

Óbudai Egyetem

R.S. Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Lámpaernyők készítéséhez használt, merített
papírok alkalmazhatóságának vizsgálata, az ötlettől
a megvalósításig

Szerző: Kovács Petra
**Könnyűipari mérnök BSc. szak,
III. évf.**

Konzulensek: Prokai Piroska
mérnöktanár
Dr. Koltai László
egyetemi docens

Tartalomjegyzék

	oldalszám
1. Bevezetés	3
2. Irodalmi rész	4
2.1 A papír és a papírgyártás története	4
2.1.1 A papír kialakulása	4
2.1.2 A papírgyártás és gépei	6
2.2 Papírgyártás Magyarországon	6
2.3 A papír felhasználási lehetőségei	6
2.4 Papírlámpások történeti bemutatása	7
2.4.1 Égi lámpás	7
2.4.2 Papír hőlégballonok	8
2.4.3 Úszó lámpás	9
2.5 Lámpaernyők a XIX. századtól napjainkig	10
3 Vizsgálati rész	12
3.1 Papírkészítés	12
3.1.1 Az őrlés folyamata és az őrlésfok meghatározása	12
3.2 Optikai vizsgálat I.	15
3.2.1 Az őrlött cellulóz mikroszkópos vizsgálata	15
3.3 Papírvizsgálatok	16
3.3.1 Fizikai vizsgálatok	16
3.3.2 Mechanikai vizsgálatok	19
3.4 Optikai vizsgálatok II.	27
3.4.1 A mechanikai vizsgálatoknak kitett papírok mikroszkópos vizsgálata	27
3.4.2 A merített papírok szintani vizsgálata	27
3.5 Lámpaernyők tervezése	29
3.5.1 Műszaki tervezés	29
3.5.2 Makett készítés	31
3.5.3 Lámpaernyő design	32
3.5.4 A lámpaernyő modellek elkészítése	33
3.5.6 Kész lámpaburák	34
4 Összefoglalás	37
5 Függelék	38

1 Bevezetés

Szerte a világon egyre népszerűbbek a szinte minden lakásban megtalálható lámpaernyők. A dolgozatban célunk, átfogó képet adni, a hangulatvilágítást adó papír lámpaernyők elkészítéséről. Az ötlettől kezdve fokozatosan mutatjuk be az alkotás fázisait a megvalósításig. Megvizsgáljuk a lámpaernyőkhöz használt merített papírok fizikai és mechanikai tulajdonságainak lehetőségeit és korlátait.

A TDK dolgozat ötletét adó papírlámpások történelmi bemutatása után, a kiválasztott alapanyagok szerkezeti vizsgálata segítségével megalkotjuk egyedi készítésű, saját lámpaburáinkat. A lámpaernyők merített papír alapanyagától, a szerkezetek szabatainak előkészítésén és összerakásán keresztül vizsgáljuk az egyedi lámpaernyők elkészítésének nehézségeit.

A dolgozat irodalmi része, betekintést nyújt a papírlámpások jellegzetességeibe és ismerteti az égi-, úszó lámpások hagyományait, valamint bemutatja a hagyományos papírgyártás, a kézi papírmerítés történelmét.

A dolgozat vizsgálati részében olyan papíralapanyag- és kész papír vizsgálatokat végzünk, melyek elősegítik a tervezők munkáját, amikor egy-egy megrendelés alkalmával dönteniük kell, hogy melyik a legalkalmasabb merített papír a lámpaernyő kivitelezéséhez.

Hat különböző őrlésfokú, merített papírt készítünk, a lámpaernyők megfelelő alapanyagának kiválasztáshoz. A papírok fizikai- és mechanikai tulajdonságainak – négyzetméter tömeg, vastagság, szakítószilárdság, tépőerő, repesztési mutató, hajtogatás, hajlítási merevség – és az őrölt alapanyag, valamint a kész merített papír, műszeres (video mikroszkópos) vizsgálatait is elvégezzük. A papírvizsgálatok kiértékelésével az a célunk, hogy a lámpaernyőkkel szemben támasztott elvárások tükrében kiválasszuk a lámpaernyők alapanyagát, szem előtt tartva a tovább feldolgozhatóságot. A makett elkészítéséhez számítógépes szabatoikat az AutoCAD program segítségével készítjük, majd összeállítjuk a kész lámpaernyőket.

2 Irodalmi rész

2.1 A papír és a papírgyártás története

2.1.1 A papír kialakulása

„A papír növényi rostok vizes szuszpenziójából a rostok összekuszálásával és a víz eltávolításával kialakított vékony, hajlékony lap.” A mai papír cellulózból készül, ahol a rostok fizikai- és kémiai kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz [1].

Az első tudáshordozó azonban, amely megjelent még az ősemberhez köthető, akik a barlangok falára (kőre) rajzoltak fel egy-egy izgalmasabb vadászjelenetet. Azokon a területeken, ahol a földrajzi adottságok miatt nehéz volt hozzájutni a köhöz, agyagtáblákra jegyezték fel az információkat. Az ókori Egyiptomiak, pedig papiruszra, papirusz nádából készült lapokra írtak (2.1 ábra) [2].



2.1 ábra. Papirusz tekercsek [3]

Az időszámításunk előtti I. század környékén Pergamon városában jelentek meg az első pergamen lapok, amelyek állati bőrből készültek [2].

A tudás fejlődésével egyre nagyobb szükség volt a beszéd és a gondolatok rögzítésére. A papírtörténészek egyik feltevése szerint a papírkészítést egy Ho-ti nevű császár uralkodása alatt találták fel a 105-ös években, Kínában.

A legenda szerint az uralkodó egy hivatalnok, Cai Lun (2.2 ábra), a darazsakat figyelte meg, akik éppen a fészküket építették. Arra lett figyelmes, hogy az állatok az eperfa kérgét használva milyen jó tulajdonságú anyagot tudtak létrehozni [4].



2.2 ábra. Cai Lun [4]

Feljegyzések szerint azonban már korábban is készítettek íráshoz egy papírszerű lapot selyem hulladékból. A selymet vízben szétzúzták, majd lapot készítettek belőle. Így a papír gyártási technológiáját. Cai Lun tehát a papírgyártás egy új nyersanyagát – a növényi rostot – fedezte fel, amely olcsóbbnak és alkalmasabbnak is bizonyult a selyemnél a papír, mint íráshordozó gyártásához.

Kínában hagyományosan a nyersanyag eperfa háncs, bambuszrost, kínafű és egyéb rostonövény vagy hulladék volt. A rostosítási eljárást kémiai és mechanikai úton végezték áztatással, zúzással illetve főzéssel. A lapokat egy kádból – melyben vizes pép volt –, bambusz vagy textil szita segítségével merítették (2.3 ábra).



2.3 ábra. Kínai munkások [5]

Ezután deszkák között kőszállal sajtolták, majd levegőn vagy fűtött falon szárították. A papírkészítés utolsó művelete a felületi kezelés volt. A papír felületére rizskeményítő bevonatot kentek, majd a lapokat simították [4].

2.1.2 A papírgyártás és gépei

A papírkészítés hagyománya (a későbbi fehérművesség) államtitoknak számított Kínában, a tudás a 610-es évek környékén jutott ki az országból és került át Japánba [6].

A kereskedelmi útvonalakon általában maga a mester szállította a kész termékét egyik országból a másikba. Mivel ezeket a szállítmányokat általában nem védte őrség, 751-ben az arab világba is eljutott a papírgyártás, azáltal, hogy a kalifa hadifoglyai közé papírkészítő mesterek is kerültek. A fogságban aztán addig kínozták őket, amíg el nem árulták a papírkészítés titkát. A papírgyártás az iszlám kultúrterületen át a Közel-Keletre, Észak-Afrikába, majd Itálián, Spanyolországon át Európába is elterjedt.

Az arabok által készített papír alapanyag len- és vászonhulladék volt vagy pamut és kender. Az előkészítés során a nyersanyagot osztályozták, majd meszes vízben főzték vagy rothasztották, majd kőmozsárban zúzták. A lapképzés, a préselés és a szárítás módszere nem változott, azonban a felületi kezelésnél már megjelent az enyvezés búzakeményítővel vagy tragantmézgával. Az 1000-es évek elején már színezett papírok egész palettája állt a rendelkezésükre. Az arab kultúrában jelenik meg először a kereskedelmi mérték a rizsma [6].

A XIV. század elejére a papír felhasználás ellátására nem bizonyult elegendőnek a kézi technológia, így megjelentek az első zúzóművek és papírmalmok Franciaország területén.

A lapképzés műveleténél a hagyományos textil- vagy növényi szitákat felváltották a fém huzalos (réz) sziták és 1282-ben Bolognában napvilágot látott az első vízjel is, amely a mesterjegy volt és az eredetiséget és a minőséget hivatott szolgálni [6]. A 2.4 ábrán az 1782-ben alapított magyar papíripari cég, a Diósgyőri Papírgyár vízjele látható. A víztelenítéshez nemezt és csavarsajtót alkalmaztak és létrehozták az első szárítópadrásokat. Az enyvezést pedig állati enyvvvel végezték.



2.4 ábra A Diósgyőri papírgyár vízjele [7]

Az írás elterjedésével, a nyomtatás feltalálásával (1440 Gutenberg) a XV-XVI. században a papírszükséglet jelentősen megnőtt. Ez újabb újításokhoz, technológiai változtatásokhoz vezetett a papírgyártás történetében is. 1799-ben Nicola Luis Robert egy francia feltaláló szabadalmaztatta a síkszítás papírgépet, amely lehetővé tette a papír nagyüzemi gyártását. Ekkor még mindig rongyokból állították elő a papír [6].

1844-ben Fridrich Keller, könyvkötő mesternek sikerült kiváltania a papírgyártás alapanyagául szolgáló rongyokat és faforgáccsal helyettesítenie. A fát csiszolás és köszörülés közben bő víz felhasználása mellett elemi részekre bontotta.

