

NYÁR FAANYAGGAL KAPCSOLATOS AKTUÁLIS KUTATÁSI EREDMÉNYEK A FAANYAGTUDOMÁNYI INTÉZETBEN

Németh Róbert - Fehér Sándor - Ábrahám József - Bak Miklós - Horváth Norbert - Komán Szabolcs - Szeles Péter

Nyugat-magyarországi Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar Faanyagtudományi Intézet, Sopron

Nyárok energetikai jellemzői, hasznosítása

A nyárok hasznosítása hazánkban a régmúltra tekint vissza. Számtalan területen használjuk a nyár faanyagát. Ennek a szerteágazó hasznosításnak több oka is van. Egyrészt Magyarországon több nyár faj is őshonos, amelyek fizikai, ill. műszaki tulajdonságai között jelentős eltérések is vannak, pl. fehér nyár és fekete nyár. Másrészt a nyár fajtanemesítések következtében az újabb és újabb klónok eltérő fizikai-mechanikai tulajdonságai következtében azokat igen széles körben használhatjuk fel. A „hagyományos felhasználási területek”, mint csomagoló eszközök, ládagyártás, rakodólap gyártás, ládagyártás, valamint papír- és cellulózyártás mellett ma már a bútorgyártás területén és a faépítészet területén egyaránt alkalmazzuk. A faépítészetre már nagyapáink is használták a nyárat, alacsony sűrűsége és viszonylag jó szilárdsági és rugalmas tulajdonságai miatt. Tulajdonságainak javítását célzó kutatási területek a famodifikáció, ill. a különböző típusú ragasztott nyár termékek előállítására, mint pl. LVL és rétegelt-ragasztott tartók gyártása. Az ilyen típusú termékek előállítása forradalmasíthatja, ill. még szélesebb körben, még szívesebben alkalmazhatóvá teszi a nyár faanyagát. Nem szabad azonban megfeledkeznünk, a nyár klónok igen népszerű felhasználásáról sem, a megújuló energiatermelésről sem. A megújuló energiaforrások egyik legfontosabb pillére, különösen hazánkban, a biomassza. A kutatások egyértelműen arra utalnak, hogy a hazai energiatermelés megújításában kulcsszerepe van, ill. lesz, a különböző biomasszák, mezőgazdasági, erdőgazdasági és hulladék felhasználása energia nyerésre. A biológiai eredetű szerves anyag produktumok, még az olyan mezőgazdasági potenciállal rendelkező országban is, mint Magyarország, egyik legfontosabb forrása az energetikai faültetvények. Az energetikai faültetvényeknél a gyorsan növekvő fajok jöhetnek szóba, elsődleges fajok így a nyár és a fűzfélék, valamint az akác.

A fentiek alapján, mind a nemzetközi, mind a hazai nyárkutatások, nem hogy csökkennének, hanem inkább növekvő tendenciákat mutatnak. A Nyugat-magyarországi Egyetem Faanyagtudományi Intézetében folyó nyár kutatások is ennek tükrében igen szerteágazóak, kezdve a hagyományos faanyagvizsgálatoktól, a famodifikáción át a különböző nyár fajták energetikai tulajdonságaival és akár tartószerkezeti alkalmazásával bezárólag.

Nyárok energetikai jellemzői, hasznosítása

A biológiailag újratermelő energiaforrások egyre nagyobb szerepet kapnak az energia szektoron belüli folyamatos átrendeződések eredménye képen. A fa ültetvények is ezek közé tartoznak, amelyeket a Kyotói egyezmény is elismert, mint az üvegházhatást okozó gázok csökkentésének eszközeit.

