjepan Tkalec kao urednik. Pomaci su, međutim, vrlo značajni jer su kriteriji ujednačeni s onima koji se primjenjuju u većini međunarodnih znanstvenih i stručnih časopisa. Uvođenje proširenog sažetka i obveznoga dvojezičnog predočivanja rezultata, ili pisanje na svjetskim jezicima, učinili su da bit znanstvenog rada bude razumljiva stranim čitateljima. Time je ostvareno nastojanje da se naši znanstveni radovi predstave međunarodnoj javnosti na način prihvatljiv i potpuno razumljiv svakom "građaninu svijeta". Stručni se radovi tiskaju uglavnom na hrvatskom jeziku; to je stoga što su takvi prihvatljiviji domaćoj stručnoj javnosti kojoj su i namijenjeni, a strani čitatelji mogu iz prijevoda sažetka i rezultata spoznati srž autor-skog djela.

Upute autorima sistematizirane su i ujednačene s međunarodnim uzusima; to je osiguralo da radovi hrvatskih znanstvenika objavljeni u hrvatskom časopisu budu lako dostupni inozemnim kolegama. To je omogućilo da se u našem časopisu objavljuje i znatan broj radova izvan hrvatskoga govornog područja; jače se osjeća nastojanje uglednih svjetskih kolega i stručnjaka za objavljivanjem u Drvnoj industriji. Na ovaj su način radovi objavljeni u našem časopisu ponuđeni širem čitateljstvu, ali i strožem kritičnom oku nego dosad. Uvedena je rutina po kojoj svaki rad provjere bar dva anonimna i neovisna recenzenta; za znanstvene radove jedan recenzent obavezno treba biti iz inozemstva.

Dvojezična priprema časopisa odnosno uvrštavanje znanstvenih radova na nekom od svjetskih jezika donijeli su i druge dobrobiti: inozemni autoriteti su uvršteni u Urednički odbor časopisa, povećan je broj inozemnih recenzenata te je proširena i razmjena časopisa. Sve to pridonosi višoj razini časopisa, višim zahtjevima glede kvalitete radova ali i njihovoj boljoj pripremi i prezentaciji. Konačno, nisu zanemariva ni dostignuća u promicanju nove grafičke

pripreme i dizajna časopisa koji su ga učinili modernijim i prihvatljivijim mnogim čitateljima. Ta ćemo nastojanja ostvarivati i dalje u stvaranju *Drvne industrije* da bismo oživotvorili davno zamišljeni i zacrtani ideal: da hrvatski znanstvenici ne objavljuju svoje radove u prestižnim inozemnim časopisima, nego da ih objavljuju u prestižnom hrvatskom časopisu koji se čita i traži i u inozemstvu.

Prof. Petrić prihvatio je dužnost glavnoga i odgovornog urednika u nezahvalno vrijeme, kada je buktao rat a cijela je zemlja - pa tako i njezina drvna industrija - bila u najtežem razdoblju. Dotadašnji izdavač (Institut za drvo) i njegovo četrdesetogodišnje iskustvo u radu na časopisu preko noći su nestali, venula je inače draga i nesebična pomoć pokojnoga prof. Tusuna koji je, shrvan bolešću i životnim nesrećama, prerano oduzet našoj stručnoj zajednici. Broj autora i pretplatnika naglo je pao, a sluh za znanost i predanost struci bio je zaglušen grmljavinom rata i uzbunama. Trebalo je tada imati hrabrosti ponijeti odgovornost ne samo za preživljavanje časopisa, nego i za njegovo svojevrsno ponovno pokretanje i objavljivanje pod okriljem Šumarskoga fakulteta. Tu hrabrost imao je prof. Petrić. Trebalo je rješavati administrativne probleme, financijski i upravni ustroj časopisa, osnovati i uhodati uredništvo - čak

i pakirati časopis, uspostaviti veze s institucijama s kojima su se prekinule, uspostaviti veze s ministarstvima i bibliotekama, suizdavačima i sponzorima, autorima i recenzentima. Sve je to preuzeo prof. Petrić. Trebalo je uporno u svijet slati poruke o hrvatskom časopisu u hrvatskoj državi, a to je on ustrajno radio. Trebalo je smirivati uzrujane suradnike i savjetovati kolege, trebalo je biti uzorom mlađima i osloncem prijateljima, izdržati pod pritiscima i vjerovati u opstojnost struke i časopisa. Sve je to strpljivo i odano činio prof. Petrić. On je u tom nezahvalnom razdoblju bio marljivi radnik i beskompromisni borac za znanstvenu i stručnu istinu kao jedini kriterij vrednovanja rezultata rada i pisanog djela, pa današnje postojanje ovog časopisa dugujemo upravo njemu.

Upravo zato što su to bila nezahvalna vremena, svi trebamo biti duboko i istinski zahvalni prof. Petriću. Njegova je zasluga u održanju ovog časopisa iznimna, a prilog našoj struci velik. Nastavljamo putem kojim smo zakročili, a dragom prof. Petriću želimo još mnogo suradničkih i prijateljskih susreta na našem i njegovu fakultetu, dobro zdravlje, vedro raspoloženje i sretne dane u mirovini. Hvala, profesore!

Hrvoje Turkulin

Hrvoje Turkulin<sup>1)</sup>, Martin Arnold<sup>2)</sup>, Hilary Derbyshire<sup>3)</sup>, Jürgen Sell<sup>2)</sup>

# SEM study of the weathering effects on painted wood

## SEM ispitivanje djelovanja atmosferske na površinski obrađeno drvo

*Izvorni znanstveni rad - Original scientific paper*

*Primljeno - received: 03. 10. 1997. • Prihvaćeno - accepted: 08. 10. 1997.*

*UDK 630\*812.76 i 829.1*

**SUMMARY** • For the purpose of evaluating the performance and durability of modern wood coatings with low organic solvent content, natural and artificial exposure trials of various specimens were performed and subsequently the conditions of the coating, of the substrate and of their link was assessed by scanning electron microscopy (SEM). Two types of European softwood species were used as a substrate, namely pine and spruce, and they were used either as coated panels or as microtomed wood sections ('thin strips'), which were exposed behind a detached film of a coating. Solvent borne (sb) coatings were compared with modern water-borne (wb) coatings. Semitransparent stains were compared with opaque white paints. Pine and spruce did not show significant differences in their failure modes, film-holding properties or UV light resistance under semi-transparent coatings. However, spruce was shown to undergo somewhat smaller structural changes with weathering.

The paints did not penetrate the cell wall but firmly adhered to the S3 layer of the lumina. The solvent-borne coatings (both paint and stain) penetrated deeper into the wood surface than the water-borne coatings.

The opaque paints fully protect the wood from the effect of light through a 14-month period of natural exposure and maintain the coherent protective coating. The water-borne paint exhibits more brittle characteristics on the fractured transverse surface than the solvent-borne paint.

The stains vary in their protective effectiveness. The thick water-borne stain shows a tough, sound failure mode, good adhesion but very poor penetration into wood surface. The thin coating of the solvent-borne stain is degraded by light, and the interface with the wood is affected, resulting in the development of brittleness of both wood and coating and leading to

<sup>1)</sup> Faculty of Forestry, Zagreb University, Croatia. Dr H. Turkulin is an assistant lecturer. - Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Dr H. Turkulin je viši asistent.

<sup>2)</sup> EMPA, Wood Department, Dübendorf, Switzerland. Authors are a research technologist (M. Arnold) and a Head of the Department (Dr J. Sell). - EMPA, Drvni odsjek, Dübendorf, Švicarska. Autori su istraživač (M. Arnold) i voditelj odsjeka (Dr J. Sell).

<sup>3)</sup> Building Research Establishment Ltd (BRE), Centre for Timber Technology and Construction, Watford, Great Britain. Dr H. Derbyshire is a research physicist, Head of the Coatings science section. - BRE, Centar za drvenu tehnologiju i konstrukcije, Watford, Velika Britanija. Dr H. Derbyshire je predstojnica Sekcije za površinsku obradu.

*adhesion failures preceding the detachment of the film.*

*Thin strips with detached films of coatings realistically represent the surface of coated wood specimens, and are easy to handle, to detach and subsequently to investigate both mechanically and microscopically. The combination of strength measurements and the microscopic evidence proved particularly effective for the interpretation of the changes occurring at the very surface of wood components i.e. at the wood-coating interface. The microscopic observations confirmed that the progress of wood photodegradation can be successfully detected by the combination of the state of deterioration of anatomical elements on radial surfaces and by fractographic evidence on cross sections.*

**Key words:** SEM, photodegradation, durability, wood finishing, water-borne coatings, solvent-borne coatings

**SAŽETAK •** Zadaća istraživanja je bila procjena postojanosti i ponašanja u upotrebi modernih premaza za drvo s niskim sadržajem organskih otapala. U tu su svrhu provedena izlaganja različitih uzoraka prirodnim klimatskim uvjetima i izlaganja u laboratorijskom uređaju, nakon čega su metodom elektronske mikroskopije ispitana svojstva premaza, drvene podloge i njihove međusobne veze. Korištene su dvije vrste europskih četinjača - borovina i smrekovina - a uzorci su bili izrađeni u obliku obojenih dasčica ili mikrotomskih odsječaka ("tankih listića") koji su bili izloženi ispod slobodnog filma premaza. Moderni vodotopivi premazi su uspoređeni s organskim premazima, a poluprozirne lazure su uspoređene s neprozirnim bijelim naličima.

Borovina i smrekovina ne razlikuju se bitno glede njihovih vrsti loma, adhezijskih svojstava ili otpornosti na ultraljubičasto (UV) svjetlo pod slojem poluprozirnog premaza. Ipak se moglo vidjeti da smrekovina s izlaganjem nešto brže iskazuje strukturne promjene nego borovina. Naliči ne prodiru u staničnu stijenku nego čvrsto prijanjaju uz S3 podsloj na površinama lumena. Premazi s organskim otapalima (i naliči i lazure) su prodrli nešto dublje u površinu drva nego vodotopivi premazi.

Pigmentirani naliči u potpunosti štite drvo od svjetla tijekom cijelog 14 -mjesečnog razdoblja prirodnog izlaganja i zadržavaju koherentni zaštitni sloj. Vodotopivi naliči naglašenije iskazuju značajke krtosti na poprečnim lomnim plohama nego što je to slučaj s organskim premazima.

Lazure se razlikuju u njihovoj zaštitnoj učinkovitosti. Način loma debelog sloja vodotopive lazure iskazuje žilavost i neoštećenost, dobro prijanjanje ali vrlo slabu penetraciju u drvenu površinu. Tanki premaz organske lazure je djelomično oštećen svjetlom, a to djelovanje se očituje i na međusloju premaza i drva uslijed čega nastaje povećanje krtosti i drva i premaza. To dovodi do slabljenja adhezije koje prethodi odlupljivanju filma.

Tanki listići pokriveni slobodnim filmovima premaza uspješno predstavljaju površinu premazanih drvenih elemenata, a jednostavni su pri rukovanju, pri odvajanju od premaza i pri daljnjim mehaničkim i mikroskopskim ispitivanjima. Kombinacija mjerenja promjena čvrstoće i mikroskopskih uvida se pokazala vrlo učinkovitom u razmatranju promjena koje se odvijaju na samoj površini drvnih elemenata tj. u međusloju drva i premaza. Mikroskopska promatranja su potvrdila da se odvijanje svjetlosne razgradnje drva može uspješno pratiti kombiniranim uvidom u stanje oštećenosti anatomskih elemenata na radijalnim površinama drva i fraktografskom analizom poprečnih presjeka drva.

**Ključne riječi:** SEM, svjetlosna razgradnja, postojanost, površinska obrada drva, vodotopivi premazi, organski premazi.



## 1. INTRODUCTION AND OBJECTIVES

### 1. Uvod i cilj istraživanja

For the purpose of evaluating the performance and durability of modern wood coatings with low organic solvent content, natural and artificial exposure trials of various specimens were performed and subsequently the conditions of the coating, of the substrate and of their link was assessed by scanning electron microscopy (SEM). Two types of European softwood species were used as a substrate, namely pine and spruce, and they were used either as coated panels or as microtomed wood sections ('thin strips'), which were exposed behind a detached film of a coating. Solvent borne (sb) coatings were compared with modern water-borne (wb) coatings.

This study is dealing with the properties of the wood-coating interface. The particular scope of this study was to investigate the effectiveness of selected wood coatings in protecting the interface from the deleterious effect of ultraviolet (UV) light and to assess the penetration and adhesion of these coatings, initially and after exposure. The objectives of the study therefore were:

1. To define the changes in the micro structure and the modes of failure of uncoated pine and spruce thin strips exposed to natural and artificial weathering.

-What are the characteristic features of the weathering process as identified with the SEM?

-Are there any differences between the two species pine and spruce?

2. To investigate how the presence of a surface coating affects the weathering process.

-What changes are observed in the micro structure and the modes of failure in pine and spruce weathered behind a surface coating?

-Are there any discernible differences in the micro structural changes for weathering behind paints and stains?

3. To define the changes in the physical and mechanical properties of the surfaces of painted wood panels after natural exposure.

-What are the penetration, adhesion and cohesion of the coatings at the wood-coating interface?

-Are there any changes at the wood-coating interface observed for weathered panels? Are there any changes to be associated with the effect of UV light?

4. To study the conformity between the observations on coated panels and the thin strip method.

This study is a part of the EU/AIR-project 'Performance and durability of wooden window joinery painted with new types of paints with low organic solvent content' (AIR3-CT94-2463, DG XII). The preparation, exposure and tensile testing of the thin strips were carried out at The Centre for Timber Technology and Construction, Building Research Establishment Ltd, Watford (UK). The preparation and exposure of the panels, as well as the SEM work, were performed at the Wood Department of the Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research (EMPA), Dübendorf, Switzerland. The work was carried out within a programme of co-operation between EMPA and the Faculty of Forestry, Zagreb University, Croatia.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2. Materijal i metode

#### Wood species

Two softwood species were used in the study: Scots pine sapwood (*Pinus sylvestris* L.) and European (Norway) spruce (*Picea abies* Karst.). The exposed panels had an average wood density of 0.54 g/cm<sup>3</sup> and 0.44 g/cm<sup>3</sup> at 12.5 % moisture content for pine and spruce respectively. The wood was straight grained, without visible defects, with average ring width and latewood portion.

#### Coatings

Four coatings were selected out of the 11 model paints of the project representing four different types of products regarding solvent type and appearance. Details about the selected coatings are listed in Table 1. The thin strips were not coated but exposed in close contact with a detached film of the coating (previously cast on a glass plate). All four coatings were used on panels, whereas the strips were exposed only behind the films of the solvent-borne opaque paint and semi-transparent stain.

#### Preparation and exposure of the panels

The panels of dimensions 300 (longitudinal) x 100 x 20 mm were semi-quarter sawn with an approximate angle of the growth rings to the surface of 45°. All the surfaces of the panels were smooth planed, and the front faces were additionally sanded (grit size 120) prior to the coating application with a belt sander using minimal belt pressure. The coating was uniformly applied to all the surfaces, including the end grain. The panels

**Table 1.**  
*Details of the selected coating systems. • Neka svojstva ispitivanih sustava premaza*

Coating No. Premaz br.	Coating system Sustav premaza					Film thickness [μm] Debljina filma [μm]	
	Type Vrsta	Appearance Izgled	Blue stain preserv. Zaštita protiv plavetnila	Primer Temelj	Topcoat Završni sloj	detached films (wet) mokra (slobodni film)	Panels (dry) suha (obojene dašćice)
3	wb acrylate paint <i>vt akrilni nalič</i>	opaque (white) <i>neprozirni (bijeli)</i>	yes <i>da</i>	acrylate A, PVC 25% <i>Akrilat A</i>	PVC 25%	acrylate A, PVC 15% <i>Akrilat A</i>	PVC 15%
7	wb acrylate stain <i>vt akrilna lazura</i>	semi-transparent (red-brown) <i>poluprozirna (crvenosmeđa)</i>	yes <i>da</i>	acrylate C <i>Akrilat C</i>	acrylate C <i>Akrilat C</i>		200
10	sb alkyd paint <i>oot alkidni nalič</i>	opaque (white) <i>neprozirni (bijeli)</i>	no <i>ne</i>	2x sb alkyd 2x oot alkid		80	60
11	sb alkyd stain <i>oot alkidna lazura</i>	semi-transparent (red-brown) <i>poluprozirna (crvenosmeđa)</i>	no <i>ne</i>	3x sb alkyd 3x oot alkid		50	50

**wb =water borne vt = vodotopljiv, sb = solvent borne - oot = na osnovi organskih otapala**

were exposed inclined at 45° facing south at the EMPA exposure site in Dübendorf, Switzerland, from November 1995 until January 1997. The site is inland, semi-urban, located at 47° north, 450 m above sea level, and the climate is continental - prealpine, medium wet with an annual sum of precipitation of >1000 mm and approx. 1700 hours of sunshine per year. The upperportions of the panels (approx. 5 cm from the top edge) were covered from light and precipitation with metal profiles, and no precipitation reached the rear surfaces of the panels.

**Preparation and exposure of the thin strips**

The procedure for preparation of the microtomed thin strips was fully reported before (Derbyshire et al. 1981, 1995 and 1996), only a brief description is given here. Blocks of dimensions 100 x 10 x 20-30 mm in the longitudinal, radial and tangential directions respectively were vacuum impregnated with distilled water at ambient temperature until fully saturated. Thin strips were then microtomed from the radial face of the block using a conventional sliding microtome. The nominal thickness of the strips was 80 μm. The strips were allowed to dry naturally overnight and then were checked for uniformity of thickness using an electronic thickness

gauge which gave an accuracy ± 0.1 μm. Normal scattering of thickness was within a range of ± 5 μm of the mean value. Strips were stored in the dark under standard laboratory conditions of 20 ± 1 °C, 65 ± 5 % relative humidity except during exposure and testing.

For natural weathering the strips were mounted on aluminium frames and covered with detached films of the coatings in close contact with the strips. The back sides of the strips were free and approx. 5 mm distanced from the aluminium mounting panel. The frames were exposed inclined at 45° facing south at the BRE exposure site (South-East England, 52° north, 70 m above sea level) between August and November 1995. The site is inland, semi-urban, and the climate is continental-maritime, medium wet, with annual sum of precipitation of approx. 600 mm and about 1500 hours of sunshine per year.

Artificial weathering was carried out in a QUV device (Q-Panel Co.) fitted with UVA-340 fluorescent lamps. The spectral output of these lamps is concentrated in the ultraviolet region of the spectrum between 300 and 400 nm with peak output at 340 nm. Thin strips were fixed to aluminium frames and covered with detached films of the coat-

Coating Premaz		Exposure, duration Način izlaganja, trajanje	Species Vrsta drva	Dry strength retention [%] Postotak zadržane početne vrijednosti čvrstoće (%)	
No. Br.	Type Vrsta			Testing span - raspon ispitivanja	
				0 mm	10 mm
11	uncoated nezaštićeno	natural, 12 weeks prirodno 12 tjedana	pine - borovina	44	19
			spruce - smrekovina	50	23
	pine borovina		88	74	
	spruce - smrekovina		104	96	
	sb stain - oot lazura		pine borovina	96	82
			spruce - smrekovina	104	96
10	sb paint oot nalič	pine borovina	82	55	
		spruce - smrekovina	97	75	
11	sb stain - oot lazura	QUV, 14 weeks 14 tjedana	pine borovina	86	66
			spruce - smrekovina	94	81
10	sb paint oot nalič		pine borovina	86	66
			spruce - smrekovina	94	81

Table 2:  
Tensile strength of thin wood strips after natural and artificial exposure. • Vlačna čvrstoća tankih listića nakon prirodnog i laboratorijskog izlaganja klimatskim uvjetima

ings in close contact with the strips. The back sides of the frames were covered with aluminium plates to ensure controlled conditions within the chamber. The QUV was operated with continuous cycles of 4 hours of UV light (with 30 % relative humidity and 60°C) followed by 4 hours of condensation (100 % relative humidity, approx. 40 °C, lamps off). The strips were withdrawn at intervals, conditioned at standard conditions and tested for tensile strength. The testing was performed at 10 mm and at zero span, where the jaws are initially in contact. Finite span testing gives information principally about the level of degradation of the binding matrix and inter-fibre bonding, while the zero span results reflect the level of degradation of the cellulosic microfibriles. The results of the tensile testing (percentage retention of initial strength) are listed in Table 2.

#### Preparation of the microscopic specimens

After exposure the thin strips were separated from the coating film and tested in tension. The tested strips were stored for further examination in self-adhesive photo album sheets and some were later randomly chosen for SEM examination. In preparation for the microscopic analysis the strips were vacuum dried at ambient temperature and sputtered with a layer of platinum. Using the usual preparation method, it is estimated that the layer of platinum was approx. 15 nm thick (Zimmermann et al. 1994). The specimens were mechanically fastened to the mounting blocks so that the fractured edges

were exposed for observation. The field-emission scanning electron microscope (FE-SEM) used was a JEOL JSM 6300 F situated at the EMPA.

Fractured transverse surfaces from the exposed panels were gained with a bending test. Bending specimens were made by sawing the panels into 300 (longitudinal) x 10 x 10 mm sticks. These were conditioned at 23 ± 2°C, 50% relative humidity and tested in 3-point bending (constant speed 5 mm / min) so that the coated surface was in the tension zone. The tension zones of the tested specimens were separated and only the fractured transverse surfaces of these specimens were analysed. The small specimens were vacuum dried at 40 ± 2 °C, and sputtered with platinum for microscopic analysis.

Samples designated as 'unexposed' were taken from the rear sides of the exposed panels. They were therefore exposed under the same climatic conditions as 'exposed' samples, but without direct access to sunlight or precipitation. The comparison between exposed and unexposed samples thus reflects differences due solely to the influence of solar radiation and precipitation; other factors, such as the effect of thermal changes during weathering, would have been common to both sets of samples.

### 3. RESULTS 3. Rezultati

The main observations are compiled and commented in the plates with FE-SEM micrographs in the annex. A more detailed discussion follows in the next section.

Fig. 1 - 4:

Fractured transverse surfaces of unexposed thin wood strips (dry-tested, 10 mm span): Pine latewood (Fig. 1), pine earlywood (Fig. 2), spruce earlywood (Fig. 3), and spruce latewood (Fig. 4). ● Slike 1 - 4: Poprečne lomne površine nezložjenih tankih listića (ispitanih suho na 10 mm rasponu): bjeljika borovine (sl. 1), srževina borovine (sl. 2), rano drvo smrekovine (sl. 3) i kasno drvo smrekovine (sl. 4).



Fig. 1

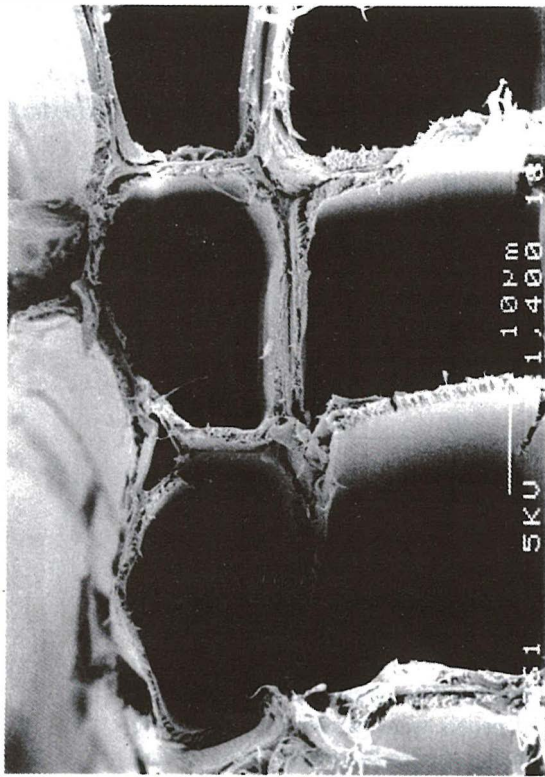


Fig. 3

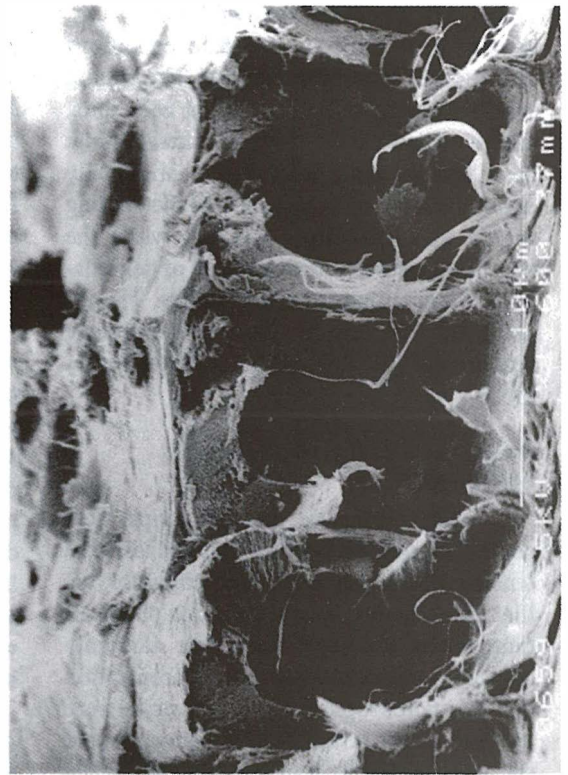


Fig. 2

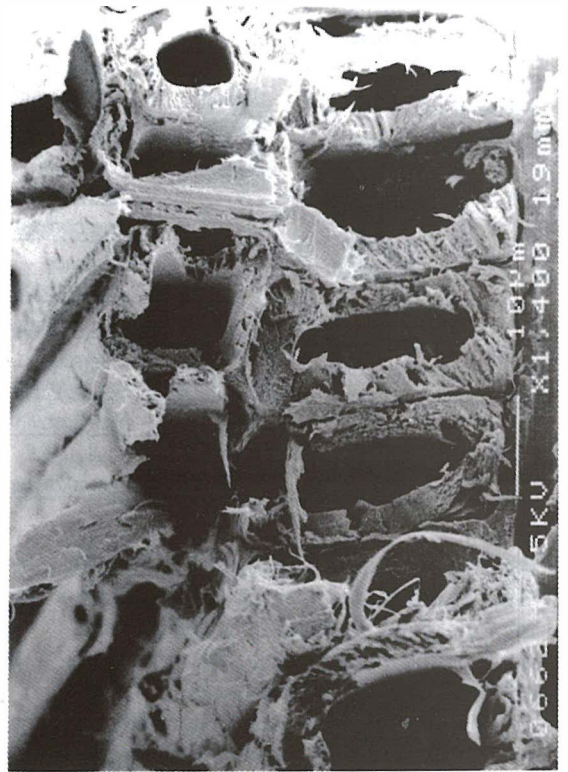


Fig. 4

Fig. 7

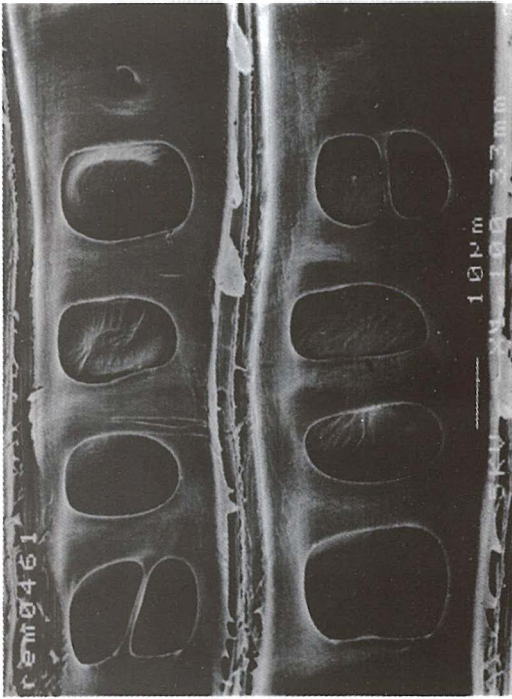


Fig. 8

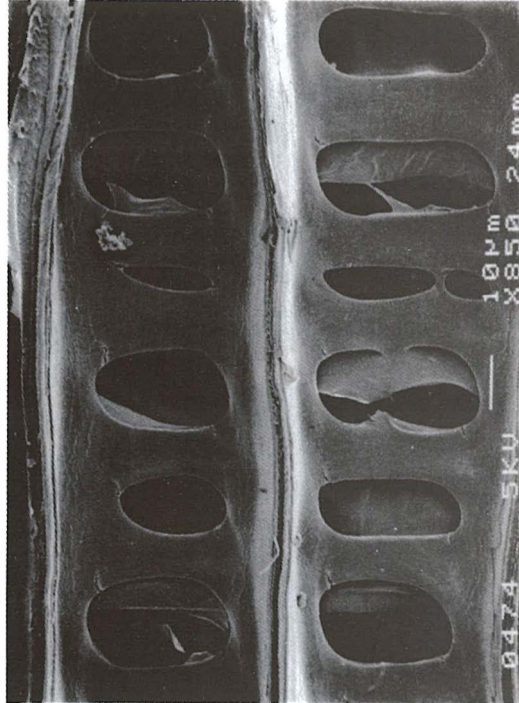


Fig. 5



Fig. 6



Fig. 5 - 8:

Radial surfaces of thin pine strips exposed naturally for 12 weeks without a coating (Fig. 5) and behind a detached film of the solvent-borne stain (Fig. 6 - 8): Occasional damage on bordered pits (Fig. 6) or on fenestri-form pitting (without damage in Fig. 7 and slightly damaged in Fig. 8) is recorded on the rear faces of the strips which is probably caused by the UV light reflected from the mounting panel. Slike 5 - 8: Radijalne površine tankih listića borovine koja je bila prirodno izložena 12 mjeseci bez zaštitnog filma (sl. 5) i iza slobodnog filma organske lazure (sl. 6 - 8): mjestimična oštećenja ogradenih jazica (sl. 6) ili fenestriformnog ožučavanja (bez oštećenja na sl. 7 i sa neznatnim oštećenjem na sl. 8) se mogu vidjeti na stražnjim ploham listića što je vjerojatno prouzročeno UV svjetlom koje se odbijalo od nosive plohe.

Fig. 9 - 12:

Fractured transverse surfaces of thin strips exposed naturally for 12 weeks: Pine earlywood behind a detached film of a stain (Fig. 9) and spruce latewood behind a detached film of an opaque paint (Fig. 10) show no changes in the mode of failure in comparison with unexposed strips (Fig. 1 - 4). Unprotected pine earlywood (Fig. 11) and pine latewood (Fig. 12) show development of biological growth (Fig. 12).  
 • Slike 9 - 12: Poprečne lomne površine tankih listića koji su bili prirodno izloženi 12 tjedana: rano drvo borovine iza slobodnog filma lazurne (sl. 9) i kasno drvo smrekovine iza slobodnog filma neprozirnog nalića (sl. 10) ne pokazuju nikakve promjene u načinu loma u usporedbi s neizloženim listićima (sl. 1 - 4). Nezaštićeno rano drvo borovine (sl. 11) i kasno drvo borovine (sl. 12) pokazuju razvoj mikrobiološke zaraze (sl. 11) i pojavu krtosti (sl. 12).

