

A kísérletterv kísérleti beállításainak megvalósítása:

- Célrányosan készített termékkel/modellel
- Célrányosan megkeresett meglévő termékkel
- Célrányosan módosított meglévő termékkel
- A kísérleti beállítások értékelése, az ergonómiai tényezők teljesülési szintjének megítélése használati próbával
- A kísérletterv kiértékelése
- Jelentős hatású tervezési jellemzők meghatározása
- Jelentős kölcsönhatások azonosítása
- Matematikai (regressziós) modell meghatározása
- A jelentős hatású termékjellemzőkkel esetleges háromszintű kísérletek elvégzése, kiértékelése.
- Az eredmények gyakorlati implementálása: adott ergonómiai tényezők kívánt szintjét eredményező termékjellemzők megválasztása a regressziós modell segítségével.

Az előzőekben a QFD és a kísérlettervezés új lehetőségeit mutattuk be. A módszer kiegészítés lehet más, hagyományos módszerek mellett. Véleményünk szerint a kísérlettervezéses módszerben további lehetőségek rejlenek, melyek kihasználása nagyobb adatbázis megteremtésével lehetséges.

Irodalomjegyzék

- Barker T. B. (1990) Engineering Quality by Design, Marcel Dekker, Inc., ASQC Quality Press
- Dénes L. (2006) Új furnéralapú termék kifejlesztése kísérlettervezéssel, doktori értekezés, NymE FMK TGYI

- Hayes B.E. (1991) Measuring Customer Satisfaction, Development and Use of Questionnaires, ASQC Quality Press
- Horváth P. Gy. (2010) Épített és bútorozott környezet ergonómiájának elemzése, ergonómia gyakorlati alkalmazása, doktori értekezés, NymE FMK TGYI
- Iványi A. Sz. (1980) A gyártmányok versenyképességének fokozása értékelemzéssel, KIK
- Kemény S. (1998) Statisztikai minőség- (megfelelőség) szabályozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Kemény S., Deák A. (2000) Kísérletek tervezése és értékelése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Kindler J., Papp O. (1972) Komplex rendszerek vizsgálata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Koczor Z. (2000) Bevezetés a minőségügybe, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Kovács Zs. (2008) Minőségtervezés, elektronikus jegyzet, tgyi.fmk.nyme.hu
- Kovács Zs. (2009) Kísérlettervezés, elektronikus jegyzet, tgyi.fmk.nyme.hu
- Roozenburg N. F. M., Eekels J. (1995) Product Design, John Wiley & Sons
- Taguchi G. (2000) Robust Engineering, McGraw-Hill

Papírhulladék hasznosítása lapalapú biokompozit előállítására II.*

TAKÁTS Péter¹, VARGA Norbert², TAKÁTS Alexandra³

¹ NymE FMK Fa-és Papíripari Technológiák Intézet

² Okleveles faipari mérnök

³ NymE FMK Informatikai és Gazdasági 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 kerül 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, lehetővé téve ezzel egy környezetorientált termékpolitika létrejöttét. 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, öko-termék, környezetorientált termékpolitika, ökodeSIGN

Paper waste recycling in bio-composite boards - Part 2

Abstract

In the course of our research we have found a solution for recycling colour advertising papers in a lignocellulose-based composite. These papers arise in mass quantities and can be recycled even in paper industry with difficulties. Our aim was to produce a kind of bio-composite that doesn't contain any adhesives that constitute the matrix part of the composite. An eco-product generated this way has similar physical and mechanical attributes to medium density fiberboard (MDF). Fiber made of colour newspapers can easily be adopted to board production, while nature can be protected from significant environmental threats, allowing the development of an environment-oriented product policy. Composite boards produced by utilizing recycled waste paper can be used for designing and creating environment-friendly products by introducing a so-called eco-design trend.

Key words: paper waste, fibre based composite, adhesive-free, eco-product, environment-oriented product policy, eco-design.