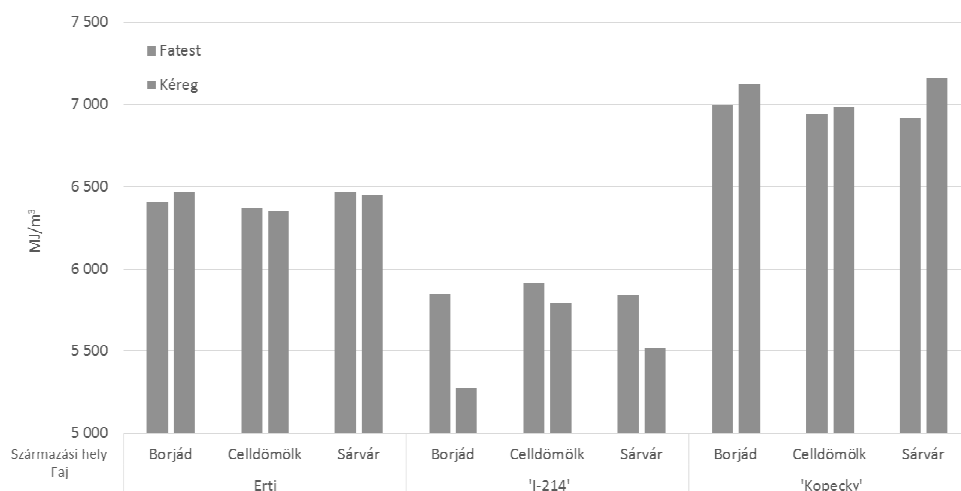
Energetikai faültetvényeknél különösen a gyorsan növekvő fajok (nyár, fűz, akác) jöhetnek szóba. Ennek több oka is van, pl. a nagy szárazanyag termelés és a jó sarjadzó képesség. Ezek a rövid vágásfordulójú ültetvények viszonylag rövid idő alatt jelentős mennyiségű faanyagot termelnek megújuló energiaként.

Az ültetvények telepítésére alkalmas területek maximális kihasználásához, az adott viszonyoknak lehetőleg legjobban megfelelő fafajt, illetve azon belüli fajtát kell kiválasztani. A fajtaválasztásnál azonban több tényezőt is figyelembe kell venni. Kutatásaink többek között kiterjednek a különböző minőségű termőhelyen növekedett nyár energetikai célú ültetvények fűtőértékének meghatározására, mivel ezen jellemző alapján meghatározott energiahozam az egyik legfontosabb minőségi jellemzője az ültetvényeknek.

A kísérletek kiválasztása során az eltérő termőhelyi körülmények között megtermelhető fás biomassza vizsgálatához három (Celldömölk, Sárvár, Borjád) energetikai ültetvény került kijelölésre (1. ábra). A vizsgálatokba 2 éves 'I-214', 'Kopecky' és ERTI által nemesített nemesnyár fajták kerültek bevonásra. Mindhárom klónnál a szár 3 különböző magasságából - alsó, középső, felső - vettünk mintát. A felső részek kivételével külön a fatestre és a kéregre vonatkozóan is meghatároztuk a fűtőértéket. A tüzeléstechnikai vizsgálatok így vastagabb, közepes vastagságú és vékony fás szárrészek elemzésére terjedtek ki.

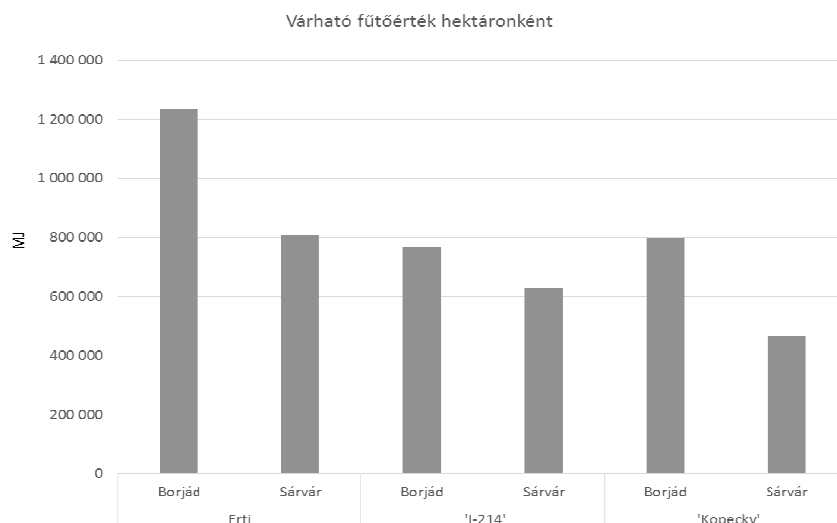


1. ábra 'I-214' nyár kísérleti ültetvények (borjádi, celldömölki, sárvár -bajti)



