

Leseni lepljeni lamelirani konstrukcijski elementi

Glued laminated timber construction elements

avtorji: **Manja KITEK KUZMAN**, **Jasna HROVATIN**, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina C. VIII/34, SI-1000 Ljubljana, **Jože KUŠAR**, Fakulteta za arhitekturo, Zoisova 12, 1000 Ljubljana

Lameliran lepljen les je sodobno kompozitno gradivo, ki ga sestavljajo tanke lamele, pri katerih je potek vlaken v glavnem vzporeden. V članku so obravnavane tipične oblike in velikosti lesenih lepljenih lameliranih konstrukcijskih elementov in statičnih sistemov. Opisana je najpogostejša uporaba lesenih lepljenih konstrukcijskih elementov in izdelana analiza njegovih prednosti ter proizvodnje in uporabe v Sloveniji in drugih državah EU. Skušali bomo nakazati možnosti večje uporabe lesenih lepljenih konstrukcij v našem okolju.

Structural glued-laminated timber (glulam) is an engineered, stress-rated product that consist of two or more layers of lumber that are glued together with the grain of all layers, which are referred to as laminations, parallel to the length. The article discusses common glued laminated timber elements application. In addition elements manufacturing and use in Slovenia and EU are analyzed. The aim of the presented study is to indicate possibility of higher use of glued laminated timber in Slovenia.

Ključne besede: konstrukcija, lepljen lameliran les, konstrukcijski elementi, kompozit

Key words: structure, glued laminated timber, structure elements, composite

1. Uvod

Les je eden najstarejših gradbenih materialov, ki ima v moderni arhitekturi in gradbeništvu pomembno vlogo. Lesene konstrukcije so vse vrste lesenih konstrukcij iz masivnega lesa in lameliranega lesa, kjer je spajanje posameznih konstrukcijskih elementov izvedeno z veznimi sredstvi. Mednje spadajo: enostavni in sestavljeni nosilci, stebri, okvirji, različna vešala, palični nosilci in paneli, ki so lahko sestavljeni iz elementov iz masivnega lesa, lameliranega lesa in industrijsko izdelanih lesnih plošč (Saje, 1997). Žagar (1999) deli lesene konstrukcije na klasične, tesarske in sodobne lesene konstrukcije. Moderne lesene konstrukcije so ponavadi prostorske po svojem delovanju, pri njih se uporabljajo sodobna spojna sredstva in lepljen les, večslojne furnirske plošče in drugi kompozitni materiali. V članku bomo obravnavali lesene lepljene lamelirane konstrukcije (LLLK), ki so s svojimi izjemnimi tehničnimi zmožnostmi - visoka trdnost pri majhni lastni teži in gospodarnosti - vplivale na vsestransko uporabo lesa.

Skrbna izbira lesa in ustreznih lepil, pravilno sušenje in temeljita površinska zaščita skoraj izničijo naravne slabosti lesa, kot so pokanje, krčenje, zvi-

janje itd. Na žalost pa so LLLK premalo uporabljene v našem okolju kljub dobrim gradbenim lastnostim lesa, kljub temu da je les obnovljiv material in da je Slovenija bogata z gozdom in ima tradicijo na tem področju.

V nadaljevanju bo podrobneje obravnavan lameliran lepljen les. Opisane bodo tipične oblike in velikosti lepljenih konstrukcijskih elementov, podane bodo prednosti in pomanjkljivosti lepljenega lameliranega lesa ter izdelana analiza njegove proizvodnje in uporabe v Sloveniji in drugih državah EU. Nakazane bodo možnosti večje uporabe lesenih lepljenih elementov v procesu arhitekturnega načrtovanja.

2. Lameliran lepljen les laminated timber (ang), BS-Holz (nem), bois lamellé collé (fr)

Lameliran lepljen les je sodobno kompozitno gradivo, ki ga sestavljajo tanke lamele, pri katerih je potek vlaken v glavnem vzporeden. Lamele so ploskovno zlepljene z lepili za konstrukcijsko uporabo, ki imajo visoko trdnost in trajnost, so odporna proti vodi, povišani vlažnosti in temperaturi ter biološkimi dejavniki. Tako sestavljeno gradivo ima bolj enakomerne in boljše

mehanske lastnosti kot les. V literaturi najdemo lameliran lepljen les tudi pod drugimi imeni: *laminated wood, glued laminated timber, gluelam, gluelam beam, classic gluelam*. Na tržišču najdemo različne proizvajalce: NORDIC LAMÔ, Goodlam, Binder, Structur-lam, Carboglulam® itd.

Leseni lepljeni lamelirani konstrukcijski elementi (LLLKE) so industrijski gradbeni elementi, za katere je značilna velika stopnja prefabrikacije. So med najlažjimi konstrukcijskimi materiali, poleg tega pa se lahko zaradi svojih dobrih elastomehanskih lastnosti uporabljajo kot samostojni nosilci ali za ravninske in prostorske konstrukcije velikih razponov.

3. Dimenzije in oblike Lesenih lepljenih laminiranih konstrukcijskih elementov (llike) in statičnih sistemov

Dimenzije nosilnih gradbenih elementov so odvisne od: statičnega sistema konstrukcije (sl. 1), nosilnosti gradiva (pregl. 1), tehnologije proizvodnje in vgraditve ter pričakovanega učinka arhitektonske kompozicije zgradbe (Kušar, 1999).

Z uporabo LLLKE lahko sestavimo konstrukcije različnih oblik. Omogočajo praktično neomejeno izbiro dimenzij prečnih prereзов elementov, pokrivanje velikih površin, velike razpone in lahko, enostavno prilagajanje sodobnim arhitektonskim zahtevam. Slika 1 prikazuje nekaj informativnih podatkov za lesene lepljene nosilce pri največjih razpetinah.

