

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Nemesnyár-fajták korszerű ipari és energetikai  
hasznosítását befolyásoló faanatómiai és fizikai  
jellemzők

Komán Szabolcs

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Faipari Mérnöki Kar  
Sopron  
2012

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Nyugat-Magyarországi Egyetem  
Faipari Mérnöki Kar

Cziráki József Faanyagtudomány- és Technológiák  
Doktori Iskola

Doktori program: Faanyagtudomány  
Programvezető: Dr. Molnár Sándor

Témavezető: Dr. Molnár Sándor

## Bevezetés és célkitűzés

A nyárak könnyű, homogén sokoldalúan felhasználható faanyaguk révén egyre növekvő szerepet játszanak a hazai és nemzetközi fagazdaságban. E magas arány gyors növekedésüknek, rövid vágásfordulójuknak és jól értékesíthető faanyaguknak valamint a bővülő energetikai hasznosításnak köszönhetően az elkövetkezendő években fokozatosan növekedni fog. Ezt segíti elő a gazdaságosan nem művelhető mezőgazdasági területek erdősítése is.

A korábban telepített korai, késői és óriás nyárak közel azonos fatechnológiai tulajdonságokkal rendelkeztek, ezért a hazai fafeldolgozásban kialakult egy egységes „nemesnyár” fogalom. Később azonban a fákitermelésben tömegesen megjelent az 'I-214' olasz nyár is, aminek fája 20-25%-al alacsonyabb sűrűségű és szilárdságú, mint a korábbi fajtáké, ami jelentős gondokat okozott a fa- és cellulóziparban egyaránt. Ennek oka az volt, hogy a különböző nyárfajtákat a termelők és a feldolgozók nem különítették el. Magyarországon napjainkban kiemelkedő szerepet játszik a 'Pannonia', 'I-214', 'Koltay' és a 'Kopecky' fajta.

Az energetikai faültvényeknél különösen a gyorsan növő fafajok (nyár, fűz, akác) jöhetnek szóba. Ennek több oka is van, pl. a nagy szárazanyag produkciónak és a jó sarjadzó képességnek. A nyárültvények további előnye, hogy több évtizedes gazdálkodói tapasztalat halmozódott fel velük kapcsolatban, amelyek könnyen adaptálhatók rövid vágásfordulóval kezelt energetikai faültvények létesítésére és kezelésére is. A különböző faanyagok energetikai hasznosításával foglalkozó számos irodalom elsősorban az ültvények hozamával foglalkozik, amelyet igen sok tényező befolyásol. Elsősorban a termőhely-típus, de ezen kívül a fafaj, fajta, és a különböző termesztés-technológiához szorosan hozzátartozó tényezők. A nyárak racionális energetikai hasznosításában azonban fontos eldöntendő kérdés a kitermelés korának optimális meghatározása, ezáltal a kor befolyásoló szerepének tisztázása.

A szórtlikacsú lombos fákról - így a nyárakról is - elterjedt az az általános vélemény, hogy a szélesebb évgyűrű alacsonyabb sűrűséget és ezáltal kisebb szilárdságot eredményez. Ennek az általánosításnak a tisztázására végeztem vizsgálatokat a nyárak esetében, amelynek alapján az állítás helyessége igazolható illetve cáfolható.

A gyakorlatban többnyire különböző fahibával rendelkező faanyagok kerülnek felhasználásra, amelyek az egyes fizikai és mechanikai tulajdonságokat jelentősen torzíthatják. A fahibák közül az egyik leggyakoribb és legfontosabb a göcsösség, amely a faanyag normál szöveti felépítéséhez viszonyítva eltérő szerkezetet eredményez és ezáltal a terhelések hatására is másképp viselkedik. Tovább bonyolítja a problémát az is, hogy több fafajcsoport genetikailag más és más anatómiai felépítéssel rendelkezik. Ennek következtében várhatóan eltérő módon reagálnak a különböző igénybevételekre. A nyárok különböző szerkezeti célú felhasználását a fahibák közül elsősorban a göcsösség befolyásolja. E területen azért is tartottam fontosnak vizsgálni, mivel a nyárat méltánytalanul háttérbe szorítják a szerkezeti célú felhasználás terén, ezért a göcsösség szerepéről anatómiai és fafizikai vizsgálatokkal igyekeztem pontos képet adni.

