

Az újrahasznosított papír a globális papírgyártás nélkülözhetetlen nyersanyaga*

Dr. Lothar Götsching

1. Bevezetés

A 20. század elején az újrahasznosítandó papírt, amit hulladékpapírnak neveztek el, egy majdnem értéktelen szemétszerű anyagnak könyvelték el, amit nem érdemes tudományos vizsgálódásoknak alávetni. A múlt század második felében azonban az újrahasznosított papír a sikertörténet szimbólumává vált az újrahasznosítás folytonos bővülése következtében.

A már egyszer felhasznált papírtermék a legtöbb esetben, amennyiben külön-külön gyűjtik össze, mint másodlagos nyersanyag többszöri felhasználás során új életet kezd. A papír újrahasznosítása kiváló példája a megújuló nyersanyagforrások fenntartható papíripari felhasználásának. Az újrahasznosítás különböző módon hozzájárulhat a környezetvédelemhez is.

A papír visszaforgatása a szemétbe kerülő papír mennyiségének jelentős csökkenését eredményezi, így csökken a lerakásra és/vagy égetésre kerülő hulladék mennyisége. A papíripari szakértők arra is rámutattak, hogy az újrahasznosított rostok primer rost helyetti alkalmazása csökkenti a rostosítás, illetve a papírgyártás energiaigényét is. Ez a tény továbbiakban csökkenti a fosszilis energia használatakor fellépő CO₂-kibocsátás mértékét is. A visszanyert papírt feldolgozó papírgyár biológiailag kezelt elfolyó vize kevesebb szennyező szervesanyagot tartalmaz, mint egy cellulózygáré. Az újrahasznosított rostot felhasználó papírgyár környezetbarát vegyianyagokat alkalmazhat, mivel a gyártási folyamatba nem kerül klórozott vegyianyag. Végül az újrahasznosított papír felhasználása hozzájárul az olyan újra termelődő és a nem újra termelődő nyers-

anyag-forrásokkal való takarékosághoz, mint a papírfa, a fosszilis energia, valamint a víz és a levegő nem szennyeződik kéntartalmú vegyületekkel.

2. Az újrahasznosítási arányok meghatározása

Az újrahasznosítási arányok tárgyalásakor az alábbi meghatározásokat célszerű figyelembe venni. Elvileg három különböző fogalmat kell tisztázni, melyek az adott esetben jelentőséggel rendelkeznek.

- A papírhulladék-feldolgozás és a papírtermelés közötti arány adja meg az **újrahasznosítás arányát**. Minél nagyobb ez az arány, annál nagyobb az újrahasznosított papír részaránya a papírok rostanyagában, és annál nagyobb a papírok és kartonok gyártása során átlagosan újrahasznosult szekunderrost mennyisége az adott országban, régióban, kontinensen vagy a világon. Ez az arány azonban nem azonos a papír vagy karton újra felhasznált rosttartalmával, mivel a rostosítás, az osztályozás, a tisztítás, valamint a flotálás során osztályozási maradék, illetve iszap formájában veszteségek lépnek fel. Ezért az újrahasznosítás aránya meghaladhatja a 100%-ot is az egyes országokban, illetve az országban gyártott papírfajtákra vonatkozóan.
- A második fogalom az újrahasznosításra szánt papír ún. **visszagyűjtési aránya**, ami az adott ország vagy kontinens területén a begyűjtés intenzitását jellemzi, melyet az összegyűjtött újrahasznosítható papír mennyisége és a papírtermelés aránya fejez ki. Ez az arány az adott ország, terület vagy kontinens erőfeszítéseit jellemzi, amit az újrahasznosítás érdekében fejtett ki. Egy ország

*A 2006. novemberében Pozsonyban megrendezett, és az EUCPEPA által támogatott konferencián Prof. dr. Lothar Götsching által tartott előadás rövidített változata

visszagyűjtési aránya soha sem érheti el a 100%-ot, mivel a felhasznált papírok és papírtermékek bizonyos hányadát nem lehet visszagyűjteni (higiéniai papírok, speciális papírok egyes fajtái, csomagoló-, újság- és nyomópapírok más célra történő felhasználása). A veszteségeket is figyelembe véve, a visszagyűjtési arány 75–80% között lehet elméletileg. Azok az országok, ahol ez az arány 70% feletti, azok a „Bajnokok Ligájában” érezhetik magukat, míg azok az országok, ahol ez az arány nem éri el az 50%-ot, nagyobb erőt kell kifejtsenek egy országos begyűjtési hálózat létrehozása érdekében, elsősorban a háztartási papírhulladékok összegyűjtésére, ami az újrahasznosítható papír jelentős forrása.

