



## KRIŽNO LAMELIRANI LES – LASTNOSTI IN ZAHTEVE

## CROSS-LAMINATED TIMBER – CHARACTERISTICS AND REQUIREMENTS

Bogdan Šega<sup>1</sup>, Milan Šernek<sup>1\*</sup>

UDK 630\*832.286

Izvleček / Abstract

Pregledni znanstveni članek / Review scientific article

**Izvleček:** Križno lamelirani les (KLL) je sodoben gradbeni material, ki se uporablja za nosilne gradbene namene v stanovanjskih in nestanovanjskih objektih. Proizvodnja KLL v zadnjih letih zelo hitro narašča. KLL je primeren za stenske, talne, stropne in strešne elemente pri gradnji hiš, večstanovanjskih stavb, industrijskih in skladiščnih hal ter drugih zgradb in mostov. Izpolnjevanje bistvenih zahtev evropske uredbe o gradbenih proizvodih (CPR) proizvajalci dokazujejo na podlagi začetnega testiranja tipa proizvoda in ugotovitev kontrole proizvodnje v obratu. Leta 2015 je bil sprejet harmoniziran evropski standard za KLL, v katerem so definirane zahteve za vgradne materiale, proizvodnjo in dokazovanje nespremenljivosti lastnosti ter označevanje z oznako CE. V članku so predstavljene tehnologija izdelave in osnovne značilnosti KLL ter vsebina standarda EN 16351.

**Ključne besede:** križno lamelirani les, KLL, EN 16351:2015, testiranje tipa proizvoda, kontrola proizvodnje v obratu (FPC), oznaka CE

**Abstract:** Cross-laminated timber (CLT or X-Lam) is a modern building material used for load-bearing construction purposes in residential and non-residential buildings. CLT production has been increasing rapidly in recent years. CLT is suitable for wall, floor, ceiling and roof elements in the construction of houses, multi-family apartment buildings, industrial and storage halls and other buildings and bridges. Manufacturers demonstrate compliance with the essential requirements of the European Construction Products Regulation (CPR) on the basis of an initial type testing and the findings of a factory production control examination. In 2015, a harmonized European standard for CLT was adopted, which defines the requirements for built-in materials, the production and demonstration of constancy of performance, and the CE marking. The article presents the production technology and basic characteristics of CLT and the content of standard EN 16351.

**Keywords:** Cross-laminated timber, CLT, EN 16351:2015, type testing, factory production control (FPC), CE mark

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Križno lepljeni les oziroma križno lamelirani les (KLL) je sestavljen iz več slojev masivnega lesa, ki so med seboj zlepljeni pod pravim kotom (slika 1). V primerjavi z lepljenim lameliranim lesom, kot so lepljeni nosilci, ima bolj enakomerno porazdeljene lastnosti v vzdolžni in prečni smeri. Zaradi križnega lepljenja je dimenzijsko bolj stabilen, saj je delovanje lesa zmanjšano. Uporablja se za nosilne gradbene namene v stanovanjskih in nestanovanjskih objektih. Primeren je za stenske, talne, stropne in strešne elemente pri gradnji hiš, večstanovanjskih stavb, industrijskih in skladiščnih hal ter drugih objektov. Ima različna komercialna imena oziroma kratice, v angle-

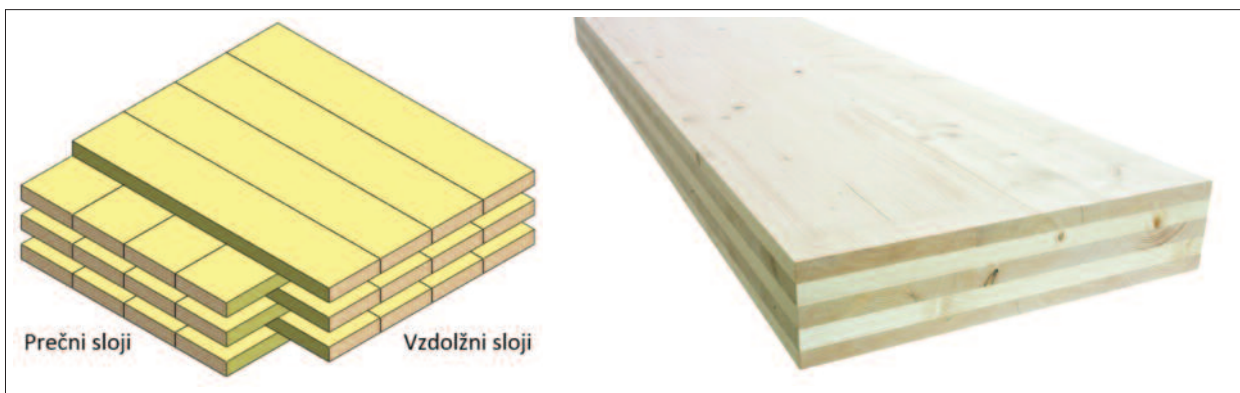
ščini CLT (Cross Laminated Timber) in X-Lam ter v nemščini KLH (KreuzLagenHolz) in BSH (BrettSperr-Holz).

KLL je sodoben lesni kompozit, ki je bil razvit pred več kot dvema desetletjema v Avstriji. V sredini 90. let 20. stoletja se je Avstrija lotila skupnih prizadevanj na področju raziskav, ki so privedla do razvoja sodobnega KLL. Na začetku je bil napredek pri razvoju več let počasen, vendar se je gradnja s KLL v začetku leta 2000 bistveno povečala, delno zaradi prizadevanj zelene gradnje, pa tudi zaradi boljših izkoristkov ter izboljšanih tržnih in distribucijskih kanalov (Gagnon & Pirvu, 2011).

