



Fűrészáru érintésmentes sűrűségmérése

UTASSY Viktor¹, DIVÓS Ferenc¹

¹ NymE FMK, FMK MSc. hallgató

² NymE FMK, Fa-és Papíripari Technológiák Intézet

Kivonat

Fűrészáru elektromágneses hullámok segítségével történő érintésmentes sűrűségmérésére dolgozunk ki gyors mérési lehetőséget. Ennek első állomása az ionizáló (gamma, röntgen) sugárzások és a faanyag kölcsönhatásának vizsgálata. Félvezető gamma detektor és szabad szintű Am-241 sugárforrás segítségével az átsugárzásos technika alkalmazásával határoztuk meg a faanyag sűrűségét. Vizsgáltuk a faanyag nedvességtartalmának hatását is a sűrűségmérésre. Magas (0,979) korrelációt találtunk az elektromágneses hullám elnyelése és a sűrűség között.

Kulcsszavak: fűrészáru, érintésmentes sűrűségmérés, gamma-sugárzás

Non-contact density determination of lumber

Abstract

Development of a non-contact density determination technique for wood and wood products has been started at the University of West Hungary. At the first stage, the interaction of low energy gamma ray and solid wood was investigated. High purity Germanium detector and Am-241 point source was used for the test. The effect of the moisture content on density measurement was investigated. High correlation was found between the absorption of the electromagnetic wave and the density.

Key words: lumber, non-contact density determination, gamma ray

Bevezetés

A fűrészáru sűrűségmérésének fontossága vitathatatlan, hiszen a faanyag tulajdonságai és minősége nagyban függ a sűrűségtől. Erre a vizsgálatra gyors és roncsolásmentes vizsgálatok a legcélszerűbbek, ipari alkalmazások esetén. A falemez iparban a teríték vastagságát izotópos módszerrel mérik, ellenőrzik. A faipar egyéb területein izotópos technikát jellemzően nem alkalmaznak. Ennek részben az izotópok felhasználásával kapcsolatos szigorú szabályozás az oka. Ennek ellenére a kutatás folyik ezen a téren is. Gamma-sugárzás segítségével a vizsgált faanyag belső sűrűség eloszlását vizsgálták (Macedo 2002) tomográfiaival és a korai-késői pászttakat is el tudták különíteni. Gamma visszaszórásos módszer alkalmazhatóságát mutatták fa sűrűségének mérésére a Debreceni Egyetemen (Divós 1996). A gammasugárzás és anyag kölcsönhatása a fotoeffektussal, Comton szórással és

párváltással jellemezhető. A vizsgálatokhoz felhasznált sugárforrás esetén a Comton szórással az egyik meghatározó kölcsönhatási forma. Ekkor a gamma-részecske elektronon szóródik és energiája csökken, és irányát megváltoztatja. A visszaszórás alatt a 90 foknál nagyobb szögben történő irányváltást értjük. Ez lehetőséget biztosít arra, hogy a sugárforrást és a detektort a vizsgált faanyag azonos oldalára helyezzük el. A nedvességeloszlást sikerrel térképezte fel a fa szárítása közben gamma-sugárzás segítségével egy ausztrál csoport (Davis 1993).

A faanyag egyik legkiemelkedőbb jellemzője a sűrűség, amely szoros kapcsolatban van a faanyag fizikai és mechanikai tulajdonságaival. Homogén anyageloszlású testeknél a sűrűséget a következő képlettel határozhatjuk meg:

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{g}{cm^3} \right]; \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad [1]$$

Inhomogén szerkezetű anyagnál, mint például a fa:

$$\rho = \frac{dm}{dV} \left[\frac{g}{cm^3} \right]; \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad [2]$$

A faanyag inhomogenitása, 3 fázisú rendszere (tömrfa, víz, levegő) miatt többfajta sűrűsége határozható meg. A fa sűrűségét több egymással kapcsolatban lévő tényező befolyásolja. Ilyenek a porozitás, a nedvességtartalom, a korai és a kései pászta aránya, a minta faanyagban elfoglalt helye, ökológiai tényezők (Molnár 2004, Sitkei 1994).

