

# Javaslatok rétegelt-ragasztott fatartók tervezéséhez, gyártásához és üzemeltetéséhez, felmérési és modellezési eredmények alapján

## III. rész: A tönkremeneteleket igazoló vizsgálatok és eredményei

VANYA Csilla<sup>1</sup>, KÁNNÁR Antal<sup>2</sup>, RABB Péter<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar

<sup>2</sup> Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézet

<sup>3</sup> Bartal és Rabb Kft., ügyvezető, okleveles építőmérnök, faszerkezetek szakmérnök

### Kivonat

A rétegelt-ragasztott fatartók egyre elterjedtebbé váltak az elmúlt 50 évben. A megfelelő minőségű anyagokból készített rétegelt-ragasztott tartók minőségi beszerelést és üzemeltetést követően időtállóak, azonban egyre több esetben fordul elő a rétegelt-ragasztott tartók károsodása és a károsodás miatt egész tetőszerkezetek életveszélyessé válása. Ebben a cikkben a rétegrepedések és tönkremenetelek okaihoz kapcsolódó mechanikai vizsgálatok és azok eredményei kerülnek bemutatásra. A mechanikai vizsgálatok célja, hogy próbatest szinten megállapítsuk a ciklikusan változó klimatikus környezet (hőmérséklet, páratartalom) hatását az RR tartók faanyagára és annak ragasztási síkjaira. Mivel a faanyag rostra merőleges húzószilárdsága és nyírószilárdsága csekély, a tartókon kialakult delamináció oka, ezen feszültségek szilárdságot meghaladó mértékében keresendők. Az elvégzett vizsgálatok is a két szilárdság meghatározására ill. a ciklikusan változó klimatikus környezet ezen szilárdságokra gyakorolt hatására irányultak.

**Kulcsszavak:** rétegelt-ragasztott faszerkezet, delamináció, felmérés

## Design, fabrication and operation proposals for glued-laminated timber, based on measuring and modelling results

### Chapter 3: Failure examinations and their results

#### Abstract

Glue laminated timber beams have been used in an increasing number of cases in the past 50 years. Glue laminated beams are durable constructs if they are manufactured from adequate quality materials and if their installation and operation are performed to a high quality standard. There are however an increasing number of cases of glue laminated beams suffering damage and as a result entire roof structures becoming life-threatening. In this paper we present the mechanical tests and their results related to the causes of delaminations and failures. The purpose of mechanical tests is to determine the impact of the cyclically changing climatic environment (temperature, humidity) on the material and the gluing planes of glued laminated timber structures on a test specimen level. Since timber has low tensile and shear strength normal to grain, the cause of delamination in the structures is to be sought in the excess of stress exceeding the strength. The performed tests focused on the determination of the two strength values and the impact of the cyclically changing climatic environment on these strengths.

**Keywords:** glue-laminated structures, delamination, assessment

## Bevezetés

Mint azt már a cikksorozat első részében is leírtuk, a rétegelt-ragasztott fatartók egyre több esetben károsodnak, és a károsodások miatt egyre több tetőszerkezet válik életveszélyessé. A felmerülő problémákat és azok okait átfogóan kell vizsgálni, melynek megvalósítása nem kis feladat. A Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Karának Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézete elnyert egy pályázati támogatást (Baross Gábor RRTARTO1 OMFB-00398/2010). Ezen a pályázaton belül a felmért szerkezetek rétegrepedéseit és egyéb tönkremeneteli problémáit már bemutattuk az első cikkben. A második cikkben pedig a tönkremeneteli problémák számítói modelljét mutattuk be, a következtetésekkel együtt (Vanya 2014a, b).

Ebben a cikkben a rétegrepedések és tönkremenetelek okaihoz kapcsolódó mechanikai vizsgálatok és azok eredményei kerülnek bemutatásra.

## Mérések, vizsgálati módszerek

A tönkremenetelek okait mérésekkel és mechanikai vizsgálatokkal állapítottuk meg. Ezeket a Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Karának Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézetében végeztük a Baross Gábor RRTARTO1 OMFB-00398/2010 pályázatán belül (Kánnár 2012).