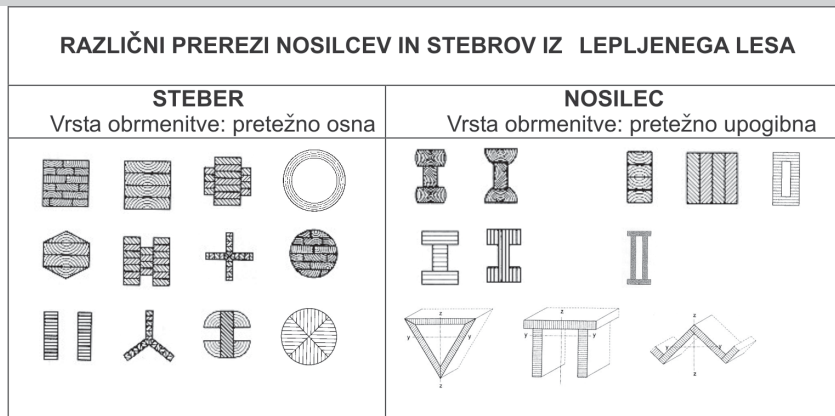
Nosilne sisteme lahko delimo v skupine: nosilci, tročlenski loki, okvirji, ukrivljeni nosilci, konzole, viseči sistemi. Razvrščeni so glede na prevladujoče obremenitve (sl. 2): npr. paličje - osna obremenitev, nosilci - upogibna

Statični sistem	Označba	Dovoljeni naklon v stopinjah	Običajna razpetina	Višina elementa
1	prostoležeči	0	10-30	$h \sim L/17$
2	kontinuirani	0	10-25	$h \sim L/20$
3	sedlasti - prostoležeči (spodnji rob je lahko raven)	3-15	10-30	$h_1 \sim L/16$ $h_2 \sim L/30$
4	mrežasti - palični -	0	30-60	$h \sim L/13$ $- L/10$
5	konzolni	0-10	5-15	$h \sim L/10$
6	lomljeni nosilec (opornik ali natezna vez)	12	15-50	$h \sim S/20$ $- S/18$
7	2- ali 3-členski lok (opornik ali natezna vez)	$f = 0, 135 L$	20-100	$h \sim L/50$
8	2- ali 3-členski okvir	0-60	15-60	$h \sim (s_1 + s_2)/15$ $- (s_1 + s_2)/20$
9	okvir preko več podpor	0-15	10-25	$h \sim L/20$

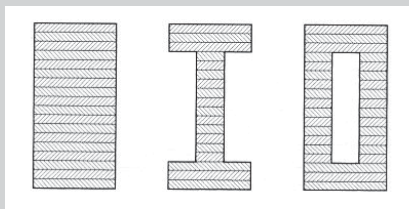
□ Slika 1. Lepljeni leseni nosilci za velike razpetine (Berdajs, žitnik et al., 2004, str. 214)

	Nosilci	Tročlenski loki	Okvirji	Ukrivljeni nosilci	Konzole	Viseči sistemi (iz 1 do 4)	Viseči sistemi
Podpiranje							
Tlačna obremenitev							
Natezna obremenitev							
Tlačna in natezna obremenitev							
Upogibna obremenitev							
Radialna obremenitev							
Ploskovna obremenitev							

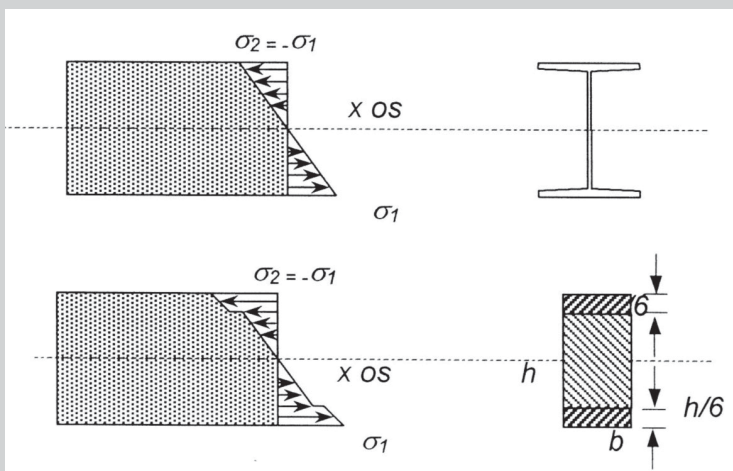
□ Slika 2. Skupine nosilnih sistemov (Winter, 2004, str. 4)



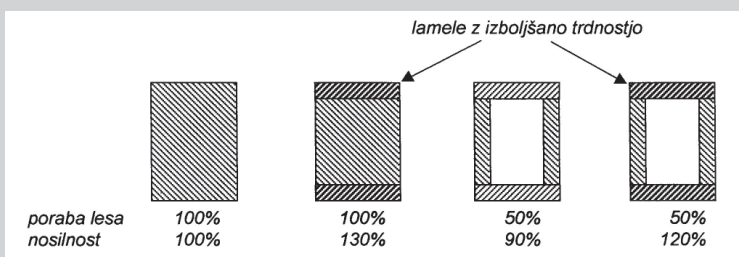
□ Slika 3. Različni prečni prerezi stebrov in nosilcev iz lepljenega lesa (Pro:Holz Austria, 2002, str. 84)



□ Slika 4. Najpogostejše uporabljene oblike prečnih prerezov (Müller, 2000, str. 32)



□ Slika 5a. Prilaganje geometrije prereza poteku napetosti
Slika 5b. Prilaganje kvalitete materiala poteku napetosti - Sestava prereza (Wallner, 2003, str. 3)



□ Slika 6. Prilaganje oblike prereza in kvalitete materiala glede na potek upogibnih napetosti (Wallner, 2003, str. 4)

obremenitev. Med prostorske konstrukcije prištevamo: kupole, prostorske okvirne konstrukcije, prostorsko paličje, brane, lupine itd.

4. Prečni prerez nosilcev

Izbor različnih vrst prečnih prerezov se je povečal z razvojem lepil, ki so vedno bolj obstojna in odporna proti ognju. Prečni prerezi so sestavljeni iz lamel, ki so med seboj zlepljene. Tako lahko dobimo najrazličnejše prereze (sl. 3): nosilce s konstantno višino, nosilce s spreminjajočo se višino, zakrivljene nosilce itd. Najpogostejši so: pravokotni prerez, prerez »I« oblike in sestavljeni škatlasti prerez (sl. 4).