A faanyag tulajdonságai alapján az idősebb fáknál a geszten belül megkülönböztetnek egy bélkörüli fatestet, az ún. juvenilisfát. A fiatalabb korban kivágott törzsek nagyobb juvenilisfa hányaddal rendelkeznek, mint az idősebbek. Ez a farész a legtöbb fafajnál alkalmatlan számos ipari felhasználásra és kedvezőtlen gazdasági szempontokból is az eltérő fizikai, mechanikai és kémiai tulajdonságai miatt, ezért a témához kapcsolódóan szükségesnek tartottam konkrétan a nemesnyár fajták esetében a bélkörüli „juvenilisfa” befolyásoló szerepének tisztázását is.

## Anyagok és módszerek

Látva a különböző nemesnyár-fajták erdőterületeken belüli mennyiségi eloszlását illetve a rendelkezésre álló szaporítóanyagból következtetve a később telepítendő fajtákra, a vizsgálatokba azok a nyár klónok kerültek bevonásra, amelyek a jövőben a feldolgozóipar számára a legnagyobb mennyiségű faanyagot fogják szolgáltatni. Ezek alapján elsősorban az 'I-214', és a 'Pannonia' valamint a 'Koltay' és a 'Kopecky' fajták kerültek előtérbe.

Az alkalmazott kutatási módszerek három vizsgálati csoportba sorolhatók, amelyeken belül az alábbi tulajdonságok kerültek meghatározásra:

### - Faanatómiai és fafizikai vizsgálatok

A 4 kiválasztott klón mellmagassági korongjaiból vett mintákon évgyűrűnként mértem az *évgyűrűszélesség*, a *sűrűség* és a *rosthosszúság* értékeit. A *sejtfal/lumen arány* vizsgálatát az 'I-214' nyáron végeztem el, mivel ezt, mint kontroll fajtát szokták figyelembe venni. Új módszer elemeket dolgoztam ki az évgyűrűnkénti sűrűség és a rosthosszúság mérésének fejlesztésére.

### - Energetikai vizsgálatok

A vizsgálatok anyagát különböző korú (termesztési célú) 'Pannonia' és 'I-214' nyárok adták. A fa, mint tüzelőanyag szempontjából a fa tulajdonságai közül négy összetevő az, amely az energetikai hasznosítás tekintetében meghatározó, ezért a *sűrűség*, a *fűtőérték*, a nedvességtartalom és a *hamutartalom és összetétel* vizsgálatára került sor. Ezekon kívül meghatározásra került még a *fatest-kéreg arány* illetve a *száranyagtartalom*.

### - Szilárdsági vizsgálatok

A vizsgálatokhoz a 'Pannonia' és az 'I-214' klónok mellett az erdeifenyő került kiválasztásra. A nem szabványos szilárdsági mérésekhez használt próbatestek méretei 1200x140x21 mm volt, ami megfelel a rakodólapok fedőlap elemének. A mérések során az alábbi jellemzők kerültek meghatározásra:

*hajlítószilárdság* ( $MOR_{4p}$ ), *hajlító rugalmassági modulus* ( $MOE_{stat3p}$ ,  $MOE_{stat4p}$ ), *nyíró rugalmassági modulus* ( $G$ )

## **Az új tudományos eredmények tézisszerű összefoglalása**

1. *Igazoltam, hogy a nyárok esetében a „juvenilisfa” szakasz kitolódhat egészen a vágásérettségi (20-22 éves) korig, azonban ezen anyagok nem rendelkeznek az egyéb fafajokra jellemző sajátos fizikai tulajdonságokkal (mint pl. alacsonyabb sűrűség). A fiatal juvenilis faanyag a nyárok esetében tehát azonos értékű az érett fatesttel.*

Évgyűrűnkénti anatómiai és sűrűségi méréseim igazolták, hogy bár a juvenilisfában a bél körül némileg rövidebbek és vékonyabb falúak a farostok, mint az érettebb fában, azonban itt a fatest kisebb porozitású (a kettős sejttal és a lumen aránya nagyobb). Ez az anatómiai tulajdonsága a kezdeti stádiumban valamivel nagyobb (5-10%) sűrűséget eredményezett.

