

Keywords: paper research, Poland

## 50 éves a lengyel Cellulóz és Papíripari Kutató Intézet, az ICP

### Az indulás egykori diák-szemtanújának visszaemlékezése

A magyar Papíripari Kutató Intézet sorsához nagyon hasonló lengyel Cellulóz- és Papíripari Kutató Intézetéről – az ICP-ről több tárgyilagos szakmai értékelés látott napvilágot, nemcsak a mostani jelentős kerek évforduló alkalmából, hanem már a korábbi kerek 30. és 40. évszámokkal kapcsolatban is.

Mielőtt ezekből néhány szemelvényt felvillantok, engedjék meg, hogy ennek néhány személyes vonatkozását is felelevenítsem, elfogultságomat és kellő szubjektívításomat előre is igazolandó.

1950-ben állami csereösztöndíjasokként Lengyelországba kerültünk egyetemi tanulmányok folytatására. Négyen a textil- és papíripar fellegvárába, Lódzba. Kettőnket a magyar felsőoktatás textilvegyszé szakra irányzott elő, de csak ott derült ki, hogy az ilyen irányú oktatás teljesen más karokon folyik. Új szakot kellett választani, ha nem akartunk 2 évet ismételni. Szakválasztásunkban 1952-ben az akkor frissen megalakult ICP volt a segítségünkre. Az intézet első igazgatónöje, P. Marchlewska a napi sajtóból szerzett tudomást arról, hogy az ottani Műegyetemen magyar diákok tanulnak. Megkerestetett bennünket és meghívott egy rövid beszélgetésre, melynek fő célja az volt, hogy fordítsuk le a magyar Papír- és Nyomdatechnika c. folyóirat tartalomjegyzékét, hogy tudják, mivel foglalkoznak magyar kollégáik. Ezt követően érdeklődött tanulmányaink és közérzetünk felől. Hallván szakválasztási dilemmáinkat, nagy energiával és meggyőző erővel ecsetelte a cellulóz- és papíripar szépségeit, lehetőségeit. Nem kis mértékben ennek az élménynek hatására választottuk Máthé Zoltán kollégámmal együtt fél év múlva a papíripari szakot, amelyen általános, majd szakmérnöki un. magiszteri diplomákat szereztünk és az ott kapott ismereteket hasznosítottuk 50 éven keresztül a hazai, illetve Zoltán a magyar, az USA-beli és a lengyel papíriparban. A Kutatóintézettel a tanulmányaink során mindvégig és azt követően több évtizeden keresztül aktív kapcsolatban voltunk és végigkísértük fejlődését, küzdelmét és átalakulását (1.fotó).

A papírgyártás Lengyelországban nagy múltra tekinthet vissza. Gyökerei 1491-re nyúlnak vissza. Az ország hányatott sorsa mellett is a papírgyártás mindvégig jó közepes szinten fejlődött és arányosan alakultak ki a kapcsolódó szakmai és háttéripari intézmények. E fejlődést jól segítette a számottevő papíripari gépgyártás is.

A műszaki-tudományos fejlődés fontos állomása volt az ICP megalakulása 1952. január 1-én, Lódz-ban. Már 1945 óta a Włocławeki Cellulóz- és Papírgyárban működött egy központi Papírvizsgálati laboratórium, amelyet később Lódz-ba telepítettek át. Ezen a bázison jött létre az ICP.



1.fotó. Máthé Zoltán és Juhász Mihály 1952 tavaszán

Az ötvenes évek elejére tehető az is, hogy a Lódzi Műegyetemen két tanszéken megkezdődött a Cellulóz- és Papírtechnológia, valamint a Papíripari Gépgyártás c. tantárgyak oktatása. Az újjáépítési és fejlesztési célokat egyaránt szolgáló harmadik fontos intézmény a Cellulóz- és Papíripari Tervező-Fejlesztő Intézet létrehozása volt. A háború szétszórtságából visszatérő kiváló szakemberek, mint a mi professzoraink is, élén dr. Edward Szwarczisztajnnal, aktív részt vállaltak az oktatásban, a kutatásban, sőt igen gyakran a tervező fejlesztő munkálatokban is. Az egy városban történt intézményi koncentrációnak ez nagy előnye volt és ebből minden intézmény, ezen keresztül az egész szakma sokat profitált.

Az ICP megalakulásának és fejlődésének első két évtizede megegyezik a magyar és a hasonló közép-európai országok papíripari kutatóintézeteinek fejlődésével. A vizsgálati és kutatási módszerek kifejlesztése, a szabványosítási munkálatok beindítása, a műszaki dokumentáció és tájékoztatás megszervezése, valamint a papírgyárak minőségvizsgáló laboratóriumainak szakmai felügyelete állt a kezdeti időszakban a közepontban.

Az ICP a hetvenes évek közepére nagy intézettel nőtte ki magát kb. 250 fős létszámmal, széleskörű tudományos kutatói tevékenységgel és kiterjedt KGST és nyugati szakmai kapcsolatokkal.

A lengyel gazdasági fejlődés megtorpanása, majd súlyos társadalmi, politikai és gazdasági válságba torkolása jelentősen érintette ezt a szakterületet is. Ezt az időszakot a túlélésért folytatott küzdelem jellemezte.

A rendszerváltás első évei még tovább fokozták az amúgy is meglévő mindennapi nehézségeket, de a ki-

lencvenes évek közepe óta sok tényezőnek köszönhetően beindult az általános országos fejlődés és kilábaltak a mély gödörből. Az ezredfordulót Lengyelország ismét biztató kilátásokkal köszönthette és a közelmúlt eseményei EU-érettségüket bizonyította.

Az intézet is nagy változásokon ment keresztül. Létszáma 70 főre csökkent. Ugyanakkor sikerült megtartani, sőt gyarapítani értékes kutatógárdájuk magját, benne 10 tudományos fokozattal rendelkező munkatársukat. Tevékenységüket széleskörű vállalkozási palettával bővítették. J. Stufka-Olczyk kutatójuk megvédte akadémiai doktori disszertációját.

A fő kutatási és egyéb tevékenységet dióhéjban az alábbiakban lehet összegezni:

**A nyersanyagbázis fejlesztése** mindvégig a lengyel papíripar egyik kulcskérdése, így ennek kutatása igen előkelő helyet foglalt el mindmáig. A fenyő és lombosfa mellett az egyvári növények (len, kender) is gyakran szerepelnek a kutatói témák között, de a fő hangsúly a gyártási folyamatok optimalizálására, a kioldott anyagok hasznosítására, valamint a környezetvédelmi kérdésekre irányult;

**a papír- és kartongyártás technológiai vonalon** a papírhulladék újrahasznosítása, az új termékek kifejlesztése és a hazai segédanyagok hasznosítása szerepelt a kutatásokban;

**a speciális technológiák és a papírfeldolgozás** területén az azbesztkéntes szűrő és más papírok, kartonok, különleges másolópapírok, öntapadó és fénykibocsátó papírok, valamint a járművek gyártásában szükséges műszaki termékek kifejlesztése volt előtérben;

**a minőségvizsgálati** kérdések közül a szabványosításhoz kapcsolódó vizsgálati módszerek (ISO, EN), a nehézfémek és a fenol meghatározása a papíripari termékekben, valamint a csomagolóeszközök megfelelőségi vizsgálatai kaptak különleges hangsúlyt. 1996-ban akkreditációt szereztek, 1998-tól pedig megszerezték a jogosultságot ISO minőségtanúsításra való felkészítésre;

**a környezetvédelem** széles sávján belül a káros anyagok kibocsátásától, az AOX- és a dioxintartalom meghatározását, a vízszennyeződés minimalizálását, az üledékanyagok hasznosítását emelték ki. Új mikrobiológiai laboratóriumot hoztak létre a szennyvizek biológiai vizsgálatára;

**az általános szolgáltatások** csoporton belül újdonság a tudományos adatbank létrehozása, a műszaki-tudományos tájékoztatás és dokumentáció újjászervezése, továbbképzések beindítása és széles együttműködés más vizsgálati-kutatási szervezetekkel és mérőállomásokkal.

Az ICP vállalkozik teljes körű laboratóriumi, fűlüzemi és nagyüzemi kísérletek lefolytatására és sikeres elvégzésére. Fűlüzemi gyártóbázisukon eredményes kísérletek folynak a nem cellulózalapú papírok kifejlesztésére.

Nagy figyelmet fordítanak a kutatási, vizsgálati és mérőműszerek és berendezések fejlesztésére. Pl. a

svéd Lorentzen and Wettre céggel kooperációs szerződést kötöttek mérőeszközök országos karbantartására, (2. fotó)

A rendszerváltás utáni évtized egyik legjelentősebb átfogó munkája volt az intézetnek az 1998-2000 között a „Lengyel papíripar fejlesztési lehetőségei a növekvő nemzetközi versenyhelyzetben” c. szintetizáló tanulmány az ottani OMFB megbízásából és koordinálása mellett.

Sok sikeres termékfejlesztési kutatásuk egyik gyöngyszeme az egészségügyi kötszerek új rostanyagainak kifejlesztése, amelyet mint találmányt a brüsszeli Eureka 2001 találmányi zsűri Arany Oklevéllel tüntetett ki. (3. fotó)



2. fotó. Dobozok szilárdságát vizsgáló készülék



3. fotó. Euréka-oklevél

Szakkönyvtárunk 4418 szakkönyvvel, 180 lengyel és külföldi folyóirattal és 15769 speciális kiadvánnyal rendelkezik, amelyek főként szabadalmak, kutatási jelentések és szakmai előírások.

Adatbankjuk szakmai rekordokat is vezet évente kb. 120 darabot. Az állomány jelenleg 18928 rekord.

Külön szolgáltatás az ágazati szabadalmi tájékoztatás.

A jövőben az eddigi tevékenységet sokoldalú szolgáltatásként kívánják bővíteni a kis- és középvállalkozások számára, az uniós követelményekre szeretnék felkészíteni a szakmai közvéleményt, gazdasági és szakmai tanulmányokat készítenek megrendelésre, valamint célapítványokkal és célprogramokkal bővítik az együttműködésüket.

Az intézet jelenleg évente 60-70 publikációt ad ki. Résztvesznek a szakmai közéletben, a szakirodalomban, az egyesületi munkában és a továbbképzésekben.

A lengyel papíripar mély országos válsága és visszaesése után egyre inkább magára talál. A magyarnál néhány évvel később induló privatizáció egyre jobb eredményeket hoz. A 35 cellulóz- és papíripari vállalat együttes termelése újból elérte, sőt meghaladta az 1 millió tonnás évi rostos féltermékgyártást és a 2 millió tonnás évi papír- és kartongyártási szintet. A papírfogyasztás közelít a 70 kg/fő évi szinthez. Gombamód szaporodnak a papírfeldolgozó vállalkozások, számuk közel van a 3000-hez.

Az uniós csatlakozás tovább gyarapíthatja a harmonikus nyersanyagforrásokkal, többek közt komoly favagyonnal rendelkező középmeretű európai ország cellulóz- és papíriparának további dinamikus fejlődését.

Az eddigi eredményekhez az ICP mindvégig jelentősen hozzájárult és szerepe várhatóan a jövőben még

fokozódik. Sikerekben gazdag további utat kívánunk a jövővé, szépmúltú intézetnek.

**Juhász Mihály**  
ny. vezérigazgató  
az International Paper Hungary  
szaktanácsadója

Keywords: porosity, pore volume, pore radii, apperent porosity, water take up, mercury porosimetry.

## A papírban lévő pórusok szerkezete, azok mérete és meghatározásának módja

Hernádi Sándor\*

Az a feltételezés, mely szerint a papírok tulajdonságait és a különböző kölcsönhatások során tapasztalt viselkedését a papír szerkezete határozza meg, sikeres bizonyítást nyert. A papír egy különleges heterogén rendszer, melyben egy bonyolult üregrendszert vesz körül egy szilárd vázszerkezet. Az üregrendszert jelen esetben, mint a papírban lévő pórusok rendszerét definiálhatjuk térfogatuk, illetve az egyedi pórusok mérete szerint.

A papír porozitása a pórusok térfogatának a papír térfogathoz viszonyított aránya. A papírban lévő pórusok hozzávetőleges térfogatát a papír sűrűségéből és az abszolút száraz növényi rost sűrűségéből lehet számítani ( $1,5 \text{ g/cm}^3 - 1,56 \text{ g/cm}^3$  közötti értékeket adnak meg az egyes kutatók).

