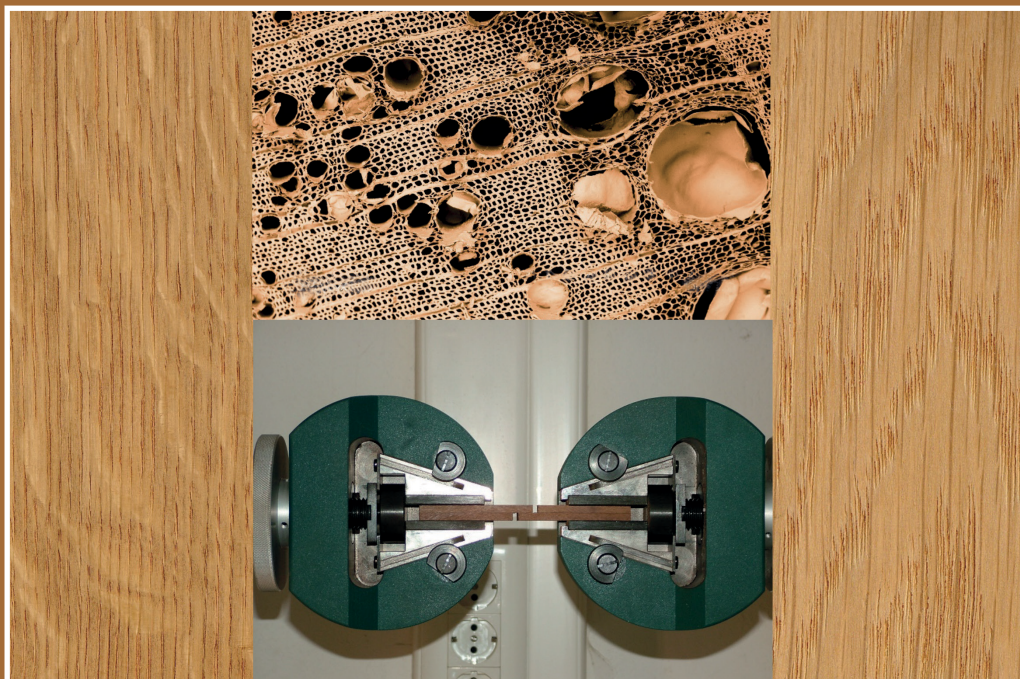


A faanyagtudományok története Magyarországon



Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.



2024

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.

**A faanyagtudományok története
Magyarországon**

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.

A faanyagtudományok története Magyarországon

Szerkesztette:

NÉMETH RÓBERT



SOPRONI EGYETEM KIADÓ
Sopron, 2024

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya Erdészeti Tudományos Bizottságának kezdeményezésére és irányításával valósult meg.



Jelen kiadvány a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kara anyagi támogatásával jött létre.

Az egyes fejezeteket lektorálta:
Németh Róbert

Kiadó:
Soproni Egyetem Kiadó

Felelős kiadó:
Prof. Dr. Fábián Attila, a Soproni Egyetem rektora



Creative Commons license: CC BY-NC-SA 4.0 DEED



Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

Borítókép:
Báder Mátyás, Bak Miklós, Németh Róbert

ISBN 978-963-334-512-2 (nyomtatott)
ISBN 978-963-334-513-9 (pdf)
DOI szám: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-513-9>

Nyomdai kivitelezés:



INFORM
Kiadó & Nyomda
1149 Budapest, Angol u. 34.
www.informstudio.hu

Budapest, 2024/10

TARTALOM

<i>Beköszöntő</i>	6
<i>Előszó</i>	7
Faanatómia	8
Faanyagvizsgálatok	17
Roncsolásmentes faanyagvizsgálatok	29
Faanyagok szárítása és modifikálása	39
Faalapú kompozitok	54
A faanyag színe és színváltozásai	79
A fa mechanikai megmunkálása	90
A fa, mint építőanyag	132
Faanyag ökomérlege	151
Faenergetika	157
Faanyagok ragasztása és felületkezelése	168
Fejezetek a fakémia magyarországi történetéből	202
Faanyagvédelem	233
<i>A kötet szerzői</i>	251

FAANYAGOK SZÁRÍTÁSA ÉS MODIFIKÁLÁSA

Németh Róbert és Bak Miklós

Bevezetés – Szárítás

A faanyag az élő fa produktumaként vízzel teli környezetben jön létre. A nedvesség eloszlás a törzsön belül egyrészt függ a fafajtól, a vizsgált szöveti résztől (szijács, geszt) továbbá az évszaktól is. Faiparban a szárítási folyamat alatt általában egy feldolgozott félkésztermék nedvességtartalmának mesterséges vagy természetes úton történő csökkentését értjük. A kívánt nedvességtartalom elérése kritikus kérdés a fatermékek gyártása és felhasználása során. A célzott fanedvességet a termék típusa határozza meg, ami a felhasználás körülményeivel, ill. a helyszínen uralkodó hőmérséklettel és relatív páratartalommal áll összefüggésben.

A víz eltávolítása (rosttelítettségi határ alatt) méretváltozással és belső feszültségek kialakulásával jár. A túl intenzív nedvességvesztés szárítási hibákhoz vezet (pl. vetemedés), ami jelentős értékvesztéssel járhat. A túl lassú szárítási folyamat pedig költséges és szintén vezethet hibákhoz (pl. kékülés). A szárítási eljárások (és berendezések) kifejlesztése egyrészt alapos gépészeti ismereteket, másrészt a faanyag és a fatermékek részletes ismeretét igényli. A faipari szárítási folyamatok azon kompromisszum mentén születtek meg, hogy a faanyag a tovább feldolgozáshoz (és termékhez) megfelelő nedvességtartalmát a lehető leggyorsabban érje el, lehetőleg minimális károsodás mellett.

A szárítási kutatások kezdetei

A szárítás témájában a hazai kutatások a Faipari Kutató Intézetben kezdődtek a 60-as években, ill. a Soproni Egyetemen folytak. A kutatások a természetes és mesterséges szárítási folyamatokra, ill. a gyorsított természetes szárításra is kiterjedtek. Több gazdasági természetű kutatás is publikálásra került, amit főleg a folyamat energiaigénye indokolt. A hazai kutatók támaszkodhattak nemzetközi eredményekre is, de pl. az akác szárítási eljárásait úttörőként kellett megoldaniuk. A hazai faipar 70-es években indult lendületes fejlődése megkövetelte a hazai szárítókapacitás jelentős bővítését. A kutatások egy része a szárítóberendezések műszaki (gépészeti) tervezésére fejlesztésre koncentrált. Ebben az időben számos hazai fejlesztésű szárítóberendezés gyártása kezdődött meg.