A mechanikai vizsgálatok célja, hogy próbatest szinten megállapítsuk a ciklikusan változó klimatikus környezet (hőmérséklet, páratartalom) hatását az RR tartók faanyagára és annak ragasztási síkjaira. Mivel a faanyag rostra merőleges húzószilárdsága és nyírószilárdsága csekély, a tartókon kialakult delamináció oka ezen feszültségek szilárdságot meghaladó mértékében keresendő.

Az elvégzett vizsgálatok is a két szilárdság meghatározására ill. a ciklikusan változó klimatikus környezet ezen szilárdságokra gyakorolt hatására irányultak.

A mintákat a Lignum Európa Kft.-vel gyártattuk le, akik a hazai RR fagyártás piacvezetői, rendelkeznek ÉME és CE minősítéssel. Az alkalmazott rétegragasztó Cascomin 1247 számú melamin-karbamid szerkezeti ragasztóanyag + 2526 számú edző volt.

*A rostra merőleges húzószilárdság meghatározásának módszere*

A vizsgálat során 30 mm és 10 mm vastag lamellákból készült lucfenyő mintákat vizsgáltunk. A próbatest kialakítást az 1. ábra mutatja.

Az I. sorozat esetén a ragasztás, illetve faanyag rostra merőleges húzószilárdságának vizsgálatát végeztük el 25 db vastag, és 25 db vékony lamellás mintán. A minták nedvességtartalma 10% volt, tehát nem voltak kitéve semmilyen klimatikus behatásnak. A II. sorozat esetén egy 20 napos 5 naponként drasztikusan változó ciklikus klímának tettük ki a próbatesteket. A vizsgálat az előzőhöz hasonlóan 25 vékony és 25 vastag lamellás mintából állt. A klímaadatok a következők voltak:

II. sorozat ciklikus klímában (ck)

- 5 nap 40 °C 98% RH egyensúlyi fanedvesség 26%
- 5 nap 10 °C 40% RH egyensúlyi fanedvesség 7,9 %
- 5 nap 40 °C 98% RH
- 5 nap 10 °C 40% RH



**1. ábra** Rostra merőleges húzó minták

**Figure 1** Specimen for testing the tension perpendicular to the grain direction

*A nyírószilárdság vizsgálatának módszere*

Nyírószilárdság vizsgálatokat az elkészített tartótömb teljes magasságából kivágott 50x50 mm-es mintákon végeztük el. Minden vizsgálatnál 30 db mintát készítettünk. A tartó magassága 300 mm volt, így 30 mm vastag lamella esetén 9, míg 10 mm-es lamella esetén 29 ragasztási síkot tartalmazott.

A vizsgálatokat az MSZ EN 392 alapján végeztük el. Az eljárás menete a következő: a próbatesteket az egyensúlyi nedvességtartalom eléréséig az ISO

554 szerinti 20/65 normál klímán, azaz  $(20\pm 2)$  °C hőmérsékletű és  $(65\pm 5)\%$  relatív páratartalmú környezetben tároltuk, így a nedvességtartalom 8–13% között állt be. Meg kell határozni a nyírási felület méreteit 0,5 mm-es pontossággal. A próbatestet úgy kell a nyírófelületre helyezni, hogy a terhelő erő a rostiránnyal párhuzamosan működjön. A ragasztási réteg úgy helyezkedjen el, hogy a nyírási síktól való távolsága sehol se legyen 1 mm-nél nagyobb. A terhelést azonos sebességgel úgy kell végrehajtani, hogy a törés legalább 20 s után következzen be. Meg kell állapítani a fa rostszakadási százalékának értékét a legközelebbi öttel osztható számjegyre.

#### *Delamináció vizsgálat MSZ EN 391 alapján*

A vizsgálat célja, hogy megállapítsuk a technológiai folyamat során alkalmazott ragasztóanyag, valamint présnyomási paraméterek megfelelőségét. A vizsgálat során első lépésben egy nyomótartályban történő vizes telítés történik, majd egy száraz klímában történő szárítás. Ezután következik a kialakult delaminációs jelenségek felmérése és kiértékelése. A vizsgálatot a szabvány „A” típusú eljárása szerint végeztük.

