

Jaroslav Kljak, Mladen Brezović

# LVL-ov izlazak iz anonimnosti

## LVL - come to be known

*Stručni rad - Professional paper*

*Prispjelo - received: 08. 02. 2001. • Prihvaćeno - accepted: 21. 03. 2001.*

*UDK 630\* 832.286*

**SAŽETAK** • U području uslojenog drva i dalje je dominantna dobro poznata furnirska ploča, no pozornost javnosti sve je više usmjerena prema LVL-u, ponajprije zbog njegovih izvrsnih mehaničkih i uporabnih svojstava. Stoga je ovaj rad pregled pojedinih svojstava LVL-a, područja upotrebe, njegova dosadašnjeg razvoja, kao i predviđanje budućeg razvoja na svjetskom tržištu.

**Ključne riječi:** LVL, uslojeno drvo, piljena građa, čvrstoća, svojstva, uporaba

**ABSTRACT** • In the field of veneers and plywood products the plywood panel is still a dominant product, but the public attention has increasingly been drawn to LVL, primarily because of its excellent mechanical properties and suitability for use. This paper presents a comparison between specific properties of LVL and those of solid sawn lumber, and discusses the development and future of LVL production globally, as well as its use. The values of typical mechanical properties (modulus of elasticity, bending strength, tensile strength parallel to the grain, compression strength parallel to the grain, compression strength perpendicular to the grain, and horizontal shear strength) are compared between LVL and solid sawn lumber. It is clearly shown that all values for LVL are higher in the range of 10 to 180%. Other advantages of LVL include: production in unlimited length, uniformity of good properties, dimensional stability, better efficiency of wood fiber, simplicity of end use, etc. All these properties make LVL a very attractive product.

The paper also discusses the production growth of LVL, from its beginning to a short analysis of its future. The growth trend shows a noticeable, dramatic production of the product in the 1990s, with a prediction of its steady rise up to year 2005. The dramatic growth indicates that the public recognises the quality of LVL, and one can reasonably expect that LVL will be widely used in the near future.

**Key words:** LVL, plywood, solid sawn lumber, strength, properties, use

---

Autori su mlađi asistent i asistent na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu  
Authors are assistants at the Faculty of Forestry of the Zagreb University.

**1. UVOD**  
**1. INTRODUCTION**

LVL (Laminated Veneer Lumber) proizvod je izrađen od međusobno sljepljenih listova furnira te se prema njegovu izgledu i postupku proizvodnje svrstava u skupinu proizvoda od uslojenog drva. Za sljepljivanje listova furnira koristi se fenol-formaldehidno ljepilo.

LVL je slične građe kao i furnirska ploča, ali među njima postoje znatne razlike. To se prije svega odnosi na činjenicu da su u LVL-a gotovo svi listovi furnira orijentirani u smjeru dužine, dok su u furnirske ploče listovi furnira međusobno zakrenuti najčešće za 90°. Zbog paralelno orijentiranih furnirskih listova LVL ima drugačija mehanička svojstva, a samim time i drugo uporabno područje od furnirske ploče (Sl. 1).

**2. POVIJESNI RAZVOJ LVL-a**  
**2. HISTORICAL DEVELOPMENT OF LVL**

Prvi pokušaj proizvodnje LVL-a pojavljuje se još početkom 60-ih g. 20.st. u SAD-u, u idućih je nekoliko godina proizvedena manja količina LVL-a, nakon čega je

proizvodnja privremeno zaustavljena. Ali već krajem 60-ih i početkom 70-ih unaprijeđeni su proizvodni procesi i razvijen je noviji tip LVL-a, koji je našao primjenu u graditeljstvu, tj. na području široke uporabe, što je automatski rezultiralo izgradnjom novih proizvodnih kapaciteta te postupnom proširivanju proizvodnje i tržišta. Tako početak 70-ih označava ujedno i početak kontinuirane proizvodnje LVL-a.