Fürjes a fűrészáru szárítás hazai helyzetelemzését végezte el (Fürjes 1969). A szerző részletesen elemzi az egyes felhasználók (szektorok) faanyag mennyiségi igényét. Problémaként említi, hogy a vonatkozó szabványok csak részben tartalmaznak előírásokat a felhasználási hely (v. cél) szerinti nedvességtartalmi kategóriákra, így a megrendelők sokszor nem megfelelő nedvességtartalmú faanyagot kapnak. A munka megjelenésekor mintegy 3000 m³ szárítókamra-kapacitással rendelkezett az ország, ugyanakkor az igény ennek 3–4-szerese lenne. Megállapítja, hogy a faipar széttagoltsága is oka a sokféle mi-

nőségű és kapacitású berendezés meglétének. A minőségi szárítás, különösen a vastagabb lombos faanyagok esetében erős műszaki és szaktudás béli korlátokba ütközött. Fokozatosan javult a helyzet a technikus és mérnökképzés fejlesztésével, valamint a FATE Szárítási Bizottsága szárítókezelői tanfolyamokat szervezett. Fürjes és kutatótársai a szárítókamrák automatizálásán is dolgoztak. Eredményeik alapján lombos faanyagoknál felére tudták csökkenteni a szárítási időt.

A nyár faanyag természetes szárításával foglalkozott Wittmann Gyula (Wittmann 1969). Hazai viszonyokra és a nyár magas nedvességtartalmára nem lehetett alkalmazni a német kutatók által felállított összefüggéseket. Wittmann a kiinduló nedvességtartalom és az időjárás körülményeket figyelembe vevő összefüggést állított fel a vízvesztés sebességének előre jelzésére. Téli időszakban kb. 2-szeres szárítási idővel kell számolni. Ugyancsak Wittmann (Wittmann 1970) a nyár- és akác fűrészáru gyorsított természetes féltechnikai szárítását kutatta. Ventilátorok és ponyva alkalmazásával a száradási időt kb. 1/3-ára csökkentette a természetes szárításhoz viszonyítva. Ebben a cikkben is találunk részletes gazdasági számításokat.

A nyár faanyag mesterséges szárítási problémáival foglalkozott Fábíán Tibor (Fábíán 1969). A FAKI ekkorra már beüzemelte az érzékelőkkel felszerelt konvekciós kísérleti kamráját. A vizsgálatokat különböző vastagságú anyagokon végezték el. Egy gyorsított szárítási eljárást is alkalmaztak, de a szárítás minősítését nem közlik. A cikkben részletes gazdaságossági számítások is olvashatók, melyek jó összehasonlítást adtak a fenyőhöz viszonyítva.

Különböző szárítási eljárások összehasonlításáról írt cikket Csekunov (1971). Hasznos gyakorlati útmutatót is ad a megfelelő berendezés kiválasztásához. A vákuummal, nagyfrekvenciás erőterrel és IR sugarakkal működő kamrákról is ír, de akkoriban e műszaki megoldások inkább egzotikumok voltak. A gazdaságossági számítások e cikkben is megjelennek. Számos gyakorlati kutatási tapasztalatot követően Csekunov (1973 a) a fűrészáru szárítás elméletének fizikai alapjairól ad közre értékes írást. Ugyancsak Csekunov (1973 b) a korszerű folyamatos furnérszáritásról közöl írást. Munkájában precíz képletet közöl a szárítás időszükségletére vonatkozóan és gazdaságossági szempontokat is elemez.

A 70-es években megindult gazdasági fejlődés (építkezések) jelentős mennyiségű és jó minőségű faalkatrészt igényeltek. Az ERDŐTERV által tervezett szárítókamrákat már teszteli a FAKI. Fürjes (1974) vezetésével megalkotják a hazai fűrészáru szárítás fejlesztésének koncepcióját, mely a 80-as évekre felállított modelleket igyekszik kielégíteni (mennyiségi és minőségi faanyagszükséglet).

A szárítási kutatások közelmúltja és jelene

A faanyag szárításával kapcsolatos kutatások a '90-es évektől a Soproni Egyetemre koncentráálódtak. A kutatások alapvetően a Faipari Mérnöki Kar Fűrész- és lemezipari tanszékén, valamint a Faanyagtudományi Intézetben folytak, ill. folynak az utódszervezetekben.

OMFB program keretében a „Faoszlopok anyagának mesterséges szárítása” c. kutatás keretében Molnár Sándor professzor vezetésével folytak a kutatások a MÁVFAVÉD Kft. dombóvári telephelyén. Ipari együttműködésben sikerült olyan szárítási eljárásokat kidolgozni (konvekciós kamra menetrendek), melyek gyorsabbá ellenőrizhetővé tették az oszlopok vízvesztését. Ugyanakkor a Soproni Egyetem laboratóriumi háttérével az időjárási viszonyokat figyelembe vevő kültéri szárítási modelleket is felállítottunk. Takáts Péter, Molnár Sándor és Németh Róbert kutatók támogatásával, ill. részvételével doktori értekezések is született a témában. Egyik dolgozat (Németh R. 2002) a szárítás kutatásainak elméleti alapjait célozta, és az akác szorpciós izotermáinak változásait taglalta különböző hőmérsékleteket és szöveti szerkezetekben (szíjács/geszt/juvenilis fa). Cserta Erzsébet (2012) infravörös szárítási eljárásokkal foglalkozott dolgozatában. Speciális frekvenciaszámok mellett végzett besugárzásokat és megállapította a nedvességi profilokat, ezzel optimalizálta az infravörös szárítást. Ott Ágota az akác és a nyár faanyagok szárítás hatására bekövetkező színváltozásait kutatja (Németh et al. 2013). Az intézet bekapcsolódott az Európai Szárítási Csoport (EDG) és a COST E15 szervezet munkájába is.

A nemzetközi együttműködés kapcsán kiemeljük néhai díszdoktorunk Marian Babiak professzor (Zólyomi Műszaki Egyetem) munkásságát, aki a soproni doktorképzést hathatósan segítette tudományos konzultációkkal. A kooperáció keretében a Faanyagtudományi Intézet által szervezett Nemzetközi Lombosfa Konferencia (<http://www.hardwood.uni-sopron.hu/>) számos kiadásának tudományos bizottsági tagjaként elsősorban a fa-víz kapcsolatok terén bemutatott tudományos eredmények ellenőrzését végezte.

