



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

SZÉCHENYI  2020

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

2020. NOVEMBER 30.

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR





Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Szerkesztette: Facskó Ferenc, Király Gergely



Soproni Egyetem
Kiadó

Sopron – 2020

A kötet megjelenését az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerep-vállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatta.

A kötet publikációit lektorálták: Bartha Dénes, Bidló András, Brolly Gábor, Czimber Kornél, Czupy Imre, Faragó Sándor, Frank Norbert, Pájer-Gálos Borbála, Gribovszki Zoltán, Heil Bálint, Hofmann Tamás, Horváth Adrienn, Horváth Tamás, Jánoska Ferenc, Kalicz Péter, Király Angéla, Király Gergely, Kovács Gábor, Lakatos Ferenc, László Richárd, Szakálosné Mátyás Katalin, Rétfalvi Tamás, Tuba Katalin, Vityi Andrea, Winkler Dániel

Soproni Egyetem Kiadó, 2020
Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábíán Attila általános rektorhelyettes
Kézirat lezárva: 2020. november 30.

ISBN 978-963-334-376-0 (on-line verzió)

On-line verzió elérhetősége: http://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/TudomanyosKozlemenyek2020.pdf

Szerkesztette: Facskó Ferenc
Király Gergely

Ajánlott hivatkozás:

FACSKÓ F.– KIRÁLY G. (szerk.) (2020): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar. Tudományos közlemények. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.

Tartalomjegyzék

Előszó.....	5
Ács Norbert, Czimber Kornél: Webes földmérési alappontsűrítést végző alkalmazás	6
Báder Mátyás, Németh Róbert: Rostirányban tömörített faanyag zsugorodásának és dagadásának csökkentése	13
Balázs Pál, Király Géza, Nagy Dezső, Konkoly-Gyuró Éva: Az első katonai felmérés tartalmi ellenőrzése egy felső-rába-völgyi példán keresztül	19
Balázs Pál, Berki Imre, Konkoly-Gyuró Éva: Tájváltozással kapcsolatos kutatások a hazai és nemzetközi szakirodalomban	26
Barta Edit, Bakki-Nagy Imre Sándor: Vasúti felsővezeték elektromos terének mérése és számítása ...	33
Brolly Gábor, Bazsó Tamás: Oktatási fejlesztések az okleveles erdőmérnök szak Földmérés tantárgy gyakorlatain	40
Brolly Gábor, Király Géza: Földi lézerszkennelt pontthalmazok tájékozására alkalmas szoftverek összehasonlítása erdei fák térképezése szempontjából.....	45
Czimber Kornél, Burai Péter, Román András: Légi lézeres és hiperspektrális faállomány-felmérés első eredményei.....	51
Czupy Imre, Mészáros Imre, Vágvölgyi Andrea: A soproni szennyvíztisztító telep biogázüzemre vetített energiamérlege.....	61
Csáki Péter, Czimber Kornél, Király Géza, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Erdőállományok vízháztartásának vizsgálata az Alföldön, leskálázott párolgástérképek segítségével	69
Csanády Viktória: Vízszennyezési adatok modell vizsgálata	74
Deák István György, Horváth Sándor: Pamo Mangala farm (Észak-Zambia) vadállományának állapota	81
Elekne Fodor Veronika, Biró Barbara, Horváth Adrienn, Polgár András : A közlekedés környezeti hatásainak lehetséges monitorozása az M85 gyorsforgalmi út tükrében.....	85
Fülöp Viktor Géza, Horváth Sándor: A tűzifa, az energetikai célú erdei apríték, valamint az ipari fakitermelési és piaci változásai 2007 és 2018 között	91
Gálos Borbála, Kiss Márton: Meteorológiai mérések a Soproni-hegységben.....	97
Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter: Párolgás okozta napi ingadozás és annak információértelme (módszerek az evapotranszpiráció számítására).....	105
Gribovszki Zoltán: Vízpótlások erdőterületen, elmélet és esettanulmányok	112
Herceg András, Kalicz Péter, Primusz Péter, Gribovszki Zoltán: Az éghajlatváltozás hatása az útpályaszerkezetre	119
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente: Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.) faanyag polifenol készletének folyadékkromatográfiás/tömegspektrometriás vizsgálata	127
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente : Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.) levél antioxidáns kapacitásának és polifenol készletének vizsgálata.....	132
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente: Tölgyfajok levél-antioxidáns tartalmának összehasonlító vizsgálata	137
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: A harveszteres fakitermelés teljesítményének javítási lehetőségei szimulátor segítségével	142
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: A harveszteres gépkezelők szimulátoros képzésének hatása a munka gazdaságosságára	149
Horváth Attila László, Major Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin: Harveszteres fakitermelési módszerek termelékenységeinek összehasonlítása	156
Horváth Bíbor Júlia, Németh Róbert, Báder Mátyás: A rostirányban tömörített faanyag zsugorodás-dagadásának vizsgálata.....	163
Kapocsi Gergely, Horváth Sándor, László Richárd: N agyvadállomány vagyon-kezelésének elemzése az Országos Vadgazdálkodási Adatbázis állománybecslési és elejtési adatainak tükrében	170
Katona Csaba, Bazsó Tamás, Péterfalvi József, Primusz Péter: BLK360 lézerszkennő alkalmazása vonalas létesítmények felmérésére: jelek és távolságok.....	177
Kovács Gábor, Heilig Dávid, Heil Bálint: Fás szárú energetikai ületvények technológiáját és ökonómiáját befolyásoló tényezők a gyakorlatban.....	187