U Europi prva probna proizvodnja LVL-a započinje 1975.g. u Finskoj, u sklopu postojeće tvornice furnirskih ploča, dok je prva cjelovita proizvodna linija započela proizvodnju 1980. g. Približno pola te proizvodnje izvozilo se u Sjevernu Ameriku, a druga polovica u ostale europske zemlje.

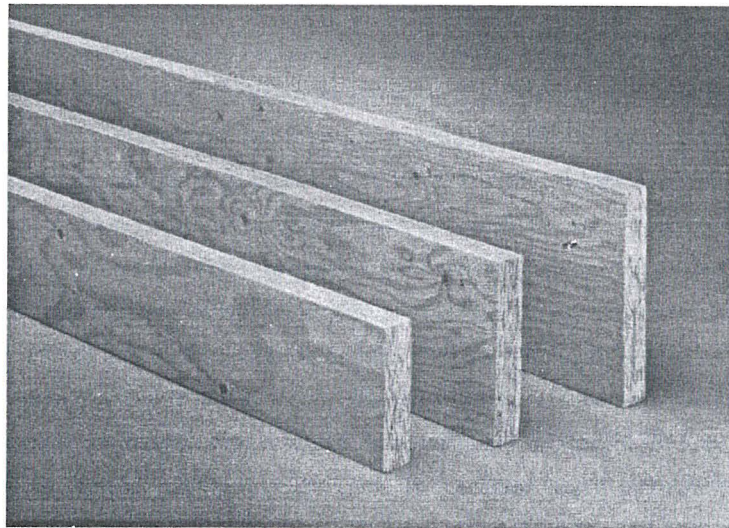
Na slici 2. prikazan je porast proizvodnih kapaciteta od 1970. do 1998. u Sjevernoj Americi, koja je ujedno i uvjerljivo najveći proizvođač LVL-a u svijetu. Iz slike je vidljivo da 80-e godine karakterizira ubrzani rast proizvodnje LVL-a, dok se u 90-ima bilježi iznimno nagli razvoj proizvodnje, pa je danas LVL svrstan u proizvod s najvišom stopom rasta proizvodnje u svijetu, u usporedbi sa svim ostalim drvnim proizvodima.

**Slika 1.**

*LVL uslojeno drvo proizvodi se sljepljivanjem listova ljuštenog furnira, pri čemu su vlakanca uglavnom svih furnira orijentirana u smjeru dužine proizvoda •*

*Laminated veneer lumber (LVL) is made of gluing together multiple plies of rotary-peeled veneer so that the grains of most veneers are in the direction of the product's length.*

*<sup>a</sup> Smulski (1997.)*

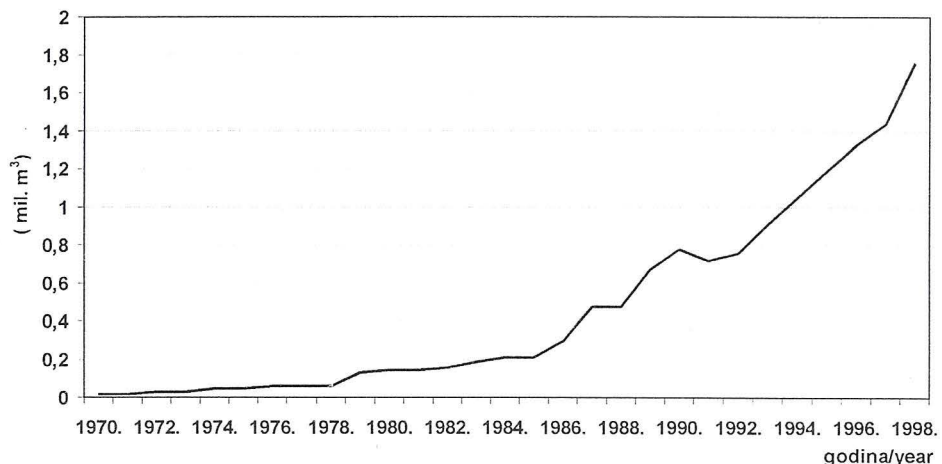


**Slika 2.**

*Rast proizvodnih kapaciteta LVL-a u Sjevernoj Americi prema godinama (1970.-1998.) •*

*Increase of LVL industry capacity per annum in North America by year (1970.-1998.)*

*<sup>b</sup> Spleter, Mckeever, Dubark (1997.)*



### 3. SVOJSTVA LVL-a 3. PROPERTIES OF LVL

U uvodu je rečeno kako je LVL građom vrlo sličan furnirskim pločama, ali svojstva LVL-a uspoređuju se sa svojstvima piljene građe jer se ono i razvilo kao njezina zamjena. No LVL ne zamjenjuje samo piljenu građu, već pokazuje i niz prednosti koje se navode i objašnjavaju u idućem tekstu.