Prilaganje geometrije prereza poteku napetosti temelji na principu, da je treba kar največ materiala namestiti tam, kjer največ doprinese k nosilnosti t.j. na robove, kjer so največje napetosti. Primer nosilca iz lameliranega lepljenega lesa: na robove – običajno v zunanji šestini višine (sl. 5a in 5b) pri lepljenju namestimo boljši material z višjo trdnostjo, v sredico pa slabšega in tako prilagajamo kvaliteto materiala glede na razpored napetosti po prerezu (Wallner, 2003).

Poraba lesa in upogibnih nosilnosti je odvisna od izbranega materiala in izbrane oblike prereza (sl. 6). Primerjava kombinacije prilaganja geometrije in trdnosti lesenega prereza pove, kako prihraniti material v primerjavi z nosilnostjo.

5. Najpogosteje uporabljeni tipi lesenih lepljenih lameliranih konstrukcijskih elementov (LLLKE)

Razlikujemo več vrst LLLKE: enostranski poševni nosilec, dvostransko poševni nosilec, ukrivljeni nosilec s

konstantno višino, ukrivljeni nosilec s spremenljivo višino, nosilci na več podporah, kontinuirni nosilci, dvotečajni ali tročelni lomljeni okvir, dvo- ali tročlenski ločni okvir itd. (sl. 7). V literaturi so nosilci z ukrivljenim spodnjim robom in ostrim prelomom zgornjega ravnega roba v temenu označeni tudi kot nosilci s spremenljivo višino prereza - sedlasti nosilci, medtem ko so nosilci z zaobljenim temenom označeni kot nosilci s konstantno višino prereza (Blatnik, 1993).

6. Prednosti in pomanjkljivosti lesenih lepljenih lameliranih konstrukcijskih elementov

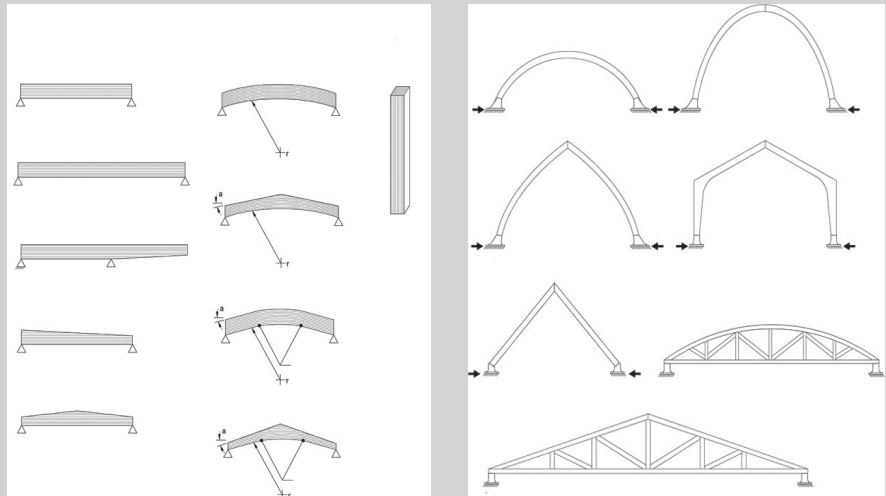
Leseni lamelirani lepljeni elementi omogočajo fleksibilnost pri konstruiranju različnih oblik in dimenzij. Imajo estetski videz in ohranjajo eleganco pri večjih razponih, saj se preseki nosilcev zaradi majhne teže ne povečujejo tako kot pri armiranem betonu. Možne so izvedbe različnih krivin in oblik ukrivljenih LLLKE. Za strešne konstrukcije se uporabljajo predvsem, kadar so zahtevani veliki razponi in posebne oblike.

6.1. Gospodarnost

Gospodarnost lesenih lepljenih konstrukcij je predvsem v predizdelavi elementov. Industrijska izdelava omogoča hitro, lahko in enostavno izdelavo, neodvisno od vremenskih vplivov. Tovarniška serijska proizvodnja LLLKE zagotavlja gradnjo z minimalnim številom napak in občutno zmanjšanje dejavnikov tveganja, kar poceni in pospeši gradnjo objekta.

6.2. Mehanske lastnosti

Smernice za projektiranje lesenih konstrukcij so podane v SIST EN 1995 1-1 (Eurokod 5- Projektiranje lesenih konstrukcij), način preizkušanja nosil-



□ Slika 7. Tipične oblike LLLKE iz vrst prostoležečih linijskih, ukrivljenih in rešetkastih konstrukcijskih elementov. (Natterer, 1996, str. 101, www.cwc.co)

nosti pa v SIST EN 408 (Ugotavljanje mehanskih lastnosti). Sprejet je evropski standard za lepljen les (EN 14080). Lepljen les je razvrščen v 4 trdnostne razrede. Homogen lepljeni les označujemo z GL 24h - GL 36h, kombiniran pa z GL 24c - GL 36c. Številka zraven oznake GL (glued laminated) pomeni

karakteristično upogibno trdnost v Mpa (Srpčič, 2005)(pregl. 1).

