

CLT hazai I-214 olasz nyár faanyagból

MARKÓ Gábor¹, BEJÓ László¹, TAKÁTS Péter¹

¹Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Faalapú Termékek és Technológiák Intézet

Kivonat

A többrétegű keresztirányú ragasztott tömörfa szerkezeti panel (CLT) a könnyűszerkezetes építés viszonylag új alapanyaga, mely hazánkban még nem elterjedt. Elterjedését segítené, ha ezt az építőelemet hazai alapanyagokból is gyártani lehetne. Kutatásunk célja a CLT elemek hazai nemesnyár alapanyagból való gyárthatóságának vizsgálata volt. Ennek érdekében egy háromrétegű panel gyártására és hajlítóvizsgálatára került sor, olasz nyár alapanyagból, poliuretán ragasztóanyaggal. A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy az olasz nyár CLT szilárdsági tulajdonságai megfelelőek az alacsonyabb szilárdsági kategóriájú fenyő faanyagokhoz, azonban a rugalmassági modulus értékei elmaradnak a kívánalmaktól. A nyár alapanyag alkalmas lehet CLT gyártásra, de csak a lamellák előzetes roncsolásmentes minősítésével, és a jobb anyagok kiválogatásával, vagy másodlagos nyersanyagként a fenyő faanyag mellett.

Kulcsszavak: CLT, nemesnyár, I-214 olasz nyár, könnyűszerkezetes építés, roncsolásmentes fűrész-áru osztályozás

The applicability of I-214 hybrid poplar as Cross-Laminated Timber raw material

Abstract

Cross-Laminated Timber (CLT) is a relatively new construction material that has not gained popularity in Hungary yet. Producing such building elements using Hungarian raw materials may help to establish this technique. The purpose of our research was to examine the possibility of producing CLT using Hungarian grown I-214 hybrid poplar. One three-layer panel was produced using Hungarian hybrid poplar and polyurethane resin, and tested in bending. The MOR of the poplar CLT was found to be comparable to low-grade softwood CLT, but the MOE was lower than the requirement. Poplar raw material may be suitable for CLT production by selecting higher grade raw material using nondestructive testing, or as a secondary raw material mixed in with softwood.

Keywords: CLT, hybrid poplar, lightweight construction, nondestructive timber grading

Bevezetés

A könnyűszerkezetes lakóépületek Európa-szerte egyre népszerűbbek, köszönhetően elsősorban az egyre szigorúbb energetikai szabályozásnak, amely a közel zéró kibocsátású épületek építését szorgalmazza. A bordavázás épületek különösen alkalmasak erre a célra, kitűnő hőszigetelő képességük, és alacsony beépülő energiata-
lalmuk miatt. Ugyanakkor többen kritizálják ezeket az épületeket alacsony hőtároló kapacitásuk miatt (Hacker és tsai. 2008), illetve a potenciálisan egészségtelen lakókörnyezet miatt, amely az alkalmazott szellőztetőrendszertől függően kialakulhat (Hens 2012). A tömörfa falszerkezetek (pl. a gerenda- és rönkházak) egészségesebb és jobb hőtároló képességű alternatívát kínálnak, azonban építésük időigényesebb és komoly szakértelmet kíván.

A többrétegű keresztirányú ragasztott tömörfa szerkezeti paneleket (CLT¹) a '90-es években fejlesztették ki Ausztriában, a grazi egyetemen (Technische Universität Graz, Kramer 2014).

¹ A terméket angol nyelvterületen Cross-Laminated Timber néven ismerik (rövidítése CLT, esetenként XLT vagy X-lam), Németországban korábban a KreuzlagenholzTM (KLHTM, jelenleg egy konkrét gyártó tulajdonában álló árujelző), újabban a Brettspertholz (BSH) elnevezés terjedt el. Jól használható magyar neve nincsen, várhatóan hazánkban is a CLT rövidítés fog elterjedni, ezért cikkünkben is ezt használjuk.

A fejlesztés célja egy erős, méretstabil tömörfa anyag kialakítása volt, amelynek szerkezete a rétegelt lemezhez hasonlít (egymásra merőleges rétegekből felépülő lemeztermék), azonban furnér helyett fűrészáruból készül. Az így elkészített (tipikusan 3–9, de akár 17 rétegű) panelek nagy szilárdságúak, mérettartók, sokrétűen felhasználhatók, és bármilyen fal, földem vagy tetőfelület könnyen kialakítható belőlük. Viszonylag nagy felület-tömegüknek köszönhetően jó hőtároló képességűek, amennyiben nem burkolják, egészséges lakókörnyezetet biztosítanak (a fa kitűnő nedvességszabályozó képességének köszönhetően), és kellemes megjelenésűek.