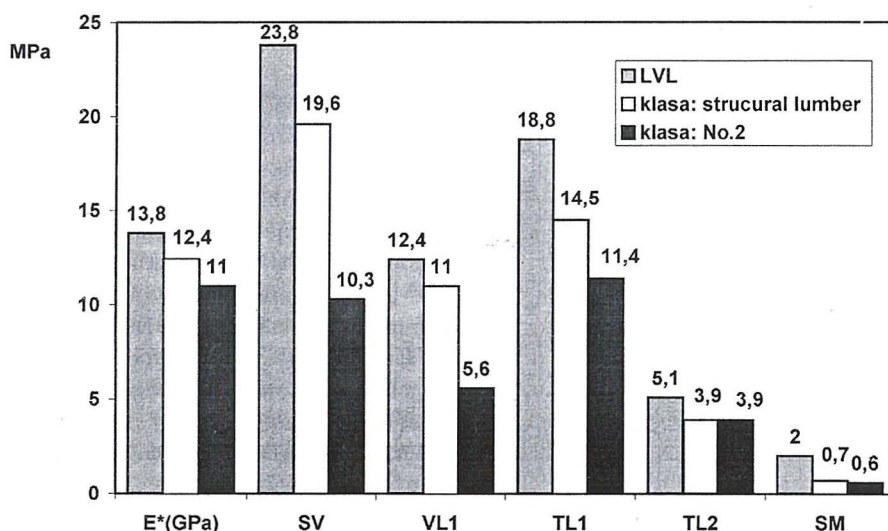
Budući da LVL svoju primjenu nalazi u graditeljstvu, čvrstoća je njegovo najvažnije svojstvo.

Jedan od glavnih ciljeva proizvodnje LVL-a bilo je uklanjanje dijelova koji narušavaju čvrstoću. LVL je konstruktivan, visokopredvidiv, ujednačen drveni proizvod zato što su prirodne greške kao što su kvrge, usukanost žice i raspukline raspoređene na cijeloj liniji proizvoda ili ih uopće nema. S obzirom na to, listovi furnira postavljaju se na točno određena mjesta u složaju kako bi se maksimalno iskoristila čvrstoća pojedinih furnirskih klasa. Takav se postupak naziva konstrukcijskim raspoređivanjem furnira. Zbog toga je čvrstoća LVL-a puno veća od čvrstoće piljene građe. Teško je navesti precizne vrijednosti za čvrstoću LVL-a i usporediti ih s čvrstoćom masivnog drva jer one ovise o čvrstoći odnosno klasi pojedinih furnirskih listova, što znači da će se uz upotrebu furnirskih listova najviše kvalitete proizvesti LVL iznimno visoke čvrstoće, no kombinacijom furnira različitih kvaliteta proizvesti će se komercijalni tip LVL-a željene i još uvijek veće čvrstoće od one što je ima piljena građa. Dodatni problem uspoređivanja vrijednosti nastaje zbog nepostojanja općih i sveobuhvatnih standarda za LVL. Stoga proizvođači u Sjevernoj Americi objavljuju podatke o svojim proiz-

voda u zasebnim brošurama koje se tiskaju na temelju suglasnosti različitih građevinskih agencija. Ipak, za analiziranje vrijednosti najčešće se uspoređuju vrijednosti LVL-a s vrijednostima piljene građe ili s lameliranim nosačima istih vrsta drva. Slika 3. prikazuje vrijednosti čvrstoće za LVL i dvije klase piljene građe klasirane prema standardima SAD-a.