Kovács Klaudia, Vityi Andrea, Horváth Attila László: Agroerdészeti erdei köztes termesztésű rendszerek technológiája.....	195
Major Tamás, Pintér Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin: Gyökérsarj eredetű akác állományok összehasonlító vizsgálata a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. területén.....	200
Major Tamás, Horváth Attila, Virág Vivien: Harveszteres gépi faanyagfelvételezés összehasonlító vizsgálata.....	205
Marcisin Tamás, Király Gergely: Az állomány záródása és az újulatszám összefüggéseinek vizsgálata nyírségi vörös tölgyesekben	210
Németh Zsolt István, Kiss Péter Áron, Rákosa Rita: Faanyagok FT-IR spektrum alapú osztályozása kemometriás módszerekkel	217
Nevezi Csenge, Bazsó Tamás, Csáki Péter, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita: Hidrológiai és botanikai folyamatok összefüggéseinek vizsgálata egy patakmenti erdőállomány és nedves rét területén.....	221
Novák Dominik, Németh Róbert, Báder Mátyás: A jövő faimpregnáló polimerje. A tejsav tömörfában történő felhasználásának áttekintése	227
Papp Viktória, Szalay Dóra: Pirolízis korom és faanyag keverék pelletek energetikai és mechanikai vizsgálata.....	232
Péterfalvi József, Primusz Péter: Talajstabilizációk szerepe az erdészeti útépítésben	237
Polgár András, Jagodics Nóra, Horváth Adrienn, Elekné Fodor Veronika: Szántóföldi növénytermesztés környezeti hatásai	247
Polgár András, Antal Mária Réka: Faipari élzárési típusok környezeti hatásainak vizsgálata.....	254
Rákosa Rita, Pásztory Zoltán, Börcsök Zoltán, Németh Zsolt István: IR spektrometria a faanyag hőkezelésének monitorozására	263
Rákosa Rita, Szegleti Csongor, Németh Zsolt István: Műanyag hulladékok osztályozása FT-IR spektrumok alapján.....	268
Szakálosné Mátyás Katalin, Fekete György, Horváth Attila László: Lovak alkalmazása és jövője a hazai fahasználatokban	273
Szakálosné Mátyás Katalin, Gimesi Kristóf Szilárd, Major Tamás, Horváth Attila László: Kötélpályás közelítés vizsgálata a soproni hegyvidéken	278
Szakálosné Mátyás Katalin, Sudár Ferenc János, Horváth Attila László: A többműveletes fakitermelő gépek kíméletességének fokozása harveszter szimulátor segítségével.....	284
Szöke Előd, Csáki Péter, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Hidrológiai vizsgálatok egy fás legelőn.....	291
Tari Tamás, Sándor Gyula, Náhlik András: A vaddisznó lakott-területi megjelenésének jellemzői kérdőíves felmérés eredményeinek tükrében.....	298
Tóth Mihály Zoltán, Németh Róbert, Báder Mátyás: Fahegesztés vízgőz és nyomás segítségével.....	305
Vadkerti Tóth Balázs, Németh Róbert, Báder Mátyás: Fahajlítás anatómiája – Áttekintés.....	311
Vágvölgyi Andrea, Szalay Dóra: Stratégiai elemzőmódszer alkalmazása az energetikai célú fás szárú ültetvények vizsgálatára.....	318
Vágvölgyi Andrea, Mészáros Imre, Czupy Imre: Szennyvíziszap komposztálás anyagmérlegére irányuló vizsgálatok	325
Vágvölgyi Andrea, Szigeti Nóra, Czupy Imre, Beszédes Sándor, Szalay Dóra: Fás szárú ültetvények technológiai és ökológiai szempontú siker-kudarcc tényezőinek vizsgálata.....	329
Vajda József, Horváth Sándor: A COVID-19 hatása az amerikai agrártámogatási rendszerre.....	336
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Hofmann Tamás: A fakéreg antioxidáns tulajdonságainak kiértékelése	342
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Bocz Balázs, Bocz Dániel, Hofmann Tamás: Tobozok antioxidáns tulajdonságainak vizsgálata	348
Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Szöke Előd, Varga Jenő, Csáki Péter: Agrárerdészeti rendszer talajnedvességének vizsgálata fertődi mintaterületen.....	354