Bevezetés

A papír évszázadok óta az egyik legtöbbet használt kompozit termék, melyet tovább feldolgozása során az alkotórészeinek eredeti esztétikai megjelenésétől eltérő színűre kell változtatni. A kiindulási rostanyagok általában sárgás árnyalatúak és mivel a kékes árnyalat fehérebbnek látszik, az általános gyakorlat az, hogy a rostanyagokat igyekeznek elkíteni. Színes papírokhoz a színárnyalat, színjelleg, színerősség, színtelítettség elérése érdekében megfelelő színű és mennyiségű színezéket kell hozzáadni. A színezékek ill. színhordozók különböző eredetűek és tulajdonságúak lehetnek: vízben oldódók és vízben nem oldódók. Színtartósságuk a különböző behatásokkal (víz, gőz, sav, lúg, hő, fény, stb.) szemben eltérő, de hamutartalmuk is különböző.

- Vízben nem oldódó ásványi festékek:
 - » természetes szerves ásványi festékek
 - » mesterséges szerves ásványi festékek

- Vízben oldódó és nem oldódó színezékek:
 - » természetes szerves színezékek (növényi színezékek)
 - » mesterséges szerves színezékek (anilin)
- Külön színezékként említhető a gázkorom.

A mesterséges szerves anilin színezékek bevezetése előtt kizárólag földfestékeket, mesterséges ásványi festékeket és növényi színezékeket használtak. Ezek használata és a színezés előtt közvetlen előállításuk körülményes volt. A szintetikus színezékek bevezetésével jelentős változás történt, mivel alkalmazásuk sokkal egyszerűbb, vízben könnyen oldódnak, nagy a színező képességük, élénk színűek és mindazonáltal olcsóbbak.

A színezék abszorpció útján kapcsolódik a rosthoz, e kapcsolódást a rost nedvszívó tulajdonsága is javítja (Rab, 1999). A fontosabb szerves színezékek növényi eredetű színezékek, melyek fényállósága kisebb, mint a földfestékeké és as-

*A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

This research - as a part of the Development of Student Talent Fostering at WHU, TAMOP 4.2.2. B-10/1-2010-0018 project - was sponsored by the EU/European Social Foundation. The financial support is gratefully acknowledged.

ványi eredetű festékeké, ezért ezeket ma már egyáltalán nem használják.

a.) A mesterséges szerves színezékek ezeket minden tekintetben pótolják:

- bázikus színezékek (jánus színezékek)
- savas színezékek (rezorcin, alizerin, fanal)
- direkt-, szusztantív színezékek (sirius, immediál vagy kryogén, kénes színezékek)
- pigment színezékek (fanal pépes, permanent)

b.) A földfestékek különböző elnevezésekkel kerülnek forgalomba:

- okker: barnássárga festék, vas-oxidot ill. vas-oxid-hidrátot és kaolint, néha mangánt is tartalmaz
- siennai föld: tiszta vas-hidroxid, vörösbarna festék.

A mesterséges ásványi festékek vízben nem oldódnak, szemcséik a földfestékekénél kisebbek, nagyobb festőképességűek, vasércet égetésekor nedves úton és körülményesebb eljárásokkal nyerik. Az ólomtartalmúak mérgező hatásúak is pl. a króm, sárga. Ezeknek az anyagoknak az alkalmazását ma már erősen korlátozzák. A mesterséges szerves színezékek első fajtája a bázikus színezékek, színezékbázisok sósavas sói, vagy színezékbázisok klór, cink kettsósói, nagy színező képességű, élénk színű, kisebb fényállóságú, olcsó színezékek, rövidebb használatra szánt papírok színezésére használják.

Belátható tehát, hogy a színes papírhulladék rendkívül komplex szerkezetű kompozit termék, melynek bármilyen újrahasznosítását nagymértékben befolyásolják a különböző adalékanyagok összetétele és mennyisége, különös tekintettel a színezőanyagokra.