Iz slike 3. jasno je kako su sve vrijednosti LVL-a veće od istih vrijednosti piljene građe. Uspoređujući ih s visokom klasom piljene građe, dobiju se podaci da je modul elastičnosti LVL-a veći za 11%, čvrstoća na savijanje za 21%, čvrstoća na vlak paralelno s vlakancima za 13%, čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima za 30%, čvrstoća na tlak okomito na vlakanca za 31% i čvrstoća na smik za čak 186%. Nisu samo vrijednosti mehaničkih svojstava više, već je i varijabilnost vrijednosti značajno niža u usporedbi s piljenom građom. Koeficijent varijacije za čvrstoću LVL-a obično se kreće između 10 i 15% dok se u piljene građe kreće od 25 do 40% (Smulski, 1997.). Te su vrijednosti naročito važne za upotrebu LVL-a u graditeljstvu i rezultiraju činjenicom da je dopušteno projektno opterećenje za gotovo sve razrede LVL-a veće od opterećenja za piljenu građu.

Osim čvrstoće, vrlo važno svojstvo LVL-a su i proizvodne dimenzije. Naime, dužina LVL-a praktički je neograničena ako se proizvodi u kontinuiranim prešama. Ograničenost dužine pojavljuje se samo ako se u proizvodnim linijama rabi taktna preša. Tada dužina LVL-a ovisi o dužini preše. Drugi su ograničavajući činitelj transportni propisi koji određuju maksimalnu dopuštenu duljinu za prijevoz. Ta činjenica LVL-u daje prednost pred piljenom građom, koja je do-



Slika 3.

Prosječne mehaničke vrijednosti LVL-a i piljene borove građe • Typical design values of LVL and solid sawn lumber (southern pine)  
<sup>c</sup> According to Green and Hernandez (1998.)  
 E - modul elastičnosti / modulus of elasticity  
 \* (izražen u GPa / presented in GPa)  
 SV - čvrstoća na savijanje / bending strength  
 VL1 - čvrstoća na vlak paralelno s vlakancima / tensile strength parallel to grain  
 TL1 - čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima / compression strength parallel to grain  
 TL2 - čvrstoća na tlak okomito na vlakanca / compression strength perpendicular to grain  
 SM - čvrstoća na smik / horizontal shear strength

stupna samo u znatno kraćim duljinama, koje su pak propisane standardima svake pojedine zemlje. Velike duljine masivnog drva postižu se samo izradom lameliranih nosača ili dužinskim spajanjem piljene građe.

Maksimalna debljina LVL-a ograničena je na 80 mm, ovisno o proizvodnom procesu. U usporedbi s piljenom građom ili lameliranim nosačima, LVL se proizvodi u puno manjim debljinama, ali zbog svoje znatno veće čvrstoće dopušteni su manji poprečni presjeci drvnog materijala pri izradi nosivih konstrukcija.

LVL je ravan i dimenzionalno stabilan proizvod malih dimenzionalnih promjena zbog promjena vlažnosti okolnog prostora i ima 20 % nižu vlagu ravnoteže od piljene građe.

Iako se dimenzije LVL-a mijenjaju s promjenom vlage, one se ipak manje mijenjaju nego dimenzije piljene građe. Osnovna razlika između LVL-a i masivnog drva u mnogobrojnim je malim pukotinama koje nastaju za vrijeme ljuštenja i koje tvore otvoreniju strukturu te omogućuju brži prolaz vlage. To je nedostatak LVL-a u odnosu prema masivnom drvu, ali taj je nedostatak ujedno i prednost ako se proizvod kemijski zaštićuje jer upravo one omogućuju lakšu i potpuniju apsorpciju kemijskoga zaštitnog sredstva. I dok je na LVL-u moguća potpuna apsorpcija kemijskog sredstva, na masivnom drvu potpuna je apsorpcija popraćena stanovitim tehnološkim problemima i uglavnom se ograničava na impregnaciju površinskih slojeva.