A sűrűség mérésére alkalmas több mérési módszer közül a legismertebb a térfogat és tömeg mérésén alapuló módszer. Végeznek mérést kizárólag tömegméréssel, és léteznek egyéb mechanikai módszerek is. Ezeknél a módszereknél nem megoldott azonban a technológiai sorba való beépítés (Molnár 2004, Sitkei 1994).

A folyamatos mérésre az elektromágneses hullámokkal történő mérés lehet a legalkalmasabb. E sugárzások egy részét az anyagok átengedik, egy részét viszont elnyelik. A radiokatív sugárzások közül az alfa- és béta-sugárzás nagyon hamar elnyelődik, ezért csak a gamma-sugárzás megfelelő erre a célra. Ismeretes azonban ennek a sugárzás típusnak a veszélyessége.

A gamma-sugárzás és az anyag kölcsönhatásának legintenzívebb formái a fotoeffektus, a Compton szórás és a párkeltés. Ezek előfordulási lehetőségei nagyban függenek a gamma-energiától. Alacsony energiánál (0,1 MeV alatt) a fotoeffektus, ezt követően a Compton szórás, és nagy (6 MeV) energiánál a párkeltés a jellemző kölcsönhatási forma. Ha az anyagon áthaladó részecskék számát a rétegvastagság függvényében ábrázoljuk, akkor kezdetben exponenciálisan csökkenő görbét kapunk. A gamma-sugárzásnak nincs hatótávolsága és a merőlegesen beeső gamma-nyalábok esetén teljesen tökéletes az exponenciális formula:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x \cdot \rho} \quad [3]$$

ahol:

I - az „ x ” rétegvastagságú anyagon áthatoló gamma-részecskék száma,

I_0 - elnyelő közeg nélkül áthaladt részecskeszám,

μ - tömegabszorpciós koefficiens [cm^2/g],

ρ - sűrűség [g/cm^3].

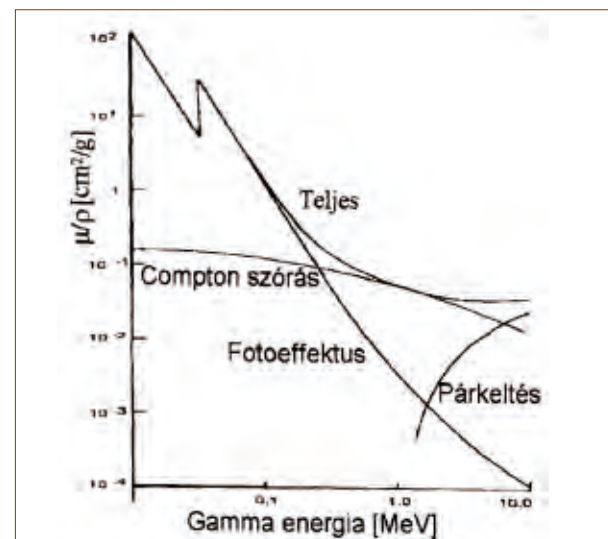
A formula kizárólag egymással párhuzamos gamma-részecskékre igaz, és egyaránt használható a fotoeffektusnál, a Compton szórásnál és a párkeltésnél (Szechey 2000, Virágh 1980, Virágh 1985, Divós 1999).

A gamma-sugárzás segítségével az átsugárzásos elrendezésben vizsgáltuk a sűrűségmérés lehetőségét és a sűrűségmérés hibáját. A sűrűség meghatározását kismértékben befolyásolja a faanyag nedvességtartalma. Külön vizsgáltuk ezt a hatást is.