FAHAJLÍTÁS ANATÓMIÁJA – ÁTTEKINTÉS

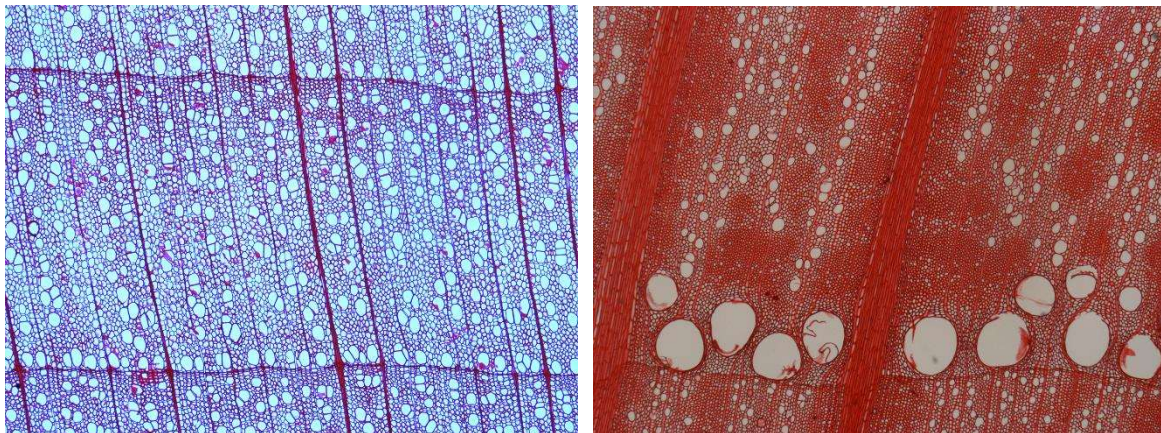
VADKERTI TÓTH BALÁZS, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet
bader.matyas@uni-sopron.hu

A faanyag anatómiája

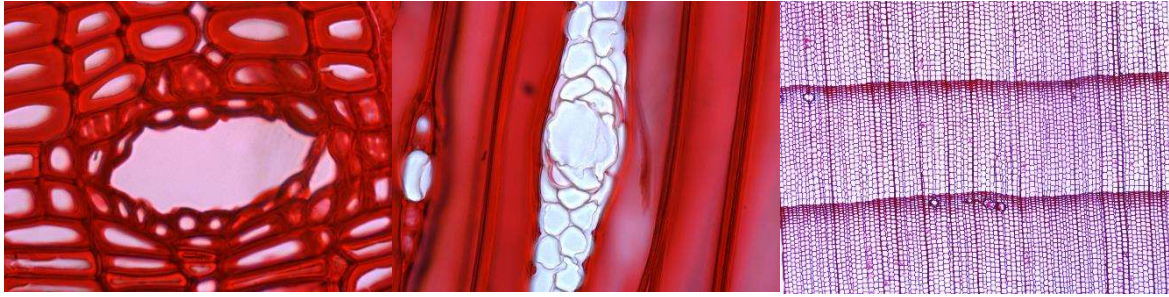
A faanyag mikroszkópos jellemzőinek ismerete a faipar szerves részét képezi, mivel a különböző fajtái sajátosságok és a fahibák egyaránt mikroszkopikus szintig levezethetők, a sejtszerkezettel és az egyes sejtek szerkezetével magyarázhatók, megérthetők. A fajok sajátosságai nagyban befolyásolják az adott faanyag felhasználhatósági körét.

A fafajok alapvetően két nagy csoportba sorolhatók: tűlevelű- és lombos fajok. A fenyők további részekre oszthatók, gyantát tartalmazó és gyanta nélküli fenyők. A lombos fajok már érdekesebbek, mert sorolhatnánk akár kemény és puhafára is, de esetünkben érdekesebb a gyűrűs és szórt edényelrendezés alapján besorolni őket. Ezt úgy kell érteni, hogy a későbbiekben bemutatásra kerülő edények mérete – melyek a nedvesség- és tápanyagszállításért felelősek – az egyes évgyűrűkön belül, a korai pászta felől a kései pászta felé haladva fokozatosan csökken a méretük (szórt likacsú fajok), vagy éles vonallal elválaszthatók a nagy átmérőjű és a kis átmérőjű edények (gyűrűs likacsú fajok) (1. ábra). Vannak faipari szempontból kisebb jelentőségű, köztes átmenetek is, pl. különböző gyümölcsfák, de ezek ismertetése a cikk fő témáján kívül esik.



1. ábra: Szórtlikacsú hárs (*Tilia*) (bal) és gyűrűslikacsú tölgy (*Quercus*) (jobb) keresztmetszeti képei

A fenyők fájának egyszerűbb a felépítése: csak tracheidák, parenchimák és esetleg gyantajáratok alkotják. A fatest döntő részét tracheidák teszik ki, melyek végzik a víz szállítását, raktározást és a fatest mechanikai szilárdítását is. Ezek hosszúkas, kihegyezett végű sejtek, melyek közt az anyagáramlást úgynevezett gödörkék biztosítják. Parenchima sejtek első sorban a bélsugarakban vannak jelen, a hosszparenchimák (faparenchimák) minimális mennyiségben fordulnak elő, gyantajáratok körül, esetenként elszórva, de egyes fajokból teljesen hiányoznak is. A parenchimasejtek rövidebbek, gyakran hosszuk és szélességük közel megegyezik, de ha megnyúltak, akkor is lekerekített véggel rendelkeznek. Arányuk 1-2%, így mechanikai szerepük elhanyagolható. A csoportosan elhelyezkedő parenchimasejtek szétválásával üregek jönnek létre, melyekben gyanta keletkezik, ezeket az üregeket nevezzük gyantajáratoknak. Az őket körülvevő parenchimatikus sejtek gyantakiválasztó parenchimák, ezeket epitelsejteknak nevezzük (2. ábra). Gyantajáratok nem csak hosszirányban jöhetnek létre, hanem bélsugarak mentén is (Butterfield és tsai. 1997).