LVL također pokazuje veću otpornost prema utjecajima promjene vlage i temperature nego masivno drvo jer u LVL-u pod utjecajem cikličnih promjena nastaju male beznačajne pukotine, a na masivnom drvu one s vremenom postaju sve veće. Te male pukotine rasterećuju različita naprezanja i nakon prvih nekoliko ciklusa one vrlo sporo rastu. Nastaju i pukotine na čelima, ali su malokad signifikantne duljine i također sporo rastu s naknadnim ciklusima. Vrlo spor rast pukotina i raspuklina velika je prednost u usporedbi s masivnim drvom, pogotovo pri pojavi delaminacije, tj. nastajanja pukotina blizu sloja ljepila i drva, koje na lijepjenoj piljenoj građi s vremenom postaju sve veće.

Za vrijeme sušenja masivnog drva lako se mogu pojaviti greške kao što su kolaps, skorjelost, zakrivljenost, vitoperenje, koritavost, rombičan presjek i dr. U LVL-a je jedina ozbiljna greška koritavost. Ostale greške, npr. savijenost i vitoprenje, nastaju samo zbog nepravilnog skladištenja. Koritavost nastaje zbog razlike u vlazi pojedinih

slojeva tj., ako su na jednoj strani vlažni, a na drugoj suhi listovi furnira. Ta je pojava najčešća kada se LVL rabi kao pregradni element između dvije prostorije različite vlage. Koritavost se sprječava nanošenjem smolama impregniranih papira na površinu LVL-a ili unakrsnim postavljanjem listova furnira ispod površine. Deblji su elementi puno manje osjetljivi na koritavost od tanjih.

Otpaci za vrijeme proizvodnje LVL-a manji su nego pri proizvodnji piljene građe zbog tehnologije izrade. Naime, na piljenoj se građi greške sirovine moraju ukloniti poprečnim odnosno uzdužnim piljenjem. Prosječna iskoristivost sirovina za piljenu građu iznosi oko 40%, a za LVL oko 52% (Smulski, 1997.). Važno je napomenuti da se LVL proizvodi od trupaca niže kvalitete i manjih promjera, koji su se inače nerado upotrebljavali u proizvodnji furnirskih ploča ili su se smatrali tehnološki neupotrebljivima. Uporabom manje vrijedne sirove danas je izbjegnuto sve češći problem nedostatka kvalitetne drvene sirovine.

Iako LVL ima brojne prednosti u odnosu prema piljenoj građi, potrebno je navesti i neka njegova ograničenja. To se ponajprije odnosi na relativno visoku cijenu proizvoda (od 500 do 700 USD/m<sup>3</sup>), što je posljedica visokog omjera skupih kapitalnih ulaganja i relativno niske proizvodnje. Zato se u ekonomskom smislu opravdava primjena samo u zahtjevnijim područjima, kako bi učinak bio profitabilan.

U proizvodnom smislu postoji ograničenje s obzirom na sirovinu, jer iako se upotrebljavaju trupci niže kvalitete, oni ipak moraju biti prikladni za ljuštenje, što je ograničenje s obzirom na veličinu i kvalitetu trupca, kao i nekih vrsta drva. Usto, postupak prešanja koji se primjenjuje pri izradi LVL-a ostavlja malo mogućnosti za ugušćivanje drva, tako da je povećanje čvrstoće i krutosti pomoću ugušćenja maleno.

#### 4. PODRUČJE PRIMJENE 4. FIELDS OF APPLICATION

LVL zbog svojih svojstava - velike čvrstoće, male težine i dimenzionalne stabilnosti, ponajprije nalazi primjenu u graditeljstvu. S obzirom na to upotrebno područje LVL se dijeli na konstruktivni i nekonstruktivni. Razlika između ta dva tipa LVL-a rezultat je različitog orijentiranja furnirskih listova u složaju. U konstruktivnom LVL-u uglavnom su svi furniri orijentirani u jednom smjeru, u smjeru duljine, a u nekonstruktivnog su LVL-a poneki furnirski slojevi usmjereni okomito na ostale slojeve kako bi se postigla veća krutost

dove, sportske hale i dr. (sl. 4). Konstruktivni LVL upotrebljava se intenzivno u Sjevernoj Americi, u kojoj se više od polovice proizvodnje upotrebljava za izradu gornjeg i donjeg pojasa I-nosača, koji inače ima široku primjenu u izgradnji obiteljskih drvenih kuća. Europa također sve više počinje koristiti taj tip LVL-a.