Kísérleti anyagok és módszerek

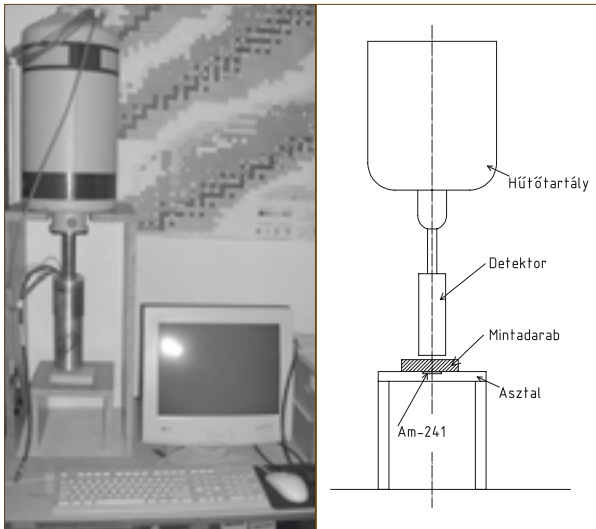
A kísérlet során 48 db 20 mm vastagságú próbatestet vizsgáltunk, melyek szélessége és vastagsága 6 és 15 cm között mozgott. A minták szélessége és hosszúsága a sugárzásos mérés szempontjából lényegtelen, ha a forrás és a detektor által meghatározott sugárzási teret a minta kitölti. A próbatestek különböző hazai fafajból (akác, gőzölt akác, bükk, tölgy, kőris, szil, juhar, dió, nyár, erdeifenyő, vörösfenyő, lucfenyő) készültek, hogy a hazai használat sűrűségtartományát lefedjük ($300-900 \text{ kg/m}^3$). A minták nedvességtartalma 13-14%-os volt.

A sugárzásos méréshez kis intenzitású sugárforrást, amerícium 241-es izotópját használtuk. Ezzel a forrással kb. 0,1 MeV gamma energia előállítására lehetséges, mely energiaszintnél Compton szórás és fotoeffektus a két kialakuló kölcsönhatás. Párkeltés létrejövetele lehetetlen (1. ábra). A mérőműszer félvezető, HpGe detektorral (GEM10P) rendelkezik. A sugárforrást egy kis asztalkába süllyesztettük, és az asztalra helyezett minta fölé állítottuk a detektort (2. ábra).



1. ábra A tömegabszorpciós koefficiens a fotoeffektus, a Compton szórás, a párkeltés és a teljes, azaz a három kölcsönhatás eredője gamma-energia függvényében NaJ közegre (Szechey B., 2000)

Figure 1 The massabsorbtió coefficient has 3 componets: photo effect, Compton scattering and pair generation. Its intensity depends on the gamma energy. Figure is generated for NaJ material. (Szechey B., 2000)



2. ábra A mérés sematikus elrendezése

Figure 2 The applied setup. (Asztal: table, Detektor: Detector, Hűtőtartály: Dewar)

A próbatestek sűrűségét először térfogat- és tömegméréssel határoztuk meg analitikai mérleg és tolmérő segítségével. Egy próbatestet 5 percig mértünk. A kis intenzitást hosszú mérési idővel kellett kompenzálni, mert rövid mérési idővel ilyen kis aktivitású sugárforrásnál nagy a mérési hiba lehetősége. Néhány mintán végeztünk olyan mérést is, ahol sugárzás közben mozgattuk a próbatestet, ezzel valamelyest imitálva a fűrészipari körülmények között fellépő rezgéseket. A mozgatott próbatesteknél nem észleltünk eltéréseket a nem mozgatott esethez képest.

A tömegabszorpciós koeficiens, a tömeg- és térfogatméréssel mért sűrűség függvényeként a 3. ábrán látható. A 4. ábrán az izotóppal mért sűrűséget ábrázoltuk a tömeg és térfogat mérésével nyert sűrűségértékek függvényeként. A számítások során használt képletek:

Tömegabszorpciós koeficiens [cm²/g]:

$$\mu = -\frac{\ln \frac{I}{I_0}}{\rho_1 \cdot v} \cdot 1000 \quad [4]$$

Sűrűség a tömeg- és térfogatmérésből [kg/m³]:

$$\rho_1 = \frac{m}{h \cdot l \cdot v} \cdot 10^6 \quad [5]$$

Sűrűség [kg/m³]:

$$\rho_2 = -\frac{\ln \frac{I}{I_0}}{\mu_{\text{átlag}} \cdot v_{\text{átlag}}} \quad [6]$$

I_0 - elnyelő közeg nélkül áthaladt részecskeszám, csúcs terület,

m - tömeg [g],

h - próbatest hosszúsága [mm],

sz - próbatest szélessége [mm],

v - próbatest vastagsága [mm].