2.2 Papírgyártás Magyarországon

Károly Róbert és Nagy Lajos korában az itáliai kapcsolatok fejlődése révén került Magyarországra kereskedelmi mennyiségű papír, amit főleg Budán, Pozsonyban, Kassán és Brassóban értékesítettek. Az első ismert, papírra írt dokumentum Pozsonyban, Károly Róbert udvarában íródott, Gentilis bíboros 1310. május 1-jei keltezésű oklevele (2.5 ábra).



2.5 ábra Gentilis bíboros oklevele [7]

Az első magyar papírmalmot Lőcsén működtették, ami 1530-ban leégett. A Diós-győri Papírgyárat 1782-ben Martinyi Sámuel alapította magyar papíripari cég, melyet Fiedler Károly 1842-ben vette át (2.6 ábra). 1993-ban a Pénzjegynyomda tulajdonába került. A papírgyár mai tevékenysége bankjegy-, okmány-, érték-, jegyalap-papírok, vízjeles nyomó papírok, illetve biztonsági kartonok gyártása [7].



2.6 ábra Diós-győri Papírgyár [7]

A papírgyártás technológiája a XXI. századra nem sokat változott. Azonban a gépeket már számítógépes rendszerek felügyelik, a természetes adalékanyagokat pedig szintetikusanyagok váltották föl. Napjainkban kimondottan a papírgyártás céljaira telepítenek puhafa (nyírfa, lucfenyő, erdei fenyő) erdőket [3]. Jelentős változást az alapanyag felhasználás területén az hozott, hogy létrejöttek az újrahasznosító üzemek és igyekeznek a felhasznált papírokat visszagyűjteni és magas százalékban újrafelhasználni.

2.3 A papír felhasználási lehetőségei

363-ban jelent meg az első pekingi újság, 660-ban pedig már papírpénzt használtak a kínaiak [4].

A papírra elsősorban íráshordozóként gondolunk, bár felhasználásának számtalan módja van az egyik ilyen például a csomagolás. Készítenek belőle zacskókat, tasakokat. A papírok felhasználhatók a háztartás egyéb területein is, úgymint higiéniai papírok. Készülnek még másolásra, dobozok előállítására, papírpénzhez, más egyéb biztonsági nyomtatványokhoz, játékokhoz és hullámpapír előállításához is alkalmas alappapírok [9].

2.4 Papírlámpások történeti bemutatása

2.4.1 Égi lámpás

A papír ballonok eredete a keleti világba nyúlik vissza. Eredeti nevük Tian Deng, vagy kívánságlámpás. Időszámításunk szerint a III. században egy Kong Ming nevű híres katonai vezető használta üzenetek közvetítésére, mivel nagy távolságokba voltak képesek eljuttatni az információt.

Később Ázsia egyszerűbb népe használta, hogy a távoli rokonoknak üzenjenek vele. Hagyománnyá vált, hogy rendszeresen eresztettek fel ilyen lámpásokat, mert bíztak abban, hogy így megóvhatják szeretteiket a betegségektől, bánattól és jó egészséget hoz majd. Ezért nevezték el kívánság lámpásnak a papírlámpásokat. Ázsiában újévkor és a Fullmoon ünnepeken azóta is rengeteg ilyen lámpást engednek fel, mert úgy tartja a hagyomány, hogy a ráírt üzenet vagy a belesuttogott szó valóra válik [10].

Az égi lámpások anyaga bambusz, vászon vagy impregnált tűzálló papír. Merevítésként drótot, a fényforrásként pedig egy mécsest használnak (2.7 ábra).



2.7 ábra. Égi lámpások felengedése [10]

2.4.2 Papír hőlégballonok

A 17. században Francesco Lana Terzi jezsuita szerzetes fedezte fel az aero-nautika egyik alaptörvényét. Rájött, hogy a levegőnek súlya van, így ami nála kisebb sűrűségű, az felemelkedik a levegőbe.

Az 1700-as évek közepén a franciaországi Annonay-ban működő papírgyáros család két sarja, a később csak Montgolfier-fivéreként (2.8 ábra.) ismert Josef és Etienne kísérletezni

kezdték, és először vízgőzzel próbálták magasba emeltetni légballonjukat, de a kihűlő vízgőz kicsapódott és átnedvesítette apapírból készült légballont [11].



2.8 ábra A Montgolfier fivérek

Felfigyeltek rá, hogy az égő papír hamuja felszáll az ég felé, így a zárt füstöt is fel akarták használni. Végző megoldásként az alulról történő folyamatos melegítést választották, és először üresen engedték fel léggömbjüket a magasba, később házi állatokat helyeztek a kosárba. Az első „emberes” repülést egy fiatal orvos, Pilâtre de Rozier és Francois d'Arlandesmárki vállalta 1783. november 21-én Párizs mellett. A repülés 25 percig tartott melynek során 7,5 km-t sikerült megtenniük [11]. A léghajó vászonból készült, melyet papírral béleltek ki.

A léggömb alja nyitott volt, alatta egy rácson szalma és száraz fa égett, és annak füstje, illetve a felmelegedett levegő emelte magasba a léggömböt (2.9 ábra).



2.9 ábra A Montgolfier fivérek hőlégballonja [11]

2.4.3 Úszó lámpás

Az úszólámpások szintén keleti eredetűek. Japántól Thaiföldre sok helyen elterjedt vallási és világi ünnepek elmaradhatatlan kelléke [12]. Funkciójukat tekintve hasonlóak, mint a kívánság lámpások, mivel magukkal viszik a betegségeket, a bajt és a rosszat a messzi távolba, a kívánságokat pedig valóra váltják. Az úszó lámpások anyaga lehet fémfólia és impregnált papír, a fényforrásuk pedig az égi lámpásokhoz hasonlóan szintén egy mécses (2.10 ábra).



2.10 ábra. Úszó lámpások [11]

2.5 Lámpaernyők a XIX. századtól napjainkig

A lakások világításánál használt gyertyákat a XIX. századra felváltotta az izzólámpa, amely már nem rendelkezik spirituális tartalommal, hanem a hétköznapi élet részét képezi.

Az izzólámpa (melyet gyakran égőnek vagy villanykörtének is neveznek) az egyik legrégebbi elektromos fényforrásunk [13]. Fényét elektromos áram által felizzított volfrámszál adja, az izzószálat az üvegburában lévő semleges gáz vagy vákuum óvja meg a levegő oxidáló hatásától. 1874-ben a kanadai Henry Woodward és kollégája, Mathew Evans lámpáiban különböző méretű és formájú szén rudak (izzószál) voltak, ezeket elektródok tartották. Az izzószálat burával védték, és nitrogén védőgázt alkalmaztak [14]. Szabadalmukat 1879-ben eladták Thomas Edison-nak. Ezért a ma használatos izzólámpa feltalálójának Edisont tekintik. Nagy áttörésnek számított az izzók megjelenése, de segédeszközre volt szükség ahhoz, hogy az izzó fényét, irányítani, árnyékolni és koncentrálni lehessen. Ezen okok miatt, valamint esztétikai szempontból is fontossá vált az izzó köré erősíthető lámpaernyők alkalmazása.

Feljegyzések szerint a II. világháború idején a buchenwaldi koncentrációs táborban emberi bőrből készítettek ajándéktárgyakat, többek között lámpaernyőt is (2.11 ábra). Az utasítást a tábor akkori parancsnokának felesége, Ilse Koch adta ki, a foglyok meggyilkolására, majd bőrük megmunkálására és fel-dolgozására [15].



2.11 ábra. Bőrből készített lámpaernyők [15]

Napjainkban már nagyon sok féle természetes és mesterséges alapanyagból, úgy mint papírból, szövetből, növényekből, bőrből és műanyagból, változatos mintával, különböző méretekben, szinte bármilyen alakú lámpaburát találhatunk az üzletek polcain (2.12 ábra).

Magyarországon 1990 óta van jelen a sokak által kedvelt lakberendezési tárgyakat forgalmazó svéd IKEA áruház, ahol mindenki számára beszerezhetők álló és mennyezetről lelógatható hártyszerű papírból készült drótvázás lámpaburák.



a,



b,



c,

2.12 ábra. Modern lámpaernyők
a, textil; b, rizspapír; c, kosár fonott

3 Vizsgálati rész

Hat különböző őrlésfokú, merített papírt készítünk, a lámpaernyők megfelelő alapanyagának kiválasztáshoz. A fizikai- és mechanikai papírvizsgálatok során arra a kérdésre keressük a választ, hogy melyik kézi merítésű alappapír a legalkalmasabb a hangulat-világítást adó lámpaernyők kivitelezéséhez.

A vizsgálati részben ismertetjük a papírlámpaernyők elkészítésének fázisait az ötlettől megvalósításig.

3.1 Papírkészítés

3.1.1 Az őrlés folyamata és az őrlésfok meghatározása

A papírkészítés első lépése a cellulóz foszlatása, majd őrlése. Fehérített fenyő cellulózt használtunk a lámpabura alapanyagául szolgáló merített alappapír elkészítéséhez.

A vizsgálathoz, bemért 360 g cellulózt 3 percig 5 liter vízben áztattuk. Az áztatás követően 3x5 cm-es darabokra tépkedtük, majd beleöntöttük a Valley-hollandi malomba (3.1 ábra), amelybe az őrlést és a foszlatást végeztük.



a.)