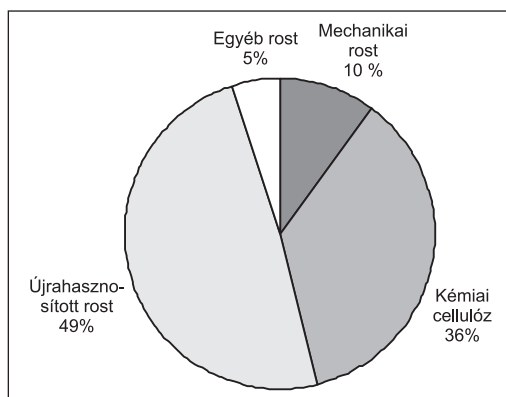
- A harmadik fogalom a **visszaforgatási (reciklálási) arány**, ami a visszanyertpapír-felhasználás és a papírfelhasználás közötti arányt jelenti. Ez az arány nem azonos a korábban közölt **visszagyűjtési aránnyal**, mivel az összegyűjtött papír egy részét exportálják – pl. Németország esetében –, vagy a visszagyűjtött papír egy része importból kerül felhasználásra – pl. Kína esetében.

3. Az újrahasznosítható papír kereslete a világon és Németországban

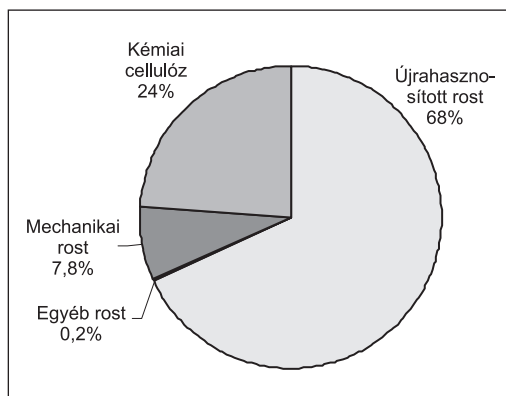
Az **1. ábra** a papíripar rostigényét mutatja az újrahasznosított papír, a mechanikai, a kémiai rost, valamint az egyéb rostok, mint cukornád, vagy szalmacellulóz figyelembe vételével. Látható, hogy világviszonylatban is első helyen áll az újrahasznosított papír mint rostanyag, és ezt követi a kémiai és a mechanikai rostanyag.

Németország esetében a kép egészen más (**2. ábra**), mivel a visszanyert papír aránya sokkal nagyobb (68%), mint a 49%-os világtátlag. Mindenesetre a primer rostok felhasználása a továbbiakban is folytatódik, és a rostanyagok kiválasztása továbbra is a nyersanyagok rendelkezésre állásától, valamint az előállítandó papírfajtáktól függ.

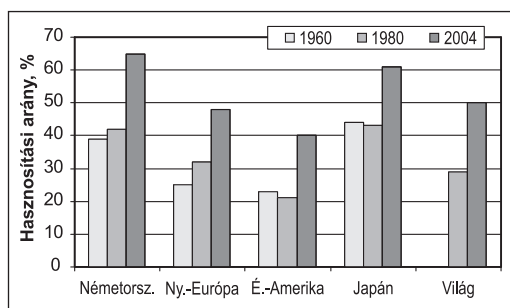
A különböző országokban és régiókban a használt papír újrahasznosítási arányának időbeli fejlődését 1960 és 2004 között a **3. ábra** szemlélteti. A növekedési ütemet tekintve az utóbbi 45 évben a legnagyobb növekedés, több mint 90%, Nyugat-Európában következett be, ugyanakkor Japán már 1960-ban az első helyen állt, azt követte Németország a maga 60%-os növekedésével. Annak ellenére, hogy Észak-Amerika hatalmas erdőterülettel és favagyonnal rendelkezik, és ezért 1960-ban ott alacsony volt az újrahasznosítás aránya, a 20. század végére a visszaforgatás erősödése következtében az újrahasznosítási arány kb. 80%-kal megnőtt.