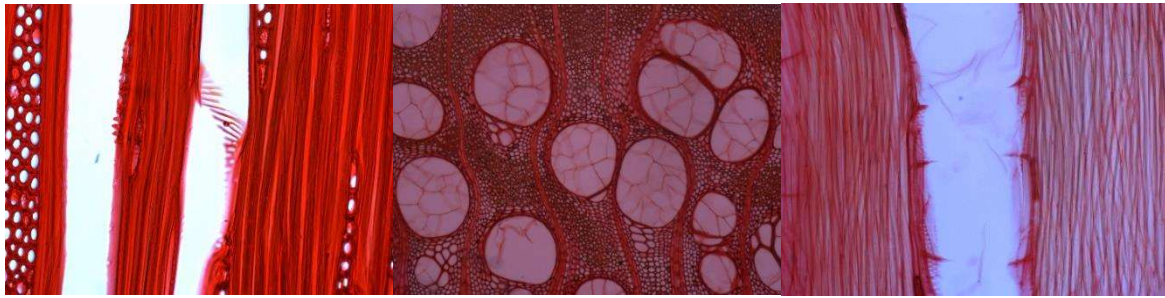


2. ábra: Gyantajáratok különböző fafajokban: Duglászfenyő (*Pseudotsuga menziesii*), nagyítás x60 (bal) Erdeifenyő (*Pinus sylvestris*), nagyítás x40 (közép) lucfenyő (*Picea abies*), nagyítás x4 (jobb)

A fenyőtracheidák adják a fatest 90-95%-át, átlagos hosszuk 3-5 mm, vastagságuk 10-30 μm . Funkcionálisan három részre oszthatók: korai és kései hosszirányú tracheidák, valamint egyes fajoknál keresztirányú tracheidák. A korai tracheidák az évgűrű korai pászttáját alkotják, nagyobb üregűek, lekerekített végűek, vékony falúak, rövidebbek. Jellemzően szabályos kerek udvaros gödörkék biztosítják közöttük az anyagáramlást. A nedvességszállítás jelentős részét végzik, ezért áledényeknek is nevezik őket. A késői pászttát alkotó kései tracheidák kisebb keresztmetszetűek, vastagabb falúak, hosszabbak, hegyesedő végűek. Gödörkéik kisebbek, többnyire inkább hasítékra, mint körre emlékeztető formával. Szerepük a fatest szilárdítása. Keresztirányú tracheidák előfordulhatnak bizonyos fenyőknél, ezeknél a fajoknál bélsugarparenchimákkal együtt alkotják a bélsugarakat. Feladatuk a fatesten belüli keresztirányú anyagáramlás biztosítása, míg szerkezeti jelentőségük elhanyagolható. Egyes fajoknál a bélsugár közepén, más fajoknál pedig a szélein helyezkedhetnek el, de teljesen hiányozhat is.

A lombos fajok szerkezete összetettebb, tartalmaz edényeket (tracheákat), melyek a vízszállításért felelősek első sorban. Rendelkeznak tracheidákkal, parenchimákkal, valamint nagy arányban farostokkal, melyek első sorban a szilárdításért felelősek. Bélsugaraik lehetnek egyesével, vagy kisebb csoportokban, de lehetnek úgynevezett halmazott bélsugarak is, melyek bélsugártükreik szabad szemmel is jól láthatók. Az edények nagy, akár 400 μm -es átmérőjükkel erősen elkülönülnek a fatest többi részétől. Vízszállító szervként működnek, számos edénytagból (sejtből) állnak, melyek közt a sejtfa részlegesen, vagy teljesen eltűnhet. A korai pászta öblösebb edénytagjai rövidebbek, a kései pászta vékonyabb edénytagjai hosszabbak (Butterfield és tsai. 1997). Gyűrűs likacsú fák esetében a vastagabb korai tracheák körökbe rendeződnek, korai és kései pászttájuk jól elkülöníthető. Szórt likacsú fákról ez nem mondható el, ott egyesével, kisebb csoportokban, vagy úgynevezett likacsugarakba rendeződve helyezkednek el. Egyes fafajoknál, pl.: dió, cseresznye, szilva, stb. a két típus közti átmenet figyelhető meg, félig szórt likacsú, ha az edények mérete fokozatosan csökken, félig gyűrűslikacsú, ha az edények bár azonos méretűek, de a korai pászttában gyűrűkbe rendeződnek (Molnár és tsai. 2025). A különböző edényattörések megkülönböztető jegyek is lehetnek mikroszkópos fafajfelismerésnél.