$v_{\text{átl}}$ - próbatestek átlagos vastagsága [20 mm].

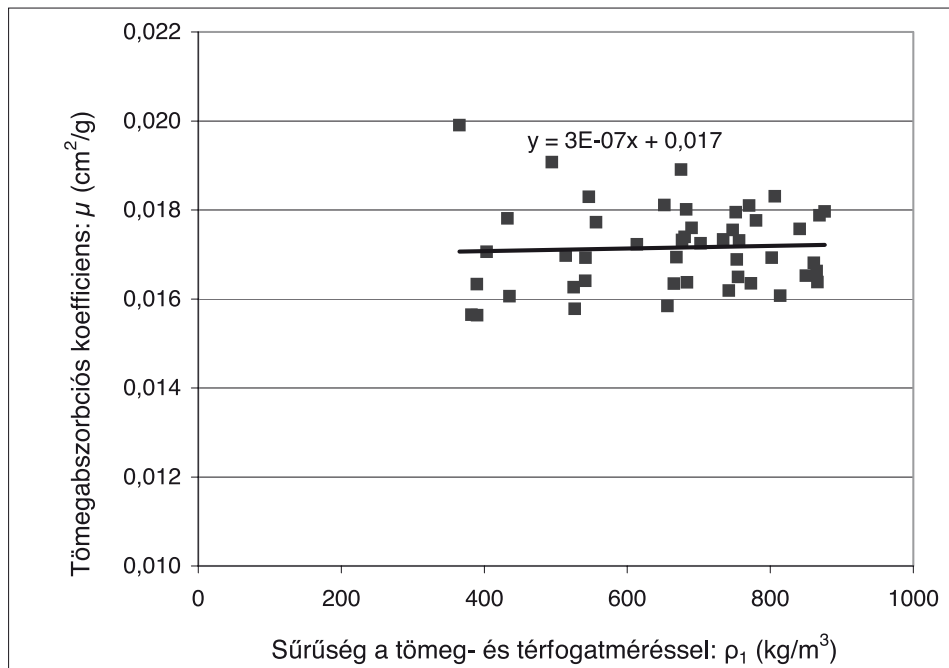
Eredmények és értékelés

A tömegabszorpciós koeficiens értékek szórása és relatív szórása 6% alatt van, amely ilyen kis intenzitású sugárforrásnál még elfogadható. Ezeket a viszonylag nagy statisztikai értékeket több tényező okozhatta. Az Am-241-es sugárforrásnál nagyobb aktivitású izotóp használatával kisebb lehet a relatív hiba. A mért tömegabszorpciós koeficiens értékét a sűrűség függvényeként a 3. ábra mutatja be, ahol egy majdnem vízszintes egyenest kaptam, melynek meredeksége $3 \cdot 10^{-7}$, ami elhanyagolhatóan kicsi. Ez azt jelenti, hogy a sűrűségmérésnél használt tömegabszorpciós koeficiens értéke nem függ a nedvességtartalomtól, korrekciót nem kell alkalmazni.

A tömeg-térfogat méréssel meghatározott, és a sugárforrással mért sűrűségek hányadosainak szórása is 6% alatt van, és az átlag százalékuk 100,37. Itt hibaforrás lehet a ρ_2 -nél használt névleges vastagsággal (20 mm) történő számolás is, mellyel szemben a térfogat mérésénél a valós értékkel számoltunk. A ρ_1 -t ábrázolja a ρ_2 függvényeként a 4. ábra. Itt látható, hogy a pontokra illesztett egyenes meredeksége 1,0151, ami kellően érzékeny sűrűségmérést tesz lehetővé. A 4. ábra eredményei az irodalmi adatokkal összevethetőek (Hang 1991).