2. ábra A nyár fajták fűtőértéke termő területenként

A kutatás eredményei alapján megállapítható, hogy tömegre vetítve nem mutatkozik jelentős eltérés a különböző fajták között. A térfogatra vonatkoztatott fűtőérték esetében, azonban már markáns eltérések figyelhetők meg (2. ábra). Sorrendbe rakva a fajtákat, a legjobb eredményt a 'Kopecky', majd az 'ERTI' adta. Leggyengébb fűtőértéke az 'I-214' fajtának van. A három terület eredményei alapján szignifikáns különbségek nem állapíthatók meg. Ezekhez hozzávéve még a hozamokat, a különbségek még jelentősebbnek mutatkoznak, mivel egy adott területen egy jó fajtaválasztással, közel kétszeres terméshozam is elérhető (3. ábra).



3. ábra A fajták fűtőértéke hektáronként

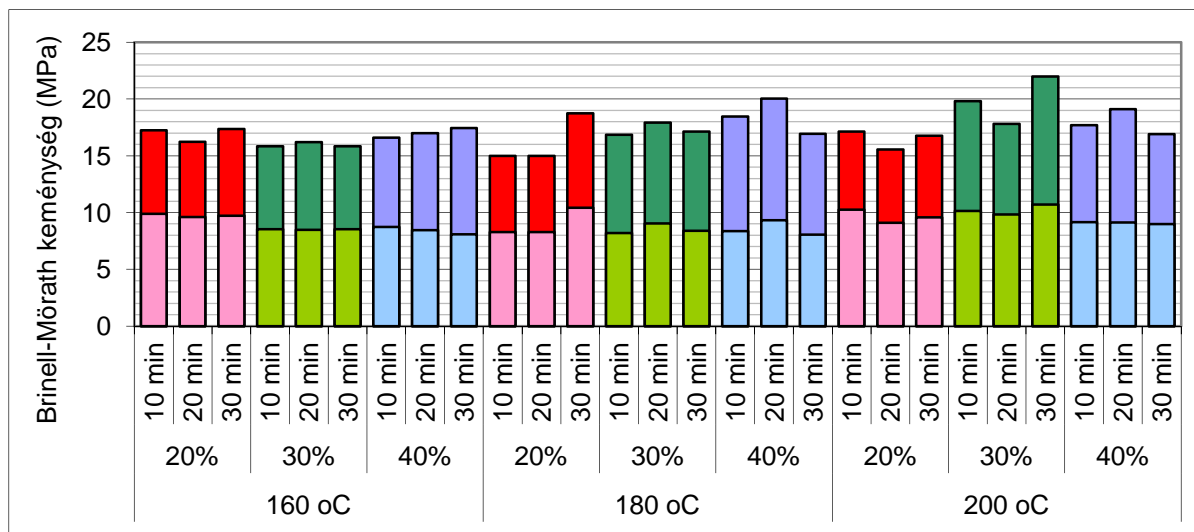
A Pannónia nyár (*Populus x euroamericana* cv. 'Pannonia') termo-mechanikai nemesítése

Kutatómunkánk célja, hogy a nyár alapanyagot értékesebb bútorigipari és belső építészeti termékek készítéséhez is fel lehessen használni. E célból előtérbe kerültek a faanyag fizikai-, mechanikai tulajdonságainak és esztétikai megjelenésének modifikálási lehetőségei. A kutatás célja olyan termo-mechanikai nemesítő módszer tudományos megalapozása, amely lehetővé teszi a vékony sejtfalú, alacsony testsűrűségű nyárak keménységének szilárdságának és esztétikai megjelenésének együttes javítását.

A vizsgálatokhoz a Pannónia nyár fűrészárut használtunk, melyekből szárítás után frízeket alakítottunk ki. A frízeket tömörítettük 160, 180, 200 °C-os hőmérsékleten, a tömörítés mértéke 15, 30, 45 % volt. A tömörítést követően az anyagokat a présben tartottuk 10, 20, 30 percig, ügyelve az állandó hőmérsékletre és nyomásra. A tömörítés után a frízek vastagsága 20 mm, így a kezdeti fríz vastagságok 25.0, 28.5, 33.3 mm volt. A kezelés után vizsgáltuk, hogy milyen mértékben változott az alapanyag színe, sűrűsége, zsugorodási tulajdonságai, felületi keménysége (Brinell-Mörath), hajlítószilárdsága, hajlító rugalmassági modulusza valamint a tömörítés mértéke a vastagság függvényében.