Ennek megfelelően a következő ciklusok követték egymást:

1. 15 kPa abszolút nyomás, 5 perc
2. 600 kPa abszolút nyomás, 60 perc
3. 15 kPa abszolút nyomás, 5 perc
4. 600 kPa abszolút nyomás, 60 perc

Ezt követően 21 óra  $65$  °C, 15% RH környezetben történő szárítás.

A kiértékelésnél figyelembe kell venni az összes ragasztási hosszat és a vizsgálat után keletkező összes rétegelválás összes hosszát. Ezek aránya adja a rétegelválási százalékot.

2 db 10 mm-es, és 2 db 30 mm-es lamellából készült  $80\times 120\times 300$  mm méretű (rost x szél. x mag.), tartószerkezetet vizsgáltunk a kísérleti tartó anyagából.

Összehasonlításképpen elvégeztünk egy ipari partner nyitott teraszos RR árnyékoló szerkezetében delaminálódott tölgy tartószerkezeti elemek delaminációs vizsgálatát. A lamellavastagság ott 20 mm volt, az alkalmazott ragasztó egy poliuretán alapú, ablakgyártásban használt, de nem szerkezeti ragasztó volt. A kísérleti eljárás az előzőekkel megegyező volt.

#### *A delamináció vizsgálat módszere csavarozott és szeglemezelt RR tartó tömbökön*

A különböző vasalat típusok hatásának elemzésére vizsgálati eljárást dolgoztunk ki, mely alapján hasznos következtetéseket vonhatunk le a vasalat típusokkal kapcsolatosan. A gyakorlatban legelterjedtebben tartóba bemetszett acéllemezt helyeznek el, átmenő csavaros rögzítéssel. Ennek előnye a vasalat részleges elrejtése, hátránya viszont, hogy a fára nézve repesztő hatással bír teherátadáskor, valamint a gátolt dagadás-zsugorodás feszültségeket indukál változó klimatikus viszonyok miatt. Ennek eredményeképpen a csavarok mentén a legtöbb ilyen tartónál, már néhány éves működés után jelentős repedéseket tapasztalunk. Felmerült a gondolat, hogy alkalmazzunk a repedést gátló, az egész keresztmetszetet összefogó vasalatokat. A vizsgálat során 35 cm hosszú, teljes keresztmetszetű hasábokat vizsgáltunk a kísérleti tartó anyagából, mindkét lamellavastagság esetén. Vizsgáltuk a csavaros kapcsolat repesztő hatását ill. a szeglemezes kapcsolat repedést gátló hatását. A kapcsolatok kialakítását a 2. ábra mutatja.

A vizsgálatokat a korábban már ismertett MSZ EN 391:2002 delaminációs vizsgálati eljárás szerint végeztük a próbatest méretét kivéve.

#### *Lamella hosszoldás vizsgálatának módszere*

Az RR tartók kialakításánál fontos technológiai lépés az egyes lamellák hosszirányú toldása, a lamellák hosszának az elérni kívánt tartómérethez igazítása. Az ipari adatgyűjtés során ugyan csak kevés esetben találtunk olyan problémát, ahol ezen kötések mentek tönkre a tartók, a gyártástechnológia teljes körű felülvizsgálata céljából azonban ezen kötések is megvizsgáltuk, száraz és nedves mintákon egyaránt. A mintákat a Lignum Európa Kft.-vel gyártattuk le a kísérleti tartóval egyidőben, ugyanazon anyagból, mindkét lamella vastagsággal és azonos ragasztóval. A mintákat 4 pontos hajlító vizsgálatokkal teszteltük az EN 408 szerint. A minták 90 cm hosszúak és  $120\times 40$  mm keresztmetszetűek voltak.

5 db száraz  $U=11\%$  és 5 db nedves  $U=22\%$  nedvességtartalmú közepesen hosszoldott mintát vizsgáltunk. Kontrollként 5–5 db hosszoldás nélküli lucfenyő mintát vizsgáltunk, azonos nedvességtartalmakra klimatizálva.