A kutatómunka módszere

A kutatómunka során színes papírhulladék számára kerestünk egy olyan lehetséges hasznosítási módot, ahol elkerülhető az adalék- és színanyagok rendkívül költséges kémiai úton történő feltárása és eltávolítása, hozzájárulva ezáltal környezetünk fenntartható fejlődéséhez (Kerekes és Szlávik, 2003). A faipar területén előszeretettel alkalmazzák a közepes sűrűségű farostlemezt (MDF), mely farostalapú felépítésének köszönhetően homogén struktúrával rendelkezik, és széleskörű felhasználással bír (Winkler, 1999). A színes papírhulladék alkalmazásával – mint alternatív alapanyag lehetőséggel – ugyanakkor elkerülhetővé válna a rostfából, rendkívül energiaigényes módon történő aprítékképzés művelete, mivel a papír feldolgozása előaprítást követően egy előnyösen megválasztott utánaprítóval megoldható (Takáts, 2007). A kuta-

tómunka céljának tekintettük tehát, hogy laboratóriumi úton, színes papírhulladék felhasználásával, első lépésként kötőanyag alkalmazása nélkül, síkpréselt kompozitot állítsunk elő.

Felhasznált anyagok, előkészítés

A kísérletekhez felhasznált alapanyag közel azonos tulajdonságú és minőségű hulladék papírokból álló nyersanyag volt. Alapanyagként a lakossági hulladékból szelektív papírgyűjtés útján kinyert, kizárólag színes, magas fényű papírhulladék nyert alkalmazást. A színes papírhulladékot magazinok, reklámújság, folyóiratok, szórólapok, katalógusok, televízió műsorújság képezte. A színes papírhulladék mintavételezésére ismereteink szerint sem egységes elvek, sem egységes gyakorlat még nem alakult ki, ezért az alapanyagot a háztartásban elkülönítve tárolt színes papírból, ill. szelektív hulladék konténerekből gyűjtöttük be, majd átválogatás során eltávolítottuk a kísérletet zavaró idegen anyagokat (műanyag zacskó, gémpapoc, stb.). Az átválogatott és idegen anyagoktól mentesített színes papírhulladékot kötegekbe rendeztük a könnyebb kezelhetőség és szállíthatóság érdekében. Az előkészítésnél a faiparból ismeretes újrafeldolgozási technológiákból kiindulva a fokozatosság elvét követtük (osztályozás, durva aprítás, rostosítás). Az aprítás mechanikai úton történt egy VIKING GE 110 típusú aprítógéppel.

Rostosítás

A rostelőállítás során verőkések rostosító berendezést használtunk és arra törekedtünk, hogy kíméletes úton nagy mennyiségű ép rostot készítsünk (1. ábra). A feltárás során az alkalmazott conidur szita (2,0 mm) hatására a farostok felületén a mechanikai változáson kívül a hő és nedvesség hatására számunkra előnyös kémiai folyamatok is végbe mentek, melyek később elősegítették a rostok közötti adhéziót. A conidur szita alakosságánál fogva ugyanis az elemi rostsál-képződést biztosította a filcelődéshez, a lejátszódó hidrotermikus folyamatok pedig a papírban eredetileg bent lévő hőre lágyuló természetes alapú kötőanyagot (pl. kolofónium) a majdani kötéshez aktív állapotba hozta. A fenti-eket később raszter elektronmikroszkópos (REM) felvételekkel is sikerült igazolnunk.

Rostméret meghatározás, frakcionálás (ISO 3310)

A papírostok karakterizálását 8-10% rostnedvesség mellett a NymE Fa- és Papíripari Technológiák Intézete által üzemeltetett lézeres szemcseanalizáló



1. ábra Retsch Mühle SK1-es típusú rostosító berendezés

Figure 1 Retsch Mühle SK1 type grinder

berendezéssel végeztük (2. ábra). A mintavétel véletlenszerűen, a rendelkezésre álló rostanyagból történt. A gép egyszerre maximum 10 különböző lyukmérettel ellátott szitát volt képes befogadni. A rázási idő eltelével a program kérte a sziták anyaggal együtt történő, egymás utáni lemerését, fordított sorrendben, mint a mérés elején. Megállapításra kerültek az üres és a szitán fennmaradt anyaggal együtt mért tömegek különbségei, majd a program ebből százalékosan halmozott és egyéni eloszlást készített az egyes szitalyuk méretekhez, amit táblázatban, diszkrét számadatokkal tüntetett fel. Az egyes mérések különböző mérési paraméterek alkalmazásával történtek (1. táblázat).