1. ábra: A világ papíripari rostigényének megoszlása



2. ábra: A német papíripari rostfelhasználás megoszlása 2004-ben



3. ábra: Az újrahasznosítás arány fejlődése régióként

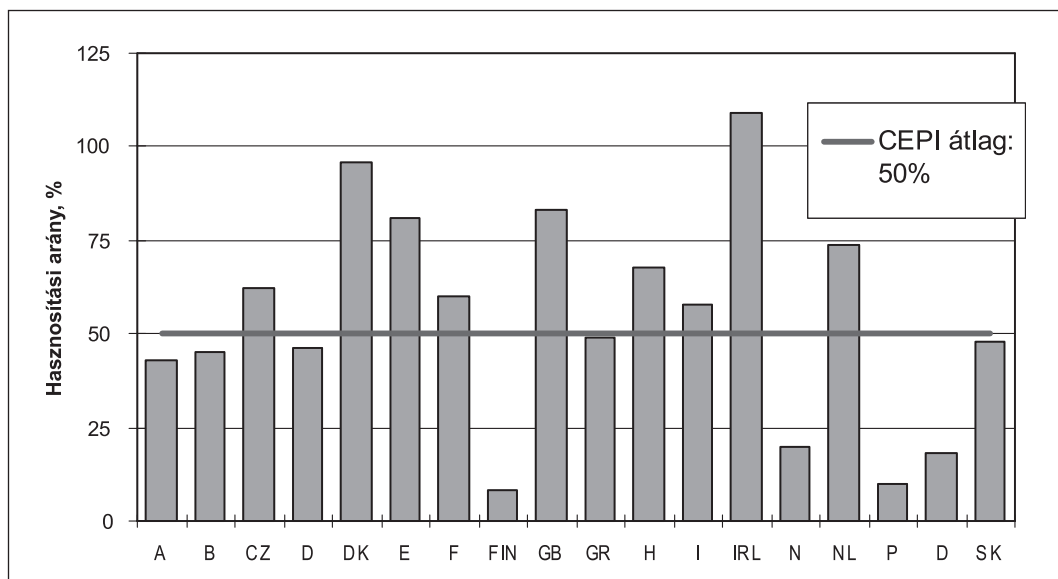
4. Az újrahasznosítandó papír hasznosítási és begyűjtési aránya Európában

A 4. ábrán láthatjuk az európai helyzetet a szóban forgó arányok tekintetében. Az ún. CEPI-országok (a korábbi 14 EU ország + Norvégia, Svájc, Csehország, Szlovákia és Magyarország) átlagos 49%-os hasznosítási aránya országonként a finnországi 6% és az írországi 100% fölötti értékek között változik. Azok az országok, ahol a hasznosítási arány 60% fölötti, az „első osztályba” tartoznak, mint pl. Svájc, Németország, Dánia, Spanyolország, Írország,

Egyesült Királyság, Hollandia. Meg kell jegyezni azonban, hogy az északi országok – Norvégia, Svédország, Finnország – papírtermelésük jelentős részét exportálják, és csak kisebb része kerül otthoni felhasználásra. Ezért kisebb ezekben az országokban az újrahasznosítás aránya.

5. Az újrahasznosításra szánt papír kereskedelme a világban

Az egyes országokban rendelkezésre álló újrahasznosítható papír mennyisége a begyűjtési arány és a hasznosítási arány közötti viszonytól függ. A magas begyűjtési arány az adott térségben garantálja a megfelelő mennyiségű szekunder rostanyag meglétét. 2004-ben világ viszonylatban összesen 147 millió t visszanyerhető papírt gyűjtöttek össze. A legnagyobb földrajzi forrás Észak-Amerika, Nyugat-Európa és a Távol-Kelet, míg Oroszország, Közel-Kelet, Afrika és Ausztrália kisebb szerepet játszik. Világviszonylatban a kereslet és a kínálat nincs egyensúlyban. A legnagyobb hiány Kína miatt Kelet-Ázsiában jelentkezik. A kereslet területén a második helyen Dél-