**2. ábra** Csavarozott és szeglemezes kapcsolat kialakítása

**Figure 2** Design of bolted connections and nail plates

Mértük a törést okozó maximális erőt, illetve rögzítettük az erő-lehajlás diagramokat. Ez alapján számításra került a minta hajlítószilárdsága és a rugalmassági modulus.

#### *Felületkezelő anyagok párazárás vizsgálatának módszere*

A vizsgálat célja annak megállapítása volt, hogy a különböző, kereskedelemben kapható jó minőségű felületkezelő anyagok – elsősorban a lazúrok, hiszen a fa struktúráját nem akarjuk eltakarni – mennyire akadályozzák meg, illetve késleltetik a fatartók vízfelvételét. A kérdés azért lényeges, mivel az RR tartók egyik széles alkalmazási területe a termálfürdők tetőszerkezete. Részben a medencefeltöltés-leeresztés, az éjszakai-nappali hőmérsékletkülönbségből adódó ciklikus páratartalom-változás, téli-nyári jelentős páratartalom-különbség a tartókban jelentős sajátfeszültségeket indukál, ha azok nedvesednek, illetve kiszáradnak, különösen, ha a tartó különböző részei eltérő módon teszik ezt. Ezen problémák elkerülésének triviális, ám költséges és gyakran megspórolt módja a számítógép vezérelt klimatizálás. Még ezen utóbbi kedvező esetben is adódhat azonban üzemszünet, meghibásodás. Kérdés, hogy ezen esetekben mennyire lehet a felületkezelő anyagokkal késleltetni, megakadályozni a párafelvételt.

A vizsgálat során 5 különböző típusú lazúr és egy poliuretán alapú bútorlakk került tesztelésre magas, 98%-os páratartalom, és 40 °C hőmérséklet mellett. Ilyen klímaviszonyok a gyakorlatban esetenként fürdőépületek kupoláiban is kialakulhatnak, másrészt a nagy páratartalom biztosította, hogy a vizsgálatok időtartama ne legyen túl hosszú. A vizsgálatokhoz 14x14x2 cm-es lucfenyő mintákat használtunk. A kiinduló nedvességtartalom 12% volt. Az egyes lazúrok esetén alkalmazott mintaszám 10-10 db minta volt. Kontrollként kezeletlen falapokat alkalmaztunk. A nedvességtartalom-méréseket naponta végeztük el két hétig.

### **Eredmények**

#### *A rostra merőleges húzószilárdság meghatározásának eredményei*

A vizsgálatok eredményeit – a rostra merőleges húzószilárdság értékeket – az 1. táblázat mutatja.

#### **1. táblázat** Lucfenyő RR minták rostra merőleges húzószilárdság értékei

**Table 1** Tensile strength values of norway spruce specimens, perpendicular to the grain direction

Minta (25 db/vizsgálat)	Rostra merőleges húzószilárdság (MPa)	Szórás (%)
10 mm száraz ( $U_{\text{netto}}=10\%$ )	1,22	24
10mm ciklikus klímában	1,24	26
30 mm száraz ( $U_n=10\%$ )	1,35	31
30 mm ciklikus klímában	1,34	29

Rostra merőleges húzásra a kísérletek tanúsága szerint nincs hatással a ciklikus klíma. Hozzá kell tenni azonban, hogy a kis próbatestméret miatt nem alakul ki az a ragasztási réteget fárasztó belső feszültségrendszer (hiszen a húzó minta csak kisméretű lamella darabot tartalmaz), ami egy teljes RR tömbben kialakul. Az eredmények szórása, a fa mint biológiai anyag természetes, 20%-os szórásának megfelelő. A vastag minták nagyobb szórása utal azok inhomogénebb szerkezetére. A valós viszonyok pontosabb modellezésére ezért a későbbiekben bemutatott delaminációs vizsgálatokkal tettünk kísérletet.

#### A nyírószilárdság vizsgálatának eredményei

Megállapítottuk 10% nedvességtartalom esetén a kétféle lamellavastagság mellett a nyírószilárdságot, mintegy 30-30 mérés alapján. Ezt követően a már ismertett ciklikus klímában kezeltük a mintákat 20 napig. Az eredményeket a 2. táblázat mutatja.