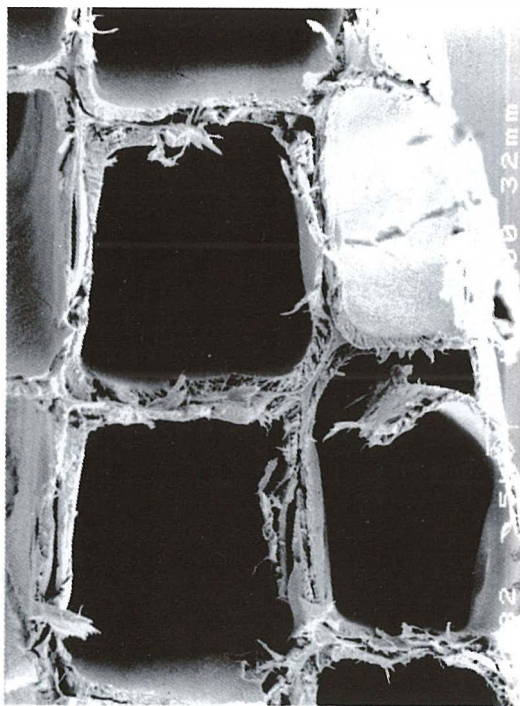


Fig. 9

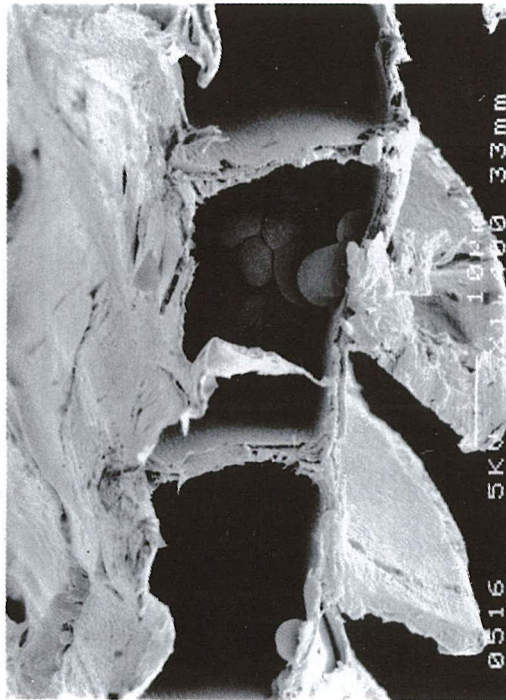


Fig. 11

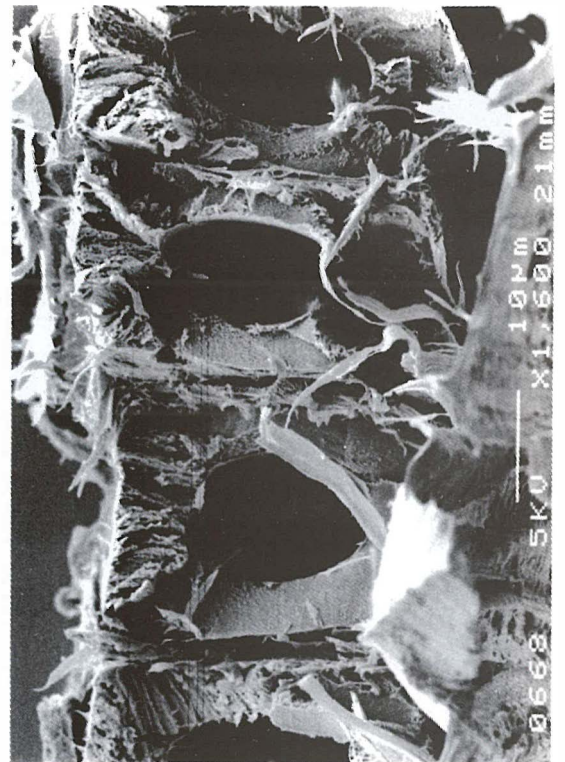


Fig. 10

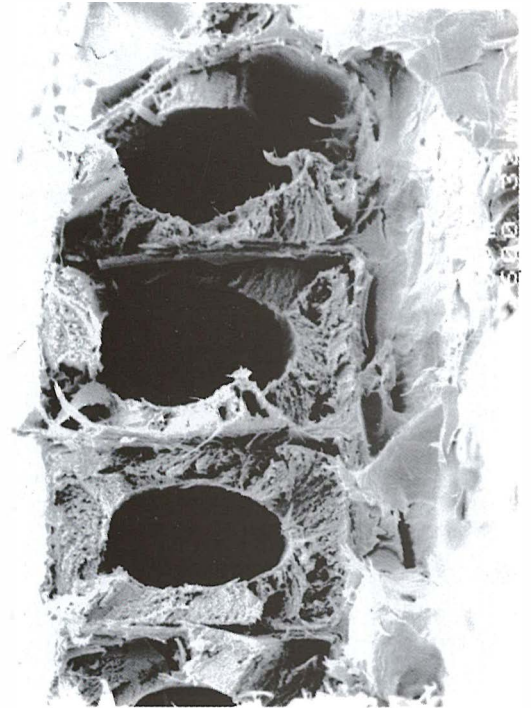


Fig. 12

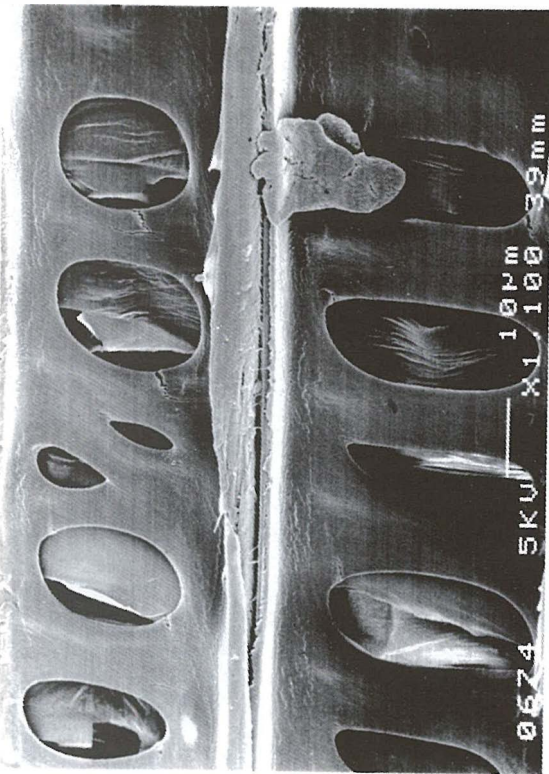


Fig. 13

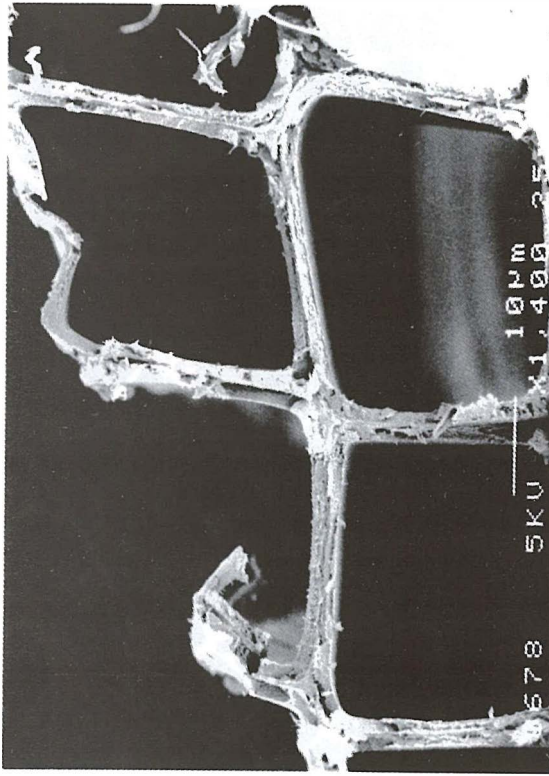


Fig. 15

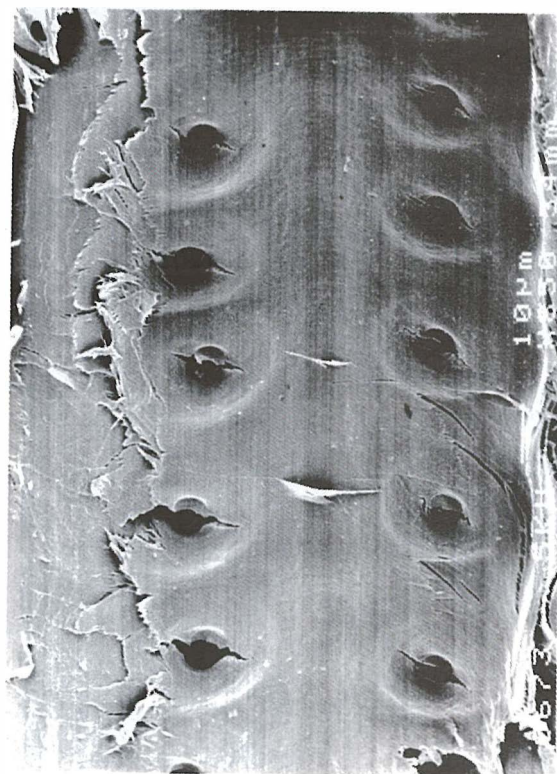


Fig. 14

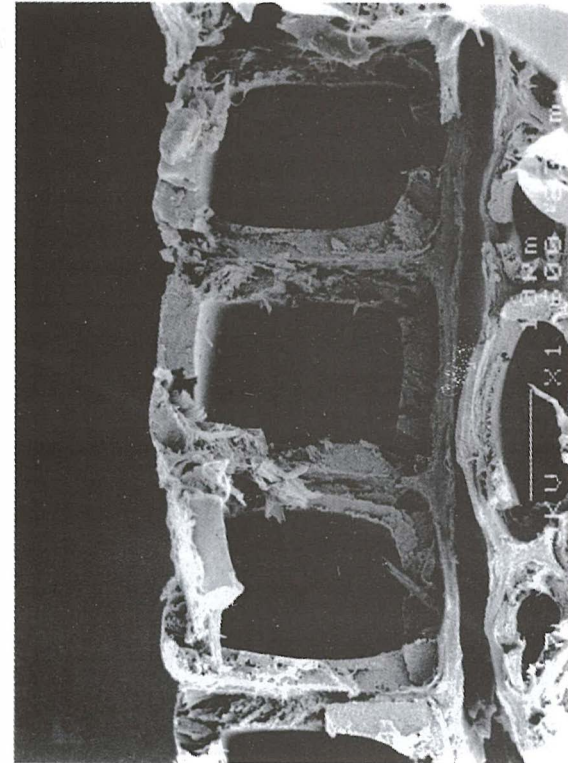


Fig. 16

Fig. 13 - 16:

Condition of thin strips exposed artificially in the QUV for 14 weeks behind a detached film of the solvent-borne stain (Fig. 13) and bordered pits of pine (Fig. 14) show characteristic damage from the effect of UV light. The tension-loaded cross sections of spruce earlywood (Fig. 15) and latewood (Fig. 16) exhibit typical brittle fracture due to light-induced delignification. • Slike 13 - 16: Stanje tankih listića koji su bili izloženi 14 tjedana izloženi u uređaju za laboratorijsko klimatsko izlaganje QUV. Listići su bili izloženi iza slobodnog filma lazure s organskim otapalima: Fenestriformne jačice polja ukrštavanja (sl. 13) ograđene jačice borovine (sl. 14) pokazuju karakteristična oštećenja uslijed djelovanja UV svjetla. Poprčne lomne površine vlačno potrganih listića ranog drva smrekovine (sl. 15) kasnog drva smrekovine (sl. 16) pokazuju tipični kri lom koji nastaje zbog svjetlom ujetovane delignifikacije.

Fig. 17 - 20:

Fractured transverse surfaces of tension-loaded bending specimens from 'unexposed' coated pine panels: Water-borne opaque paint (Fig. 17), water-borne semi-transparent stain (Fig. 18), solvent-borne opaque paint (Fig. 19) and solvent-borne semi-transparent stain (Fig. 20): Poprečne lomne površine vlačnih zona uzoraka potrganih savijanjem: ovo su "neizložene" plohe površinski obraðenih borovih dasþica. Vodotopljivi neprozirni naliþ (sl. 17), vodotopljiva poluprozirna lazura (sl. 18), organski neprozirni naliþ (sl. 19) i organska poluprozirna lazura (sl. 20).

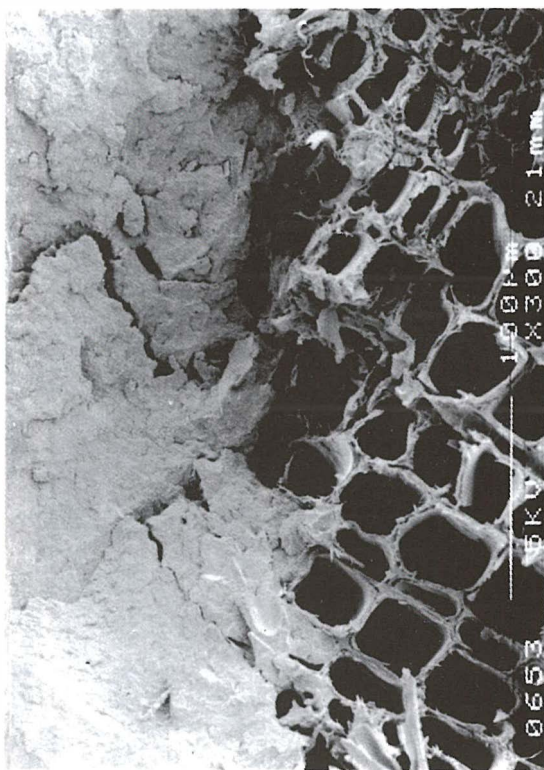


Fig. 17

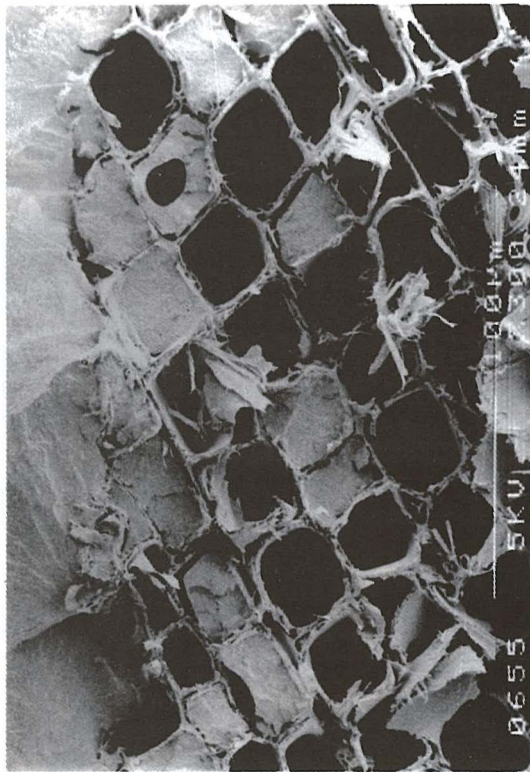


Fig. 19

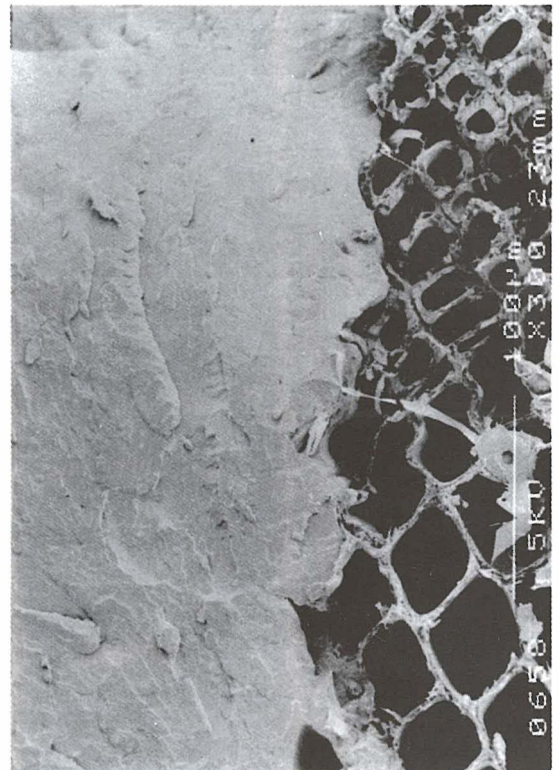


Fig. 18

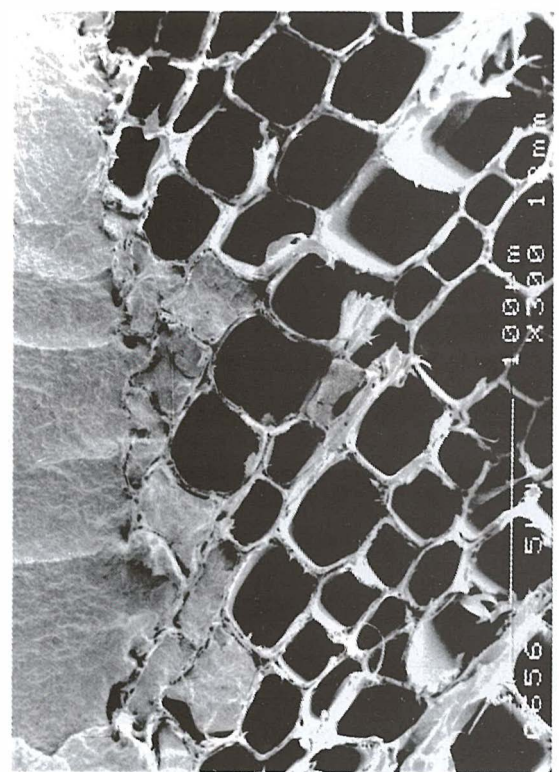


Fig. 20



Fig. 21

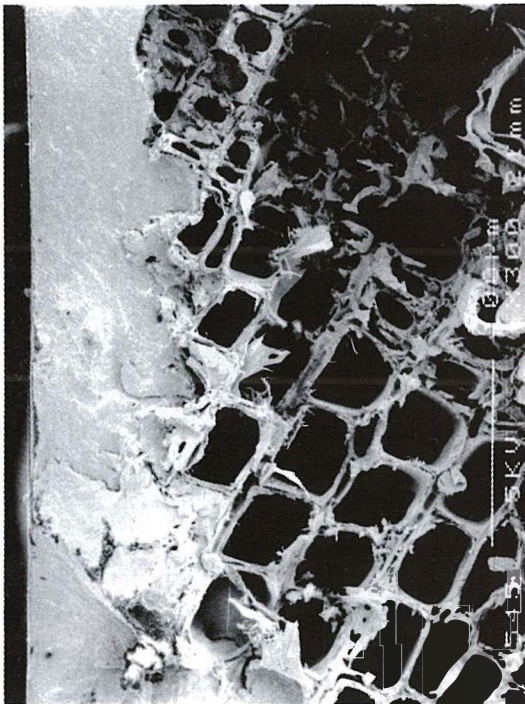


Fig. 23

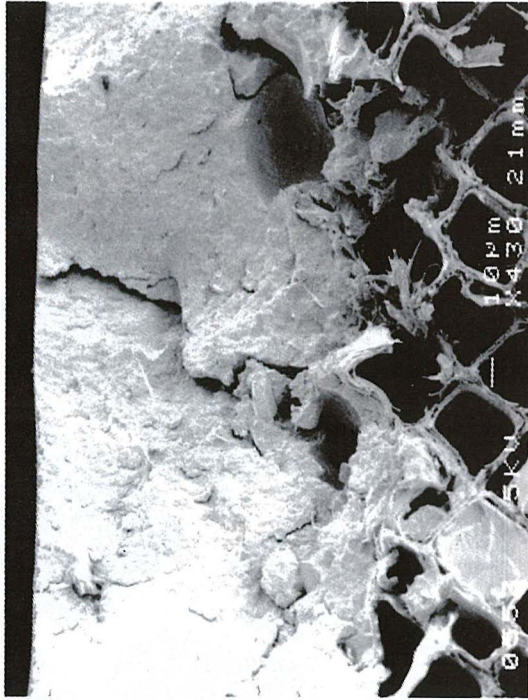


Fig. 22

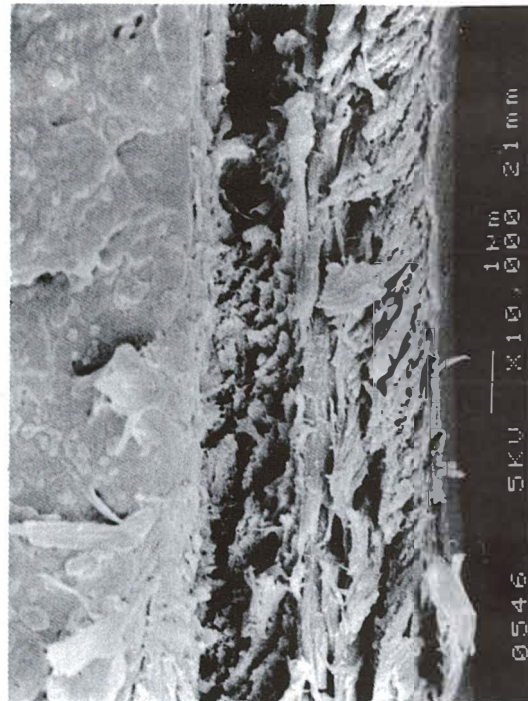


Fig. 24

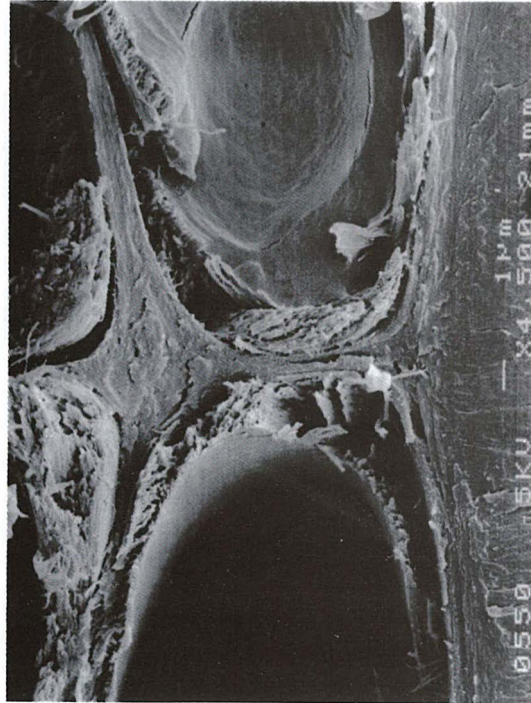


Fig. 21 - 24:

Fractured transverse surfaces of tension-loaded bending specimens from pine panels coated with solvent-borne (Fig. 21 - 22) or water-borne opaque paint (Fig. 23 - 24) after 14 months of natural exposure: The higher magnification reveals good adhesion of both paints to the S3 layer but no penetration into the cell wall.

- Slike 21 - 24: Poprečne lomne površine vlačnih zona uzoraka potrganih savijanjem. Ovo su izravno izložene plohe borovih daščica obradjenih organskim (sl. 21 i 22) ili vodotopljivim neprozirnim naličjem (sl. 23 i 24) nakon 14 mjeseci prirodnog izlaganja. Veća povećanja otkrivaju dobru adheziju oba premaza na S3 podstoj ali nema penetracije premaza u staničnu stijenku.

Fig. 25 - 28:

Fractured transverse surfaces of tension-loaded bending specimens from pine panels coated with solvent-borne (Fig. 25 - 26) or water-borne stain (Fig. 27 - 28) after 14 months of natural exposure. • Slike 25 - 28: Poprečne lomne površine vlačnih zona potrganih savijanjem. Ovo su izravno izložene plohe borovih dasčica obrađanih organskom (sl. 25 i 26) ili vodotopljivom lazurom (sl. 27 i 28) nakon 14 mjeseci prirodnog izlaganja

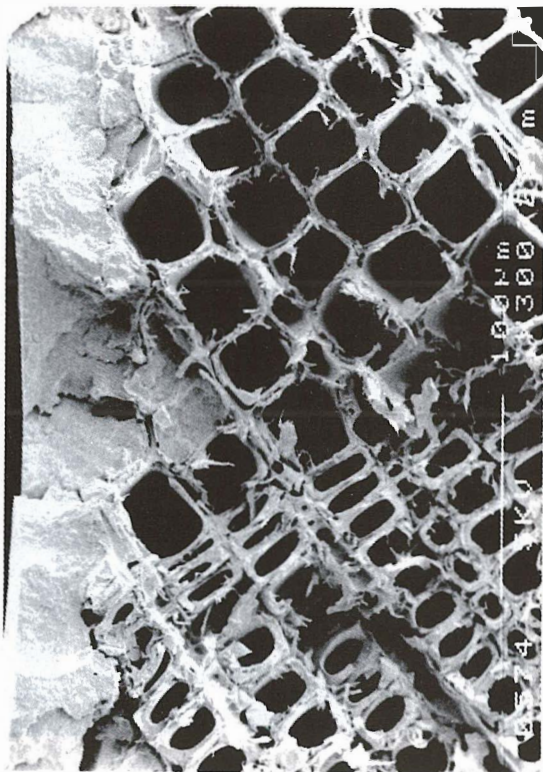


Fig. 25

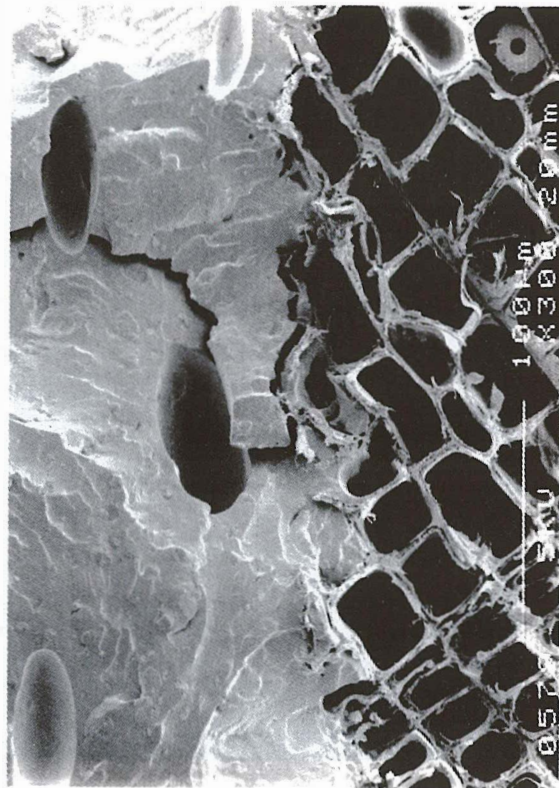


Fig. 27

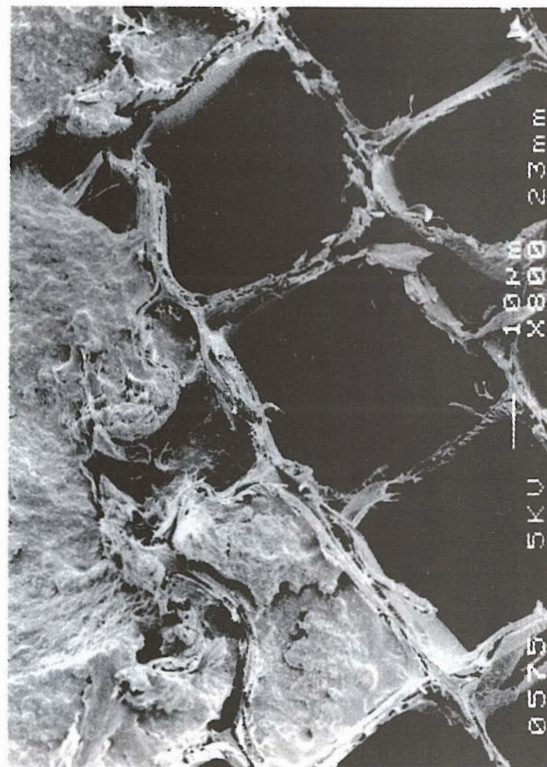


Fig. 26

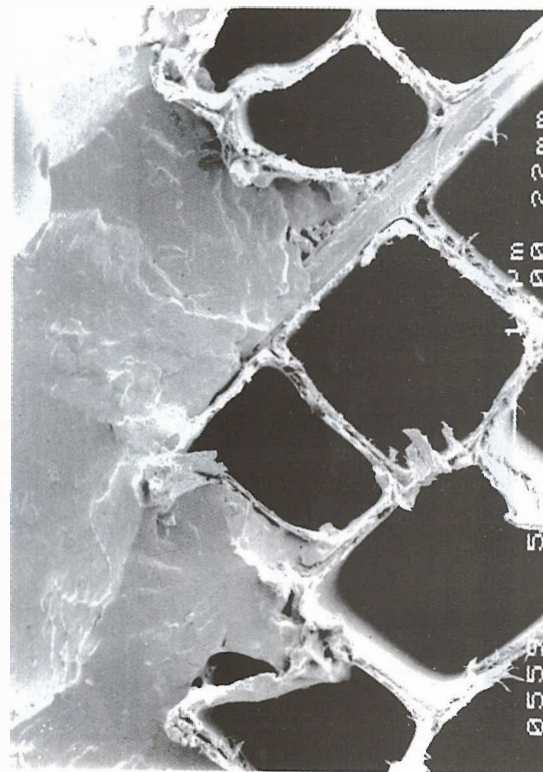


Fig. 28

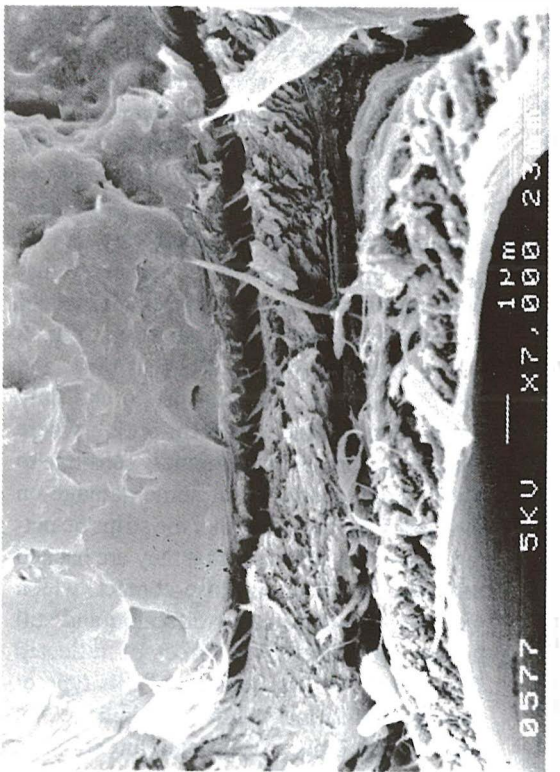


Fig. 29



Fig. 31

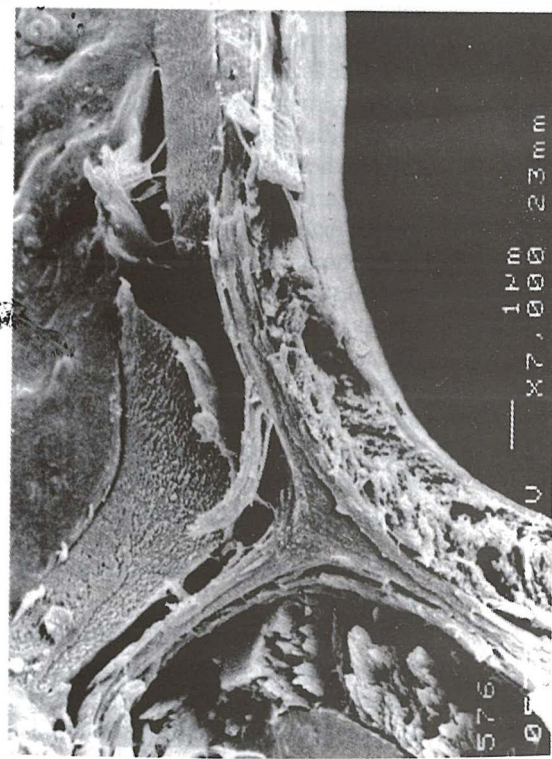


Fig. 30

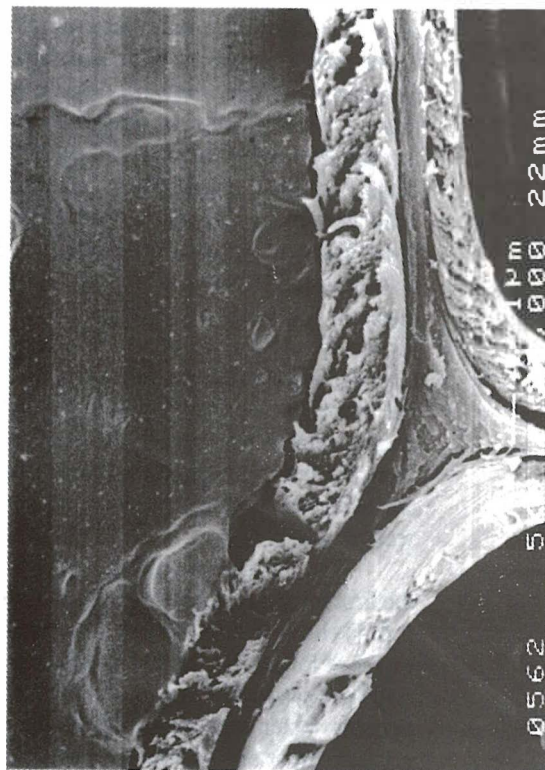


Fig. 32

Fig. 29 - 32:

A larger magnification of the cross sections from the pine panels coated with stains (Fig. 25 - 28) shows cases of delamination: The solvent-borne stain was observed to fail through separation from the cell wall (Fig. 29) or by the cohesive failure of UV light-damaged wood (Fig. 30) or by a combination of the two (Fig. 31). The water-borne stain only very rarely exhibits lack of adhesion to the substrate (Fig. 32).  
 • Slike 29 - 32: Veća povećanja poprečnih presjeka uzorka od borovih dasčica obrađenih lazurum (sl. 25 - 28) iskazuju delaminaciju; primjećuje se da lazura s organskim otapalima pokazuje grešku odvajanja od stanične stijenke (sl. 29) ili da nastaje kohezivski lom drva oštećenog djelovanjem UV svjetla (sl. 30). Mjestimično se može vidjeti kombinacija ovih dviju grešaka (sl. 31). Vodotopljiva lazura vrlo rijetko iskazuje smanjenje prijanjanja o supstrat (sl. 32).