A papír térfogattömege a lap vastagságából és területi sűrűségéből az alábbiak szerint határozható meg:

$$T_f = \frac{G_f}{v \cdot 1000} \quad (1)$$

ahol  $G_f$  = területi sűrűség,  $\text{g/m}^2$   
 $v$  = vastagság, mm

Mivel a papír vastagságát, illetve területi sűrűségét légszáraz papír esetében határozzuk meg, a pórustérfogat meghatározásakor figyelembe kell venni a papír pórusaiban lévő nedvességet is.

Ezek szerint a pórustérfogat:

$$V_f = \frac{G_f \cdot \left( \frac{G_r \cdot (1-N)}{1,5+1,56} + G_r \cdot N \right)}{G_r} \quad (2)$$

ahol  $G_f$  = területi sűrűség,  $\text{g/m}^2$   
 $T_f$  = térfogattömeg,  $\text{g/cm}^3$   
 $N$  = nedvesség, g/g rost

A műveletek elvégzése után:

$$V_f = \frac{1}{T_f} \cdot \left( \frac{(1-N)}{1,5+1,56} + N \right) \quad (3)$$

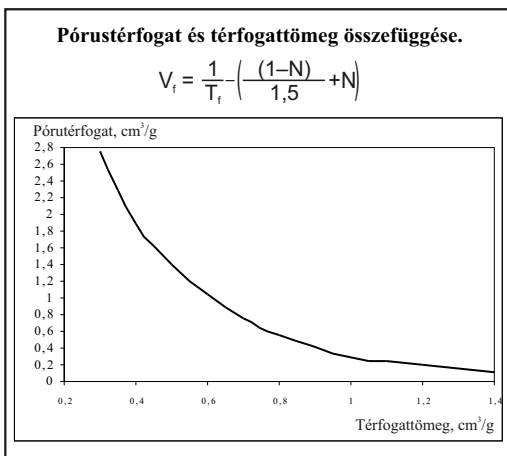
\* Papíripari Kutatóintézet Kft.

A papír nedvességét 4 – 8% (0,04 – 0,08 g/g rost) közöttinek, az abszolút száraz növényi rost térfogattömegét 1,5-1,56 közöttinek véve, a (3) képletben lévő

$\frac{(1-N)}{1,5+1,56} + N$  kifejezés értéke 0,7 – 0,655 között vál-

tozik. Ezt az értéket kell kivonni a térfogattömeg reciprok értékéből (egyébként ezt az értéket a papír volumenitásának is nevezik).

1. ábra



Az adott  $T_f$  ismeretében, az abszolút száraz rost térfogattömegét 1,5 -nek véve a  $V_f$  értékét az 1. ábra szemlélteti.

A fenti összefüggés alapján számolt pórustérfogat csak közelítő értékű, mivel nem veszi figyelembe a papír érdeségét és ezt is kvázi beleveszi a pórustérfogatba, valamint nem veszi figyelembe, hogy a duzzadás következtében a papír mérete légszáraz

állapotban nagyobb, mint abszolút száraz állapotban.

Viszonylag egzaktabb eredményt kapunk a papírlap benzolba, vagy dioxánba való bemelegítésével. Mérése a száraz, illetve a folyadékkal átitatott minta tömegét, megközelíthető a porozitás

$$W_b = \frac{m_b - m_1}{V \cdot \rho_b} \cdot 100\% \quad (4)$$

ahol  $m_b$  és  $m_1$  = a minta tömege

$\rho_b$  = a benzol sűrűsége

$V$  = az abszolút száraz rostok által elfoglalt tér

A két ismertetett módszer nem ad képet a pórusok méretéről, csak az összes pórustérfogat megállapítására alkalmas.

A pórusok méretének meghatározásakor bizonyos egyszerűsítéseket kell figyelembe venni. Ha a papírlapot, mint különböző méretű kapillárisok rendszerét vizsgáljuk, akkor a kapilláris által felszívott folyadék magasságára az alábbi Laplace – egyenlet ad felvilágosítást.

$$h = \frac{2}{r} \quad (5)$$

ahol  $\rho$  = a folyadék felületi feszültsége

$m$  = a folyadék fajtömege

$r$  = a kapilláris sugara

Látható, hogy minél kisebb a kapillárisugár, annál nagyobb a folyadékfelszívás értéke.

A fenti (5) képletből a pórusugár:

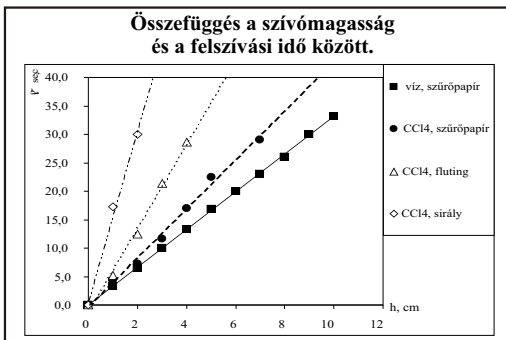
$$r = \frac{2}{h} \cdot \frac{1}{\rho} \quad (6)$$

A Laplace – egyenlet nem veszi figyelembe a folyadék viszkozitását, illetve a nedvesedési peremszöget sem. Ha a folyadékfelszívás kinetikáját akarjuk vizsgálni, akkor a felszívás idejét, a viszkozitást, illetve a nedvesedést is figyelembe véve, a Lucas – Washborn egyenlet adja meg a matematikai összefüggést:

$$h^2 = \frac{r \cdot \cos \theta}{2} \cdot t \quad (7), \text{ ahonnan } r = \frac{2}{\cos \theta} \cdot \frac{h^2}{t} \quad (8)$$

A  $\frac{2}{\cos \theta}$  egy adott folyadékra nézve állandó.

2. ábra



A Lucas – Washborn egyenlet alapján látható, hogy a pórusugár a szívómagasság négyzetével egyenesen, illetve a felszívás idejével fordítottan arányos. A Lucas – Washborn egyenlet a 0-10 perc időtartamban ad lineáris összefüggést, melyből az  $r$  számolható.

A 2. ábrán némely papírfajta  $t=f(h)$  összefüggése látható. Az egyenletből számolt pórusugár-értékek a következők:

- Szűrőpapír 3,6  $\mu$ m

- Fluting 1,4  $\mu$ m

- Sirály másolópapír 0,22  $\mu$ m

A pórusugár és a pórustérfogat egyidejű mérésére a higanyos porozimetria alkalmas. Ez a módszer azon alapul, hogy a higany a legtöbb szilárd testet nem nedvesíti, valamint nyomás hatására áthatol annak pórusain. A pórusok térfogatának higannyal való kitöltéséhez le kell küzdeni azt az erőt, amely számszerűleg egyenlő a pórusok kerületének, a felületi feszültségnek és a nedvesedési peremszög koszinuszának szorzatával. A külső nyomás és a szilárd hengeres test alakú pórusok kapilláris ellenállását a következő egyenlet fejezi ki.

$$p \cdot r^2 = 2r \cdot \rho \cdot \cos \theta$$

ahol  $p$  = a külső nyomás

$r^2$  = a pórus keresztmetszetének területe

$\rho$  = a higany felületi feszültsége (480  $\cdot 10^{-3}$  N/m)

$\theta$  = a szilárd testen mért peremszög (140°)

A közből kifejezésből adódik, hogy

$$r = \frac{2 \cdot \rho \cdot \cos \theta}{p} = \frac{7,5}{p} \quad (10)$$

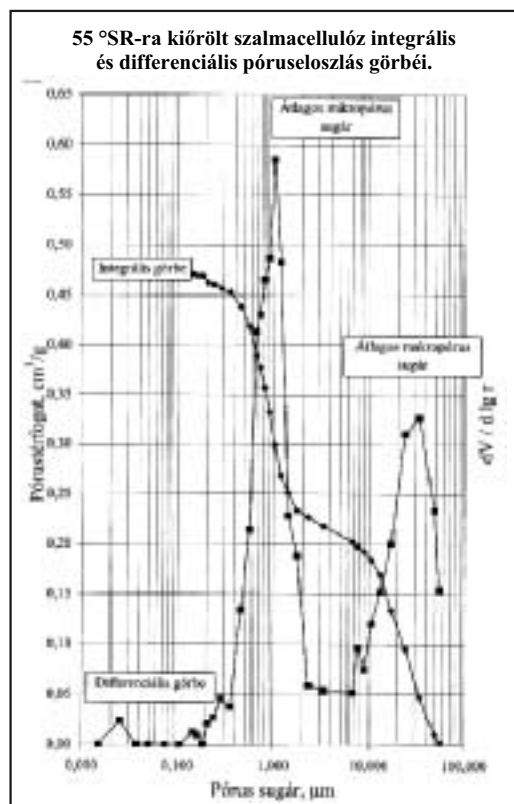
Bármely sugarú feltöltött pórusnak egy bizonyos egyensúlyi nyomás felel meg. Fokozva a higany pórusokba való behatolásakor a nyomást, és mérve a behatolt higany térfogatváltozását, felvehető a  $V = f(r)$  függvény, amelyből grafikus differenciálással meghatározható a pórusok méret szerinti eloszlása is  $\frac{dV}{dr} = f(r)$ .

A higanyos porozimetriás méréseket egy Carlo Erba típusú készülékkel végeztük el, ahol a higany nyomása 0-200 MPa között változtatható. Ennek megfelelően a pórusok sugara  $10^2 - 10^3$  m tartományban vizsgálható.

A mérés előkészítésekor a mérendő mintát egy dilatόμεterbe helyezünk, majd az edényt egy vákuumszivattyú segítségével evakuáljuk. Megfelelő vákuumozás után a dilatόμεtert a higanytartályból megtöltjük higannyal, és katetόμεter segítségével a dilatόμεter kapillárisában lévő higany szintjét megmérjük. Ezután a rendszerben a vákuumot fokozatosan csökkentjük, általában 100 Hgmm-enként. A vákuum csökkenésekor a higany behatol a pórusokba, tehát minél kisebb lesz a vákuum, az egyre kisebb méretű pórusok is megtelnek higannyal, így a dilatόμεter kapillárisában lévő higany szintje természetesen fokozatosan csökken. Az atmoszférikus nyomás elérésekor a 7,5

m-nél nagyobb sugarú pórusok mind telítődnek higanyval. Merve a higany szintjének csökkenését, és ismerve a kapillaris átmérőjét, kiszámítható a pórusokba behatolt higany térfogata, amely tulajdonképpen a 7,5 m-nél nagyobb pórusok térfogatának felel meg. Ezután a dilatometert a poroziméterbe helyezük, és fokozatosan emelve a nyomást, mérjük a higany szintjének süllyedését. Ebből számíthatjuk ki a pórusokba préselődő higany térfogatát. Ismerve az adott nyomáshoz tartozó pórusugár nagyságát, felvesszük a pórustérfogat és a hozzá tartozó nyomás, illetve pórusugár adatpárokat. Mivel a mérés során a nyomás, és ezzel a hozzá tartozó pórusugár is nagyságrendekkel változik, célszerű a pórusugár értékét logaritmikus skálán, a pórustérfogatot pedig normál skálán felvenni.

3. ábra



A 3. ábrán egy integrális, és egy abból grafikus differenciálással kapott póruseloszlási diagramot mutatunk be. A felfektetett görbék két, egymástól jól különálló pórusrendszer jelenlétét mutatják, melyek közül a 7,5 m-nél nagyobb sugarú pórusokat *makropórusoknak*, a 7,5 m-nél kisebb sugarú pórusokat *mikropórusoknak* neveztük el.

Ez a terminológia ellentmond az irodalmi adatoknak, mivel az irodalomban a vízben duzzadt cellulózrostok falában lévő hosszúknak hasadékokat nevezik mikropórusoknak, és ezek mérete  $10^8 - 10^9$  m nagyságrendű. A higanyos porozimetria alkalmazásával Corte által kapott pórusokat, melyek maximum értékei  $10^6$  m tartományba esnek, makropórusoknak nevezték el. Az eloszlási görbe  $10^5$  m mérettartományban is szinte valamennyi vizsgált anyag esetében igaznak bizonyult. A méréseket kiterjesztettük az atmoszférikus nyomásnál kisebb tartományra is, és azt tapasztaltuk, hogy az atmoszférikus nyomás alatti tartományban is jól definiált eloszlási görbét kapunk, melynek maximuma általában a  $20-50 \times 10^6$  m mérettartományba esik. Mivel a higanyos porozimetria száraz rosttal dolgozik, leginkább a kész papírok, illetve száraz porózus termékek porozitását vizsgálja, ezzel a módszerrel nem vizsgálhatóak azok a pórusok, amelyek csak duzzadt állapotban léteznek a sejtfalban. Ez alól csak az az eset kivétel, ha a duzzadt állapotú rostok szerkezetét a víz fokozatos lecserélésével megőrizzük. Az oldószercserre után kapott szerkezetben mérhetőek a  $10^8 - 10^9$  m nagyságú pórusok is. Ez a mérettartomány azonban a higanyos porozimetria méréstartományának határán van, ezért a kapott adatok kellő óvatossággal kezelendők. (A Hg-porozimetriával mérhető legkisebb pórusugár:  $3,75 \times 10^9$  m.)