Az első mérésből arra következtettünk, hogy az amplitúdót (A) a filcelődő anyag miatt 1,5 mm-ről 2,5 mm-re kell növelni és a rázás megszakításának időintervallumát sűríteni kell, hogy a filcelődés hatását csökkentjük. A különböző frakciók a rázás időtartama alatt ennek eredményeképpen egymástól megfelelő elkülönülést mutattak, miközben a rázás időtartamát (T) 30 percről 40 percre megnöveltük.



2. ábra A rostfrakció vizsgáló gép részei

Figure 2 Fibre fraction analysis setup

1. táblázat Az egyes mérésekhez tartozó üzemi paraméterek

Table 1 Measurement parameters for each test

Paraméterek*	A (mm)	T (min)	T _m (s)	m (g)
1. mérés	1,5	30	10	29,8
2. mérés	2,5	30	5	24,4
3. mérés	2	40	5	21,2
4. mérés	2,5	40	5	25,1

* A: rázási amplitúdó (mm), T: a rázás időtartama (min), T_m: két rázás megszakítása között eltelt idő (s), m: a mért mintamennyiség kezdeti tömege (g)

Terítékképzés, előpréselés

A rostosítást követően a farostlemezgyártásban a rostanyagot ragasztóval és adalékanyagokkal keverik. A kísérlet során kötőanyag tudatosan nem nyert alkalmazást, ez azonban nem zárja ki annak a lehetőségét, hogy a termék tulajdonságjavítása érdekében a jövőben esetlegesen érdemes ilyen kísérletet is végezni. A magas, „vattaszerű”, kissé labilis szerkezetű terítéket a hőpréselés előtt előpréseléssel tömörítettük a kezelhetőség érdekében. A kívánt sűrűségű lapokhoz (1000; 1200; 1400 kg/m³) felhasznált rostmennyiséget tömegméréssel állapítottuk meg; a terítéket 16x300x300 mm méretben készítettük, formázókeret segítségével. Valamennyi laptípusból 5-5 darab minta készült.

Hőpréselés

A hőpréseléskor általánosan ismert, hogy a tömörítés folyamata során a térfogati sűrűség, s vele a rugalmassági modulus érték is gyorsan növekszik. A rost alapú agglomerátumok préselés alkalmával viszkoelasztikusan viselkednek, ezért a nyomás-deformáció összefüggés az időtől, illetve a sebességtől is függ. Hő hatására a természetes anyagok plasztikussá válnak, ezáltal az adott térfogati sűrűség kisebb nyomással érhető el, s az összenyomott anyag a tehermentesítést követően kevésbé rugózik vissza, ugyanakkor az állandó nyomáson tartott anyag kúszik, vagyis tovább tömörödik.

A hőpréselés tehát egy komplex thermo-dinamikai folyamat, amelyben több, egyidejűleg és párhuzamosan lefolyó jelenség van kölcsönhatásban egymással. Ezt a kölcsönhatást használtuk ki, egy általunk kikísérletezett speciális préselési eljárás alkalmazása révén. A hőpréseléskor fellépő belső hőmérsékleti viszonyok gyakorlatilag közel azonosak a magas hőmérsékleten való szárítási viszonyokkal, így akár túlhevített gőz is kialakulhat. A fölmele-