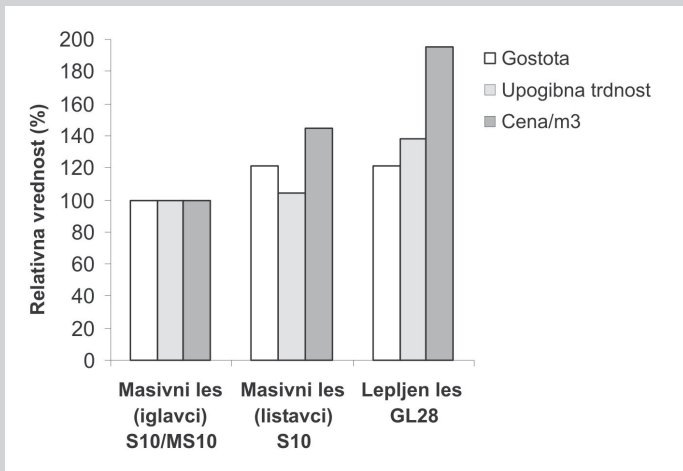
Leseni lamelirani lepljeni elementi imajo dobre trdnostne lastnosti v primerjavi z drugimi materiali ter visoko nosilnost glede na prostorninsko maso. So lahki gradbeni elementi, saj pri istem volumnu dosežejo le 20 % teže

□ Preglednica 1. SIST EN 1194: Karakteristične trdnosti (f), elastični (E) in strižni (G) modul v N/mm², ter specifična teža (φ) v kg/m³

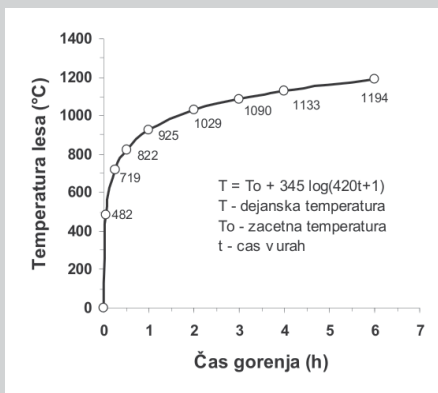
	GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h
Karakteristična upogibna trdnost [N/mm ²]	24	28	32	36
Karakteristična natezna trdnost [N/mm ²]	16,50,4	19,50,45	22,50,5	260,6
Karakteristična tlačna trdnost [N/mm ²]	242,7	26,53,0	293,3	313,6
Karakteristična strižna trdnost [N/mm ²]	2,7	3,2	3,8	4,3
Povprečen modul elastičnosti [N/mm ²]	11 6009 40039012	60010 20042013	70011 100460	14 70011 900490
Povprečen strižni modul [N/mm ²]	720	780	850	910
Karakteristična gostota [kg/m ³]	380	410	430	450

□ Preglednica 2. Osnovne dovoljene napetosti za lepljene lamelirane konstrukcije v N/cm² (Berdajs, 2004, str. 257)

VRSTA NAPETOSTI	Lepljen les Jelka, smreka, bor		Lepljen les Hrast, bukev	
	I	II	I	II
Upogib σ_{md}	1400	1100	1620	1370
Nateg σ_{td}	1050	850	1800	1080
Tlak σ_{td}	1100	850	1500	1200
Tlak pravokotno na vlakna $\sigma_{tc d}$	200	200	490	430
Strig τ_{td}	90	90	150	150
Strig zaradi prečne sile τ_{mid}	120	120	130	110



Slika 8. Primerjava gostote, upogibne trdnosti in cene na kubični meter lepljenega lesa z masivnim lesom (Milonig, 2003, str. 49)



Slika 9. Standardna požarna krivulja za gorenje lesa (EVROCODE 1, /8/)

Število minut [min]	°C
10	659
15	718
30	827
60	925
1 h 30 min	986
2 h	1030
3 h	1090
4 h	1133
6 h	1194

železobetonskih. LLLKE imajo večjo trdnost in togost kot masiven les.

V primerjavi z masivnim lesom ima lameliran lepljen les več prednosti: dimenzijsko stabilnost, možnosti različnih izvedb prečnega prereza in večje dimenzije, kot jih dopušča žagan les (Russell C. Moody, 2004). Poleg tega ima lameliran lepljen les visoko nosilnost glede na težo (pregl. 2, sl. 8). Je dimenzijsko bolj obstojen in ima manjše torzijske deformacije kot masivni les. Pri sušenju skoraj ni razpok. Velika prednost lameliranih lepljenih nosilcev pred masivnim lesom je možnost oblikovanja vzdolžne osi nosilca. Če primerjamo odpadke pri masivnem lesu in lepljenem lesu, vidimo, da je

količina odpadka odvisna od konstrukcije. Širši je nosilec, boljši je izkoristek. Približna ocena porabe je okoli 1,5 m³ lesne mase za neto 1 m³ nosilca.

6.3. Požarna odpornost

Lesene lepljene lamelirane konstrukcije imajo bistveno večjo požarno odpornost, kot jim na splošno pripisujemo, in presegajo pri tem jeklo in armirani beton. Razlog za dobro odpornost proti ognju LLLKE je v njihovi slabi prevodnosti toplote. Sposobnost lesa za prevajanje toplote je zelo majhna, toploto prevajajo 300 - do 400 - krat počasneje kot jeklo. Elementi zglejnijo počasi s površine proti notranjosti. Ustvarjena zogljenelost zmanjšuje pre-

vajanje toplote in onemogoča pristop kisika do lesa. Nosilci ohranijo v nezoglenem preseku polno nosilnost. V normalno potekajočem požaru masivni smrekov les gori s hitrostjo 0,6 do 1,1 mm/min, lepljen les pa 0,1 mm/min (Zbašnik Senegačnik, 2001). LLLKE med gorenjem ne spreminjajo oblike. Zato nosilci ne povzročajo pritiska na obodne stene in ne povzročajo njihove porušitve.

Lesena konstrukcija je lahko tudi požarno odporna. Če želimo doseči požarno odpornost, lahko: izdelek ustrezno dimenzioniramo, lahko ga obložimo s protipožarnimi oblogami ali zaščitimo s kemičnimi sredstvi, kjer moramo upoštevati dejanski namen zaščite ter izbrati primeren pripravek (Rep, 2005).

Slika 9 prikazuje standardno požarno krivuljo za gorenje lesa skladno z EC 1 - les [41], kjer vidimo, da v 10 minutah gorenja les doseže temperaturo 700 stopinj, nakar se temperatura bistveno počasneje povečuje.

6.4. Cena in trajnost

Cena osnovnega proizvoda LLLKE je okoli 2,5-krat večja (Haiman, 2005) v primerjavi z masivnim lesom. Vendar pa na končno ceno izdelka vpliva tudi niz drugih faktorjev, kot so: planiranje gradnje, hitrost izvedbe, enostavnost transporta in montaže, spojna sredstva, kvaliteta proizvoda, ki je v tovarni narejen v skladu z najnovejšimi znanji in pravili stroke, kar se kaže v veliki trajnosti objekta. Cena zakrivljenih nosilcev je odvisna od radija zakrivljenosti, od preseka nosilca in od števila izdelanih konstrukcijskih elementov. Cena raste sorazmerno z večjo debelino lamele in manjšim radijem. Večji je radij, bolj se cena približuje ceni ravnih nosilcev.