## 4. DISCUSSION

### 4. Rasprava

#### **Unexposed thin strips and the differences between the species**

The extensive microscopic study encompassed both pine and spruce samples and also samples exposed to natural and artificial weathering. There were no notable effects that were specifically attributable to species, the failure modes of pine and spruce were closely similar, especially when comparisons were made between the earlywood regions of the two species. Paajanen (1994) has also reported the lack of observable differences in the structural changes of pine and spruce after two years of natural weathering. General impression remains, however, that the lateral surfaces of spruce showed less damage due to weathering, the bordered pits were seldom damaged to an extent to which the aspirated pits of pine were affected by weathering.

The comparison of pairs of figures on the first micrograph plate (Fig. 1 & 3 and Fig. 2 & 4) shows that in 10 mm span testing the mode of failure for the two species is essentially the same. The fracture in the latewood spreads faster and leaves the thick-walled tracheid cross sections partly smooth, and as the speed of the crack propagation decreases, the failure deformation increases. With a decreasing speed in crack propagation the latewood cells are fractured in an interlocked mode, with bundles of fibrils pulled out and often with visible radial organisation of fibrils in the S2 layer.

Earlywood always fails with the greater extensibility than latewood, therefore its fractured transverse surfaces almost never exhibit smooth areas which would reveal the places of rapid crack spreading (Fig. 1 & 3). The earlywood failure mode is mainly interlocked, sometimes even frayed in appearance, showing the tough character of the material. The agglomerations of fibrils in radial direction regarding the tracheid axis is a regular feature of earlywood crack surfaces.

#### **Thin strips after 12 weeks of natural weathering**

Natural weathering of pine and spruce strips during 12 weeks caused heavy structural damage. The micrographs are not presented here (except Fig. 5) since there have been numerous former studies of structural damage due to weathering or due to the effect of light under various climatic conditions (Miniutti 1964, 1967, 1970 and 1973, Borgin 1971, Futò 1974, Chang et al. 1982, Kucera and Sell 1987, Evans 1989, Paajanen 1994, Yata and Tamura

1995). A weathered wood surface shows damage to anatomical elements, in particular the development of cracks of the tori and domes of bordered pits, cracks and loss of membranes of the ray pits and cracks which can be seen on the lumen surfaces, in general following the angle of the microfibrils in the S2 layer and originating at single pits.

All the main characteristic anatomical weathering changes mentioned above were observed and recorded in the course of this microscopic study. This confirms that the cellular structural changes of thin strips are essentially the same as in solid wood. In addition, since the examination of the naturally and artificially weathered strips showed no difference in the character or intensity of anatomical changes in the course of the weathering process, it may be concluded that artificial weathering can reliably substitute weathering out of doors.

The strips that have been exposed behind a detached film of a coating were generally well protected from the UV light within the exposure period. The faces of the strips adjacent to the film did not show either soiling or any damage to anatomical elements. Some damage occurred on the rear faces, probably due to the action of light reflected from the aluminium mounting panel. This type of damage (Fig. 6 - 8) could be otherwise normally observed after 2 to 4 days of full natural exposure. Along with yellowing of the strips it indicates that some delignification took place. Consistent lower values of 10 mm span tensile strength (Table 2) could be therefore attributed to the effect of reflected light. This is though a sporadic damage, which was observed very rarely, and was of small intensity. It happened that the neighbouring anatomical elements would be both undamaged and damaged (Fig. 6 shows aspirated bordered pits of pine, and Fig. 7 - 8 depict perfectly sound and only lightly damaged fenestriiform pitting where the pit membranes are extremely sensitive to light). The occurrence of some damage on the back sides indicates that the strips be better exposed in such way that they are backed with veneer plates in close contact, which would enable the vapour diffusion and still hinder the undesirable effect of reflected light. However, the scarcity of this type of damage and its low intensity let believe that this did not induce significant alteration of the wood material. This is particularly so with spruce where the strips did not exhibit any strength loss over the exposure period.

Cross sections of tension-tested strips confirm that the level of degradation behind a

film of stain or paint after 12 weeks of natural weathering is too small to be positively evident in the change of the mode of failure. Thus the fractured transverse surfaces in Fig. 9 - 10 look very much the same as those of unexposed strips in Fig. 1 - 4. It may be worth noticing that some degradation evidence could be seen near the rear faces of the strips due to reflected light. A characteristic detail can be seen in Fig. 9, where the radial agglomerations of fibrils seem to cease near the upper portion of the cross section, which is a zone at the reverse strip face. However, the occurrence of radial agglomerations in the central portion indicates that the delignification was not intensive enough to cause complete loss of the binding properties between the fibrils in the S2 layer of the cell wall.

In contrast to this, fully exposed strips (Fig. 11 - 12) show brittle characteristics. The radial agglomerations of fibrils can not be seen because the binding role of lignin is impaired. Obviously the mode of failure reflects the drastic reduction in tensile strength down to some 20% in 10 mm span (Table 2) with the development of brittleness being the main feature of intensive delignification. The fractured transverse surfaces look brash, and no tough bundles of fibrils pulled out in separation of material could be seen. This indicates also the cellulosic breakdown, evident in the substantial reduction of the zero span strength to less than 50% (Table 2).

In conclusion, it may be stated that the 12 weeks natural exposure in the August - November period was insufficient to cause substantial damage to the strips protected with detached films of a stain or a paint. This exposure also could not discriminate between the levels of damage on wood covered with paint or stain. The issue of the influence of the reflected light on the structural integrity of thin strips must be carefully considered.

#### Thin strips artificially weathered

The strips exposed in the QUV weathering tester had their rear side protected with aluminium plates and hence no reflected light could have reached them. The structural damage and strength losses can be hence attributed only to the effects of light and moisture which passed through the detached film of the coating.

The strength losses (Table 2) indicate some changes in the structural integrity of the strips exposed behind a film of stain. The strips exposed behind a film of opaque paint show some development of brittleness, but

this change was not great enough to be recorded as a positive evidence of photodegradation. It is worth noticing that pine again exhibits greater changes than spruce in all cases. The fact that the strength losses were greater over finite span than in zero span testing indicates the development of delignification, rather than cellulose degradation.

The strips weathered behind a semi-transparent stain show some characteristic surface damage (Fig. 13 - 14) but mostly only on the pits and less frequently than expected. Spruce again shows less structural damage than pine, and generally only in terms of cracks in the tori of aspirated bordered pits. Pine 10 mm span dry strength loss is significant at this length of weathering (55 - 60%) and one would expect regular appearance of destruction of bordered pits and frequent occurrence of the pit membrane disintegration. However, that was not the case. Such damage was only occasionally observed, and the micrographs presented here are examples of the most severe cases of damage found. It appears that samples weathered behind a coating film show less structural damage, for a given degree of strength loss, than samples exposed directly to radiation. The development of brittleness appeared to be a better indicator of the intrinsic chemical changes, since it more closely mirrored the strength changes.

The fractured transverse surfaces of the strips exposed behind a stain show the signs of substantial degradation (Fig. 15 - 16). This condition corresponds well with the level of the strength loss. Parallel comparison of Fig. 15 with Fig. 1 & 3 for earlywood and Fig. 16 with Fig. 2 & 4 for latewood shows that the fractured surfaces of dry tested specimens exhibit distinct development of brittleness. The crack propagates through wood perpendicular to the load axis in a plane across the cells rather than step-wise and that is a sign of embrittlement caused by delignification. Bundles of torn-out fibrils are rare now and they look like flakes rather than frays. The development of brittleness is even more obvious in earlywood, where the frayed appearance is completely gone and no structural features in the S2 layer can be seen (compare Fig. 15 and Fig. 3). Pine surfaces were initially even more frayed than spruce (compare Fig. 3 and Fig. 1) but after weathering the earlywood of both species exhibit the very same brash appearance.

It can therefore be concluded that the penetration of light through a detached film of a stain caused the damage not only to the wood-coating interface, but to the underlying



borne stain show a less frayed appearance with rare occurrence of radial fibril agglomerations (Fig. 26). That indicates some damage due to the effect of UV light transmitted through the coating with a delignification as the first consequence of that process. This damage with two characteristic failure modes is easily seen on the earlywood tracheids in Fig. 29 (failure of the link between the coating and the S3 layer of the cell wall) and in Fig. 30 (separation of the cell walls or cell wall layers due to delignification). The combination of the two types of defects is present in Fig. 31, where the detachment of the coating takes place through both adhesive and cohesive breakdown. The embrittlement of the wood cells can also be seen in terms of their flat, brash fractured transverse surface (Fig. 31).

In contrast to that, the interface cells of the wood coated with the water-borne stain seem to be well protected from UV light, and here again both species show the same condition. The coating is thicker, tough, and the trapped air bubbles suggest a higher initial viscosity and consistency (Fig. 27) than was the case with the solvent-borne stain (Fig. 20). The comparison of the 'unexposed' water-borne stain (Fig. 18) and the directly exposed coating (Fig. 27) does not reveal any difference in the failure mode or in the adhesion properties of the stain film. The adhesion is good, and no failures at the interface can be seen which could be attributed to the photodegradation (Fig. 28). A rare exception is found and presented in Fig. 32; however it cannot be determined whether this coating - cell wall separation is a consequence of the weathering, the mechanical testing or the subsequent specimen preparation.

## 5. CONCLUSIONS

### 5. Zaključci

The microscopic inspection of the micro structural changes in naturally and artificially exposed panels and thin strips leads to the following conclusions:

1. The main early evidence of wood photodegradation are cracks in the pit membranes, mostly on the aspirated bordered pits of pine and spruce and on the fenestriform tracheid-ray pitting of pine. The tension-tested cross section surfaces show a change in their failure mode with progressive weathering, mainly seen in the loss of occurrence of radial fibril agglomerations, as the development of brittleness and in an increased delamination.

2. Pine and spruce do not show significant differences in their failure modes, film-

holding properties or UV light resistance under (semi-transparent) coatings. However, spruce was shown to undergo somewhat smaller structural changes with weathering.

3. The paints do not penetrate the cell wall but firmly adhere to the S3 layer of the lumina. The solvent-borne coatings (both paint and stain) penetrated deeper into the wood surface than the water-borne coatings.

4. The opaque paints fully protect the wood from the effect of light through a 14-month period of natural exposure and maintain the coherent protective coating.

5. The water-borne paint exhibits more brittle characteristics on the fractured transverse surface than the solvent-borne paint.

6. The stains vary in their protective effectiveness. The water-borne stain shows a tough, sound failure mode, good adhesion but very poor penetration into wood surface. The solvent-borne stain is degraded by light, and the interface with the wood is affected, resulting in the development of brittleness of both wood and coating and leading to adhesion failures preceding the detachment of the film.

Thin strips with detached films of coatings realistically represent the surface of coated wood specimens, and are easy to handle, to detach and subsequently to investigate both mechanically and microscopically. However, they should be protected from any access of light except through the coating in order to ensure reliable information about the effect of light on their structural integrity.

The combination of strength measurements and the microscopic evidence proved particularly effective for the interpretation of the changes occurring at the very surface of wood components i.e. at the wood-coating interface. The microscopic observations confirmed that the progress of wood photodegradation can be successfully detected by the combination of the state of deterioration of anatomical elements on radial surfaces and by fractographic evidence on cross sections.

## 6. LITERATURE

### 6. Literatura

1. Borgin, K. (1971): *The cohesive failure of wood studied with the scanning electron microscope*. Journal of Microscopy 94 (Pt 1) August 1971, 1-11.
2. Chang, S-T.; Hon, D.N-S.; Feist, W.C. (1982): *Photodegradation and photoprotection of wood surfaces*. Wood Fiber Sci. 14 (2): 104-117.
3. Derbyshire, H.; Miller, E.R. (1981): *The Photodegradation of wood during solar irradiation. Part 1. Effects on the structural integrity of thin wood strips*. Holz Roh-Werkstoff 39: 341-350.





Stjepan Tkalec, Silvana Prekrat, Marko Žmire

# Ugaono spajanje bukovine klinastim zupcima

## Beechwood finger-joints applied at an angle

*Izvorni znanstveni rad - Original scientific paper*

*Prispjelo - received: 16.09.1997. • Prihvaćeno - accepted: 08.10.1997.*

*UDK 630\* 824.8:856.1*

**SAŽETAK** • U radu se predaju rezultati istraživanja nekih fizičko-mehaničkih svojstava spojeva ostvarenih klinastim zupcima pod kutom  $45^{\circ}$  izrađenih od bukovine (*Fagus silvatica*, L.). Dosadašnja istraživanja pretežno se odnose na podužno spajanje drva četinjača, dok su znanstveni rezultati o spajanju drva listača te spajanju pod kutom manje zastupljena. U sklopu rada proveden je pokus sa spojevima napravljenim klinastim zupcima duljine 7,5 i 10 mm kojima je ispitivana izdržljivost na statička i dinamička opterećenja. Statički moment sile kod zubaca od 7,5 mm bio je 35,7 % veći od onoga u zubaca duljine 10 mm. Tijekom dinamičkih opterećenja veličina momenata sile različito je utjecala na veličinu otklona okvirnica i izdržljivost spojeva na broj impulsa sila. Nagibna krutost spojeva, kao odnos momenata sile i otklona okvirnice u manjih je zubaca 18,4% veća. Ispitivanja na dinamičko-statička opterećenja pokazala su da zamaranja spojeva djelovanjem naizmjeničnih momenata do 10 000 ciklusa neznatno gube na čvrstoći na statička opterećenja.

**Ključne riječi:** drvene konstrukcije namještaja, spojevi klinastim zupcima, statička i dinamička opterećenja, čvrstoća i izdržljivost spojeva

**SUMMARY** • The paper presents the results of the research done on some physical and mechanical properties of the beechwood (*Fagus silvatica*, L) finger joints applied at an angle of  $45^{\circ}$ . With the previous research mainly referring to the lengthwise joining of softwoods, the scientific results about hardwoods and angle-joining has been scarce. We have done tests for durability and both static and dynamic load with finger joints, 7.5 and 10mm in length. The static moment of force with the 7.5 mm finger joints was by 35.7% higher than with the 10 mm joints. During the dynamic loading, the values of the moments

---

Autori su profesor i asistentica na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, te tehnolog u SPIN-VALIS, Požega, Hrvatska.

Authors are professor and an assistant at the Faculty of Forestry of the Zagreb University and a technologist at the SPIN-VALIS, Požega, Croatia, respectively.

of force showed differently against the number of force impulses. The joint slant stiffness as a relation between the moment of force and magnitude of declination is by 18.4% higher with smaller joints. The tests on the dynamic-static load showed that joint exertion through the impacts of interchanging moments up to 10 000 only slightly affect the resistance to static load.

**Key words:** wood constructions for furniture, finger joints, static and dynamic loadings, resistance of the joints

## 1. UVOD

### 1. Introduction

Čvrstoća spojeva važan je čimbenik tehničke kvalitete proizvoda od drva. Ona ovisi o tri skupine obilježja koja se odnose na izbor materijala za izradu, konstrukcijske oblike sastavljanja i tehnološki proces izrade, koji pak bitno ovisi o primjeni tehnološke opreme, odnosno o njezinim svojstvima, a to su:

- geometrijska i fizičko-mehanička obilježja dijelova i sklopova, odnosno cjelovite konstrukcije proizvoda

- fizička i mehanička svojstva sredstava za spajanje i povezivanje, tj. lijepljenje i okivanje ili povezivanje raznim veznim elementima

- tehnološki postupci izrade koji razumijevaju metodu i režim rada o kojima ovisi točnost i finoća obrade, pravilno lijepljenje, okivanje i dr.

Uvođenjem metoda racionalizacije radi ušteda skupocjenog drvnog materijala u proizvodnji namještaja od drva listaća sve se češće rabe klinasti zupci kao jedan od konstrukcijskih oblika dužinskog i ugaonog spajanja. Brojna dosadašnja istraživanja i postignuti rezultati pridonijeli su normiranju spojeva zupcima, razvoju alata i tehnologije, a time i širokoj primjeni dužinskog i ugaonog spajanja pri izradi proizvoda za graditeljstvo od drva četinjača, i to prozora, vrata, obloga i dr.

Međutim, istraživanja vezana za klinaste zupce primjenjivane u konstrukcijama namještaja od drva tvrdih listaća malobrojna su, iako je njihova zastupljenost u izradi namještaja za sjedenje sve veća. Prednost pred ostalim načinima podužnog sastavljanja jest uporaba relativno kratkih obradaka, malo oduzimanje drvene mase za izradu zubaca, te postizanje velike čvrstoće spoja.

## 2. PROBLEMATIKA I SVRHA RADA

### 2. Work problems and aim of research

Prva razvojna istraživanja industrijske tehnologije spajanja klinastim zupcima

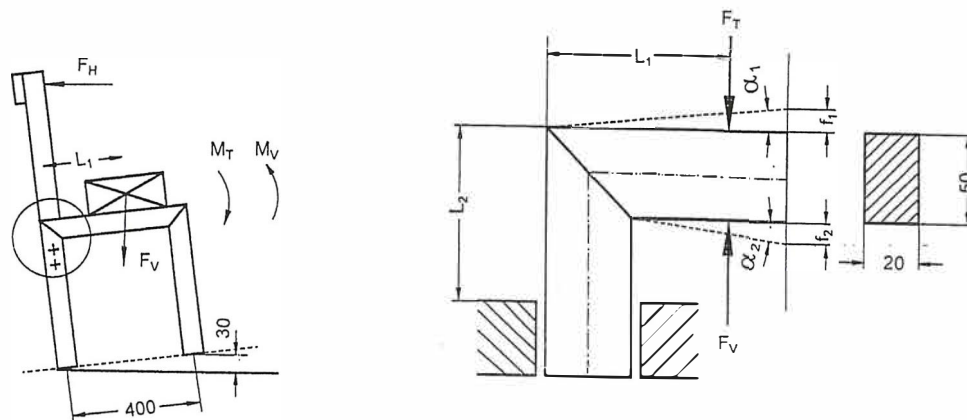
započeo je J.E. Marian, (2), te B.O. Ivanson i H. Ström (3). Oni su za zadane duljine zubaca u rasponu 4 do 9 mm i nagib zubaca 1:5,6 i 7:7,6 te tlak stezanja 750 i 1500 N/cm<sup>2</sup> ispitivali veličinu raskola sile po zupcu, te početnu i konačnu čvrstoću spoja.

Optimalna početna čvrstoća spojeva u četinjača postignuta je pri duljini zubaca 6 mm. I. Rajčan i B. Koželouh (1) bavili su se proračunima dvije skupine spojeva zupcima. Prva skupina obuhvatila je zupce prema DIN - u 68140, namijenjene nosačima, te dvije skupine zubaca bez posebnih zahtjeva, tj. znatno kraće zupce koji su u upotrebi manje naprezani. Ispitivanja različitih profila pokazala su da postoje male razlike između proračunskih vrijednosti rezultata dobivenih nakon ispitivanja uzoraka.

Prvi ugaoni kosokutni spojevi s malim zupcima primjenjivali su se u industriji okvira. U. Berger (5) na temelju svojih ispitivanja utvrdio je da su na okvirnicama od smrekovine i merantijevine, prikraćenim pod kutom 45°, najbolju slijepljenost pokazali zupci duljine 7,5 mm. Slične rezultate dobili su R. Hütner i P. Biniek (6), koji su čvrstoću ugaonog spoja zupcima uspoređivali s nekoliko različitih spojeva: čepom i raskolom, moždanicima, umetnutim čepom, a koji su uz jednak presjek okvirnica pokazali slabije rezultate. Uspoređujući ugaono-bočne spojeve s utorom i perom te malim zupcima, S. Tkalec (9) je prema svojim istraživanjima zaključio da se pri spajanju okvirnica debljine 20 mm čvršći spojevi postižu malim zupcima od utora i pera, te da veći kut otklona vlakana na sljubnicama smanjuje čvrstoću slijepljenog spoja.

Potrebe za novim i racionalnijim konstrukcijskim rješenjima u svakodnevnoj praksi u industriji namještaja od drva tvrdih listaća nameću uvođenje racionalnije i suvremene CNC tehnologije.

Suvremeni konstrukcijski oblici namještaja od drva tvrdih listaća postavljaju pred proizvodnju sve složenije zahtjeve za traženjem racionalnijih oblikovnih i konstrukcijskih rješenja. Nova dizajnerska



**Slika 1.**  
Prikaz uzorka za ispitivanje izvedenog prema modelu nožišta stolice • Test samples for a model of a chair legging

rješenja sve više nameću manje dimenzije presjeka dijelova za koje klasični spojevi moždanicima ili čepovima manje zadovoljavaju dok su, nasuprot tome, iskustva o spajanju tvrda drva klinastim zupcima još nedovoljno poznata, osobito za proizvode od kojih se očekuju veća dinamička opterećenja, npr. namještaj za sjedenje.

Ograničena primjena klinastih zubaca u proizvodnji masivnog namještaja dijelom je rezultat nedovoljnog poznavanja tehničkih svojstava tih spojeva, a dijelom činjenice da proizvodni pogoni ne raspolažu tehnološkom opremom za uspješnu primjenu takvog načina spajanja. Zadaća ovog rada bilo je laboratorijsko ispitivanje izdržljivosti statičkih i dinamičkih opterećenja klinastozupčastih spojeva duljine 7,5 i 10 mm na bukovini odnosno ispitivanje najbitnijih obilježja namještaja za sjedenje. Dobiveni rezultati mogu poslužiti kao temelj daljnjim istraživanjima te problematike, odnosno mogu se neposredno primijeniti u oblik-

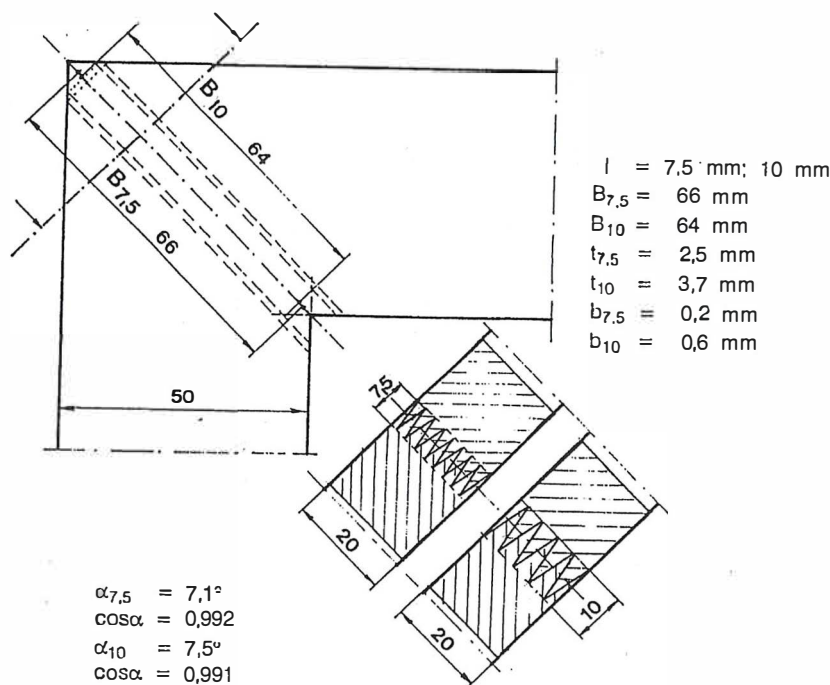
ovanju novih konstrukcijskih rješenja pri ugaonom spajanju drva tvrdih listača, a prema otprije poznatim statičkim ili dinamičkim opterećenjima koja se očekuju u uvjetima njihove primjene.

### 3. METODA RADA 3. Research method

#### 3.1. Određivanje i izrada uzoraka 3.1. Determination and preparation of the samples

Uzorci za ispitivanje izrađeni su od bukovine prosječne širine goda 1,34 mm, gustoće 0,66...0,74 g/cm<sup>3</sup> i sadržaja vlage 8,2...10,1 %; čvrstoće na savijanje 97,8...132,7 Mpa.

Uzorci L-oblika izvedeni su prema modelu stolice prikazane na slici 1. Izblanjani profili 50x20 mm skraćeni su na duljinu 250 mm, skošeni na jednom kraju pod kutom od 45°, na kojemu su alatima tvrtke Metal World - Italija izrađeni zupci duljine 7,5 i 10



**Slika 2.**  
Oblik i dimenzije klinastih zubaca ispitivanih uzoraka • Shape and dimensions of finger joints in test samples

mm kao što je vidljivo na slici 2. Ljepilo Titebond 50 tvrtke Franklin International iz SAD-a obostrano je nanoseno na sljubnice u prosječnom nanosu  $140 \text{ g/m}^2$  po sljubnici. Ugaoni je spoj stegnut pneumatskom prešom pritiskom  $1200 \text{ N/cm}^2$  prema uputama DIN-a 68140. Uzorci su izrađeni u Tvornici namještaja SPIN VALIS d.d. - Požega, Hrvatska.

Nakon lijepljenja uzorci su osušeni, klimatizirani i ispitani u laboratoriju Zavoda za konstrukcije i tehnologiju proizvoda od drva Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

### 3.2. Ispitivanje na statička opterećenja 3.2. The tests on the static load

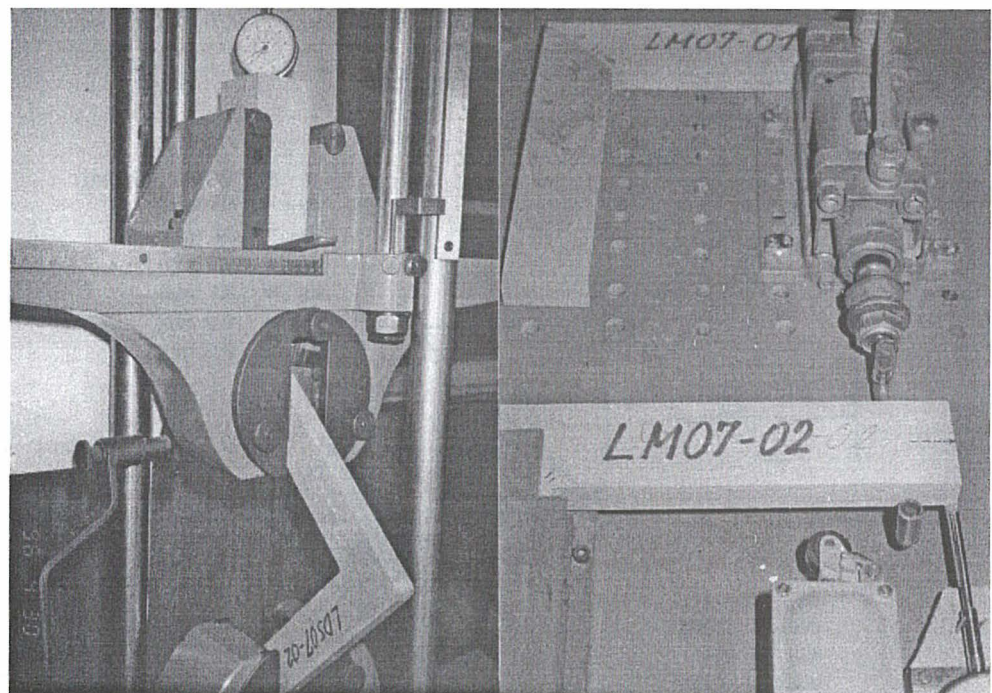
Ispitivana je trajna statička čvrstoća slijepljenih uzoraka oznake LS, na kojima zbog trajnog opterećenja dolazi do puzanja. Naprezanje u spoju pri kojem se puzanje zaustavlja naziva se trajnom čvrstoćom. Zbog dugotrajnosti takvog ispitivanja u ovom je radu proveden skraćeni ispitni postupak. Uzorci L-oblika ispitivani su pomoću hidrauličke kidalice Amsler tvrtke Wolpert iz Njemačke. Prihvat uzoraka odabran je prema položaju i smjeru djelovanja vlačne sile  $F_v$  na krakovima duljine  $L_1$ . Dosadašnja ispitivanja sličnih spojeva R. Hütnera i P. Binieka (4,8) pokazala su da su vlačna statička opterećenja istih spojeva dala slabije rezultate čvrstoće pri tlačnim naprezanjima. U ovom je radu primijenjena metoda vlačnih opterećenja radi utvrđivanja najnižih vrijednosti čvrstoće spojeva, jer su ona za praksu važnija. Položaj uzorka u kidalici prikazan je na slici 3. lijevo.

### 3.3. Ispitivanje na dinamička opterećenja 3.3. The tests on the dynamic load

Ispitivanje dinamičke čvrstoće osobito je bitno provoditi na konstrukcijama koje su u uporabi nejednoliko dinamički opterećene. Neka su istraživanja pokazala da su takve konstrukcije manje izdržljive od onih koje su ispitivane na jednolika opterećenja. Za ispitivanje uzoraka oznake LD primijenjen je režim sličan ispitivanju stolica prema hrvatskoj normi HRN D. E2. 201. za određivanje izdržljivosti stolica na dinamička opterećenja. Uređaj za dinamička opterećenja prikazan je na slici 3. desno, prilagođen je djelovanju naizmjenične sile na horizontalnu okvirmicu sjedala stolice, tj. na krak prikazanog modela na slici 1. Prema tom režimu svakih 2,5 sekunde djeluje naizmjenično tlačna sila  $F_t$ , odnosno vlačna sila  $F_v$ . U laboratorijskom se ispitivanju gotove stolice javlja dodatni impuls sile, koji se u sklopu te metode može zanemariti. Moment sile  $M_{t,v}$  kojim se djelovalo na krak prilagođivan je za tri razine, i to za 700, 988 i 1270 daNcm. Pri djelovanju određenog momenta na okvirmicu do trenutka loma, bilježeno je nastajanje veličine otklona okvirmice  $\alpha_1 + \alpha_2$ . Izdržljivost ugaonog spoja ovisio je o veličini djelovanja sile i broju djelovanja naizmjeničnih opterećenja. Njihajno dinamičko opterećenje uzrokovalo je naprezanja u spoju od  $\rho_0$  do  $\rho_{\text{maks}}$  pri tlačnom, odnosno vlačnom naprezanju. Ovisnost naprezanja u spoju  $\rho_{v,t} = f(F)$  predočuje se Wöhlerovom krivuljom, koja se pri određenom broju djelovanja sile približava stalnoj vrijednosti  $\% \rho_d$  kojom određujemo dinamičku čvrstoću.