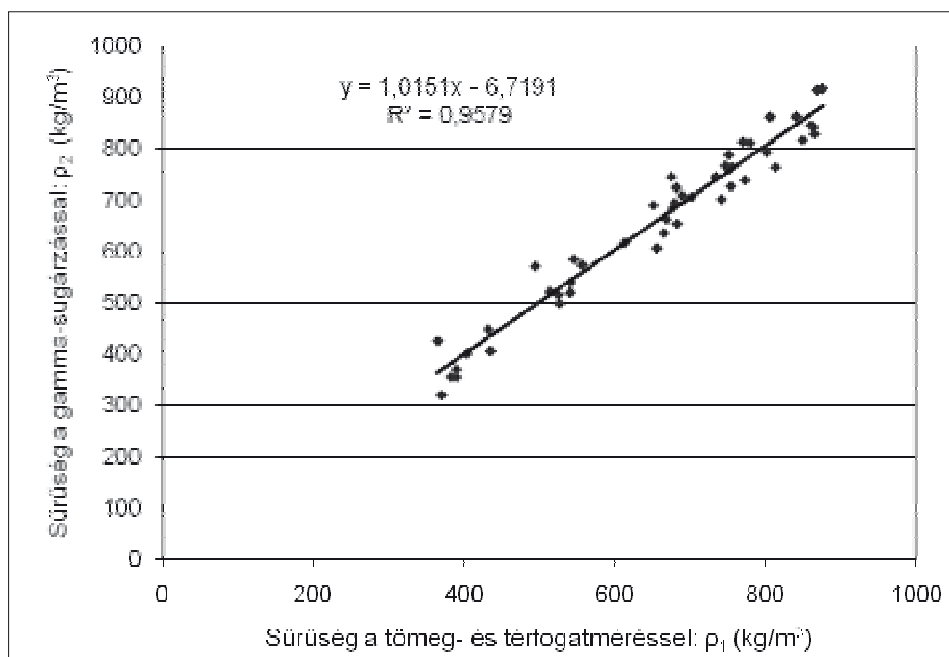
A tömegabszorpciós koeficiens értékét befolyásolja az átlagrendsám, a mintában levő kémiai elemek rendszámának súlyozott átlaga. A víz átlagrendszáma eltér a fáétól, éppen ezért a faanyag nedvességtartalma befolyásolhatja a mérést. Kiválasztottunk 6 különböző fafajú és eltérő sűrűségű próbatestet, melyeket 5 napig vízben áztattunk. A tömeg és térfogat mérésére az előző mérésekhez használt eszközöket alkalmaztuk. A mintákat ezután folyamatosan szárítottuk és 8 alkalommal sugárzásos sűrűségmérést végeztünk. A 8. alkalomnál abszolút száraz volt a faanyag.

A faanyag elemi összetétele eltérő termőhelyi viszonyok mellett, más-más korú fáknál eltérést mutat, emiatt a kémiai összetevők aránya az alábbiak szerint alakul: a széntartalom 49,5%, rendszáma: 6; a hidrogéntartalom 6,15%, rendszáma: 1; az oxigéntartalom 44,2%, rendszáma: 8; a nitrogén 0,15%, rendszáma: 7 (Németh 1997).



3. ábra A tömegabszorpciós koeficiens a sűrűség függvényében

Figure 3 The massabsorbion coefficient is independent on density



4. ábra ρ_2 a ρ_1 -nek a függvényében

Figure 4 Comparison of density ρ_1 measured by balance and ρ_2 measured by gamma ray

Ezekből kiszámítva a faanyag átlagrendszáma:

$$Z_{fa} = \frac{49,5 \cdot 6 + 6,15 \cdot 1 + 44,2 \cdot 8 + 0,15 \cdot 7}{100} = 6,58$$