Trajnost lesenih konstrukcij je danes ocenjena na več kot 100 let v povpreč-

no spremenljivih zunanjih pogojev (Pihlajavaara, 1980), poleg tega pa mora biti zagotovljena pravilna izvedba detajlov in ustrezna zaščita.

Haiman (2005) ugotavlja v prispevku Zakaj lepljene lamelirane lesene konstrukcije?, da je gradnja konstrukcij z LLE na koncu od 15 do 20 % cenejša kot ista armiranobetonska ali jeklena izvedba.

6.5 Ekologija

Z okoljevarstvenega vidika je pomemben faktor razgradljivost materiala in možnost recikliranja lesenih lameliranih lepljenih konstrukcijskih elementov. Za obe lastnosti ni bistvenih razlik med LLKE in masivnim lesom. Do razlike pa pride pri oceni porabe materiala in energije ter uporabi lepila. Iz preglednice 3 je razvidno, da je za proizvodnjo LLKE potrebne približno še enkrat več energije kot za primerljiv konstrukcijski element iz masivnega lesa. Lepilo je bistvenega pomena za nosilnost LLK. Zaradi vsebnosti formaldehida lepilo škodljivo deluje na vse, ki imajo opraviti z njim, in že sam po sebi obremenjuje okolje. Vendar pa je delež lepila v celotnem volumnu konstrukcije samo okoli 1 % (Burgbacher, 1991), tako da ekološke prednosti lepljenih lameliranih konstrukcij niso bistveno manjše od konstrukcij iz masivnega lesa, sploh pa, če upoštevamo skoraj neizbežno uporabo kovinskih spojnih sredstev.

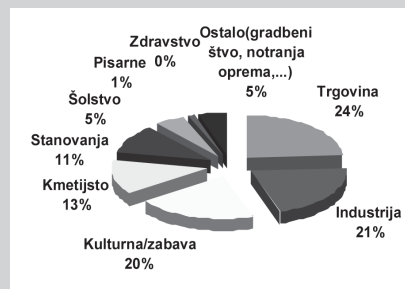
7. Uporaba

Lepljen les je nepogrešljiv pri konstrukcijah, kjer je potrebna večja trdnost, dimenzijska stabilnost in ustrezen estetski videz lesnega proizvoda.

Po podatkih CNDB (2002) se največ lepljenega lesa v EU porabi za izgradnjo nestanovanjskih stavb, kamor spadajo: trgovski objekti, objekti za šport in prosti čas, sledijo jim industrijske

□ **Preglednica 3. Poraba materiala in energije za lepljen les in konstrukcijski masiven les (Frühwald, 2005, /11/)**

	LEPLJEN LES		KONSTRUKCIJSKI MASIVEN LES	
Material [kg/m ³]	les	592	les	592
	voda	467	voda	423
	olja	0,2	olja	0,3
	lak-politura	0,7	lepilo	0,4
	plastične mase	0,2	plastične mase	0,2
	kovina	22		
	lepilo	14		
	Skupaj	1.096	Skupaj	953
Energija [kWh/m ³]	električna energija	391	električna energija	241
	pogonsko gorivo	273	pogonsko gorivo	216
	les	518	les	220
	kurilno olje	36	kurilno olje	11
	Skupaj	1.218	Skupaj	658

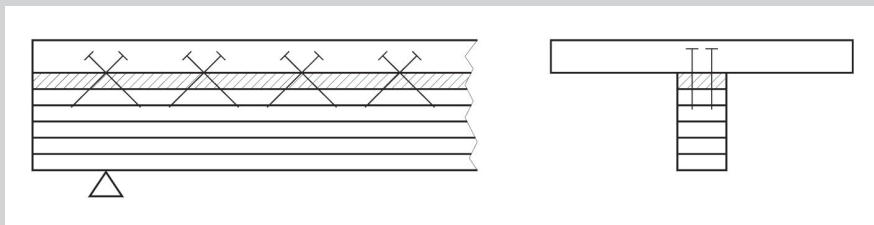


□ **Slika 10. Struktura porabe lepljenega lesa (FIBC, 2002, str. 41)**

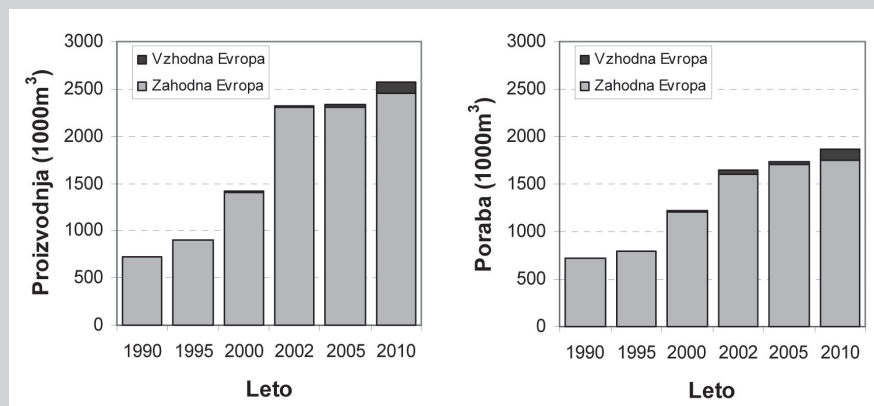
stavbe in skladišča ter kulturni objekti. Delež stanovanjskih objektov je 11 %. Panoga za izgradnjo lesenih zgradb za kulturne namene je v največjem porastu (sl. 10). Lepljene lesene konstrukcije nudijo gospodarne rešitve pri športnih objektih, tipskih dvoranah, pri skladiščih, bazenih, šolskih objektih, razstavnih objektih, mostovih in drugih.