Slika 3.

Uređaji za ispitivanje čvrstoće spojeva na statička opterećenja, (lijevo) i dinamička opterećenja, (desno) • Devices for testing static loadings (left) and dynamic loadings (right)



3.4. Ispitivanja na dinamička i statička opterećenja

3.4. The tests on the dynamic and static load

Dugotrajna dinamička ispitivanja mogu se skratiti ako se usporedno provedu dinamička i statička ispitivanja. Povećanje amplitude naprezanja  $\rho_{v,t}$  pri dinamičkom opterećenju skraćuje vrijeme do loma konstrukcije  $\rho_{maks}$ . Međutim obilježja takvog eksperimenta ne daju nam pouzdane podatke za uspoređivanje s konkretnim proizvodom kao što su stolice, ako oni nisu dovedeni u vezu s podacima o laboratorijskim ispitivanjima i normiranim kriterijima. Dinamički, a zatim statički opterećivani uzorci, otkrivaju veličinu oslabljenja spoja koje je nastalo tijekom dinamičkih opterećenja. Tako se usporednim ispitivanjem uzoraka na dinamička i statička opterećenja dobiju podaci o oslabljenju spoja pri određenom režimu djelovanja dinamičkih opterećenja. Uzorci za dinamičko-statička ispitivanja LDS-a sa zupcima duljine 7,5 i 10 mm, dinamički su ispitivani momentom sile od 1 270 daNcm na tri razine djelovanja na oko 2 500, 5 000 i 10 000 ciklusa naizmjeničnih opterećenja. Zatim su uzorci ispitivani na kidalici radi utvrđivanja statičke čvrstoće.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4. Research results

Ispitivanja na statička opterećenja provedena su statičkim momentom vlačne sile loma. Podaci su prikazani intervalnom procjenom momenata sile loma u rasponu od najmanje do najveće vrijednosti, odnosno u rasponu od 25 do 75% podataka.

Prema podacima u tablici 1. manji su zupci za jednak presjek pokazali okvirmice veću čvrstoću za 35,7%, jer je ukupna

površina lijepljenja veća za 13,2%, a kut otklona vlaknaca, tj. kut r žiba zubaca je 0,4% manji od zubaca duljine 10 mm.

	LS 7,5 mm	LS 10 mm
ML (daNcm)	5 536	3 558
fL (mm)	6,03	4,87
L(o)	1,788	1,409
Cn (daNcm/o)	3 096	2 525

Nagibna krutost spoja Cn, koja se izražava odnosom momenta loma i kuta nagiba okvirmice, u manjih je zubaca bila veća za 18,4%.

Na slici 4. dana je usporedba rezultata ispitivanja spojeva napravljenih zupcima duljine 7,5 i 10 mm na statička i dinamičko-statička opterećenja u intervalnim procjenama.

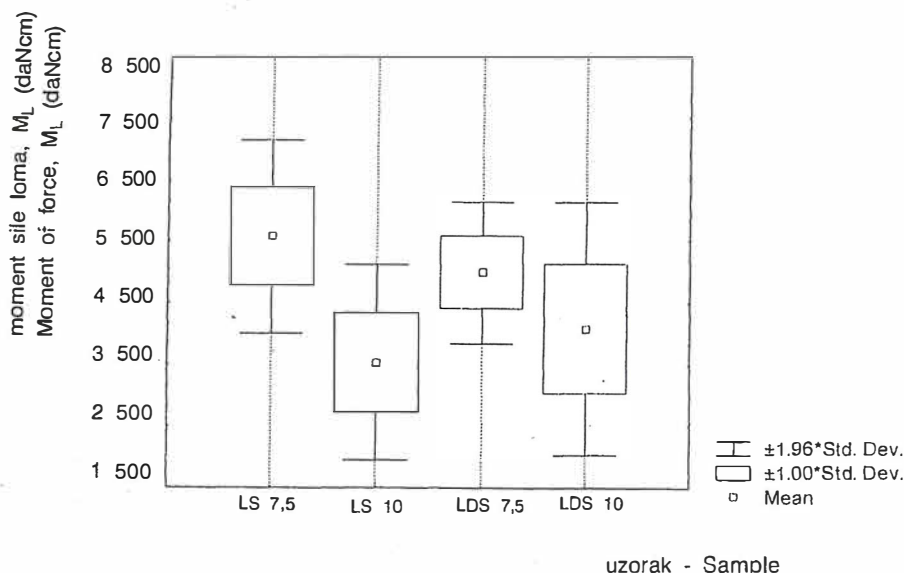
Intervalne procjene očekivanja prosječne vrijednosti momenta loma  $M_L$  pokazuju da nema značajnih razlika u rasipanju podataka oko srednje vrijednosti osim za uzorak DS10, no te se razlike mogu tumačiti eventualnim greškama pri lijepljenju. Srednje vrijednosti pokazuju veću čvrstoću spojeva ostvarenih zupcima duljine 7,5 mm, kao i neočekivano mali utjecaj početnih dinamičkih opterećenja 2 500...10 000 ciklusa na smanjenje statičke čvrstoće obaju spojeva.

Slika 5. pokazuje usporedbu rezultata ispitivanja nagibne krutosti  $C_n$ , spojeva duljine 7,5 mm i 10 mm opterećivanih na statička i dinamičko-statička opterećenja.

Utvrđeno je da početna dinamička opterećenja smanjuju nagibnu krutost kod jednih i drugih zubaca. Određeniji bi rezultati bili dobiveni ispitivanjem s povećanim brojem ciklusa. Rezultati ispitivanja

Tablica 1.

Prosječne vrijednosti momenta loma  $M_L$  i veličine progiba u trenutku loma  $f_L$ , stupnja otklona  $L$ , te nagibne krutosti  $C_n$  • Mean values of the moment of failure  $M_L$ ; the deflection at the moment of failure  $f_L$ ; magnitude of declination  $L$ , and the slant stiffness  $C_n$

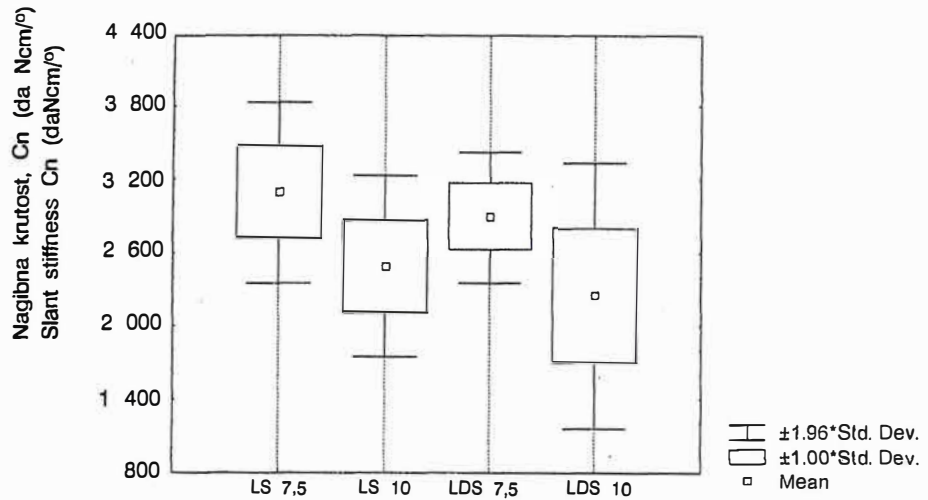


Slika 4.

Usporedba intervalnih procjena momenata sile loma za spojeve ostvarene zupcima duljine 7,5 i 10 mm na statička i dinamičko-statička opterećenja. • Comparison of interval estimates of moment of force for 7.5 mm and 10 mm static and dynamic loadings

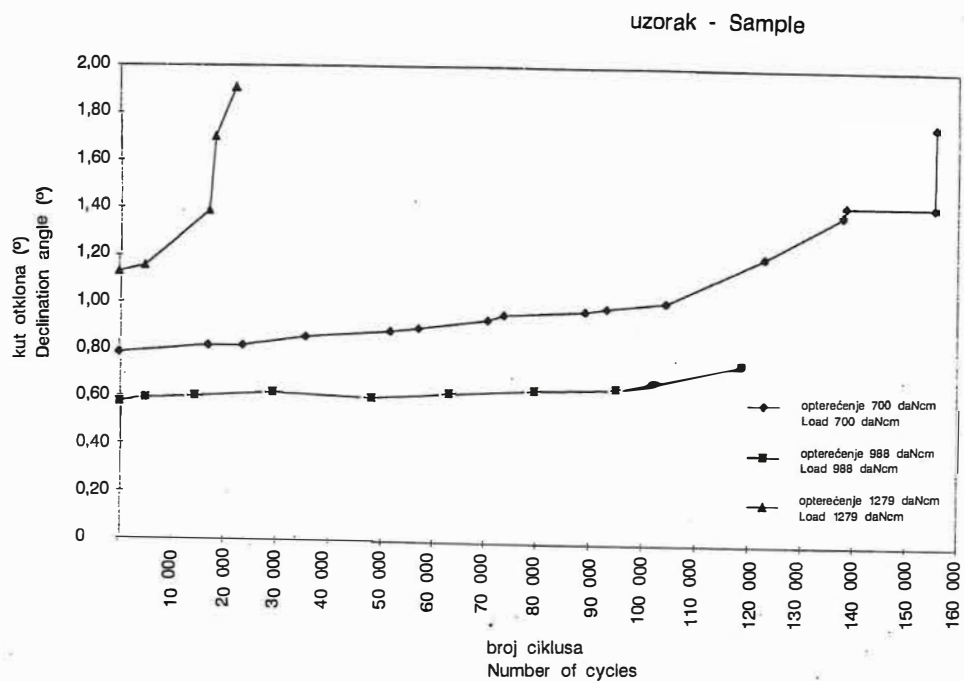
**Slika 5.**

Usporedba intervalnih procjena nagibne krutosti spojeva Cn, ostvarenih zupcima duljine 7.5 i 10 mm opterećivanih statičkim i dinamičko-statičkim opterećenjima • Comparison of interval estimates of moment of slant stiffness of the 7.5 mm and 10 mm Cn joints when exposed to static and dynamic loads



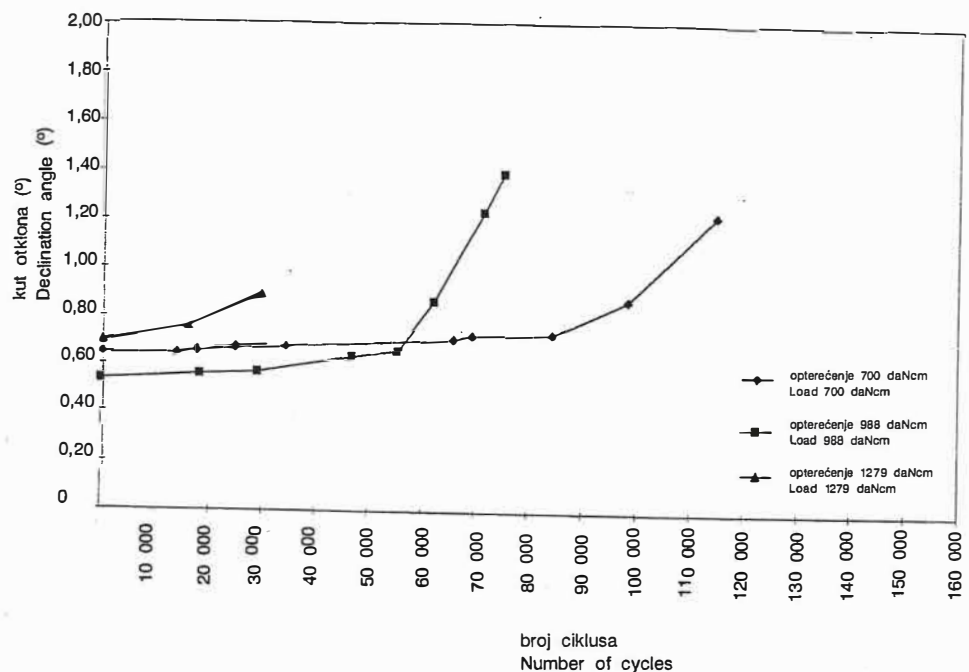
**Slika 6.**

Prikaz ovisnosti kuta otklona o broju ciklusa nastaloga djelovanjem momenta sile  $M_D$  na tri razine za zupce duljine 7.5 mm • Declination angle depending on the number of cycles created through the three-level impact of the moment of force  $M_D$  upon the 7.5 mm joints



**Slika 7.**

Prikaz ovisnosti kuta otklona o broju ciklusa nastaloga djelovanjem momenta sile  $M_D$  na tri razine za zupce duljine 10 mm • Declination angle depending on the number of cycles created through the three-level impact of the moment of force  $M_D$  upon the 10 mm joints



	Mt,v (daNcm)	Broj djelovanja ciklusa	
I.	700	155 510	14 840
II.	988	118 260	75 300
III.	1 279	22 034	29 303

**Tablica 2.**

*Prosječne vrijednosti broja naizmjeničnih djelovanja momenata sile  $M_{t,v}$  na tri razine do loma ugaonih spojeva. • Mean values of the cycles of moment of force impacts  $M_{t,v}$  at three levels up to the failure of corner joints*

izdržljivosti spojeva na dinamička opterećenja prikazana su na slici 6. za zupce duljine 7,5 mm, te na slici 7. za zupce duljine 10 mm.

Uspoređene su krivulje koje pokazuju ovisnost kuta otklona spojenih okvirnica o broju ciklusa djelovanja momenata sile  $M_{t,v}$  na tri razine. Pritom su zupci od 7,5 mm pokazali veću izdržljivost na broj dinamičkih impulsa, bez obzira na malu početnu razliku ukupnog otklona okvirnica. Veća krutost spojeva sa zupcima 7,5 mm također je iskazana oblikom krivulja, osobito na razini momenata od 700 i 980 daNcm.

## 5. ZAKLJUČAK

### 5. Discussion

Provedena ispitivanja dala su rezultate u skladu s postavljenim ciljevima. Potvrđene su i neke spoznaje iz dosadašnjih radova istraživača koji su proučavali ugaone spojeve i uspoređivali ih s drugim načinima ugaonog spajanja bukovine.

Uspoređujući normirane uvjete za dinamičku čvrstoću stolica visoke uvjete kvalitete prema normi HRN D.E8.201, te primjenjujući malo veći moment sile za uspoređivanje sa stolicama koje se ispituju po navedenoj normi, za jednu stranicu stolice utvrđena je:

- normirana izdržljivost za  $M_d=700$  daNcm; 2,5 s/ciklusu; 60 000 ciklusa do loma
- izdržljivost zubaca 10 mm;  $M_d=988$  daNcm; 2,5 s/ciklusu; 75 300 ciklusa do loma
- izdržljivost zubaca 7,5 mm;  $M_d=988$  daNcm, 2,5 s/ciklusu; 118 260 ciklusa do loma

Na temelju dobivenih rezultata može se pretpostaviti da mali zupci duljine 7,5 i 10 mm mogu zadovoljiti normirani uvjet kvalitete.

Cilj ispitivanja izdržljivosti na dinamička opterećenja bio je isključivo kvalitativni pokazatelj, a zbog premalog broja uzoraka nije ispitivana signifikantnost rezultata. Stoga je nužno nastaviti ispitivanja.

## 6. LITERATURA

### 6. References

1. Rajčan, J., Koželouh, B. 1963: Beitrag zum entwerfen geklebter keilzinkverbindungen, Holztechnologie 4, 3, Leipzig, s. 222 -228
2. Marian, J.E. 1968: Ein neues verfahren für die keilzinkung, Holz als Roh und Werkstoff, 26, 2, str. 41-45.
3. Ivansson, B.O. Ström, H. 1968: Grundlegende untersuchungen zu einem neuen verfahren der keilzinkung, Holz als Roh und Werkstoff 26, 3, str. 77-8
4. Hüther, R.1970: Minizinken verbindung an massivholzrahmenecken, Holz-Zentralblatt 90, Leinfelden
5. Hitrec, V.1977: Mjerenje u drvnoj industriji, skripta, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-218.
6. Ljuljka, B.1978: Lijepljenje u tehnologiji finalnih proizvoda, skripta, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-218.
7. Berger, A.U. 1979: Holzfenster mit minizinken fehlentwiclung other rationalisierung schance, Bau und Möbelschreiner 3/79, str. 61-64.
8. Biniek, P.1981: Festigkeitsprüfung anordnung der keilzinken in verbindungen, Holztechnologie 22, 1, str. 41-44.
9. Tkalec, S.1992: Ispitivanje čvrstoće ugaonih spojeva uklađenih vrata, Drvna industrija 43, 1, Zagreb, str. 4-6.
10. Bandel, A. 1995: Gluing wood, Catas s.r.l., Udine, str. 1-301
11. Prekrat, s. 1996: Čvrstoća spojeva u konstrukcijama stolica, magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-91.
12. Žmire, M. 1996.: Primjena spojeva klinastim zupcima u konstrukcijama stolica, magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-101.
13. Norme DIN 68140; HRN. D.E2.100; HRN.D.E8.201

*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 nanosena 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 vatрозаštitnog sredstva, iako su i ploče zaštićene 10 %-tnom otopinom pokazale vrlo dobre rezultate. Vatrootpornost ploča zaštićenih 10 %-tnom vodenom otopinom boraksa i ortoborantne kiseline mogla bi se dodatno povećati kad bi se ploče osim strukturnoj, podvrgnule i površinskoj zaštiti.

**Ključne riječi:** strukturna zaštita, vatрозаštitno 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 drveni 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 vatрозаštitnih 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

plamen, on je lokaliziran na području izloženom djelovanju topline i ne širi se na okolna hladnija područja. Samim gorenjem znatnije se ne povisuje temperatura drva te ne nastaje toplinska razgradnja. Nakon uklanjanja izvora topline plamen nestaje, a ubrzo nakon toga prestaje i žarenje (Deppe, 1973).

Drvo izgara prema navedenim shemama samo u prosušenom stanju i pri normalnim uvjetima gorenja na slobodnom prostoru i uz slobodan pristup zraka.

Upaljivost i širenje vatre ovisi o obilježjima materijala koji se rabe u graditeljstvu, pa prema tome i o drvu. Kad jednom izbije požar, o vatrootpornosti pojedinih elemenata koji se nalaze u prostoriji ovisi trajanje zadržavanja vatre u prostoriji.

Poznato je da drvene konstrukcije u nekim okolnostima mogu pokazati određena vatrootporna svojstva. Nezaštićene metalne konstrukcije često gube svojstvo nosivosti relativno naglo, dok drvene konstrukcije dulje zadržavaju to svojstvo.

Pri razmatranju problema gorivosti drvnog materijala mora se imati na umu činjenica da su glavni sastojci drva celuloza, hemiceluloza i lignin (svi sastavljeni od ugljika, vodika i kisika), te da, bez obzira na korištenu zaštitu drvo ostaje gorivi materijal.

Drvo može biti zapaljeno i tada će se plamen širiti njegovom površinom.

Međutim, odgovarajućom zaštitom može se otežati njegovo zapaljenje i širenje plamena. Površina drva u dodiru s plamenom pougljeni, a poznato je da je drveni ugljen loš vodič topline.

Djelovanjem kemijskih sredstava može se smanjiti gorivost drva, širenje plamena i brzina oslobađanja topline, no ne može se postići potpuna vatrootpornost.

Prema definiciji, vatrootpornost materijala je njegova sposobnost da izdrži utjecaj vatre u određenom vremenskom razdoblju bez gubitka svojih svojstava ili nosivosti, uzimajući u obzir i tijek razvoja požara (posmeđivanje površine, razvoj topline, razvoj gorivih plinova, zapaljenje gorivih plinova, žarenje materijala, širenje plamena po materijalu).

Idealna su sredstva za vatrozaštitu ploča ona koja se lako i jednostavno spajaju sa sirovinom i dobro podudaraju s ljepilom, te se lako mogu uklopiti u proces proizvodnje a da ujedno osiguraju željeni stupanj vatrootpornosti ploča.

## 2. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA 2. Previous investigations

Vatra je od davnine bila važna za čovjeka. Pružala mu je zaštitu od hladnoće,

ali je bila i potencijalna opasnost. Već u starom vijeku opasnost od vatre pokušala se suzbiti uporabom octene kiseline i alaina ili natapanjem građe morskom vodom koja sadrži sol (NaCl).

Proces gorenja prvi je znanstveno istražio Lavoisier u drugoj polovici 18. stoljeća. Godine 1823. Gay-Lusac postavio je teoriju mehanizma djelovanja vatrozaštitnog sredstva na celulozu, u kojoj vatrozaštitno sredstvo obavlja dravno vlakno staklastim ovojem koji smanjuje gorivost.

Upotreba borata kao vatrozaštitnog sredstva datira od dvadesetih godina ovog stoljeća. Prvi podaci o primjeni boraksa i ortoboratne kiseline (masenog omjera 6:5) djelo su istraživača Klinga i Florentina (Francuska, 1922). Oni su rabili boraks i ortoboratnu kiselinu za povećanje vatrootpornosti pamučne tkanine te su svojim istraživanjem dobili zadovoljavajuće rezultate.

Općenito je prihvaćeno stajalište da vatrozaštitna sredstva na bazi kiseline (fosfor, sumpor, bor) djeluju putem dehidracije, proizvodeći vodu i pepeo na štetu gorivih katrana.

Od vatrozaštitnih sredstava amonijfosfat i ortoboratna kiselina provjerene su kemikalije koje usporavaju žarenje materijala, pozitivno utječu na čvrstoću i stabilnost dimenzija ploča a pružaju zadovoljavajuću vatrozaštitu (Syska, 1969).

Europska iskustva pokazuju da prilikom proizvodnje ploča uz upotrebu karbamid-formaldehidnog ljepila prednost treba dati ortoboratnoj kiselini pred ostalim sredstvima za povećanje vatrootpornih svojstava drva.

Dosadašnja su istraživanja pokazala da većina poznatih kemijskih sredstava ima negativne posljedice na gotove proizvode. Jedna je od takvih posljedica da sredstva koja sadrže fosfate ili sumpornu kiselinu negativno djeluju na ljepilo. Kemijska sredstva koja sadrže ugljikotetrahidrate prilikom gorenja razvijaju otrovni plin fosgen. Također prilikom tretmana drva kemijskim vatrozaštitnim sredstvima njegova mehanička svojstva smanjuju se između 10 - 20%, ovisno o vrsti korištene kemikalije (Gerhards 1970, Winandy 1988).

Vjeruje se da je smanjenje mehaničkih svojstava drva izravno povezano s kemijskim promjenama u drvu koje nastaju pri tretmanu drva vatrozaštitnim sredstvima. U svezi s time ispitivana su razna kemijska vatrozaštitna sredstva i njihov utjecaj na kemi-

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.

**Tablica 1.**

Receptura ljepila za pokusne ploče iz uslojenog drva • Recipe of adhesive for the experimental plywood

Komponenta Components	Količina komponenata Yuanity of components
Lendur 120	103 dijela
Punilo (brašno tip 850) Filler (flour type 850)	16 dijelova
Voda Water	3 dijela
(NH4C1)	DURIN 21

Receptura upotrijebljenog karbamid-formaldehidnog ljepila dana je u tablici 1.

Pripremljeno je ljepilo nanoseno sustavom valjaka na srednji list furnira obotrano, u količini 110 g/m<sup>2</sup>.

Vatrozaštitno sredstvo. Kao vatrozaštitno sredstvo upotrijebljena je kombinacija boraksa i ortoboratne kiseline u omjeru 1:1, u koncentraciji 6, 10 i 14 %.

*Tehnološki parametri*

Vodena otopina vatrozaštitnog sredstva pripremljena je u metalnoj kadi. Radi bolje topivosti kemikalija upotrijebljena je vruća voda. Prije potapanja listova furnira u otopinu vatrozaštitnog sredstva suhi su listovi izvagani.

Nakon vaganja listovi furnira uronjeni su u otopinu vatrozaštitnog sredstva (koja je ohlađena na sobnu temperaturu) i ostavljeni da stoje 30 min. Tako strukturno zaštićeni furniri ponovno su izvagani kako bi se ustanovila količina upijenog zaštitnog sredstva.

Nakon strukturne zaštite listovi furnira prevezeni su na sušenje. Furnir je sušen do sadržaja vode od 6 % pri maksimalnoj temperaturi 180 °C i srednjoj temperaturi 118 °C. Brzina trake u sušionici bila je 2 m/min. Trajanje sušenja iznosilo je 3,5 minuta.

Osušeni su listovi furnira nakon sušenja izvagani kako bi se odredila retencija vatrozaštitnog sredstva.

Djelovanje vatrozaštitnih sredstava ovisi o njihovu kemijskom sastavu i koncentraciji u drvu. Pouzdanost i djelotvornost vatrozaštitna sredstva iskazuju samo u retencijama većim od 75 kg/m<sup>3</sup>, no u praksi se većinom ne traži ekstremna zaštita pa su dovoljne i retencije od 30 do 60 kg/m<sup>3</sup> (16).

U tablici 2. prikazani su rezultati upijanja i retencije vatrozaštitnih sredstava različitih koncentracija dobiveni u ovom pokusu.

**Tablica 2.**

Upijanje i retencija kemijskih vatrozaštitnih sredstava • Absorption and retention of fire-retardant chemicals

Vatrozaštitno sredstvo Fire-retardant chemicals	Koncentracija otopine Concentration of solution	Upijanje Absorption (kg/m <sup>3</sup> )	Retencija Retention (kg/m <sup>3</sup> )
boraks+ortoboratna kiselina	6%	353,33	23,33
boraks+ortoboratna kiselina	10%	336,70	35,56
boraks+ortoboratna kiselina	14%	311,11	44,44

Nakon vaganja furnir je premješten do uređaja za nanošenje ljepila. Nakon nanosa ljepila na stolu za slaganje formirane su troslojne ploče spremne za transport do višetažne preše.

Prešanje ploča provedeno je pri temperaturi 115 °C i specifičnom tlaku prešanja od 1,6 MPa. Vrijeme prešanja iznosilo je 1 min/mm debljine ploče.

Ploče koje nisu potapane u vatrozaštitno sredstvo proizvedene su u jednakim tehnološkim uvjetima, osim što su pri njihovoj izradi izostavljene faze impregnacije listova furnira i njegova sušenja nakon impregnacije. Tako proizvedene zaštićene i nezaštićene ploče kondicionirane su 24 sata. Od kondicioniranih ploča izrađeni su uzorci za ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava te uzorci za ispitivanje gorivosti metodom ognjene cijevi.

Eksperimentalne ploče označene su ovim slovima i brojevima:

1. Ploče zaštićene s 6 % -tnim vatrozaštitnim sredstvom A1 i A2
2. Ploče zaštićene s 10 % -tnim vatrozaštitnim sredstvom B1 i B2
3. Ploče zaštićene s 14 % -tnim vatrozaštitnim sredstvom C1 i C2
4. Nezaštićene ploče D1 i D2

**5. MJERNE METODE I MJERNI PRIBOR**  
**5. Measurement method and equipment**

Uzimanje uzoraka i ispitivanje njihovih fizičkih i mehaničkih svojstava provedeno je prema DIN normama.

DIN 52374 Gustoća ploča

DIN 52375 Sadržaj vode u pločama

DIN 52371 Savojna čvrstoća (usporedno i okomito na vlakanca vanjskog furnira)

DIN 52377 Vlačna čvrstoća (usporedno i okomito na vlakanca vanjskog furnira)

DIN 53255 Čvrstoća u sloju ljepila

ASTM E 69-50 Ocjena gorivosti metodom ognjene cijevi

Ta se metoda primjenjuje za ispitivanje vatrootpornih materijala za brodove i graditeljstvo.

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

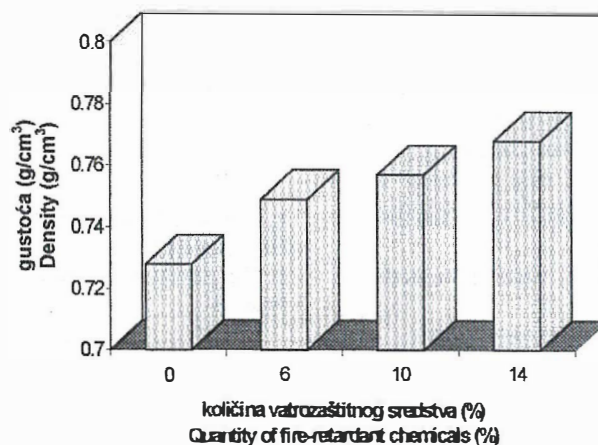
B-ploče zaštićene 10 %-tnim vatrozaštitnim sredstvom-boards protected with 6 % fire-retardant chemicals

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

D-nezaštićene ploče-unprotected board

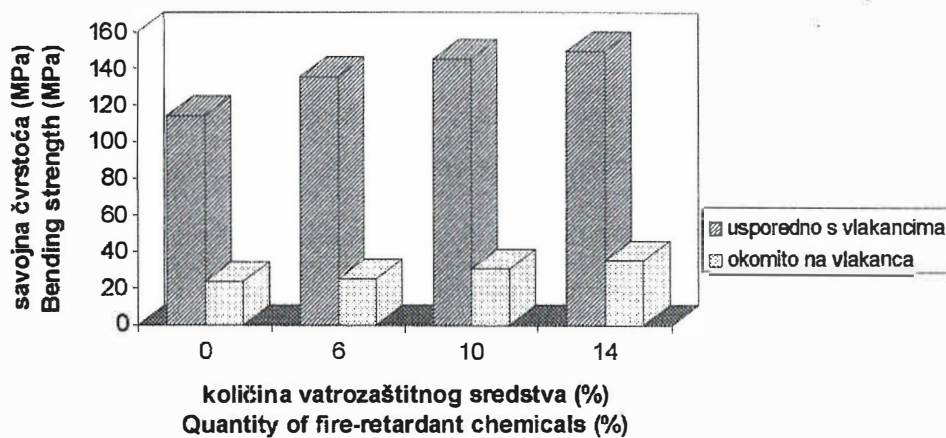
**Slika 1.**

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



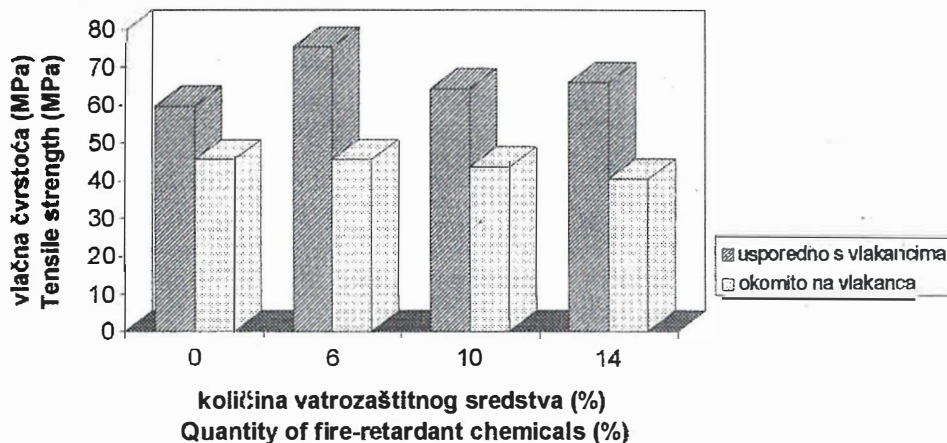
**Slika 2.**

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



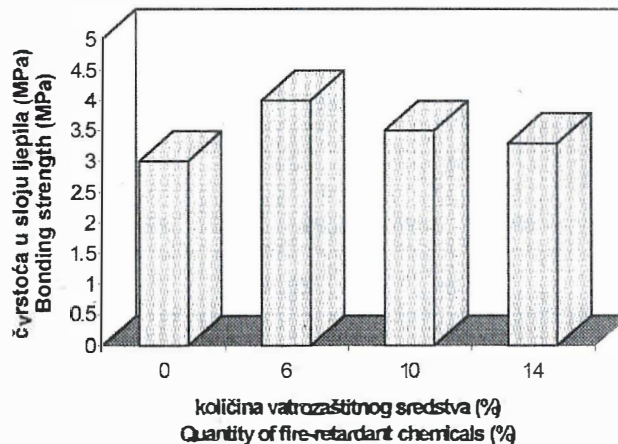
**Slika 3.**

*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 of 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.