2. *Megállapítottam, hogy a nyárok juvenilis fájában 0,5 és 1,2 mm között változik a farostok hossza. A vizsgált nyárfajták rosthosszúsága között nincs érdemi különbség. Az átlagos értékek 1 mm körüliek, hasonlóan a lombos fák többségéhez, ezért nemesítési célként nem lehet megjelölni a hosszú rostú fajták szelektálását.*

A nyárok rövid rostjaik ellenére, alacsony sűrűségük és könnyű rostosíthatóságuk miatt szintén felhasználhatóak a következő területeken: keverék fafajokként a minőségi (író-nyomó) papírok gyártásában növelve a papír opacitását, illetve önállóan csomagolópapír típusok gyártására. A nyárok a fenyőkhöz viszonyítva kevésbé alkalmasak minőségi papírok gyártására, de megfelelnek a félcellulóz, kartonpapír és farostlemez gyártási igényeinek.

3. *Vizsgálataim bizonyították, hogy a nyárok évgyűrűszélessége és faanyag-sűrűsége között nincs összefüggés. A sűrűség elsősorban fajta jellemző.*

Mikroszkópos felvételeim és sűrűségi vizsgálataim is alátámasztják, hogy a keskenyebb és szélesebb évgyűrűk egyaránt azonos fizikai adottságokkal rendelkező vékony sejttal állományúak. Nem indokolt tehát a nyárok felhasználásakor az évgyűrűszélességi határok megjelölése (pl. rakodólapgyártás). A sűrűség elsősorban fajtajellemző. A hazai fakitermelésben nagy

szerepet betöltő 'I-214' fajta normál sűrűsége  $350 \text{ kg/m}^3$ , a 'Pannoniáé'  $400 \text{ kg/m}^3$  körüli volt. A feldolgozás, termékgyártás során tehát nem az évgyűrűk szélességét kell előírni, hanem az egyes fajtákat elkülönítve kell kezelni. Célszerűnek tartom szerkezeti célokra a nagyobb sűrűségű fajtákat ('Pannonia', 'Koltay', 'Kopecky') felhasználni.

4. *Az energetikai hasznosítást befolyásoló tulajdonságok (fűtőérték, hamutartalom, hamuösszetétel) szempontjából a nyár ültetvények esetében nincs számottevő szerepe a kitermelési, betakarítási kornak.*

Tehát a vékony „minirovációs” anyagok hasonló értékűek, mint az idősebb, gesztesedett fatest. Az egyes nyárfajták között azonban igen jelentős különbségek vannak a fatérfogatra vetített fűtőértékek tekintetében (pl. a 'Pannonia' fűtőértéke 20%-al haladta meg az 'I-214' fajtáét). Az ültetvények szárazanyag termelésének meghatározására kedvezően lehet felhasználni a bázissűrűség értékeit. Az energetikai hasznosítás során a kéreg nem kerül eltávolításra, így fontos ismerni a jellemzőit: fűtőértéke a tömegre vetítve alig marad el a fatestétől, de a hamutartalma rendkívül magas (4-5%). A nyár hamujának közel felét a CaO adja, kedvező a jelentéktelen Cl tartalom, de figyelmet érdemel a kén-oxidok 9-14%-os jelenléte is.