Lepljeni konstrukcijski elementi so lahko enostavni ali sestavljeni nosilci, stebri, okvirji, različna vešala, palični nosilci in paneli (lahko so sestavljeni iz elementov iz masivnega lesa in laminiranega lesa). Poznamo pa tudi različne netipične izvedbe lesenih lameliranih lepljenih nosilcev, kjer lahko lepljen les (LVL) kombiniramo z masivnim lesom. Taki so npr. I nosilci, ki imajo natezno cono v delu, kjer je lepljen les. Predstavniki sestavljenih proizvodov so tudi kompozitni pasovni

nosilci iz lesa in polistirena (Lopatič, 1993). Posebna oblika lepljenih elementov so leseni lamelirani lepljeni nosilci, pri katerih za izboljšanje lastnosti (upogib, strig) izvedemo predkrivljenje (Wallner, 2003). Poznamo tudi lamelirane nosilce s prerezi, ki imajo vertikalno nameščene lamele v natezni coni ali vertikalne lamele po celotnem prerezu, lamelirane lesene nosilce, ki imajo v natezni coni prilepljeno armaturo v obliki trakov (jeklo, karbonske lamele, lamele iz steklenih vlaken) (Natterer, 2000), ojačane nosilce s prednapetjem (Peter, Weber, 1980), nosilce z vlepljenimi jeklenimi palicami z navoji (Möhler in Hemmer, 1981), prednapete lesene nosilce, kjer prednapetanje dosežemo z zunanjimi plastičnimi kabli, lepljene lamelirane elemente, obogatene s karbonskimi vlakni - Carboglulam (CTBA, 2002).



□ Slika 11. Navzkriž uvijačeni vijaki za sovprežne konstrukcije iz lesa in betona (Bratina, 1998, str.26)



□ Slika 12. Proizvodnja in poraba lepljenega lesa v vzhodni in zahodni Evropi (CEI- Bois, Roadmap, 2004, str. 16)

V zadnjem času se povečuje uporaba sovprežnih konstrukcij. Sovprežne konstrukcije iz lesa in betona se uporabljajo zlasti kot upogibni elementi stropnih konstrukcij. Pri tem sestavljen konstrukcijski element izvedemo tako, da natezne napetosti prevzame leseni, tlačne pa betonski del sestavljenega prereza. Med lesenim in betonskim delom je ustrezna strižna povezava. Takšne sovprežne konstrukcije imajo v primerjavi z običajnimi sestavljenimi lesenimi konstrukcijami kar nekaj prednosti: večja nosilnost in togost, izboljšana zvočna izolativnost, povečana požarna odpornost, možnost ojačanja obstoječih lesenih stropov in bistveno boljše porazdelitev koncentriranih in linijskih obtežb (Bratina, 1998) (sl. 11).

LLKE se uporabljajo za klasične strešne konstrukcije, za montažne strešne palične elemente, stropne konstrukcije,

sestavljene lepljene profile (I-presek), ki se uporabljajo v opažni tehniki, za monolitne ali sestavljene podporne konstrukcije idr. Ravni lepljeni nosilci se uporabljajo kot nosilni podporni elementi v gradbenih konstrukcijah, kot so stropniki, lege, stebri, elementi v montažnih zidovih in inženirskih konstrukcijah. V nekonstrukcijske namene se LLKE uporabljajo za stavbno pohištvo, za drogeve, železniške prago-ve, kot pohištveni elementi, obloge, itd.

Uporaba lesa v Sloveniji na področju gradbenih inženirskih konstrukcij je usmerjena predvsem na les v njegovi naravni obliki in premalo na namenske proizvode z višjo dodano vrednostjo. Prodaja okroglega lesa se zastruje zaradi vse manjših kapacitet v primarni predelavi lesa (žagarstvo, proizvodnja ivernih in panelnih plošč) in kemični predelavi lesa (proizvodnja celuloze).

Konkurenčnost na trgu žaganega lesa pa izgublamo zaradi visokih stroškov predelave, ki so tudi posledica pomembno manjših predelovalnih kapacitet v primerjavi s kapacitetami v tujini in vse slabši kakovosti lesa, ki ga predelujemo (Furlan, Winkler, 2005).

8. Proizvodnja lepljenega lameliranega lesa

Po podatkih CEI-Bois se bo proizvodnja lepljenih lesenih nosilcev v obdobju 1990 do 2010 več kot potrojila, kar pripisujejo velikemu izvozu na japonski trg med leti 1995 in 2002. Stopnja rasti proizvodnje po letu 2002 pa pada zaradi zrelosti japonskega trga in omejenih zahtev rasti vzhodnoevropskega trga. Na drugi strani je pričakovana rast proizvodnje lepljenega lesa v vzhodni Evropi zaradi boljše uporabe obstoječih kapacitet kakor tudi pričakovanih novih kapacitet v drugih delih vzhodne Evrope (sl. 12).

Poraba lepljenega lesa v Evropi se je skokovito povečala v obdobju od 1995 do 2002 pretežno v mediteranskih in državah centralnozahodne Evrope, kar pripisujejo posledici promocije in povečanja gradbeniške dejavnosti - predvsem v Italiji. Povečana poraba lepljenega lesa v zahodni Evropi pa se predvideva še do leta 2010.

Države centralnozahodne Evrope so največji izvozniki lepljenega lesa, Japonska pa je glavi uvoznik. Zato se pričakuje povečana ponudba lepljenega lesa azijskih držav (vključno Rusije). Znotraj Evrope so mediteranske države glavni uvozniki, kar se bo predvidoma v naslednjih letih nadaljevalo.

Po podatki proizvodnje lepljenega lesa v državah EU za leto 2000, vidimo, da naredijo v Nemčiji in Avstriji skoraj 70 % vsega lepljenega lesa v EU (CN-DB, 2002) (sl. 13).

Zanimiv je bliskovit porast proizvodnje v Avstriji, ki je v treh letih dosegla skoraj četrtino evropske proizvodnje. Ne smemo pozabiti, da je Avstrijecv samo 8 milijonov v primerjavi s 377 milijoni prebivalcev v EU (Sl.14).