A teljes színelkülönbséget megvizsgálva elmondható, hogy a változás szemmel észrevehető mértékű (mivel $\Delta E^* > 3$). A különbségek mértéke nagymértékben függenek a kezelési paraméterektől. Mivel mind a három színkoordináta (a^* , b^* , L^*) esetén hasonló volt a változás, így a teljes színelkülönbséget is a leginkább az alkalmazott hőmérséklet befolyásolja (a legnagyobb mértékű értéket a 200 °C, 30%, 30 perc paraméterek adják). Kisebb mértékű hatása van préselés időtartamának, a 160, 180 °C-on az azonos tömörségű 10, 20, 30 perc-ig

préselt elemeknél szabad szemmel nem látható különbség. A teljes színkülönbség és a préselés mértéke között nem mutatható ki összefüggés.



4. ábra Felületi keménység változása a kezelések függvényben

A kutató munka egyik fő célja az volt, hogy a felületi keménység értékét növeljük. A frízek kezdeti Brinell-Mörath keménységeinek átlaga 8-11 MPa között mozgott, míg a préselés után ezek az értékek 15-22 MPa voltak. Ezen értékekből jól látszik, hogy a kezelés hatására minden esetben jelentősen növekedett a felületi keménység. A 4. ábrát (a világosabb rész a tömörítés előtti, a sötétebb a tömörítés utáni érték) megnézve látható, hogy a tömörítési paraméterek változtatásával különböző mértékű keménység érhető el. A keménység változást legnagyobb mértékben a tömörítés mértéke határozza meg, minél jobban tömörítettük az anyagot, annál magasabb lett a felületi keménység. A préselési hőmérsékletnél és időnél nem tapasztalható egyértelmű összefüggés a keménység változással.

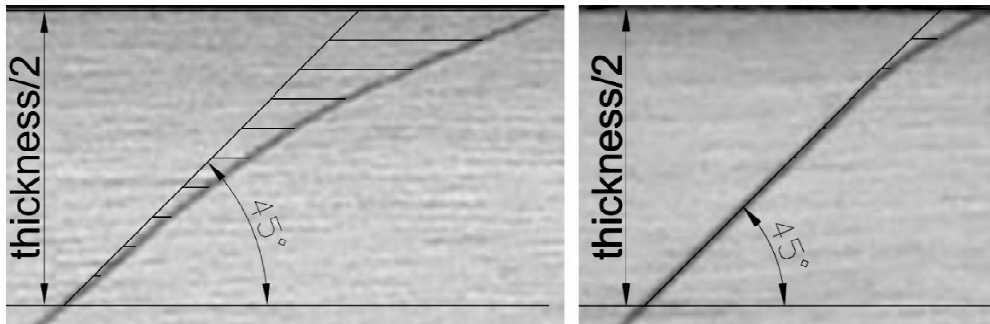
A kontroll anyag átlagos hajlítószilárdsága 79,85 MPa volt, míg a préselés után ezek az értékek 87-116 MPa volt. A kontroll anyag átlagos hajlító rugalmassági modulusz értéke 8,2 GPa volt, míg a préselés után ezek az értékek 9,3-13,3 GPa volt. A kezelés hatására minden esetben növekedett a MOR és MOE. Nem tapasztalható azonban egyértelmű összefüggés a kezelési paraméterek és a MOR, MOE növekedése között. Ennek egyik oka lehet, hogy a mérés közben sok próbatest nyíródott el ezáltal pedig magas lett a relatív szórás (esetenként 20-25%).

A zsugorodás vizsgálat során három vonalas zsugorodási értéket mértünk, rost irány, préselés irányába, illetve a préselésre merőlegesen. Rost illetve préselésre merőleges irányban nem tapasztaltunk változást a zsugorodási tulajdonságokban. A tömörítés irányában a zsugorodási értékek megnöttek, és a növekedés a tömörítés mértékével szoros összefüggést mutat.