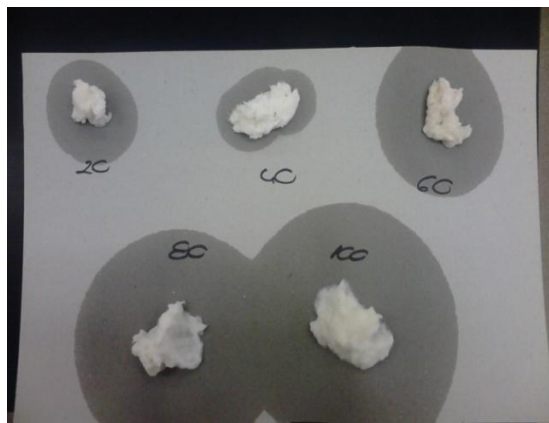
b.)

3.1 ábra A cellulóz előkészítése a papírmerítéshez

a.) feltépkedett, beáztatott cellulóz b.) Valley-hollandi malom

A hollandiba öntött vizes, kis darabokra tépkedett cellulózhoz 18 liter vizet adtunk, így feltöltve az őrlő berendezést, a működéshez szükséges 23 literre.

A hollandi lezárását, és a motor bekapcsolását követően 30 percig súlyterhelés nélkül foszlattuk, majd 5,5 kg-os súly felhelyezésével a kívánt ideig őrlöttük a cellulózt. Hat különböző (0, 20, 40, 60, 80, 100 percig) ideig őrlött cellulóz pépet készítettünk (3.2 ábra).



3.2 ábra Örölt cellulóz minták

20, 40, 60, 80, 100 percig tartó őrlési idő után

Őrléskor a rostokban a következő három folyamat játszódik le: aprítás, külső- és belső felületnövekedés. Csak helyesen őrlött rostanyagból lehetséges a tökéletes lapképzés. A különböző eredetű nyersanyagok eltérő kezelést igényelnek, ezért az őrlés egy igen bonyolult folyamat. A rosttulajdonságoknak az őrlés során bekövetkező változásai (a papíriparban általános használt empirikus mérőszám) a Schopper-Riegler fok növekedésével mérhető. A rostanyag őrléssel eltérő fizikai- és mechanikai tulajdonságú laptermékek hozhatók létre. Az őrlésfok meghatározásához mi is az Európában gyakran használatos Schopper-Riegler berendezést használtunk (3.3 ábra).

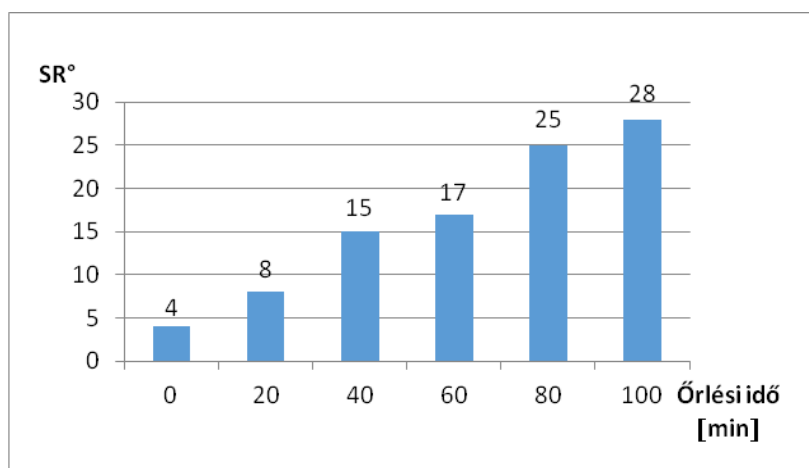


3.3 ábra Schopper-Riegler őrlésfokmérő

A Schopper-Riegler mérés segítségével meghatároztuk a cellulóz szálak fibrilláltságát, az őrlési idő hatására. A cellulóz rostok fibrilláltsága befolyásolja a papír nemezelődési képességét.

A őrlésfok mérésekhez a mintákat 10 perces időközönként vettük, 0 perces őrlés esetében 1, 20 perces őrlésnél 2, 40 perces őrlésnél 4, 60 perces őrlésnél 6, 80 perces őrlésnél 8, 100 perces őrlésnél 10 alkalommal.

Minden mintavételezésnél 2 párhuzamos mérést végeztünk a pontos őrlésfok meghatározás érdekében. A mintavételezéshez egy 4%-os hígítást eredményező edényt használtunk. Egy az őrlésfok meghatározásához alkalmazott fém mérőedényi őrlött mintát helyeztünk egy 1 liter űrtartalomig beskálázott mérőhengerbe, majd 1 literre töltöttük és beleöntöttük a Schopper-Riegler őrlésfok mérő berendezésbe. Az őrlésfok mérő berendezés két kifolyócsővel rendelkezik. Az egyik kifolyó csövön a berendezésbe szerelt szűrőn keresztül, míg a másikon a szűrő mellett átfolyó víz távozik. Az őrlésfok mérő szűrőjén fennakadt, fibrillált cellulóz rostok megakadályozzák a vízsűrőn keresztül történő átfolyását. Az őrlésfok meghatározásához a szűrőn keresztül kifolyt víz mennyisége a mérvadó. A víz, amely a szűrő mellett távozik, egy skálázott edénybe kerül. A mérőedény beosztásáról az értéket leolvasva kapjuk meg az őrlésfokot (**F1**), (3.4 ábra).

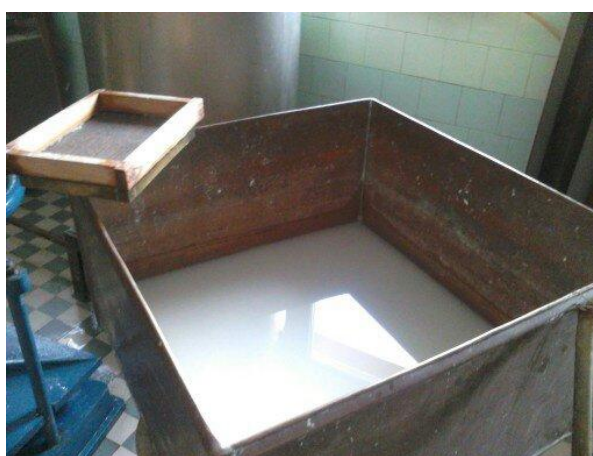


3.4 ábra őrlésfok változás az idő függvényében

Az ábrán jól látható, hogy az őrlési idő előrehaladtával az Schopper-Riegler őrlésfok (SR°) is egyre magasabb értékeket mutat. 20 perc őrlési idő elteltével $8\text{ }SR^\circ$, 40 perc elteltével már $15\text{ }SR^\circ$ őrlésfokot mértünk. A 60 és 80 perces őrlött rostok őrlésfoka között közel $10\text{ }SR^\circ$ őrlési fok különbség tapasztalható. 80 per-cet követően újabb 20 perc elteltével, a 100 perces őrlött

rostok őrlésfoka alig (25-ről 28 SR° őrlésfokra) emelkedett. A rostok az őrlési folyamat során egyre jobban fibrillálódnak és egyre hajlamosabbak lesznek a nemezelődésre.

Az őrlési idők elteltével a hollandi záró fedeleit eltávolítottuk, majd az őrlő berendezésben lévő pépet merítő kádba engedtuk, ahol 52 literre hígítottuk (3.5 ábra). A vizes szuszpenzióból A4-es méretű merítő szita segítségével végeztük el a papírévek kézi merítését. Merítés közben megfigyeltük, hogy minél kiőröltebb volt a cellulóz annál hosszabb ideig tartott a merített lap víztelenedése, mivel a finom rostok jobban eltömték a merítő szita rácsait, mint a kevésbé kiőrölt szuszpenzió cellulóz rostjai.



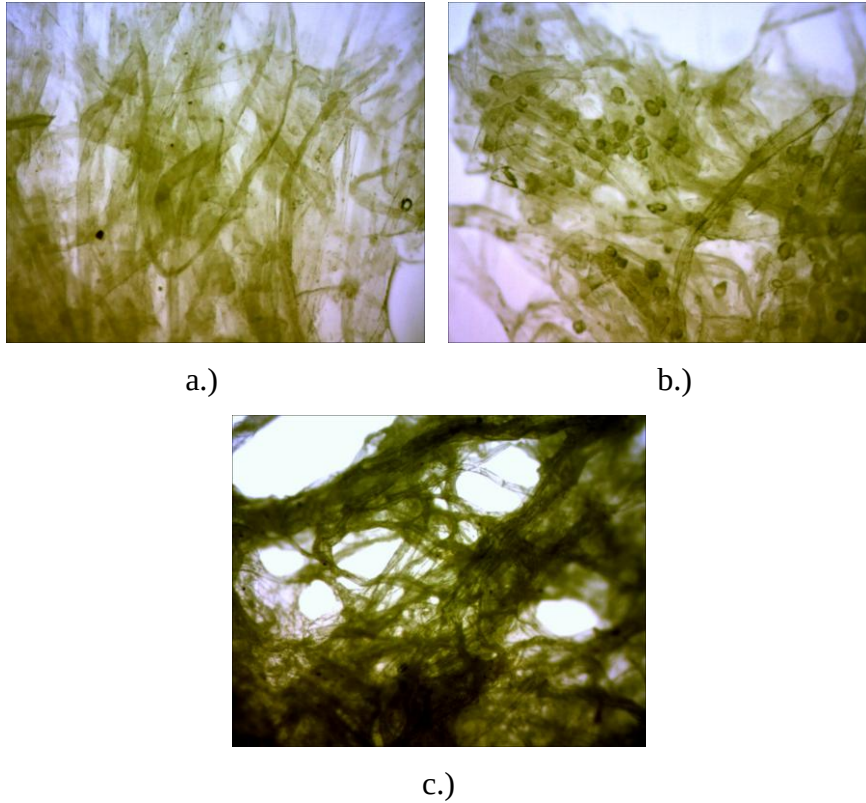
3.5 ábra A papírmerítő kád és –szita

3.2 Optikai vizsgálat I.

3.2.1 Az őrölt cellulóz mikroszkópos vizsgálata

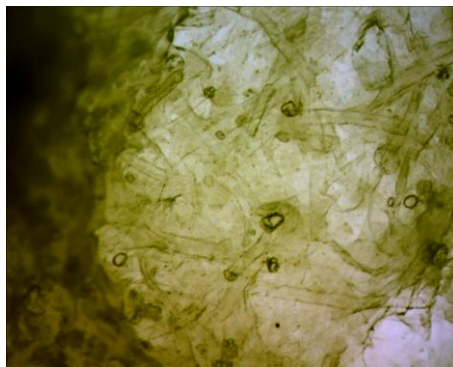
Az őrlés után mikroszkópos felvételeket készítettünk a különböző ideig őrölt nedves rostokról, annak meghatározása végett, hogy milyen változás tapasztalható rajtuk a különböző őrlési idők elteltével. A vizsgálatot Btc Bim 313T típusú mikroszkóppal végeztük el, és a rostok képéről a mikroszkóphoz kapcsolt számítógépen futó TsView CxImage szofver segítségével fényképeket készítettünk.