4. ábra: A CEPI-országok újrahasznosítási arányai 2004-ben

Korea áll. Észak-Amerika a visszaforgatható papírmennyiség tekintetében jelentős jó minőségű többlettel rendelkezik, mivel a kanadai és amerikai papírgyártásban a visszanyert papír felhasználása relatíve alacsony szinten áll. Az Észak-Amerikában visszanyert papír, főleg OCC, továbbá újság- és magazinpapír, Távok-Keletre (11 millió t-ból 9 millió t), illetve Latin-Amerikába kerül, ahol Mexikó a fő célország. Napjainkban Nyugat-Európában is mintegy 6 millió t visszanyert papír-többlet van, amit azonban középtávon a visszanyert papír felhasználás 10%-os növekedése csökkenteni fog.

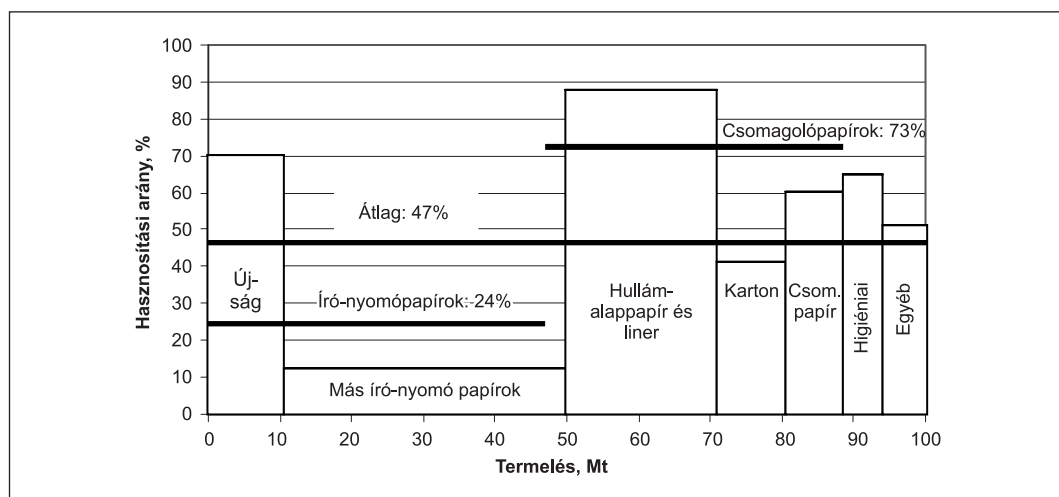
6. A visszanyert papír felhasználása és a papírfajták

A továbbiakban tekintsük át a visszanyert rostok felhasználását a papírgyártásban. Először vizsgáljuk meg a visszagyűjtött papír felhasználási arányait Nyugat-Európában a papírfajták vonatkozásában (5. ábra).

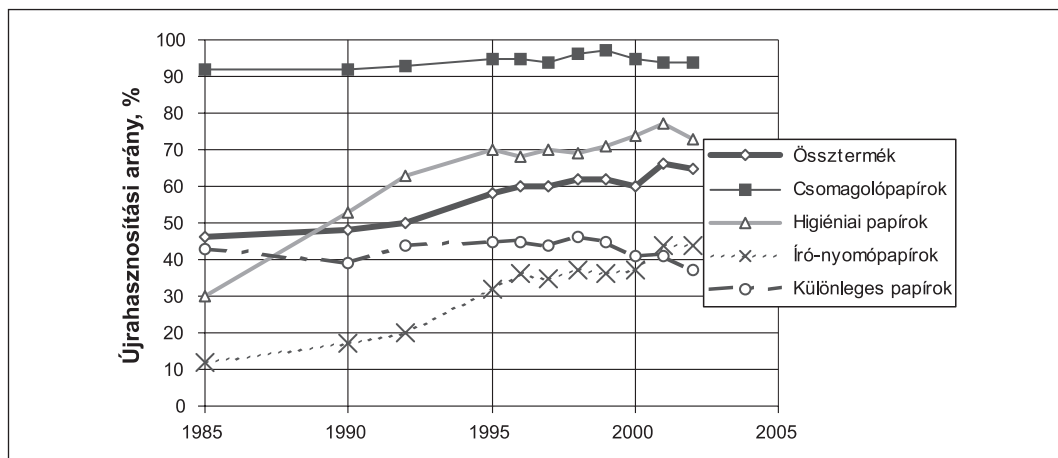
A vonatkoztatási alapként szolgáló 2004-es évben a teljes papírtelermelés 100 millió t volt, ebből 50 millió t újság- és író-nyomópapír, 23 millió t liner és hullám-középréteg, 16 millió t karton és csomagolópapír, 6 millió t higiéniai papír és 4 millió t egyéb papírféleség volt. Leg-