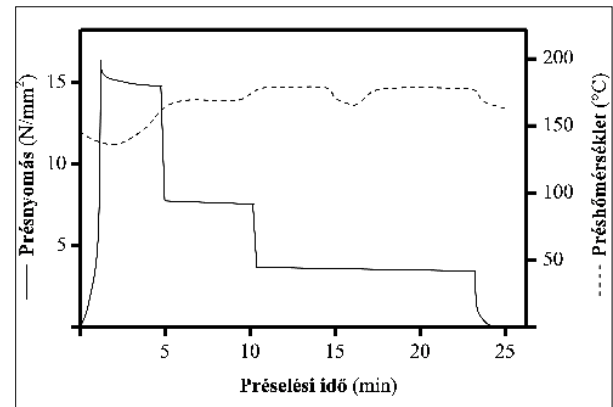
gedést követően egy közbülső szakaszban a belső hőmérséklet $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül állandósul, és ekkor a hő egy része a víz elpárologtatására fordítódik. A belső nyomás maximális értéke befolyásolja a lap minőségét, elsősorban a lapra merőleges húzószilárdságot. Ha a belső nyomás meghaladja az $1,0\text{ N/mm}^2$ értéket, akkor a présnyitást követően ún. „laprobbanás” is bekövetkezhet, ami rontja a lapra merőleges húzószilárdsági értéket. A fentiekén kívül a rostok geometriai méretei is alapvetően meghatározzák a belőlük készült lemez minőségi mutatóit.

Bizonyított tény, hogy minőség szempontjából alapvető szerepet játszik a rostátmérő, a hosszúság, farost esetén a sejtfal vastagsága, a lumen mérete és a rostok felülete is. A rostok tömöríthetőségét a sejtüreg-sejtfal vastagság viszony határozza meg. A vékony falú és nagyobb üregű sejtek jobban összenyomhatók. A papírost esetében ugyanakkor ezek a primer farostoknál tapasztalt hátrányos tulajdonságok már nem tapasztalhatók.

A rostfinomság növekedésekor nagyobb térfogati sűrűség, s ezzel nagyobb hajlítószilárdság érhető el, jelentős vastagsági dagadás és a vízfelvétel csökkenés mellett. A préselést egy SIEMPELKAMP $600\times 600\text{ mm}$ laboratóriumi hőpréssel végeztük átlagosan $185\text{ }^{\circ}\text{C}$ préshőmérsékleten. A nyomás és a présidő a sűrűségértéktől függően került beállításra. A 3. ábra egy tipikus présdiagramot mutat be.

Klimatizálás, kondicionálás

A lapgyártás egyik legfontosabb műveletének tekintendő a klimatizálás, mivel a hőpréselés után közvetlenül a meleg lemezek egymásra helyezve szilárdságuk jelentős részét elveszíthetik, ugyanis $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölött és viszonylag magas relatív páratartalom mellett ún. hidrolízis effektus jön létre, amely jelentős szilárdságcsökkenést – a kötések felbomlását – eredményezi. A kompozitlemezeket ezért tárolás előtt élükre állítva lehűtöttük, majd a későbbi vetemedések elkerülése érdekében a lapokat egymásra helyezve és súllyal terhelve két napig állni hagytuk, ezáltal lassabban, kíméletesen hűltek le és az egyensúlyi nedvességtartalmuk is fokozatosan állt be. Ezt követően klimatizálásnak vetettük alá, ami 4-5 nap időtartamú, továbbá $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet és 65% relatív légnedvesség-tartalom mellett történő tárolást jelentett. A hőprésből kikerülő lapok hőmérsékletének fokozatos csökkentése és végző nedvességtartalma ugyanis sarkalatos pontként jelentkezett a végszilárdság kialakulásában. Mivel nem



3. ábra Présdiagram – a hőmérséklet és a nyomás viszonyai egy tipikus lemez esetében

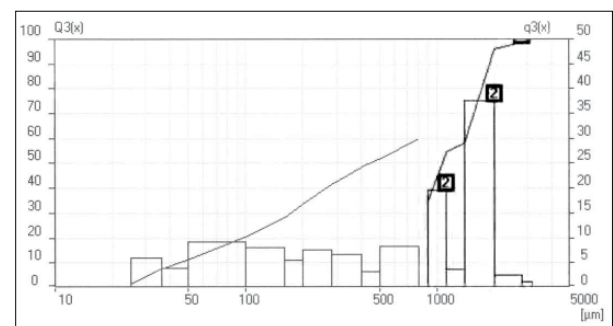
Figure 3 Press diagram – temperature and pressure characteristics for a typical panel

kevertünk a rostokhoz külön kötőanyagot, így az eredetileg a papírban lévő, a gyártás során alkalmazott kötő- és adalékanyagok vettek részt a szilárdulás folyamatában.