A 3. 6 ábra felvételein jól látszik, hogy a rostok először megduzzadtak, majd elvékonyodtak az őrlési idő növekedésével.



3.6 ábra a.) 20 percig őrölt, b.) 40 percig őrölt, c.) 60 percig őrölt
cellulóz rostok mikroszkópos felvétel

A 100 percig őrölt mintánál már a rostszálak rövidülése is megfigyelhető (3.7 ábra).



3.7 ábra A 100 percig őrölt cellulóz rost mikroszkópos képe

3.3 Papírvizsgálatok

3.3.1 Fizikai vizsgálatok

Négyzetméter tömeg meghatározása

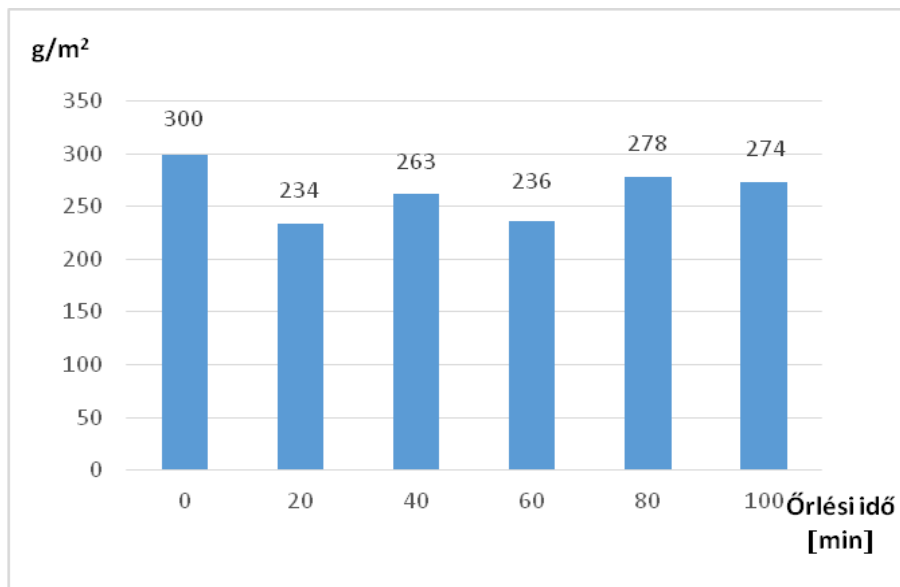
A papírok négyzetméter tömegének meghatározásához precíziós mérleget használtunk. A vizsgálathoz 10x10 cm-es mintadarabokat vágunk ki. A vizsgált minták tömegét egyesével mértük le, majd az adatokat táblázatba foglaltuk (F2). A papírok tényleges négyzetméter tömegét a mért eredmények átlagából származtattuk.

Vizsgálataink során kitértünk arra is, hogy az azonos őrlésfokú, de eltérő sorszámmal merítette mintadarabok között tapasztalható-e változás. Ahogy az a 3.1 táblázatba foglalt mérési eredmények is mutatják, a merítések előrehaladtával a minták tömege csökkent, tehát a négyzetméter tömeg fordítottan arányos a merítések számával. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy a cellulóz folyamatosan fogyott a merítő kádból, hígabb oldatból pedig nehezebb azonos rosttartalmú lapterméket meríteni. Azonos négyzetmétertömeg elérése érdekében a kimerített szárazanyag folyamatos pótlása szükséges.

3.1 táblázat 10x10 cm-es vizsgált mintadarabok tömegei
az őrlési idő függvényében, (g)

Merített lapok sorszáma	Mintadarabok tömege, (g)					
	Őrlésidő, (min)					
	0	20	40	60	80	100
1.	3,34	2,60	3,74	2,43	3,17	3,25
2.	2,90	2,57	3,55	2,40	2,89	2,98
3.	2,88	2,48	3,52	2,37	2,30	2,95
4.	2,75	2,47	2,26	2,30	2,28	2,74
5.	2,61	2,08	2,10	2,29	2,24	2,49

Kiszámítottuk a mintadarabok tényleges négyzetméter tömegének értékeiket (3.8 ábra), melyek mintánként nagyságrendileg közel azonosak – 234 g/m^2 és 278 g/m^2 négyzetméter tömeg közöttiek. Ennek meghatározását azért tartottuk fontosnak, mivel így elmondhatjuk, hogy a későbbi vizsgálatok eredményei is nagyságrendekben összehasonlíthatóak lesznek.



3.8 ábra Kiszámított négyzetméter tömeg értékek,
az őrlésfok függvényében, (g/m²)

Vastagság mérés

A fizikai vizsgálatok közé tartozik a vastagságmérés is. A vastagság mérés során a laptermék szita- és felső oldala közti távolságot határozzuk meg. Merített papíroknál, így a mi esetünkben is, nehéz szita és felső oldalt megkülönböztetni, mivel a papír mindkét oldalára filcet teszünk a préseléshez, így a lapok szita- és felső oldalai elveszítik szerkezeti különbségüket.

A minták vastagságának meghatározásához Lorentzen-Wettre féle tapintófejes vastagságmérő készüléket használtunk (3.9 ábra).



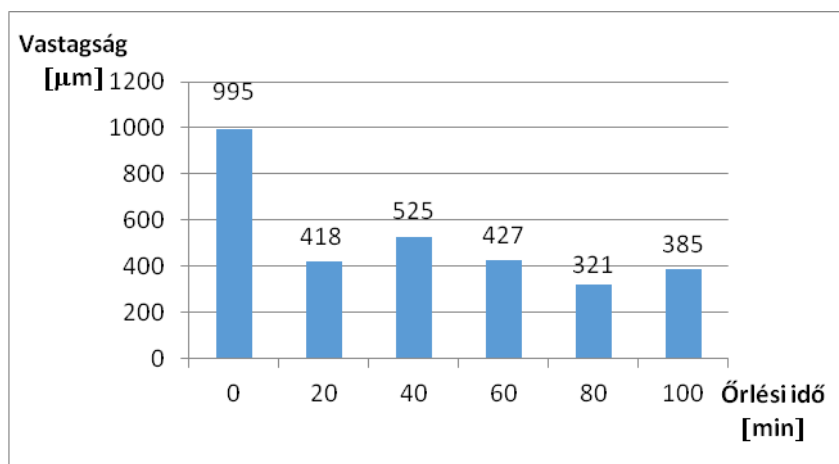
3.9 ábra Lorentzen-Wettre típusú vastagságmérő

A vastagságmérésnél, mint ahogyan az a négyzetméter tömeg meghatározásánál már említettük, több mérés átlagából kaptuk a lapok vastagság értékei (**F3**). A vastagság mérések során hasonló tendencia volt látható, mint a négyzetméter tömegek esetében, azaz a merítések előrehaladtával, az egyre fogyó szárazanyag tartalom miatt a laptermékek vastagsági értékei vékonyodó tendenciát mutattak (3.2 táblázat). A 80 percig őrlött rostokból készült merített papírok vastagság értékei még az ötödik merítés után is mindössze az első merítés 76 %-ra csökkentek, a 60 percig őrlött rostokból merített papírok vastagsági értéke pedig 32 %-al lett kisebb az ötödik mérésnél az első merítés vastagságértékeinél. A többi merített papír vastagság értéke az ötödik lap kimerítésekor már mindössze a fele volt az első merítés vastagságértékeinek.

3.2 táblázat A vizsgált mintadarabok vastagság értékei
az őrlési idő függvényében, (μm)

Merített lapok sorszám	Mintadarabok vastagsága, (μm)					
	Őrlési idő, (min)					
	0	20	40	60	80	100
1.	1379	538	646	494	370	559
2.	1128	494	547	492	336	412
3.	891	390	540	414	318	346
4.	809	371	527	399	299	337
5.	767	296	363	336	284	272

Az öt merítés vastagság mérésekor kapott mérési eredményeit átlagolva a 3.10 ábrában foglaltuk össze a különböző őrlésfokú cellulózból készült szuszpenzióból kimerített papírok vastagsági értékeit.



3.10 ábra A merített papírok vastagsága az őrlési idő függvényében, (μm)

A csak foszlatott cellulózból merített papír esetében kiugróan magas, 995 μm-es vastagság eredményt kaptunk. Ezt a kimagasló értéket az indokolhatja, hogy a 0 percig őrlött cellulóz, mivel egyáltalán nem őrlöttük nem fibrillálódott, így a cellulóz szálak nem tudnak olyan közel kerülni egymáshoz, mint a másik 5 minta esetében, ahol a vastagság értékek 525 μm (40 perces őrlés) és 321 (80 perces őrlés) μm között találhatók.