nagyobb hasznosítási arány (90%) a liner és hullámközépréteg esetében tapasztalható, ezt követi az újságpapír (74%), valamint a higiéniai papírok (60%). A legkisebb arány (kb. 10%) az egyéb író-nyomópapírok esetében mérhető. A nyomópapírok esetében a visszanyert papírok átlagos hasznosítási aránya 24%, míg a csomagolópapírok és kartonok csoportjában a teljes gyártás 75%-át kitevő mennyiségű szekunderrostot használnak.

Németországban az utóbbi 20 évben a hasznosítási arány alakulását az egyes papírfajták esetében a 6. ábra mutatja. Az ábrából látható, hogy a csomagolópapírok esetében a felhasználás aránya elérte a határértékét, figyelembe véve, hogy biztonsági és egészségügyi okokból néhány csomagolópapírt és kartonfajtát primer rostokból kell előállítani. Az igen széles spektrumot felölelő speciális papírok esetében a visszanyert papír felhasználása elérte a telítési pontot (40%), az egészségügyi papírokhoz (80%) hasonlóan. A nyomópapíroknál az újságpapír kb. 115%-os arányt ért el, ami azt jelenti, hogy 115 kg visszanyert papírból 100 kg újságpapírt lehet előállítani. Az elméleti maximális felhasználási arány kb. 125 kg, amennyiben a vásárolt visszanyert papírból 25 kg rejectként (osztályozási hulladékként) és iszapként távozik a gyártási folyamatból.



5. ábra: A 2004-es papírmínőségenkénti hasznosítási arány Nyugat-Európában



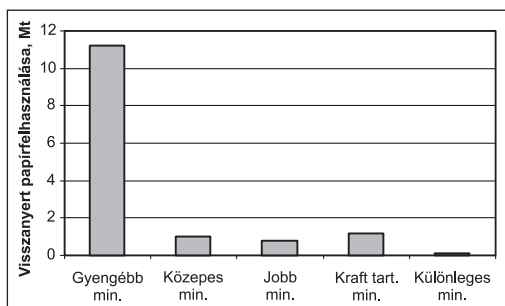
6. ábra: A hasznosítási arány papírfajtánkénti alakulása Németországban

7. A visszagyűjtött papírok fajtái

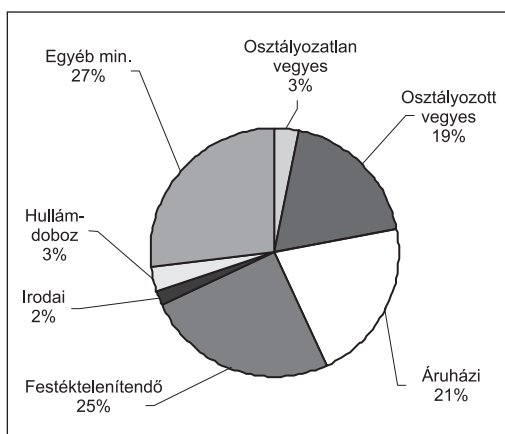
A visszanyert papír korábbi osztályba sorolásával összhangban a német előírás 40 papírféleséget definiált, amit 5 fő kategóriába soroltak: alacsony minőségű, közepes minőség, magasabb minőség, kraft-tartalmú papírok és speciális minőség (l. 7. ábra).