Eredmények

Rosteloszlás

A mérések során egyértelműen bizonyítást nyert, hogy a lapszerkezet, ill. a későbbi laptulajdonságok szempontjából döntő jelentőséggel bír a mindenkor alkalmazott aprító gép felépítése és rostosítás technológiája, valamint az előállított roststruktúra. Az eredmények oszlop- és vonaldiagram formájában a lyukméret és a százalék függvényében kerültek ábrázolásra (4. ábra). A vizsgálat során a $25\text{ }\mu\text{m}$ -es szemcsénél kisebb méret csak elenyésző mennyiségben volt jelen a mintában. A bemért mennyiségben jó közelítéssel a szemcseméretnek egyenletesen oszlottak meg. A mintában előforduló további szemcseméretetek 36, 50, 100, 160, 200, 280, 400, 500, 800, 1000, 1250, 1400, 1600, 1800, 2240, 2800,



4. ábra A 4. rostfrakció minta vizsgálatának eloszlási grafikonja – $Q_3(x)$ súlyeloszlás (%); $q_3(x)$ sűrűség eloszlás (%)

Figure 4 Distribution diagrams for fibre fraction sample nr. 4. – $Q_3(x)$ mass distribution (%); $q_3(x)$ density distribution (%)

3150, 3550 μm . A vizsgálatból kihagytuk a további megfigyelésből azokat a szemcseméretű szitákat ahol 0,0%-os eloszlás adódott (1000-3550 μm), ezzel magyarázható hirtelen szitályuk méret növekedés a grafikon vízszintes tengelyén.

Laptulajdonságok

Az elkészült lemezek sűrűségét, vastagsági dagadását és hajlítózilárdságát a megfelelő MSZ EN szabványok szerint értékeltük (2. táblázat). A lapsíkra mérőleges csavarállósági vizsgálatot UNI 6952 Typ AB 4,2x38 csavarral (magátmérő: 2,9 mm) és 12 mm csavarási mélység alkalmazása mellett végeztük el a Fa-és Papíripari Technológiák Intézet Roncsolásmentes Faanyagvizsgáló Laboratóriuma által kifejlesztett készülékkel (Gergely, 1999) (5. ábra).

A farostlemezre vonatkozó előírásokat tartalmazó 2. táblázat, és a kifejlesztett lemezek tulajdonságait összefoglaló 3. táblázat alapján megállapítható, hogy:

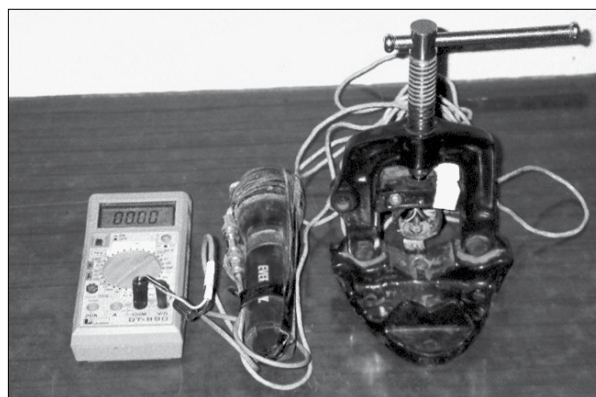
- A hajlítózilárdsági értékek alakulása egy esetben kötőanyag nélkül is megközelítette az MDF lap értékét, ugyanakkor negatívumként meg kell említeni, hogy mindez igen magas sűrűségi érték mellett történt.
- A csavarállóság tekintetében azonban jó értékek adódtak. Mindegyik esetben megfelel a kívánt követelményeknek.