KLL nudi številne prednosti. Postopek križnega lameliranja izdelku zagotavlja izboljšano dimenzijsko stabilnost, kar omogoča predizdelavo širokih in dolgih talnih plošč, stropov, sten in ostrešij. Križno lameliranje rezultira v relativno visoki trdnosti in togosti v ravnini in po robu v obeh smereh, kar daje

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, SLO

\* e-pošta: milan.sernek@bf.uni-lj.si



Slika 1. Križno lamelirani les (Gagnon & Pirvu, 2011)

Figure 1. Cross-laminated timber (Gagnon & Pirvu, 2011)

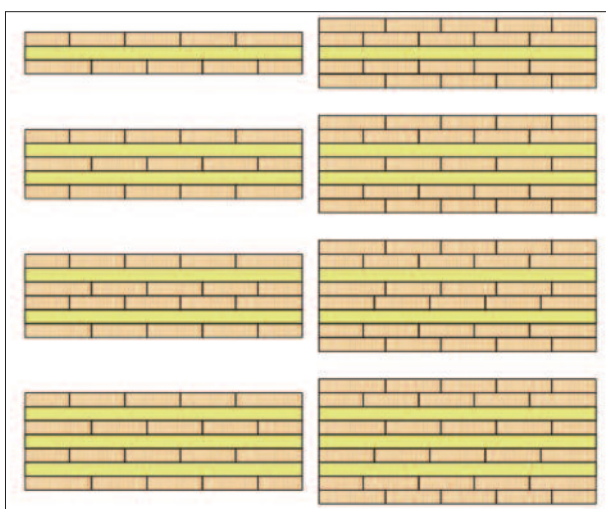
dvosmerno akcijsko sposobnost podobno armirano-betonским ploščam. Enostavna uporaba, visoka stopnja predizdelave, ki omogoča hiter čas izgradnje, dobra toplotna in zvočna izolativnost ter dobra protipotresna odpornost so glavne prednosti križno lameliranih plošč. Dodatni atribut v primerjavi s klasičnimi gradbenimi materiali pa predstavlja les, ki je naraven, neškodljiv in obnovljiv material (Gagnon & Pirvu, 2011).

## 2 SESTAVA IN MATERIALI

### 2 COMPOSITION AND MATERIALS

#### 2.1 SESTAVA

##### 2.1 COMPOSITION



Slika 2. Primeri prerezov KLL (Gagnon & Pirvu, 2011)

Figure 2. Examples of CLT cross sections (Gagnon & Pirvu, 2011)

KLL je običajno v obliki plošč, ki so iz lihega števila slojev (3, 5, 7 ali več), pri čemer je prečni prerez plošče simetričen (slika 2). Debelina posameznega sloja naj bi bila med 12 mm in 45 mm. Vzdolžni sloji so običajno širinsko zlepljeni, medtem ko prečni večinoma niso in se lepijo zgolj ploskovno z vzdolžnimi sloji. Križno lamelirane elemente običajno proizvajajo do dolžine 20 m, širine do 3 m in debeline do 0,5 m. Za izdelavo uporabljajo les iglavcev, kot so smreka, jelka, bor, duglazija in macesen. Les mora biti posušen na vlažnost od 6 do 15 % oziroma 11 do 18 %, če se uporablja zaščiten/impregniran les. Les dolžinsko in širinsko spajajo, nato pa sloje lepijo po debelini v plošče različnih prerezov (Gagnon & Pirvu, 2011).

## 3 PRODUKTNI STANDARD ZA KRIŽNO LAMELIRAN LES

### 3 PRODUCT STANDARD FOR CROSS LAMINATED TIMBER

KLL sodi med klasične gradbene materiale in mora zagotavljati izpolnjevanje osnovnih zahtev evropske Uredbe (EU) št. 305/2011 o gradbenih proizvodih (CPR - Construction products regulation).

Leta 2015 je bil sprejet harmoniziran produktni evropski standard za križno lameliran les (SIST EN 16351, 2015). Standard postavlja zahteve za vgrajene materiale, zahteve za proizvodnjo, zahteve za dokazovanje nespremenljivosti lastnosti ter zahteve za označevanje križno lameliranega lesa z oznako CE. Njegova uporaba je obvezna.

Križno lameliran les, ki ga pokriva ta standard, je lahko izdelan iz na podlagi EN 14081-1 po trdnosti

razvrščenega masivnega lesa iglavcev in topola; vsebuje pa lahko tudi sloje, izdelane iz gradbenih lesnih plošč. Standard velja tudi za križno lamelirani les, ki je zaščiten pred biološkim napadom, ne pokriva pa lesa, zaščitenega z zaviralci gorenja.

V nadaljevanju je na kratko predstavljena vsebina standarda EN 16351.

### 3.1 IZRAZI IN DEFINICIJE

#### 3.1 TERMS AND DEFINITIONS

Po definiciji standarda je križno lamelirani les konstrukcijski les, sestavljen iz vsaj treh slojev, od katerih so vsaj trije med sabo pravokotno spojeni. Vedno vsebuje sloje masivnega lesa, lahko pa vsebuje tudi sloje iz lesnih plošč (furnirne vezane plošče, LVL ali masivne lesne plošče).

### 3.2 KOMPONENTE IN LASTNOSTI IZDELKA, METODE TESTIRANJA IN OCENJEVANJA

#### 3.2 COMPONENTS AND PRODUCT CHARACTERISTICS, TESTING AND ASSESSMENT METHODS

##### 3.2.1 Lastnosti komponent

###### 3.2.1 Components characteristics

###### 3.2.1.1 Les za lamele

###### 3.2.1.1 Timber to be used in laminations

Lamele so izdelane iz žaganega lesa debeline 6 mm – 60 mm, ki mora biti razvrščen po trdnosti v skladu z EN 14081-1; podan mora biti trdnostni razred lesa v skladu z EN 338. Ponovna uporaba rabljenega lesa ni dovoljena.