A leggyengébb minőség képezi a legnagyobb mennyiséget, és még most is feleslegben van. Ide gyakorlatilag az osztályozott és osztályozatlan vegyes hulladékok és az áruházi csomagolási hulladékok tartoznak. Ezzel ellentétben az egyéb papírfajták nagyobb mennyiségben történő összegyűjtése nehézségekbe ütközik. A meglévő hiányt más nyugat-európai országokból történő importálással lehet ellensúlyozni, ez főleg a famentes nyomdai szélhulladéokra és a használt irodai papírokra vonatkozik.

A 8. ábra a német papírgyárakban felhasznált visszanyert papírok súlyozott mennyiségét szemlélteti. A vegyes hulladék és az áruházi hulladék az összes mennyiségnek mintegy felét teszi ki. Mind a két fajta a csomagolópapírok, illetve a hullámlemez-alappapírok gyártásánál kerül felhasználásra. Az egyik leggyorsabb mennyiségi növekvést mutató visszagyűjtött papírfajta a festéktelenítésre szánt minőség, amit a nyomdai papírok, illetve az egészség-



7. ábra: A Németországban újrahasznosított papírok minőségi megoszlása (2004-ben 14,4 millió t)



8. ábra: Az újrahasznosított papír iránti 2005-ös fajtánkénti igény Németországban

ügyi papírok gyártásához használnak, valamint a használt irodai papír, ami szekunder nyersanyagként szolgál a famentes nyomó- és másolópapírok, illetve a fehér fedőrétegű kartonok előállításához.

A visszanyert papírfajták közül a legújabb – az irodai papírok mellett – a festékteleníthető fajta, amit 1970 óta használnak világszerte, az új flotációs és mosásos technológiáknak köszönhetően, amelyeket az USA-ban, majd Németországban alkalmaztak először. A festéktelenített rostanyag jelenleg az összes visszaforgatott papír mennyiségének 20%-a, főleg festéktelenített fatartalmú rostanyagot használnak a mechanikai rostanyag helyettesítésére az újság- és magazinpapírok gyártásakor.

8. Rostpép előállítása

A visszanyert papír rostanyaggá való feldolgozása kihívást jelent a papírgyártóknak, mivel számos követelményt kell teljesíteni. A hagyományos műveletek mellett (mint pl. a rostosítás és az őrlés) olyan kiegészítő műveleteket is kell alkalmazni a papír életciklusa során mechanikailag vagy kémiaiilag károsodott rostok minőségének javítására, mint a frakcionálás, a diszpergálás, vagy a festéktelenítés. A **9. ábrán** tüntettük fel az alkalmazandó műveleteket, valamint a segítségükkel elérhető hatásokat. A legfontosabb és leglényegesebb technológiák alkalmazásával a különböző nem kívánatos szennyezőanyagokkal teli visszanyert papírból durva és finom osztályozással, valamint durva és finom tisztítással olyan rostanyag állítható elő, ami az ebből gyártott papírokat versenyképessé teszi a 100% primer rostból gyártott papírokkal szemben.

9. A visszagyűjtött papírra és a visszaforgatott rostanyagra vonatkozó minőségi követelmények

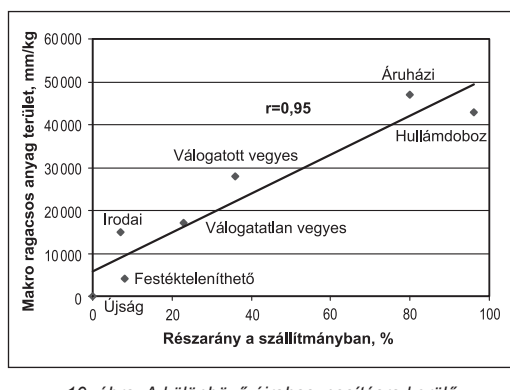
A visszanyert papír megfelelő mennyiségben, illetve fajtaválasztékban való rendelkezés-

Művelet	A művelet célja
Rostosítás	Szivattyúzható szuszpenzió előállítása
Tisztítás	Nagy és kis sűrűségű szennyeződések eltávolítása (pl. fém, üveg, kő, homok, polisztirol golyók)
Osztályozás	Az osztályozó lyukméreténél nagyobb lapos és háromdimenziós szennyező részecskék eltávolítása (pl. fóliák, műanyagok stb.)
Diszpergálás	A visszaforgatott rostanyag optikai tulajdonságainak homogenizálása
Őrlés	A szilárdsági tulajdonságok javítása
Szelektív flotálás	A fehérség javítása
Mosásos festéktelenítés	A hamu eltávolítása és a fehérség javítása
Fehérités	A fehérség javítása és az árnyalat beállítása