Ezek szerint a növényi rost, illetve a belőle előállított papír nem két, hanem három jól elkülöníthető pórusszerkezetet tartalmaz, amelyek a következők:

- Szubmikropórus rendszer: a duzzadt állapotú sejtfalban lévő pórusok rendszere.
- Mikropórus rendszer: ezek nagyobb részben a rostokban lévő üregek és a kollapszált lumen üregei.
- Makropórus rendszer: amely a rostközi üregek rendszeréből tevődik össze.

Az 1. táblázatban láthatók a papírt alkotó pórusok méret, illetve elhelyezkedés szerinti jellemzése.

1. táblázat

A papír rostjainak jellemzése		
Méret szerint		
Típus	Méret	Megjelenés papírban
Makropórus	10 200 m	A rostok és/vagy töltőanyag részecskék között
Mikropórus	m	A rostok sejtfalának, az összeesett lumenek stb. pórusai
Szubmikropórus	m	Mikrofibrillák közötti pórusok (csak duzzadt állapotban mérhető)
Elhelyezkedés szerint		
Típus	Mérettartomány	Megjelenés a papírban
Átmenő pórus	m	A papírlapon áthaladó pórus
Egyik végén zárt pórus	1 100 m	A papír felületén lévő pórus
Rejtett pórus	1 100 m	A papírlap belsejében lévő pórus

**A higanyos porozimetria gyakorlati alkalmazása**

Különböző rostanyagok átlagos pórusméreteit, illetve pórustérfogatait szemléltetik a 2. és 3. táblázatok.

A táblázatok adataiból megállapítható, hogy a vizsgált körülmények között a mért rostanyagok összes pórustérfogata 0,4 cm<sup>3</sup>/g és 2,0 cm<sup>3</sup>/g között változik a rostanyag eredetétől, illetve a keverék összetételétől és mechanikai megmunkálásától függően. A mikropórusok térfogata széles határok, 0,05 és 1,2 cm<sup>3</sup>/g között, míg a makropórusok térfogata 0,2 és 0,9 cm<sup>3</sup>/g között változott.

2. táblázat

Minta megnevezése	Összpórustérfogat cm <sup>3</sup> /g	Makropórusok cm <sup>3</sup> /g	Mikropórusok cm <sup>3</sup> /g
Fehérjécsisz	1,15	0,40	0,75
PAN asz	0,40	0,25	0,05
PAN-szál liofilizált	1,40	0,20	1,20
TMP lap préselés	2,06	0,85	1,20
TMP lap 16 hr nyomással csiszolt	1,52	0,43	1,09
Borsócellulóz őrléslen	1,50	0,90	0,60
Nyírfacellulóz őrlés	0,55	0,20	0,35
Szalmacellulóz őrlés	0,75	0,35	0,40
Fehérjécsisz őrlés	0,85	0,40	0,45
Bábkacellulóz őrlés	0,95	0,25	0,70

A 2. táblázatban közöltekben látható, hogy a rostanyagot ért fizikai hatások jelentős mértékben megváltoztatják a pórusok térfogatát (liofilizálással az összes pórus térfogata 0,4-ről 1,4 cm<sup>3</sup>/g-ra, préseléssel 2,06-ről 1,53 cm<sup>3</sup>/g-ra, őrléssel 1,5-ről 0,85 cm<sup>3</sup>/g-ra változik). A fizikai behatások (préselés, őrlés) a makropórusok, míg a liofilizálás a mikropórusok térfogatát változtatja nagyobb mértékben.

A 3. táblázat a különböző mértékben feltárt rostanyagokból előállított próbalapokból mért átlagos pórusugár-értékeket szemlélteti. Látható, hogy a mikro-

3. táblázat

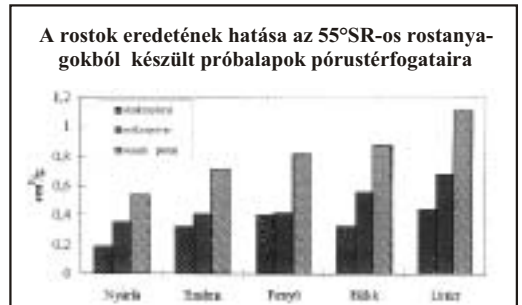
Minta	Átlagos pórusugár, µm		
	Mikropórusok	Makropórusok	
Linter	3,4	22	
Fehérje Fenyő	TMP	3,2	10
	Félcellulóz	3,1	17
	Kémi cellulóz	3,4	17
	Fehérjés kémi cellulóz	3,3	21
Nyírfa	TMP	3,4	24
	Félcellulóz	3,3	30
	Kémi cellulóz	1,2	24
	Fehérjés kémi cellulóz	1,4	32
Bábkac	Kémi cellulóz	3,4	30
	Szalma	Kémi cellulóz	1,7
	Fehérjés kémi cellulóz	1,0	31

pórusok átlagos mérete 1,0 – 3,4 µm között változik. A mérésekhez közepesen őrlött (35 °SR) rostanyagokból előállított próbalapokat használtunk.

A továbbiakban a kiindulási nyersanyag, a ligninmentesítés mértéke, az őrlés, illetve a nedves préselés pórusszerkezetre gyakorolt hatását tanulmányoztuk.

A kiindulási nyersanyag hatását a pórustérfogatra a 4. ábra szemlélteti. Az itt szereplő oszlopdiagramokból látható, hogy erősen őrlött (55 °SR) anyagok esetében a nyírfacellulózból állítható elő a legkisebb pórustérfogatú lap, míg a leglazább szerkezetű próbalapot a pamut linter szolgáltatja.

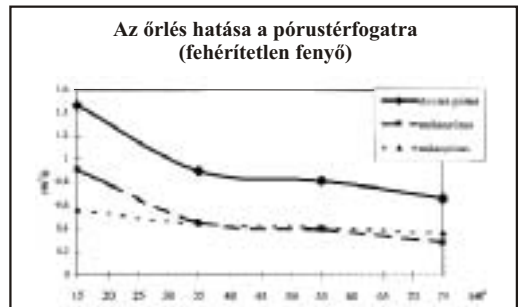
4. ábra



Az is megállapítható, hogy míg a szalma és a fenyő esetében a mikro- és a makropórusok közel azonos térfogatúak, addig a többi vizsgált rostanyag esetében a próbalapok mikropórus-térfogata jóval nagyobb, mint a makropórusoké.

Az őrlés pórustérfogatra gyakorolt hatását az 5. ábra mutatja be, ahol egy fehérítetlen fenyőcellulózból különböző őrlésfokokon előállított minták pórustérfogatait ábrázoltuk az őrlésfok függvényében.

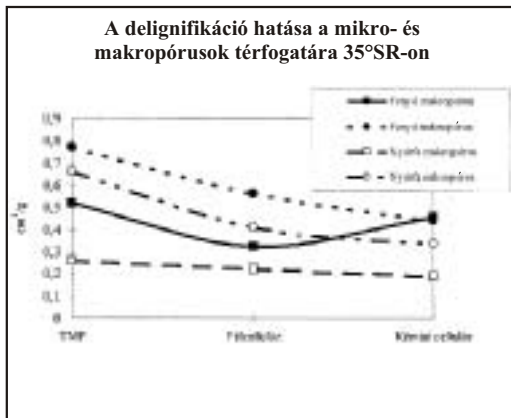
5. ábra



Az ábrán látható, hogy az őrlés hatására az össz pórustérfogat és a makropórusok térfogata jelentős mértékben csökken, míg a mikropórusok térfogata csak kismértékben változik. A pórustérfogat változása különösen az őrlés kezdeti szakaszán, kb. 35 °SR-ig jelentős. E fölött a pórustérfogat csökkenése kisebb mértékű.

A ligninmentesítés hatását a pórustérfogatra a 6. ábramutatója.

6. ábra

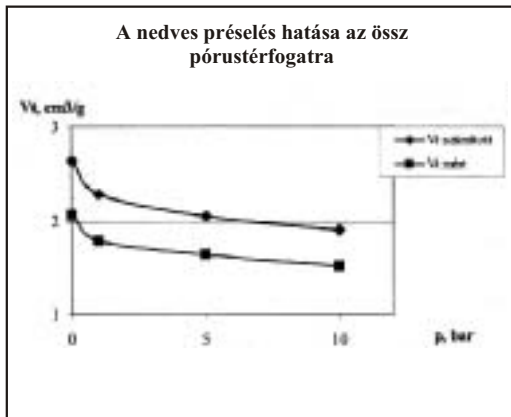


Az ábrán látható, hogy a ligninmentesítés fokozódásával elsősorban a makropórusok térfogata változik jelentős mértékben, míg a mikropórusok térfogata nyárfa esetében alig változik, fenyő esetében pedig egy minimumon megy keresztül. A minimumot a félcellulóz esetében tapasztaltuk, ahol a lignintartalom az eredeti érték 60-70 %-a.

A nedves préselés pórustérfogatra gyakorolt hatását szemlélteti a 7. ábra.

Az ábrán feltüntették a Hg-poroziméterrel kapott adatokat, valamint a térfogat-tömegből a (3) egyenlet alapján számított pórustérfogat-értékeket is. Látható, hogy a mért, illetve számított pórustérfogat-értékek a présnyomás függvényében hasonló lefutású görbéket eredményeznek. A vizsgált nyomástartományban a mért és a számított pórustérfogatok aránya a nyomástól függetlenül 0,8 körüli értéket mutat. Ez azt jelenti, hogy azok a nyitott

7. ábra



pórusok, amelyek a papírlap hátoldalán helyezkednek el, és tulajdonképpen a papírlap érdeségéből számolhatók, a TMP rostból előállított lapok esetében az össz pórustérfogatnak kb. 20 %-át teszik ki. A próbalapok belsejében lévő pórusok térfogata és a lapok felületén lévő nyitott pórusok térfogata hasonló módon változik a nedves préselés hatására.

**Felhasznált irodalom**

1. D. M. Fijate: A papír tulajdonságai – Műszaki Kiadó, 1978.
2. S. Hernádi: A papír fajlagos felületének és pórustérfogatának változása termikus kezelés hatására – Kolorisztikai Értesítő, 1980/1 p. 47-53
3. J. E. Stone, A. M. Scallan: A structural model for the cell wall of water swollen wood pulp fibres based on their accessibility to macromolecules – Cell. Chem. and Techn. 19. 1984. p. 343-358
4. H. Corte: The pore structure of paper – Fundamentals of paper-making fibres. F. Balam Techn. Sect. BMPBMA London, 1957.
5. J. Huszár, S. Hernádi, P. Lengyel: Study of the void system in paper – Cell. Chem. and Techn. 14. 1980. P. 97-106
6. A. Hernádi: Accessibility and specific surface of cellulose measured by water vapor sorption – Cell. Chem. and Techn. 18. 1984. p. 115-124
7. S. Annus, J. Borsai at al.: Characterisation of hand sheets from different kinds of pulp by mercury porosimetry – COST E11, Poster in Munnich, 1999.
8. M. Lieshout: The effect of wet pressing on pore size distribution – Papírpar, 45. 2001. p. 213-217

**Summary**

The paper itself contains a cluster of voids of different types and origin. The void system is incorporated in and amongst the components of solid network. The different methods for measurement of pore volume and pore radii were described and examples were given concerning the effect of raw materials, rate of delignification, mechanical treatment (beating and pressing) on the pore volume and pore radii. It was established that the cellulose fibre has at least three different pore system depending on the form of existence of fibres:

- submicro pores which exists only in swollen state between lamellas of microfibrilles,
- micro pores which are in the fibre wall and in the lumen and in pitch hole etc.,
- macropores which are the interfibre voids existing only in paper sheet and disappearing in pulp slurry condition.