Az abszolút száraz sűrűséget megvizsgálva elmondható, hogy a sűrűség növekedése a préselés mértékével növekedett, így ennek mértékét csak a frízek kezdeti sűrűsége határozta meg. A tömörödés azonban nem egyenletes a vastagság függvényében.

A tömörödés mértékét vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a különböző tömörítésű anyagok másképpen tömörödnek (5. ábra). A 20%-os tömörítésnél a felső 1/3 réteg 40% körül tömörödik, míg a belső részek alacsony 0-10% körüli tömörödést szenved el. A 30 %-os tömörítésnél a felső 1/3 réteg 45-50% körül, a középső 1/3 réteg 30% körül, a belső 1/3 réteg

10-15 % körül tömörödik. A 40 %-os tömörítésnél a felső 1/3 réteg 50-55% körül, a középső 1/3 réteg 30-40% körül, a belső 1/3 réteg 20-25 % körül tömörödik.



5. ábra Tömörödés mértékének mérése 40%-os, illetve 20%-os minták esetén

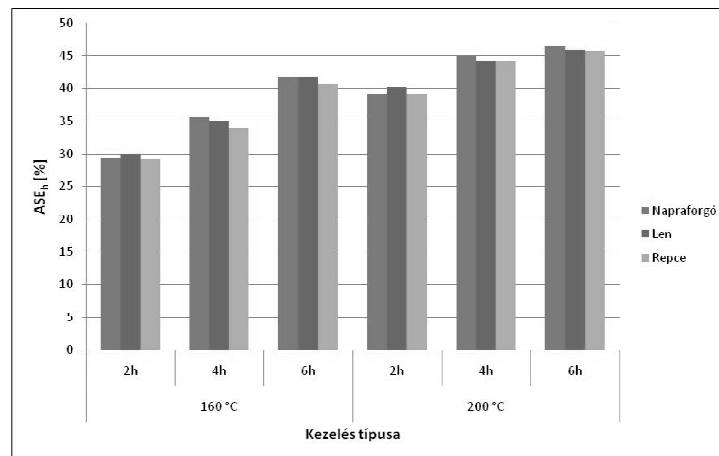
Nyár faanyag oleotermikus nemesítése

Az érdeklődés a különböző hőkezelések iránt azonban megnőtt az utóbbi egy-két évtizedben. Ennek oka nyilvánvalóan a nagy ellenálló képességű trópusi fafajok állományának jelentős csökkenése, valamint a növekvő elvárás és igény a vegyszermentes faanyagvédelem iránt, állami és fogyasztói részről egyaránt. Európában öt eljárás terjedt el leginkább. A finn Thermowood, a holland Plato Wood, a német OHT (Oil Heat Treatment) valamint a francia Perdure és Retification. Ezek az elnevezések gyakran egy terméket is jelölnek, a nemzetközi irodalomban azonban ezek az elnevezések terjedtek el az eljárással kapcsolatban is. Az alapvető technológiai paraméterek minden hőkezelő eljárásnál azonosak (kezelési hőmérséklet és idő, felfűtés és lehűtés paraméterei), azonban az alkalmazott atmoszféra eltérő. Ez a jellemző alapvetően meghatározza a végeredményt, ezért az említett eljárások legfőbb eltéréseként is ez adható meg.

A növényi olajokban végzett hőkezelés tekinthető a leggyorsabb eljárásnak, a kezelés ideje általában nem haladja meg a 8 órát, szemben a más hőátadó közeget alkalmazó technológiák 10-20 óra közötti hőtartási időivel (Esteves és Pereira 2009). A különböző hőkezelő eljárások lehetőséget teremtenek olyan fafajok felhasználhatóságának növelésére, amelyeket a mai napig csak szűk felhasználási területen alkalmaznak. Magyarországon elsősorban a különböző ültetvényes fafajok sorolhatók ide, mint például az akác (*Robinia pseudoacacia*) és a különböző nemesnyár fajták (*Populus × euramericana*). Különösen ez utóbbiak érdemelnek nagyobb figyelmet, hiszen nagy mennyiségben állnak rendelkezésre, felhasználásuk azonban csak néhány területre korlátozódik (elsősorban láda- és raklapgyártás, rétegtlemez gyártás, farost- és forgácslapgyártás, fatömegcikk). Tulajdonságaik javításával azonban felhasználási területük bővíthet, ezáltal értékeesebb faanyagok kiváltására is alkalmassá válhatnak.