Jelenlegi faipari mérnöki tantervben nem szerepel önálló tárgyként a szárítás és gőzölés, sem a faanyagok módosítása. Ugyanakkor ipari részről továbbra is van érdeklődés a szárítási kérdésekkel kapcsolatban. A jelenleg Faanyagtudományi Tanszék formájában működő néhai intézet közreműködött alagútszáritó kifejlesztésében is. A különböző származású cser faanyagok szárítási kérdéseire koncentráció a kutatások ma is folynak. Itt a cél a nemesítőlyegek hatékony (gazdaságos) kiváltása.



Vezetékoszlopok szárítás után. Mávfavéd Kft dombóvári telephelye. Molnár Sándor professzor értékeli a szárítás eredményét. (Fotó: Németh Róbert, 1998)

A szárítási kutatások jövője

A szárítási kutatások jövőjével kapcsolatban egyrészt továbbra is a hatékonyság, főként az energiatakarékos megoldások megtalálása lesz fontos kutatási cél. További kutatási feladatot jelenthet a ma még kevésbé használt, ezért kevésbé ismert faanyagok mesterséges szárításának kutatása. Ez vonatkozik a hazai fafajokra és a nemzetközi fakereskedelmi láncok újra strukturálása miatt előtérbe kerülő afrikai és ázsiai fafajokra (főként ültetvényes pinusok és eukaliptuszok). A klímaváltozás hatására kialakuló növényi stressz (szárazság, extrém hőmérsékletek, károsítók gradációja) megváltoztatja a faanyagok extraktanyag-tartalmát (mennyiségben és minőségben egyaránt), így a mesterséges szárítási folyamatoknál (emelt hőmérséklet) egyre gyakrabban jelennek meg elszíneződések. Az erdőgazdálkodási adatok nyomon követése egyre fontosabb lesz a fafeldolgozók számára is. E rendszer kialakítása, működtetése részint szervezési, adatgyűjtési és elemzési feladat, részben jelentős tudományos erőfeszítést igényel a kutatók részéről (kémikusok, erdészek (biológusok) és faanyag tudósok).

A szárítás alapkutatási kérdési – a fa-víz kapcsolatokhoz köthető kutatások – a bio-alapú (feldolgozott fa) anyagok viselkedésének feltárására is irányulnak majd, hiszen a rostok (esetleg sejtfali elemek) részben őrzik a faanyagok tulajdonságait.

Nemzetközi együttműködésben a feltörekvő ázsiai régiókban is kínálkozik jövőbeli együttműködés. Itt elsősorban a nagy keresztmetszetű és nehezen szárítható trópusi faanyagok gyorsított vákuumszárításának megoldása várat magára.

Bevezetés – Faanyagmodifikáció

Az erdészeti ágazat és a faalapú iparágak számára kihívást jelentenek az erőforrások elérhetőségében, az energiaellátásban és az éghajlatváltozásban bekövetkező változások. Ez része a gazdaság, az ökológia és a társadalmi jólét közötti folyamatos vitának, amely fenntarthatóság néven foglalható össze. A fa természetes, megújuló, újrafelhasználható és újrahasznosítható nyersanyag, amely jelentős szerepet játszhat az éghajlatra és a környezetre gyakorolt negatív hatások minimalizálásában, ha fenntartható módon kezelt erdőkből származik. Egyre nagyobb mennyiségben dolgoznak fel ültetvényeken termesztett lombos és tűlevelű fafajokat, de az ilyen faanyagok általában rosszabb tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a természetes erdőkből származó faanyag.

A mérsékelt övi, Európában előforduló fafajok közül nagyon kevés van, amelyik kültéri, nedves helyen történő felhasználásra alkalmas lenne. Említésre méltó lehet az akác, a tölgy, a vörösfenyő, esetleg a duglászfenyő. A kültéri felhasználásra alkalmas faanyagok iránti kereslet kielégítésére olyan természetes formájában nem ellenálló faanyagokat használnak fel, mint például a lucfenyő, amit az ellenálló képesség növelése érdekében különböző vegyszerekkel kezelnek, ami azonban környezetvédelmi szempontból jelentős hátrány. Egy másik alternatíva a természetes ellenálló képességgel rendelkező trópusi fafajok alkalmazása, ez azonban természetvédelmi szempontból szintén nem szerencsés megoldás. Ennek oka, hogy ezek az alapanyagok általában nem tervszerű erdőgazdálko-

dásból, hanem az egyébként is veszélyeztetett esőerdőkből származnak. Ezen okoknak is köszönhetően – természetesen a faanyag alapvető tulajdonságaitól eltérő technológiai és felhasználási igények mellett – egyre nagyobb mértékben jelentek meg a faanyagot helyettesítő anyagok, mint például műanyagok, fémek vagy a beton. Ezen anyagok hátránya a faanyaggal szemben, hogy az előállításuk jelentős környezetterhelést jelent. A fa versenyképességének megőrzése érdekében új megközelítésre van szükség. A faanyag-módosítással kapcsolatos kutatás az egyik módja e kihívásoknak való megfelelésnek.

A faanyagok módosításának pontos, de nagyon általános meghatározása a következő. A faanyag módosítása során kémiai, biológiai vagy fizikai hatást gyakorolnak a faanyagra, ami a módosított fa élettartama alatt a kívánt tulajdonságok javulását eredményezi. A módosított faanyagnak üzemi körülmények között nem szabad mérgezőnek lennie, továbbá a módosított faanyag élettartama alatt, illetve az élettartam végén, a módosított faanyag ártalmatlanítását vagy újrahasznosítását követően nem szabad mérgező anyagokat kibocsátania. Ha a módosítás célja a biológiai támadással szembeni ellenálló képesség javítása, akkor a hatásmechanizmusnak nem szabad biocidnak lennie (Hill 2006).

A faanyagnál ez elsősorban a vízfelvétel mérséklését, és ehhez szorosan kapcsolódva a tartósság javítását jelenti. Ennek elérésére az alábbiak a fő irányzatok:

- Kémiai módosítás: a fa polimerjeinek reakciói kémiai reagensekkel,
- Termikus módosítás: a faanyag irányított hődegradációja,
- Felületi módosítás: kémiai, fizikai, biológiai hatásra a fa felületi rétegei változnak,
- Impregnálás inert anyagokkal.