3.3.2 Mechanikai vizsgálatok

Szakítási vizsgálat

A szakító vizsgálat során a papírok maximális terhelhetőségét vizsgáltuk, dinamikus igénybevételre. A vizsgálat azt a legnagyobb szakítóerőt határozza meg, amelynél a papír elszakad. A szakító vizsgálatot az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari- és Környezetmérnöki Kar Klíma laboratóriumában található Frank-féle szakítógépen végeztük el (3.11 ábra).



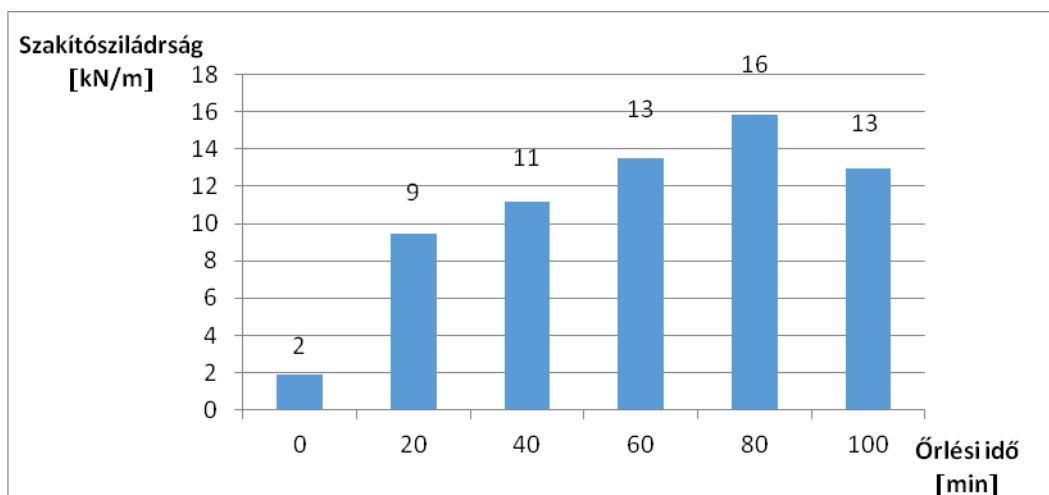
3.11 ábra Frank-féle szakító gép

A szakítóvizsgálathoz használt alappapírok mérete 180x15 mm volt. Ahhoz, hogy értékelhető eredményeket kapjunk mind a hat különböző őrlésfokú mintából 10-10 párhuzamos mérést végeztünk. A szakító gép használata előtt a szakító gép hátsó emelőkarjára megfelelő méretű (50 kp-os) súlyt helyeztünk. A felhelyezett súly értékét rögzítettük, mivel a szakítóerőket a súly függvényében kell leolvasnunk a szakító gép skálájáról. A vizsgálat megkezdése előtt a méréseinkhez 100 mm befogási hosszúságot állítottunk be, hogy a papír megnyúlását a mérés végeztével máris százalékban tudjuk leolvasni a mm beosztású skáláról.

A papírgépen gyártott papír esetében a vizsgálatot gyártás és kereszt irányban is el kell végezni. A papírok szakítószilárdsága gyártás irányban nagyobb, mint keresztirányban. A keresztirányú nyúlási értékek azonban magasabbak a szálirányú nyúlási értékeknél.

A merített papírból készült mintáink esetében a kereszt- és szálirányú szakítószilárdság vizsgálatnak nincs jelentősége, mivel a papírokat kézzel merítettük. Kézi merítéskor a rostok nem tudtak gyártás irányba orientálódni, ezáltal előidézve a két irány közti különbséget.

A szakítószilárdság vizsgálatok eredményeinek átlagai a 3.12 ábrán láthatók. A részletes mérési adatokat pedig a függelék tartalmazza (F4).



3.12 ábra Szakítószilárdság mutató értékek
az őrlési idő függvényében, (kN/m)

A diagram alapján megállapíthatjuk, hogy a szakadással szembeni ellenállása a 80 percig őrlött papírnak a legmagasabb (16 kN/m), melyet a 60 és 100 percig őrlött minták követnek a sorban 13 kN/m-es szakítószilárdsági mutató értékekkel. A legrosszabb, mindössze 2 kN/m-es szakítószilárdsági mutató értéket az öröletlen rostokból merített papírminták mutatták.

Tépőszilárdság vizsgálat

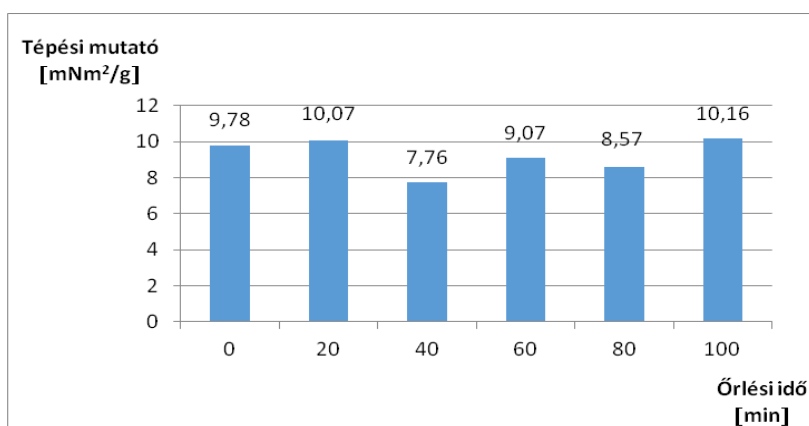
A tépőszilárdság meghatározásához végzett vizsgálat során a különböző őrlésidejű, előre bevágott mintadarabok továbbszakítással szembeni ellenállását vizsgáljuk. A tépőszilárdság azért fontos a lámpaburáink alappapírjának kiválasztása szempontjából, mivel a lámpabura papírokat varrás segítségével kívánjuk majd összeállítani. A varratokat oly módon tudjuk létrehozni, hogy a papírokat a makett tervezésnél előre meghatározott távolságban előre belyukasztjuk. Így a merített papíroknak a tépő vizsgálat során mért tépő szilárdsági értékei határozzák meg, hogy a papír a lyukasztás miatt a cérna kiszakadásával szemben mennyire lesz ellenálló.

A tépőszilárdság mérést Elmendorf-féle ingás rendszerű tépőberendezésen végeztük (3.13 ábra). A készülékhez tartozó sablon segítségével vágtuk, ki a 63x100 mm-es mintadarabokat.



3.13 ábra Elmendorf-féle tépőberendezés

A mérésekhez egyszerre 2 mintát helyeztünk a készülékbe és mind az öt (különböző ideig őrölt) alappapírból 4-4 párhuzamos mérést végezve (F5), majd a tépőszilárdsági mérések eredményeket átlagoltuk, és meghatároztuk a őrlési időkhöz tartozó tépési mutatókat (3.14 ábra).



3.14 ábra A tépési mutatók értéke,
az őrlési idők függvényében (mNm²/g)

Az ábrán látható, hogy nincs nagy különbség a különböző ideig őrölt papírok tépési mutatója között. A legalacsonyabb tépőszilárdsági eredményt (7,76 mNm²/g) a 40 percig őrölt papíroknál mértük, míg a továbbtépés során a „legmegbízhatóbbnak” a 20 percig – 10,07 mNm²/g – a és 100 percig – 10,16 mNm²/g – őrölt minták bizonyultak.

Repesztő szilárdság vizsgálat

A repesztő szilárdság vizsgálat az általunk gyártott lámpabura alappapírok szétrepedéssel szembeni ellenállását számszerűsíti. A repesztő szilárdság vizsgálat a szakítószilárdság vizsgálatához hasonlóan, dinamikus terhelésre minősíti a papírt. Ennek a vizsgálatnak az elvégzését ezért tartottuk fontosnak, hogy megtudjuk, vajon a mindennapi használat során a lámpabura mennyire képes ellenállni a mechanikai terhelésnek, s mekkora erő kell ahhoz, hogy a bura berepedjen. A repesztő szilárdság méréséhez a Mullen-rendszerű repesztő gépet használtunk (3.15 ábra).

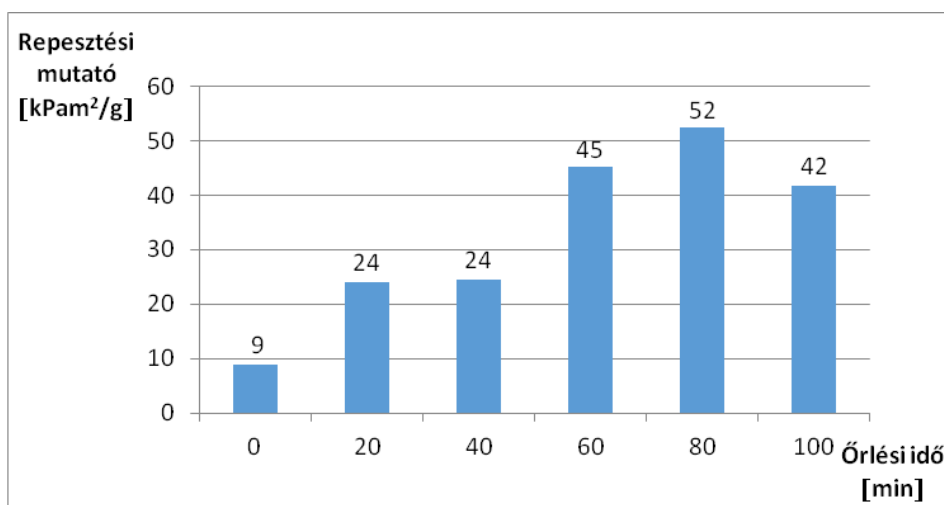


3.15 ábra Mullen-rendszerű repesztő gép

A repesztő szilárdság vizsgálat során a repesztő gép két koncentrikus kör közé szorítja a mintákat, amelyek méretét az határozza meg, hogy minden irányba ki kell lógniuk a leszorító fej alól. A terhelés „végtelen sok” irányba hat a mintára, így repesztve meg a papírt. A mérés akkor mondható sikeresnek, ha a mintadarabok ténylegesen szétrepednek, „beszakadnak”.