**Összefoglalás**

A papír különböző eredetű és típusú anyagok halmaza. Az üreg-rendszert a szilárd vázszerkezet veszi körül. A pórustérfogat és a pórus sugár mérésére szolgáló módszereket ismertettük, és meghatároztuk a rostanyag-fajta, a ligninmentesítés foka, a mechanikai kezelés (őrlés és préselés) hatását a pórustérfogatra és a pórusugárra. Megállapítottuk, hogy a cellulózrost legalább háromféle pórusrendszerrel rendelkezik a rost megjelenési formájától függően:

- szubmikroszkópikus pórusrendszer, amelyek csak duzzadt állapotú rostban, a mikrofibrillák közötti lamellákban található,
- mikroszkópikus pórusrendszer, amelyek a rostban, a lumenben és a rost gyantájáratataiban lévő üregeket foglalja magába,
- makroszkópikus pórusrendszer, amelyek csak a papírlapban a rostközi üregek rendszerét foglalja magába, ez a pórusrendszer a rostsuszpenzióban nem létezik.

## A rost és a papír jellemzési módszerei

### Beszámoló a COST-együttműködésben elért kutatási eredményekről az MTA Szál-és Rosttechnológiai Bizottság ülésén a Magyar Tudományos Akadémián

A MTA Szál-és Rosttechnológiai Bizottsága 2002. október 2-án ülést tartott a Bizottság elnöke, Polyánszky Éva elnöklésével. Ezen az ülésen a COST E 11 Akció keretében a hazai intézményekben végzett munkákról hangzottak el beszámolók. Az előadókrol, a munkákban résztvevőkről és a beszámolóban elhangzottakról tájékoztatnak a következőkben összefoglaltak.

Az Akcióban résztvevő magyar intézmények: Pápiripari Kutatóintézet Kft., Budapesti Műszaki Egyetem Fizikai Kémia Tanszék, illetve Műanyag- és Gumiipari Tanszék, Budapesti Műszaki Főiskola Csomagolás- és Papírtechnológia Tanszék, MK Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézet, MTA Kémiai Kutatóközpont Felületkémiai Kutatócsoport.

Az akció vezetője: Annus Sándor

#### Bevezetés

A COST (European cooperation in the field of scientific and technical research) E 11 jelű akciója „A rost és a papír jellemzési módszerei” címmel 1997. év végén indult. A négy évre tervezett tevékenység fő célja a cellulózrost és a papír szerkezetének és felületének jellemzése és ehhez módszerek kifejlesztése, alkalmazása volt.

A rost és a papír kémiai összetételének, továbbá fizikai tulajdonságainak szélesebb körű és mélyebb ismeretével a rosthordozó növényi nyersanyagok hatékonyabb felhasználása, a gyártási folyamat optimalizálása és jobb tulajdonságú termék – elsősorban nyomtatási és csomagolási célú papírok – gyártása válik lehetővé.

Az Akcióban 16 ország több mint 40 intézménye vett részt.

Az Akció kezdetekor egyeztetett lista készült, amelyből kitént, hogy az egyes résztvevő intézmények (egyetem, kutatóintézet, vállalat) mely tulajdonság tanulmányozását, illetve jellemzési módszer kidolgozását vállalják. Konferencia-jellegű munkabeszámolók megtartására évenként 1-1 alkalommal került sor, mégpedig Münchenben (1999.), Grenoble-ban (2000.) és Espoo-ban (2001.). Ezeket esetenként 10-16 országból 70-80 résztvevő volt jelen. A négy év során az Akció keretében 63 előadás hangzott el és 15 posztert mutattak be. Ezek nagyobb részét a konferencia-kiadványok (Workshop Proceedings) tartalmazzák.

Az előadások és poszterek közül néhánynak a címe – a felhasznált technikákra is utalóan – példaképpen sorolva a következő:

– cellulózrostok jellemzése szelektív (alfacellulóz-, hemicellulóz-, lignin-reaktív) színezőanyagok felhasználásával,

– a rosttulajdonságok on-line jellemzése STFI Fiber-Masterberendezéssel,  
 – a rostfalvastagság értékelése, fontossága,  
 – a mechanikai előállítású rostok felületén a lignin kimutatása,  
 – cellulózrostok felületének jellemzése infravörös, illetve röntgensugaras fotoelektron-spektroszkópiával,  
 – mechanikai előállítású rostok felületének vizsgálata AFM/atomi erő/mikroszkópos technikával,  
 – bipoláris aktivátorokkal módosított rostfelület vizsgálata koloid szonda-mikroszkópiával,  
 – a rostfal merevségének mérése pásztázó elektronmikroszkóppal, továbbá cellulózrostok és papírok deformációs mikro-mechanikájának vizsgálata Raman-spektroszkóppal,  
 – a papír felületi szerkezetének analízise konfokális lézer, pásztázó elektronmikroszkóppal,  
 – papír 3D képének kétdimenziós megjelenítése fáziskontrasztos röntgensugaras mikrotomográfiával,  
 – a papír 3D szerkezetének egyszerűsített, numerikusan szimulált modellje,  
 – a papírszerkezet modellezése „egyenértékű pórus”-elképzelés alapján,  
 – papír porozításának dielektrikumos jellemzése,  
 – a papír és az adalékanyagok jellemzése FT-NIR analízissel.

#### Annus Sándor

##### Cellulózrostok és rostanyagok vizsgálata

Különböző származású és állapotú cellulózrostok és rostanyagok szélesebb körű jellemzése volt a cél, részben új vizsgálati módszerek és módok, részben ismert módszerek alkalmazásával. Hat növényi nyersanyagból (pamut, pamutlinter, búzaszalma, lucfenyő-, nemesnyár- és bükkfa) kiindulva 13 rostanyag előállításával, kémiai kezeléssel, illetve feltárású pamut-, pamutlinter-, búzaszalma-, lucfenyő-, nemesnyár- és bükk-rostcellulózok, továbbá kemomechanikai kezelésű lucfenyő és nemesnyár CMP-rostanyagok, illetve NSSC-félcellulóz vizsgálatára került sor.

Vélhető volt, hogy a különböző kémiai összetételű és morfológiai jellemzőjű rostok, rostanyagok azonos körülmények közötti vizsgálatával a mérési eredmények értékhatárainak kijelölése, továbbá az egyes jellemzők közötti összefüggések bemutatása, az eddig is kimutatott összefüggések megerősítését, érvényességének kiterjesztését, továbbá új összefüggések megjelenítését is lehetővé teszi.

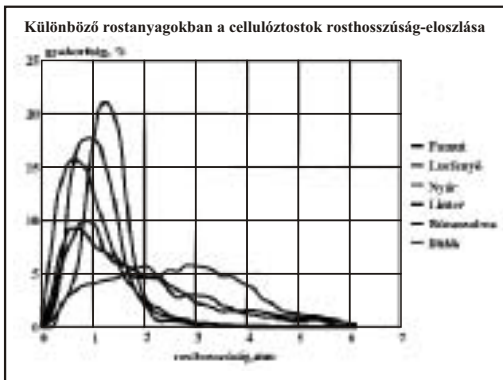
A vizsgálatra kiválasztott 13 rostanyag 1. táblázat többszörösen is csoportosítható, nevezetesen megkü-



1. táblázat

	A vizsgált rostanyagok	Lignintartalom %
1.	Pamut	0
2.	Pamut-linter	0
3.	Búzaszalma kraft-rostcellulóz	3,4
4.	Búzaszalma fehérített kraft-rostcellulóz	1,1
5.	Lucfenyő CTMP-rostanyag	27,9
6.	Lucfenyő NSSC-félcellulóz	24,5
7.	Lucfenyő kraft-rostcellulóz	9,9
8.	Lucfenyő fehérített kraft-rostcellulóz	1,8
9.	Nemesnyár CTMP-rostanyag	17,7
10.	Nemesnyár NSSC-félcellulóz	10,9
11.	Nemesnyár kraft-rostcellulóz	2,7
12.	Nemesnyár fehérített kraft-rostcellulóz	1,7
13.	Bükk kraft-rostcellulóz	2,9

1. ábra



lönbözthetők a – homogén és heterogén rostállományú, - hosszú- és rövidrostú, -különböző rostfalvastagságú, -eredetileg is ligninmentes, valamint ligninmentesített és különböző lignintartalmú, -különböző fehérítettségű és végül őrléssel a – különböző őrlésfokú rostanyagok.

A vizsgálatok öröletlen és különböző őrlésfokú egyedi cellulózrostok, rostanyagok, valamint felhasználással készült próbapapok /papiro/ tulajdonságait számszerűsítik. Kiemelten vizsgált volt az:

- átlagos rosthosszúság, illetve a rosthosszúság-eloszlás
- fajlagos felület és a
- fajlagos pórustérfogat.

A további vizsgálatok kiterjedtek a rostanyagok fibrilláltságának, aprításának mértékére is utaló őrlésfok, továbbá az immerzióshő és a vízvisszatartási WRV-érték meghatározására is.

A próbapapokat látszólagos sűrűségük, fajlagos térfogatuk, a lapszerkezetre utaló légáteresztésük, vízszívó-magasságuk, felületi feltépődési szilárdságuk, valamint a lapszilárdság fő paraméterei: szakítási, szakító nyúlási, repesztési, tépési és hajtogatási mutatóik jellemzik.

A rostfelület jellemzésére pásztázó elektronmikroszkópos, illetve atomi erő mikroszkópos felvételek adtak lehetőséget.

### Lele István

#### A kiválasztott rostok és rostanyagok morfológiai vizsgálata.

A vizsgálat-sorozat keretében a rosthosszúság-mérések Kajaani FS 100 típusú mérőműszerrel történtek (1. ábra.)

A vizsgált öröletlen rostanyagok átlagos rosthosszúsága 0,9 és 2,7 mm között változik. A legnagyobb érték (lucfenyő rostcellulóz) a legkisebbnek (búzaszalma rostcellulóz) háromszorosa. A pamutrostok vágott állapotban kerültek vizsgálatra, 1,8 mm-es rosthosszal.

A különböző típusú rostanyagok közül – a lignintartalom csökkentésével – a rosthosszúság nő a lucfenyőből előállított rostanyagoknál, míg a nemesnyárból készülnélnek nincs jelentős változás.

A feltárást, a lignin-eltávolítás előrehaladtát különböző lefutású eloszlásgörbék jellemzik.

Őrlés hatására először a rostok fibrillálása, majd 50-60 °SR után a rostok 15-20 %-os rövidülése következik be. Az őrlés folyamán az eloszlásgörbék jellege nem változik.

Egy további lényeges jellemző, a WRV-érték meghatározásából levonható következtetések:

A vizsgált rostanyagok közül leginkább vízviszogatartó a nagy polióz-tartalmú búzaszalma-rostcellulóz. A polióztartalmak és a WRV-értékek között exponenciális az összefüggés.

A heterogén sejtszámú rostok WRV-értéke nagyobb, függetlenül a rostanyag-féleségtől.

Az őrlés hatására – összefüggésben a hozzáférhetőség növekedésével – növekednek a WRV-értékek.

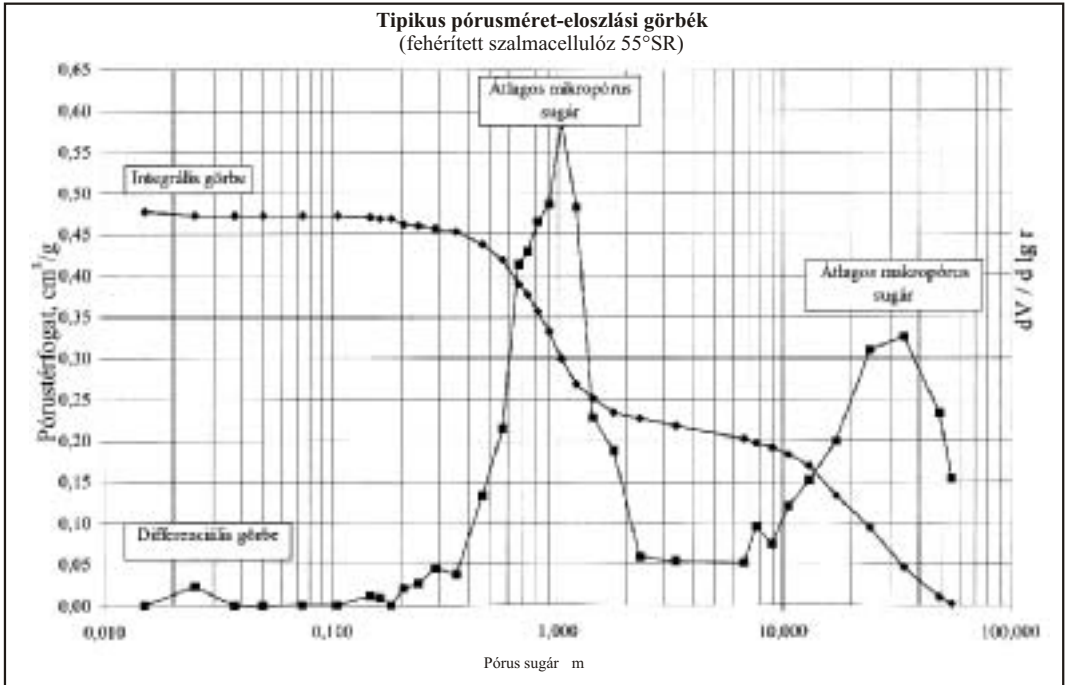
#### Hernádi Sándor, Monori Dóra, Polyánszky Éva Különböző cellulózrostok és belőlük képzett próbapapok porozitás-vizsgálata.