9. ábra: Az anyagelőkészítés jellegzetes műveletei, és azok céljai

re állása mellett döntő jelentőségű a vásárolt visszanyert papír, valamint a belőle előállított és a papírgépre kerülő rostanyag minősége. Ami a visszanyert papír minőségét illeti, a szakértők egyöntetű véleménye szerint az az idő előre-haladtával fokozatosan romlott. Ez a megállapítás igaz abban a tekintetben, hogy a visszanyert papírok szennyezettsége a szennyezőanyagok mennyiségét tekintve, illetve az eltávolíthatóságukkal szembeni ellenállásukat is figyelembe véve, növekedett.

A legkellemetlenebb és a folyamatot leginkább zavaró szennyezőanyag-csoport a legkülönbözőbb fajtájú és minőségű ragasztó- és kötőanyagoké, az ún. „stikies” (ragacsos anyagok), melyek a rostsuszpenzióval a papírgépre kerülnek. Ezek az anyagok problémákat okoznak a szitán, a nemezekben, a szárítóhengereken és a vezetőhengereken, mivel gyakori



10. ábra: A különböző újrahasznosításra kerülő minőségekben makro méretű ragacsos szennyeződés mennyisége a részarányának függvényében

szakadásokat és egyéb zavarokat okoznak. A 10. ábra adatai alapján látható, hogy a visszanyert papírban lévő „stickies” mennyisége jelentős mértékben függ a visszanyert papír fajtájától és a csomagolóanyagokban a részarányuktól.

A „sticky” mennyiségét az visszaforgatott rostból előállított, 1 kg-ra vonatkoztatott területű próbalapban lévő „sticky” területéből lehet meghatározni. Legalacsonyabb a régi újságpapírok „sticky” tartalma, mivel ezek nem tartalmaznak csomagolóanyag-szennyeződések. Ezt követik a régi újságokból és régi magazinokból készült festéktelenített rostanyagok. A legnagyobb mennyiségű „sticky” az áruházi csomagolóanyagok és a hullámdobozok esetében fordul elő, ezek jelentős területen tartalmaznak ragasztóanyagokat és -szalagokat. A gyártók a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően ezeket a minőségi nehézségeket egyre inkább uralni tudják az osztályozás, a diszpergálás és a flotálás segítségével.

10. Festéktelenített rostanyagból (DIP) újságpapír előállítása

Az európai újságpapír-gyártók már 1970-től adagoltak bizonyos mennyiségű DIP anyagot a zömében TMP-t és hosszúrostú kraftcellulózt tartalmazó rostsuszpenzióhoz az újságpapír gyártásánál. Azokban az években a DIP alkalmazása

nem volt mentes a kockázatoktól a 100%-ban primer rostot használó skandináv újságpapír és az évente egyre nagyobb mennyiségű DIP-et felhasználó német újságpapír közötti erős verseny miatt. Mivel a kb. 50% használt újságot és 50% használt magazinpapírt tartalmazó visszaforgatott papír hamutartalma 20–25% volt, a gyártott újságpapír hamutartalma elérte a 12–14%-ot, ennek következtében romlottak a mechanikai tulajdonságok, és növekedett az ofszet nyomtatás során a porzási hajlam.

Az 1990-es években a német, az osztrák és a svájci újságpapír-gyártók, akik a belföldi piac 50%-át látták el, 100%-ban DIP rostot használtak fel primer rost helyett. Jelenleg 100 kg 40–52 g/m²-es újságpapír 115 kg újság, magazin, melléklet, direkt levél, katalógus-tartalmú visszanyert papírt, és kis mennyiségű famentes brossúrát tartalmazó keverékből. A feldolgozásra kerülő visszanyert papír nem tartalmazhat flexonyomtatású újságot, lézeres nyomatot és anyagában színezett papírt. A szennyezőanyagok mennyisége nem haladhatja meg az 1%-ot.