5. *Termékméretű mintákon végzett szilárdsági vizsgálatokkal igazoltam, hogy a nyárak szilárdságát a göcsösség kevésbé befolyásolja, mint a fenyőkét. Ezen kutatási eredmény új területeket nyithat meg a nyárak hasznosításában.*

A vizsgálati eredmények kimutatták, hogy a nyár fatestben az ággyöcsök kevésbé viselkednek idegen testként, mint a fenyőknél, így a szilárdsági és rugalmassági jellemzőkre nincs oly markáns hatásuk, mint ahogy az az erdeifenyő esetében megfigyelhető volt. A hibamentes erdeifenyő statikus hajlítószilárdsága  $80 \text{ MPa}$  körüli. Ezen értékkel szemben a göcsös próbatestek szilárdsága mintegy 60%-ot csökkenve csak  $31,2 \text{ MPa}$  értéket mutatott. Ehhez viszonyítva a 'Pannonia' nyárnál 43%-os ( $67,4$ -ről  $38,4 \text{ MPa}$ -ra), az 'I-214'-nél pedig 35%-os ( $58$ -ról  $37,8 \text{ MPa}$ -ra) csökkenés volt tapasztalható.

6. *Faanatómiai vizsgálataim igazolták, hogy a nyárok esetében a göcsök normál fatesthez való kapcsolódása egy fokozatos átmeneten keresztül valósul meg, ellentétben a fenyőkkel ahol ez az átmeneti zóna hiányzik. A mikroszkópos megfigyeléseim is igazolták azt a tényt, hogy a normál nyár fatest és a „göcs test” kevésbé elkülönülő, mint az erdeifenyő esetében. A nyárok ezen tulajdonsága kedvező lehet a szerkezeti célú felhasználásban.*



## A kutatási eredmények gyakorlati hasznosulása

A magyar fagazdaság egyik stratégiai, fejlesztési kérdése a gyorsan növvő és az új ültetvények által egyre nagyobb tömegben rendelkezésre álló nyár faanyag sokoldalú korszerű hasznosítása. Az értekezés keretében bemutatott új tudományos eredmények a következők szerint részben közvetlenül, részben közvetve segítik e tevékenységeket:

- A különböző korú energetikai célú nyár ültetvények faanyagvizsgálatai azt igazolták, hogy a vékony rost sejtfalú nyárak esetében a kornak nincs lényegi szerepe sem a fűtőérték, sem a hamutartalom vonatkozásában. Ennek értelmében a fiatalkorú („minirofáció”) ültetvényekből termelt biomassa azonos értékű az idősebb állományokból származó faanyaggal.

- A nyárak esetében energetikai szempontból nagy jelentősége van a genetikai tényezőknek (a fajtának). A fatérfogatra vetített fűtőérték vonatkozásában az egyes fajták között 20-30%-os különbségek is vannak. Célszerű tehát a nyár energetikai alapanyagot (apríték, darabos hulladék, hengeres fa) minden esetben abszolút száraz tömegben („atrotónában”) átvenni.

- Kutatásaim igazolták, hogy az ággöcsök kevésbé befolyásolják a faanyag szilárdságát a nyáraknál, mint a fenyőknél. Tehát a fenyőkkel azonos göcstartalmú nyár gerendát, szarufát, rakodólap elemet, a szilárdságot befolyásoló göcsösség szempontjából nem indokolt háttérbe szorítani. E témához kapcsolódva az is elgondolkodtató, hogy mennyire indokolt az EUR rakodólapoknál a 3 összekötő elem fenyőből történő készítésének előírása. Méréseim szerint a megengedett fahibával (göcsösséggel) rendelkező nyár és fenyő deszkák közül a nyárak szilárdsága a kedvezőbb.

- Nagy gyakorlati jelentősége van azon kutatási eredményeimnek, amely azt igazolta, hogy egy fajtán belül az évgyűrűszélesség nagysága nem befolyásolja a nyár faanyagok sűrűségét és szilárdságát. Ezért teljesen indokolatlan a nyár termékeknél (pl. rakodólap) az engedélyezett maximális évgyűrűszélesség megjelölése.