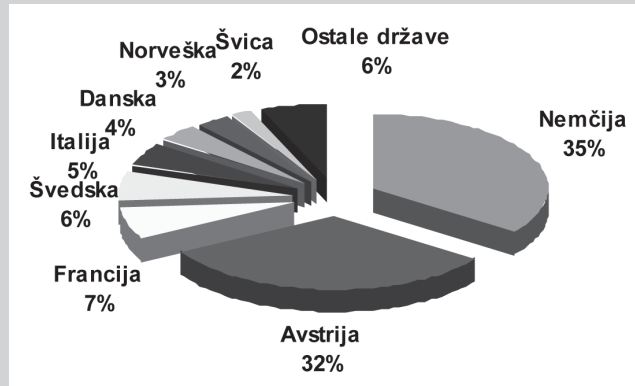
V Sloveniji močno zaostajamo v proizvodnji in porabi lepljenega lesa za geografsko primerljivo Avstrijo, pri čemer je pogozenost obeh držav primerljiva. Razlogov je več, predvsem v nekonkurenčni proizvodnji ter v majhnem povpraševanju po LLKE.

Letna poraba lesa in lesnih kompozitov na različnih področjih gradbeništva je okoli 400.000 m³, za pohištvo pa približno 800.000 m³.

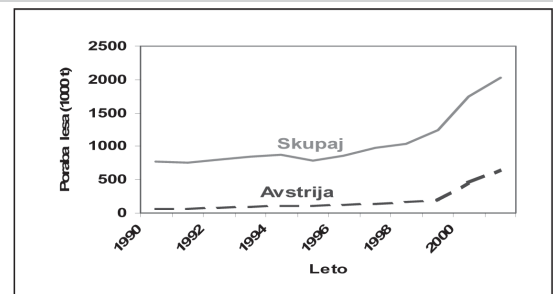
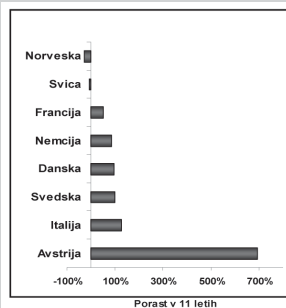
Največji proizvajalec lepljenega lesa v Sloveniji je podjetje Hoja, ki proizvede 3750 neto m³ ravnih in krivljenih nosilcev in zajema slovensko tržišče 70-75 % predvsem naročniške proizvodnje. Pretežni proizvod podjetja so ravni nosilci dimenzij 8/10, 9/9, 8/12, 10/12, 14/16 cm.

Lepljen les proizvajata tudi podjetji Svea in Legoles. Proizvodni program Legolesa zajema: dolžinsko spojen konstrukcijski les (KLH), dvoslojni lepljen les (DUO), trislojni lepljen les (TRIO), lameliran lepljen les (BSH), stropne elemente, lepljena bruna in znaša 2950 neto m³ letno, od tega lameliran lepljen les 30 %, 20 % duo in trio, 50 % pa KLH. Podjetje Svea proizvede 4000 neto m³ letno.

Po nekaterih ocenah je delež lepljenega lesa v celotni količini predelanega lesa v Sloveniji že več kot 50 % (Šega, 2003:1). Med lepljen les prištevamo predvsem lesne plošče (iverne, OSB, vlaknene, vezane) in konstrukcijski kompozitni les – LVL, PSL, LSL.



□ Slika 13. Proizvodnja lepljenega lesa v državah EU (za leto 2000) (FIBC, 2002, str. 14)



□ Slika 14. Proizvodnja lepljenega lesa v EU (za obdobje 1990-2001) (FIBC, 2002, str. 41)

9. SKLEP

Zaradi svojih izjemnih fizikalnih in mehanskotehnoških lastnosti je lepljen les nepogrešljiv v gradbenih konstrukcijah. Lameliran lepljen les omogoča poljubno oblikovane konstrukcije, formiranje zahtevnih arhitektonskih oblik in izdelovanje novih prostorskih konceptov. Dejstvo je, da sta poraba kakor tudi proizvodnja lesenih lameliranih elementov v svetu v izrednem vzponu. Poleg omenjenih dobrih mehanskih lastnosti je sedaj, ko se zavedamo pomena ekologije, lameliran lepljen les konkurenčnejši od drugih materialov. Cenjen je tudi zaradi svojih estetskih lastnosti. Poleg tega pa se lahko z optimiranjem, krojenjem in leplje-

njem LLLKE oplemeniti, kar omogoča uporabo slabšega, tudi recikliranega lesa. V perspektivi se bo poraba še povečala, k čemer bodo prispevale tudi nove tehnologije, ki bodo omogočale večjo natančnost izdelave in načrtovanja. Trenutno stanje proizvodnje in porabe LLLKE v Sloveniji je zaskrbljujoče, vendar menimo, da bi s promocijo in osveščanjem o prednostih tovrstnih konstrukcij lahko pripomogli k večji razširjenosti lameliranih lesenih konstrukcij tudi v našem okolju. □