Ismertető jegy lehet még a sejtfa spirális megvastagodása. A gesztesedési folyamat beindulásával tömítő sejtek jöhetnek létre az edényeken belül, úgynevezett tiliszek (3. ábra), valamint alakulhatnak ki bennük tömítőanyagok pl.: gumik, olajok, gyanták. Az edények eltömődése gátolja az anyagáramlást (víz, levegő) ezért bizonyos fokú védelmet biztosít a fának. Ezen felül lehet vastag, kemény fala a tiliszeknek, ami a gombák elleni védelmet is elősegíti, bizonyos faipari technológiákat viszont megnehezít pl.: szárítás, ragasztás, telítés és szerszáméllkoptató hatása is lehet.



3. ábra: Létrás edényáttörés (*Fagus sylvatica*), nagyítás 40× (bal) Tiliszek (*Robinia pseudoacacia*), nagyítás x40 (közép) Teljes edényáttörés (*Ulmus*), nagyítás 40× (jobb)

A lombos fajok tracheidái némiképp eltérnek a fenyőkétől. Ezek is végeznek vízszállítást és szilárdítást egyaránt, de a gödörkék hártája egyenletes vastagságú marad, nem alakul ki a fenyőkre jellemző tórusz-membrán szerkezet. Ennek okán csak lassabb vízszállításra képesek és nincs edényáttörés sem.

A lombos fajok fatestének nagy részét a farostok adják, melyek vastag falú, kis üregű hegyesedő sejtek. Vastag sejtfalukon kicsi egyszerű gödörkék találhatók. Elsődleges szerepük a fatest szilárdítása, szállítóképességük elhanyagolható. Hamar elfásodó sejtek. Átlagos hosszuk rövidebb a fenyő tracheidáinál, 1-2 mm. Az adott faanyag szilárdságát adják, mégsem mindig a nagyobb részarányban farostokat tartalmazó fajok keményebbek, inkább a sejtek falának vastagságától függenek a fa mechanikai jellemzői.

A faparenchima sejtek aránya a lombosokban fajtól függően 1-10% között mozoghat. A fatestben legtovább élő sejtek, ezért fontos szerepük van a gesztesedésben. Az élő fában pedig a sebzésreakciókért felelősek. Elrendezésük ismertető jegy lehet: edények körül, edények körül foltokban, sávokban, évgyűrűk mentén, vagy lehet szórt elrendezésben. Sejtfaluk jellemzően vékony, ezért könnyen összenyomható sejtek. A bélsugár a fatest hosszirányára merőleges szövet, egy vagy több sejtsorba rendeződhet. A lombos fák bélsugara kizárólag parenchima sejtekből épül fel, melyeknek fafajon belül többnyire azonos méreteik vannak. Homogén bélsugár esetén minden sejt fekvő állapotban helyezkedik el, egyöntetű megjelenést ad. Heterogén elrendezés esetén a sejtek egy része fekvő, másik része álló helyzetben van. Szerepe a fatesten belüli keresztirányú anyagszállítás, valamint a tápanyag raktározása. Vastagabb bélsugarak száradás során repedések kiinduló pontjai lehetnek. Sok vastag bélsugárral rendelkező fának nehezebb a megmunkálása.

A faszövetek szerkezete és alkotóelemei

A fatestben három fő alkotóelemről lehet beszélni: cellulóz, lignin és hemicellulózok. A faanyag tömörítése, hajlítása szempontjából a cellulóz, a hemicellulóz és a lignin a három fontosabb alkotó, ezért csak ezekről lesz bővebb ismertető. Ez a három alkotó úgy működik, mint a vasbetonban a vas és a beton, a cellulóz szimbolizálja az acél huzalokat, mivel egy kristályos hosszú láncmolekula lévén nagy húzószilárdsággal rendelkezik és a lignin, mint a cement fogja össze a cellulóz rostokat. A hemicellulóz e két főbb elem közt biztosítja a megfelelő kapcsolatot.

A cellulóz teszi ki a fatest 40-55%-át. Egy β -D-glükóz-molekula lánc ($C_6H_{10}O_5$)_n ahol n a polimerizációs fok, legalább 1000-1200, de elérheti a 8000-t is. A cellulóz a víznek és a legtöbb oldószernek jól ellenáll (Molnár 2004). A lignin egy bonyolult aromás vegyület, melynek szerkezete fafajonként némileg eltérhet. Nem kristályosodik ki, és nem is térhálósodik, amorf szerkezetű anyag. A fatesten belül a cellulózokat köti egymáshoz, ezzel jelentősen megnövelve a nyomószilárdságot. Hő és nedvesség együttes hatására azonban valamilyen mértékig fellágyul, ezért lesz jobban alakítható a faanyag gőzölés hatására.