#### 2. táblázat Lucfenyő RR minták nyírószilárdság és rugalmassági modulusz értékei

Table 2 Shear strength and modulus values of norway spruce glulam specimens

Minta (30 db/vizsgálat)	Nyírószilárdság [MPa]	Nyíró rugalmassági modulusz [MPa]
10 mm, száraz ( $U_n=10\%$ )	6,19	294,92
10 mm, ciklikus klímában	5,40	249,92
Eltérés	13%	15%
30 mm száraz ( $U_n=10\%$ )	5,37	327,06
30 mm ciklikus klímában	4,52	253,50
Eltérés	16%	23%

A minták nyírószilárdsága és nyíró rugalmassági modulusa is mintegy 15%-kal csökkent. Ciklikus klímában tehát az anyag fárad már rövid (20 napos) ciklus esetén is. Ha a ciklikus klíma éveken át tart, a szilárdságcsökkenés mértéke ennek többszöröse is lehet feltehetően. A vékony lamellás minták homogénebb jellege kisebb mértékben a nyírószilárdság csekélyebb csökkenésében is megmutatkozik, de elsősorban a nyíró rugalmassági modulusz ciklikus klímában való csökkenésében szembetűnő. Ha a nyíró rugalmassági modulusz lecsökken, adott terhelés mellett nagyobb alakváltozás jön létre (pl. a faszervezetek nyírásból származó lehajlása jelentős a fa alacsony 300 MPa értékű nyíró rugalmassági modulusza miatt), melyet a ragasztó igyekszik meggátolni. A ragasztórétegben megnövekedő feszültség így könnyen meghaladhatja annak szilárdságát, és az ipari tapasztalatoknál megfigyelt rétegrepedési problémák okozója lesz.

Mindezek alapján a lamellavastagság csökkentése célszerűnek látszik a rétegrepedési problémák elkerülése érdekében, nem csak íves, hanem egyenes tartóknál is.

#### A delamináció vizsgálat eredményei

Az eredményeket a 3. táblázat mutatja.

#### 3. táblázat A delaminációs vizsgálat eredményei

Table 3 Results of the delamination test

Minta	L10/1	L10/2	L30/1	L30/2
Az elvált szakaszok hossza [mm]	35	9	4	30
	11	17	23	25
	30	16	26	13
	14	6	26	23
	7	10		3
	17			12
Összes rétegelválási hossz $I_{tot\ del}$ [mm]	114	58	79	106
Teljes delamináció [ $D_{total}$ ]	1,7 %	0,8 %	3,7 %	4,9 %
Az egy ragasztási síkra jutó maximális delamináció [ $D_{1max}$ ]	14,6 %	7,1 %	10,8 %	10,41 %

A vékony lamellás próbatestek kevésbé delaminálódtak, tehát a feltevés, miszerint a vékony lamellás tartó jobban tolerálja a ciklikus klímát, helyesnek látszik. A szabvány a vizsgálathoz nem rendel semmilyen megfeleléségi kritériumot, azaz a felhasználó dönti el, hogy a kapott eredmény neki megfelel-e. Ezt komoly hiányszágnak tartjuk, így mindenképpen fontos lenne legalább a hazai gyakorlatban bevezetni minősítési értékeket. Az elvégzett vizsgálatok, szakmai tapasztalatunk és elméleti megfontolások alapján 5% teljes delamináció értéket javaslunk megfeleléségi határértéknek, valamint 15%-os értéket az egy ragasztási síkra jutó maximális delamináció megfeleléségi értékének. Ezen határértékek figyelembe vételével a vizsgált minták megfelelőek, tehát mind az alkalmazott ragasztó, mind az alkalmazott technológia, elsősorban a présnyomás, megfelelő.

Az összehasonlításképpen elvégzett tölgy RR árnyékoló delaminációs vizsgálatokor gyakorlatilag 100% delaminációt tapasztaltunk, a lamellák kézzel szétválaszthatók voltak (3. ábra). Ez részben a tölgy faanyag gyengébb ragaszthatóságával, részben pedig az alakváltozásból fakadó nagyobb feszültségekkel magyarázható, és alátámasztja azt a vélekedést, hogy tölgy faanyagból nem, vagy csak nagyon nehezen készíthető teherhordó ragasztott faszerkezet (Wittmann 2000).