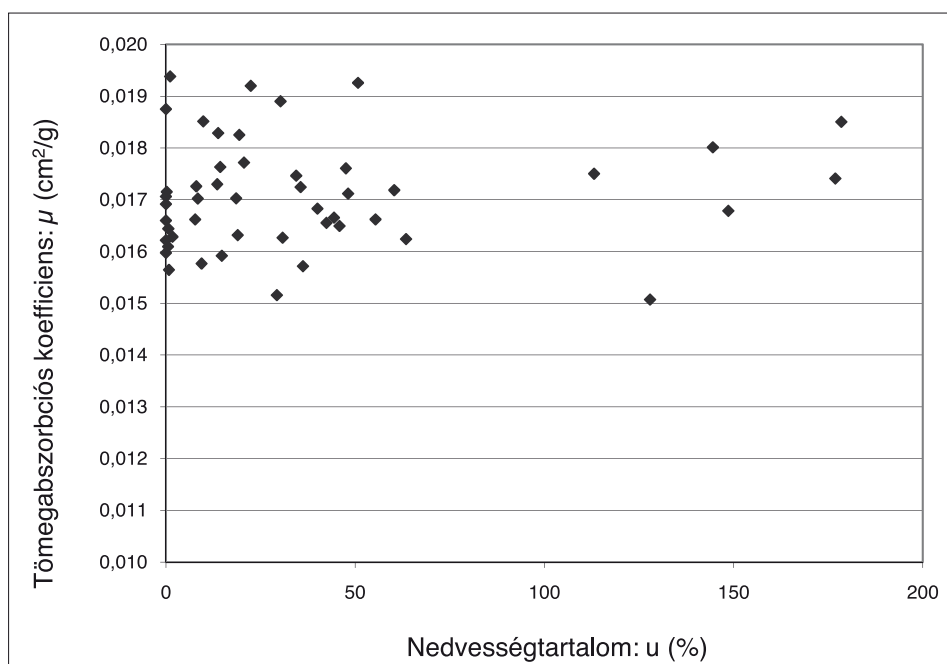
A víz H és O atomokból épül fel. A hidrogénnek relatív atomtömege 1, míg az oxigéné 16, így H 2/18-ad, az O 16/18-ad arányban van. A víz átlagrendszáma:

$$Z_{víz} = \frac{2}{18} \cdot 1 + \frac{16}{18} \cdot 8 = 7,22$$

Az eltérés elég kicsi, ezért például egy 100%-os nedvességtartalmú faanyag átlagrendszáma:

$$Z = \frac{7,22 + 6,58}{2} = 6,9$$

Ekkora eltérés csak kis mértékben változtatja meg a tömegabszorpciós koeficiens. Ábrázoltuk a tömegabszorpciós koeficiens a nedvességtartalom függvényében (5. ábra). A tömegabszorpciós



5. ábra A mért tömegabszorpciós koefficiens nedvességfüggése elhanyagolható

Figure 5 The massabsorbtion coefficient as the function of moisture content

koefficiens számításához ebben az esetben is a [4]-es képletet használtuk. A nedvességtartalmat a [7]-es képlettel határoztuk meg.

$$u = \frac{m_{\max} - m}{m} \cdot 100 \quad [7]$$

ahol:

m - az abszolút száraz faanyag tömege

m_{\max} - az aktuális nedvességtartalmon mért tömeg

Az 5. ábra bizonyítja, hogy a μ értékét a nedvességtartalom alig befolyásolja. A nedvességtartalom függést a mérési hiba elfedi. Irodalmi adatok szerint (Divós, 1993) a tömegabszorpciós koefficiens korrekciójára a 0-50%-os nedvességtartalom esetén nincsen szükség.

Összefoglalás

Végeredményképpen elmondható, hogy a módszer nagyobb intenzitásnál működőképes lehet, azonban alacsony intenzitás és hosszú mérési idő az iparban nem használható. Az ipari mérésekre is alkalmazható sugárforrás aktivitása már jelentős mértékben meghaladja az általunk használt szabadszintű forrás aktivitását. Az ilyen források tárolására, felhasználására szigorú előírások vonatkoznak, melyek betartása sok odafigyelést igényel. Fűrészüzemi mérésekre ezért nem volt lehetőség, azonban számításal megvizsgáltuk a sűrűségmérés relatív hibáját. A hibaforrás egyrészt a vastagság ingadozásából, másrészt a részecskeszám mérésének hibájából származik. A

részecskeszám mérésének relatív hibája a méréssorozatunk esetén 5,86%. A vastagság pontatlanság Gerencsér (2004) szerint szalagfűrésznél $\pm 1,5$ mm.