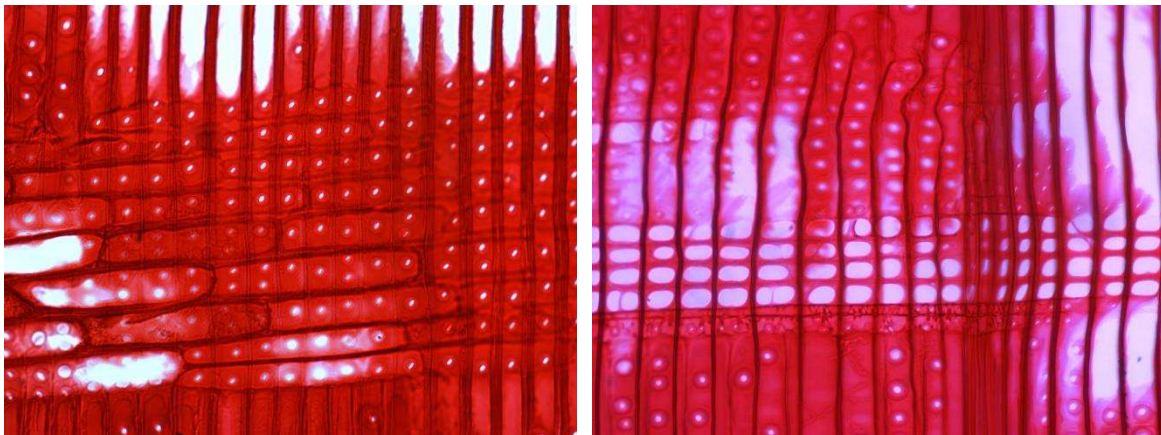
A fa sejtei középlemezre, sejtfalra és sejtüregre bonthatók. A sejtüreg értelemszerűen üres, a vízszállítás az elsődleges célja. A középlemez egy ragasztószerű réteg az egyes sejtek között, pektinből és ligninből áll. A sejtfal további részekre osztható, elsődleges primer sejtfalra, másodlagos sekunder sejtfalra és harmadlagos terciér sejtfalra. A legvastagabb a sekunder sejtfal, annak is 3 rétege közül az S2 réteg, ezért is annak a tulajdonságai a legmértvadóbbak, ha a fa-víz kapcsolatot, vagy a faanyag mechanikai tulajdonságait nézzük. Az S2-es sejtfalrétegben a cellulóz rostok alkotta úgynevezett mikrofibrillák egymással párhuzamos elrendeződésűek, de a sejt hossz tengelyével 10° körüli szöget zárnak be. Ez adja a faanyag anizotrópiáját, mind mechanikai, mind zsugorodás-dagadás tekintetében. A mikrofibrillák közt ugyanis 1 nm-es hézagok találhatóak, ahova be tudnak ékelődni a vízmolekulák, szétfeszítve azokat. Tehát értelemszerűen a mikrofibrillákra merőlegesen, keresztirányban dagad a faanyag jobban, rostirányban kevésbé. Ez a beékelődött víz az úgynevezett kötött víz, ami pl. a levegő nedvességtartalmának hatására a beépített faanyag méretváltozásait is okozza. A beékelődött víz több rétegben kémiailag kapcsolódik a faanyaghoz, de a közelebbi rétegeknek nagyobb a kötési energiájuk, így az anyag igyekszik minden esetben az egyenletes nedvességeloszlást elérni. A rosttelítettségi nedvességtartalom elérésével (kb. 30%) a sejtfal nem képes több víz felvételére, innentől a sejtüregben tud még víz felhalmozódni, de itt kémiai kötések nem alakulnak ki, tehát a faanyag méretei nem változnak tovább. A nedvességtartalom (MC) meghatározását több módszerrel lehet megoldani, például helyszínen beüthető elektródás nedvességmérő műszerrel, mely a faanyag elektromos ellenállásából számol nedvességtartalmat. Laboratóriumi körülmények közt a mintáknak lemérik a nedves tömegét, majd 103°C hőmérsékleten kiszárítják azt, és a két tömegből $MC = (w_m - w_0) / w_0 * 100$ képlettel határozzák meg a nettó nedvességtartalmat, ahol w_m a nedves tömeg és w_0 a száraz tömeg.

A fajok meghatározása mikroszkóppal

A fent tárgyalt mikroszkopikus tulajdonságokat egy egyszerű fénymikroszkóppal lehet vizsgálni. Az általunk használt mikroszkóphoz szükséges egy olyan vékony minta, amely egyszerűen átvilágítható, ugyanis fénymikroszkóppal csak áttetsző anyagokat lehet vizsgálni. A mikroszkóp ugyanis alulról egy izzóval egy lencsén keresztül világítja meg a mintát, majd a felette lévő nagyító lencsesoron keresztül egy sokszorosára nagyított képet láthatunk. A lencsék rögzítetten állnak, magát a mintát kell bemozgatni a fókuszpontba. A vizsgálat nehézségei a minta elkészítésével kezdődnek. A vizsgálni kívánt faanyagból 1-2 centiméteres oldalú kockákat kell készíteni, majd ezeket vízbe áztatni, esetleg főzni, hogy puhább legyen az anyag, valamint felhúzódnak a szálai. Ezt követően mikrotóm segítségével hasítanak mintát mind a 3 anatómiai irányban.