*A delamináció vizsgálat eredménye a csavarozott és szeglemezelt RR tartó tömbökön*

A delaminációs hatást vizsgálva megállapítottuk, hogy az nem jelentős egyik lamellavastagság és egyik kapcsolat esetében sem. Az alkalmazott ragasztó tehát megfelelő. A kötésekről készült képek tanúsága azonban jól kimutatja, hogy csavaros kötés esetén – mely a dagadási zsugorodási folyamatokat a csavaroknál koncentrálnak erőhatással akadályozza meg – repedések indulnak el. A kialakult repedések mértékét részben csökkenti a csavarok berágódása a faanyagba (3–4 mm csavaronként), mely a létrejövő alakváltozás 50–70%-át kiteszi. Ez az oka, hogy a beépített tartók esetén csak több év elteltével alakulnak ki jelentős repedések.

A szeglemez típusú kapcsolatok a tartóelemet összefogják és a keletkező feszültségek sok ponton kisebb feszültségcsúcsok segítségével akadályozzák az alakváltozást, így ebben az esetben nem alakulnak ki számottevő repedések. Ezek alapján javasoljuk szeglemezes típusú kapcsolatok kialakítását. A lamellavastagságból adódó különbség a vizsgálat során nem volt kimutatható.

*A lamella hosszoldás vizsgálatának eredménye*

A lamella hosszoldás vizsgálatának eredményeit a 4. táblázat mutatja.

A nedvesítés hatására hosszoldott mintáknál a hajlítószilárdság mintegy 22%-kal csökkent, míg a rugalmassági modulus 19%-kal. Toldás nélküli tömörfa mintákon a hajlítószilárdság 11%-kal csökkent, míg a rugalmassági modulus 26%-kal. A megközelítőleg 20%-os csökkenések megfelelnek a faanyag nedvességtartalom függvényében mutatott szilárdságcsökkenési tendenciáinak. A hosszoldott minták fele tartalmazott belet, és ezen minták esetén a faanyag tört el, és nem a hosszoldás. A belet nem tartalmazó minták esetén a ragasztás nyílt meg. Ez a jelenség arra a tényre hívja fel a figyelmet, hogy a szerkezeti fa lamellái nem tartalmazhatnak belet.



**3. ábra** Delaminálódott tölgy RR minták

**Figure 3** Delaminated oak glulam specimens

**4. táblázat** A lamella hosszoldás eredményei

**Table 4** Results of the lamella finger joint tests

	Hajlítószilárdság [MPa]	Rug. mod. [E, MPa]
Hosszoldott száraz átlag U=11%	56,41	8297
Hosszoldott nedves átlag U=22%	43,56	6628
Tömörfa száraz átlag U=11%	49,28	7602
Tömörfa nedves átlag U=12%	44,06	5643

Ezt azonban a gyakorlatban a gyártók sajnos nem tartják be. A bél körüli, juvenilis fa gyenge minősége – mint ahogy a vizsgálatok is mutatják – alacsony szilárdságot okoz, nem teljesíti a szerkezeti fa követelményeit.

Példaként említjük a tapolcai rendezvénycsarnok esetét, ahol a szerkezet törése beles lamella mentén jött létre (4. ábra).

*A felületkezelő anyagok párazárás vizsgálatának eredményei*

A felületkezelő anyagok párazárás vizsgálatának eredményeit az 5. táblázat mutatja.

A vizsgálatok azt a számunkra meglepő eredményt hozták, hogy a különböző lazúrok lényegében alig, vagy egyáltalán nem késleltetik a párafelvételt, így a tartók ilyen módon való felnedvesedés elleni védelme nem megoldható. Jelentős nedvesség elleni védelmet csupán egy poliuretán alapú bútorlakkal tudunk kimutatni, mely egy hét után 10%-kal, 2 hét után 8%-kal alacsonyabb nedvességtartalmi értéket mutatott kezeletlen mintákhoz képest. Párafelvétel elleni felületkezeléshez tehát a PUR bútorlakkok javasolhatók. Meg kell továbbá oldani a szabad és részben takart bútű felületek párazáró megoldását is.