## **A témában megjelent tudományos közlemények**

1. Németh R., Tolvaj L., Fehér, S., Paukó A., Varga F., Szóják P. Pásztori Z., Komán, Sz., Ábrahám, J. (2005): A hazai faanyag minőségi sajátosságainak vizsgálata. In. Molnár S. (szerk.): Erdő- fa hasznosítás Magyarországon. Lövér Print Kft., Sopron. pp. 157-166.
2. Molnár S., Komán Sz. (2006): A nyárfajták faminőségi és fatechnológiai tulajdonságai és felhasználásuk In. Tóth B. (szerk): Nemesnyár-fajták ismertetője. Agroinform Kiadó, Budapest. pp. 83-90.
3. Fehér S., Tóth B., Komán Sz., Ábrahám J.(2006): Különböző korú nyár és akác ültetvények fájának energetikai jellemzői. Kutatói nap. Alföldi Erdőkért Egyesület, Kecskemét. pp. 128-130. (konferenciakiadvány)
4. Molnár S., Fehér S., Komán Sz., Ábrahám J.(2006): Nyárfajták összehasonlító faanyagjellemezői az ipari felhasználás tükrében. Kutatói nap. Alföldi Erdőkért Egyesület, Kecskemét. pp. 101-109. (konferenciakiadvány)
5. Feher, S., Molnar, S., Koman, Sz., Abraham, J. Taschner, R. (2006): The effect of knots on the strenght and modulus of elasticity of Scots pine and poplar hybrids. Proceedings. The 56th Annual Meeting of the Japan Wood Research, Society in Akita. Aug. 8th-10th 2006. Japan, Akita. (előadás)
6. Molnár S., Fehér S., Komán Sz., Börcsök, Z. (2008): Ültetvényes faanyagok hasznosításának új módszerei és termékei. Kutatói Nap. Alföldi Erdőkért Egyesület, Kecskemét, pp. 145-150. (konferenciakiadvány)
7. Molnár S., Fehér S., Komán Sz., Ábrahám J. (2008): Az ültetvényes faanyagok minőségi sajátosságai. In. Molnár S., Führer E., Tóth B.: Az ültetvényes fagazdálkodás fejlesztése. Hillebrand Nyomda Kft., Sopron. pp. 30-35.
8. Molnár S., Fehér S., Tóth, B., Komán Sz., Ábrahám J. (2008): Energetikai faültetvények hasznosításának műszaki-technológiai

igényei és faanyagtudományi alapjai. In. Molnár S., Führer E., Tóth B.: Az ültetvényes fagazdálkodás fejlesztése. Hillebrand Nyomda Kft., Sopron. pp. 40-41.

9. Koman, Sz., Feher, S. (2010): The effect of knots on the strenght and modulus of elasticity of hybrid poplars, The 4th conference on hardwood research and utilization in Europe. Lővér-Print Nyomdaipari Kft., Sopron, Hungary, pp. 50-57. (konferenciakiadvány)
10. Молнар, Ш., Коман, С., Сабов, В.В. (2010): Исследование свойств древесины тополя, ее роля и использование II. tudományos internet-konferencia, Orosz erdők a XXI. Században, Szentpétervár (konferenciakiadvány)
11. Молнар, Ш., Борчок, З., Коман, С., Сабов, В.В. (2010): Роль быстрорастущих насаждений в увеличении биомассы древесины и сохранении окружающейсреды венгрии, III. tudományos internet-konferencia, Orosz erdők a XXI. Században. Szentpétervár pp. 8-11. (konferenciakiadvány)
12. Komán Sz., Molnár S., Fehér S., Ábrahám J., Tóth B.(2010): Nyár és akác ültetvények fontosabb energetikai jellemzőinek vizsgálata. Gép 2010/1-2 pp.29-32.
13. Komán Sz., Molnár S.(2010): Új kutatási eredmények a nyárfajták faanyag-tulajdonságairól Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatónapja nov. 4. Szolnok (poszter)
14. Fehér S., Komán Sz., (2011): Lombos fafajok energetikai tulajdonságai. TÁMOP-4.2.1 konferencia. febr. 03. Sopron. (előadás)
15. Koman, Sz. (2011): The effect of knots on the strength and modulus of elasticity of poplar wood, Georg-August University Göttingen, Scientific lectures at the Ph.D. seminar 09. November (előadás)