A különböző változtatások azonban minden esetben járnak negatív mellékhatásokkal is, tehát a felhasználásnak megfelelően kell kiválasztanunk az alkalmazandó eljárást. Napjainkban a leginkább alkalmazott módosító eljárás a faanyagok hőkezelése különböző módokon, így a tudományos kutatómunka is előtérbe helyezte a faanyag viselkedésének vizsgálatát hő hatására.

Habár a manapság leginkább elfogadott definíció viszonylag újkeletű, a faanyagok módosításának kutatása visszavezethető a XX. század elejéig (Tiemann 1920). Tulajdonképpen ezek, a hőkezelésre irányuló kutatások tekinthetők a faanyagmodifikációs terület alapjának.

Különösen az ezredforduló óta egyre több faanyagmódosítási kutatás folyik Európában és azon kívül is. Ebben a folyamatban már a kezdetek óta részt vesz a Soproni Egyetem. Az intenzívebb kutatás mellett a módosított faanyagok mennyisége és új termékek is megjelentek a piacon. Ezek közé tartozott a termikusan módosított, furfurilézett és acetilézett faanyag. Számos, a faanyagmódosítással kapcsolatos hálózatépítési tevékenység is folyt. Ezen a téren különösen a COST – Európai Tudományos és Technológiai Együttműködés keretében két tevékenység állt a középpontban: A COST FP0904 „Thermohidro-mechanikai faanyag viselkedése és feldolgozása” elnevezésű, 2010–2014 között futó COST-program, valamint a 2015–2019 között futó COST FP1407 „A faanyagok módosításának megértése integrált tudományos és környezeti hatásvizsgálati megközelítéssel keresztül – ModWoodLife” elnevezésű COST-program. Bár az ezredfordulót kö-

vető bő két évtizedben jelentős kutatási és fejlesztési tevékenység folyt, a módosított fa felhasználása tekintetében még mindig csak egy új korszak kezdetén állunk.

A módosított fa mennyisége Európában, de a világ többi részén is csekély az előállított fatermékek mennyiségéhez képest. Az FP1407 COST-program keretében nemrégiben végzett feladat a faanyagmódosítás jelenlegi helyzetének felvázolása volt Európa-szerte a nemzeti leltárak alapján (Jones et al. 2019), amely tevékenységet hazai részről a Faanyag-tudományi Intézet munkatársai segítették. A bejelentett termelési mennyiségek és az ezt követő vizsgálatok alapján úgy becsülték, hogy 2020-ban a módosított fa éves termelési volumene Európában valamivel több mint 700 000 m³ lesz, ami enyhén szólva igen szerény mennyiség.

A faanyagmodifikációs kutatások kezdetei

A faanyagmodifikációs kutatások előfutárának a faanyagok gőzölésének vizsgálata tekinthető. Ebben az esetben a kezelés hőmérséklete viszonylag alacsony (80–120 °C), azonban bizonyos folyamatok, változások már végbemennek a faanyagban. Klasszikus értelemben azonban a gőzölést még nem tekinthetjük faanyagmodifikációnak. Hagyományosan az akác és bükk gőzölése terjedt el a faiparban önálló technológiaként. Elsősorban a színváltoztatás, nemesítés a célja az eljárásnak, amely különösen akác esetében eredményez markánsan sötétebb színt a faanyagban. Emellett megemlíthető még a gőzölés kedvező hatása a faanyag belső feszültségeinek csökkentésére is. Az akác gőzölésének eredményeiről elsőként Molnár Sándor (1976) számolt be. Ezt követően Tolvaj László végzett részletes kutatásokat a faanyagok gőzölésével, elsősorban a színváltozásra fókuszálva (Tolvaj et al. 2000; Tolvaj és Molnár 2006; Tolvaj et al. 2009; Tolvaj et al. 2009; Tolvaj et al. 2012). Előbbi professzorok munkásságát a gőzöléssel kapcsolatban Varga Dénes és Németh Róbert folytatta doktori disszertációik keretein belül (Németh 2002; Varga 2008).

A gőzöléssel kapcsolatos kutatások a későbbiekben jó alapot szolgáltattak a faanyagok modifikálásának vizsgálatához. 2004-től elsőként a különböző hőkezelő eljárások vizsgálatára került sor. Ezzel a témával legbővebben Horváth Norbert (2008) és Bak Miklós (2013) foglalkozott, akik napjainkban is rendszeresen foglalkoznak ezzel a kutatási területtel. Ezek az eljárások emelt hőmérsékleten, 160–230 °C között történnek, különböző hőátadó közegek alkalmazása mellett (nitrogén, vízgőz, növényi olajok, paraffin). A különböző hőátadó közegek alkalmazására azért van szükség ezeknél az eljárásoknál, hogy a faanyagot elzárjuk a levegő oxigénjétől a folyamat során, így elkerülve a nem kívánt oxidációs folyamatokat.

Erdélyi György 1966-ban (Erdélyi 1966) a Faipari Kutató Intézetben egyik első kutatóként foglalkozott különböző fafajok fizikai és mechanikai tulajdonságainak hőkezelés útján történő megváltoztatásával. A kutatócsoport tagjai Desewffy Imréné, Molnár Tiborné és Kajli László voltak. Az eljárást termikus nemesítésnek nevezték el akkoriban, céljuk a higroszkóposág csökkentése volt. Vizsgálataikat saját építésű, légkeveréssel ellátott, nyomásálló és vákuumozható kamrában hajtották végre nitrogén gázban és víz-

gőzben. Tölgyet, csert, bükköt és erdeifenyőt kezeltek 120 °C, 130 °C és 150 °C-on. Jelentős, akár 60%-os szilárdságcsökkenést is mértek (fajlagos ütő-törő munka). A higroszkóposág általában csökkent. Érdekes eredményt adott a cser, ahol a higroszkóposág és a zsugorodás-dagadás mértéke is növekedett 120 °C-on.

Filló Zoltán (Filló 1968) a hőkezelés hatásának szubmikroszkópikus vizsgálatát végezte el bükk faanyagon. Kísérletei elméleti alapokat nyújtottak a gőzölés, a szárítás, a hajlítás és a termikus módosítás menetrendjeinek fejlesztéséhez. Az MTA-val együttműködve elektronmikroszkópos vizsgálatokkal kimutatta az egyes sejtfali rétegek és a középlamella elváltozásait (mikrorepedések).

Fábián Tibor (Fábián 1979) a faanyagok gőzöléséről írt terjedelmes munkát, amiben összefoglalja az addigi hazai és nemzetközi eredményeket. Munkájában a főzéssel is, mint faipari lágyítási eljárással foglalkozott. A munka támpontot ad a gőzölési hőmérsékletek és idők kiszámításához, számos faj és anyagvastagság mentén. Fábián a fűrészárú különböző rétegeiben kialakuló hőmérsékleteloszlással is foglalkozott.