2. táblázat A rostlemezre vonatkozó követelmények (MSZ EN 622-1-5.)

Table 2 Standard values for fibre boards according to MSZ EN 622-1-5

Megnevezés	MDF lapvastagság (mm)				
	<6	6-12	12-19	19-30	>30
Sűrűség kg/m ³ (MSZ EN 323)	560-900	560-900	560-900	560-900	560-900
Nedvességtartalom % (MSZ EN 322)	4-11	4-11	4-11	4-11	4-11
Vastagsági dagadás 24 órás % (MSZ EN 317)	30	15	12	10	8
Hajlítózilárdság N/mm ² (MSZ EN 310)	23	22	20	18	17
Lapsíkra merőleges csavarállóság (N)	-	-	1050	950	950

- Komoly hátrányt jelent viszont a vastagsági dagadás érték alakulása. A papír rendkívül higroszkópos anyag. A kétórás áztatás után a szerkezeti integritás (összetartás) majdnem teljesen megszűnt, olyan mértékben, hogy a próbatetek terhelésre már teljesen alkalmatlanok voltak, kötőanyag nélkül ugyanis külső erőhatásra már réteges elválást mutattak.
- A papírost alkalmazása azonban új lehetőségként értékelendő a rostalapú kompozit lemezek területén, különös tekintettel az esetleges alapanyag kiszélesítés területére.



5. ábra Csavarállóság vizsgálati berendezés

Figure 5 Screw withdrawal testing setup

3. táblázat A kifejlesztett biokompozit termék legfontosabb tulajdonságai

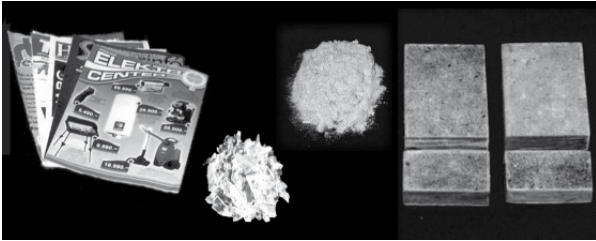
Table 3 Characteristic values of the developed biocomposite panel

Megnevezés	Biokompozit	
Sűrűség kg/m ³ (MSZ EN 323)	900 kg/m ³ <	
Nedvességtartalom % (MSZ EN 322)	9 ± 3	
Vastagsági dagadás % (MSZ EN 317)	80	
Hajlítózilárdság N/mm ² (EN 310)	1000 kg/m ³	8
	1200 kg/m ³	13
	1400 kg/m ³	26
Lapsíkra merőleges csavarállóság N (MSZ 2364)	1000 kg/m ³	1052
	1200 kg/m ³	1055
	1400 kg/m ³	1058

Összefoglaló

A lemezek tulajdonságait és felhasználási területét vizsgálva megállapítottuk, hogy:

- A papírost mint alapanyag már önmagában is környezetkímélő tulajdonsággal bír, az általunk