A mérést szita és felső oldal szerint is el kellene végezni. Szita oldalon, a papírgépen készült papírok esetében a rostok lazábbak, így kisebb erő szükséges a szétrepesztésükhöz. Az általunk mérített papírok esetében azonban – mint azt már korábban a vastagságmérésnél is említettük – a kialakuló különbség a két oldal között a két filcréteg közötti préselés miatt elvész, ezért nem tapasztalható mérhető repesztő szilárdsági különbség a mérített papír két oldala között.

A repesztési vizsgálat esetén 10 párhuzamos mérést végeztünk (F6), és a repesztési mutatók átlagértékeit a 3.16 ábrán szemléltetjük.



3.16 ábra Repesztési mutatók változása az őrlési idő függvényében

Az ábrán átható, hogy repesztés szempontjából a 80 percig őrlött minta bizonyult magasan a legellenállóbbnak – 52 kPam²/g repesztési mutatóval. A második legkevésbé repedő pedig a 45 kPam²/g repesztési mutatójú, 60 percig őrlött minta volt. A legrosszabb repesztési mutató eredményt az öröletlen minta mérése során tapasztaltuk. Mivel a csupán foszlatott rostok még nem elég fibrilláltak, emiatt a cellulóz szálak nem tudtak elég nagy felületen összeakadni, így külső erő hatására könnyen berepedtek. A 100 percig őrlött cellulóz rostból készített papír repesztési mutató értékei azért lehetnek alacsonyabbak 42 kPam²/g a nála kevesebb ideig őrlött 60 és 80 perces mintánál, mert itt már a rost fibrillálódás mellett a rostsálak rövidülése is megkezdődött. A rövidebb szálak miatt, pedig csökken a felület, amin a rostok össze tudnak nemezelődni.

A lámpabura alappapírok repesztési vizsgálata után a berepedt részokről mikroszkópos felvételeket készítettünk. Erről a dolgozat **3.4 fejezetében**, írunk részletesebben, a repesztés után készített mikroszkópos képek a függelékben (F7) is megtekinthetők.

Kettőshajtogatási vizsgálat

A kettős hajtogatások számának meghatározása nagyon jelentős a lámpaernyőink szempontjából. Amikor ugyanis csomagolni kell a terméket fontos tudnunk, hogy hányszor tudjuk összehajtani, eltenni, szállítani és újra kinyitni a terméket anélkül, hogy sérülne. A kettőshajtogató berendezés a mintadarabokat 180°-al áthajtja egyik majd másik irányba, ezt ismételve a befogott minta elszakadásig.

A méréseinket Schopper-módszerű Frank-típusú kettőshajtogató gépen végeztük (3.17 ábra).

A kettős hajtogatáshoz alappapíronként 100 mm hosszúságú és 15 mm szélességű csíkokat vágunk ki, melyeket úgy helyeztünk a kettős hajtogató gépbe, hogy mindkét végén rögzítettük a megfeszített papírcsíkokat. A kettős hajtogatási értékek meghatározásához alappapíronként 2-3 párhuzamos mérést végeztünk (F8). A mérések nagy szórási eredményt mutattak.



3.17 ábra Frank-típusú kettős hajtogató

A vizsgálati minták hajtogatásainak számát a kettős hajtogatást végző műszer egy számláló segítségével automatikusan kijelzi, az elszakadás pillanatában pedig a számláló azonnal megáll. Minél nagyobb a kettős hajtogatási érték annál kevésbé valószínű, hogy a vizsgált minta könnyen elszakad a hajtogatás hatására.

A kettős hajtogatási méréseket követően a 3.3 táblázatba foglalt mérési eredményeket kaptuk a különböző őrlésfokú alappapírok esetében.

3.3 táblázat Kettős hajtogatások száma az őrlési idő függvényében, (db)

Őrlési idő, (min)	0	20	40	60	80	100
Kettős hajtogatások száma, (db)	1	23200	1021	180	8	15

A táblázatból jól látszik, hogy a 20 percig őrlött minta kimagaslóan magas 23200 db kettős hajtogatási eredményt produkált, a 40 és a 60 percig őrlött minta pedig használható alapanyagként minősül a kettős hajtogatás szempontjából a 1021 és 180 kettős hajtogatási

értékkel. A maradék három laptermékeket (0, 80, 100 percig őrölt merített papírok) nem nevezhetjük kifejezetten megbízható alapanyagnak.

Hajlítási merevség meghatározása

A hajlítási merevség meghatározásának a kettős hajtogatáshoz hasonlóan a lámpabura későbbi csomagolása szempontjából van fontos szerepe. A vizsgálat során azt az értéket számszerűsítjük, hogy a minta 15°-os szögben való elhajlításához, mekkora erőre van szükség. Gyakorlati szempontból ez azért lényeges, hogy a bura kézzel összehajtható-e az első alkalommal vagy az összehajtáshoz szükséges „segédvágás”, „felületi karcolás”, biegelés, ami megkönnyíti az összehajtás műveletét.

A hajlítási merevség meghatározásához az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Karának Klíma laboratóriumában végeztük el a vizsgálatot a Lorentzen-típusú hajlítási merevség mérő eszközzel (3.18 ábra)

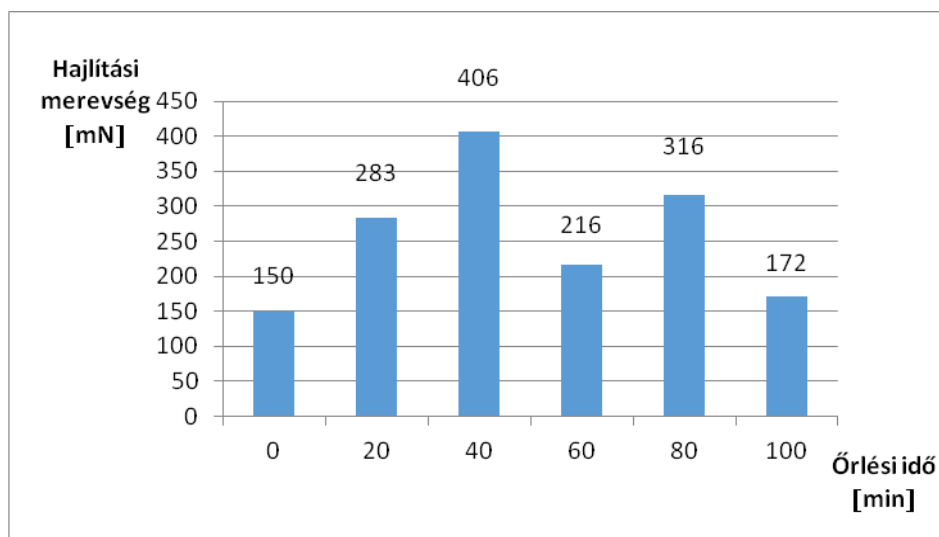


3.18 ábra Lorentzen-féle hajlítási merevség mérő

A hajlítási merevség mérő Lorentzen-féle műszernek a mérés előtt 15 perc melegedni (temperálódni) a pontos méréshez. A hajlítási merevség mérő műszeren egy állítható skála található a különböző keménységű papírokhoz. A mérések megkezdése előtt fontos, hogy a berendezést megfelelően beállítsuk, kalibráljuk, majd a használandó mértékegység skálákat meghatározzuk.

A papírok gyári előállítási feltétele – gyártás- és kereszt irány – megköveteli, hogy kétféle módon vizsgáljuk az alappapírokat és ennek megfelelően eltérő hajlítási merevség eredményeket kapjunk a papír kereszt- és szál irányában. Gyártás irányban a hajlítási merevség nagyobb, míg kereszt irányban kisebb. Ahogy azt már korábban is leírtuk, mivel mi kézzel merítettük a lapokat nem alakult ki a rostok gyártás irányú rendezettsége, emiatt nem is

tapasztaltunk mérhető eltéréseket a papír hosszabbik vagy rövidebbik oldala mentén mérve a hajlítási merevség mérési értékei között. A hajlítási merevség mérési eredményeit (F9) átlagolva a 3.19 ábra mutatja be.



3.19 ábra Hajlítási merevség változása az örlési idők függvényében, (mN)

A hajlítási merevség vizsgálatunk eredményeit megfigyelve a 40 percig örlött alappapír 406 mN hajlítási merevsége messze meghaladja a 80 percig örlött 316 mN és a 20 perc örlési idejű 283 mN hajlítási merevségű papírok értékét. Általánosságban azonban elmondható, hogy igen nagy szórást mutatnak a különböző örlésidőjű papírminták hajlítási merevség értékei. A hajlítási merevség értékei látszólag nem függenek a cellulóz rostok örlési idejétől.