A faanyagban végbemenő változások a kezelési hőmérséklet és a hőntartási idő függvényében eltérő intenzitásúak lehetnek, melytől függően a faanyagok tulajdonságai is különböző mértékben módosulnak. A legszembetűnőbb a faanyagok színváltozása, amely a kezelési paraméterektől függően nagyon változatos lehet. Alapvetően azonban minden esetben sötétebbé válik a faanyagok színe a hőkezelés hatására. Így még az eredetileg kifejezetten világos színű faanyagok színe is tág határok között módosítható a világosbarnától egészen a sötétbarna árnyalatokig.



*Nyár faanyag színváltozása különböző intenzitású hőkezelések hatására
(Fotó: Bak Miklós, 2022)*

A kutatások rámutattak, hogy a faanyag színváltozásával arányosan a fontosabb műszaki tulajdonságok is megváltoznak. Mérséklődik a zsugorodás-dagadás és az egyensúlyi

nedvesség, egy bizonyos kezelési intenzitás felett pedig csökken a sűrűség és a statikus és dinamikus szilárdságok is. A kezelés intenzitásának növelésével a hőkezelt faanyag farontó rovarokkal és gombákkal szembeni ellenállóképessége is javul (Német et al. 2009; Német et al. 2012; Bak és Németh 2012, Németh et al. 2016; Lagana et al. 2021).

A száraz termikus, a növényi olajokban és paraffinban végzett hőkezelések egyaránt témául szolgáltak a kutatóink számára. Célkitűzések között fontos volt, hogy gyors növésű, ültetvényes fafajok (elsősorban nyárok) és alulhasznosított fafajok (cser, gyertyán) felhasználási lehetőségeit növelni lehessen. Több kutatási projekt foglalkozott a faanyagok hőkezelésével az elmúlt időszakban, amelyek közül kiemelendő a GVOP-3.1.1-2004-050428/3.0 „Vegyszermentes faanyagvédelmi eljárás kidolgozása és kísérleti berendezés megépítése”.

A hőkezelés mellett számos más modifikációs eljárás kutatására sor került. Ezek közül az egyik első volt a faanyagok rostra merőleges tömörítése, amivel Ábrahám József foglalkozott részletesen. Ebben az esetben a tömöríthetőség szempontjából nagy potenciállal rendelkező nyár faanyagok tulajdonságainak javítása volt a cél. Egy-egy termék esetében gyakran csak egy fő tulajdonság határozza meg a fafaj felhasználhatóságát. A nyárfa beltéri felhasználása szempontjából a felületi keménység az a tulajdonság, amely korlátozza a hasznosítást. A cél ebben az esetben egy kis sűrűségű és nagy felületi keménységű anyag előállítása volt a fa tömörítésével alkalmazása mellett. Termo-higro-mechanikus kezeléssel – hővel, gőzzel és nyomással – a nyárfa keménysége a nagyon alacsony 10 N/mm²-ről 22 N/mm²-re növelhető. A nyárfa 30%-os összenyomásával a keménység 120%-kal növekszik, és eléri a juharfa keménységét, amely a padlóburkolatok kedvelt fafaja. A megnövekedett felületi keménység mellett a fa színe 2-3 mm mélységben barna lett. A kezelés eredménye a kontrollált sejtfal kollapszus az anyag felszíni régiójában. Mivel a sejtüregek a rostokra merőlegesen összenyomódnak, és a porozitás csökken, ez az anyag felületi keménységének és kopásállóságának növekedéséhez vezet. Ez azt jelenti, hogy a kezdetben puha nyárfa anyag felhasználási területe bővíthető. Az előnyök mellett sajnos vannak hiányosságok is a folyamatban. Az eljárás nagyon érzékeny az anyagminőségre, főleg a repedések és göcsök jelenlétére. A kezelés során egy másik fontos tényező az évgyűrűk tájolása. Az évgyűrűket közel merőlegesen vagy párhuzamosan kell elhelyezni a nyomóerő irányával. Ellenkező esetben az eredmény gyakran deformáció vagy meghibásodás lesz az anyagszerkezetekben. A meghibásodások oka lehet a túl alacsony sűrűség, az anyag nem optimális nedvességtartalma, vagy a nyárfa anyagában helyileg magasabb nedvességtartalmú ún. „nedves zsebek” jelenléte. A meghibásodások főként az évgyűrű határán, az évgyűrűk kettéválásaként jelentkeznek. Ennek oka a korai és késői pászta eltérő viselkedése a préselés alatt.

A telítésen alapuló modifikációs eljárások közül a különböző viaszokat alkalmazó kezelések, és a melamingyantás telítés került előtérbe. A viaszok közül a méhviasz és a paraffin alkalmazása volt a kutatások témája. Ezek faanyagba juttatásával a sejtüregek hatékonyan eltömíthetők, így több fontos faanyagjellemző javítható. A sejtüregek eltömítésén felül, vízlepergető hatásuknak köszönhetően jó védelmet adnak a faanyagnak vízzel szemben, valamint a farontó gombák károsítását is mérséklik. Emellett a szilárdsági jel-

lemzőkre pozitív hatást gyakorolnak. A melamingyantás telítéssel kapcsolatos vizsgálatokat a Göttingeni Egyetemmel együttműködésben vizsgálta Bak Miklós 2008-2009-ben. A kezelés eredménye szintén a sejtüregek eltömítése lesz, melynek hatására a vízfelvétel mérséklődik. A kezelés hatásaként elsősorban a felületi keménységek nőnek, a faanyag viszont jelentősen ridegebbé válik (Németh et al. 2015).