Közép-Európában számos cég gyárt CLT-t. Az alapanyag tipikusan C16-os, vagy magasabb szilárdsági kategóriájú fenyő fűrészáru (az EN 14081-1:2005 szabvány szerint). Újabban az USA-ban (Gangon és Pirvu 2011) és Kanadában (Karacabeyli és Douglas 2013) is kezd egyre népszerűbbé válni. Sajnos azonban a fenyő alapanyagban szegény területeken (és így Magyarországon is) a CLT gyártása és felhasználása korlátozott, vagy egyáltalán nem jellemző.

Bár a CLT-t eredetileg Európában fejlesztették ki, egyelőre nem vezettek be a CLT gyártását, vagy a termékkel kapcsolatos követelményeket szabályozó európai szabványt. 2011-ben ugyan kiadtak egy előszabványt (prEN 16351:2011), de ezt máig nem vezették be. Észak-Amerikában, az APA – the Engineered Wood Association adott ki szabványt a minősített CLT panelekkel kapcsolatban (ANSI/APA PRG 320-2012), amely megadja a CLT teherbírására vonatkozó követelményeket.

A nyárfa (*Populus* spp.) viszonylag alacsony sűrűségű fafaj. Tipikusan műszaki furnérok és alacsony értékű fatermékek (pl. gyufa, csomagolóanyagok, stb.) gyártására használják. A nyár mechanikai tulajdonságai hasonlóak egyes fenyő fafajokéhoz, emiatt az európai szabványok egyazon fafajcsoportba sorolják őket (EN 14081-1). Léteznek sikeres példák a nyár szerkezeti alkalmazására is, pl. olyan faalapú termékekben, mint az LVL (Molnár és Bariska 2002), sőt még rétegelt-ragasztott anyagként is (Schlosser és tsai. 2012). CLT alapanyagként azonban nem került szóba, egészen a közelmúltig, amikor is a tanulmányunkban leírt kutatási projekt és egy párhuzamos kutatás (Kramer 2014) megvizsgálta a nyár alkalmazását ezen a területen.

A cikkben tárgyalt kutatás célja nyár CLT készítése és vizsgálata volt, annak érdekében, hogy

- a tulajdonságait összehasonlítva a fenyő CLT-vel, valamint a meglévő ipari szabványokkal
- megállapítsuk, alkalmas-e a nyár faanyag ilyen termékek gyártására.

Anyagok és módszerek

A kísérletekhez olasz nyár (*Populus × euramericana* cv. I-214, a továbbiakban olasz nyár) alapanyagot használtunk. A ragasztást Jowapur 686.60 típusú, szerkezeti ragasztáshoz alkalmas poliuretán műgyantával végeztük.

A lamellák több 3 m-es, élőnedves rönk felfűrészelésével készültek. A rönkökből 45 mm-es vastagságú pallókat vágtunk, amelyeket 203 cm-es és 97 cm-es hosszra daraboltunk, és szalagfűrész segítségével változó szélességűre széleztünk. Ezt követően a pallókat szárítókamrában, kémleletes menetrenddel légszáraz állapota ($u = 12 \pm 2\%$) szárítottuk. A szárítást egyhetes beltéri tárolás követte. A szárított alapanyagot ezután 33 mm-es vastagságra gyalultuk.

A panelek elkészítése előtt a lamellákat roncsolásmentes módszerrel, az EN 338-2003 szabványnak megfelelően szilárdságilag osztályoztuk. A mérés a lamellák sűrűségének és hosszirányú rezgési sajátfrekvenciájának mérésén alapul (Bejó 1999). A mérés a hazai fejlesztésű Portable Lumber Grader berendezéssel történt (Fakopp 2010). Minden lamella mérése megtörtént. Az alacsonyabb minőségű hosszú lamellákat két rövidebb darabra vágtuk. Ezek a középrétegbe kerültek, a magasabb osztályba sorolt lamellák alkották a fedőréteget. A lamellák nedvességtartalmát szintén ellenőriztük, ellenállásos nedvességmérő segítségével.

A lamellák előkészítése után 1 db háromrétegű (2 m × 1 m × 0,1 m méretű) CLT panel elkészítésére került sor, az alábbi eljárással:

- Két fedőréteg és egy középréteg teríték összeállítása a lamellákból. A lamellákat oly módon helyeztük el, hogy az esetleges görbületük a középvonaltól kifelé álljon (1. ábra). A keskeny lapfelületekre nem történt ragasztóanyag felhordás.
- A rétegek oldalirányú rögzítése szorítók segítségével, a hézagmentes illeszkedés érdekében.
- A ragasztóanyag felhordása, a gyanta minőségtanúsítványában előírt ragasztómennyiség (200 g/m²) felületre öntésével, majd annak elosztásával spatulák segítségével. A nyitott idő az adott terítéktől függően változott, de a 15 percet nem lépte túl.