A Carlo Erba higanyos poroziméter 0,1– 100 m tartományban méri az összes pórus térfogatát. A mérés során a higany-nyomás  $10^4$  –  $10^6$  Pa között változik. A pórusok térfogata és a pórusok méret-eloszlása a pórusok kapillaris-ellenállásából és a külső nyomásból számítható. Így megkülönböztethető a mikro- (az egyedi rostokat jellemző), és a makro- (a lapszerkezetből adódó) pórus-térfogat.

A higanyos porozimetria sikeresen alkalmazható cellulózrostok és próbapapok üregtérfogatának, pórusszerkezetének jellemzésére (2. ábra.)

A feltárással, a lignin-eltávolítás előrehaladtával, csökken mind a mikro-, mind a makropórusok térfogata. Ez folytatódik a fehérítés folyamán.

A ligninmentes, illetve mentesített rostok összes pórus-térfogatának nagysága függ a rostok száma-



zási helyétől (növényi nyersanyag) és a következők szerint növekszik: nemesnyár < búzaszalma < lucfenyő < bükk < pamut és pamut tln ter.

Őrlés hatására mind a mikro-, mind a makropórusok térfogata csökken.

Részletezve ld. az előző cikkben

**Nagyné László Krisztina, Rohrsetzer Sándor , Erdélyi József, Annus Sándor Cellulózrostok felületi jellemzése.**

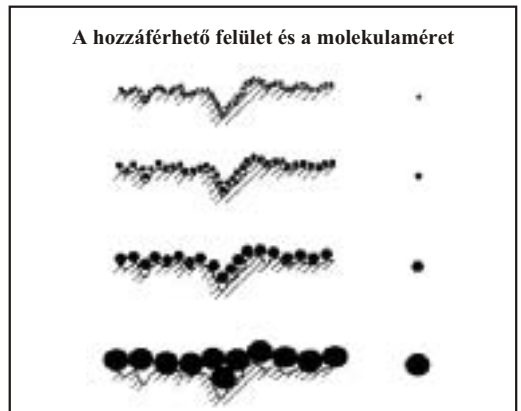
A kiválasztott 13, különböző állapotú cellulózrost fajlagos felületének meghatározására molekula-, illetve részecske-adszorpciós módszer került alkalmazásra, a rostok száraz állapotában (nitrogéngőzzel), illetve vizes állapotban (vízgőz deszorpcióval), továbbá vízközegben (metilénkékkel, valamint vas-hidroxiddal és titán-dioxiddal.) E molekulák, illetve részecskék különböző méretéből adódó adszorpciós, adhéziós helyigénye a felületszámítás alapja.

A legkisebb fajlagos felület-értékeket száraz állapotban, a nitrogén-molekula adszorpciós mérései adták: 0,7 – 1,1 m<sup>2</sup>/g. Ezek a rostok vízközegből, tehát duzzadt állapotukból, oldószeres vízkiszorítással szárazra téve, 97 – 170 m<sup>2</sup>/g nagyságú felület-értékeket mutattak.

A nedves állapotú rostok vízgőz-deszorpciójával meghatározott felületnagyságok 58 – 100, míg a vízközegben metilénkék-adszorpcióval mértek 16 – 88 m<sup>2</sup>/g értékűek.

Az értéksor mindkét esetben azonos volt: A legkisebb fajlagos felület értékeket a pamut és a pamut tln ter, a legnagyobbakat a lignintartalmú lucfenyő-rostok mutatják.

Az adszorbeált illetve adhézált molekula-, illetve részecskemérettől függően megkülönböztethető felületek: metilénkékkel molekuláris = 16 – 88 m<sup>2</sup>/g-os, vas-hidroxid-szollal kolloid = 9 – 39 m<sup>2</sup>/g-os, titándioxid szuszpenzióval durva = 0,6 – 2,9 m<sup>2</sup>/g-os felületnagyságok voltak mérhetők (3.ábra.)



Az őrlés hatására a rostok molekuláris (metilén-kék) felülete növekszik. Kolloid (vas-hidroxid) felülete kismértékben növekszik, illetve nem változik. Durva felülete nem változik.

**Telegdy Lászlóné, Papp Katalin, Annus Sándor, Kálmán Erika**

#### Cellulózrostok vizsgálata pásztázó mikroszkópokkal.

Kétféle felületvizsgáló módszerrel, pásztázó elektronmikroszkóppal és atomi erő mikroszkóppal vizsgáltuk a kiválasztott, különböző eredetű és állapotú cellulózrostokat.

A **pásztázó elektronmikroszkóppal** /SEM/ vákuumban, a rostok felületét aranygőzöléssel vezetővé téve, történt a rostfelület, illetve makroszerkezet vizsgálata, 3 – 30 mikrométer tartományban, 1000 – 10000 szeres nagyításban.

Az **atomi erőmikroszkópos** (AFM) technika alkalmazása lehetővé tette a rostok mikroszerkezetének tanulmányozását. Ezzel a módszerrel légköri nyomáson és szobahőmérsékleten lehet vizsgálni a rostokat néhány nanométer és 5 mikrométer tartományban.

A **minta-előkészítés hatása a rostok szerkezetére**: A levegőn szárított és az oldószer-cserével vízteleni-

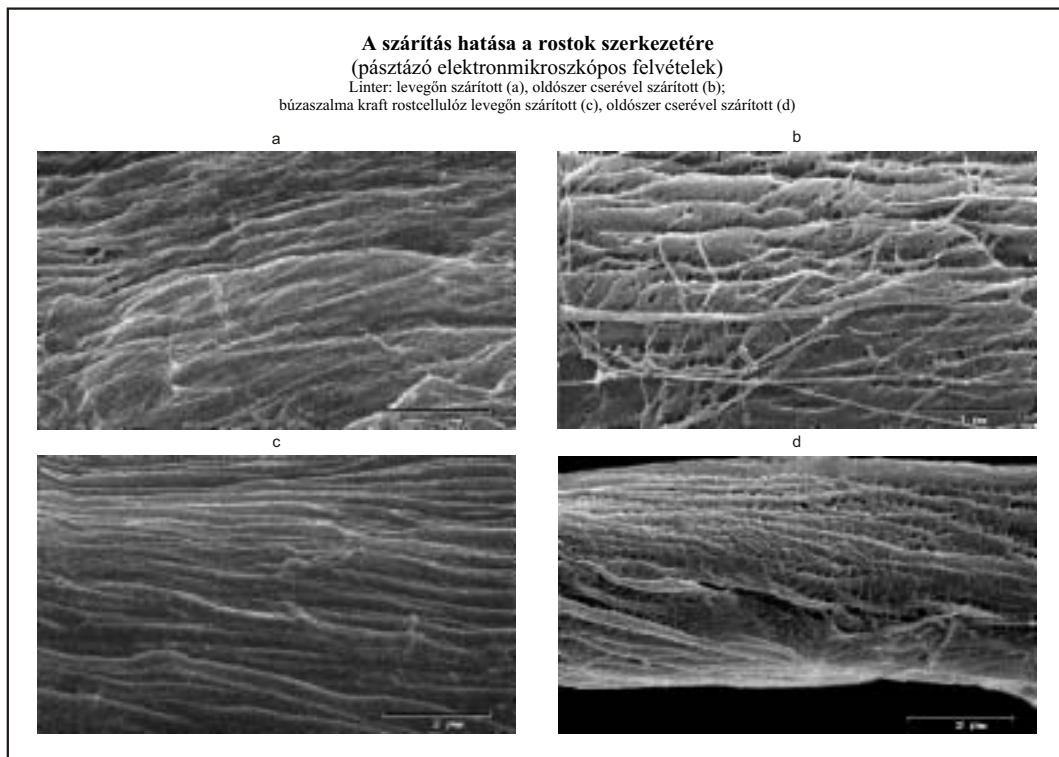
tett rostok makroszkópikus képe lényeges eltérést mutatott. Az eredeti roststruktúrát az oldószer-cserés szárítással lehetőleg megőrizni. Ezt a SEM felvételeken a rostok „csipkés” felszíne bizonyította. Jól láthatók ezen a felvételeken a makrofibrillák közötti üregek (4. és 5. ábra.)

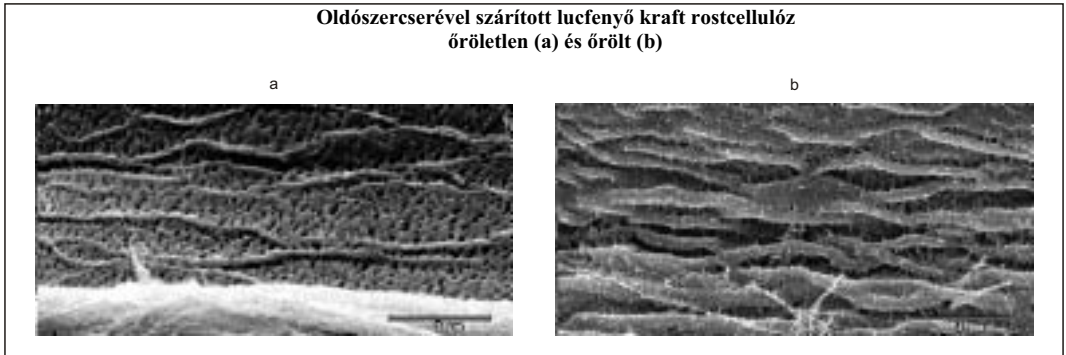
A mikroszerkezetre kevésbé volt hatással a szárítás. Az AFM-es felvételeken a mikrofibrillák egymáshoz viszonyított elhelyezkedésére nem hatott jelentősen a szárításbeli különbség.

A **kémiai kezelés, a feltáras hatása**: Összefoglalóan megállapítható, hogy a lignin növekvő mértékű eltávolításával a makro- és mikro-fibrillák egyre jobban elválnak egymástól, sőt az alakjuk is változik, alakjuk mindinkább hullámos lett. A változás mértéke nagyban függ a rost származásától. A különböző eredetű rostok makrofibrilláinak átmérője 80 – 250 nm tartományba esett. A mikrofibrilla-kötegek 7 – 40 nm átmérőűek voltak.

Az **őrlés hatása a rostok szerkezetére**: Az öröletlen és örölt rostok mindeket technikával készült felvételein jól látható az őrlés hatása: a primer és a szekunder rostfal felszakadása, a makro- és a mikrofibrillák mind nagyobb mértékű elválása és alakjuk változása, hullámosodása, a rostok származásától függően eltérő mértékben.

4. ábra





A két pásztázó technikával kapott képek egymást kiegészítő információval szolgálnak.

A rostfelületek vizuális megjelenítése hasznos módszer a felületi szerkezet megítéléséhez és a más módszerekkel kapott jellemzők értékeléséhez.

A COST E 11 Akció keretében elvégzett hazai ku-

tatási eredményeket összefoglalóan bemutató tanulmány készül – a Papíripari Kutatóintézet Kft gondozásában. Ebben 13 különböző kémiai összetételű és morfológiai jellemzőjű rostanyag kémiai, fizikai, fizikai-kémiai, fizikai-mechanikai, optikai és elektronoptikai vizsgálati eredményei kerülnek bemutatásra, ábrázolásra.