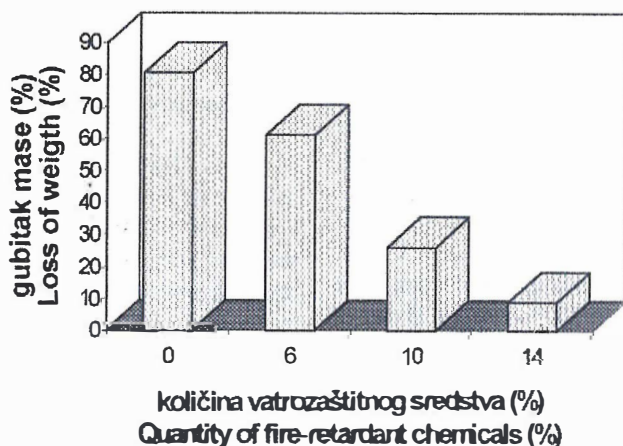
#### Vlačna čvrstoća

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





## 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. Drvna 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.

Vladimir Jambreković, Vladimir Bruči

# MDF - svjetski trend

## MDF - world trend

### *Pregledni rad - Review paper*

*Primljeno - received: 24.07.1997. • Prihvaćeno - accepted: 08.10.1997.*

*UDK 634\*862.3*

***SAŽETAK** • U 1993. godini udio proizvodnje MDF ploča bio je 6% ukupne proizvodnje pločastog materijala na bazi drva. Statistički podaci pokazuju intenzivan razvoj kapaciteta MDF pogona te se 2000. godine očekuje udio MDF ploča od čak 14 % (20 milijuna m<sup>3</sup>).*

*Osnovni uzrok ekspanzije MDF ploča jest nestašica kvalitetnog masivnog drva, što se odrazilo i na smanjenje proizvodnje uslojenih ploča, pa su se kao alternativni materijal visoke kvalitete i dobre obradivosti nametnule MDF ploče.*

*Sirovinski je potencijal za proizvodnju MDF ploča visoke kakvoće golem jer kao sirovina mogu poslužiti šumski sortimenti četinjača, mekih i tvrdih listača, juvenilno drvo iz plantažnog uzgoja, industrijski drveni ostaci, celulozna vlakanca jednogodišnjih biljaka, reciklirani papir itd.*

*Najveće svjetsko tržište u 1993. godini je u SAD, s proizvodnjom od oko 2,1 milijun m<sup>3</sup> i potrošnjom od oko 1,9 milijuna m<sup>3</sup>.*

*Najveći svjetski izvoznik MDF ploča u 1993. godini bio je Novi Zeland, a najveći svjetski uvoznik MDF ploča Tajvan.*

*Do kraja 1996. godine najveći su MDF kapaciteti instalirani u Aziji (6 milijuna m<sup>3</sup>), Europi (5,5 milijuna m<sup>3</sup>) i Sjevernoj Americi (4,5 milijuna m<sup>3</sup>, od čega u SAD-u 3,35 milijuna m<sup>3</sup>).*

***Ključne riječi:** MDF ploče, kakvoća MDF ploča, primjena MDF ploča, svjetska potrošnja, svjetska proizvodnja, instalirani kapaciteti, izvoz, uvoz*

***SUMMARY** • In 1993, the share of MDF of the global wood panel market was 6%. Based on the announced new plants, the production will exceed 20 million m<sup>3</sup> by the year 2000 equalling some 14% of the world wood panel market.*

*Because of the good physical properties and favourable machinability, MDF has a large variety of uses for the end-product.*

*MDF even has advantages over wood, because it is free from natural faults, it has a high dimensional stability and is available as large size panels. MDF offers direct savings to the users of solid wood and plywood due to its lower volumetric price and very competitive quality and attractive technical properties.*

*The substitution of MDF for uses traditionally using solid lumber has greatly expanded the market opportunities and provided the largest growth opportunity.*

*MDF, using cellulose fiber as its raw material, is not limited to wood fiber as its only source*

*Autori su asistent i redoviti profesor na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu  
Authors are an assistant and a full professor at the Faculty of Forestry of the Zagreb University*

of raw material.

Today Europe is the most important MDF producer with a present annual capacity in Europe which has increased since 1980 from 0.6 million m<sup>3</sup> to 3.3 million m<sup>3</sup> in 1993 as production has reached 2.5 million m<sup>3</sup>, led by Italy, Germany and Spain. The number of ongoing projects in Europe is eleven. These projects increased the European capacity to 5.5 million m<sup>3</sup> by the end of 1996.

Asia has experienced the most notable consumption growth of the world markets. The average annual consumption increase since 1980 until 1993 was over 30%.

The biggest exporter in the world is New Zealand, and Taiwan is the biggest importer in the world.

**Key words:** MDF, quality of MDF, use of MDF, consumption of the world, the world production, installation of capacity, export, import

## 1. UVOD

### 1. Introduction

MDF ploče (medium density fiber-board) srednje su guste vlaknatice (0,400 do 0,800 g/cm<sup>3</sup>) proizvedene suhim postupkom, a pripadaju kategoriji ploča S2S (ploče s oba glatka lica).

Proizvodnja ploča vlaknatica započela je još 1926. godine. Počeci proizvodnje MDF ploča datiraju iz 1959. godine, a prava industrijska proizvodnja prema američkom patentu počinje tek 1967. godine. Do 1976. godine izgrađeno je 18 tvornica MDF ploča ukupnog godišnjeg kapaciteta 1,76 milijuna m<sup>3</sup>.

Osnovni uzrok pojave MDF ploča u Americi jest sve veći nedostatak kvalitetnog masivnog drva i nemogućnost odgovarajuće zamjene masivnog drva bilo kojom vrstom postojećeg pločastog materijala. Posebno je važno to što u Americi tzv. kolonijal namještaj (tokareni elementi, reljefne plohe...) postaje tržišni trend, a dotadašnji pločasti materijal nije bio prikladan za takav način obrade i izradu reljefnih oblika.

U početku su se za proizvodnju MDF ploča rabili isključivo šumski sortimenti četinjača i mekih listača, što je bio ograničujući činitelj razvoja tih ploča. Razvojem tehnologije MDF ploče se proizvode i od šumskih sortimenata čiste bukovine i ostalih tvrdih listača. Vrlo je bitno da se te ploče mogu proizvoditi i od ostataka industrijske prerade drva (iverje, piljevina, strugotina...), a mogu se izrađivati i od juvenilnog drva mladih plantaža (kašasto drvo). Proizvodnja MDF ploča nije limitirana drvnim vlakancima već se MDF ploče mogu proizvesti i primjenom celuloznih vlaknaca jednogodišnjih biljaka (konoplja, lan, pamuk, bagasa...), recikliranog papira i ostalih alternativnih izvora

vlaknaca.

U početku su se za proizvodnju MDF ploča koristile isključivo karbamid-formaldehidne i melamin-formaldehidne smole, kasnije fenol-formaldehidne smole, a u posljednje se vrijeme osim navedenih smola rabe i nove tanin-formaldehidne i polimer difenilmetan-4,4' - diizocijanatne smole.

Visoka kakvoća MDF ploča, velik sirovinski potencijal i tržišna potražnja uzrok su intenzivne izgradnje industrijskih kapaciteta za proizvodnju MDF ploča u cijelom svijetu.

## 2. SVOJSTVA I PRIMJENA MDF PLOČA

### 2. Properties and use of MDF

Osnovno svojstvo MDF ploča jest zatvorena, homogena struktura površina i profila, visoka čvrstoća u svim smjerovima, dobra obradivost te mogućnost oblikovanja dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih oblika obradom glodalicama i tokarenjem.

Usporedbom svojstava pojedinih vrsta ploča (tabl.1) vidljive su velike mogućnosti uporabe MDF ploča.

MDF ploče emisijske klase E1 služe za izradu stolova (školskih, konferencijskih, ...), radnih ploča, ulaznih vrata, podloga za furnir u panelu vrata, nogostupa, ograda, vratnih i prozorskih ukrasa, policica za knjige, inventara za pohranu, specijaliziranog namještaja za računalnu opremu, namještaja knjižnica, bolničkog namještaja, specijalnog namještaja medicinskih i zubarskih ordinacija, crkvenih sjedala, oltara, okvira za slike, igračkica, specijalne industrijske ambalaže za koju je primarna struktura i glatkoća površine, kalemova za namotavanje električnih, PTT, elektrotehničkih i računalnih žičanih komponenata ...

**Tablica 1.**

*Usporedba svojstava  
MDF ploča, iverica i  
OSB ploča •  
Comparison of  
materials properties:  
MDF, Particleboards,  
OSB*

1. velike površine	
2. dekorativnost	
3. nosivost i ukrućenost	<b>OSB</b>
4. mogućnost izrade od drvnih ostataka	
5. prikladnost za izradu namještaja	
6. mogućnost furniranja i oplemenjivanja	<b>iverice</b>
7. mogućnost direktnog lakiranja	
8. mogućnost trodimenzionalnog tokarenja	
9. mogućnost savijanja	
10. širok raspon debljine i gustoće	<b>MDF</b>

MDF ploče se primjenjuju i u konstrukcijske svrhe u kombinaciji s melamin-urea-formaldehidnim i fenol-formaldehidnim smolama (kao podloge žbukanih površina, stubišta...).

Razvojem tehnologije MDF ploče se nastoje usavršiti i postići ova svojstva:

- lagane MDF ploče gustoće 450 do 600 kg/m<sup>3</sup>
- minimalni slobodni formaldehid (6,5 mg HCHO/100 g a.s.t.)
- vatrozaštitne ploče (povećana otpornost prema plamenu)
- ploče otporne na klimatske uvjete
- savitljive ploče
- profilirane ploče
- oblikovane ploče
- trodimenzionalni elementi
- laminirane podne ploče.

Osnovni razlozi ekspanzije MDF ploča u svijetu u odnosu prema ostalom pločastom materijalu jesu:

1. kompozitnost ploče koja omogućuje strojnu obradu i finiširanje kakvo je moguće jedino s masivnim drvom,
2. mogućnost proizvodnje i od industrijskih ostataka (iverja, piljevine, strugotine), smjese juvenilnog drva (kašasto drvo) i lignoceluloznih biljaka,
3. velike površine visoke glatkoće,
4. dobra mehanička svojstva podjednaka u svim smjerovima,
5. najbolja su zamjena za masivno drvo
6. mogu se izraditi ploče tražene kvalitete za specijalne proizvode (konstantna vlaga po presjeku, smanjena gorivost, dobra akustička svojstva, određena gustoća, vodljivost topline...),
7. konkurentnost cijene

Vrlo je važno da su MDF ploče vrlo brzo prihvatila i tržišta s tradicionalnom i vrlo kvalitetnom proizvodnjom ostalih vrsta pločastog materijala, dakle tržišta vrlo nesklona uvođenju novih vrsta materijala.

### 3. STANJE I TREND RAZVOJA MDF PLOČA U SVIJETU

#### 3. Situation and trends development of MDF in the world

Zbog svojih kvalitativnih obilježja MDF ploče postale su svjetski trend na tržištu ploča na bazi drva, uz tendenciju daljnjeg rasta potražnje. Na slici 1. prikazani su kapaciteti tvornica MDF ploča u 1993. godini i povećanje kapaciteta do 1996. godine.

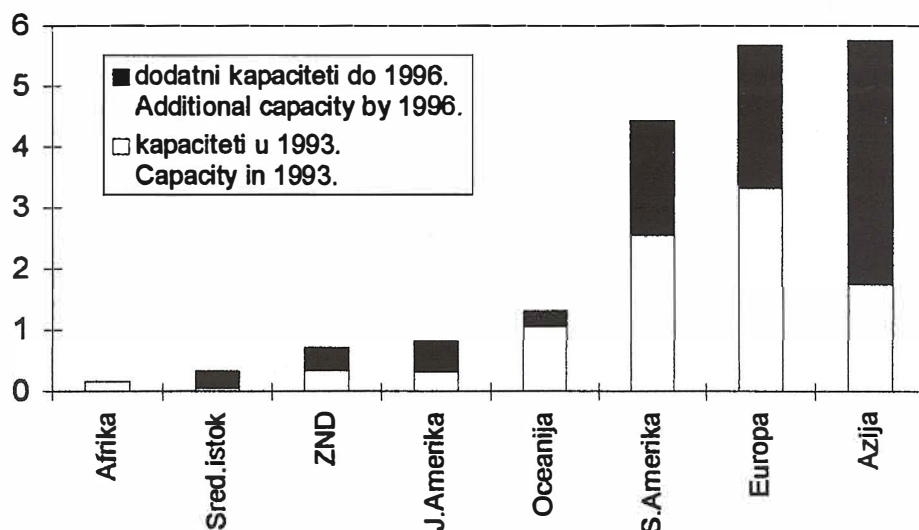
U 1993. godini potrošnja MDF ploča dosegla je 6% ukupne svjetske potrošnje ploča na bazi drva. Planira se da će potrošnja prekoračiti volumen od 20 milijuna m<sup>3</sup> u 2000. godini i činiti oko 14% svjetske potrošnje pločastog materijala.

#### Sjeverna Amerika

U 1980. godini Sjeverna je Amerika imala kapacitete MDF ploča procijenjene na oko 1,2 milijuna m<sup>3</sup> i potrošnju od oko 850 tisuća m<sup>3</sup>, što je činilo oko dvije trećine ukupne svjetske potrošnje MDF ploča. Budući da Sjeverna Amerika ima siguran oslonac (sirovinski potencijal i otvoreno tržište), krajem 1993. godine ostvaren je oko 7%-tni godišnji rast potrošnje, odnosno oko 2,1 milijun m<sup>3</sup> MDF ploča.

Na slici 2. prikazana je proizvodnja i potrošnja MDF ploča po pojedinim zemljama.

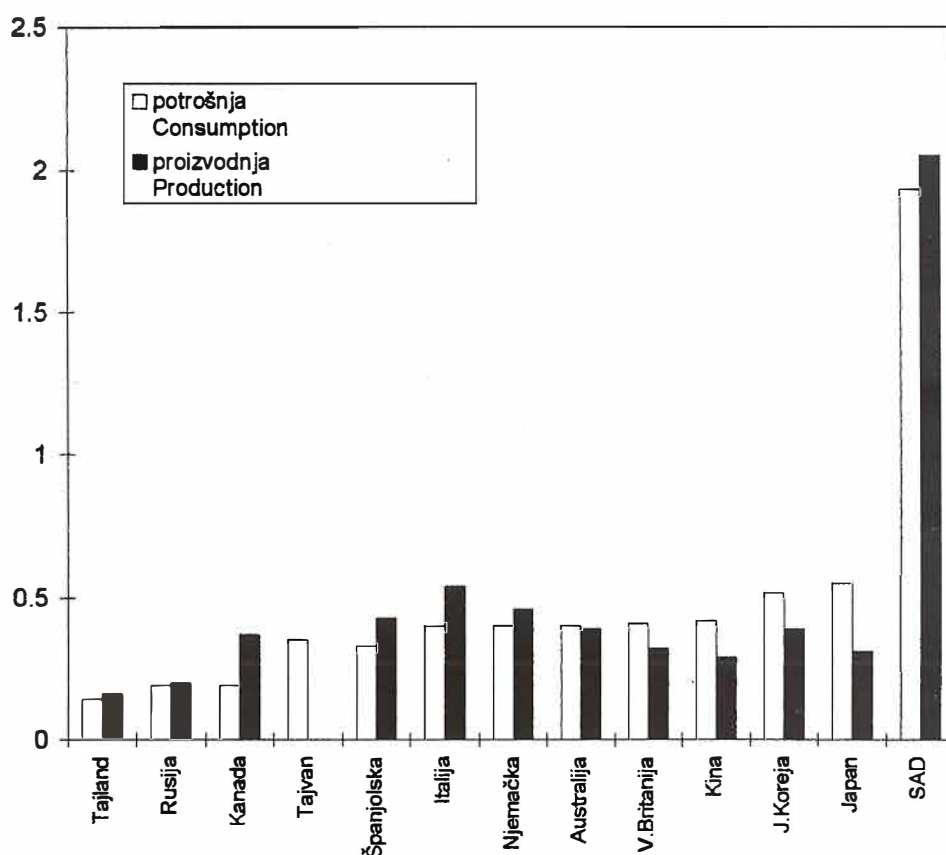
Iz prikaza je vidljivo da su SAD



Slika 1.

Razvoj kapaciteta MDF ploča od 1993. do 1996. godine po regijama u milijunima m<sup>3</sup> • MDF Capacity Development 1993 - 1996, by Region, million m<sup>3</sup>

Izvor: Wood International Ltd. (FWI)  
• Source: Wood International Ltd. (FWI)



Slika 2.

Glavnina tržišta MDF ploča u 1993. godini, ukupno 7,6 milijuna m<sup>3</sup> • Major MDF Markets in 1993, total 7.6 million m<sup>3</sup>

Izvor: Wood International Ltd. (FWI)  
• Source: Wood International Ltd. (FWI)

neusporedivo najveći proizvođač i potrošač MDF ploča, a Tajvan je vrlo zanimljiv kao veliki svjetski potrošač MDF ploča bez vlastite proizvodnje.

Tablica 2. prikazuje redoslijed najvećih svjetskih proizvođača MDF ploča u 1993. i razvoj kapaciteta do 1996. godine.

U 1993. godini u Sjevernoj Americi radi 18 MDF pogona s godišnjim kapacitetom 2,6 milijuna m<sup>3</sup>. Do kraja 1996. godine realizirano je dvanaest projekata, te su instalirani kapaciteti iznosili oko 4,5 milijuna m<sup>3</sup>.

#### Europa

Danas Europa kao značajan proizvođač MDF ploča bilježi porast kapaciteta s 0,6 milijuna m<sup>3</sup> u 1980. godini na oko 3,3 milijuna m<sup>3</sup> u 1993. godini. Vodeće su države Italija, Njemačka i Španjolska, s proizvodnjom od 2,5 milijuna m<sup>3</sup> (1995.g.). Europska potrošnja MDF ploča procjenjuje se na 2,3 milijuna m<sup>3</sup>, a do kraja 1996. godine očekivao se porast na oko 4 milijuna m<sup>3</sup>.

Uz 11 novih pogona MDF ploča, realiziranih do kraja 1996. godine, ukupni proizvodni kapaciteti MDF ploča iznosili su oko 5,5 milijuna m<sup>3</sup>.

**Azija**

Azija je vrlo velik potrošač MDF ploča, a postaje sve važniji sudionik svjetskog tržišta. U 1993. godini azijska je proizvodnja MDF ploča iznosila oko 1,5 milijuna m<sup>3</sup>, a ukupni instalirani kapaciteti procijenjeni su na oko 1,8 milijuna m<sup>3</sup>. Godišnja potrošnja ploča povećavala se od 1980. do 1993. godine više od 30%. Najveći su potrošači Južna Koreja, Japan i Malezija, s ukupnom potrošnjom od 2,2 milijuna m<sup>3</sup>. Razlika se nadoknađuje uvozom iz Novog Zelanda, Čilea, Sjeverne Amerike i Europe. Na slici 3. prikazane su države najveći svjetski uvoznici i izvoznici MDF ploča.

MDF tržište se očekivano kontinuirano širi uz povećanje cijena slojevitih ploča uzrokovano nestašicom trupaca za ljuštenje. Stoga je povećano zanimanje za šumski potencijal tropskih vrsta drva te dobivanje sirovine plantažnim uzgojem drva.

U Aziji je u realizaciji 31 projekt pogona MDF ploča te je do kraja 1996. očekivano povećanje proizvodnje iznosilo oko 6 milijuna m<sup>3</sup>.

**Južna Amerika**

Južnoamerički kapaciteti za proizvodnju MDF ploča procjenjuju se na oko 300 tisuća m<sup>3</sup> u 1993. godini, a potrošnja je oko 100 tisuća m<sup>3</sup>. Značajan je prekomorski izvoz na tržišta ostalih zemalja. Primjer je Čile, u kojemu su instalirani veliki kapaciteti te izvozi oko 90% MDF proizvodnje, uglavnom u zemlje Tihog

oceana. Realizacijom četiri projekta ostvareno je planirano povećanje kapaciteta na oko 800 tisuća m<sup>3</sup> za 1996. godinu. Prema planiranim kapacitetima Čile ostaje vodeća zemlja u proizvodnji MDF ploča u Južnoj Americi.

**ZND**

Područje nastalo raspadom SSSR-a ima signifikantno povećanje MDF kapaciteta od jednog postrojenja kapaciteta 60 tisuća m<sup>3</sup> u 1989. godini na sedam postrojenja ukupnoga godišnjeg kapaciteta oko 700 tisuća m<sup>3</sup> u 1996. godini. Proizvodnja se plasira isključivo na domaće tržište.

**Afrika**

U Africi djeluju tri MDF tvornice. Dvije su u Južnoafričkoj Republici, a jedna u Tunisu. Ukupni afrički kapaciteti za proizvodnju MDF ploča iznose 150 tisuća m<sup>3</sup>. U bliskoj se budućnosti ne planira nijedan projekt MDF pogona. Domaće potrebe od oko 80 tisuća m<sup>3</sup> godišnje zadovoljene su lokalnom proizvodnjom.

Oko polovice ukupne proizvodnje MDF ploča plasira se na tržište namještaja kao zamjena za masivno drvo i ploče na bazi drva.

U Europi i Sjevernoj Americi MDF ploče standardne debljine veće od 12 mm rabe se za namještaj.

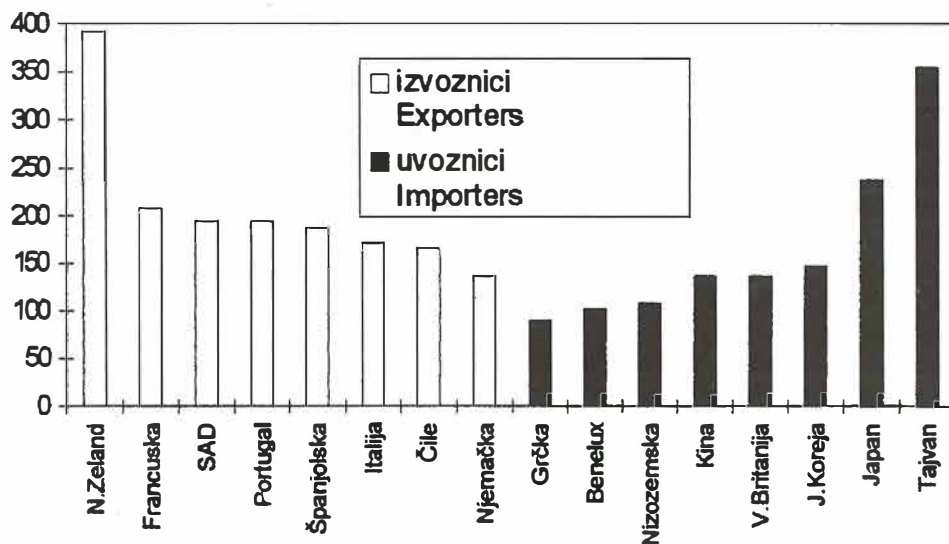
Na japanskom i azijskom tržištu MDF ploče su zamjena za oskudno uslojeno drvo i tvrde ploče, i to one čija je debljina između 3 i 6 mm.

**Tablica 2.**

*Svjetski kapaciteti MDF ploča u 1993. i očekivanja do kraja 1996. godine • The world MDF capacity in 1993 and expected by the end of 1996*

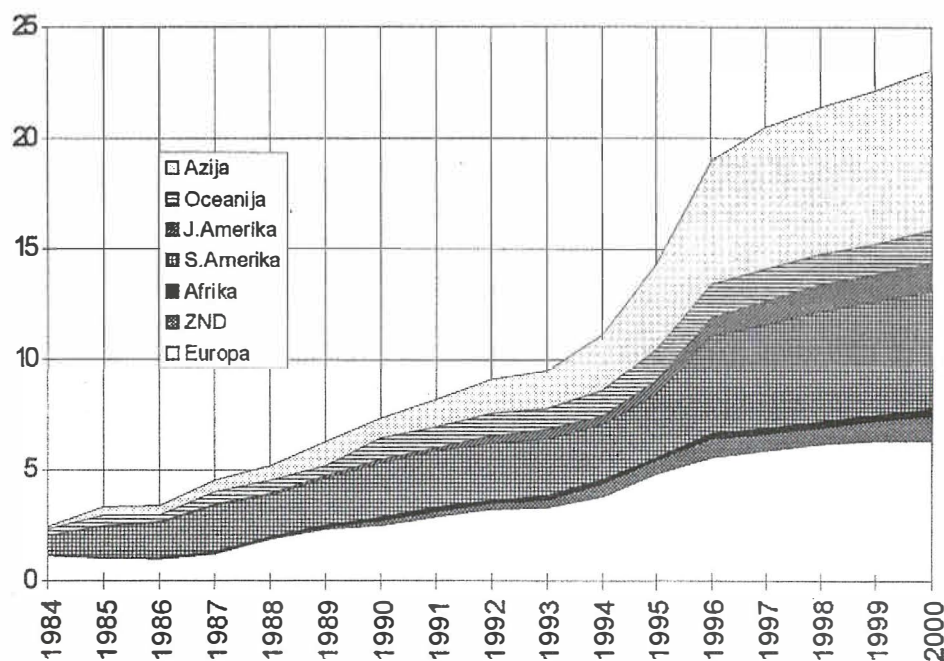
*Izvor: Sunds defibrator • Source: Sunds defibrator*

Područje Country	Pozicija Position	Proizvodni kapaciteti 1993. (Current capacity (tisuće m <sup>3</sup> ))	Pozicija Position	Proizvodni kapaciteti 1996. Current capacity (tisuće m <sup>3</sup> )	Povećanje kapaciteta Expansion of capacity (%)
SAD	1	2 280	1	3 350	47
Italija	2	800	4	1 100	37
Kina	3	700	3	1 200	71
Njemačka	4	615	2	1 355	120
Novi Zeland	5	600	13	600	0
ZND	6	600	11	700	17
Španjolska	7	550	14	550	0
Južna Koreja	8	550	7	1 000	82
Australija	9	450	12	700	56
Francuska	10	450	15	450	0
Japan	11	400	10	750	88
Malezija	12	400	6	1 000	150
Tajland	13	350	9	800	128
Kanada	-	300	5	1 100	266
Indonezija	-	-	8	800	-
Ukupno Total		9 045		15 455	71



Slika 3.

Najveći uvoznici i izvoznici MDF u 1993. godini, u tisućama m<sup>3</sup>. Major MDF Exporters and Importers in 1993, in thousands of m<sup>3</sup>. Izvor: Sunds defibrator. Source: Sunds defibrator



Slika 4.

Razvoj MDF kapaciteta po regijama za razdoblje 1984 - 2000. godine u milijunima m<sup>3</sup>. Regional MDF Capacity Development 1984 - 2000, in millions of m<sup>3</sup>. Izvor: Sunds defibrator. Source: Sunds defibrator

Slika 4. prikazuje stanje i trend razvoja svjetskih kapaciteta za proizvodnju MDF ploča prema kontinentima do kraja 2000. godine.

Razvoj MDF kapaciteta od 1984. godine do danas i planirani razvoj do 2000. godine zasnovan na pokazateljima tržišne potražnje pokazuje da su MDF ploče zaista traženi proizvod.

Osobito je važno da se MDF kapaciteti razvijaju na svim kontinentima, odnosno da je obuhvaćeno cjelokupno svjetsko tržište.

Posebno je bio snažan razvoj kapaciteta između 1993. i 1996. godine, zbog čega je u Europi čak nastala kriza na tržištu jer je ponuda znatno nadmašila potražnju. Stoga se u budućnosti očekuje malo blaži porast kapaciteta MDF postrojenja u Europi.

#### 4. ZAKLJUČAK 4. Conclusion

Na temelju studija literature i vlastitih spoznaja o proizvodnji, svojstvima i primjeni MDF ploča te statističkih pokazatelja stanja i trenda razvoja mogu se istaknuti ovi zaključci:

- MDF ploče se pojavljuju na tržištu 1967. godine, 1970. nema ih u ukupnoj strukturi svjetske potrošnje pločastog materijala, 1993. čine oko 6% svjetske potrošnje, a 2000. godine očekuje se da će taj udio biti čak oko 14%

- osnovni razlog razvoja MDF ploča na svjetskom tržištu jest nestašica kvalitetnog masivnog drva, a MDF ploče su u odnosu prema ostalom pločastom materijalu najbolja zamjena za masivno drvo

- u 1993. godini SAD su najveći svjetski proizvođač MDF ploča (2,1 milijun m<sup>3</sup>)

i najveći svjetski potrošač MDF ploča (1,9 milijuna m<sup>3</sup>)

- u 1993. godini najveći izvoznik MDF ploča je Novi Zeland, a uvoznik Tajvan

- najveći MDF kapaciteti krajem 1996. godine instalirani su u Aziji (6 milijuna m<sup>3</sup>), Europi (5,5 milijuna m<sup>3</sup>) i Sjevernoj Americi (4,5 milijuna m<sup>3</sup>, od čega u SAD-u 3,35 milijuna m<sup>3</sup>)

- do kraja 1996. godine u Europi su najveći kapaciteti za proizvodnju MDF ploča instalirani u Njemačkoj (1,36 milijuna m<sup>3</sup>), Italiji (1,10 milijuna m<sup>3</sup>) i Španjolskoj (0,55 milijuna m<sup>3</sup>)

- s obzirom na sve veću nestašicu kvalitetnog masivnog drva, gotovo neograničen sirovinski potencijal za proizvodnju MDF ploča te otvoreno svjetsko tržište, očekuje se i nadalje vrlo intenzivan razvoj MDF kapaciteta, znatan rast potrošnje i

povećanje udjela MDF ploča u strukturi svjetske potrošnje pločastog materijala.

## 5. LITERATURA

### 5. Reference

1. Ernst, K. 1997: Entwicklungsmöglichkeiten von MDF. Holz als Roh- und Werkstoff 55(1): 3-8.
2. FWI Wood International Ltd. 1995: Sunds Defibrator, Nr. 6. Hannover
3. International Wood Markets Research Inc. 1996: Wood Markets '96 Edition
4. Lundgren, G. 1994: Trends in Modern MDF Production. Washington, Pullman: Proceedings of the Twenty-Eighth WSU International particleboard/composite materials symposium, 125-137.
5. Vajda, P. 1994: MDF in the Nineties. Washington, Pullman: Proceedings of the Twenty-Eighth WSU International particleboard/composite materials symposium, 103-113.



Ivica Grbac

## Sajam drvodjeljstva, strojeva i namještaja International fair in Cologne

### DRVO U HIGH-TECH IZLOGU WOOD IN A HIGH-TECH SHOP WINDOW

**SAŽETAK** • U radu su prikazani noviteti na dvadesetom sajmu drvodjeljstva, strojeva i namještaja. Proizvođači namještaja i dalje čvrsto drže trend svjetlo drvo i svijetli namještaj jednostavne konstrukcije, s ugrađenim high-tech sklopovima.

Ovogodišnju ponudu okova i brava obilježili su novi patenti i duhovita rješenja za brzu montažu bez alata.

U ponudi strojeva prevladava CAD/CAM, a novi hardver i softver upravljaju svim procesima - od dizajna do pakiranja gotovih proizvoda. U proizvodnji strojeva za ojaštuceni namještaj do izražaja dolazi humanizacija radnog mjesta i ergonomska prilagodba. Ponuda tapetarskog pribora, tkanina za presvlake i kože bila je prilagođena najrazličitijim zahtjevima klijenata.