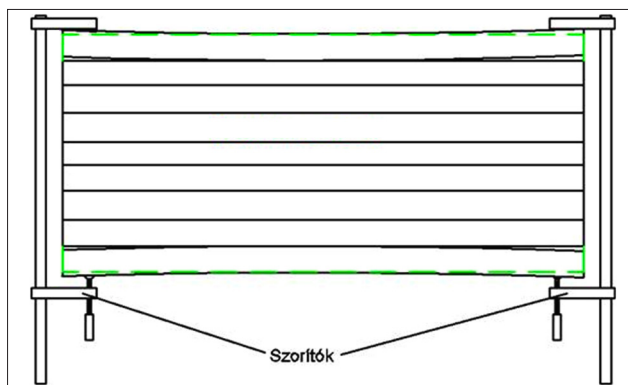
- A rétegek egymásra helyezése, majd a kész teríték behelyezése a présbe (az oldalirányú szorítás fenntartásával (ld. 2. ábra). A terítékek egymásra helyezésétől a prészárásig csupán néhány perc telt el.
- Prészárás és préselés, $0,4 \text{ N/mm}^2$ nyomáson², 12 órán keresztül, csarnoki klímán (a pontos klimatikus viszonyok nem ismertek).
- Présnyitás, és az elkészült panel eltávolítása a présből.

Az elkészült panel felépítése és méretei a 3. ábrán láthatók. A panelből a préselést követően 3 db 300 mm szélességű hajlító próbatest került kialakításra, a fedőréteg lamellákkal párhuzamosan. A próbatesteket a NymE SKK Szerkezeti Vizsgálólaboratóriumának nagy méretű présberendezésén, az MSZ EN 408:2010+A1:2012 szabvány szerint, 4 pontos terheléssel vizsgáltuk. A középpont lehajlását video-extensométerrel mértük (4. ábra). A terhelés- és lehajlásadatokat 10/s-os mintavételi gyakorisággal rögzítettük. A gerendákat tönkrementelig terheltük, és a tönkrementel módját fényképeken rögzítettük.

Eredmények és értékelés

Az 5. ábra mutatja a lamellák roncsolásmentes módon meghatározott szilárdsági osztályait. A szilárdsági kategóriák tipikusan a vártnál magasabbak lettek. Emiatt a fedőrétegekben C18-as, vagy magasabb lamella szilárdsági osztályok használatára volt lehetőség. Ez közel áll ahhoz, hogy teljesítse a Deutsches Institut für Bautechnik (2010) előírásait, amelyek azt mondják ki, hogy az építőelem hossz tengelyével párhuzamos lamellák 90%-a, és a merőleges lamellák 30%-a legalább az MSZ EN 338:2010 szabvány szerinti C24-es, a többi pedig legalább C16-os szilárdsági kategóriájú legyen.

A 6. ábra a három próbatest tönkrementeli formáját mutatja. Tipikusan a hajlítási és nyírási tönkrementeli formák kombinációja volt észlelhető. A nyírási tönkrementel tipikusan a ragasztás közelében történt. Az 1. próbatest esetében megfigyelhető a ragasztóréteg elválása; ez vélhetőleg a kézi ragasztóanyag-felhordás pontatlanságának köszönhető, és felhordógép alkalmazásával kiküszöbölhető. Kramer (2014) párhuzamos tanulmányában szintén hasonló, kombinált tönkrementeli formát tapasztalt.



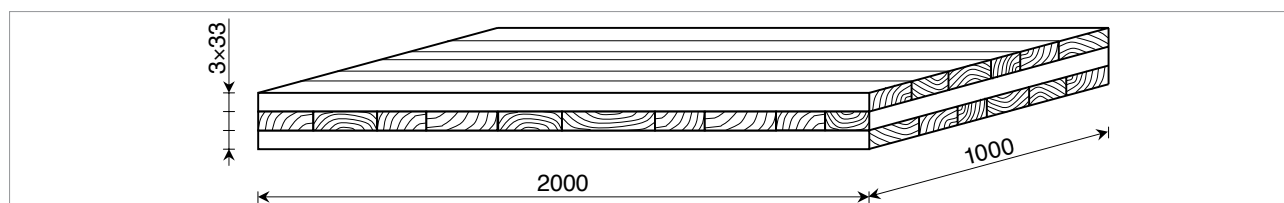
1. ábra A lamellaterítékek kialakítása olyan módon, hogy a lamellák görbülete kifelé fordul