Szívómagasság mérés

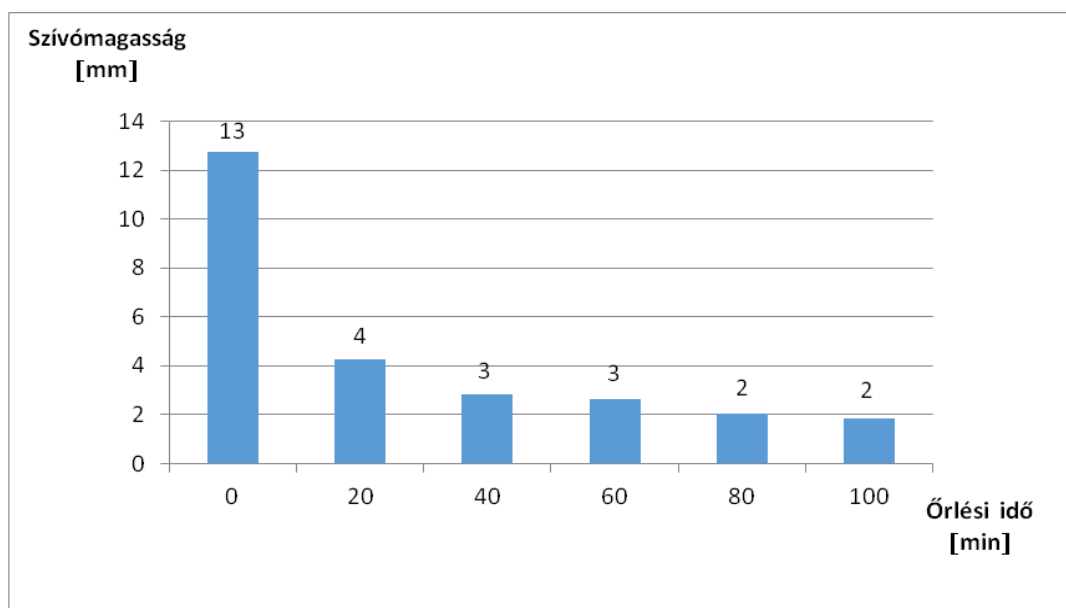
Előfordulhat, hogy a papír lámpaburáink a mindennapi használatba során folyadékkal érintkeznek – pl. kilöttyenő kávé, tea az éjjeli szekrényen – ezért fontosnak tartottuk annak megvizsgálását, hogy milyen hatással lesz rájuk az esetlegesen rájuk kerülő folyadék. Ennek számszerűsítéséhez elvégeztük a papírok szívómagasság vizsgálatát. A szívómagasság vizsgálat azt mutatja meg, hogy az eltérő ideig örlött papírok milyen mértékben szívják fel a felületükkel érintkező nedvességet.

A szívómagasság meghatározásához a Klemm-féle szívómagasság mérő berendezést használtuk (3.20 ábra).



3.20 ábra Klemm-féle szívómagasság mérő

A szívómagasság vizsgálat során mindegyik őrlésidejű (0, 20, 40, 60, 80, 100 perc) termékből 4-4 db 200 mm hosszúságú és 15 mm szélességű mintát vágunk ki, melyeket egyszerre lógattunk desztillált vízbe 10 percre a szívómagasság mérő berendezés alsó felén lévő tálkába. A 10 perc vizsgálati idő leteltével mintadarabot tartó mm-es beosztású fém skálán, hogy a mintákon milyen magasra szívódott fel a víz (**F10**). A szívómagasság méréshez használt 4-4 minta eredményeinek őrlésidőnként meghatározott átlagai a 3.21 ábrán láthatók.



3.21 ábra a szívómagasság változása az őrlési idők függvényében, (mm)

Ahogy az várható volt, a csupán foszlatott minta szívómagasság a legnagyobb –itt a desztillált víz 13 mm magasságban szívódott fel a papírmintán. A magas szívómagasság érték azzal magyarázható, hogy a 0 percig őrölt cellulózzrostból merített papír szerkezete a legkevésbé kiőrölt, így a rostok közötti tér is nagyobb, mint a többi az őrölt cellulózból készített papírok esetében. A másik öt minta szívómagasság értékei lineárisan csökkenő tendenciát mutatnak. Mindössze 20 perc őrlési idő elteltével a szívómagassági érték jelentősen csökken, a 13 mm helyett mindössze 4 mm-re szívódik fel a papírban a desztillált víz. További őrlési idő növekedésével azonban nagy változást már nem tapasztaltunk a szívómagasság 3 és 2 mm volt. Elmondható, hogy a szívómagasság értékek a szerkezet sűrűsödésével csökkennek.

Visszatekintve a mechanikai vizsgálatokra, azt láthatjuk, hogy a legtöbb esetben a 60 és a 80 percig őrölt papírok tulajdonságai produkálták a legmagasabb értékeket. Ebből arra következtethetünk, hogy felhasználásaink céljára ezek az alappapírok a legoptimálisabbak. A továbbiakban tehát ezen őrlésfokú papírokkal dolgoztunk tovább.

3.4 Optikai vizsgálatok II.

3.4.1 A mechanikai vizsgálatoknak kitett papírok mikroszkópos vizsgálata

A mechanikai vizsgálatok befejezése után egy Watkom WAT25-250D típusú videomikroszkóppal négyszeres nagyítólencsével, megvizsgáltuk a beszakított papír szélek képét. A mikroszkópos felvételeket a torzulásmentes Metric 8.03 Plusz szoftverrel készítettük.

A 100 percig őrölt minta esetében megfigyelhetjük a felvételen, hogy a rostok szakítás, tépés után fibrilláltak (3.22 ábra).



3.21 ábra A 100 percig őrölt rost mikroszkópos képe repesztés után

3.4.2 A merített papírok színtani vizsgálata

A egyenletes színingertér, az a tér, amelyben két színpont távolsága közelítőleg arányos az érzékelés szerinti színkülönbséggel. A pszichometriai jellemzőket a nyomdaipar egy derékszögű koordinátákkal megadott CIELAB színinger térben határozza meg.

A merített papírok fehérségének meghatározásához szükséges színtani vizsgálatot egy Gretag Macbet SpectroEye típusú spektrofotométer segítségével végeztük el. A vizsgálat célja az volt, hogy megtudjuk, vajon a napsugárzás hatására – amely hasonló színhőmérsékletű, mint a lámpaizzó –, tapasztalható-e a papíron színeltérés, sárgulás, egyéb károsodás.

Mivel a fizikai és mechanikai vizsgálatok eredményeit összevetve a 60 és 80 percig örölt cellulózból készített alappapírok bizonyultak a legalkalmasabbnak a lámpabura elkészítéséhez az $L^*a^*b^*$ színinger-koordináták méréséhez is egy 60 és egy 80 percig örölt cellulózból merített A4-es mintát használtunk. Mindkét mintán 9-9 db mérési pontot jelöltünk ki. A mérési pontok az ív négy sarkában, az oldalak felezőpontjában és az ív közepén számozottan helyezkedtek el (3.22 ábra). A mérés pontossága érdekében az első mérésnél meghatároztuk a műszerrel mérhető ismétlőképességet az egyes mérőpontokon (**F11**).



3.22 ábra A $L^*a^*b^*$ színinger-koordináták méréséhez kiválasztott mérőpontok

Az első vizsgálat során lemértük a napsugárzásnak még nem kitett minta alap $L^*a^*b^*$ értékeit (három előre definiált ponton), majd a papíríveket kihelyeztük egy hétre (168 óra) egy déli fekvésű ablakba. Egy hét elteltével ismét lemértük a bejelölt pontok $L^*a^*b^*$ értékeit. Ezek az értékek a mért ismétlőképességi értéknél nagyobbak voltak, így a papíríveket egy hétre ismét kitettük a napra. A napsütésnek kitett íveket összesen két héten keresztül vizsgáltuk. A második hét eltelte után már szemmel látható volt a különbség. A két hét alatt a meteorológiai előrejelzés szerint a napos órák száma kb. 60 óra volt. A mért $L^*a^*b^*$ színinger-koordináta értékeket a 3.4 táblázat tartalmazza.

3.4 táblázat Megvilágítás előtt és megvilágítás utáni színínger-koordináták

Minták sorszáma	Színínger-koordináták								
	Megvilágítás előtt			168 óra megvilágítás után			336 óra megvilágítás után		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Átlag	91,02	3,13	11,11	91,01	3,10	11,12	90,94	3,10	10,87

a.) 60 percig őrölt minta esetében

Minták sorszáma	Színínger-koordináták								
	Megvilágítás előtt			168 óra megvilágítás után			336 óra megvilágítás után		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Átlag	93,90	1,74	7,24	93,69	1,75	6,53	93,53	1,40	5,90

b.) 80 percig őrölt minta esetében

A 60 percig őrölt cellulózból készített merített papír $L^*a^*b^*$ értékekből számított színezeti eltérése (DE_{ab}^*) az első hét elteltével, melyet az ablakba kitett mintán műszerrel mértünk 0,47 – a nem észrevehető kategóriába sorolható. A második hét elteltével ez az érték 0,68-ra változott, azaz alig észrevehető.

A 80 percig őrölt alapanyagból készült mintáknál mind az első hét ($DE_{ab}^* = 1,26$), mind a második hét elteltével ($DE_{ab}^* = 1,81$) magasabb rétekeket kaptunk. Két hét napos ablakban töltött idő után ennél a mintánál már észrevehető színínger különbséget észleltünk.

3.5 Lámpaernyők tervezése

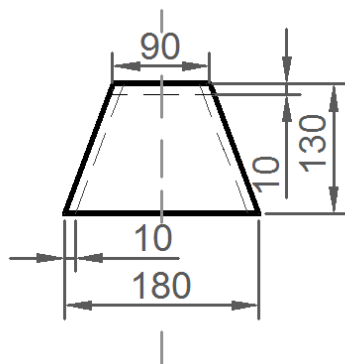
3.5.1 Műszaki tervezés

A hangulatvilágítást adó lámpaernyők, melyekkel akár a nappaliban, a hálószoza éjjeliszekrényén vagy egy kávézó asztalán találkozunk általában hengeres vagy gömb formájúak. Ennek oka, hogy a hengeres formák, letisztultak, barátságos, kellemes légkört teremtenek. Mivel ezeket a világítás-technikai eszközöket, csak dekoratív céllal használjuk, méretüket tekintve a lámpaernyők tenyérnyi méretűnél nem nagyobbak.

A lámpaernyők befoglaló méretének megtervezésénél egy IKEA-ban vásárolt, már meglévő lámpaburát használunk, amelynek paraméterei alapján határozzuk meg a saját lámpaernyők méretét.