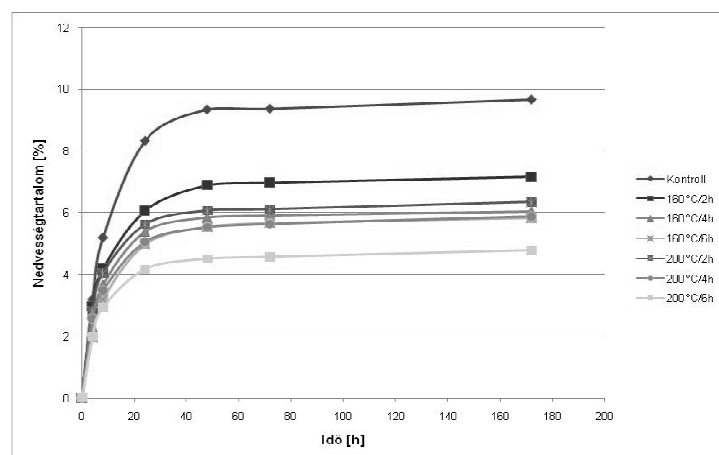
A faanyag vízzel való kapcsolatáról régóta ismert, hogy a sejtfalalkotó óriásmolekulák felszínén található hidroxil-csoportok felelősek a víz megkötéséért. Az alkalmazott hőkezelő eljárás minden esetben jelentősen csökkentette a faanyag vízfelvételét, ami minden vizsgált klímaállapot mellett be is bizonyosodott, az egyensúlyi nedvességtartalmak csökkenése által. A nedvességfelvétel mérséklődéséből következik, hogy a hőkezelt faanyag dagadása is jelentősen csökkent mind húr, mind pedig sugárirányban, ami természetesen a dimenzióstabilitás növekedését eredményezte (6. ábra). A húrirányú dagadás csökkenésének mértéke meghaladta a sugárirányúét. Ennek megfelelően a hőkezelés kismértékben csökkentette ugyan a dagadási anizotrópiát, azonban nem szüntette meg a jelenséget. Bár a dagadás mértéke minden esetben alacsonyabb volt a hőkezelt faanyagoknál, az 1%-os nedvességtartalom változásra jutó méretváltozási % (a dagadási együttható) nem változott a hőkezelés hatására.

Megállapítható, hogy a zsugorodás/dagadás jelenségét tekintve az alkalmazott hőmérséklet szerepe nagyobb, mint a kezelés időtartamáé. Más fafajokon végzett kísérleteikben hasonló eredményre jutott Rezayati Charani et al. (2007), és Akyildiz et al. (2009).



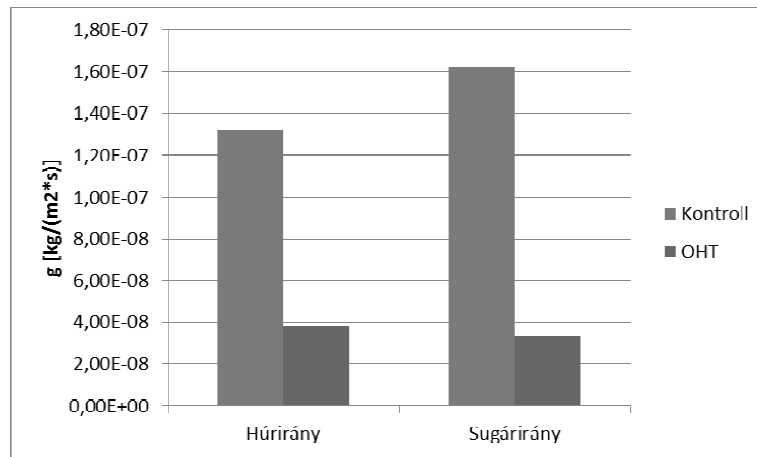
6. ábra A dimenzióstabilitás növekedése (ASE) a hőkezelés hatására hűrirányban