###### 3.2.1.2 Lamele

###### 3.2.1.2 Laminations

Če imajo zobati spoji v lameli ustrezno trdnost (ta mora biti višja od trdnosti masivnega lesa), se za celotno lamelo privzame, da ima enake lastnosti, kot jih imajo deske, iz katerih je izdelana.

###### 3.2.1.3 Sloji iz masivnega lesa

###### 3.2.1.3 Timber layers

Vsak posamezen sloj mora biti izdelan iz lamel istega trdnostnega razreda. Posamezen sloj je lahko izdelan iz lamel, ki so iz različnih lesnih vrst, če imajo te lesne vrste med seboj primerljive lastnosti, zlasti nabrekanje in krčenje.

Upošteva se, da so lastnosti slojev enake lastnostim lamel, iz katerih so sloji narejeni.

###### 3.2.1.4 Sloji iz lesnih plošč

###### 3.2.1.4 Wood-based panel layers

Uporabljajo se lahko samo lesne plošče, ki izpolnjujejo zahteve za uporabo v razredih rabe 2 in 3 po EN 1995-1-1. Tudi tu upoštevamo, da so lastnosti slojev enake lastnostim plošč, iz katerih so sloji narejeni.

###### 3.2.1.5 Lesne vrste

###### 3.2.1.5 Species

Standard EN 16351 velja za križno lameliran les, izdelan iz lamel masivnega lesa in lesnih plošč iz vseh pri nas komercialno uporabljenih vrst iglavcev in topola.

###### 3.2.1.6 Lepila za izdelavo križno lameliranega lesa

###### 3.2.1.6 Adhesives for the production of cross-laminated timber

Lepila morajo zagotavljati trajne spoje. Za izdelavo zobatih spojev v lamelah, širinsko spajanje lamel, ploskovno lepljenje in izdelavo velikih zobatih spojev je potrebno uporabiti ustrezen tip konstrukcijskih lepil. Primerna lepila so:

- fenolna in aminoplastična lepila (npr. MF, MUF, FRF, UF): klasifikacija po EN 301
- z vlago utrjujoča enokomponentna poliuretanska lepila (PUR): klasifikacija po EN 15425
- emulzijska polimerna izocianatna lepila (EPI): klasifikacija po EN 16254

##### 3.2.2 Lastnosti križno lameliranega lesa

###### 3.2.2 Characteristics of cross-laminated timber

Lastnosti križno lameliranega lesa lahko ugotovimo s preskušanjem ali pa na podlagi lastnosti sestavnih delov (proxy lastnosti).

###### 3.2.2.1 Geometrijski podatki

###### 3.2.2.1 Geometrical data

Podane morajo biti: dimenzije prečnega prereza, zgradba, debeline in usmerjenost slojev, prisotnost utorov, prisotnost širinskih spojev in razmerje med širino in debelino lamel.

Skupna debelina križno lameliranega lesa ne sme presežati 500 mm.

Končna debelina posameznega sloja mora biti vsaj 6 mm, ne sme pa preseči 45 mm. Samo pri tri-slojnih KLL so srednji sloji lahko debeli do 60 mm.

Pri ukrivljenih KLL je debelina lamel odvisna od krivinskega radija in trdnosti zobatih spojev.

Da zmanjšamo krivljenje in pokanje lamel, lahko na le-teh izdelamo utore, ki pa ne smejo preseči 90 % debeline lamele in širine 4 mm. Maksimalna širina lamel je 300 mm.

Lamele so lahko med sabo širinsko zlepljene, vendar pa to ni pogoj. Med lamelami v posameznem sloju so lahko prisotne maksimalno 6 mm široke reže (slika 3).

Po debelini mora biti KLL zgrajen vsaj iz treh slojev, vsaj dva izmed njih pa morata biti iz lamel masivnega lesa. V isto smer so lahko usmerjeni največ trije sosednji sloji, skupna debelina vseh treh pa ne sme preseči 90 mm.

Skupna debelina slojev iz lesnih plošč ne sme preseči 50 % celotne debeline KLL.

### 3.2.2.2 Trdnost in togost križno lameliranega lesa

#### 3.2.2.2 Strength and stiffness properties of cross-laminated timber

Pridobiti je potrebno podatke o modulu elastičnosti ter upogibni, tlačni, natezni in strižni trdnosti KLL. Te lastnosti lahko dobimo z:

- navajanjem geometrijskih podatkov in relevantnih lastnosti posameznih slojev,
- s preskušanjem KLL in navajanjem geometrijskih podatkov in relevantnih preračunanih vrednosti za sloje, dobljene s preskusi.

Pri križno lameliranem lesu z velikimi zobatimi spoji je potrebno ugotoviti še karakteristično upogibno trdnost teh spojev.

### 3.2.2.3 Trdnost lepilnih spojev

#### 3.2.2.3 Bonding strength

Trajne in zanesljive lepilne spoje lahko zagotovimo z izbiro ustreznega lepila in upoštevanjem tehnoloških parametrov lepljenja, ki so navedeni v Prilogi I standarda EN 16351 (Minimalne zahteve za proizvodnjo). Kakovost zlepljenosti dokazujemo s preskušanjem:

- trdnosti dolžinskih zobatih spojev v lamelah z upogibnim ali nateznim preskusom zobatih spojev,
- trdnosti lepilnih spojev med sloji s strižnim ali delaminacijskim preskusom,
- trdnosti širinskih spojev med lamelami s strižnim preskusom,
- trdnosti velikih zobatih spojev z upogibnim preskusom.