Kombinált modifikáló kamra telepítése a Soproni egyetemen. Háttérben COPCAL kísérleti szárítóberendezés. A képen b-j egyiptomi vendégkutató, Csohány László (Műszolg), Nagy István technikus (SoE), Németh Róbert professzor (SoE)). (Fotó: Anon., 2010)

A faanyagmodifikációs kutatások jelene

A kémiai modifikációs eljárások közül az acetilezés vizsgálatára került sor intézményünkben. Németh Róbert vezetésével több kísérlet zajlott a témakörben, elsősorban ültetvényes fafajok tulajdonságainak javítását célozva. A későbbiekben ez kiegészült alulhasznosított faanyagok nemesítésével (cser, gyertyán), valamint erdei és mezőgazdasági melléktermékek (szalma, nád, fakéreg) acetilezésével. A gyertyán és cser acetilezését érdemes kiemelni az ezirányú kutatások közül, amelyet Fodor Fanni végzett doktori kutatása során (Fodor et al. 2017; Fodor et al. 2018; Fodor et al. 2022a; Fodor et al. 2022b). A vizsgálatok az Accsys Technologies nevű holland céggel együttműködésben történtek, amely jelenleg is az egyetlen gyártója az acetilezett faanyagnak világszerte. Az eljárással jelentősen sikerült mérsékelni a zsugorodás-dagadás értékeit, valamint megnövelni a farontó gombákkal szembeni ellenállóképességet. A gyertyán tartósságát a nem tartósból (5. rezisztencia osztály) az igen tartós (1. rezisztencia osztály) kategóriába sikerült emelni.

Az acetilezés nem csak a felületen, hanem teljes keresztmetszetben és hosszban történik, így egy viszonylag homogén szerkezetű és tulajdonságú termék hozható létre belőle. A kezelés hatása végleges, nem visszafordítható, nincs veszélye kimosódásnak. Mivel beépülő acetyl csoport természetes anyag (ami amúgy is előfordul a faanyagban), a létrejött termék nem mérgező, nem veszélyes sem az emberre, sem a környezetre nézve, és teljes mértékben újrahasznosítható, mely különösen fontos a fenntartható fejlődés érdekében. Kiváló tartóssága és alacsony karbantartási igénye lehetővé teszi, hogy felvegye a versenyt a trópusi fafajokkal, WPC-vel, PVC-vel vagy alumíniummal.

A nanorészecskék faanyag tulajdonságot javító alkalmazása ma még kevésbé ismert. Ezzel szemben különböző polimerek, papírok vagy textilek szilárdsági, égési, vízzel szembeni és egyéb fizikai tulajdonságot javító hatásvizsgálatával már jelentős eredményeket értek el a szakterületek kutatói. Különböző nanorészecskék felhasználásával sikeresen csökkenthető a vízfelvétel, kialakítható UV-védelem, javítható a szilárdság és a gombaállóság, valamint a tűzállóság. Leggyakoribb alkalmazási területe a nanorészecskéknek a faiparban a felületkezelő anyagok UV-védő adalékaként fordul elő. Mindemellert a faanyagok közvetlen kezelése is megoldható nanorészecskékkel, amely már felületi modifikációként vehető figyelembe. Ennek egyik módja a sejtfalak felületének több rétegben történő bevonása, eltérő polaritású rétegek váltogatásával („layer by layer” módszer). Ezen a területen ért el kedvező eredményeket Csóka Levente és Csiha Csilla. További lehetőség a nanorészecskék létrehozása a faanyag szerkezetén belül („in situ” módszer), valamint a faanyagok felületi, vagy teljes keresztmetszetű kezelése a nanorészecskék szuszpenziójával. A hidrofób jelleg erősíthető agyagásvány (montmorillonit, bentonit stb.), vagy SiO_2 nanorészecskékkel. UV-védelem kialakítható ZnO és Fe_3O_2 nanorészecskékkel. A biológiai tartósság növelhető ezüst, réz, ZnO és SiO_2 nanorészecskékkel. Az „OTKA PD116635 A faanyagok fontosabb műszaki jellemzőinek javítása nanovegyületekkel” című projekt keretében Bak Miklós kedvező eredményeket ért el a faanyagok méretstabilitásának, UV-állóságának és biológiai tartóságának növelésével kapcsolatban (Bak et al. 2016; Bak et al. 2018a, Bak et al. 2018b).

A telítő eljárások közül jelenleg a biopolimerek alkalmazása került előtérbe. Ennek során az első vizsgálatok Bak Miklós által a nátrium-alginát alkalmazására irányultak. Sajnos ezek a kísérletek nem hoztak sikert, mivel tulajdonságai miatt az anyagot nem sikerült a faanyagon belül polimerizálni, majd ott kalcium-algináttá, vagyis vízzel szemben stabillá alakítani. Ezután Báder Mátyás vezetésével a politejsavra irányult a figyelem. A legnagyobb problémát ebben az esetben is a faanyagon belüli, in-situ polimerizálás okozta, amelyet nagyrészt sikerült megoldani. Ennek eredményeként a faanyag méretstabilitását sikerült jelentősen növelni.

A faanyag rostirányú tömörítése a gyakorlatban régóta ismert, de nem elterjedt technológia. Annak ellenére, hogy régóta alkalmazzák, az eljárás tudományos háttere nem volt tisztázott. Ezt a tudományos hiányosságot számolta fel Báder Mátyás ezirányú kutatásai során. A fa rostirányú tömörítése és összenyomás utáni relaxációja jobb hajlítási tulajdonságokat eredményez a klasszikus gőzölésen alapuló fahajlítási eljáráshoz képest (Thonet eljárás). A módszer leginkább nagy sűrűségű keményfák esetében alkalmazható.

További előnye, hogy a hosszirányban tömörített fa kihülés után huzamosabb ideig hajlítható állapotban tartható, így tárolható. Ez az anyag elsősorban a belsőépítészetben és a bútoriparban használható. A módosítási folyamat során a normál esetben sima felületű sejtfaalak deformálódnak, meghajlanak és végül harmonikaszzerűen hullámossá válnak. A tömörítéshez és a hajlításhoz is jó minőségű, nagy sűrűségű keményfa alapanyagra van szükség. A tömörítés előtt a fát lágyítani kell, gyakorlatilag gőzöléssel. A tömörítési arány az eredeti hossz 15–25%-a (Báder és Németh 2018; Báder és Németh 2019; Báder et al. 2019; Báder et al. 2020).

A legújabb faanyagmodifikációs eljárás a Soproni Egyetemen a transzparens biopolimer előállítását, amit „átlátszó fa” néven is ismerhetünk. Ezt a kutatást Bak Miklós vezetésével Takács Dávid doktori tevékenysége keretében végzi. Az eljárás során különböző módszerekkel eltávolítjuk a lignint a faanyagból, és a visszamaradó, transzparens cellulózváz pórusait törésmutató azonos polimerrel töltjük fel. Eredetileg epoxy és polimetil-metakrilát polimereket alkalmaztak ennél az eljárásnál, azonban ezek kiváltása lenne a kutatások elsődleges célja biopolimerrel, a fenntarthatósági szempontok figyelembevétele miatt. Biopolimerként az első kísérletek politejsavval történtek, amelynél azonban jelenleg még problémát okoznak az elszíneződések, és az in-situ polimerizáció alacsony hatékonysága. Ennek ellenére az első eredmények biztatóak, balsafa és nyár furnért alkalmazva alapanyagként sikerült átlátszó faanyagot előállítani.