### Összefoglalás

Megállapítható, hogy a rétegelt-ragasztott fa tartószerkezetek tönkremeneteleinek és meghibásodásainak problémái számos okra vezethetők vissza. A felmérési eredmények, a számítások elvégzése különféle esetek modellezésével, és az ebben a cikkben bemutatott mechanikai mérések és vizsgálatok is ezt támasztják alá. Az eredmények jó összefüggést mutatnak a felmérési eredményekkel, és a számítási vizsgálatokkal.

A következő cikk, ugyanezen rétegelt-ragasztott fa tartószerkezetek tönkremeneteleinek és meghibásodásainak az okait vizsgálja, illetve a bemutatott eredményekből következően a gyakorlat számára is hasznos javaslatok kerülnek bemutatásra mind a tervezésre, gyártásra és üzemeltetésre vonatkozóan.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

### Irodalomjegyzék

Bartal és Rabb Kft. (2010) Kutatási jelentés a BAROSS RRTARTO1 OMF0-00398/2010 számú pályázathoz, 118.

Kovács Gy. (2011) Híd a jövőbe, Magyar Építéstechnika, 50 (6): 2-5.

Kánnár A. (2012) Szakmai zárójelentés: Rétegelt-ragasztott fatartók méretezési és technológiai innovációja a klimatikus sajátfeszültségek figyelembevételével projekt REG-ND-09-2-2009-0019



**4. ábra** A tapolca rendezvénycsarnok tartója

**Figure 4** Failed glulam beam of the Tapolca event hall

**5. táblázat** A felületkezelő anyagok párazárás vizsgálatának eredményei

**Table 5** Results of the vapour-barrier test effected by the coating materials

Lazúr típusa	H milesi	Olassy	Jedinka	Xiladecor	Sadolin	Pur lakk	Kontroll natur
Átlag nedvességtartalom %							
1 nap	21,38	16,95	19,12	19,65	18,55	9,26	20,01
2 nap	21,73	18,55	19,51	19,65	19,04	10,61	23,32
3 nap	23,87	21,22	21,78	24,53	21,64	11,89	23,81
1 hét	26,83	24,87	25,72	26,22	26,41	15,31	26,46
2 hét	28,98	28,60	26,20	30,72	25,80	18,47	26,73

- MSZ EN 391:2002. Rétegelt-ragasztott fa. A ragasztási rétegek elválásának vizsgálata. Magyar Szabványügyi Testület, Bp. 9 old.
- MSZ EN 392-1999 Rétegelt-ragasztott fa. A ragasztási rétegek nyíróvizsgálata.
- MSZ EN 408:2011 – Faszervezetek. Szerkezeti fa és rétegelt-ragasztott fa. Egyes fizikai és mechanikai tulajdonságok meghatározása. (visszavont)
- Vanya Cs. (2012) Damage problems in glued laminated timber; Drewno – Prace, Naukowe, Donesienia, Komunikaty, No. 188, pp.115-128; ISSN 1644-3985
- Vanya Cs. (2014a) Javaslatok rétegelt-ragasztott fatartók tervezéséhez, gyártásához és üzemeltetéséhez, felmérési és modellezési eredmények alapján. I. rész: Irodalmi áttekintés és a rétegelt-ragasztott fatartók tönkremeneteleinek felmérési eredményei. Faipar 62(1)/3. [http://dx.doi.org/10.14602/WoodScience-HUN\\_2014\\_3](http://dx.doi.org/10.14602/WoodScience-HUN_2014_3).
- Vanya Cs. (2014b) Javaslatok rétegelt-ragasztott fatartók tervezéséhez, gyártásához és üzemeltetéséhez, felmérési és modellezési eredmények alapján, II. rész: A számítómodell és azok eredményeinek bemutatása a rétegelt-ragasztott fatartók tönkremenetelek okaira; Faipar 62(1)/3. [http://dx.doi.org/10.14602/WoodScience-HUN\\_2014\\_4](http://dx.doi.org/10.14602/WoodScience-HUN_2014_4)
- Wittmann Gy. (2000) Mérnöki Faszervezetek I. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Bp. 274. old.
-