Nekonstruktivni LVL se zbog svoje izvrsne dimenzionalne stabilnosti koristi kao daska ili planka odnosno za izradu prozorskih i vratnih okvira (drvenih objekata), stepenica, ljestvastih konstrukcija, pokretnih kuća, spavaćih kola i dr. Nekonstruktivni proizvod je popularan u Aziji, osobito u Japanu.

Na slici 5. prikazana su područja primjene LVL-a u Sjevernoj Americi za 2000. godinu. Od ukupne količine proizvedenog LVL-a, 61% se koristilo za izradu gornjih i donjih pojaseva I-nosača, 31% za

primjenu kao nosive grede i 8% kao planke (12). Usporedimo li to s podacima iz 1994.g., kada se 45% LVL-a upotrebljavalo za izradu elemenata I-nosača, 42% kao grede i 13% kao planke (Guss, 1995.), vidljivo je da je potrošnja za izradu I-nosača u velikom porastu, što je ujedno rezultat i velikog porasta proizvodnje I-nosača.

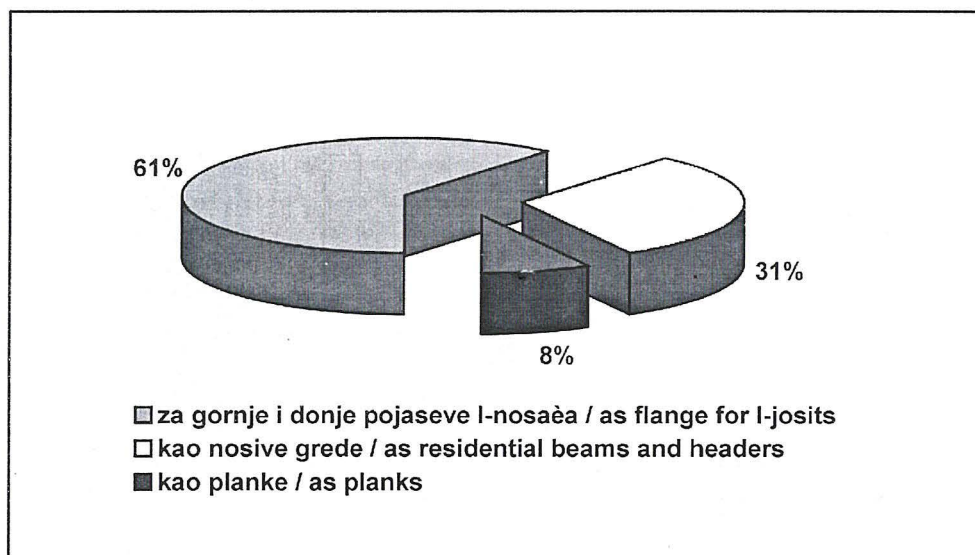
Najveći dio LVL-a proizvodi se od četinjača (duglazije, bora, smreke, ariša.), a mali se dio proizvodi i od mekih listača (američkog tulipanovca, topole odnosno jasike). Osim tih komercijalnih vrsta u svijetu je izvršeno više studija koje su imale za cilj određivanje pogodnosti ostalih vrsta listača za proizvodnju LVL-a. U Sjevernoj Americi još su analizirane vrste kao što su javor, likvidambar i hrast, u Aziji albizzia, yemane, eukalipt, akacija, hevea, u Australiji eukalipt, a u Europi joha, breza, hrast i bukva. Tvrdje listače zbog svojih velikih si-



Slika 4.

Škola u Aichach-u, Njemačka. • School in Aichach, Germany.

Izvor (13) / Source (13)



Slika 5.

Upotreba LVL-a prema glavnim područjima primjene u Sjevernoj Americi (2000.g.) • Use of LVL in major areas of application in North America (2000.)