### 3.2.2.4 Odpornost proti ognju

#### 3.2.2.4 Resistance to fire

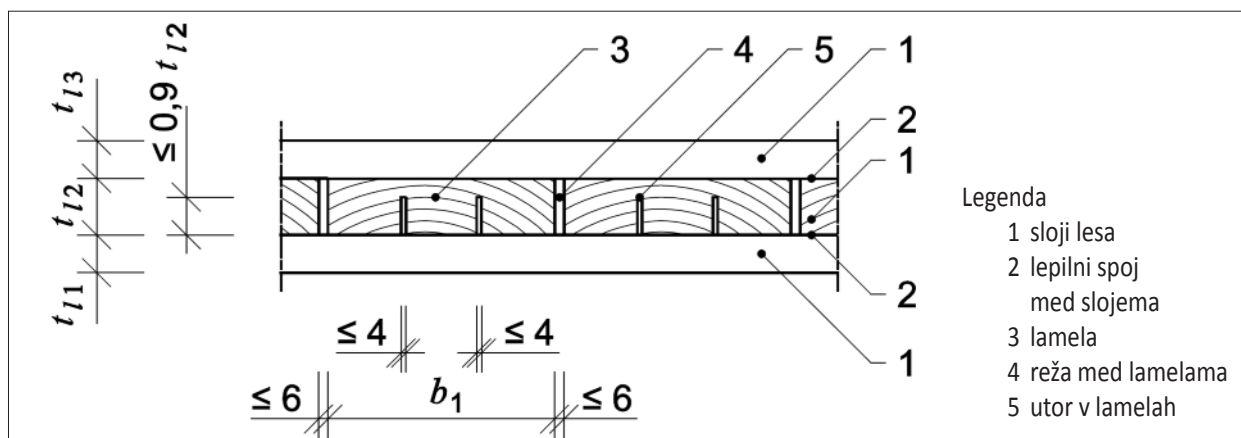
Razred požarne odpornosti križno lameliranega lesa se določi na podlagi:

- razreda požarne odpornosti posameznih slojev lesa (upošteva se vse sloje ali pa samo sloj z najnižjim razredom odpornosti) ali,
- na podlagi preskusa.

### 3.2.2.5 Dimenzijska obstojnost

#### 3.2.2.5 Dimensional stability

Dimenzijske spremembe so posledica spreminjanja vlažnosti lesa pri vlažnostih, nižjih od točke



Slika 3. Dovoljena geometrija utorov in rež (EN 16351, 2015)

Figure 3. Permissible geometry of grooves and gaps (EN 16351, 2015)

nasičenja celičnih sten (TNCS). Pri izračunu deformacij pravokotno na ravnino plošče upoštevamo specifični raztezek  $k_{cor,90} = 0,0024$ , pri izračunu deformacij v ravnini plošče pa  $k_{cor,0} = 0,0002$ .

#### 3.2.2.6 Sproščanje nevarnih snovi

##### 3.2.2.6 Release of dangerous substances

Pri KLL, zlepljenem z lepili, ki vsebujejo formaldehid, se sproščanje formaldehida določi z uporabo komorne metode po EN 717-1. KLL, zlepljen z lepili, ki ne vsebujejo formaldehida, se lahko uvrsti v razred E1.

#### 3.2.2.7 Trajnost

##### 3.2.2.7 Durability

Trajnost KLL je odvisna od trajnosti lepilnih spojev in trajnosti lesa. Če je KLL izdelan samo iz lamel masivnega lesa, je trajnost odvisna od trajnosti najmanj odporne lesne vrste, ki je v izdelku. Navesti je treba samo trajnost te lesne vrste. Če so v KLL vgrajene tudi lesne plošče, moramo dodatno navesti še tehnični razred plošče z najnižjo trajnostjo.

### 3.3 OCENJEVANJE IN PREVERJANJE NESPREMENLJIVOSTI LASTNOSTI (AVPC)

#### 3.3 ASSESSMENT AND VERIFICATION OF CONSTANCY OF PERFORMANCE (AVCP)

Skladnost križno lameliranega lesa z zahtevami produktnega standarda in z lastnostmi, ki so navedene v izjavi o lastnostih (Declaration of Performance - DoP), proizvajalec dokazuje z:

- določitev tipa proizvoda na osnovi začetnega preskusa tipa in
- lastno kontrolo proizvodnje v obratu, ki vključuje tudi oceno izdelka.

Proizvajalec mora imeti vzpostavljen sistem nadzora proizvodnje, ki mu zagotavlja, da izdelki ves čas dosegajo vsaj take lastnosti, kot so navedene v izjavi o lastnostih.

#### 3.3.1 Testiranje tipa proizvoda

##### 3.3.1 Type testing

Za namen ocenjevanja lahko proizvajalec proizvode združi v družine. Če so lastnosti enega produkta iz družine reprezentativne za vse produkte te družine, je dovolj, da se posamezno lastnost preskusi na samo enem proizvodu iz družine.

Preskusiti je potrebno vse lastnosti, ki jih proizvajalec navaja in sicer:

- na začetku proizvodnje novega ali modificiranega KLL, ali
- na začetku uporabe novega ali modificiranega načina izdelave (če to vpliva na navedene lastnosti), ali
- ponovno ob spremembah v zgradbi KLL, ob uporabi novih surovin ali dobaviteljev sestavnih delov, oz. ob spremembah v načinu izdelave, če te spremembe vplivajo na eno ali več lastnosti izdelka.

Kadar se uporabljajo sestavni deli, ki so jih preskusili že dobavitelji, preskušanj ni nujno ponavljati. Obstajati pa morajo specifikacije za te sestavne dele.

V vsakem primeru pa je proizvajalec KLL odgovoren za to, da ima končni izdelek lastnosti enake ali boljše od deklariranih.

V standardu je navedeno število vzorcev, ki jih je treba preskusiti in kriteriji ustreznosti.