Figure 1 Laying up and clamping the lamellae so that they curve outward



2. ábra A kész teríték présbe helyezése, az oldalirányú szorítás fenntartásával

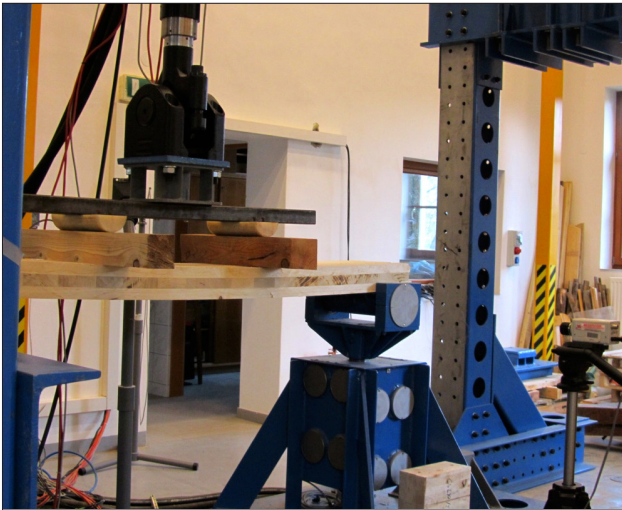
Figure 2 The final layup placed in the press while maintaining lateral pressure



3. ábra A kísérleti CLT panel felépítése és méretei

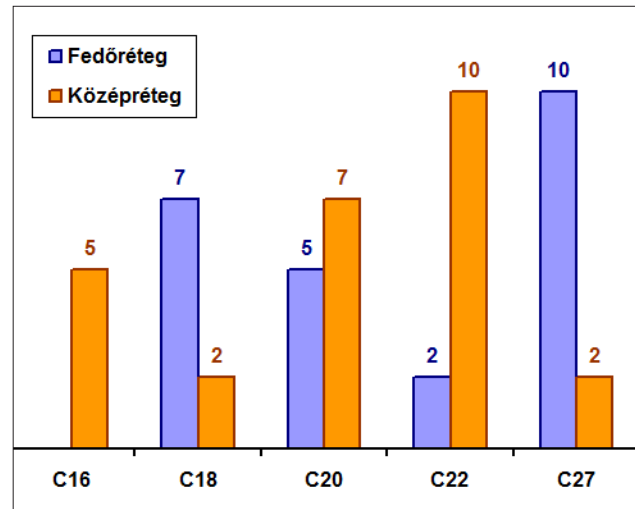
Figure 3 The structure and dimensions of the experimental CLT panels

² Az alkalmazott ragasztóanyag adatlapján szerkezeti felhasználás esetén $0,6\text{--}1,0 \text{ N/mm}^2$ nyomás van előírva. Ezt a nyomást az alkalmazott présberendezés limitációi miatt nem sikerült betartani.



4. ábra A CLT próbatetek 4 pontos hajlítóvizsgálata, video-extenzométeres lehajlás-méréssel

Figure 4 Testing the CLT specimens to failure using a 4-point bending setup. Deflection is measured using a video-extensometer



5. ábra A fedő- és középréteg nyár lamelláinak roncsolásmentesen mért szilárdsági kategóriái

Figure 5 Non-destructively measured strength classes of the face and core layer poplar lamellae



6. ábra A vizsgált próbatetek tönkremeneteli formái

Figure 6 Failure modes of the tested specimens

Az 1. táblázat tartalmazza a három próbatesten mért hajlítószilárdság és rugalmassági modulusz értékeket. A táblázat szintén tartalmazza az amerikai szabványban szereplő, a különböző CLT kategóriákhoz előírt tervezési értékeket. Tanulmányunk nem volt eléggé nagy léptékű határfeszültség-értékek számításához, azonban ha a mért értékek jól jellemzik a nyár CLT szilárdsági értékeit általában, akkor a termék szilárdsága legalábbis az amerikai szabványban szereplő alacsonyabb kategóriájú CLT gyártását lehetővé teszi. Ezzel szemben a rugalmassági modulusz értékei lényegesen alacsonyabbak az amerikai szabvány által elvártnál.