<sup>d</sup> Na temelju podataka iz Izvora (12) / According to data from Source (12)

(američkog tulipanovca, topole odnosno jasike). Osim tih komercijalnih vrsta u svijetu je izvršeno više studija koje su imale za cilj određivanje pogodnosti ostalih vrsta listača za proizvodnju LVL-a. U Sjevernoj Americi još su analizirane vrste kao što su javor, likvidambar i hrast, u Aziji albizzia, yemane, eukalipt, akacija, hevea, u Australiji eukalipt, a u Europi joha, breza, hrast i bukva. Tvrdje listače zbog svojih velikih sirovinskih osnova i dobrih mehaničkih svojstava mogu biti vrlo interesantne za proizvodnju LVL-a mada za sada nisu pronašle širu primjenu u graditeljstvu kao niti u proizvodnji namještaja iako su prvi koraci bili usmjereni i prema tom području proizvodnje. Ukoliko se očekuje šira proizvodnja LVL-a iz mekih ili tvrdih listača biti će neophodno prilagoditi proizvodni proces specifičnim zahtjevima svake pojedine vrste drva.

**5. PREDVIĐANJE RASTA PROIZVODNJE LVL-a**  
**5. FUTURE GROWTH OF LVL PRODUCTION**

Prema navodima finske tvrtke Raute Wood, svjetska potrošnja LVL-a za 1987.g. iznosila je 350 000 m<sup>3</sup>, koja se do 1998.g. gotovo utrostručila i iznosila je 1 760 000 m<sup>3</sup>, a predviđa se da će proizvodnja do 2005.g. narasti na 4 500 000 m<sup>3</sup> (10) (sl. 6). Tako nagli rast proizvodnje zabilježen je samo za LVL i samim time svrstava ga u proizvod s najvišom stopom rasta proizvodnje u odnosu na sve ostale drvene proizvode.

Prema podacima FAO-a, godišnja svjetska proizvodnja svih tipova furnirskih listova za 1998.g iznosila je 6 421 000 m<sup>3</sup>, a za sve vrste furnirskih ploča iznosila je 46 419 000m<sup>3</sup> (11). Usporede li se ove vrijednosti s količinom potrošnje LVL-a od

1 760 000 m<sup>3</sup>, jasno je kako su furnirske ploče, odnosno razne vrste ploča iz uslojenog drva i dalje dominantne na području proizvodnje furnira i uslojenog drva. Ali zbog činjenice da svjetska proizvodnja ploča od uslojenog drva posljednjih nekoliko godina bilježi blagu tendenciju opadanja proizvodnje, te da LVL istodobno bilježi iznimno visoku stopu rasta proizvodnje, posve je jasno kako će se sadašnji omjer vrlo brzo promijeniti u korist LVL-a.