literatura

1. **Burgbacher, C. 1991.** Geformtes Holz ist umweltfreundlich, energiesparend und leistungsfähig. Bauen mit Holz, 5327
2. **Berdajs, A., žitnik, D. et al. 2004.** Gradbeniški priročnik. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana: 214-238
3. **Blatnik, E. 1993.** Analiza napetosti ukrivljenih lameliranih lesenih nosilcev. Diplomski naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo:10
4. **Bratina, S. 1998.** Slojeviti in sestavljeni nosilci. Diplomski naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 26
5. **CEI- Bois, Roadmap 2010 for the European Woodworking Industries. 2004:** Key findings and Conclusions - market, Industry&Forest Resource Analysis as part of the Roadmap to 2010 Process:16
6. **Centre National pour Développement du Bois. 2002.** Recherche - production Lamellé Collé. CNDB, Paris: 5-13
7. **CTBA, 2002.** Carboglutam®, Poutre de lamellé-collé renforcée avec du carbone. http://www.le-bois.com/fiche_actu2.asp?id=1425
8. **EVROCODE 1.** Basic of Design and Actions on Structures, Part 2-2: Actions on structures- Actions on structures exposed to fire. ENV 1991-2-2, 1995.
9. **EUROCODE 5.** Design of timber structures- Part 1-1: General rules and rules for buildings (SIST EN 1995-1-1: 2005); Part 1-2: General rules-structural fire design (SIST EN 1995-1-2: 2005); Part 2: Bridges (SIST EN 1995-2: 2005)
10. **FIBC,** Syndicat national des constructeurs de charpentes en bois lamelle colle. 2002. Production de lamelle colle par pays: 41
11. **Frühwald, A. 2005.** Comparison of wood products and major substitutes with respect to environmental energy balance. University of Hamburg, Centre for Wood Science and Technology, Federal Research Center for Forestry and Forest Products.
12. **Furlan, F., Winkler, I. 2005.** Poslovanje gozdarskih gospodarskih družb v letu 2004. V: Gozdarški vestnik, 63-10: 430-454
13. **Haiman, M. 2005.** Zašto lepljene lamelirane drvene konstrukcije? V: Drvo, 45:85
14. **Hrovatin, J., Kuzman Kitek, M. 2005.** Smernice razvoja lesene montažne gradnje. V: Les Wood, 57(2005)11:322-330
15. **Informationdienst Holz, 2002.** Argumente für BS Holz: 4
16. **Lopatič, J. 1993.** Preiskava kompozitnih nosilcev iz lesa in stiropora. V: Les, 45:10: 281-288
17. **Kušar, J. 1999.** Konstruiranje in dimenzioniranje. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo: 148
18. **Milonig, S. 2003.** Bausysteme Holzbau. Vom Baum zum Werkstoff. Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, TU Wien: 49
19. **Möhler, K., Hemmer, K. 1981.** Eingeleimte Gewindestangen. V: Bauen mit Holz, 5: 296-298
20. **Müller, A. 2000.** Holzleimbau. Birkhäuser, Basel-Berlin-Boston: 32
21. **Natterer, J., Herzog, T., Volz, M. 1996.** Holzbau - Atlas. Rudolf Müller, Köln:101
22. **Pihlajavaara, S.E. 1980.** Background and Principles of Long-Term Performance of Building Materials. Durability of Building Materials and Components, ASTM STP 691, American Society for Testing and Materials: 5-17
23. **Peter, J., Weber, M. 1991.** Aufnahme von Querspannungen in gekrümmten Brettschichtträgern. V: Bauen mit Holz, 5: 326
24. **Pro:Holz Austria. 2002.** Mehrgeschossiger Holzbau in Österreich. proHolz Information: 84
25. **Rep, G. 2005.** Gorenje lesa. V: Zbornik referatov. Ljubljana: Slovensko združenje za požarno varstvo:71
26. **Moody, R.C., Hernandez, R., J. Y. Liu. 1999.** Glued Structural Members. Wood handbook, Wood as an engineering material, Madison, USA: 11-3
27. **Saje, F. 1997.** Novejši razvoj lesenih konstrukcij. V: Zbornik 19. zborovanje konstrukterjev Slovenije, Bled 16-17: 78
28. **Srpčič, J., 2005.** Dimenzioniranje lesenih konstrukcij po metodi mejnih stanj. <http://www.gzs.si/DRNivo3.asp?IDpm=6687&ID=25893>
29. **SIST EN 14080:** Timber structures - Glued laminated timber-Requirements 2004:1-37
30. **SIST EN 1194:** Timber structures - Glued laminated timber- Strength classes and determination of characteristic values, april 1999: 1-13
31. **Šega, B. 2003.** Osnove lepljenja lesa. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo:1
32. **Vratuša, S. 1995.** Eurocode 5, projektiranje lesenih konstrukcij (Splošna pravila in pravila za stavbe). V: Zbornik seminarjev Uvajanje sodobnih evropskih standardov Eurocode v Sloveniji: 98-114
33. **Wallner, E. 2003.** Ekonomičnost upogibno obremenjenih nosilcev. Raziskovalna naloga, Univerza v Ljubljani - Fakulteta za arhitekturo: 3-4
34. **Winter, W. 2003/2004.** Bausysteme Holzbau: C Holzeinsatz bei Tragwerken: Praktische Hinweise zur Entwicklung von Tragwerken. Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, TU: 4
35. **Zbačnik Senegačnik, M.2001.** Hiša iz masivnega lesa. V: Les Wood, 53(2001)10:339-344
36. **žagar, Z. 1999:** Drvene konstrukcije 1. Osnove projektiranja drevnih konstrukcija. Pretei, Zagreb:14

kratke novice

Ikea po 20 letih v drugem poskusu znova na japonski trg

Zahtevne japonske kupce namerava švedski pohištveni koncern **Ikea** privabiti s pohištvom, posebej prirejenim njihovim potrebam.

Dvajset let po umiku z Japonske se švedski pohištveni koncern **Ikea** vrača v deželo vzhajajočega sonca. V začetku meseca je **Ikea** na vzhodu Tokia odprla eno svojih največjih prodajal na svetu, ki meri 40 tisoč kvadratnih metrov. V prihodnjih petih letih namerava na Japonskem odpreti skupaj 12 prodajal.

Zahtevne japonske kupce namerava **Ikea** privabiti s pohištvom, posebej prirejenim njihovim potrebam. Ponudba bo tako osredotočena zlasti na mala stanovanja, ki na Japonskem prevladujejo. Ali bo kupce s tem tudi dosegla, je še odprto, saj so vajeni predvsem malih trgovin. Kljub temu se je ob odprtju prve trgovine v samo štirih urah zbralo 15 tisoč ljudi.

Pred 20 leti se je **Ikea** zaradi zelo slabe prodaje umaknila z japonskega trga, kjer je leta 1974 odprla prvo prodajalno. "Takrat je bilo prezgodaj priti na Japonsko," je ob ponedeljkovem odprtju priznal **Ikein** šef Anders Dahlvig in dodal, da je švedska pohištvena veriga sedaj pripravljena na nov začetek. □

(povzeto po STA)