Igazodva az aktuális nemzetközi trendekhez, a különböző modifikációs eljárások kombinálása is megjelent a kutatási palettán. Ennek során első sorban a telítő eljárások kombinálását vizsgáltuk a hőkezelő eljárásokkal különböző módokon. Bak Miklós vezetésével több ilyen jellegű kutatás is zajlik, melyek során az egyes eljárások kedvező hatásait tovább sikerült növelni. Így fokozott méretstabilitást, alacsonyabb egyensúlyi fanedvességet és vízfelvételt, valamint vízlepergető hatást sikerült elérni a méhviaszos és paraffinos telítések, valamint a hőkezelés különböző kombinálásai által. Emellett a faanyagok rostirányú tömörítése során fellépő probléma, a „visszarugózás” jelenségének javítására végez Báder Mátyás előremutató kísérleteket. A rostirányban tömörített faanyag fixálására és tartósabbá tételére hőkezelést, politejsavas telítést és szervesetlen anyagokkal történő telítést (mineralizálást) alkalmazva sikerült kedvező eredményeket elérni. A politejsavas telítés hőkezeléssel kombinálva szintén kedvező eredményeket hozott, elsősorban a méretstabilitást megnövelve. A politejsavas telítés és a hőkezelés együttes alkalmazásával Bak Miklós és Báder Mátyás ért el kedvező eredményeket a párafelvétel és a zsugorodás-dagadás csökkentése révén, habár ezt jelentős szilárdságvesztés kíséri.

A faanyagmodifikációs kutatások jövője

A korábbi eredményekre alapozva a hőkezeléssel kapcsolatos kutatások várhatóan tovább zajlanak. Rendszeresen kerülnek új faanyagok a látómezőbe potenciális alapanyagként, melyek alkalmazhatósága vizsgálatot igényel. Ezek lehetnek ültetvényes természetből származó anyagok, vagy különböző invazív fafajok alapanyaga (bálványfa, amerikai kőris, zöld juhar).

A telítő eljárások esetén tervezzük a különböző biopolimerek alkalmazhatóságának vizsgálatát. Terveink szerint a kaprolakton faanyagmodifikációs felhasználhatóságát fogjuk vizsgálni a közeljövőben. Ugyanezt a polimert tervezzük felhasználni az átlátszó fa előállításához is, valamint elképzelhető a felhasználása más modifikációs eljárásokkal kombinálva is.

A korábban megkezdett kutatások folytatásaként a különböző nanorészecskék további felhasználását is tervezzük. Ennek során folyamatban van hidrofób faanyagok létrehozása szilícium alapú nanorészecskékkel, a farontó gombákkal szembeni ellenállóképesség javítása különböző szilícium-, ezüst-, réz-, bór és cink nanorészecskékkel. Külön feladatot jelent ezek fixálása a faanyagban. A nanorészecskék létrehozása zöldkémiai alapon (erdei melléktermékek extraktumait felhasználva) szintén a kutatási tervek részét képezik. Emellett az erdei melléktermékek extraktumait önmagukban, illetve különböző telítésen alapuló modifikációs eljárásokkal kombinálva is vizsgálni szeretnénk a biológiai tartósság növelése érdekében.

Az acetilezéssel kapcsolatos vizsgálatok szintén tovább folytatódnak. Új fafajok bevonása, technológiai paraméterek vizsgálata képezik a kutatás alapját.

A jelenleg már elterjedt, és ipari alkalmazással is rendelkező faanyagmodifikációs eljárások mellett széles körben léteznek új, ígéretes eljárások. Minden ismertetett eljárás komoly potenciállal rendelkezik a faipar területén a jövőre nézve, jelenleg azonban különböző tényezők hátráltatják az elterjedésüket. A legáltalánosabb gátló tényező az eljárások során felhasznált módosító anyagok vagy technológiák jelenlegi magas ára az alacsony előállított volumen miatt. Ezek ára azonban csökkenhet a közeljövőben, mivel más iparágak részéről is jelentős érdeklődés mutatkozik irántuk, így az igények növekedésével jelentősen növekedhet a termelésük. Így az itt ismertetett eljárások némelyike várhatóan a közeljövőben ipari alkalmazásba is fog kerülni.

Irodalom

- Báder M. & Németh R. 2018: The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research* 63(3): 383–398.
- Báder M. & Németh R. 2019: Moisture-dependent mechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood Products* 77(6): 1009–1019.
- Báder M., Németh R. & Konnerth J. 2019: Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood Products* 77 (3): 341–351.
- Báder M., Németh R., Sandak J. & Sandak A. 2020: FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose* 27: 6811–6829.
- Bak M. & Németh R. 2012: Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *Bioresources* 7(4): 5128–5137.
- Bak M. & Németh R. 2018: Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *Bioresources* 13(4): 7886–7899.
- Bak M., Molnár F. & Németh R. 2018: Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48–58.