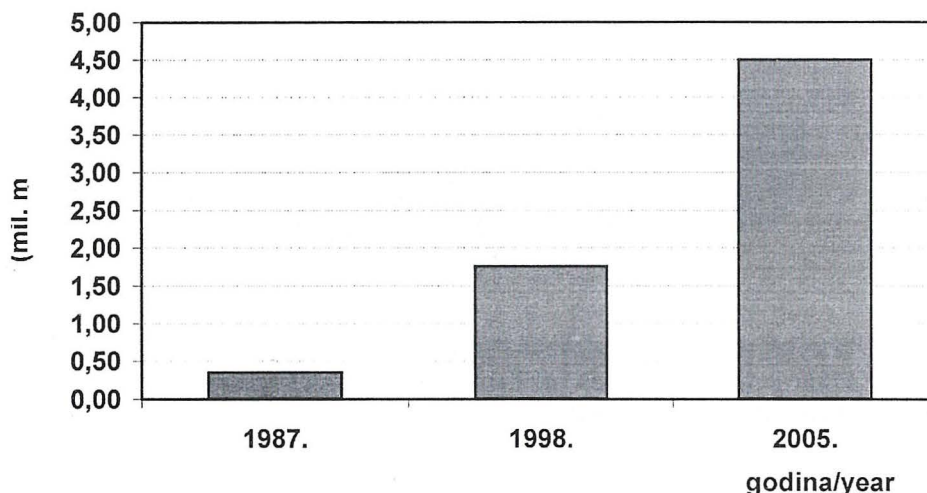
**4. ZAKLJUČAK**  
**4. CONCLUSION**

LVL je proizvod koji se prvenstveno koristi u graditeljstvu i kojeg karakteriziraju mnogobrojne prednosti u odnosu na piljenu građu. Te prednosti se očituju u većoj čvrstoći s manjim koeficijentom varijacije, dimenzionalnoj stabilnosti, većem iskorištenju drvene sirovine, mogućnošću proizvodnje u neograničenim duljinama, neznatnom utjecaju greška uslijed sušenja drva i jednostavnoj ugradnji. Zbog takvih atraktivnih svojstava LVL je vrlo brzo pronašao svoje mjesto na tržištu i danas predstavlja visokokvalitetan proizvod koji bilježi izuzetno brz rast proizvodnje i širenja tržišta.

Zbog velikih kapitalnih ulaganja proizvodnja je za sada ograničena na područje industrijski visokorazvijenih zemalja, no činjenica da se za proizvodnju rabi manje vrijedna sirovina, kao i činjenica da stečena iskustva u tvornicama furnirskih ploča predstavljaju dobar početak za proizvodnju LVL-a, pružaju jamstvo da će LVL postati proizvod širokog područja proizvodnje i potrošnje.

Za domaće proizvođače furnirskih ploča, vjerojatno će LVL poprimiti veće značenje kada se bude ustalila proizvodnja LVL-a iz mekih i tvrdih listača. U međuvre-

**Slika 6.**  
*Predviđanje rasta svjetske proizvodnje LVL-a • Future growth of LVL production in the world*  
*Na temelju podataka iz Izvora (10) / According to data from Source (10)*



menu potrebno je što više upoznati ovaj visokokvalitetni proizvod koji će stručnjacima građevinarstva i arhitekture zasigurno omogućiti nove kreativnosti pri izgradnji stambenih ili poslovnih objekata.

**5. LITERATURA**  
**5. REFERENCES**

1. Eckelman, C.A., 1993: Potential uses of laminated veneer lumber in furniture. *Forest Products Journal* 43 (4): 19-24.
2. Green, D.W.; Hernandez, R., 1998: Standards for structural wood products and their use in the United States. *Wood design focus* 9 (3): 3-11.
3. Guss, L.M., 1995: Engineered wood products: the future is bright. *Forest products journal* 45 (7/8): 17-25.
4. Hesterman, N.D.; Gorman, T.M., 1992: Mechanical properties of laminated veneer lumber made from interior Douglas fir and lodgepole pine. *Forest Products Journal* 42 (11-12): 69-73.
5. Spelter, H.; McKeever, D.; Dubark, I., 1997: Review of wood-based panel sector in United States and Canada. *Forest Products Laboratory, GTL - 99*
6. Ozarska, B., 1999: A review of the utilisation of hardwoods for LVL. *Wood Science and Technology* 33 (4): 341-351.
7. Smulski, S., 1997: *Engineered Wood Products*. Madison: PFS Research Foundation
8. Shupe, T.F.; Hse, C.Y.; Groom, L.H.; Choong, E.T., 1997: Effect of silvicultural practice and veneer grade layup on some mechanical properties of loblolly pine LVL. *Forest Products Journal* 47 (9): 63-69.
9. Tang, R.C.; Pu, J.H., 1997: Edgewise bending properties of laminated veneer lumber: effect of veneer grade and relative humidity. *Forest Products Journal* 47 (5): 64 - 70.
10. ..., 2000: Worldwide LVL market outlook 1999. RWS - Engineering Oy report.
11. ..., 2000: Veneers & Plywood, *FAO - Forest Products* 1998.155 (33): 106-116.
12. ..., 2000: Production, housing expected to soften. *Panel World* 41 (6): 8.
13. <http://www.finnforest.com>