Na ovogodišnjem Interzumu drvo je u svim krojnim oblicima i svim stupnjevima obrade naišlo na veliku pozornost, uključivši piljenu građu, parkete pa sve do gotovih stuba od masivnog drva. Ovogodišnji INTERZUM dokazao je da drvo i drvne proizvode nova industrija vodi na neočekivane rubove zahvaljujući iznenadnom otkriću da se drvo i računalo međusobno skladno dopunjuju.

**Ključne riječi:** drvo i drvni materijali, tapetarski pribor i materijali za ojaštuceni namještaj, strojevi za ojaštuceni namještaj, podne obloge, okovi.

**SUMMARY** • The article presents the novelties from the twentieth fair for wood technology, machinery and furniture. The furniture manufacturers are still in the trend of the use of the light wood for a furniture of light, simple design with a lot of high-tech built-in equipment. The exposition of the fittings and hardware is characterized by new patents and inventive solutions for the quick assembly of furniture without tools.

The CAD/CAM technique dominates the range of woodworking machines, and a new software and hardware control all the processes - from the design to the packing of products. The production of machinery for upholstered furniture showed the ergonomic adjustments and humanization of the working places. The wide range of upholstery tools, decorative fabrics and leather is accustomed to the various demands of the clients.

Interzum '98 proved that wood in its natural form occupies everyone's attention, from the sawnwood and parquetry to the prefabricated solid wood stairways. The woodworking industry is widening the horizons of the use of wood regarding the amazing possibilities of the computer-aided design in wood.

**Key words:** wood and wood-based materials, upholstery tools, upholstery materials, upholstery machinery, floorings, furniture hardware.

Dvadeseti interzum otkrio je novi optimizam proizvođača, a nagle promjene te nova generacija kompjutoriziranih strojeva i pomagala privukle su neuobičajeno mnogo profesionalaca i stručnjaka iz 112 zemalja, čime se potvrdila vodeća uloga tog sajma u djelatnosti drvene gradnje i proizvodnje namještaja. Na prepun sajamski prostor smjestilo se čak 1610 izlagača iz 52 zemlje, koje su u Njemačku stigli sa svih strana svijeta. Bio je to "najmeđunarodniji" INTERZUM, s 79% inozemnih izlagača.

INTERZUM '97 očito je pravi "vitaminski" poticaj izlagačima jer su na svim područjima zaključeni dobri poslovi, i to među ljudima iz cijeloga svijeta. Najviše pozornosti privukli su ponuđači koji su u Köln došli s inovacijama i čvrsto se držali aktualnog trenda - svijetlo drvo i svijetli namještaj jednostavne konstrukcije, s ugrađenim high-tech sklopovima, na što se logično

nadovezala posebna izložba znakovitog naziva Digitalni namještaj - stopostotni CNC.

### IZLOG NA EKRANU

Ne žele li opasno zaostati u bliskoj budućnosti, proizvođači i trgovci namještaja morali bi s najvećom ozbiljnošću uzeti u obzir taj razvoj jer vrlo naglo širi integralno projektiranje (dizajniranje) namještaja i izbor prema želji kupaca iskazanoj u samom salonu, odakle se izravno i istodobno utječe na proizvodnju i finalizaciju svakog komada namještaja. Kupac već na ekranu odabire namještaj, a može ga i znatno promijeniti ili prilagoditi željenim dimenzijama. Nesumnjivo, namještaj budućnosti projektirat će se i izrađivati putem računalne mreže koja povezuje prodavaonicu i strojeve u tvornici.

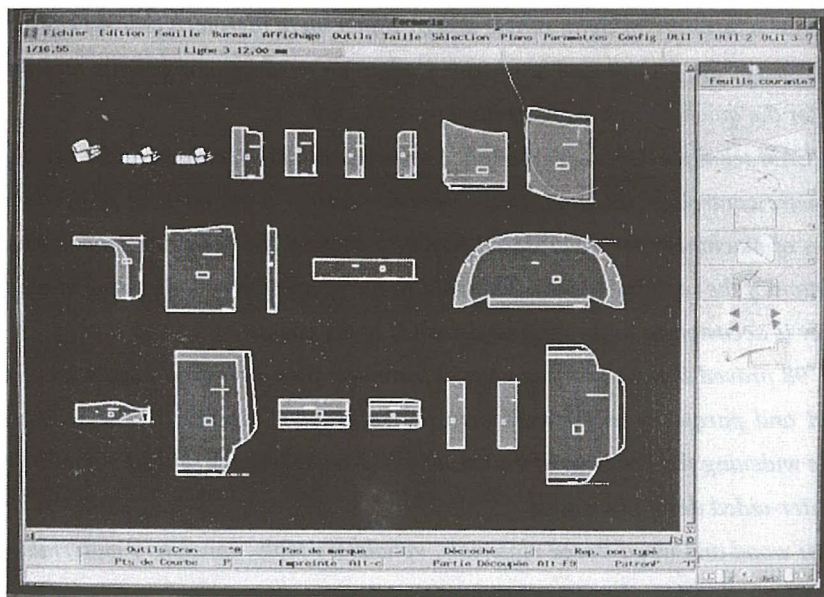
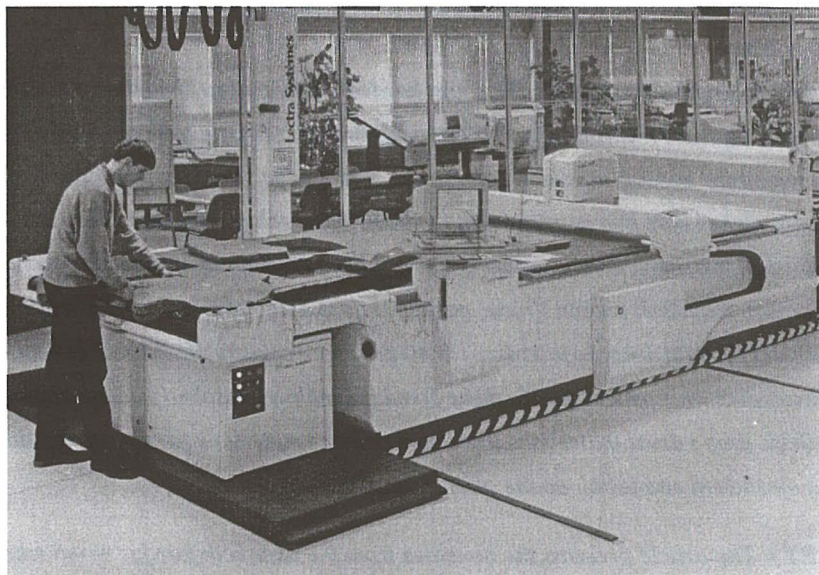
### Slika 1

#### NAMJEŠTAJ BUDUĆNOSTI.

Francuska tvrtka  
**LECTRA SYSTEMES** za  
proizvodnju kožnih i  
tekstilnih presvlaka  
ojastučnog namještaja,  
zahvaljujući  
CNC-tehnologiji, već  
danas nudi namještaj  
budućnosti.

Kompjutorski  
programirana  
proizvodnja povezana je  
sa salonima namještaja  
pa kupac može model  
prikazan na ekranu po  
želji mijenjati, uz  
individualan izbor boja i  
dezena.

Foto: Lectra Systemes





## Skika 2

**BLISTAVI  
DIJAMANT.** Podna obloga Dijamant (PO 2000) tvrtke Perstorp Flooring iznimno je elegantan mozaik od svijetlih, duguljastih trokutastih oblika fine strukture riblje kosti. Nenametljiva ljepota ovog poda ističe dizajn prostora. Iako na prvi pogled djeluje svjetlo i moderno, struktura je inspirirana talijanskim intarzijskim radom iz 15. stoljeća i podsjeća na staru europsku obrtničku vještinu.

Foto: Perstorp  
Flooring

## TRENDOVI

Ovogodišnju ponudu okova i brava obilježili su novi patenti i duhovita rješenja za brzu montažu bez alata, pri čemu se šarnirni ili kompletni sustavi za izvlačenje pričvršćuju tako reći golom rukom. Kako su proizvođači shvatili da bi uhodane metode u industriji i navike starih majstora mogle unedogled odgađati široku primjenu tih novosti, sve su upute napravljene s posebnom pozornošću i podjednako su razumljive profesionalcima i amaterima. Jednostavne i razumljive konstrukcije koje skraćuju vrijeme ugradnje namijenjene su profesionalnim monterima, a nude se uglavnom u kompletiranim paketima s okovima i priborom za brzu montažu. Tu su kuhinjski stupovi s umecima koji se lako vade, kompaktnija vrata, sklopiva ili pomična. Tako i prolazni garderobni ormar možete zatvoriti kliznim vratima sa samo gornjom vodilicom.

Montažni umeci i konstrukcije za potpuno izvlačenje ladica koji su prije nekoliko godina predstavljeni kao temeljit zaokret u opremi korpusnih elemenata u međuvremenu su znatno pojeftinili, što je znak da su s ekskluzivnih visina potonuli u sasvim uobičajenu ponudu.

Izlagачima ploča, letava i furnira sajam je donio mnogo zadovoljstva, no valja priznati da novosti izazvali odlično opće raspoloženje. Kako svijetla drva i dalje određuju dizajn, velika je potražnja bukova, javorova, johina, brezova i jasenova furnira, pri čemu svakako zanimljive akcente daju kvalitetna drva s mazerom. Ista se paleta pojavljuje i kod slojevitih ploča, koje se inače nude u sve više boja - čak u 120 jednobojnih

nijansi, a među vlaknaticama su izazvale senzaciju crne ploče medijapana (MDF).

Rezanje kamena na prave furnirske listove debljine samo tri milimetra omogućuje izradu ploča za kuhinjski i kupaoški namještaj, ali i za oblaganje zida drvnim pločama pokrivenim kamenom.

Rubne trake s izdržljivim folijama kojima je uzorak otisnut na poleđini imaju površinu otpornu na trljanje koja će izdržati i najintenzivniju upotrebu.

Novi materijali dekorativne površine daju krila stilistima jer su uzorci tiskani organskim bojama na papiru dosegnuli svoje prirodne predloške i zbunjujuću uvjerljivost pa je dekorativnu foliju teško razlikovati od pravog furnira.

Zanimljivo je da srednjoeuropsko tržište traži svijetlo drvo i kamen, a Istočna Europa uvozi pretežno tamnije nijanse orahovine. Proizvođači folija sve se više priklanjaju polipropilenu koji bolje podnosi toplinu i lakše se reciklira nego PVC. Boje i uzorci novog materijala prate trendove u drvu, a prevladavaju izrazito mat površine strukture koja uvelike podsjeća na breskvinu koru. Iskustvo je pokazalo da se lakše održavaju od ploha visokog sjaja, kojima je osjetno pala prodaja.

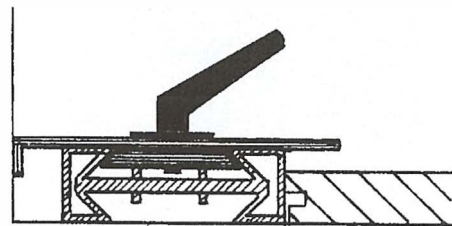
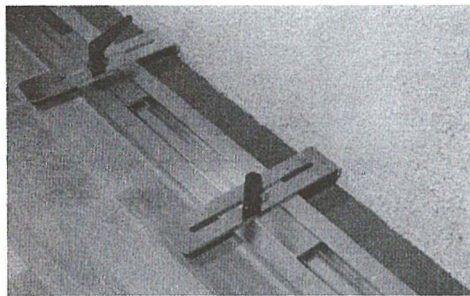
## POLUPROIZVODI

Vrlo razvijena ponuda polugotovih elemenata za proizvodnju namještaja jamči sve potpuniju obradu i veći izbor materijala i boja. Ti elementi koji se proizvode u vrlo velikim serijama snižuju cijenu gotovog namještaja jer se ugrađuju kao jedinstvena konstrukcijska osnova i gotovo tehničko rješenje kojem stilisti daju u krajnjoj fazi

Slika 3

*PARK-FIX novi je sustav za brzo, sigurno i fleksibilno polaganje parketa i laminatnih podnih obloga. Pojedini se paneli polažu potpuno ravno, bez fuga, i čvrsto nasjedaju. Zahvaljujući tome, nema prekida rada radi sušenja kao pri lijepljenju. Kompaktni šuplji aluminijski profil jamči stabilno postavljanje i uz neravne zidove i dovratnike. Može se primijeniti za sve plivajuće i lijepljene podne obloge jer se može prilagoditi svakom formatu.*

*PARK-FIX dugačak je 6 m, no dužina mu se može smanjiti prema potrebi. Sastoji se od pet tračnica za polaganje i deset razmaknica, a sve se to prenosi u posebnoj torbi. Pri namještanju PARK-FIX se pričvršćuje stezaljkom koja ima mjernu skalu za međudmak i razmak od zida. Dijelovi se (2 x 2, 1 x 1 i 2 x 0,5 metara) polažu pojedinačno na stezaljku i povezuju jedan s drugim, a razmaknicama se izravnava i određuje udaljenost od zida. Kad je pod pokriven, PARK-FIX se opet rastavi na dijelove i dopuni se prostor do zida.*



proizvodnje prepoznatljiv vanjski oblik. Najtraženije su ipak jednostavne drvene školjke za sjedala, uglavnom bukove površine, no i složeni mehanizam za prilagodbu visine stola ili nagiba naslonjača s novim jednostavnijim i fleksibilnijim tehničkim rješenjem odmah je našao zainteresirane proizvođače. Novost je dobro promišljena konstrukcija s neovisnim prilagođavanjem nagiba naslona i visine nogu, čime se različiti oblici naslonjača začas prilagođuju svakom tijelu.

Profila i letava ima više nego ikad, a oblici su im sve složeniji, tako da pomoću te metražne robe lako sastavljaju cijele konstrukcije. Tako se i drveni profil za ugradnju stakala u vrata, prozore, staklene pregrade ili vitrine nude u kompletima koji na masivnim letvama već imaju pripremljene trake za jednostavno ulaganje stakla različitih debljina.

#### LJUDI I STROJEVI

Kompjutori su promijenili strojeve u svim industrijskim granama pa ne čudi znatiželja profesionalaca koji su na sajmu zadivljeno promatrali potpuno robotizirane strojeve kako naizgled sami brzo i precizno obavljaju i one tipične obrtničke zahvate za koje smo donedavno vjerovali da se ničim ne mogu zamijeniti. Dok su pri obradi krutih i najčešće geometrijskih oblika drvenih elemenata stroj i kompjutor odavno preuzeli glavnu riječ, novost su tapetarski strojevi s rasponom ponude od kompletne opreme za industrijske pogone do praktičnih uređaja za obrtničke radionice. Očito je da su mali proizvođači i te kako profitirali preuzevši know-how od velikih. Iako dobri programi omogućuju obilje individualnih varijacija, industriji je zasad teško nuditi veliku raznolikost asortimana, što ostavlja prostora vještima majstorima.

Posvuda prevladava CAD/CAM, a novi hardver i softver upravljaju svim procesima - od dizajna do pakiranja gotovog proizvoda.

U proizvodnji ojaštuenog namještaja optimizirana je šablonska obrada, što

omogućuje brzu zamjenu boja ili uzorka tkanine, ali i trenutačni prijelaz npr. s izrade jednosjeda na dvosjed. Cutter-programiranje smanjuje otpad pri krojenju kariranih ili prugastih uzoraka. Štoviše, i nepravilni oblici prirodne kože sad se lako unaprijed mjere i kroje, a precizno elektronsko oko i senzori strojeva smanjuju otpad do razine koja svaku investiciju čini brzo isplativom.

Humanizacija radnog mjesta i dalje je cilj inovacija, no uz ergonomsku prilagodbu sad je pozornost usmjerena motivaciji radnika i kreativnom natjecanju. Zanimanje je pobudio i potpun zaokret u serijskoj proizvodnji, u kojoj npr. švelja više nije prikovana za jedan stroj na kojemu satima obavlja jedan ili nekoliko jednostavnih poslova već proizvod prati tijekom većeg dijela izrade i kreće se od stroja do stroja. Utjecaj raznolikosti i mogućnost inicijative već su potvrđeni iznenađujućom produktivnošću i kvalitetom gotovog proizvoda.

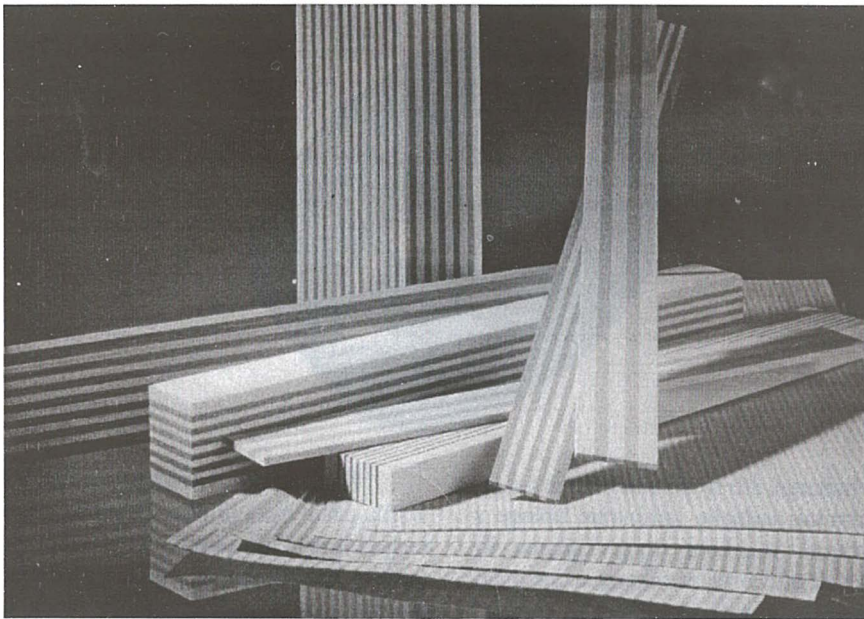
#### PRIBOR I MATERIJAL

Ponuda tapetarskog pribora, tkanina za presvlake i kože bila je prilagođena najrazličitijim zahtjevima klijenata. Novi netkani tapetarski materijali znatno su čvršći i stabilnijeg oblika, ali neusporedivo mekši. U proizvodnji na rznai visoke kvalitete jastuci za sjedala izrađuju se od silikoniziranih šupljih vlakana ili mješavine pjene i sitnoga gušćjeg perja, a leđa od mekih perjanih materijala.

Za kožu je ekološka obrada materijala sve jači prodajni argument, pa se naglo širi tehnologija štavljena bez kroma.

Veliko je zanimanje pobudio novi materijal od mikrovlakana koji izgleda kao prirodna glatka koža no bitno je otporniji na trljanje i neusporedivo se lakše održava. Kako materijal još i propušta vodenu paru, riješen je problem znojenja tijela na glatko ojaštuenom namještaju pa mu znalci proriču blistavu budućnost.

Pamuk je i nadalje najvažniji materijal za presvlačenje madraca, no sve se češće traže presvlake posebne kvalitete, s kontroliranom biološkom razgradnjom. Ni konoplja



**Slika 4**

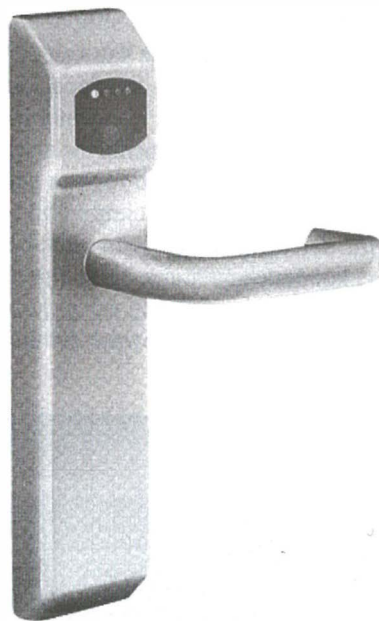
Njemačka tvrtka HEITZ iz Mallea proizvodi uslojeni furnir lijepljen specijalnim bijelim ljepljivom u obliku vrlo savitljivih, a otpornih rubnih traka za atraktivnu zaštitu ekstremnog polumjera.

i lan nisu izgubili ništa od svoje atraktivnosti i široko se primjenjuju čim se pojavi zahtjev za prirodnim materijalom.

#### POD, STROP I ZIDOVI

Ponuda drva za unutrašnje uređenje, strojeva za proizvodnju namještaja i drvenu građu kretala se od poda do stropa. Drvo u svim krojnim oblicima i svim stupnjevima obrade naišlo je na veliku pozornost, uključivši piljenu građu pa do gotovih stuba od masivnog drva. I u tome je očita prevlast svijetlih vrsta, od javora do bukve, od johe do breze. U jednog su proizvođača vrata primiješeni uzorci s intarzijama od raznovrsnog drva. Inače su ponuđači sobnih vrata pokazali raznovrsnost od seoskog stila do elegantnih staklenih vrata. Racionalna izrada i zdravstveno neškodljiva primjena bile su u središtu pozornosti ponuđača strojeva, npr. pile i postrojenja za krojenje imaju izvrsno odsisavanje prašine. Parketare su iznenadili novi strojevi za brzo i precizno polaganje parketa svih veličina i uzoraka, no nepodijeljene simpatije izazvao je uređaj za utrljavanje ulja i voska u drvo. Ta tradicionalna zaštita drva u high-tech ruhu našla je plodno tlo pripremljeno raznim ekološkim akcijama i općim težnjama za smanjenjem sintetičnih materijala u stanu. Stroj koji voskom ili prirodnim uljem, zagrijanim do 80 °C, čisti i konzervira drvene površine, sigurno bi izbezumio naše bake, no ni proizvođači lakova za parkete nisu bili manje uzbuđeni. Njihov protuudar zasad su samo vodeni lakovi s minimalnim udjelom otpada. Možda ćemo opet hodati po prirodnom drvu ulaštenom mirišljivim pastama?

Proizvođači klasičnog parketa u stopu



**Slika 5**

HÄFELE IMA RJEŠENJE ZA SVE Čim se spomene Häfele, dizajneri, konstruktori i proizvođači namještaja dižu glavu i pažljivo slušaju. Izložbeni prostor tog sofisticiranog proizvođača okova i pribora za izradu namještaja uvijek vrvi znatiželjnicima koji stalno otkrivaju nova rješenja za probleme pri proizvodnji namještaja.

DIABLOCK je digitalna elektronska brava, među prvima u svijetu. Sastoji se od brave s integriranim mikroprocesorom, master-clipa za individualno programiranje otvaranja/zatvaranja i key-clipsa, tj. elektroničkog ključa. Cijeli je sustav samostalan i ne ovisi o vanjskom napajanju.

prate industriju drvenih i laminatnih podloga i ploča pa se parket pojavio u cijelom spektru boja namijenjenih oblikovanju mozaičnih uzoraka. Bez obzira na boju, hrast je i nadalje bez premca, a poplavu tiskanih uzoraka u laminatnim podnim oblogama klasičan parket prati kombinacijama tamnijega i svjetlijeg drva, ponekad i s vrlo jakim kontrastima. Bogatstvu otisnutih uzoraka konkuriraju (mnogo skuplji) sustavi drvenih parketa u koje se uklapaju elementi od keramike, kamena ili mramora.

Dojam je da su neograničene mogućnosti u oblikovanju površine laminatnih obloga naprosto istisnule jednobojni pod. Svi nude savršeno otisnute strukture najrazličitijih vrsta drva, kamena i metala, uz koji se bez ikakve suzdržanosti pojavljuje npr. sisal. U kaotičnoj ponudi izbor olakšava tek jasno označena tvrdoća površine i otpor-

**Slika 6**

*DUO-FIX 2 spojnica je za sastavljanje korpusa bez stegača. Ta Häfelova nova plastična lamelna spojnica ima dvodijelno tijelo izrađeno od umjetne mase na kojemu su bočno postavljena razuporna pera. Oba su dijela spojnice privremeno spojena i stegnuta naponskim gumenim prstenom. Nakon uljepljivanja spojnice u 4-milimetarski utor prvog elementa pomoću PU-montažnog ljepila laganim se udarcem drugi sastavni element nabije svojim utorom na spojnicu. Pritom puca privremena veza, a gumeni prsten preuzima ulogu stegača.*



nost na habanje, što se odmah očituje i u cijeni. Prividno jednake laminatne obloge s dekorativnim uzorkom drva, kamena ili keramike zbunit će vas razlikama u cijeni, no nju određuje upravo kvaliteta i trajnost gornje površine.

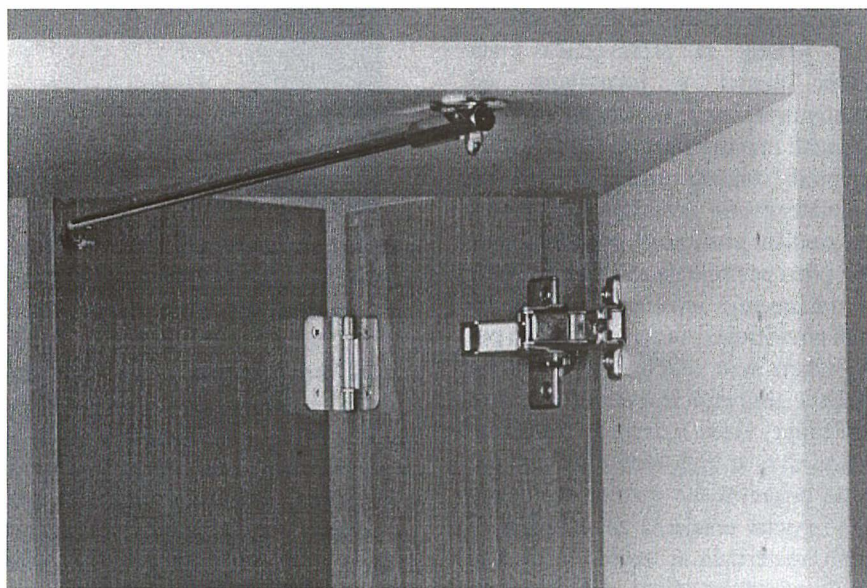
Slično je i sa zidnim i stropnim oblogama koje se sve više nude kao kompletni sustavi s pomno odabranim kombinacijama boja i već pripremljenim elementima za ugradnju rasvjete i ostalih kućnih instalacija. Dekorativnu zidnu plohu sad možete kupiti zajedno sa skrivenim (ukrašenim) ili vidljivim svjetiljkama te svim potrebnim rubnim i kutnim elementima. Tu su i profilirani dekorativni "frizovi" koji na spoju zida i stropa nude zaklonjene cjevaste žarulje za difuznu rasvjetu prostorije.

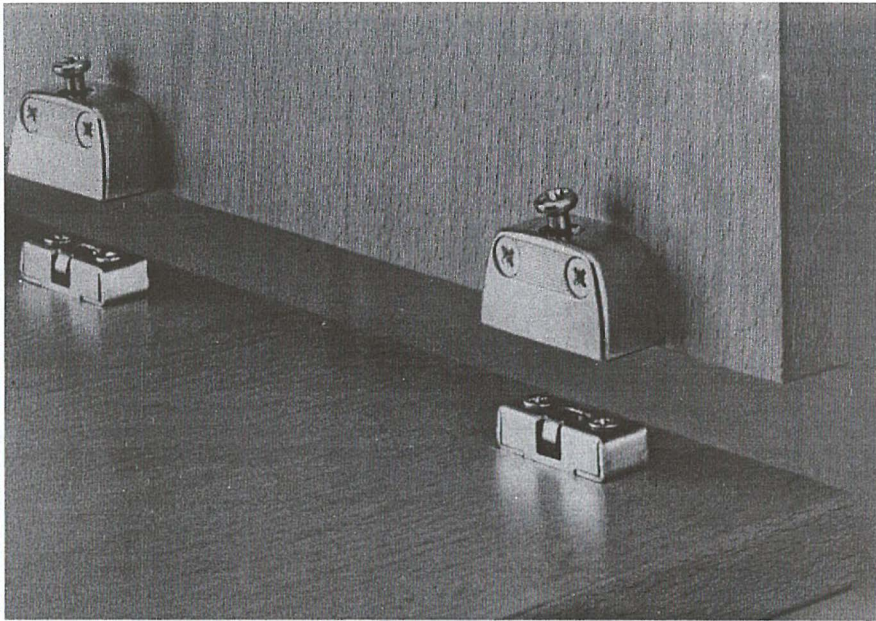
Kako atraktivne zidne i stropne obloge u stilu naših baka ili pak svemirskog laboratorija omogućuju munjevitu preobrazbu interijera bez struganja, "gletanja", bojenja i ličenja, industrija laminantnih ploča kreće prema vrtoglavom uzletu - izdržljiva površina koju ćete nakon nekoliko godina samo osvježiti mokrom krpom izazov je kojemu mnogi više ne mogu odoljeti. Dodate li tomu vješto naglašenu dodatnu zvučnu i toplinsku zaštitu, čini se da je dobrom starom zidu odzvonilo.

Ovogodišnji INTERZUM dokazao je da drvo i drvene proizvode nova industrija vodi na neočekivane putove zahvaljujući iznenadnom otkriću da se drvo i računala međusobno skladno dopunjuju.

**Slika 7**

*3 W VODILICA - preklopna vrata ormara štede prostor, no izrada prekopnih šarnira bila je dosad vrlo skupa. Häfeleova vodilica 3 W za vrata do širine 120 cm, sa segmentiranim krlima širine od 25 do 30 cm, znatno pojeftinjuje proizvodnju jer se ugrađuje bez posebne pripreme i zauzima malo prostora u ormaru. Pričvršćena okretnim zglobovima ispod gornje ploče ormara, ne smeta policama ili odjeći. Izrađuju se inačice za kutove otvaranja od 100 do 170°, a poseban element za prilagodbu izravnavava netočnost ugradnje od +1.5 mm.*





**Slika 8**

**RW CLIP-ON** spojnica za sastavljanje korpusnog namještaja daje iznimno čvrst kutni spoj i stabilnost pri većim opterećenjima. Za to su dovoljne dvije ruke, pa pri montaži ne trebate pomoćnika. Tako spojen namještaj možete jednako lako i rastaviti onoliko puta koliko vam treba.