A mikrotóm egy vastag, merev, borotvaélesre élezett pengéből és egy a fakocka rögzítésére szolgáló satuval felszerelt kocsi áll. A kocsi magassága mikrométer pontossággal állítható, így igen vékony szeleteket lehet vágni a fakockából. A pengéről csipesszel távolítják el a mintát. A hasított mintákat megszínezik. A tárgylemezre (amely egy vékony üveglap, amin a minta lesz) desztillált vizet csepegtetnek, abba rakják bele a metszeteket, majd egy másik, még vékonyabb üveget nyomnak rá, ami ott tartja a mintát. A metszet elkészítése után kezdődhet a mikroszkópos vizsgálat. A különböző faanyagoknak különböző ismertető jegyeik vannak. A vizsgálatot érdemes a bütümentszeten kezdeni, onnan meg lehet állapítani, hogy fenyő, vagy lombos a vizsgált faminta és például fenyőknél, hogy gyantát tartalmaz, vagy sem. Lombos fajoknál meg lehet állapítani, hogy gyűrűs, vagy szórt likacsú, milyen vastagok az évgyűrűk, bélsugarak, hogyan állnak a parenchima sejtek, tüliszeseadás stb. Ezek alapján már lényegesen szűkíthető a lehetséges fajok listája. Ez után érdemes áttérni a húrmetszetre, melyen az edényáttörése,

sejtfalvastagodások, bélsugarak, illetve fenyők esetén a keresztződési mezők lehetnek árulkodók. A keresztződési mező a bélsugarak és a hosszirányú sejtek találkozási pontja, melyen különböző gödörkézettségek figyelhetők meg. Ablakos, piceoid, cupressoid, taxodoid (5. ábra).



5. ábra: Keresztződési mezők: Boróka cupressoid gödörkéi (bal), erdei fenyő ablakos gödörkéi (jobb)

Fahajlítás

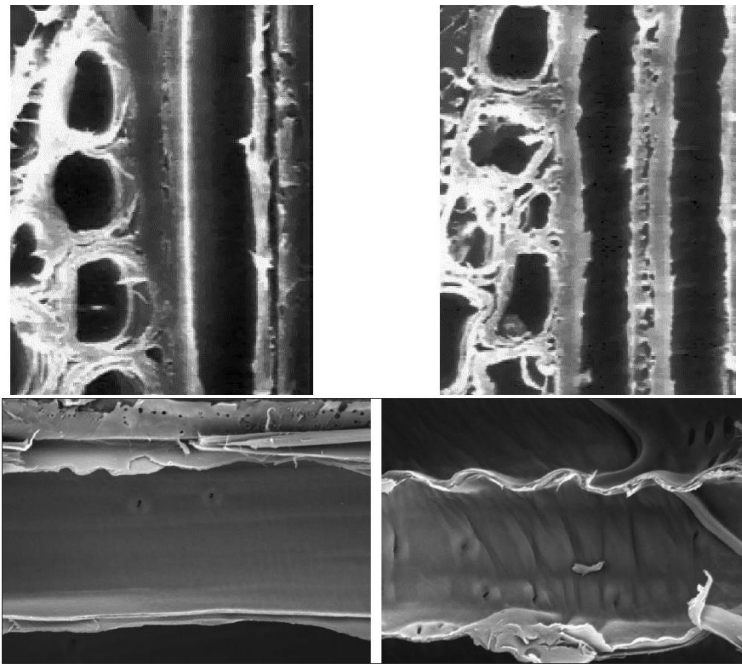
Hajlított faanyagot több módszerrel készítenek. Elterjedt megoldás a rétegelt-ragasztott elemekből felépülő szerkezet, ahol lényegében sok vékony réteget együtt hajlítanak, majd ragasztanak össze. Itt azonban a faanyag nem magától marad a kívánt formában, hanem a rétegeket összekötő ragasztó által létrehozott nyírófeszültség tartja az adott formában a rétegeket, melyek húzó és nyomó igénybevételeknek vannak kitéve. Ahol viszont valóban a faanyag tartja meg az alakját, az a gőzölt-hajlított, illetve a rostirányban tömörített tömör faanyag.

Gőzöléskor a faanyagot zárt térben legalább 80 °C hőmérsékletű gőzbe kell helyezni. Ennek legegyszerűbb módja, ha a faanyag alatt vizet forralnak, arra figyelve, hogy a faanyag ne érjen bele a vízbe, mert az kioldhatná az extrakt anyagokat a fából és telíthetné a sejtüregeit. A fent ismertetett faszervezetben a lignin és a hemicellulózok fellágyulnak és míg ebben a melegnedves állapotban vannak, jól alakíthatók, hajlíthatók. Hajlítás közben a középlemezben fellágyult lignin engedi elmozdulni egymáshoz képest a magas cellulóztartalmú szöveteket. A rétegek elmozdulása után ha az anyag kihűl, megtartja az alakját. Ugyanakkor az anyagon belül a hajlítás belső oldalán nyomó-, míg a külső íven húzófeszültségek alakulnak ki, utóbbit a faanyag nem viseli jól. További hátránya a gőzöléssel hajlított faanyagnak, hogy kihűlés után nem alakítható tovább.