1. ábra A mért hajlító szilárdság és rugalmassági modulusz értékek, valamint az ANSI/APA PRG 320 szabvány szerinti előírás

Figure 1 Measured MOR and MOE values, and design values based on ANSI/APA PRG 320

	Hajlítószilárdság [N/mm ²]	Rug. modulusz [N/mm ²]
1. próbatest	34,0	7 552
2. próbatest	46,9	8 354
3. próbatest	48,8	7 787
Átlag	43,2	7 898
Szabvány előírás	12,7 ... 28,2	8 270 ... 11 720

Ezek az eredmények nagyon hasonlóak az Oregon State University-n elvégzett, nagyobb léptékű kutatásához (Kramer 2014), amelyben szintén megfelelő szilárdságú, de a követelményeknél valamivel alacsonyabb rugalmassági modulusú nyár CLT-t sikerült előállítani.

Összefoglalás és következtetések

A nyár faanyag CLT-gyártásra való alkalmasságát vizsgáló, kisebb léptékű kutatásunk eredményei az alábbiak szerint foglalhatók össze:

1. Az olasz nyár alapanyag valószínűleg alkalmas megfelelően nagy szilárdságú CLT szerkezeti elemek gyártására.
2. A kutatás során elkészített és vizsgált CLT próbatestek hajlítószilárdsága viszonylag jó, azonban a rugalmassági modulusa alacsony lett. Ezek az eredmények megfelelnek a Kramer (2014) tanulmányában leírtaknak.
3. A viszonylag alacsony rugalmassági modulusz értékek ellenére a nyár megfelelő CLT alapanyag lehet, amennyiben csak a magasabb kategóriájú fűrészárut használunk erre a célra, vagy pl. fenyő faanyaggal kombinálva.

A fenti eredmények azt mutatják, hogy míg a nyár alapanyag általánosságban nem alkalmas feltétel nélkül erre a célra, ám felhasználható lehet CLT gyártásra a magas szilárdságú anyagok kiválogatásával, vagy a fenyő faanyag mellett másodlagos alapanyagként.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Talentum Műhely – a tudományért és tehetségekért a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP 4.2.2.B-15/1/KONV-2015-0005 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- ANSI/APA PRG 320-2012. Standard for Performance-Rated Cross-Laminated Timber. APA – The Engineered Wood Association, Tacoma, WA, USA. 29 pp.
- Deutsches Institut für Bautechnik (2011) European technical approval ETA-06/0009.
- EN 14081-1:2005 Timber structures – Strength graded structural timber with rectangular cross-section – Part 1: General requirements. European Committee for Standardisation, Brussels, Belgium
- Hacker, J. N., T. P. De Saullés, A. J. Minson, M. J. Homes (2008) Embodied and operational carbon dioxide emissions from housing: A case study on the effects of thermal mass and climate change. *Energy and Buildings* 40:375–384.
- Gagnon, S. and C. Pirvu (eds) (2011) CLT Handbook: Cross-Laminated Timber. FPInnovations Special Publication SP-528E. Pointe-Claire, QC, Canada
- Hens, H. (2012) Passive Houses: What May Happen When Energy Efficiency Becomes the Only Paradigm? *ASHRAE Transactions* 118 (1):1077–1085.
- Karacabeyli, E. and B. Douglas (eds) (2013) CLT Handbook – US ed. FPInnovations Special Publication SP-529E. Pointe-Claire, QC, Canada
- Kramer, A. (2014) Cross-Laminated Timber Engineering: Improvement and Application. MS Thesis, Oregon State University, OR, USA. 74 pp.
- Bejő L. (1999) A dinamikus rugalmassági modulusz mérése longitudinális rezgésekkel. In: Divós F. szerk. Roncsolásmentes faanyagvizsgálat. Mérési útmutató, Soproni Egyetem, Sopron. 5-11. old.
- MSZ EN 338:2010. Szerkezeti fa. Szilárdsági osztályok. Magyar Szabványügyi Testület, Bp, 11 old.
- MSZ EN 408:2010+A1:2012. Faszervezetek. Szerkezeti fa és rétegelt-ragasztott fa. Egyes fizikai és mechanikai tulajdonságok meghatározása. Magyar Szabványügyi Testület, Bp, 11 old.
- prEN 16351:2011 Timber structures – Cross laminated timber – Requirements. European Committee for Standardisation, Brussels, Belgium
- Molnár S., Bariska M. (2002) Magyarország ipari fái – Wood species of Hungary. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 210 old.

- Schlosser, M., N. Horváth, L. Bejő (2012) Glulam beams made of Hungarian raw materials. In: R. Nemeth, A. Teischinger (eds.) Proc. 5th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe. Sopron, Hungary, 2011.09.10-11. pp. 383-392.
- FAKOPP Enterprise (2012) PORTABLE LUMBER GRADER. Software and Hardware Guide, Version 2.0. <www.fakopp.com/site/download/PLG_Guide.pdf> Accessed: 25.11.2014
-