Annus Sándor

Keywords: fibre engineering, features of fibres, conference

## Rostszabászat: a papíripari változások kulcsa

2001.májusában az USA-ban tartott Erdészeti, Fa- és Papíripari Technológiai Csúcsértekezletet tartottak, ahol többek között megvitatották azokat a kutatási témákat is, melyeket a Fibre Engineering „Rostszabászat” munkacsoportja javasolt.

A papírgyártási költségek legjelentősebb összetevőjét a rostköltségek képezik, amelyek aránya 22 %-ot (az újságpapírnál) vagy 42 %-ot (a hullám fedőréteg papírnál) is elérhet. A papírgyártóknak gyakran az olcsón elérhető rostokat kell használniuk, még akkor is, ha azok nem éppen ideálisak egy adott papírfajtához. A gyárak javíthatnák működésüket, ha lehetőségük lenne úgy módosítani a rostokat, hogy bármilyen adott rostot hatékonyan lehessen felhasználni bármelyik papírfajta gyártásához. Természetesen ez irreális cél, de az már értékes célkitűzés lehet, hogy képesek legyünk úgy módosítani a rostok felületi vagy térfogati tulajdonságait, hogy új vagy nagyobb előnyöket biztosítsanak kisebb költséggel.

A cellulóz- és papírgyártás legtöbb részművelete nem csak egyféle hasznos változást eredményez a sejtfal szerkezetében, hanem szerkezeti változások sokaságát.

Amiatt, hogy a rostok sejtfalában nem csak kívánatos szerkezeti változások mennek végbe, hanem olyanok is, amelyeket nem szándékoztunk elérni, az

ezekből a rostokból gyártott papírtulajdonságok mindig kompromisszumot jelentenek.

A rosttulajdonságok javítása céljából végzett műveletek nagy része nem precíziós eljárás, hanem inkább a léghalapácsos műveletekhez hasonlítható.

Nagy szükség lenne a rostok olyan módosítására, ami a további feldolgozásnak, illetve a végső felhasználási célnak megfelelő speciális tulajdonságokat eredményezne.

A tökéletesített rosttulajdonságok csökkenthetik a gyártási költségeket. A jobb energiahasznosítási lehetőségek szorosan kapcsolódnak a mechanikai rostszétválasztási folyamatokhoz.

A rostmódosítás szélesebb értelemben vett céljai az alábbiak:

Innovatív módszerek keresése a rostok közötti kötőerő javítására, így kevesebb rostra van szükség ugyanakkora lapszilárdság eléréséhez.

Innovatív módszerek kialakítása a rostok teljesítőképeségének javítására olyan papírfajtáknál, ahol nem a szilárdság, hanem más papírtulajdonságok az elsődleges fontosságúak.

Módszerek keresése az előbbieket szerinte kifejlesztett rostok más, vagy teljesen új papírfajtákban való felhasználására.

A rostok módosításának, a „rostszabászatnak” legáltalánosabb négy módja van:

**Genetikai módosítás:** ez a nagyobb értékű rostok nyérésének hosszútávú megközelítése. A fő kérdés az, hogy milyen rostjellemzőket kívánunk megváltoztatni genetikai módszerekkel? Próbáljuk például megszüntetni az S3 réteget (amely kevésbé járul hozzá a laptulajdonságokhoz), a lehető legvékonyabbá alakítani az S1 réteget, vagy esetleg megszüntetni az S1 és S2 közötti határfelületet? Tudjuk-e szabályozni a cellulóz, hemicellulóz és lignin arányát?

**Kémiai vagy enzimes módosítás:** ezek a módszerek összpontosíthatnak akár a rost teljes tömegére, vagy csak a felületére. Például tudnánk-e úgy módosítani a mechanikai rostanyag rostjainak felületét úgy, hogy a kötődés tekintetében inkább a vegyi rostanyaghoz hasonlóan viselkedjenek?

**Mechanikai módosítás:** az őrlésről már sokat tudunk, de világos, hogy vannak dolgok, amelyeket meg kell értenünk. Lehetséges-e például mechanikai (mikrosebészeti jellegű) módosításokat végrehajtani a mechanikai rostanyag-gyártás rostszétválasztási műveletei alatt, vagy szabályozottan módosítani a sejtfal fibrilláris szerkezetét? A bizonyos rosttulajdonságokon (mint a rostgörbület, felületi energia, stb.) alapuló mechanikai szétválasztási technológiák segítségével pont olyan rosthalmazt kaphatunk, amelyekre szükség van a kezeléshez. Ezzel őrlési energiát lehetne megtakarítani, mert csak azt a rostot kezelnénk, amelynél ez szükséges.

Az egyes módosítási területeken belül több kutatási téma is javasolható.

A **genetikai rostmódosítás** területén a kutatási prioritások az alábbiak lehetnek:

1. Ligninmódosítás: azoknak a mechanizmusoknak a megismerése, amelyek a lignin mennyiségét és minőségét szabályozzák.
2. Bioszintézis kölcsönhatások: azoknak a kölcsönhatási mechanizmusoknak a felderítése, amelyek a fa összetevői között végbemennek.
3. Glükomannán: a glükomannán-képződés reakcióútjának megállapítása, és a glükomannán-képződés kiküszöbölése.
4. Jobb rostkötődés: a xilán-képződés módjának megállapítása, és azt követően mennyiségének, eloszlásának és szerkezetének szabályozása.
5. Sejtfalmodell: mikromechanikai modelleket kell kialakítani, hogy előre lehessen jelezni a különböző sejtfal-szerkezetekhez tartozó rosttulajdonságokat.

Számos fontos részterület van a genetikai rostmódosításban belül, például:

a fanemesítéssel végzett rostmódosítás és a genetikai „rostszabászat” valószínűleg gyorsabban fog haladni a lombos-fák esetében.

a lombos-fákat valószínűleg a finompapírokhöz és a tissuehoz, valamint a csomagolópapírok nyomtatási felületéhez fogják fejleszteni, míg a tűlevelű fákat a csomagoló papírokhöz és a fatartalmú nyomópapírokhöz.

a teljeskörű ligninszabályozás jelentősen befolyásolja majd a rostanyaghozamot, és javítja a rostszétválasztást, a sárgulást, talán még a növekedési ütemet is.

a hemicellulóz-szabályozás hatással lesz a kötésre, az így lehetővé teszi a kisebb fajlagos tömeget állandó szilárdság és/vagy nagyobb töltőanyag-tartalom mellett.

A **mikrokémiai/enzimes** „rostszabászat” területén a legfontosabb kutatási részterületek az alábbiak:

1. Hatékonyabb enzimek kifejlesztése és az enzimek specializálása a cellulóz- és papírgyártási alkalmazásoknak megfelelően.
2. A rostfelületek módosítása adalékokkal vagy enzimekkel, hogy új tulajdonságokat adjunk a rostoknak és ezáltal a papíroknak és kartonoknak.
3. Intelligens rostok, amelyek reagálnak a külső hatásokra.
4. Nagyhozamú rostok, amelyek egyes tulajdonságaikban a vegyi eljárással nyert rostokhoz hasonlóan viselkednek.
5. A rostok specializált kezelése bizonyos tulajdonságok eléréséhez, például a rostok szétválasztása (nyári, illetve tavaszi farostok) a különböző vegyi/enzimes kezelésekre.
6. A töltőanyagok (nanorészecskék) kicsapatása a sejtfalporusokba és a lumenüregekbe a már létező technológiák tökéletesítésére.

A **mechanikai** „rostszabászat” területén az alábbi 10 kutatási részterület a leglényegesebb:

1. Új módszerek kifejlesztése a mechanikai rostanyag gyártás közben energiaátadásra (nyíró vagy nyomóerők az őrlésnél, egyedi rostok vagy rostpelyhek kezelése, stb.)
2. Alternatívák kidolgozása a hagyományos őrlés (bordák-hornyok) helyett a kémiai rostok kezeléséhez a sejtfal módosításának jobb szabályozása céljából
3. A rostfelületek előkezelése őrlés előtt a sejtfal módosítás jobb szabályozása érdekében (például enzimes előkezelés, vagy alkalmas duzzasztó szerek alkalmazása)
4. A rostok kiválasztása a méret, a lapitottság mértéke stb. ... alapján.
5. Eljárások kifejlesztése a hosszú szilárd, nagyhozamú, nagy fényerősítésű rostok nyéréséhez.
6. Hidrofób és hidrofil felületek kialakítása a rostokon.
7. Fehér lignin kifejlesztése (kromofórok nélküli lignin).
8. Olyan rostok kifejlesztése, amelyek vegyileg könnyen redukálhatók.
9. Kovalens kötési helyek létrehozása a rostfelületen.
10. Nem-sárguló mechanikai rostok kifejlesztése.

Az előbbieken felsorolt kutatási területek központi helyet foglalnak el az iparág versenyképes fejlődésében.

**Forrás:** Solutions! 2002.július Gary A. Baum cikke alapján készítette Károlyiné Szabó Piroska

Keywords: waste water treatment, kidney technology, anaerob cleaving membrane tehcnology

## A „vese-technológia” sikeres alkalmazása

Az EU által finanszírozott un. „vese-technológia” a papírgyártás során keletkező káros és szennyező anyagok integrált kezelésének maximális megvalósítását célozza. Ezt a terminológiát az 1970-es években alkalmazták először a nem kívánatos anyagoknak a papírgyártási folyamatból való eltávolítására, integrált kezelési eljárások bevezetése révén, annak érdekében, hogy a körvizzárást maximális mértékben fokozni lehessen.

A kibocsájtásra kerülő szennyvizek minőségét az EU országokon belül az integrált szennyeződés - megelőzés és -ellenőrzés (IPPC – integrated pollution prevention and control) EU direktíva bevezetése révén kívánják szabályozni. Az Egyesült Királyság volt az első ország, amelyik bevezette az új rendszert. Annak ellenére, hogy az érdekelt gyárakban egy évvel korábban bevezetésre kerültek az IPPC direktívák, és befejezték valamennyi kérdés megválaszolását, a vízgazdálkodás kérdése állandó témája marad ezen programnak még akkor is, ha az illető gyár a fajlagos frissvízfogyasztás terén elérte a BAT technológia (BAT – best available technology) alsó határát.

A különböző szennyvízkezelő cégek továbbra is a nagysebességű anaerob biológiai tisztítási folyamat berendezéseit szerelik be a papírgyárakba. A nagysebességű reaktor az utóbbi néhány évben átvette az elsőbbséget a ráfolyásos anaerob iszapkezelő reaktoroktól (USAB). A berendezések közel 80%-át Európában telepítették. Németországban telepítették a legtöbb (35 db) berendezést, óriási többségben a beruházásokat a hulladékpapírt felhasználó csomagolópapír-gyárakban valósították meg. A legnépszerűbb nagysebességű változat a Paques IC reaktor, amelyik termofil (50-55°C) tartományban is üzemeltethető.

A fentiekben leírt alkalmazás legjobban népszerűsített példája a belgiumi VPK Oudegen papírgyár, amelyikben az EU által finanszírozott „vese-technológia” program keretében végeztek jelentős beruházásokat. A kísérleti berendezés egy membrán-technológiai egységet is tartalmaz, amelyet az aerob/anaerob kezelés után használnak, és aminek segítségével a KOI további 30-45%-os csökkentését tudták elérni. A kedvező eredmények ellenére ezidáig a membrán-technológia nagyüzemi térhódítása még nem történt meg.

A nagyüzemi anaerob/aerob lépcsőt a papírgyártási rendszerben lévő problémás anyagok eltávolítására, elsősorban a mikrobiológiai problémákat okozó oldott anyagok, valamint az oldott kalcium kicsapódásának és ismételt zavaró hatásának megakadályozására alkalmazzák. A rendszeren átmenő óránkénti kb. 400 m<sup>3</sup> gyártási víz (9 m<sup>3</sup>/t papír) lényegesen alacso-

nyabb értékeken stabilizálja a vízrendszert, mint a kezelés előtti érték (1. táblázat):

1. táblázat

A technológiai víz paraméterei anaerob/aerob kezelés előtt és után			
	Kezelés előtt	Kezelés után	Változás, %
BOI, mg/l	4500	1700	-62
KOI, mg/l	7500	3500	-54
Kalcium, mg/l	1100	450	-53
Szulfát, mg/l	350	200	-43

Az üzem nem teljesen zárt vízrendszerű, de csak 4 m<sup>3</sup>/t szennyvizet bocsájt ki a korábbról létező csővegi anaerob és aerob szennyvízkezelő üzeméből.