Rezultati ugotavljanja tipa proizvoda morajo biti podani v obliki poročil o preskusu. Ta poročila mora proizvajalec hraniti vsaj še 10 let od zadnjega datuma proizvodnje.

Proizvajalec lahko utemelji/upraviči svojo izjavo o lastnostih tudi s t.i. »rezultati v skupni rabi«; to so rezultati določanja tipa proizvoda, ki jih je pridobil nekdo drug (npr. drug proizvajalec, ali razvijalec izdelkov), pod pogojem, da so pri izdelavi izdelka uporabljeni enak design (npr. dimenzije), surovine, sestavine in proizvodni postopek. Možno pa je tudi kaskadno določanje rezultatov tipa proizvoda.

#### 3.3.2 Kontrola proizvodnje v obratu (FPC)

##### 3.3.2 Factory production control (FPC)

Proizvajalec mora vzpostaviti, dokumentirati in vzdrževati sistem FPC, da zagotovi, da so proizvodi, ki jih daje na trg, v skladu z navedenimi bistvenimi lastnostmi.

Kontrola proizvodnje v obratu vključuje postopke, redne nadzorne preglede in preskuse in/ali ocene ter uporabo rezultatov kontrole surovin in drugih vhodnih materialov ali komponent, opreme, proizvodnega postopka in proizvoda.

Dokumentacija sistema FPC zagotavlja osnovno razumevanje postopka ocenjevanja nespremenljivosti lastnosti in omogoča preverjanje doseganja zahtevanih lastnosti izdelka in učinkovito delovanje sistema za nadzor proizvodnje. FPC zato združuje



operativne tehnike in vse ukrepe, ki omogočajo ohranjanje in kontrolo skladnosti proizvoda z deklariranimi bistvenimi lastnostmi.

V primeru, da je proizvajalec uporabil skupne ali kaskadne rezultate preskusov tipa izdelka, mora FPC vključevati vso ustrezno dokumentacijo.

### 3.3.2.1 Zahteve

#### 3.3.2.1 Requirements

Proizvajalec je odgovoren za organizacijo učinkovitega izvajanja sistema FPC. Definirane morajo biti naloge in odgovornosti v organizaciji kontrole proizvodnje; dokumenti pa morajo biti redno posodobljeni.

Opredeljene morajo biti odgovornosti, odločanje/vodenje in razmerje med osebjem, ki upravlja, izvaja ali preverja delo, ki vpliva na nespremenljivost lastnosti proizvoda. To velja zlasti za osebje, ki mora sprožiti ukrepe, da se prepreči nastanek nekonstantnih produktov, dejanja v primeru ugotovljenih nekonstantnosti ter prepoznavanje in registracijo težav z nespremenljivostjo izdelka.

Osebje, ki opravlja delo, ki vpliva na nespremenljivost lastnosti proizvoda, mora imeti ustrezne kompetence, pridobljene z ustrezno izobrazbo, usposabljanji in izkušnjami, kar mora biti ustrezno dokumentirano.

Tudi v primerih, ko so določena dela izvedena na podlagi podizvajalskih pogodb, mora proizvajalec obdržati celoten nadzor nad proizvodom.

Vsa oprema za tehtanje, merjenje in preskušanje mora biti kalibrirana in redno preverjana.

Obstajati morajo zapisi o kontroli in vzdrževanju strojev in naprav, ki se uporabljajo pri izdelavi KLL.

Zbirati je treba specifikacije za vse vhodne surovine in komponente.

Proizvajalec pisno opredeli postopke nameščanja oznak in/ali zagotavljanja sledljivosti, na podlagi katerega je mogoče ugotoviti izvor posameznega KLL.

Proizvajalec je zavezan izvajati redno kontrolo proizvodnje. Postopki in navodila morajo biti ustrezno opisani v poslovniku kakovosti, ki naj vsebuje:

- a) organizacijsko strukturo,
- b) postopke za preverjanje ustreznosti lesa in lepljenja,
- c) opis proizvodnega procesa, kontrole proizvodnje in drugih sistemskih aktivnosti, ki jih je potrebno izvajati.

Za lepljenje je treba v t.i. dnevnik lepljenja zapisovati:

- 1) oznako proizvodne linije (če jih je več),
- 2) datum in številko/delovni nalog proizvodnje,
- 3) lesno vrsto in vrsto lesnih plošč,
- 4) trdnostni razred oz. tehnični razred,
- 5) dimenzije in zgradbo križno lepljenega lesa,
- 6) vsebnost vlage,
- 7) čas začetka nanašanja lepila,
- 8) čas začetka in zaključka stiskanja,
- 9) tlak stiskanja,
- 10) podatke o lepilu, npr. smola in utrjevalec,
- 11) nanos lepila ( $\text{g}/\text{m}^2$ ),
- 12) razmerje med smolo in utrjevalcem, kadar je to pomembno,
- 13) podatke o uporabljenih zaščitnih sredstvih,
- 14) temperaturo in relativno zračno vlažnost v skladišču lesa, prostorih, kjer poteka izdelava vezi in prostorih, kjer poteka nanos in utrjevanje lepila,
- 15) podatke o nastavitvi merilcev vlažnosti,
- 16) ime odgovornega člana osebja.