A faanyag felhasználása során nagyon ritka, hogy állandó klimatikus viszonyok állnak fenn a felhasználás helyén. Épp ellenkezőleg, a beépített faanyag környezetében többnyire folyamatosan változik a klímaállapot, és ez a változás gyakran rövid idejű, ciklikus. Az alkalmazott hőkezelő menetrendek mindegyike csökkenti a nedvességfelvétel sebességét, és az egyensúlyi nedvességtartalmat. Ennek megfelelően adott idő alatt kevesebb nedvességet vesz fel a hőkezelt faanyag, mint a természetes. Ez a csökkenés azonban csak látszólagos, mivel az egyensúlyi nedvességtartalmat ugyanannyi idő alatt éri el az összes vizsgált hőkezelt és természetes nyár faanyag. Eszerint a faanyag telítődésének sebességét nem csökkenti a hőkezelés, a látszólagos csökkenést a nedvességfelvétel sebességében a víz megkötésére alkalmas pontok (funkciós csoportok) számának csökkenése okozza. Ez az eredmény rámutat arra, hogy a hőkezelés hatására a faanyagnak csupán a víztároló kapacitása csökken, vízfelvevő képessége nem.



7. ábra A nedvességtartalom változása az idő függvényében normál klímán ($T=20^{\circ}\text{C}$; $\varphi=65\%$)

A páratranszport egyértelműen csökken a hőkezelés hatására a kezeletlenhez képest mind sugár, mind húrirányban. A páradiffúzió ~65%-kal csökkent húrirányban és ~80%-kal sugárirányban (8. ábra). A kezeletlen faanyag páradiffúziója húrirányban csekélyebb a sugárirányúénál, a hőkezelt faanyagnál azonban megegyező azonos értékek mérhetőek. Ez a páratranszport kiegyenlítődesét jelzi a sugár- és húrirány között, ami kedvező hatásnak tekinthető a felhasználás során.



8. ábra A páraáteresztés értéke kezeletlen és növényi olajban hőkezelt (OHT) nyár faanyagnál húr- és sugárirányban

Rétegelt ragasztott szerkezeti faanyag nyárból

Kutatásaink középpontjában az I 214 olasz nyár (*Populus × euramericana* cv. I 214) állt, melyet azon hibridek közé sorolunk, melyek nem csak a hazai ültetvényes fagazdálkodás (Molnár és mtsai. 2008), hanem az agroerdészet kutatásaiban (Keserű és mtsai. 2014) is kulcsfontosságú szerepet tölt be. Fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy MSZ EN 14080-as szabvány, mely rétegelt ragasztott fa követelményeit fogalmazza meg, nevesíti is az alkalmazható nyár hibridek listájában többek között a „Robusta” és „Dorskamp” mellett a I 214 olasz nyár faanyagát is.

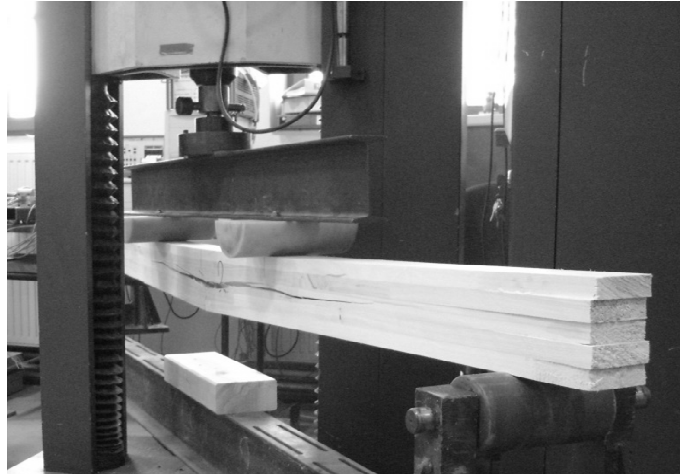
Anyagtudományi vizsgálatok és eredményeik

Kísérleteinkben a Pilisi Parkerdő Zrt. Bugyi községnél lévő erdőrészletéből származó nyár faanyagokat alkalmaztunk. A mintavételezést követően a normál klímán (20°C hőmérséklet és 60% relatív páratartalom) meghatározott sűrűség 368,3 kg/m³ volt, 20,6 kg/m³ szórás mellett. Míg kísérleti faanyagok normál klímához tartozó nettó egyensúlyi fanedvességét 10,16 %-ban határoztuk meg, addig minták szórása 0,39 %-pontot mutatott. A minták tangenciális és radiális irányban mért maximális dagadásának arányszáma, azaz a dagadási anizotrópia (a_d) 1,6 értéket mutatott átlagosan, mely a rétegelt-ragasztott faanyagok rétegelválása szempontjából megfelelőnek mondható.