A németországi PTS néhány hasznos „szabályt” fejlesztett ki a kalcium eltávolítására az aerációs lépcsőben, amelyek a normális hagyományos eleveniszapos posztanaerob kezelésnek felelnek meg. A szennyvíz kibocsájtása előtti aerob kezelés csökkenti a BOI-t, oxidálja a szulfid-ionokat, valamint elősegíti a kalcium kiválasztását kalcium-karbonát formájában. Mivel a VPK Oudegen gyárában a második lépcső után csak levegőztetést végeznek, a BOI eltávolítása helyett kalcium-eltávolítás a cél.

A hulladékpapírban lévő kalcium-karbonát a mikrobiológiai hatások következtében keletkező szerves savak hatására oldatba megy, és gyakran a töménysége meghaladja az 1000 mg/l koncentrációt. A levegőztetés hatására a vízben lévő CO<sub>2</sub> (ami általában az anaerob lépcsőben keletkezik) részben eltávozik, a pH növekszik és az oldott kalcium kicsapódik.

Természetesen a berendezés felállítása előtti koncentráció lényegesen kisebb volt a hasonló üzemekben előforduló koncentrációknál. kivéve a nulla szennyvízki-bocsájtású vízrendszereket. Egy német gyárban a már üzemelő zárt vízrendszeren belül létesítették az első anaerob/aerob kezelési rendszert. A szennyvízkezelő üzem (jelen esetben egy USAB és az azt követő eleveniszapos rendszer) kb.4m<sup>3</sup>/t gyártási víz kezelését végezte, majd azt visszavezették a gyártási rendszerbe. A rendszerben a koncentráció lényegesen magasabb szinten stabilizálódott, mint a korábban említett VPK üzemből, de minden esetre elég alacsony értéken volt ahhoz, hogy ellensúlyozza a nagyon nagy koncentrációban jelen lévő szerves savak okozta nehézségeket. Az integrált kezelés után a termék nem volt kellemetlen szagú, mivel a visszamaradt szerves savak mennyisége a korábbi 1,5%-ról 0,2%-ra csökkent. Hasonló módon a levegő minősége a gyár környezetében és a közeli városokban az illékony szerves savak 95%-os csökkenése miatt lényegesen javult.

Az integrált kezelő üzem létesítésekor két kérdés vetődött fel:

hol van az optimális hely a gyártási víz kivételére a kezelés végrehajtásához,

és hol kell a kezelt vizet a rendszerbe visszajuttatni?

Az egyik elképzelés szerint a papírgépi retürvizet használjuk, amiből az összes hasznos rostanyagot előzőleg eltávolítottuk, és a biológiai kezelés előtt külön vezetjük vissza. Azonban a két vizsgált gyár példája azt mutatta, hogy bár a kezelt víz mennyisége lényegesen különbözött (4 m<sup>3</sup>/t az egyik és 9 m<sup>3</sup>/t a másik esetben), hasonló eltávolítási hatékonyságot feltételezve, a BOI/KOI értéke a kezelt mennyiséggel csak kis mértékben javul 10 m<sup>3</sup>/t felett.

A másik lehetőség a gyártási víz lehető legkorábbi helyen való kivétele, előnyösen a rostelőkészítés bizonyos helyén, rostbesűrítő alkalmazásával. Ennek a lehetőségnek a modellezésével világosan látható, hogy a retürvíz helyett a besűrítő szűrletének kezelése jelentős mértékben csökkenti a rendszerben a koncentrációt, a szennyvízkezelő üzem ugyanazon hidraulikus terhelése mellett. Az oldott anyagok koncentrációja a majdnem nyitott vízrendszerű papírgépeken tapasztalt értékekre csökken (2. táblázat).

2. táblázat

Kezelt víz, m <sup>3</sup> /t	Besűrített rost-koncentráció, %	A rendszerben lévő oldott anyag g/l	
		besűrítő nélkül	besűrítővel*
11	5	5,1	3,6
21	10	2,9	1,3
26	20	2,4	0,7
29	50	2,1	0,5

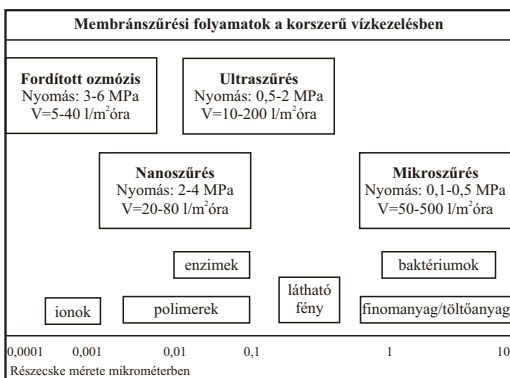
\* 50 kg/t KOI-t és 80%-os eltávolítási hatásfokot feltételezve

### Erőfeszítések a siker érdekében

A szűrési technika jól ismert a papíriparban, hiszen ez a lényege annak, ahogy a papír készül, és széles körben alkalmazzák a vízkezelésre és a rostviszanyerésre. Az utóbbira azért van szükség, mivel a lapképző sziták meglehetősen durvák és nem alkalmasak a finomabb szilárd részecskék visszatartására. Természetesen szükségszerűleg lehetséges finomabb sziták alkalmazása, de az azzal járó nagyon kis víztelenedési sebesség miatt ez gazdaságilag kivitelezhetetlen. A víztelenedési sebesség vagy hidraulikus terhelés (amelyet l/m<sup>2</sup> órában fejeznek ki) igen fontos valamennyi víz /szennyvízkezelő szűrő esetében, és különös fontossággal bír az oldott szilárd anyagok különböző frakcióinak eltávolítására szolgáló membrán-szűrők esetében. A membrán-szeparáció hajtóereje lehet elektromos potenciál (pl. elektrodialízis), koncentráció-gradiens (közönséges dialízis), vagy a leggyakrabban alkalmazott eljárás, a nyomáskülönbség létrehozása. A nyomás-

különbség segítségével megvalósítható szűrési eljárásokban az alkalmazott nyomás a mikroszűréstől a fordított ozmózisig – amit más néven hiperszűrésnek neveznek – fokozatosan emelkedik, mivel az alkalmazott membrán egyre finomabb, és ezáltal alkalmas egyre kisebb méretű részecskék leválasztására. Az alábbi 1. ábrán mutatjuk be a membrán-szűrési folyamatok családját az alkalmazott nyomás, az elérhető szűrési sebesség és a kiszűrhető anyagok részecskemérete függvényében.

1. ábra



A szűrési sebesség az alkalmazott nyomás emelésével növelhető, de az energiefelhasználás 1 – 10 kWh/m<sup>3</sup> permeát között van, a membrán típusától és hatékonyságától függően.

Az optimális membrán szerkezet kialakítása önmagában is néhány egymástól független változó összehangolását jelenti. Ilyen például a membrán anyaga (kerámia, fém, műanyag), a membrán konfigurációja (síklap, spirál szövés, keretre erősített egység, üreges szálak, bevonatos csövek stb.), a működtetés módzatai (szűrő felületén való összegyűjtés vagy atmoszféros technológia).

Noha néhány membrán-technológiával működő üzem már az 1970-es és 80-as években létesítettek, az 1990-es évek elején mutatkozott az új beruházási hullám, különösen a mázolt papírok gyártásakor keletkező szennyvizekben lévő mázanyagok visszanyerésére. Napjainkban számos ultraszűrési membrán-technológiai beruházás valósult meg, különböző társaságok jóvoltából. A fenti területen kívül a membránokat az üzemeken belüli belső víztisztításra is alkalmazzák a retürvíz minőségének javítására, újbóli felhasználás vagy a kibocsátandó víz minőségének javítása érdekében. Az utóbbi esetben a membránokat az eleveniszapos tisztítási eljárásban, mint elválasztási technikát is alkalmazzák az ún. bioreaktor eljárásban. A legkiterjedtebben a membrán-technikát egy finnországi üzemben alkalmazzák, ahol a gyárban öt helyen 19 ultraszűrő berendezés üzemel, három papírgépgépezet vizének tisztítására, ezen felül egy nanoszűrő-berendezés is

rendelkezésre áll. Öt éves működése alatt az ultraszűrőket 1,5 évenként cserélték. A membránok tisztításhoz 5 naponkénti alkalikus mosásból állt. A spiráltekercselt nanoszűrő az egyik papírgép ultraszűrés utáni permeáját tisztította tovább, ezzel a KOI-t és a vezetőképességet 80 %-kal csökkentette, így lehetővé vált a kezelt víz frissvízként való felhasználása. A membrántechnika segítségével ez az üzem a frissvízfogyasztást  $6 \text{ m}^3/\text{t}$ -ra csökkentette.

További üzemekben alkalmazzák sikeresen a membrántechnikát a hulladékpapírt feldolgozó üzemekben az USA-ban és Németországban, mint a belső vízkörök tisztításának eszközt. Kanadában egy fehérített fenyő szulfátcellulóz előállító üzemben nem volt biológiai szennyvíztisztító; a KOI-t kétlépcsős barnaanyag-mosással és oxigénes ligninmentesítéssel 60 %-kal tudták csökkenteni. Mivel a szennyvíz toxicitása továbbra is jelentősen meghaladta az előírt szintet, 1998-ban egy fordított ozmózis elvén működő víztisztítót helyeztek üzembe, ahol napi  $6000 \text{ m}^3$  szennyvizet kezelnek. A fordított ozmózis segítségével az oldott szerves anyagok 90 %-át el tudták a vízből távolítani.

Az elmondottakon kívül néhány újabb megoldás félézemi, illetve üzemi megvalósítása is várható a közeljövőben. Ilyenek például a KOI-csökkentés biológiai tisztításkor, egy ózonos előkezelés alkalmazásával

elsősorban a színezékek elroncsolására. Egy ilyen megoldás üzemel egy évi 5000 t színes papírt gyártó német üzemben. Az ózonos kezelést megelőzi egy finom szűrővel ellátott flotációs lépcső, majd a  $3 \text{ kg}/\text{óra}$  kapacitású ózonizáló berendezésen vezetik keresztül a szennyvizet. A kezelés segítségével a  $29 \text{ m}^3/\text{t}$  frissvízfogyasztást  $14 \text{ m}^3/\text{t}$ -ra sikerült csökkenteni, és ráadásul a KOI, illetve az AOX is 10–20 %-kal csökkent.

A KOI és a szín csökkentésére tovább folynak a kísérletek bizonyos elektrokémiai kezeléseik irányában. Különböző elektrolitokat próbálnak ki a kedvezőbb hatás elérése érdekében. A lerakódások, elsősorban a csővezetékek vízkövesedésének megakadályozása érdekében különböző elektromágneses erőkterek kialakításával megváltoztatják a kicsapódó kalcium-karbonát kristályszerkezetét, és ezzel a lerakódások könnyebben eltávolíthatók a rendszerből.

A cikkben felsoroltakból látható, hogy a zavaró anyagok eltávolítása a hagyományos megoldások mellett az un. vese-technológiák segítségével mind sikeresebben valósítható meg, és ezzel a papíripar hozzájárulhat a tisztább környezet biztosításához.

*Az összeállítás a PPI 2002. áprilisiában megjelent cikke alapján készült.*

Hernádi Sándor

Keyword: packaging, corrugated board, printing

## Ofszet nyomatok színeltérései reprodukálhatóságának vizsgálata a mikrohullámú kartonalapú csomagolóanyag-gyártásnál\*

A nyomat színjellemzőinek reprodukálása egy embléma színénél kiemelten fontos, mivel az a vállalati arculat egyik alapvető eleme. Ennek minőségét számtalan emberi, gépi és anyagi tényező befolyásolja. **A szakdolgozat célja** volt az anyagi tényezők közül a három különböző szállítmányból származó ugyanazon típusú ofszet nyomópapír és direkt ofszet nyomdafesték vizsgálata, majd egymással, a termék névleges adataival és a rájuk vonatkozó szabványokkal, ajánlásokkal való összehasonlítása, továbbá az ezekkel az alapanyagokkal készített ofszet példányszámnyomatok szintinai eltérései alapján annak meghatározása, hogy melyek azok az alapanyag-tulajdonságok, amelyekre kiemelt figyelmet kell fordítani, mert a színeltérés létrejöttében döntő szerepük van.

\*2002.