A rostanyag megfelelő előkészítésével olyan anyagot lehet előállítani, ami nem különbözik a 100% primer rostból előállított újságpapírtól. A gyártott újságpapír nem csak szilárdsági tulajdonságait tekintve kiváló, de jó a nyomtathatósága is, és teljes mértékben megfelel az elvárásoknak.

11. DIP rostból gyártott finompapírok

Az 1980-as és az 1990-es években a finompapírok, és különösen a famentes másolópapírok gyártói úgy gondolták, hogy a famentes DIP rost alkalmazása a költségek vonatkozásában versenyképes lehet, és kielégíti a környezetbarát politikát is. Ennek következtében néhány kereskedelmi DIP-et előállító üzem létesült az USA-ban, melyek pehelyszáritott DIP anyagot szállítottak a finompapír-gyáraknak. A bonyolult festéktelenítési technológia következtében azonban csak 70%-nál kisebb hozammal lehetett a DIP anyagot előállítani, így ez nem volt versenyképes a fehérített lombosfa-cellulózzal

szemben. Emiatt számos üzemet bezártak, és Európában is csak egy észak-franciaországi üzem maradt működőképes.

A kereskedelmi DIP gyártásában a szűk keresztmetszetet a famentes szélhulladék és a vágási hulladék állandó hiánya jelenti. A jövőben sem lesz található ilyen hulladékforrás. A néhány másolópapírt gyártó társaságon kívül, melyek ilyen DIP anyagot használnak, ennek a költséges visszaforgatott rostanyagának nincs jövője. Ugyanakkor a fatartalmú DIP felhasználása az újságpapír, az SC- és az LWC-papírok és a másolópapírok területén Európában növekedni fog, beleértve a skandináv államokat is.

Összefoglalás

A papír visszaforgatása továbbra is növekedni fog. A már bejelentett, és újabban beruházott papírgyári kapacitások Európában néhány millió tonnával növelni fogják a visszanyert papír felhasználását. Nincs kétség afelől, hogy a visszanyert papír most is, és a jövőben is értékes és nélkülözhetetlen nyersanyaga lesz a papírgyártásnak.

- A visszanyert papír minőségi paraméterei az utóbbi időben változtak, azonban az

egyedül fizikai tulajdonságokat tekintve jelentős romlás nem tapasztalható.

- A visszaforgatási tavékenység összeomlása nem várható annak ellenére sem, hogy a visszanyert papír hasznosítási aránya növekedni fog. A visszaforgatott rost nagy általánosságban kétszer megy át a visszaforgatási folyamaton.
- A visszanyert papír idegen anyag tartalma növekedni fog, beleértve a „stickies”-t produkáló ragasztóanyagokat is. Ezért:
 - a rostelőkészítést folyamatosan tökéletesíteni kell,
 - a lerakás költségei folyamatosan növekednek, így ezeket ellenőrzés alatt kell tartani.
- A vegyes visszanyert papírfajták és a nagyon fontos festéktelenítésre alkalmas minőség nem szerepel az európai visszanyert papírminőségi listán. Ezért további erőfeszítést kell tenni a minőségellenőrzési stratégia elterjesztésére, amit olyan európai kutatási szervezetek dolgoztak ki, mint pl. a CTP/Grenoble, a PTS/München és a PMW/Darmstadt.

Összeállították:
dr. Hernádi Sándor
Völgyi Péter

Lyocell – az oldható cellulóz

1. rész

Borbély Endréné

1. Bevezetés

A lyocell a módosított cellulózok új generációjának legjelentősebb képviselője. Az az igény hívta életre, hogy a viszkóznál jobb gazdasági mutatókkal rendelkező és a környezetvédelmi előírásoknak is megfelelő regenerált cellulózt állítsanak elő. A lyocell mindkét igényt kielégíti.

A lyocell eredetileg textilszálként került kifejlesztésre, mivel számos előnyös tulajdonsága lehetővé teszi széles körben történő alkalmazását a textil- és ruházati iparban a könnyű női öltözékektől a férfiöltönyökig. Más felhasználási területei: a nem szőtt textíliák, **papírok és papíripari mázanyagok**, dialízishez alkalmazott membránok, **élelmiszer csomagolóanyagok** (pl. kolbászok műbél burkolatai) és a