Prototípusok elkészítése, vizsgálatok eredményei

Mechanikai vizsgálatainkhoz egyenes vonalú rétegelt-ragasztott szerkezeti fa prototípusokat készítettünk, melyek gyártásához 70 mm széles és 20 mm vastagságú lamellákat alkalmaztunk. A lamellákat a Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Kar kutatói által kifejlesztett roncsolásmentes szilárdsági osztályozó berendezés segítségével az MSZ EN 338 szabvány szerinti osztályokba soroltuk. Az osztályozást követően a lamellák ékcspas hosszoldása a Sokon Kft. üzemében történt. A 2000 mm hosszúságú hosszoldott elemek keresztmetszeti megmunkálását a Simonyi Kar tanműhelyének többfejes gyalugépén végeztük.

A rétegragasztáshoz a Jowat 686.60 egykomponensű, szálerősítéses poliuretán ragasztót alkalmaztuk, egyoldalas ragasztófelhordás mellett. A felvitt ragasztómennyiséget, a présnyomást, és a présidőt a gyártó ajánlása alapján rendre 200 g/m²-ben, 1 N/mm²-ben és 180 percben határoztuk meg.



9. ábra Nyár prototípus tönkremenetel közben

A kísérleti tartók öt faanyagrétegből álltak, melyeknél a szélső szálakba rendre C27 és C30 míg a közbenső rétegekbe pedig C22 és C24 osztályú lamellákat helyeztünk. A prototípusok vizsgálat előtti tényleges szélessége 70 mm, míg a magassága 100 mm volt. A legyártott névlegesen 2 m hosszúságú 3 db kísérleti tartót az Simonyi Kar Faszervezet-vizsgáló laboratóriumában négypontos, video-extenzométeres lehajlás mérővel kombinált hajlítószilárdsági vizsgálatnak vetettük alá az MSZ EN 408 alapján (9. ábra). Az eredmények ismeretében megállapítást nyert, hogy míg prototípusok hajlító-rugalmassági modulusának átlagértéke 11316,22 MPa, addig a hajlítószilárdság átlaga pedig 45,913 MPa volt. A kutatásaink kezdeti eredményei ígéretesnek bizonyultak, de komplex következtetések levonásához szükséges további vizsgálatok még folyamatban vannak.

Köszönetnyilvánítás: A szerzők köszönetet mondanak Sipos László faipari mérnök MSc hallgatónak a rétegelt ragasztott nyár prototípusok kutatási munkálataiban való közreműködéséért.

Irodalomjegyzék

Esteves, B.; Pereira, H. (2009) Wood modification by heat treatment: A review. *Bioresources*, **4**(1), pp. 370-404.

Rezayati Charani, P.; Mohammadi Rovshandeh, J.; Mohebbi, B.; Ramezani, O. (2007) Influence of hydrothermal treatment on the dimensional stability of beech wood. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, **5**(2), pp. 125-131.

Akyildiz, M. H.; Ates, S.; Özdemir, H. (2009) Technological and chemical properties of heat-treated Anatolian black pine wood. *African Journal of Biotechnology*, **8**(11), pp. 2565-2572.

Keserű, Zs.; Csiha, I.; Rédei, K.; Kamandiné, V.Á.; Kovács, Cs.; Rásó J. (2014) Környezet-kímélő agroerdészeti termesztési rendszerek, mint a jövő földhasználati rendszerei. *Tudományos eredmények a gyakorlatban c. kiadvány*, Alföldi Erdőkért Egyesület, p. 72.

Molnár, S.; Führer, E.; Tóth, B. (2008) szerk. Az ültetvényes fagazdálkodás fejlesztése, pp. 16-66.