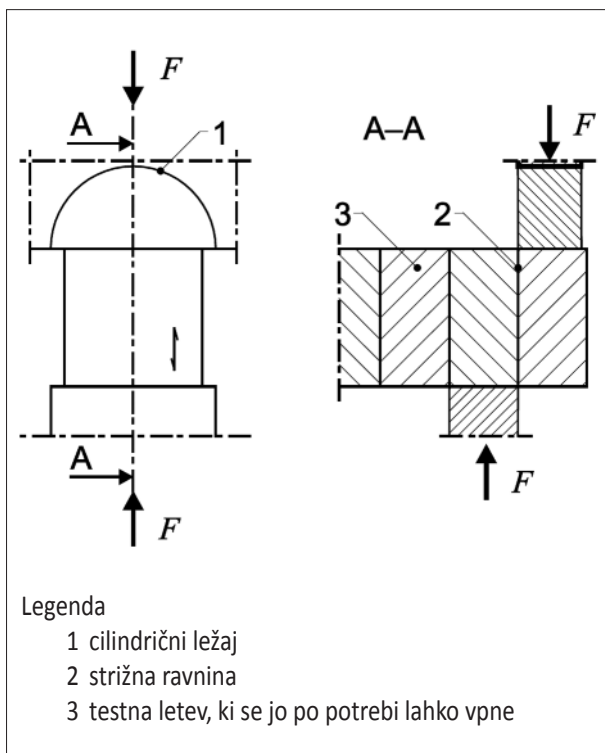
Zagotovljena mora biti sledljivost zapisov; navesti je potrebno vsaj oznako tedna in leta proizvodnje.

Proizvajalec mora vpeljati postopke, s katerimi lahko zagotavlja vzdrževanje takšnih lastnosti izdelkov, kot jih je navedel v izjavi o lastnostih, in izpolnjevanje minimalnih zahtev za proizvodnjo.

V standardu so navedene lastnosti, ki jih je potrebno navesti oz. preskusiti/oceniti; način testiranja/ocenjevanja; kriteriji ustreznosti; in minimalna frekvenca izvajanja meritev.

Navesti ali oceniti/izmeriti je potrebno mehanske lastnosti slojev lesa in njegovo vlažnost. Vsako izmeno mora proizvajalec na vsaki proizvodni liniji naključno odvzeti dva preskušanca za določitev natezne ali upogibne trdnosti zobatih spojev (pri dolžinsko spojenih lamelah).

Za kontrolo kakovosti ploskovnih lepilnih spojev je nujno za vsako izmeno, ko poteka lepljenje, odvzeti po dva preskušanca, ki vsebujeta celoten prerez KLL, za delaminacijski preskus ali preskusne letve, iz dveh preskušancev s celotnim prerezom, za strižni preskus lepilnih spojev (slika 4).



Slika 4. Naprava za strižni preskus z vstavljenjo testno letvijo (EN 16351)

Figure 4. Shearing tool with a test bar inserted (EN 16351)

Za kontrolo kakovosti lepilnih spojev, s katerimi so širinsko spojene lamele, je treba preskusiti dva preskušanca na izmeno.

Odpornost križno lameliranega lesa proti ognju se kontrolira z rednim preverjanjem geometrijskih podatkov in gostote lesa (kontrola podatkov na specifikacijah dobaviteljev lesa in lesnih plošč, izjav na računih).

Preverjati je treba dimenzijsko obstojnost, sproščanje/vsebnost nevarnih snovi, trajnost lepilnih spojev; tako, da se preveri, če so uporabljeni ustrezni materiali (vrsta lesa in vrsta lepila). Pri nanosu lepila z nekontaktnimi napravami je treba preverjati ustreznost nanosa lepila in kontrolirati vlažnost lesa ter odpornost lesa proti biološkemu škodljivcu.

Proizvajalec mora pripraviti pisna navodila, ki jih je treba upoštevati v primeru nastanka neskladnih izdelkov. Vsi takšni dogodki morajo biti zabeleženi; takoj je nujno izvesti ustrezne korektivne ukrepe, neustrezni izdelki pa morajo biti izločeni in ustrezno označeni.

3.3.2.2 Začetni pregled obrata in kontrole proizvodnje v obratu

#### 3.3.2.2 Initial inspection of factory and of FPC

Ko je zagotovljeno delovanje tehnološkega procesa, priglašeni organ opravi začetni pregled, pri katerem preveri, če so na voljo vsa potrebna sredstva, njihovo delovanje; če se FPC v praksi izvaja tako, kot je opisano v poslovniku kakovosti; ter če so izdelki skladni z vzorcem DoP, ki velja za nek podoben skladen tip proizvoda.

3.3.2.3 Stalni nadzor kontrole proizvodnje v obratu

#### 3.3.2.3 Continuous surveillance of FPC

Nadzor FPC se izvaja dvakrat letno in vključuje pregled načrtovanih bodočih aktivnosti FPC, pregled vzdrževanja in kalibracij opreme, pregled rezultatov meritev trdnosti lepilnih spojev iz preteklega obdobja ter kontrolo izvedbe korektivnih ukrepov ob pojavih ne-skladnih izdelkov.

### 3.4 OZNAČEVANJE

#### 3.4 MARKING AND LABELLING

Ves križno lameliran les, ki je skladen s produktivnim evropskim standardom, mora biti označen s trajno oznako na površini ali na nanj pritrjeni etiketi.

### 3.5 PRILOGE

#### 3.5 ANNEXES

V prilogah standarda EN 16351 so natančno opisane preskusne metode ter kriteriji in zahteve, ki se uporabljajo pri preskušanju tipa proizvoda in pri testih, ki potekajo v sklopu FPC. Podane so minimalne zahteve za proizvodnjo: zahteve glede usposobljenosti osebja, zahteve za proizvodne in skladiščne zmogljivosti in opremo, ter zahteve za zobate spoje (geometrija zob, vlaga lesa, vrsta lepila, parametri stiskanja), širinsko spajanje lamel in ploskovno lepljenje.

Priloga ZA, ki obravnava označevanje križno lameliranega lesa z oznako CE, je v nadaljevanju prikazana nekoliko podrobneje.