Készítette: Balog Tamás N.III. könnyűipari mérnök szakos hallgató, Budapesti Műszaki Főiskola

Tanszéki témavezető: Nagy Károly tanszéki mérnök

Külső konzulens: Horváth Zsolt termelési vezető, Stora Enso Packaging Kft Elhangzott a Fialat Diplomások Fórumán, 2002.

**Az irodalmi részben** a papír és a csomagolóipari trendek ismertetésével rámutattunk arra, hogy annak ellenére, hogy a papír még mindig az egyik legnépszerűbb csomagolóanyag és felhasználása folyamatosan nő, a többi anyaggal való versenyben igen fontos, hogy kiemeljük egyik legjobb tulajdonságát, a jó nyomtathatóságát, így a kitűnő reklámhatását.

Tárgyaltuk a nyomópapír futtathatóságát, nyomtathatóságát és e kettőt egyaránt meghatározó tulajdonságait, illetve az ofszet nyomdafestékekkel szemben támasztott minőségi igényeket.

**A vizsgálati részben** a STORA ENSO PACKAGING bemutatása és az ott készített mikrohullámú karton doboz gyártási technológiájának ismertetése után az irodalmi részben közölt tulajdonságok és az elért nyomatminőség vizsgálatára térünk rá, melyet a BUDAPESTI MŰSZAKI FŐISKOLÁN végeztünk el.

A vizsgálatok az ofszetnyomatok alapanyagául szolgáló, STORA ENSO gyártmányú, egyoldalon má-



zolt, 190 g/m<sup>2</sup> tömegű nyomópapír, valamint SUN-CHEMICAL-HARTMANN gyártmányú ives ofszet, direkt kék nyomdafestéktípus különböző gyártási idejű szállítmányaira terjedtek ki, az egyenletes minőség ellenőrzése céljából. A reprodukálhatóság vizsgálatához az ugyanazon papír- és festéktípus három szállítmányából, illetve az azokkal készített példányszámnymotokból vettünk mintát.

A papírvizsgálatok eredményei alapján azt állapítottuk meg, hogy a második szállítmányból származó mintáktól várható el a legjobb minőség a nyomtatás során.

Ennek a papírnak a nedvszívóképességét választottuk a legkedvezőbbnek, mivel vizsgálataink kezdetekor még nem tudtuk, hogy mekkora az ideális vízfel szívó képesség, és azt feltételeztük, hogy a legkedvezőbb érték a mért minimum és maximum között van, mert ekkor a papír festékfelszívása is kedvező. Így azonos festékterhelés mellett nagyobb denzitás érhető el ezen a papíron a festék átütése nélkül, illetve a rá kerülő nyomtatás dörzsállósága is a legjobb lesz a három szállítmány közül. Emellett ez a szállítmány kedvező simasági mutatókkal is rendelkezik, továbbá a repesztő, tépő és nedves szilárdsága a legnagyobb, ami azért fontos, mert a vizsgált ofszetnyomat a feldolgozás során – a hullámsított rétegre ragasztva – egy mikrohullámú karton doboz felső rétegét fogja képezni, így másodlagos funkciója a becsomagolt termék védelme.

A festékvizsgálatok eredményei szerint szintén a második szállítmány mintáitól vártuk el a legjobb nyomtatási minőséget, mivel ennek a legnagyobb a tixotropia és viszkozitás értéke. Mindhárom minta tack-értéke kisebb az ideálisnál, a legmagasabb értéket a második minta mutatta, így ennél kisebb a festékrepülés veszélye.

Feltevésünkkel ellentétben a próbanyomó gépen a harmadik mintapárral értük el a legkedvezőbb denzitást ugyanakkora festékterhelés esetén, aminek az lehet az oka, hogy az optimálisnak ítélt nedvszívóképesség túl magas, illetve a próbanyomó gépen az alacsonyabb tack-érték a kedvezőbb, mert ekkor a festék könnyebben hasad, így több kerül a nyomathordozóra.

A példányszámnymotok toleranciaszintjének meghatározására a megrendelő által jóváhagyott szint-tolerancia kártyák szintjének jellemzőit és denzitását mértük meg több ponton, majd azok átlagából meghatároztuk az optimális és a még elfogadható legsötétebb és legvilágosabb minták színingerkülönbségét és denzitását.

Vizsgáltuk, hogy szállítmányonként mennyi minta van kívül a toleranciaszinten, és mértük a szín és telitónus denzitás ingadozásának mértékét.

A színinger- és színezetkülönbség értékei alapján a szállítmányok mintáit vizuális értékelés és elfogadhatóság szerint csoportokba soroltuk.

Ezek alapján a példányszámnymotó gépen az első szállítmányból származó papírral és festékkel készített nyomatok közelítették meg leginkább a megrendelő által elvárt nyomtatási minőséget. Ez ellentétben áll feltételezésünkkel, ami azt bizonyítja, hogy az ofszetnyomat minőségét nagyon sok paraméter befolyásolja, így a várható nyomtatási minőséget csak akkor tudjuk pontosabban meghatározni, ha számításba vesszük az egyéb anyagi, technológiai és emberi tényezőket is.

Az a mintapár, amelyikkel a próbanyomó gépen ugyanakkora festékterheléssel a legnagyobb denzitást értük el, a példányszámnymotok szintjének vizsgálata során a legrosszabb minőséget mutatta. Erre az ellentétre a legjobb megoldás a kiadottság és a nyomtatási minőség közötti optimum megválasztása.

**Véleményünk szerint a nyomtatási minőségének, a nyomtatási gazdaságosságának és a dobozcsomagolás tartósságának ellenőrzésére a papír felületi szívóképességének, simaságingadozásának, fényességének, feltépődési szilárdságának, nedvesítőfolyadék-érzékenységének és mechanikai szilárdságának, továbbá a festék viszkozitásának, tack-értékének és színezetkülönbségeinek ismeretere van szükség.**

Mivel mindezen tulajdonságok vizsgálata igen idő- és költségigényes, a nyomdának arra kell törekednie, hogy a beszállítók az általuk gyártott alapanyagok specifikációjában meghatározott tulajdonságok között tüntessék fel a fenti tesztek eredményeit is.

## A Tudomány Napja Sopronban

November első két hetében Sopron számos tudományos ülés, megemlékezés színhelye volt.

A Magyar Tudományos Akadémia vezetői már harmadik éve a Nyugat-Magyarországi Egyetemen nyitják meg a **Tudomány Napját**. Idén Vízi E. Szilveszter, az MTA elnöke, akadémikus és Kroó Norbert, főtitkár, akadémikus tartotta a megnyitót. Megemlékeztek gróf Széchenyi Istvánról, Sopron vármegye egykori képviselőjéről, akinek életműve meghatározó jelentőségű a magyar tudomány és gazdaság szempontjából. Széchenyi István a pozsonyi

Országgyűlésen birtokainak egy éves jövedelmét ajánlotta fel az Akadémia alapítására.

Ennek emlékére most az Akadémia elnöke elültette Sopronban a 170. hársfát.

November 7-én az **Erdőmérnöki Kar Kémiai Intézete** tartotta nagyszerű tudományos ülését, ahol Dr. Albert Levente intézetigazgató bemutatta a Kémiai Intézet kutatásait a selmeci örökség és a jövő kihívásainak jegyében, majd a Környezeti Kémia Szekcióban, valamint az Analitika, Komplexkémia, Biológia Szekcióban 25 előadás hangzott el a folyó kutatásokról.

**Ugyancsak a Kémiai Intézet, valamint az MTA Szál- és Rosttechnológiai Bizottsága, természetes Polimerek munkabizottsága, továbbá a PNYME Kutatási Bizottsága** szervezte november 8-án a **Fa- és Cellulóz-kémia környezetvédelmi kérdései** c. tudományos ülést, melynek előadói és előadásai – Dr. Mészáros Károly, rektor megnyitóját követően a következők voltak:

- Dr. Tánczos Ildikó (Johannes Kepler Egyetem, Linz): A fafeltárás és fahasznosítás újabb útjai.
- Dr. Oscar Faix (A fa kémiájának és kémiai technológiájának intézete, Hamburg): A cellulóz és papírgyártás a fenntartható fejlődés szempontjából.
- Dr. Németh Károly (Ny-Magyarországi Egyetem, Sopron): Kapcsolási reakciók a fa járulékos anyagainak bioszintézise során.

Az ülést Dr. Czvikovszky Tibor, egyetemi tanár (BME), az MTA Szál- és Rosttechnológiai Bizottságának újonnan megválasztott elnöke vezette.

A nagy érdeklődéssel kísért előadások szövegét a Papíripar következő számaiban jelentetjük meg.

Ugyancsak november 8-án tartotta ünnepi megemlékezését az egyetem **Cellulóz és Papírtechno-**

**lógiai Tanszéke, a nappali okleveles papíripari mérnök-képzés** megindításának 10. évfordulója alkalmából. Dr. Kovács István tanszékvezető tanszéki gyártású, kézi merítésű Emléklapokat adott át azoknak az egyetemi és ipari személyiségeknek (többek között Juhász Mihálynak, Kardos Györgynek, Horváth Sándornak, Polyánszky Évának), akik segítettek a képzést.

A Tudomány Napja tiszteletére szervezett ünnepek november 11-én a Magyar Tudományos Akadémián folytatódtak. „A természeti erőforrások környezetbarát hasznosítása” című tudományos ülésen, melyet a Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kara a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karával közösen rendezett.



## Az MTA-n tartott tudományos ülés programja

### Moderátorok:

- Dr. Bóhm József** egyetemi docens,  
a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar dékánja
- Prof. Dr. Mészáros Károly** egyetemi tanár,  
a Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar dékánja

### Előadások:

- Prof. Dr. Besenyei Lajos** egyetemi tanár,  
a Miskolci Egyetem rektora:
- Nyersanyag- és energiaforrások – XXI. századi remények és aggodalmak**
- Dr. Esztó Péter** okl. bányamérnök,  
Magyar Bányászati Hivatal elnöke:
- A természeti erőforrások környezetkímélő hasznosításának jogi lehetősége**
- Dr. Tardy Pál** okl. kohómérnök,  
a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés műszaki igazgatója:
- Az acélipar és a fenntartható fejlődés**
- Prof. dr. hc. Dr. Solymosi Rezső** akadémikus:  
**A Világ, Európa és Magyarország érdeinek többcélú tartamos hasznosítása és a társadalmi jólét**
- Prof. dr. Faragó Sándor** egyetemi tanár,  
a Nyugat-Magyarországi Egyetem megbízott rektora:
- A fenntartható természetközeli vadgazdálkodás lehetőségei Magyarországon**

## A Kémiai Intézetben tartott tudományos ülés programja

### Plenális előadások

- Dr. Mészáros Károly** egyetemi tanár, az Erdőmérnöki Kar dékánja:  
*Megnyitó*
- Dr. Albert Levente** egyetemi tanár, intézetigazgató:  
*A Kémiai Intézet Kutatásai a selmeci örökség és a jövő kihívásainak jegyében*

### Környezeti kémia, Technológia, Oktatás

- Bulla Miklós, Tóth Péter, Nagy Géza:** *Innováció a megújuló energiák hasznosításának technológiáiban*
- Bakos Piroksa:** *Biológiailag lebomló keményítő alapanyagú csomagolóanyagok előállítása*
- Halász Gábor, Klaus Jung, Heltai György:** *Növényi biotesztek alkalmazása üledékek toxicitásának vizsgálatában*
- Stipta József:** *A gőzölt és gőzöletlen akác színváltozásának különbözősége természetes fény hatására*
- Stipta József:** *A színmérés, mint anyagvizsgálati módszer alkalmazhatóságának kérdései a faiparban*
- Dolgosné Kovács Anita:** *Analitikai módszerek alkalmazása a Dráva folyó vízminőségének monitorizálása során*
- Kiricsi Imre:** *Az alumíniumgyártás és környezeti hatása*
- Kovács István:** *Kender (Cannabis sativa) mint egy lehetséges papíripari nyersanyag*
- Széli Andrea:** *Különböző anyagok fűtőértékének meghatározása kaloriméterrel*
- Molnárné Hamvas Lívია, Molnár József, ifj. Molnár József:** *Elektronikus tankönyv az „Általános és szerves kémia” oktatásához*
- Simon Miklós, Szűcs Beatrix:** *Állati eredetű hulladékok anaerob kezelésének vizsgálata*
- Kovácsvölgyi Gábor:** *Újrahasznosított polipropilén alkalmazásával készült lignocellulóz alapú kompozitok mechanikai tulajdonságainak javítása*