**Slika 9**

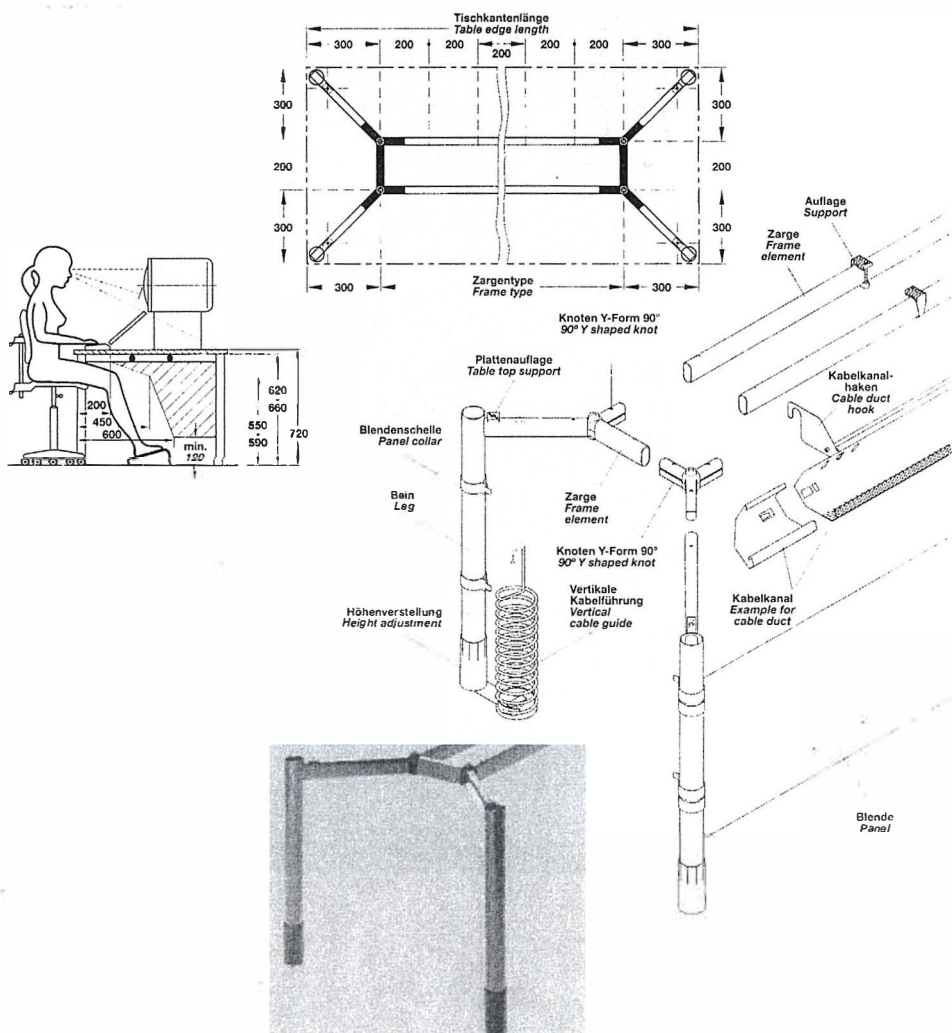
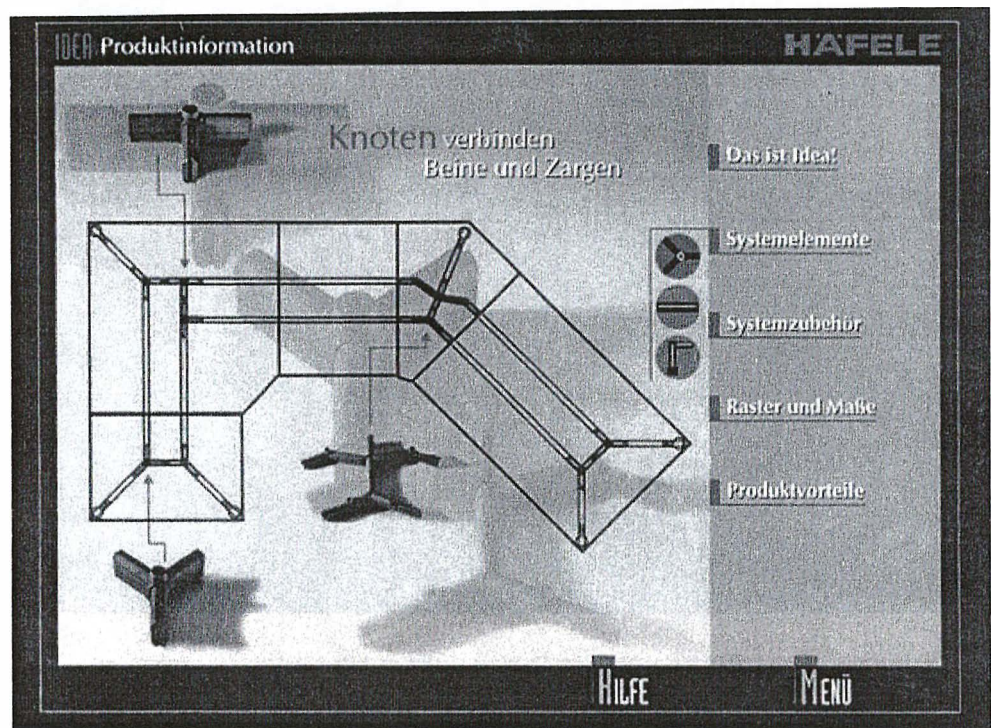
**WOODBOKS** je dokaz da drvena ladica u kuhinji ne gubi bitku s metalom i plastikom. Taj se sustav isporučuje u kitu: prednjica ladice montira se za sekundu, a cijela ladica za - minutu.

Slika 10

IDEA konstrukcije sastavljaju se bez uvrtanja vijka, naticanjem jednih elemenata u druge. Fleksibilnost sustavu daje raster mjera od 200 mm (crtež u crvenom okviru) za prilagodbu na mjestu sastavljanja.

SUSTAV IDEA. Iz Häfelea stiže još jedna praktična novost - IDEA, sustav modularanih elemenata za urede i blagovaonice koji rješavaju problem nefleksibilnih i glomaznih stolova što se štedi pakiraju, prevoze i premještaju iz sobe u sobu. Cijela mudrost IDEJE krije se u metalnim cjevastim i lako prilagodljivim nogama te šupljemu metalnom okviru u koji su ugrađeni kanali za lako postavljanje računalnih i ostalih kablova. Prednost IDEJE jest velika fleksibilnost i individualna prilagodljivost pa se može primijeniti na različitim tipovima i oblicima stolova, prema potrebi. Projektira se na ekranu, a modularno postolje omogućuje kombinacije u obliku osmerokuta, potkove ili krivudave neprekinute zmije kroz nekoliko soba.

Bez obzira na oblik stola, IDEA svojom konstrukcijom nudi širok raspon prilagođavanja.







**Slika 11**

**KLASIČNI PERGO.**  
Novi bukovi brodski pod Pergo-dekor po četiri letve (PO 2220) ima elegantnu, svijetlu strukturu drva koja izbija iz dugih, uskih, posebno složenih letava, što odmah privlači pogled. Taj je pod osobito lijep u velikim i modernim uređenim prostorima, te u otvorenim višenamjenskim prostorijama i blagovaonicama.

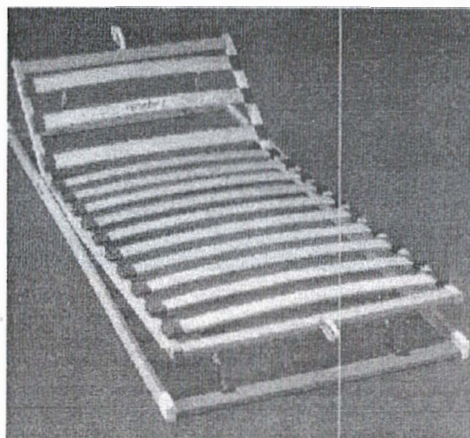
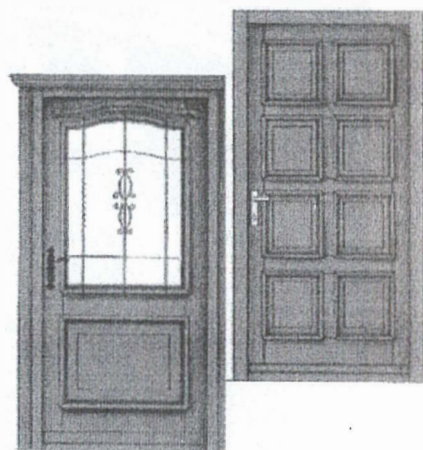
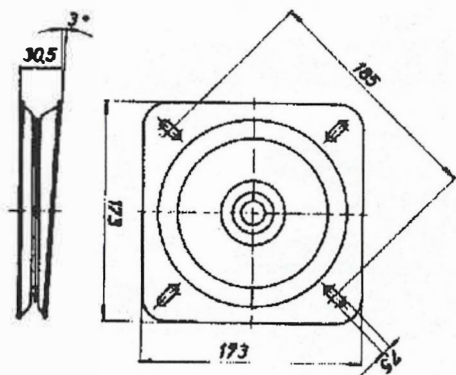
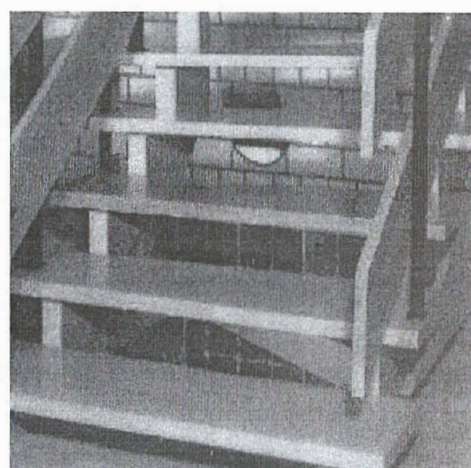
Foto: Perstorp  
Flooring

**Slika 12**

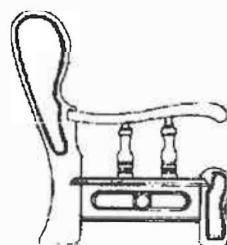
**DOMAĆI PARKET  
NA EUROTŽIŠTU**

Među malobrojnim hrvatskim izlagačima u Kölnu je najistaknutije mjesto opet imalo EXPORTDRVO. Cilj ovogodišnjeg nastupa našega najvećeg izvoznika drvnih proizvoda bila je ponuda domaćega masivnog i lamel parketa na europskom tržištu. Od ostalih drvnih proizvoda izložene su masivne ploče (hrast, bukva i jasen), furnirske ploče (FP) šperploče svih debljina, furniri, multipleks ploče, otpresci za izradu stolaca, elastične letvičaste krevetne podloge, elementi i sklopovi za namještaj, ulazna vrata, gazišta i ostali dijelovi za izradu stuba. Ovaj put EXPORTDRVO je predstavilo u Kölnu dvadesetak hrvatskih proizvođača koji su imali što ponuditi. Puno drvo iz zdravih šuma moglo bi ubuduće obilježiti našu ponudu, no valjalo bi se potruditi da to bude u obliku gotovih, fino obrađenih proizvoda (EXPORTDRVO, Zagreb, Marulićev trg 18, tel. 01/45-60-221, faks 01/45-60-317).

Foto: Grbac



**interzum '97  
2. – 6. Mai**





**Mladen Brezović, dipl. ing.** obranio je 07. lipnja 1996. godine na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu pred povjerenstvom u sastavu: prof. dr. sc. Vladimir Bruči, prof. dr. sc. Vladimir Sertić (oba sa Šumarskog fakulteta u Zagrebu) i prof. dr. sc. Zvonimir Janović (Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu) magistarski rad pod naslovom: "Izrada ploča iz uslojenog drva strukturno zaštićenih kemijskim vatrozaštitnim sredstvima" te time stekao pravo na akademski naslov magistra znanosti iz znanstvene oblasti biotehnike, znanstvenog područja drvna tehnologija. Mentor rada bio je prof. dr. sc. Vladimir Bruči a članovi povjerenstva za ocjenu magistarskog rada bili su isti pred kojima je i obranjen.

#### Podaci iz životopisa

Mr. sc. Mladen Brezović rođen je u Zagrebu 07. lipnja 1964. godine.

Na Drvnotehnološkom odsjeku Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu diplomirao je 1992. godine, te stekao zvanje diplomirani inženjer drvne industrije.

Od 15. travnja 1993. godine radi na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu kao znanstveni novak na projektu 4-04-030 "Razvoj novih tipova ploča na bazi drva".

Od 15. svinja 1995. godine stručni je suradnik u timu za atestiranje ploča iverica.

U istraživačko zvanje asistenta, u svojstvu znanstvenog novaka na projektu 4-04-030 "Razvoj novih tipova ploča na bazi drva", izabran je 17. listopada 1996. godine.

27. veljače 1997. izabran je u suradničko zvanje asistenta na predmetu Furniri, furnirske i stolarske ploče.

Član je Tehničkog odbora za Furnire, ploče i drvne poluproizvode u okviru Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo.

Član je Hrvatskog šumarskog društva, Hrvatskog mjeriteljskog društva i Društva sveučilišnih nastavnika i ostalih znanstvenika u Zagrebu.

Do sada je objavio u koautorstvu jedan znanstveni rad, tri stručna rada i sveučilišni laboratorijski priručnik.

#### Prikaz magistarskog rada

Magistarski rad Mladena Brezovića, dipl. ing. pod naslovom "Izrada ploča iz uslojenog drva strukturno zaštićenih kemijskim vatrozaštitnim sredstvima" sadrži 122 stranice strojem pisanog teksta u koji je uključeno 92 tablice, 23 slikovna prikaza i 29 izvora korištene literature. Magistarski rad podijeljen je na sažetak (na hrvatskom i engleskom jeziku), predgovor, 7 poglavlja i popis literature. Obradena su sljedeća poglavlja: Uvod, Osnovni pojmovi vezani uz izgaranje i povećanje vatrootpornosti drva i ploča na bazi drva, Zadatak rada, Sirovine potrebne za izradu ploča od uslojenog drva s povećanim vatrootpornim svojstvima, Metoda rada, Rezultati i diskusija te Zaključak.

#### 1. Uvod

U kratkom uvodnom dijelu autor je prikazao stanje u proizvodnji ploča iz uslojenog drva, usporedio fizička i mehanička svojstva furnirskih ploča i masivnog drva te ukazao na prednost ovih ploča ispred masivnog drva. Također, ukazao je na trend daljnjih povećanja proizvodnje i potrošnje ploča iz uslojenog drva u Republici Hrvatskoj i u svijetu.

#### 2. Osnovni pojmovi vezani uz izgaranje i povećanje vatrootpornosti drva i ploča na bazi drva

U ovom poglavlju autor je dao definicije pojmova na temelju važećih standarda, opisao proces sagorijevanja, utjecaj temperature na drvo i naveo glavne produkte pirolize celuloze. Nadalje, izlažu se načini i postupci zaštite od požara, neka svojstva drva koja utječu na razvoj požara i navode građevinski propisi koji se odnose na reakciju drva na vatru. Autor je, zatim, dao pregled odgovarajućih standarda koji se odnose na problematiku vatrootpornosti te načine ispitivanja i ocjenjivanja materijala i konstrukcija. Navedena su kemijska vatrozaštitna sredstva koja se koriste za izradu ploča s povećanim vatrootpornim svojstvima, ljepila koja se upotrebljavaju u proizvodnji ploča iz uslojenog drva, neka karakteristična svojstva karbamid-formalde-

hidnih ljepila i rezultate ranijih istraživanja izrade ploča iz uslojenog drva s povećanom vatrootpornošću.

### 3. Zadatak rada

Autor je kao zadatak naveo izradu ploča iz uslojenog drva s povećanom vatrootpornošću uz istovremeno zadržavanje fizičkih i mehaničkih svojstava iznad minimalno propisanih standardima. Osim toga potanako je naveo ciljeve istraživanja:

1. Proizvodnja troslojnih ploča od uslojenog drva strukturno zaštićenih kemijskim vatrozaštitnim sredstvima (boraks+ortoboratna kiselina) pri različitim količinama dodanog vatrozaštitnog sredstva,
2. Ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava ploča proizvedenih bez dodatka vatrozaštitnog sredstva, kao i ploče kojima je dodano vatrozaštitno sredstvo,
3. Određivanje gorivosti eksperimentalnih ploča metodom ognjene cijevi,
4. Analiza rezultata dobivenih ispitivanjem fizičkih, mehaničkih i vatrootpornih svojstava ploča.

Autor je opisao način rada i naveo broj izrađenih laboratorijskih ploča i uzoraka za ispitivanje:

- ukupno je izrađeno osam ploča iz uslojenog drva, dvije bez dodatka vatrozaštitnog sredstva i po dvije ploče tretirane s 6, 10 i 14 %-tnom otopinom vatrozaštitnog sredstva,
- iz svake je ploče uzeto po deset uzoraka za ispitivanje gorivosti metodom ognjene cijevi
- ukupno je izrađeno ispitnih uzoraka:
  - za ispitivanje fizičkih svojstava 240
  - za ispitivanje mehaničkih svojstava 400
- za ocjenu gorivosti metodom ognjene cijevi 48

U istom poglavlju opisan je i postupak određivanja vatrootpornosti gubitkom mase metodom "ognjene cijevi" i prikazana je aparatura kojom se određuje gubitak na masi.

### 4. Sirovine potrebne za izradu ploča iz uslojenog drva s povećanim vatrootpornim svojstvima

U ovom su poglavlju date karakteristike furnira (vrsta drva iz koje je izrađen, sadržaj vode, dimenzije, način izrade i estetska ocjena kvalitete). Također su data i svojstva korištenog karbamid-formaldehidnog ljepila, receptura i nanos ljepila. Autor je dao i osnovna svojstva upotrebljenih vatrozaštitnih sredstava te omjere u kojima je ta sredstva koristio.

### 5. Metoda rada

Opisan je plan pokusa i prikazan postupak izrade laboratorijskih ploča zaštićenih i nezaštićenih s kemijskim vatrozaštitnim sredstvima.

Dani su tehnološki parametri korišteni prilikom proizvodnje ploča. Također prikazano je upijanje i retencija vatrozaštitnih sredstava u furnir te uspoređene dobivene vrijednosti s onima iz literature.

### 6. Rezultati i diskusija

U ovom poglavlju opisani su postupci za ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava ploča, prikazana shema uzimanja uzoraka, te su dani rezultati ispitivanja ovih svojstava ploča i to: debljine, gustoće, sadržaja vode, savojne čvrstoće (usporedno i okomito na vlakanca vanjskog furnira), vlačne čvrstoće (usporedno i okomito na vlakanca vanjskog furnira) i čvrstoće u sloj u ljepila. Osim fizičkih i mehaničkih svojstava ovdje su prikazani i rezultati ispitivanja gorivosti gubitkom mase metodom "ognjene cijevi".

Svi rezultati ispitivanja ploča iz uslojenog drva koje su bile zaštićene s vatrozaštitnim sredstvima uspoređeni su s onima kod nezaštićenih ploča. U analizi rezultata autor je ukazao na utjecaj količine dodanog sredstva na povećanje vatrootpornih svojstava proizvedenih ploča te da količina dodanog sredstva nije bitno utjecala prvenstveno na čvrstoću sljepljenog spoja, ali također niti na ostala fizička i mehanička svojstva. Na kraju poglavlja prikazana je ovisnost gubitka mase o količini dodanog vatrozaštitnog sredstva, regresijski pravac te ovisnosti i izračunata jednadžba tog regresijskog pravca. Rezultati su prikazani grafički i tabelarno.

### 7. Zaključak

Autor je u ovom poglavlju izveo zaključke na temelju provedenih eksperimentalnih radova: o utjecaju vatrozaštitnih sredstava na fizička i mehanička svojstva ploča iz uslojenog drva, o utjecaju količine dodanih vatrozaštitnih sredstava na sustav ljepilo-drvo, o utjecaju dodanih vatrozaštitnih sredstava na gubitak mase kao pokazatelj vatrootpornosti materijala te dao preporuku za vrstu vatrozaštitnih sredstava, međusobni omjer kemikalija i količinu koja se dodaje u furnir.

### Ocjena rada

Polazeći od spoznaje da nas proizvodi od drva ili materijala na bazi drva svakod-

neveno okružuju kako u našoj životnoj, tako i u radnoj sredini a da se s druge strane drvo i drveni proizvodi svrstavaju u grupu lako zapaljivih materijala te da su oni potencijalna opasnost od širenja požara odabrana tema magistarskog rada predstavlja interesantan istraživački projekt koji obrađuje aktualnu problematiku koja je predmetom istraživanja i mnogih vodećih svjetskih instituta.

U laboratorijima Šumarskog fakulteta i pogonima drvne industrije autor je izvršio niz prethodnih istraživanja mogućnosti izrade ploča iz uslojenog drva s povećanom vatrootpornošću s ciljem odabira kemijskih sredstava za povećanje vatrootpornosti. Metodom eliminacije dobivena je grupa kemijskih spojeva koji povećavaju vatrootpornost a da bitno ne narušavaju fizička i mehanička svojstva drvnih ploča. Iz te grupe kemijskih spojeva autor je odabrao one za koje je smatrao da će dati najoptimalnije rezultate.

Uočene spoznaje proširio je i obogatio studiranjem znanstvene literature najznačajnijih stranih (Le Van, Rowen, Winandy...) i domaćih (Bruči, Penzar, Petrović, Salah...) znanstvenika u području tehnologije ploča koji su se bavili ovom problematikom.

Navedene spoznaje omogućile su autoru da pristupi rješavanju ove problematike s velikom vjerojatnošću dobivanja pozitivnog rezultata pokusa.

Na osnovi dobivenih rezultata istraživanja autor je došao do pozitivnih rezultata koji jednim dijelom verificiraju rezultate dosadašnjih istraživanja ali i daju nove spoznaje koje predstavljaju značajan prilog znanosti.

Prof. dr. sc. Vladimir Bruči

**ŠTO JE NOVO U FURNIRU**  
 odsad možete ovdje na INTERNETU  
 www.furnir.com  
 e-mail: furnir@furnir.com

**FURNIR**  
 GROUP

**WELCOME TO FURNIR'S  
 WONDERFUL WORLD OF  
 WOOD**

We're glad to have you here!  
 Although our site is mostly dedicated to our customers, current and future,  
 you are all invited to surf through this pages and learn just a little more about wood production.  
 You may check company information pages or you may go straight to feedback form and leave a note for us.  
 but this is not the best place to start your search for a new home page.

**DUBROVNIK**  
**BRASS -DESIGN**  
**FURNIR**  
 Dubrovnik, Batala bb  
 tel. 020/411-482

**OSIJEK**  
**LESNINA LGM - FURNIR**  
 31000 Osijek, Ulica jablanova bb  
 tel. 031/178-126

**PULA**  
**BAESA INTERIJERI**  
**FURNIR**  
 52000 Pula, Jeretova bb  
 tel. 052/215-245

**SPLIT**  
**AMG - FURNIR**  
 21000 Split, Solinska cesta 84a  
 tel. 021/212-912

**VINKOVCI**  
**SPAČVA - FURNIR**  
 32000 Vinkovci, Duga ulica 181  
 Prodajno Izložbeni salon:  
 Duga ulica 23  
 tel. 032/331-077, 334-439

**PLETERNICA**  
**VEXTER - FURNIR**  
 34310 Pleternica, Kralja Zvonimira bb  
 tel. 034/251-082

**ZAGREB**  
**Heinzelova 34**  
**Telefon 01/415-630**  
**Telefaks: 01/448-744**

**DOBRODOŠLI U FURNIROV SVIJET DRVA!**

# BRESTOVINA

## NAZIVI

BRESTOVINA podrazumijeva drvo raznih vrsta botaničkog roda *Ulmus* spp., iz porodice Ulmaceae. U Europi se najčešće misli na poljski brijest (*U. carpinifolia* Gleditsch.), gorski brijest (*U. glabra* Huds.) i vez (*U. laevis* Pall.). Strani nazivi za poljski/gorski brijest su Feldulme, Rotruster/Bergulme (Njemačka), elm (SAD, Velika Britanija), orme cham-petre/orme de montage (Francuska), olmo campestre/olmo montano (Italija).

## NALAZIŠTE

Poljski brijest raste u ravničarskim predjelima srednje, južne i zapadne Europe i prelazi u sjeverozapadnu Afriku i Malu Aziju. Sjeverna granica rasprostranjenja prolazi kroz sjevernu Njemačku, Poljsku i Ukrajinu.

Gorski brijest je rasprostranjen u brdskim područjima i plan-  
inskim područjima Europe na sjeveru do Škotske, Skandi-  
navije (do 67%), Finske i Rusije sve do Kavkaza. Na jugu  
prelazi u gorje sjeverne Male Azije, te sjeverne Perzije.

## STABLO

Stablo je visoko od 20 do 35 m, široke i razgranjene krošnje. Dužina čistog debla je od 10 do 15 m, sa srednjim promjerom od 1 do 1,5 m. Deblo je valjkasto, kora u mladosti glatka, smeđastosiva, kasnije uzdužno ispucana, tamnosmeđa, bogata vlakancima lika (*U. carpinifolia*), duboko uzdužno izbradana, slična hrastu, crnosmeđa (*U. glabra*).

## DRVO

### Makroskopska obilježja

Brestovina je drvo s čokoladno smeđom (*U. carpinifolia*) do svijetlosmeđom (*U. glabra*) srži, uske žučkastobijele bjeljike. Godovi i pore ranog drva uočljivi su na poprečnom presjeku običnim okom. Drvni traci i pore kasnog drva vide se uz pomoć povećala. Pore kasnog drva čine brojne, isprekidane, valovite tangente i koso tangentne jednoredne nizove (*U. carpinifolia*) ili višeredne manje isprekidane (*U. glabra*) i neprekinute (*U. laevis*) trake. Na radijalnim površinama uočljivi su drvni traci kao područja tamnijeg sjaja.

### Mikroskopska obilježja

Brestovina je prstenastoporozna sa krupnim porama ranog drva u jednom do tri niza, s porama kasnog drva u tangentnim vrpčama. Članci traheja ranog drva su bez spiralnih zadebljanja, srednjeg promjera 200 do 250  $\mu\text{m}$ , vrlo su brojni, od 35 do 65 na 1  $\text{mm}^2$  poprečnog presjeka. Članci traheja kasnog drva imaju spiralna zadebljanja, srednjeg promjera 20 do 60  $\mu\text{m}$ , vrlo mnogobrojne oko 230 na 1  $\text{mm}^2$  poprečnog presjeka. U trahejama ranog drva nalaze se tankostijene tile. Volumni udjel traheja u drvu iznosi oko 30 %.

Aksijalni parenhin je apotrahealan marginalan, paratrahealan nepotpun i paratrahealan vazicentričan, sa volumnim udjelom oko 6 %. Drvni traci su nepravilno raspoređeni, homogeni, visine 15 do 20 stanica, širine 3 do 6 stanica, gustoće 5 do 7 na 1  $\text{mm}$  u tangentnom smjeru. Volumni udjel drvnih trakova je oko 14 %. Drvna vlakanca su libriformska i

vlaknaste traheide srednje dužine 1,2  $\text{mm}$ , sa debljinom staničnih stijenki od 2,2 do 3,9  $\mu\text{m}$ , promjera od 4,4 do 9,9  $\mu\text{m}$ . U kasnom drvu su često sa spiralnim zadebljanjima. Volumni udjel vlakancaca u drvu je oko 51 %.

### Fizička svojstva

Gustoća standardno suhog drva ( $\rho_0$ )	440...640...820 $\text{kg/m}^3$
Gustoća prosušenog drva ( $\rho_{12-15}$ )	480...680...860 $\text{kg/m}^3$
Gustoća sirovog drva ( $\rho_s$ )	730...850...1180 $\text{kg/m}^3$
Poroznost	oko 58%
Radijalno utezanje ( $\beta_r$ )	oko 4,6 %
Tangentno utezanje ( $\beta_t$ )	oko 8,3 %
Volumno utezanje ( $\beta_v$ )	oko 13,2 %

### Mehanička svojstva

Čvrstoća na tlak	33...56...73 MPa
Čvrstoća na vlak, paralelno s vlakancima	65...80...210 MPa
Čvrstoća na savijanje	56...89...200 MPa
Čvrstoća na smik	7...10,5 MPa
Tvrdoća (po Brinellu), paralelno s vlakancima	oko 64 MPa
okomito na vlakanca	oko 30 MPa
Modul elastičnosti	59...110...160 GPa

### Tehnološka svojstva

#### Obradljivost

Brestovina se teško cijepa, jako se uteže, dobro se obrađuje, čavla, lijepi i polira. Prosušena brestovina, pravilne žice i bez kvržica vrlo je pogodna za savijanje.

#### Sušenje

Suši se prilično dobro i prilično brzo. Moguće je vitoperenje. Preporuča se pažljivo slaganje u složaje sa malim razmacima letvica.

#### Trajnost

Brestovina je podložna napadu bjeljikara (*Lyctidae* spp) i i kuckara (točkastog drvotočca - *Anobium punctatum* de Geer.). Srž nije trajna u uvjetima podložnim truljenju. Za uporabu na otvorenom preporuča se kemijska zaštita. Srž se zbog slabe permeabilnosti i teško impregnira.

#### Uporaba

Brestovina ima široku uporabu jer je čvrsta i tvrda za svoju težinu. Kao konstrukcijsko drvo koristi se za unutarnju i vanjsku gradnju osobito za visokogradnje, ceste, zaustave, mostove, brodogradnju i gradnju željezničkih vagona. Pogodna je za izdržljive čavlane kutije i letvarice. Može se koristiti za obloge, parkete i namještaj. Zbog ukrasne teksture vrlo je cijenjeno drvo u tokarstvu. Visokokvalitetni ukrasni furniri za oblaganje i namještaj režu se iz odabranih trupaca posebne teksture.

#### Sirovina

Trupci za furnir, trupci za piljenje, piljena građa, neokrajčane piljenice.

J. Trajković i R. Despot

## Upute autorima

Sve autore molimo da prije predaje rukopisa pažljivo prouče sljedeća pravila. To će poboljšati suradnju urednika i autora te pridonijeti skraćenoj razdoblju od predaje do objavljivanja radova. Rukopisi koji budu odstupali od ovih odredbi i ne budu udovoljavali formalnim zahtjevima bit će vraćeni autorima radi ispravaka, i to prije razmatranja i recenzije.

### Opće odredbe

Časopis "Drvena industrija" objavljuje izvorne znanstvene, stručne i pregledne radove, prethodna priopćenja, izlaganja sa savjetovanja, stručne obavijesti, bibliografske radove, pregledne priloge s područja iskorištavanja šuma, biologije, kemije, fizike i tehnologije drva, pulpe i papira te drvni proizvodi, uključujući i proizvodnju, upravljačku i tržišnu problematiku u drvnoj industriji.

Predaja rukopisa razumijeva uvjet da rad nije već predan negdje drugdje radi objavljivanja i da nije već objavljen (osim sažetka, dijelova objavljenih predavanja ili magistarskih radova odnosno disertacija, što mora biti navedeno u napomeni); da su objavljivanje odobrili svi suautori (ako ih ima) i ovlaštene osobe ustanove u kojoj je rad proveden. Kad je rad prihvaćen za objavljivanje, autori pristaju na automatsko prenošenje izdavačkih prava na izdavača te pristaju da rad ne bude objavljen drugdje niti na drugom jeziku bez odobrenja nositelja izdavačkih prava.

Znanstveni i stručni radovi objavljuju se na hrvatskome uz širi sažetak na engleskome ili njemačkome, ili se pak rad objavljuje na engleskome ili njemačkome, s proširenim sažetkom na hrvatskom jeziku. Naslovi i svi važni rezultati trebaju biti dani dvojezično. Ostali se članci uglavnom objavljuju na hrvatskome. Uredništvo osigurava inozemnim autorima prijevod na hrvatski.

Znanstveni i stručni radovi podliježu temeljitoj recenziji bar dva izabranih recenzenta. Izbor recenzenta i odluku o klasifikaciji i prihvaćanju članka (prema preporukama recenzenta) donosi Urednički odbor.

Svi prilogi podvrgavaju se jezičnoj obradi. Urednici će zahtijevati od autora da prilagode tekst preporukama recenzenta i lektora, a urednici zadržavaju i pravo da predlože skraćivanje i poboljšanje teksta.

Autori su potpuno odgovorni za svoje priloge. Podrazumijeva se da je autor pribavio dozvolu za objavljivanje dijelova teksta što je već negdje drugdje objavljen, te da objavljivanje članka ne ugrožava prava pojedinca ili pravne osobe. Radovi moraju izvještavati o istinitim znanstvenim ili tehničkim postignućima. Autori su odgovorni za terminološku i metrološku usklađenost svojih priloga.

Radovi se, u dva primjerka, šalju na adresu:

Uredništvo časopisa "Drvena industrija"  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb.

### Rukopisi

Tekst mora biti brižno pripremljen s obzirom na sažetost i odrednice stila i jezika da bi se izbjegli ispravci pri ispravljanju tiskarskog sloga.

Predani rukopisi smiju sadržavati najviše 15 jednostrano pisanih DIN A4 listova s dvosturkim proredom (30 redaka na stranici), uključujući i tablice, slike i popis literature, dodatke i ostale priloge. Dulje članke je preporučljivo podijeliti u dva ili više nastavaka.

Uredništvo uz ispis prihvaća i diskete formatirane na IBM kompatibilnim osobnim računalicama s tekstem obrađenim u procesorima Word Perfect 5.1, Word Perfect for Windows 5.1/5.2 i Microsoft Word.