Priloge standarda:

- Sproščanje formaldehida
- Dodatne preskusne metode in zahteve za lepila
- Delaminacijski test lepilnih slojev med sloji
- Strižni preskusi

- E. Preskusi lamel z ali brez dolžinskih zobatih spojev (vključno s kriteriji-merili skladnosti)
- F. Ugotavljanje trdnosti, togosti in gostote križno lameliranega lesa
- G. Merjenje vlažnosti
- H. Separacijski – ločitveni preskus zobatih spojev v lamelah, ki so bili izdelani z brez-kontaktim nanosom lepila
- I. Minimalne zahteve za proizvodnjo
- ZA. Določbe tega evropskega standarda, ki obravnavajo zahteve Uredbe EU o gradbenih proizvodih

### 3.5.1 Določbe evropskega standarda EN 16351, ki obravnavajo zahteve Uredbe EU o gradbenih proizvodih

#### 3.5.1.1 Clauses of European Standard EN 16351 addressing the requirements of the EU Construction Products Regulation

V prilogi ZA je opisan postopek, ki se uporablja za ocenjevanje in preverjanje nespremenljivosti lastnosti (AVCP) križno lameliranega lesa.

##### 3.5.1.1.1 Postopek ocenjevanja in preverjanja nespremenljivosti lastnosti (AVCP) križno lameliranega lesa

#### 3.5.1.1.1 Procedure for Assessment and Verification of Constancy of Performance (AVCP) of cross-laminated timber

KLL, ki je namenjen za izdelavo konstrukcijskih elementov za zgradbe in mostove, sodi pod sistem 1. AVCP sistem natančno opredeljuje naloge proizvajalca in priglašene organa pri preskušanju tipa proizvoda in izvajanju FPC.

##### 3.5.1.1.2 Izjava o lastnostih (DoP)

#### 3.5.1.1.2 Declaration of performance (DoP)

Proizvajalec z izdajo izjave o lastnostih prevzame odgovornost za skladnost gradbenega proizvoda z navedenimi/deklariranimi lastnostmi.

Za izdelke, ki sodijo v AVCP sistem 1, izda proizvajalec DoP na podlagi:

- kontrole proizvodnje v obratu in rezultatov preskušanja vzorcev, odvzetih v tovarni v skladu s predpisanim načrtom preskušanja, ki jih opravi proizvajalec; in
- potrdila o nespremenljivosti lastnosti, ki ga izda priglašeni organ za certificiranje proizvoda na

podlagi ugotovljenih lastnosti križno lameliranega lesa, ki so bile ugotovljene med preskušanjem tipa (vključno z vzorčenjem), izračunov, tabelarnih vrednosti ali opisne dokumentacije izdelka; in začetnega nadzornega pregleda proizvodnega obrata in kontrole proizvodnje v obratu ter stalnega nadzora, ocenjevanja in vrednotenja kontrole proizvodnje v obratu.

V izjavi o lastnostih morajo biti navedene vse bistvene značilnosti gradbenega proizvoda, tako kot je to določeno v EN 16351. Uredba zahteva, da se vsaj za eno ali več bistvenih značilnosti, ki so pomembne za predvideno uporabo, navede lastnosti. Za bistvene značilnosti, za katere proizvajalec ne navede lastnosti, navede okrajšavo »NPD« (No Performance Determined oz. »Lastnost ni ugotovljena«). V standardu je predstavljen vzorec izjave o lastnostih za KLL.

##### 3.5.1.3 Oznaka CE

#### 3.5.1.3 CE mark

Znak CE mora biti viden, čitljiv in neizbrisen in nameščen na križno lameliran les oz. na etiketo, ki je pritrjena nanj. Kjer takšno označevanje ni mogoče, mora biti oznaka nameščena na embalažo ali v spremljajoči dokumentaciji.

Poleg znaka CE morajo biti na oznaki še:

- a) Zadnji dve številki letnice, ko je bil znak prvič nameščen,
- b) Ime in naslov proizvajalca,
- c) Unikatna oznaka tipa izdelka,
- d) Referenčna številka izjave o lastnostih,
- e) Raven ali razred deklariranih lastnosti (mehan-ske lastnosti, trdnost zlepljenosti, odpornost proti požaru, dimenzijska obstojnost, sproščanje formaldehida ali drugih nevarnih snovi, trajnost lepilnih spojev, odpornost proti biološkim škodljivcem)
- f) Datirana verzija uporabljene harmonizirane tehnične specifikacije,
- g) Identifikacijska številka notificiranega - priglašene organa,
- h) Predviden namen uporabe, kot je navedeno v harmonizirani tehnični specifikaciji.

V standardu je prikazan tudi primer oznake CE.



## 4 ZAKLJUČKI

### 4 CONCLUSIONS

Križno lamelirani les je nov inženirski proizvod iz lesa, ki je v zadnjih letih doživel zelo hiter razvoj. V centralni in zahodni Evropi se njegova uporaba pri gradnji stanovanjskih in nestanovanjskih objektov hitro povečuje.

KLL nudi številne prednosti. Postopek križnega lameliranja izdelku zagotavlja izboljšano dimenzijsko stabilnost, kar omogoča predizdelavo širokih in dolgih talnih plošč, stropov, sten in ostrešij. Križno lameliranje rezultira v relativno visoki trdnosti in togosti v ravnini in izven ravnine v obeh smereh, kar daje dvosmerno akcijsko sposobnost podobno armiranobetonskim ploščam. Enostavna uporaba, visoka stopnja predizdelave, ki omogoča hiter čas izgradnje, dobra toplotna in zvočna izolativnost ter dobra protipotresna odpornost so glavne prednosti križno lameliranih plošč. Dodatni atribut v primerjavi s klasičnimi gradbenimi materiali pa predstavlja les, ki je naraven, neškodljiv in obnovljiv material.