- Csekunov P. 1971: Különböző fűrészáru-szárítási eljárások összehasonlítása. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1971. 1. sz.: 71–97.
- Csekunov P. 1973 a: A fűrészáru-szárítás elméletének fizikai alapjai. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1973. 1. sz.: 72–91.
- Csekunov P. 1973 b: Korszerű folyamatos furnérszárítás. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1973. 1. sz.: 93–107.
- Cserta E. 2012: Drying Process of Wood Using Infrared Radiation. Doktori értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem
- Erdélyi Gy. 1966: Különböző fafajok fizikai és mechanikai tulajdonságának vizsgálata változó hőfokú és időtartamú hőkezelés után. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1966. 2.sz.: 153 – 188.
- Fábián T. 1969: A nyár fűrészáru mesterséges szárítása. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1969. 2. sz.: 89 – 99.
- Fábián T. 1979: A faanyagok hidrotermikus kezelése. Faipari Kutató Intézet [FaKI]. Budapest, 1979, 111 o.
- Filló Z. 1968: A hőkezelés hatásának szubmikroszkópikus vizsgálata a bükk rostszövetében. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest 1968. 1. sz.: 247 – 257.
- Fodor F., Bak M. & Németh R. 2022b: Photostability of Oil-Coated and Stain-Coated Acetylated Hornbeam Wood against Natural Weather and Artificial Aging. *Coatings* 12(6): 817.
- Fodor F., Bak M., Bidló A., Bolodár-Varga B. & Németh R. 2022a: Biological Durability of Acetylated Hornbeam Wood with Soil Contact in Hungary. *Forests* 13(7): 1003
- Fodor F., Lankveld C. & Németh R. 2017: Testing common hornbeam (*Carpinus betulus* L.) acetylated with the Accoya method under industrial conditions. *iForest-Biogeosciences and Forestry* 10: 948–954.
- Fodor F., Németh R., Lankveld C. & Hofmann T. 2018: Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271–278.
- Fürjes J. 1969: A fűrészáru-szárítás helyzete és problémái. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1969. 1. sz.: 129 – 142.
- Fürjes J. 1974: A fűrészáru-szárítás fejlesztésének koncepciója. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1974. 1. sz.: 21 – 31.
- Fürjes J. 1976: A fűrészáru-szárítás fejlesztésének koncepciója. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1974. 1. sz.: 21 – 31.
- Hill C. (2006) Wood modification – Chemical, thermal and other processes. Wiley Series in Renewable Resources, John Wiley & Sons Ltd., Chichester
- Horváth N. 2008: A termikus kezelés hatása a faanyag tulajdonságaira, különös tekintettel a gombaállóságra. Nyugat-magyarországi Egyetem
- Jones D., Sandberg D., Goli G. & Todaro L. 2019: Wood Modification in Europe: A State-of-the-art about Processes, Products and Applications. Florence University Press, Firenze, Olaszország.
- Lagaña R., Csiha C., Horváth N., Tolvaj L., Andor T., Kúdela J., Németh R., Kačík F. Ā, & Urkovič J. 2021: Surface properties of thermally treated European beech wood studied by PeakForce Tapping atomic force microscopy and Fourier-transform infrared spectroscopy. *Holzforschung* 75(1): 56–64.

- Lykidis C., Bak M., Mantanis G. & Németh R. 2016: Biological resistance of pine wood treated with nano-sized zinc oxide and zinc borate against brown-rot fungi. *European journal of wood and wood products* 74(6): 909–911.
- Molnár S. 1976: Akácfanemesítés Pusztavacson. *Az erdő* 15 (11): 490–492.
- Németh R. 2002: A hidrotermikus kezelés hatása az akác faanyagának szorpciós tulajdonságaira. Doktori értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem
- Németh R., Bak M., Tolvaj L. & Molnár S. 2009: The effect of thermal treatment using vegetable oils on physical and mechanical properties of Poplar and Robinia wood. *Pro Ligno* 5(2): 33–37.
- Németh R., Bak M. & Csordós D. 2012: Thermische Modifizierung von Buche und Pappel mittels Paraffin. *Holztechnologie* 53(6): 5–10.
- Németh R., Tolvaj L., Bak M. & Alpar T. 2016: Colour stability of oil-heat treated black locust and poplar wood during short-term UV radiation. *Journal Of Photochemistry And Photobiology A-CHEMISTRY* 329: 287–292.
- Németh R., Tsalagkas D. & Bak M. 2015: Effect of soil contact on the modulus of elasticity of beeswax-impregnated wood. *Bioresources* 10(1): 1574–1586.
- Németh R., Ott Á., Takáts P., & Bak M. 2013: The effect of moisture content and drying temperature on the colour of two poplars and Robinia wood. *Bioresources*, 8(2): 2074–2083.
- Tiemann H. 1920: Effect of different methods of drying on the strength and hygroscopicity of wood. In: 3rd Ed. „The kiln drying of lumber” Chap. 11. J. P. Lippincott Co.
- Tolvaj L. & Horváth-Szováti E., Sáfár C. 2000: Colour modification of black locust by steaming. *Wood Research (Drevarsky Vyskum)* 45(2): 25–32.
- Tolvaj L. & Molnár S. 2006: Colour homogenisation of hardwood species by steaming. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 2: 105–112.
- Tolvaj L., Németh R., Varga D. & Molnár S. 2009: Colour homogenisation of beech wood by steam treatment. *Drewno-Wood* 52(8): 5–17.
- Tolvaj L., Papp G., Varga D. & Lang E. 2012: Effect of Steaming on the Colour Change of Softwoods. *BioResources* 7: 2799–2808.
- Tolvaj L., Varga D., Németh R. & Molnár S. 2010: Colour modification of black locust depending on the steaming parameters. *Wood Research* 55: 81–88.
- Varga D. 2008: A gőzölés modifikáló hatásának vizsgálata két európai és két trópusi fafaj egyes fizikai-mechanikai tulajdonságainak tükrében. Doktori értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem.
- Wittmann Gy. 1969: A nyár fűrészáru (Populus Robusta) természetes szárítása. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1969. 2. sz.: 83 – 88.
- Wittmann Gy. 1970: Nyár- és akác fűrészáru gyorsított természetes féltechnikai szárítása. FAIPARI KUTATÁSOK, Faipari Kutató Intézet [FaKI] Budapest, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1970. 1. sz.: 83 – 94.

Drying and modification of wood

The effect of the moisture content of wood materials on material quality has been known since ancient times. Almost all the physical and mechanical properties of wood, as well as changes in size and shape, as well as durability, are significantly affected by the moisture content of the material. Accelerated natural and artificial drying in the more industrially developed countries was accompanied by the increase in the volume of wood use and technical progress. The aim of drying on an industrial scale is to achieve the desired moisture content in the shortest possible time, with acceptable quality challenges (internal stresses, distribution of moisture content). More significant research began in Hungary in the second third of the last century, then within the framework of the Wood Industry Research Institute (FAKI). At that time, the goal was the technical development of self-produced drying equipment and the development of the most effective schedules for domestic deciduous tree species. Economic calculations and SWOT analyzes were often part of scientific works. At the University of Sopron, the researches were primarily aimed at exploring the wood-water relationships of domestic deciduous wood materials (black locust, poplar, hornbeam). In the field of modification of wood materials, researches in Sopron also focused on deciduous wood materials (hardwoods). Initially, we dealt with thermal (dry and steam, then hot oil) and later chemical modification processes (acetylation). Longitudinal and transverse compression of wood also delivered interesting new results, which were also the subject of doctoral theses. Our latest research deals with the modification of wood materials with nanoparticles. The goal is to increase water resistance, fungal resistance, and fire and UV resistance. Our postdoctoral and OTKA research (Miklós Bak) as well as the TKP program ensure medium and, we hope, long-term and high-level research of the topic.