Míg egy vékony 16 mm-es lécnél $\frac{1,5}{16} \cdot 100 = 9,4\%$,

addig egy 200 mm vastagságú gerendánál csak $\frac{1,5}{200} \cdot 100 = 0,75\%$. Ezek alapján a készülék összesített hibaszázaléka a fűrészáru vastagságától függően

$$\sqrt{0,75^2 + 5,86^2} = 5,9\% \quad \text{és} \quad \sqrt{9,4^2 + 5,86^2} = 11,1\%.$$

Ezek a hibaértékek nagyobb aktivitású forrással akár 1–9,5% környékére is csökkenthetők a fűrészáru vastagságának függvényében.

Irodalomjegyzék

- Davis JR, Ilic J, Wells P (1993) Moisture content in drying wood using direct scanning gamma-ray densitometry. *Wood and Fiber Science*. V.25(2): 153-162
- Divós F (1993) Fenyő faanyagok roncsolásmentes vizsgálata. Kandidátusi értekezés, MTA
- Divós F (szerk.) (1999) Roncsolásmentes faanyagvizsgálat (Mérési útmutató). Egyetemi jegyzet, Sopron
- Divos F, Szegedi S, Raics P (1996) Local densitometry of wood by gamma back-scattering. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 54: 279-281
- Gerencsér K (2004) Fűrészipari technológia I. Fűrészcsarnok. Egyetemi jegyzet, Sopron

- Hoag ML, Krahmer RL (1991) Polichromatic X-ray attenuation characteristics and wood densitometry applications. *Wood and Fiber Science*. V.23(1): 23-31
- Macedo A, Vaz CMP, Pereira JCD, Naime JM, Cruvinel PE, Crestana S (2002) Wood Density Determination by X- and Gamma-Ray Tomography. *Holzforschung*. Vol.56, No.5: 535-540
- Molnár S (2004) Faanyagismeret. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Németh K (1997) Faanyagkémia (Kémiai szerkezet, reakciók). Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- Sitkei Gy (szerk.) (1994) A faipari műveletek elmélete. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Kft, Budapest
- Szechey B, Divós F (2000) Zaj-, rezgés- és sugárzásvédelem. Egyetemi jegyzet, Sopron
- Virágh E, Zöld E (1980) Radioaktív szennyeződések hatása a környezetre. BME MTI, Budapest
- Virágh E (1985) Sugárvédelem, Dozimetria. BME MTI, Budapest

A papírhulladék hasznosítása lapalapú biokompozit előállításához I.

TAKÁTS Alexandra¹, VARGA Norbert², TAKÁTS Péter³

¹ NymE FMK Informatikai és Gazdasági Intézet

² okleveles faipari mérnök

³ NymE FMK Fa-és Papíripari Technológiák Intézet

Kivonat

A kutatómunka során a nagy mennyiségben keletkező és papíripari célra is nehezen újrahasznosítható színes reklámújság lignocellulóz alapú kompozitban történő hasznosítására sikerült megoldást találnunk. A cél egy olyan biokompozit termék előállítása volt, melynek gyártása során külön, a kompozit mátrix részét biztosító kötőanyag nem került felhasználásra. Az így elkészített ökotermék a közepes sűrűségű farostlemezhez (MDF) hasonló fizikai-mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik. A színes újságpapírból készült rost a lapgyártás folyamatába könnyen beilleszthetővé válhat, miközben jelentős környezeti terheléstől képes közvetlenül megszabadítani a természetet. Az újrahasznosított hulladék papír felhasználásával készült lapalapú kompozitok így alkalmassá tehetők környezetbarát termékek tervezésére, kialakítására egy ún. ökodesign irányvonal bevezetése révén.

Kulcsszavak: : papírhulladék, rostkompozit, kötőanyagmentes, ökotermék, környezetorientált termékpolitika, ökodesign

Paper waste recycling in bio-composite boards - Part 1

Abstract

In the course of our research we have found a solution for recycling colour admag in a lignocellulose-based composite. These papers arise in huge quantities and are difficult to recycle, even in paper industry. Our aim was to produce a kind of bio-composite that doesn't require adhesives as a matrix. The eco-product generated this way has similar physical and mechanical attributes to a medium density fibreboard (MDF). Fibre made of colour newsprint can be easily adapted to board production, while nature is protected from