Izpolnjevanje bistvenih zahtev evropske uredbe o gradbenih proizvodih (CPR) proizvajalci dokazujejo na podlagi začetnega testiranja tipa proizvoda in ugotovitev kontrole proizvodnje v obratu. Leta 2015 je bil sprejet harmoniziran evropski standard za križno lamelirani les, v katerem so definirane zahteve za vgradne materiale, proizvodnjo in dokazovanje nespremenljivosti lastnosti ter označevanje z oznako CE. V članku je predstavljena vsebina standarda EN 16351:2015. Podrobneje je predstavljeno poglavje standarda, v katerem je definiran sistem ocenjevanja in preverjanja nespremenljivosti lastnosti (AVPC). Proizvajalec mora imeti vzpostavljen sistem, ki mu zagotavlja, da izdelki, ki jih daje na trg, ustrezajo zahtevam produktnega standarda in da so lastnosti izdelka enake ali boljše od tistih, ki jih je navedel v izjavi o lastnostih (DoP), ki so bile definirane na podlagi testiranja tipa proizvoda. Uporaba ustreznih materialov, izpolnjevanje zahtev za proizvodnjo in zahtev za notranjo kontrolo proizvodnje v obratu proizvajalcu omogoča označevanje izdelkov z oznako CE in prodajo KLL na tržišču evropskega gospodarskega prostora.

## 5 POVZETEK

### 5 SUMMARY

Cross-laminated timber (CLT or X-Lam) is a new engineered wood product, which has undergone very rapid development in recent years. In Central and Western Europe, its use is rapidly increasing in the construction of residential and non-residential buildings. Cross-laminated timber is suitable for wall, floor, ceiling and roof elements in the construction of houses, multi-family apartment buildings, industrial and storage halls as well as for other buildings and bridges.

CLT offers many advantages. The cross-lamination process provides the product with improved dimensional stability, which allows pre-fabrication of wide and long floor plates, ceilings, walls and roofs. Cross-lamination results in relatively high strength and stiffness in the plane and off the plane in both directions, giving a two-way action ability similar to reinforced concrete slabs. Ease of use and a high prefabrication rate, which provide a quick construction time, good thermal and acoustic insulation and good earthquake resistance are the main advantages of cross-laminated timber. An additional attribute compared to conventional building materials is the wood in CLT, which is a natural, harmless and renewable material.

Cross-laminated timber is a structural timber consisting of at least three layers of which a minimum of three are orthogonally bonded, which always comprise timber layers and may also comprise wood-based panel layers. Up to three adjacent layers can be directed in the same direction, and the total thickness of all three must not exceed 90 mm. The boards are made of sawn wood with a thickness of 6 mm to 45 mm (or up to 60 mm in three layers CLT), which must be visually or mechanically strength graded. The total thickness of the layers from wood panels must not exceed 50% of the total thickness of the CLT. Structural plywood, LVL or solid wood panels can be used.

The boards can be longitudinally finger jointed. The following adhesive families are applicable for CLT to provide durable bonds: phenolic and amino-plastic adhesives (e.g. MF, MUF, PRF, UF); moisture curing one-component polyurethane adhesives (PUR) and emulsion polymer isocyanate adhesives (EPI).

The properties of the CLT depend on the properties of the embedded materials and its structure. The strength and stiffness properties of CLT can be obtained either by determination and declaration of geometrical data and relevant properties of the layers (proxy characteristics), or by testing of the final CLT product. In addition to the mechanical properties, it is also necessary to determine the strength and durability of adhesive bonds, the resistance of CLT to fire, dimensional stability, the release of dangerous substances and durability, and, where appropriate, thermal and acoustic insulation.

Manufacturers demonstrate compliance with the essential requirements of the European Construction Products Regulation (CPR) on the basis of an initial type testing and the findings of a factory production control. In 2015, a harmonized European standard for cross-laminated wood was adopted, which defines the requirements for built-in materials, the production and demonstration of constancy of properties and the CE marking. The article presents the content of standard EN 16351:2015. A section of the standard about the Procedure for Assessment and Verification of Constancy of Performance (AVPC) is presented in more detail. The manufacturer must have a system in place to ensure that the products placed on the market comply with the requirements of the product standard and that the product characteristics are equal to or better than those specified in the declaration of performance (DoP) that have been defined in based on product type testing. The use of suitable materials, the fulfilment of production requirements and the requirements for internal factory production control allow the manufacturer to mark products bearing the CE mark and sell CLT in the European Economic Area market.

## VIRI

### REFERENCES

- Gagnon, S., & Pirvu, C. (2011). CLT handbook: cross-laminated timber. Quebec, FPInnovations
- SIST (2005). Lesne plošče - Ugotavljanje sproščanja formaldehida - 1. del: Sproščanje formaldehida po komorni metodi (SIST EN 717-1:2005)
- SIST (2014). Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij - 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe (SIST EN 1995-1-1:2005/A2:2014)
- SIST (2015). Lesene konstrukcije - Križno lamelirani les – Zahteve (SIST EN 16351:2015)
- SIST (2016a). Konstrukcijski les - Trdnostni razredi (SIST EN 338:2016)
- SIST (2016b). Lesene konstrukcije - Po trdnosti razvrščen konstrukcijski les pravokotnega prečnega prereza - 1. del: Splošne zahteve (SIST EN 14081-1:2016)
- SIST (2016c). Lepila - Emulzijsko polimerizirani izocianat (EPI) za nosilne lesene konstrukcije - Razvrstitev in zahtevane lastnosti (SIST EN 16254:2014+A1:2016)
- SIST (2017a). Lepila na osnovi fenolov in aminoplastov za nosilne lesene konstrukcije - Razvrstitev in zahteve za delovanje (SIST EN 301:2017)
- SIST (2017b). Lepila - Enokomponentni poliuretan (PUR) za nosilne lesene konstrukcije - Razvrstitev in zahtevane lastnosti (SIST EN 15425:2017)
- Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS. Uradni list Evropske unije. 39 str.