Prva stranica poslanog rada treba sadržavati puni naslov na hrvatskome i engleskome, ime(na) i prezime(na) autora, podatke o zaposlenju (ustanova, grad i država), te sažetak s ključnim riječima na hrvatskome (približno 1/2 DIN A4 stranice, u obliku bibliografskog sažetka).

Znanstveni i stručni radovi na sljedećim stranicama trebaju imati i naslov, prošireni sažetak i ključne riječi na jeziku različitom od onoga na kojem je pisan tekst članka (npr. za članak pisan na engleskome ili njemačkome naslov, prošireni sažetak i ključne riječi trebaju biti na hrvatskome, i obratno). Prošireni sažetak (približno 1/2 stranice DIN A4), uz rezultate, trebao bi omogućiti čitatelju koji se ne služi jezikom kojim je pisan članak potpuno razumijevanje cilja rada, osnovnih odrednica pokusa, rezultata s bitnim obrazloženjima te autorovih zaključaka.

Posljednja stranica sadrži titulu, zanimanje, zvanje i adresu (svakog) autora, s naznakom osobe s kojom će Uredništvo biti u vezi.

Znanstveni i stručni radovi moraju biti sažeti i precizni, uz izbjegavanje dugačkih uvoda. Osnovna poglavlja trebaju biti označena odgovarajućim podnaslovima. Napomene se ispisuju na dnu pripadajuće stranice, a običuju se susljedno. One koje se odnose na naslov označuju se zvjezdicom, a ostale natpisnim (uzdignutim) arapskim brojkama. Napomene koje se odnose na tablice pišu se ispod tablice, a označavaju se uzdignutim malim pisanim slovima abecednim re-

dom. Latinska imena pisana kosim slovima trebaju biti podcrtana. U uvodu treba definirati problem i, koliko je moguće, predočiti granice postojećih spoznaja, tako da se čitateljima koji se ne bave područjem o kojemu je riječ omogući razumijevanje namjera autora. Materijal i metode trebaju biti što preciznije opisane da omoguće drugim znanstvenicima obnavljanje pokusa. Glavni eksperimentalni podaci trebaju biti dvojezično navedeni.

**Rezultati** trebaju obuhvatiti samo materijal koji se izravno odnosi na predmet. Obvezatna je primjena metričkog sustava. Preporučuju se SI jedinice. Rjeđe rabljene fizikalne vrijednosti, simboli i jedinice trebaju biti objašnjeni pri prvom spominjanju u tekstu. Osobito pazorno treba prikazati formule, ako je moguće u jednom retku, s jasnim razlikovanjem broja 0 i slova "o", kao i slova "I" i brojke 1. Jedinice se pišu normalnim (uspravnim) slovima a fizikalni simboli i faktori kosim slovima. Formule se susljedno obročavaju arapskim brojkama u zagradama, npr. (1) na kraju retka.

Broj slika mora biti ograničen na samo one koje su prijeko potrebne za pojašnjenje teksta. Isti podaci ne smiju biti navedeni u tablici i na slici. Slike i tablice trebaju biti zasebno obročene arapskim brojkama, a u tekstu se na njih upućuje jasnim naznakama ("tablica 1" ili "slika 1"). Naznaka željenog položaja tablice ili slike u tekstu treba biti navedena na margini. Svaka tablica i slika treba biti prikazana na zasebnoj listu, a njihovi naslovi moraju biti tiskani na posebnim listovima, i to redosljedom. Naslovi, zaglavlja, legende i sav ostali tekst u slikama i tablicama treba biti pisan hrvatskim i engleskim ili hrvatskim i njemačkim jezikom.

Slike i tablice trebaju biti potpune i jasno razumljive bez pozivanja na tekst priloga. Naslove slika i crteža ne pisati velikim tiskanim slovima. Uputno je da crteži odgovaraju stilu časopisa i da budu izvedeni tušem ili tiskani na laserskom tiskalu. Tekstu treba priložiti izvorne crteže ili fotografske kopije. Slova i brojke moraju biti dovoljno veliki da budu lako čitljivi nakon smanjenja širine slike ili tablice na 130 ili 62 mm. Fotografije trebaju biti crno-bijele; one u boji tiskaju se samo na poseban zahtjev, a trošak tiskanja u boji podmiruje autor. Fotografije i fotomikrografije moraju biti izvedene na sjajnom papiru s jakim kontrastom. Fotomikrografije trebaju imati naznaku uvećanja, poželjno u mikrometrima. Uvećanje je može biti dodatno naznačeno na kraju naslova slike, npr. "uvećanje 7500 : 1".

Svaka ilustracija na poleđeni treba imati svoj broj i naznaku orijentacije te ime (prvog) autora i skraćeni naslov članka. Originalne se ilustracije ne vraćaju autorima.

**Diskusija i zaključak** mogu, ako autori tako žele, biti spojeni u jedan odjeljak. U tom tekstu treba objasniti rezultate s obzirom na problem koji je postavljen u uvodu u odnosu prema odgovarajućim opažanjima autora ili drugih istraživača. Valja izbjegavati ponavljanje podataka već iznesenih u odjeljku "Rezultati". Mogu se razmotriti naznake za dalja istraživanja ili primjenu. Ako su rezultati i diskusija spojeni u isti odjeljak, zaključke je nužno iskazati odvojeno.

**Zahvale** se navode na kraju rukopisa.

Odgovaraću literaturu treba citirati u tekstu i to prema harvardskom ("ime - godina") sustavu, npr. (Bađun, 1965). Nadalje, bibliografija mora biti navedena na kraju teksta, i to abecednim redom prezimena autora, s naslovima i potpunim navodima bibliografskih referenci. Nazive časopisa treba skratiti prema publikacijama Biological Abstracts, Chemical Abstracts, Forestry Abstracts ili Forest Products Abstracts. Popis literature mora biti selektivan, osim u preglednim radovima. Primjeri navođenja:

Članci u časopisima: Prezime autora, inicijal(i) osobnog imena, godina: naslov. Skraćeni naziv časopisa, godište (ev. broj): stranice (od - do). Primjer:

Bađun, S. 1965: *Fizička i mehanička svojstva hrastovine iz šumskih predjela Ludbrenik, Lipovljani. Drvena ind. 16 (1/2): 2 - 8.*

Knjige: Prezime autora, inicijal(i) osobnog imena, godina: naslov. (ev. izdavač-editor): izdanje (ev. tom). Mjesto izdavanja, izdavač, (ev. stranice od - do). Primjeri:

Krpan, J. 1970: *Tehnologija furnira iploča. Drugo izdanje. Zagreb: Tehnička knjiga*

Wilson, J.W.; Wellwood, R.W. 1965: *Intra-increment chemical properties of certain western canadian coniferous species. U: W. A. Côté, Jr. (Ed.): Cellular Ultrastructure of Woody Plants. Syracuse, N.Y., Syracuse Univ. Press, pp. 551-559.*

Ostale publikacije (brošure, studije itd.):

Müller, D. 1977: *Beitrag zur Klassifizierung asiatischer Baumarten. Mitteilung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Nr. 98. Hamburg: M. Wiederbusch.*

### Tiskani slog i primjerci

Autoru se prije konačnog tiska šalju po dva primjerka tiskanog sloga. Jedan primjerak treba pažljivo ispraviti upotrebom međunarodno prihvaćenih oznaka. Ispravci su ograničeni samo na tiskarske greške; dodaci ili promjene teksta posebno se naplaćuju. Autori znanstvenih i stručnih radova primaju besplatno po pet primjeraka časopisa. Autoru svakog priloga dostavlja se po jedan primjerak časopisa.

## Instructions for authors

The authors are requested to observe carefully the following rules before submitting a manuscript. This will facilitate cooperation between the editors and authors and help to minimize the publication period. Manuscripts that differ from the specifications and do not comply with the formal requirements will be returned to the authors for correction before review.

### General

The "Drvna industrija" ("Wood Industry") journal publishes original scientific, professional and review papers, short notes, conference papers, reports, professional information, bibliographical and survey articles and general notes relating to the forestry exploitation, biology, chemistry, physics and technology of wood, pulp and paper and wood components, including production, management and marketing aspects in the wood-working industry.

Submission of a manuscript implies that the work has not been submitted for publication elsewhere or published before (excerpt in the form of an abstract or as part of a published lecture, review or thesis, in which case that must be stated in a footnote); that the publication is approved by all coauthors (if any) and by the authorities of the institution where the work has been carried out. When the manuscript is accepted for publication the authors agree to the transfer of the copyright to the publisher and that the manuscript will not be published elsewhere in any language without the consent of the copyright holders.

The scientific and technical papers should be published either in Croatian, with extended summary in English or German, or in English or German with extended summary in Croatian. The titles and all the relevant results should be presented bilingually. Other articles are generally published in Croatian. The Editor's Office provides for translation into Croatian for foreign authors.

The scientific and professional papers are subject to a thorough review by at least two selected referees. The choice of reviewers, as well as the decision about the accepting of the paper and its classification - based on reviewers' recommendations - is made by the Editorial Board.

All contributions are subject to linguistic revision. The editors will require authors to modify the text in the light of the recommendations made by reviewers and linguistic advisers. The editors reserve the right to suggest abbreviations and text improvements.

Authors are fully responsible for the contents of their contribution. The Editors assume that the permission for the reproduction of portions of text published elsewhere has been obtained by the author, and that the publication of the paper in question does not infringe upon any individual or corporate rights. Papers must report on true scientific or technical progress. Authors are responsible for the terminological and metrological consistency of their contribution.

The contributions are to be submitted in duplicate to the following address:

Editorial Office "Drvna industrija"  
Faculty of Forestry, Zagreb University  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia

### Manuscripts

The text should be prepared carefully - also with regard to language, style and conciseness - in order to avoid corrections at the proof reading stage. Submitted manuscripts must consist of no more than 15 single-sided typewritten DIN A-4 sheets of 30 double-spaced lines, including tables, figures and references, appendices and other supplements. It is advised that longer manuscripts be divided into two or more continuing series.

Diskettes formatted on IBM compatible PC's (5.25 or 3.5 inch) with the text processed in Word Perfect 5.1, Word Perfect for Windows 5.1/5.2 and Microsoft Word will be accepted with the printout.

The first page of the type-script should present: full title in Croatian and English, name(s) of author(s) with professional affiliation (institution, city and state), summary with keywords in the main language of the paper (approx. 1/2 sheet DIN A4, concise in abstract form).

The succeeding pages of scientific and professional papers should present a title and extended summary with keywords in a language other than the main language of the paper (e.g. for a paper written in English or German, the title, extended summary and keywords should be presented in Croatian, and vice versa). The extended summary (approx. 1 1/2 sheet DIN A4), along with the results, should enable the reader who is unfamiliar with the language of the main text, to completely understand the intentions, basic experimental procedure, results with essential interpretation and conclusions of the author.

The last page should provide the full titles, posts and address(es) of (all) the author(s) with indication as to whom of the authors are editors to contact.

Scientific and professional papers must be precise and concise and avoid lengthy introductions. The main chapters should be characterized by appropriate headings. Footnotes should be placed at the bottom of the same page and consecutively numbered. Those relating to the title should be marked by an asterisk, others by superscript

arabic numerals. Footnotes relating to the tables should be printed below the table and marked by small letters in alphabetical order. Latin names to be printed in italic should be underlined.

**Introduction** should define the problem and if possible the frame of existing knowledge, to ensure that readers not working in that particular field are able to understand author's intentions.

**Materials and methods** should be as precise as possible to enable other scientists to repeat the work. Main experimental data should be presented bilingually.

**Results:** only material pertinent to the subject can be included. The metric system must be used. SI units are recommended. Rarely used physical values, symbols and units should be explained at their first appearance in the text. Formulae should be particularly carefully presented, in one line if possible, with a clear distinguishing between letter "O" and zero (0), or letter "I" and number 1. Units are written in normal (upright) letters, physical symbols and factors are written in italics. Formulae are consecutively numbered with arabic numerals in parenthesis (e.g. (1)) at the end of the line.

The number of figures must be limited to those absolutely necessary for clarification of the text. The same information must not be presented in both a table and a figure. Figures and tables should be numbered separately with arabic numerals, and should be referred to in the text with clear remarks ("Table 1" or "Figure 1"). The position of the figure or a table in the text should be indicated on the margin. Each table and figure should be presented on a single separate sheet. Their titles should be typed on a separate sheets in consecutive order. Captions, headings, legends and all the other text in figures and tables should be written in both Croatian and in English or German.

Figures and tables should be complete and readily understandable without reference to the text. Do not write the captions to figures and drawings in block letters. Line drawings should, if possible, conform to the style of the journal and be done in India ink or printed on the laser printer. Original drawings or photographic copies should be submitted with the manuscript. Letters and numbers must be sufficiently large to be readily legible after reduction of the width of a figure/table to either 130 mm or 62 mm. Photographs should be black/white. Colour photographs will be printed only on special request; the author will be charged for multicolour printing. Photographs and photomicrographs must be printed on high-gloss paper and be rich in contrast. Photomicrographs should have a mark indicating magnification, preferably in micrometers. Magnification can be additionally indicated at the end of the figure title (e.g. Mag. 7500:1). Each illustration should carry on its reverse side its number and indication of its orientation, along with the name of (principal) author and a shortened title of the article. Original illustrations will not be returned to the author.

**Discussion and conclusion** may, if desired, be combined into one chapter. This should interpret results in relation of the problem as outlined in the introduction and of related observations by the author(s) or others. Avoid repeating the data already presented in the "Results" chapter. Implications for further studies or application may be discussed. A **conclusion** should be added if results and discussion are combined.

**Acknowledgements** are presented at the end of manuscript.

Relevant **literature** must be cited in the text according to the name-year (Harvard-) system. In addition, the bibliography must be listed at the end of the text in alphabetical order of the author's names, together with the title and full quotation of the bibliographical reference. Names of journals should be abbreviated according to Biological Abstracts, Chemical Abstracts, Forestry Abstracts or Forest Products Abstracts. The list of references should be selective, excerpt in review papers. Examples of the quotation:

Journal articles: Author, initial(s) of the first name, year: Title. Abbreviated journal name, volume (ev. issue): pages (from - to). Example: Porter, A.W. 1964: *On the mechanics of fracture in wood*. *For. Prod. J.* 14 (8): 325 - 331.

Books: Author, first name(s), year: Title. (ev. editor): edition, (ev. volume), place of edition, publisher (ev. pages from - to). Examples: Kollmann, F. 1951: *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*. 2nd edition, Vol. 1. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer Wilson, J.W.; Wellwood, R.W. 1965: *Intra-increment chemical properties of certain western Canadian coniferous species*. In: W. A. Côté, Jr. (Ed.): *Cellular Ultrastructure of Woody Plants*. Syracuse, N.Y., Syracuse Univ. Press, pp. 551-559.

Other publications (brochures, reports etc.): Müller, D. 1977: *Beitrag zur Klassifizierung asiatischer Baumarten*. *Mitteilung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg*, Nr. 98. Hamburg: M. Wiederbusch.

### Proofs and journal copies

Galley proofs are sent to the author in duplicate. One copy should be carefully corrected, using internationally accepted symbols. Corrections should be limited to printing errors; amendments to or changes in the text will be charged.

Authors of scientific and professional papers will receive 5 copies of the journal free of charge. A copy of a journal will be forwarded to each contributor.





# Trgomont Kolar

ZAGREB, AVENIJA DUBROVNIK 15

TELEFONI 385 (01) FAX : 6554-355  
UPRAVA I RAČUNOVODSTVO : 6554-369  
MALOPRODAJA : 6525-336  
VELEPRODAJA : 6520-288  
OPREMA OBJEKATA : 6528-546  
SKLADIŠTE I VELEPRODAJA : 700-811  
PROIZVODNJA NAMJEŠTAJA : 033/721-134

TRGOVAČKO DRUŠTVO NA VELIKO I MALO, VANJSKOTRGOVINSKI PROMET, ZASTUPSTVA, INŽENJERING d.o.o.



## TRGOMONT KOLAR-JAVOR

Program sistemskog višenamjenskog  
namještaja po mjeri  
(iz vlastite proizvodnje)

**KUHINJSKI NAMJEŠTAJ**

**KUPAONSKI NAMJEŠTAJ**

**PREDSOBNE STIJENE**

**PISAĆI STOLIĆI**

**MINI BLOK KUHINJE**

**KUĆICE ZA KUĆNE LJUBIMCE**

**OPREMANJA**



**SLAVONIJARADNOST** d.d.  
proizvodnja namještaja

35 400 NOVA GRADIŠKA, Bedem bb  
centrala: ++385 (035) 362-044, fax: +385 (035) 362-365

### MASIVNI NAMJEŠTAJ



tirol 1

**DRVOMETAL** d.d.

Dioničko društvo za proizvodnju proizvoda od drva i metala  
49247 Zlatar Bistrica, Lovrečan 116  
Tel: 049/461-738; Fax: 049/461-404

GRAĐEVINSKA STOLARIJA I METALNA GALANTERIJA



euoinspekt®

# euoinspekt d.d.

## euoinspekt - drvokontrola

Preradovićeva 31a, 10000 Zagreb, Croatia  
Tel/Fax 4817-187

Žiro račun: 30105-601-18096 ZAP Zagreb

Dioničko društvo za  
kontrolu robe i inženjering

Cargo Superintendence  
Corporation & Engineering

Koncern "Euroinspekt" danas je vodeći kontrolni sustav Republike Hrvatske koja se bavi kontrolom kakvoće i količine roba u prometu. U okviru Koncerna djeluje tvrtka "Euroinspekt - drvokontrola" specijalizirana za kontrolu kakvoće i količine proizvoda gospodarske grane šumarstva i drvne industrije. Djelatnost "Euroinspekta - drvokontrole" temeljena je na primjeni hrvatskih normi ili internacionalnih ovisno da li se kontrola obavlja u okviru Republike Hrvatske ili diljem svijeta.

### DJELATNOST "EUROINSPEKTA - DRVOKONTROLE"

- kontrola kakvoće i količine roba - proizvoda na temelju obveznih kontrola po važećim zakonima i pravilnicima Republike Hrvatske ili ugovornih kontrola urvrđenih između partnera - pojedinačni nalozi;
- ispitivanje i atestiranje proizvoda pri uvozu i izvozu koji podliježu predcarinskoj kontroli, a na temelju ovlaštenja od Ministarstva gospodarstva Republike Hrvatske i Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo;
  - ispitivanje i atestiranje - certificiranje kakvoće u ovlaštenom laboratoriju namještaja i dijelova za namještaj;

U suradnji sa Institutom u Rosenheimu obavljamo

- laboratorijsko ispitivanje građevinske stolarije, dijelova za građevinsku stolariju i krovnih konstrukcija.
  - ispitivanje podnih konstrukcija sportskih dvorana
- ispitivanje toplinske i zvučne izolacije građevinske stolarije
  - ispitivanje vatrootpornosti

- laboratorijsko ispitivanje proizvoda od drva i to:
  - trupci i drvena građa
  - parket
  - lamperija - zidne obloge
  - brodarski pod
  - ploče na bazi drva
  - furnir

- laboratorijsko ispitivanje i određivanje emisije slobodnog formaldehida iz ploča na bazi drva, tekstila i papira (posebno ovlaštenje od strane IKEA)

- fitopatološke analize drva i proizvoda od drva.

Višegodišnjim iskustvom u obavljanju navedenih djelatnosti i stručnim znanjem više od 40 diplomiranih inženjera šumarstva i drvne industrije kao djelatnika "Euroinspekt - drvokontrole" nudimo vam slijedeće usluge koje su bitne za uspješnu proizvodnju i trgovinsko poslovanje u zemlji i inozemstvu:

- stručni savjeti kod razvoja novih proizvoda, tehnologija i organizacije poslovanja; izrada projekata drvno-industrijskih poduzeća odnosno tvornica i nadzor pri izgradnji drvno-industrijskih pogona;
- stručni savjeti i posredovanje kod nabave strojne opreme za drvnu industriju;
- suradnja kod izbora sirovina i poluproizvoda glede kakvoće gotovog proizvoda;
  - edukacija i nadzor kod interne kontrole kakvoće gotovog proizvoda;
  - izrada projekata za izgradnju i razvoj internih kontrolnih laboratorija;
- kontrola kakvoće i količine proizvoda od drva u tranzitu (dugogodišnje iskustvo u kontroli i preuzimanju trupaca, piljene građe i drvnih elemenata za i iz potrebe drugih država (Italija, Njemačka, Austrija, Belgija, Francuska, Rusija, Slovačka, Egipat, Izrael, Alžir i zemlje dalekog istoka);
  - arbitraže, vještačenja i ekspertize od naših ovlaštenih sudskih vještaka,
- suradnja kod edukacije i certifikacije tvrtki ili pogona u okviru ISO 9000 normi koje provode 14 ovlaštenih auditora djelatnika Koncerna "Euroinspekt".

Sve naše dosadašnje i buduće poslovne partnere pozivamo na uspješnu suradnju uz garanciju da će naša stručna pomoć znatno pridonijeti njihovom poslovnom uspjehu.



**ZIDI**

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, ŠUMARSKI FAKULTET

ZAVOD ZA ISTRAŽIVANJA U DRVNOJ INDUSTRIJI

10 000 Zagreb, Svetošimunska 25, tel: +385 01 230-22-88, fax: +385 01 218-616

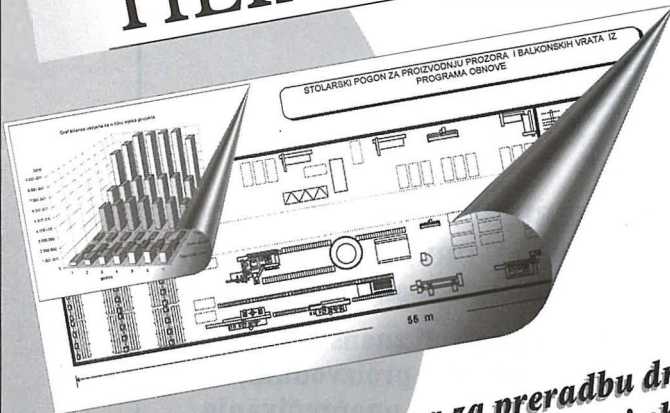
**Za potrebe cjelokupne drvne industrije provodi znanstvena istraživanja i ostale usluge u rješavanju tržišnih, proizvodnih, organizacijskih, obrazovnih i ekonomskih problema unapređivanja proizvodnje i plasmana drvnih proizvoda na tuzemno i inozemno tržište.**

Djelatnost Zavoda:

- Istraživanje i ispitivanje drva i proizvoda od drva,
- Znanstvena razvojna i primjenjena istraživanja u području drvne tehnologije i drvnoindustrijskog strojarstva,
- Izrada studija razvoja novih proizvoda, tehnologije i organizacije proizvodnje,
- Projektiranje drvnoindustrijskih i obrtničkih tehnologija i pogona prerade drva,
- Atestiranje ploča iverica, jedini ovlaštenu laboratorij u Hrvatskoj od Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo,
- Ispitivanje namještaja i dijelova za namještaj, ovlaštenu laboratorij u Hrvatskoj od Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo,
- Laboratorijska ispitivanja kvalitete - atestiranje svih drvnih materijala, poluproizvoda i finalnih proizvoda,
  - Ovlašteno mjerilište za buku i vibracije,
- Organiziranje savjetovanja i simpozija s područja drvne tehnologije,
  - Izdavanje stručnih edicija i publikacija,
- Permanentno obrazovanje uz rad za sve obrazovne profile u drvnjoj struci,
  - Strategija razvoja poduzeća,
- Istraživanje tržišta poduzeća - studije komparativnih mogućnosti proizvoda i poduzeća,
- Uvođenje MRP I i II sustava upravljanja proizvodnjom i poslovanjem uz podršku računala - zajedno s informatičkim inženjeringom,
  - Makro i mikro organizacija poduzeća - projekti, studije,
- Organizacija procesa proizvodnje - studija rada, kontrole kvalitete, organizacija tehnološkog procesa,
  - Analiza troškova poslovanja s prijedlogom racionalizacije,
    - Optimizacija procesa proizvodnje i poslovanja,
  - Sustav planiranja i obračunavanja troškova proizvodnje i poslovanja,
    - Primjena ISO-9000 sustava u poduzeću,
- Stručna vještačenja, te recenzije znanstvenih i stručnih radova.

Na raspolaganju Vam stoje vrhunski stručnjaci za područje drvne tehnologije, očekujemo Vaše upite i uspješnu suradnju.

# TILIA'CO



- Tehnički projekti pogona za preradbu drva
- Investicijski programi za industriju i obrt
- Tehnički i ekonomski savjeti
- Procjene vrijednosti:
  - strojeva
  - opreme
  - cijelih poduzeća

Preplatite se na Drvo!



- Izdavaštvo i marketing:
  - časopis Drvo
  - Katalog hrvatske drvne branše
  - prospekti, promocijski tisak, katalozi

Oglašavajte  
u Drvu!



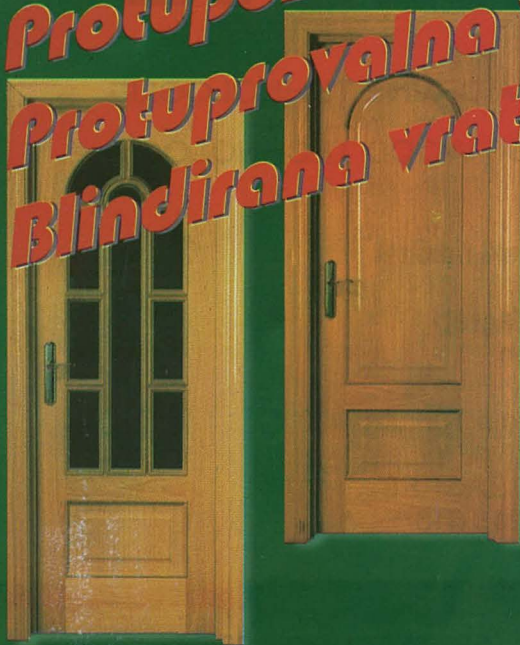
**POUZDAN PARTNER U VAŠEM USPJEHU !**

TILIA'CO

Međunarodni drvni centar za razvoj, marketing i informatiku  
Rujanska 3, 10000 Zagreb, tel.:01/38 73 934, tel./fax:01/38 73 402  
e-mail: tiliaco@alf.tel.hr  
žiro račun br. 30108-601-51451

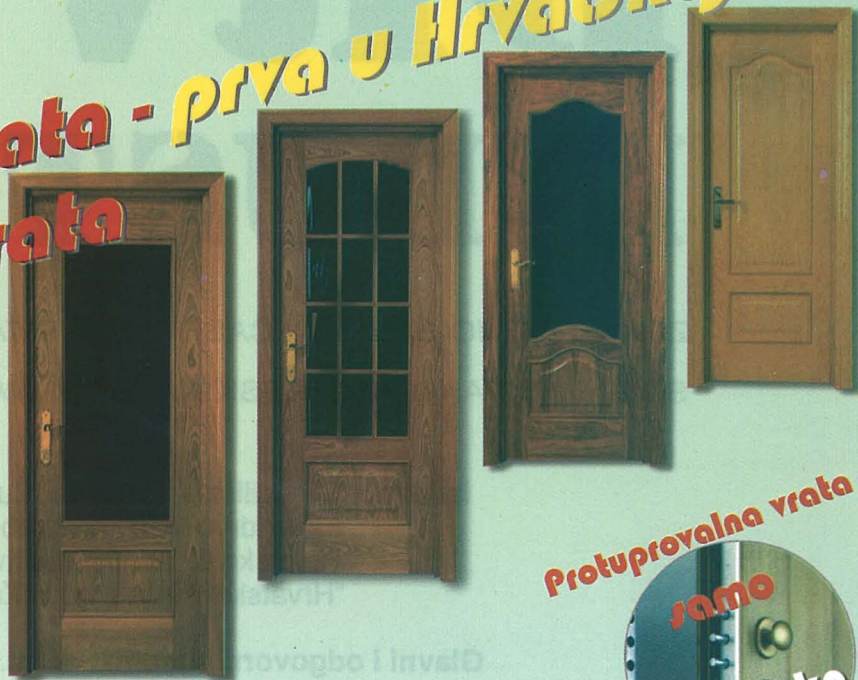
Provjereno  
najpovoljnije  
cijene u Hrvatskoj!

Protupožarna vrata - prva u Hrvatskoj  
Protuprovalna vrata  
Blindirana vrata



Prozori, balkonska, sobna i  
protuprovalna vrata najviše  
kvalitete iz uvoza

**EuroLam**  
d.o.o. ZAGREB



Protuprovalna vrata  
samo

2.975 kn

**NORMA**

Najveći izbor vrata sa ili bez dovatnika

- nelakirano
- lakirano
- lakirano po narudžbi

Preko 50 vrsta traka od furnira, laminata i PVC-a



**Samoljepljive trake  
od furnira  
i laminata za  
oblaganje rubova  
ploča**



Trake **LAMIX** u namotajima svih standardnih žirina i debljina od 0.30-3 mm, raznih boja i dezena sa ili bez prethodno naneženog ljepila.

Rubne trake:

**melaminske** već od 0.61 kn/m<sup>2</sup>.

**prirodni furnir** već od 0.95 kn/m<sup>2</sup>

**EuroLam**

Avenija Dubrovnik 15, Zagrebački velesajam,  
Paviljon 12/1, 10000 Zagreb  
Tel./fax: ++385 01 6527-859  
Tel.: ++385 01 6550-449, 6550-704

# DRVNA INDUSTRIJA

ZNANSTVENO-STRUČNI ČASOPIS ZA PITANJA DRVNE TEHNOLOGIJE  
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL JOURNAL OF WOOD TECHNOLOGY

**Izdavač:** Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet  
Exportdrvo d. d., Zagreb  
Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb  
"Hrvatske šume", p.o. Zagreb

**Glavni i odgovorni urednik:** dr. sc. Hrvoje Turkulin

**Adresa:** Svetošimunska 25, HR-10000 ZAGREB  
tel. +385 1 230 22 88 fax. +385 1 218 616

**Drvena industrija** je jedini hrvatski znanstveno-stručni časopis za pitanja drvne tehnologije. Već 47 godina objavljuje izvorne znanstvene, stručne i pregledne radove, prethodna priopćenja, izlaganja sa savjetovanja, stručne obavijesti, bibliografske radove, preglede te ostale priloge s područja iskorištavanja šuma, biologije, kemije, fizike i tehnologije drva, pulpe i papira te drvnih proizvoda, uključivši i proizvodnu, upravljačku i tržišnu problematiku u drvnoj industriji.  
Časopis izlazi kvartalno.

**Godišnja pretplata u Hrvatskoj** na časopis "Drvena industrija" iznosi 230 kn za sve pravne osobe, 110 kn za osobne pretplatnike, a 35 kn za đake, studente i obrazovne institucije.

Uplata na žiro račun 30102 - 603 - 929 s naznakom "za Drvenu industriju".

**PRATITE HRVATSKU ZNANOST**

**PRIHVATITE STRUČNE INFORMACIJE**

**PRIMAJTE REDOVITE STRUČNE OBAVIJESTI**

**PRENESITE SVOJU PORUKU**

**Drvena industrija** objavljuje i stručne priloge i informacije kojima proizvođači strojeva, opreme, uređaja i repromaterijala mogu redovito obavještavati tehnološki i rukovodeći kadar u hrvatskim drvnoindustrijskim poduzećima o ponudi svojih proizvoda.  
Sve informacije na adresi redakcije.



U POSLOVNOM SVIJETU TRAŽI SE

KVALITETA

FUNKCIONALNOST

KREATIVNOST



**DUKA**  
**INTERIJERI**

PROIZVODNJA UREDSKOG NAMJEŠTAJA

**ODRAZ VAŠEG POSLOVNOG STILA**

10000 ZAGREB, Av. Dubrovnik 15, tel: 01/655 00 80, 652 54 27; faks: 01/655 00 80

# POSLOVANJE SA

# STILOM

Marulićev trg 18, Zagreb, Croatia, tel.: +385 / 1 / 456 0 222, fax.: +385 / 1 / 420 004

# EXPORTDRVO

CROATIA