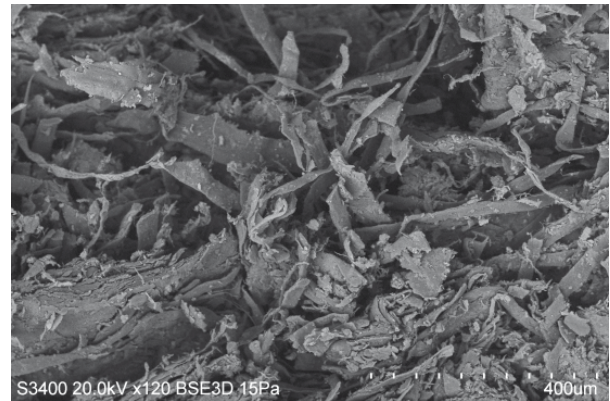


6. ábra Az alapanyagtól a végtermékig

Figure 6 From raw material to final product

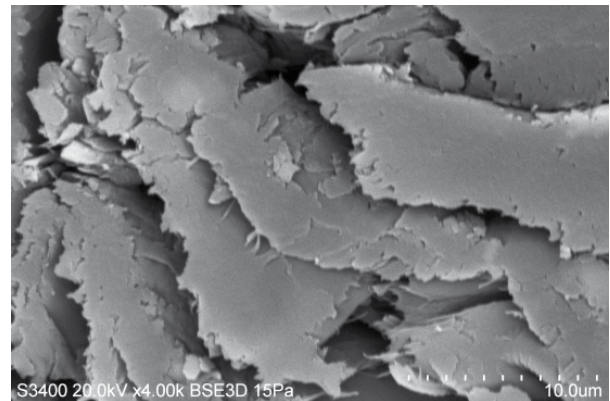
javasolt viszonylag egyszerű újrahasznosítási módja miatt pedig sok lehetőséget rejt magában ez a biokompozit termék.

- Ez a fafelhasználási mód megoldást kínál a színes papír újrahasznosításának környezeti problémáira, mivel a papíripari újrahasznosítással szemben lényegesen környezetkímélőbb ez a feldolgozási technológia.
- Az alapanyag-ellátást vizsgálva könnyen beláthatjuk, hogy nagy mennyiségben előforduló viszonylag olcsón és könnyen beszerezhető anyagról van szó.
- A technológia teljes körű kidolgozása és alkalmazása új dimenziókat nyithat meg a papírhulladék hasznosítása, ill. a lignocellulóz kompozit termékek terén (6. ábra).
- A színes papír hulladék thermo-viszkoelasztikusan viselkedik, így a nyomástartás javítja a belső sűrűségeloszlást a lapban.
- A hőprésből kikerülő lapok hőmérsékletének fokozatos csökkentése és a hidroszkópikus egyensúlyi állapot hatására azt követően beálló egyensúlyi nedvességtartalom (9,0%) a legfontosabb tényezők a szilárdsági tulajdonságok szempontjából.
- A gyártás során mivel nem kevertünk a rostokhoz külön kötőanyagot, így a szilárdulás folyamatában csak a papírban eredetileg bent lévő termoplasztikus kötő- ill. adalékanyagok vettek részt. A rost-rost kapcsolatok és a cellulóz molekulák közötti másodlagos kémiai kötések jelenlétét a REM felvételek is egyértelműen bizonyítják (7. és 8. ábra).
- A kísérletek során kapott eredmények a bútoriparban használt MDF lemezek követelményeit megközelítették, azonban csak azoknál jóval magasabb sűrűség mellett.
- A kötőanyag felhasználása további tulajdonságjavító szereppel bírhat, csökkentve ezzel a fokozott higroszkóposág okozta hátrányokat és javítva a felhasználhatósági lehetőségeket ezen új ökotermék számára.



7. ábra Rost-rost közti kapcsolat a lapszerkezetben (nagyítás: 120x)

Figure 7 REM of fibre-to-fibre adhesion within the panel (Magnification 120x)



8. ábra Rostkapcsolat és másodlagos kötések a papírlemez vágásfelületén (nagyítás: 4000x)

Figure 8 Fibre-to-fibre adhesion and intermolecular bonding on the cut surface of paperboard (Magnification: 4000x)

Irodalomjegyzék:

- Rab A. (1999) A papír újrahasznosítása; doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron
- Winkler A. (1999) Farostlemezek, Mezőgazdasági Szaktudás Könyvkiadó, Budapest
- Molnár S. (2000) Faipari kézikönyv I., Faipari Tudományos Alapítvány
- Kerekes S., Szlávik J. (2003) A környezeti menedzsment közgazdasági eszközei, KJK Kerszöv, Budapest
- Náray-Szabó G. (2006) Fenntartható a fejlődés? Akadémiai Kiadó, Budapest
- Gergely L. (1999) Csavarállóság mérése. In: Divós F. szerk. Roncsolásmentes faanyagvizsgálat, Mérési útmutató, Soproni Egyetem, Sopron 25-31. old.
- Takáts P. (2007) Szeretlen kötésű kompozitok, ankönyv, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 122 old.