Egy lényegesen kiforrottabb technológia a hosszirányú tömörítés, amelyhez először szintén gőzöléssel plasztifikálni kell a faanyagot. A fellágyult anyagot hosszirányban jellemzően 20%-kal préselik össze, majd egy ideig célszerű összenyomott állapotában tartani (Báder and Németh 2018). Technológiai szempontból sajnos ez nem annyira egyszerű. Nem tömöríthető jól minden fafaj, valamint csak a hibátlan, egyenes rostlefutású anyagok használhatók. Tömörítés során a ferdeszálú anyag könnyen elhasadhat, amivel az anyag is használhatatlanná válik és a gépet is ronszolhatja (6.jobb ábra). Göcsök körül pedig a megváltozott rostirányok miatt esztétikai és mechanikai hibák keletkezhetnek (6.bal ábra). Tömörítés során oldalról meg kell támasztani a faanyagot kihajlás ellen. Egy hüvely szükséges a tömörítéshez, mely nem lehet túl szoros, mert a fellépő súrlódási erő befolyásolná a tömörítés mértékét rostirányban, és az egyenetlenül tömörödött faanyag hajlításakor sem viselkedne homogén módon. Ha a szobahőmérsékletű fémtámasszal érintkezve hőt adna le az anyag külső fele, akkor visszakeményedne a faanyagban a középlemez, így nem lehetne tömöríteni. Emiatt a laboratóriumban fűtött falú, állítható méretű hüvelyt alkalmazunk. Fontos továbbá a pontos kiinduló méret, mert ha lelóg az anyag a feltámasztásról, könnyen elhasadhat.



6. ábra: Tűgöcs a tömörített faanyagban (bal) ferdeszálúság miatti hasadás (jobb)



7. ábra: Tömörítés előtt (bal alsó és felső) Tömörítés után (jobb alsó és felső) (Báder 2015)

A fellágyult középlemez nem csak hajlításkor, hanem tömörítéskor is hagyja mozogni a sejteket. A sejtfa egyúttal meggyűrődik (7. ábra), ezzel némiképp új tulajdonságokat adva a fának. A rugalmassági modulusz drasztikusan csökken, a statikus terhelhetőség (pl.: hajlítás) gyengül, ugyanakkor hajlékonyabbá válik. A dinamikus terhelés során elviselt törésig elnyelt energia lényegesen megnő. Az így kapott anyag könnyen hajlíthatóvá válik, mert hajlításkor nem húzódnak és nyomódnak a szálak, hanem a gyűrődött sejtfa egyenesedik, vagy gyűrődik be mégjobban. Ezt a fajta terhelést pedig a faanyag sokkal jobban viseli (Báder 2015). Az anyagnak nem csak a mechanikai tulajdonságai, de a higroszkópos jellemzői is megváltoznak a kezelés hatására. Nedvesség hatására ugyanaz a folyamat játszódik le benne, mint a kezeletlen fában, de a gyűrődött rostszerkezet miatt lényegesen nagyobb lesz a rostirányú növekedése. Ebből adódik, hogy nedvesség hatására a rostirányban tömörített faanyag igyekszik visszaállni eredeti alakjába, a hajlított anyagokat elsősorban bútorokban, valamint belsőépítészeti design elemekben használják. Tartószerkezeti alkalmazásra a megváltozott mechanikai tulajdonságok következtében nem igazán alkalmas.

Következtetések

A sejttípusok alapján elkülöníthetők a fenyőfélék és a lombos fák. Utóbbiakból az edények elrendeződése alapján két csoport alakítható ki, a gyűrűs és a szórt likacsúak. Ezt követően szó esik a fénymikroszkópos minták készítési módjáról, valamint az ezeken a mintákon megfigyelhető ismertető jegyekről. A sejtek és azok vizsgálatának ismertetése után részletesebb bemutatásra kerül a sejtfal, valamint az azt alkotó három legfőbb elem, a lignin, a cellulóz és a hemicellulóz. Ezek alapján könnyebben megérthetővé válik a faanyagok hajlítása. A fahajlításnak két alapvető típusát különböztetjük meg, a rétegelt és a modifikált hajlítást. A cikk a modifikált faanyagok hajlítását taglalja, a gőzölés és a rostirányú tömörítés hatásait a faanyag anatómiájára. A gőzölés során fellágyul a lignin, mely engedi elcsúszni a sejteket, így alakíthatóvá, hajlíthatóvá válik a faanyag. A tömörítési technológia erre alapoz, csak ott a gőzölt faanyagot nem azonnal gőzölés után hajlítják, hanem először rostirányban tömörítik, melynek hatására a sejszerkezet meggyűrődik. Az így kapott szerkezet pedig még könnyebben és nagyobb mértékben hajlíthatóvá válik, akár szobahőmérsékletű állapotában is. A hajlított anyagnak azonban megváltoznak a mechanikai tulajdonságai, valamint a víz hatására adott reakciói is. Ilyen módon érdemes beltéri klímában, közel állandó nedvességtartalmi körülmények között tartani.

Köszönetnyilvánítás: A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése 1. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*. 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/ WOODSCI.2015.1.8
- 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
- BUTTERFIELD G.B. – MEYLAN B.A. – PESZLEN I.M. (1997): Three dimensional structure of wood. *Hilbrand Nyomda Kft*, 147 p
- MOLNÁR S. (1999): *Faanyagismeret*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 467 p
- MOLNÁR S. – PESZLEN I.M. – PAUKÓ A. (2007): *Faanatómia*. Szaktudás Kiadó Ház, 230 p