A kétdimenziós műszaki tervek elkészítéséhez az AutoCAD software-t használtuk. A program lehetővé teszi, a kétdimenziós tervek pontos beméretezését, melynek segítségével a lámpaernyő szabatok kivághatók és összeállíthatók. Az AutoCAD grafikai tervező programban 3D-ben is megtekinthetők, a nyomtatást megelőzően a lámpaernyők térbeli formái. A lámpaernyők kis mérete és a rendelkezésre álló A4-es papírmerítő sziták alkalmazása miatt választottuk az 210x297 mm-es oldalakra történő szabásminták megtervezését.

A rendelkezésre álló papírfelület leghatékonyabb kitöltése (legkevesebb hulladék levágása) miatt, először egy 180 mm alapél hosszúságú és 90mm felső él hosszúságú háromszög alapterületű csonka gúla formájú lámpaernyőt tervezünk meg az AutoCAD software segítségével. A lámpaernyők magassága 120mm, amelybe már bele számoltuk a hajtást is, ami a későbbi drótváz rögzítésére szolgál (3.23 ábra).

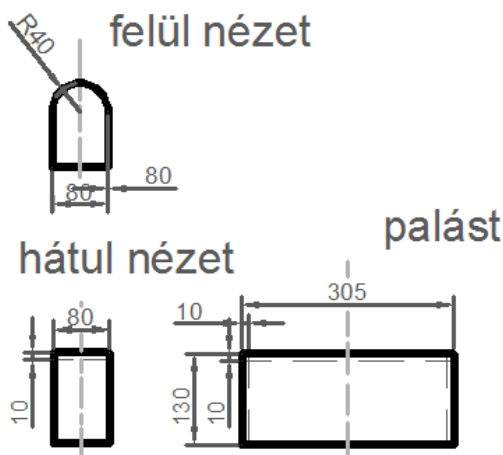


3.23 ábra Háromszög alapú csonka gúla beméretezett lapja

A drót vázra azért van szükség, mert a burát egy izzó köré kívánjuk helyezni. A bura rögzítéséhez a legalkalmasabb megoldásnak a drótot (drótvázat) találtuk. A gúla lapjainak összeerősítését varrás segítségével oldottuk meg, ezért a műszaki tervezés során a varrási pontokat szaggatott vonallal jelöltük.

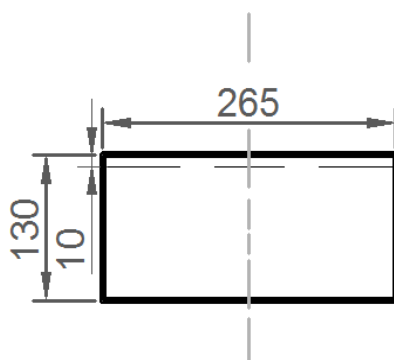
A második bura tervünknel, egy a szokásos formától eltérő, hasáb és fél-henger formát ötvöző lámpaernyőt hoztunk létre (3.24 ábra). A tervezésnél ebben az esetben is figyelembe vettük azt, hogy a papíralapból a lehetséges legnagyobb burát tudjuk kiszabni, így minimálisra

csökkentve a leeső hulladék arányát. Számításaink végeztével a bura magassága 130 mm lett, amely a 10 mm magas hajtási élt is tartalmazza, a drótváz későbbi rögzítéséhez.



3.24 ábra Félhengeres test műszaki terve

A harmadik bura tervünk alakja egy hagyományosnak mondható henger. A hengeres formát a későbbi dekoráció indokolta, mivel a levelek „esetleges” mérete miatt elég nehéz speciális alakú lámpaernyőt kialakítani. A henger palástját képző szabásminta 265 mm hosszú lett. Az első terveken még az A4-es papírméret teljes szélességét felhasználtuk a bura magasságához, de ezt később 130 mm-re csökkentettük (3.25 ábra). Azért döntöttünk így, mivel a számításainkat követően kiderült, hogy a henger átmérője alig nagyobb 50 mm-nél, emiatt pedig aránytalannak mutatkozott volna a lámpaburánk is.

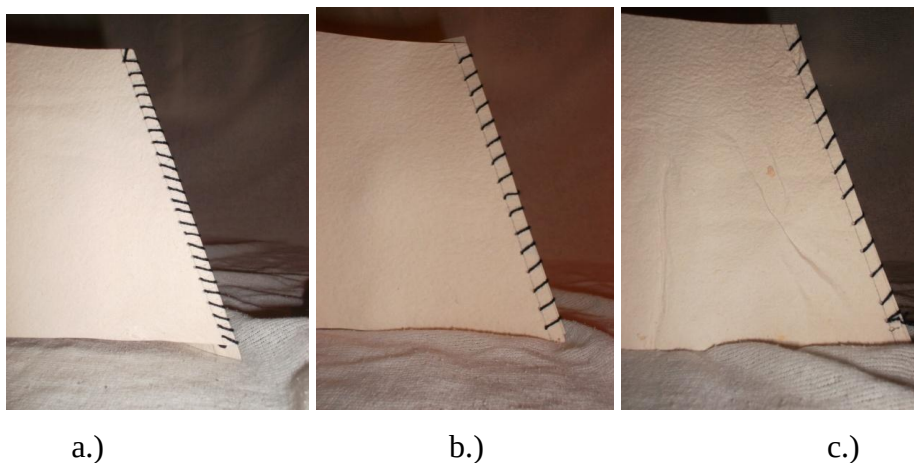


3.25 ábra A hengeres lámpabura test kiterített palástja

3.5.2 Makett készítés

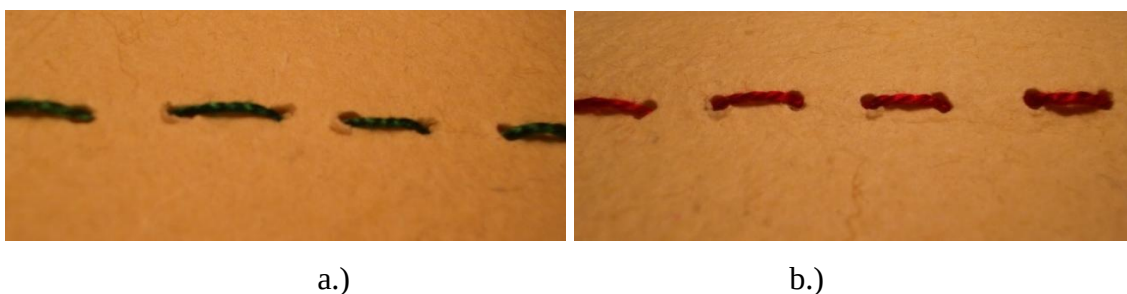
A kiválasztott merített alappapírból készülő makettek elkészítését, egy előmakett összeállítása segítette. Az előmakettek szabásmintáját 80 g/m²-es Canon Copy fénymásoló papírra nyomtattunk ki és az oldallapokat tűzőgép segítségével erősítettük össze. Ezeket a szabatosokat összehajtogatva fény derült számításai pontatlanságokra, melyeket feljegyeztünk és a valóságos makett készítésnél korrigáltunk.

A kinyomtatott és összeállított tervek alapján fény derült számításai pontatlanságokra, melyeket feljegyeztünk és a „valóságos makett” készítésnél korrigáltunk. A merített papírból készült maketten 3 féle (5 mm; 7,5 mm; 10 mm) öltési távolságot alkalmaztunk (3.25 ábra).



3.25 ábra A lámpabúra összeállításához szükséges
a.) 5 mm-es, b.) 7,5 mm-es c.) 10 mm-es öltési távolságok

A merített papírok sárgás színéhez hangulatában a bordó, barna, fekete, zöld színű hímző cérnák illeszkednek leginkább (3.26 ábra).





c.)

d.)

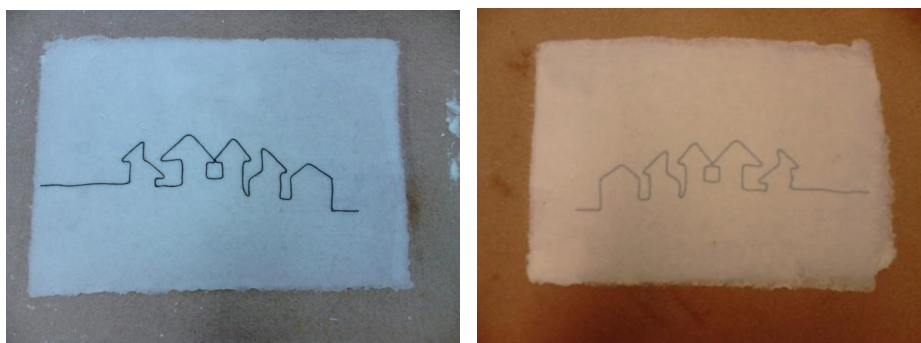
3.26 ábra Különböző színű a.) zöld, b.) bordó, c.) barna, d.) fekete
hímző cérnával készült varrás

3.5.3 Lámpaernyő design

A lámpák hangulati funkciójának növelése érdekében a burák átnézeti képét oly módon alakítottuk ki, hogy kihasználtuk a merített papírok adta lehetőséget. Két, még nedves merített papír réteg közé elhelyezhetők különféle anyagok pl.: szárított növények. A belső megvilágítással a lámpaburák mintája kirajzolódik, az átnézeti képen, így emeli a lámpák dekorációs jelentőségét.

Az általunk tervezett lámpaernyők design-ét, préselt szamóca és ginkgo biloba levelek valamint, cérnából készített város sziluettek adták.

A szitával kimerített, nemezre fordított még nedves papírrétegre terveztük meg a lámpabura design-ét, elhelyezve rajta a dekorációs elemeket. Az elkészített mintára egy újabb merített papírréteget helyezve ügyeltünk arra, hogy a sablonnak megfelelő területen helyezkedjen el a lámpaernyő dekorációja (3.27 ábra).



a.)

b.)

3.27 ábra A lámpaburák design-jét adó város sziluettek

a.) egy réteg papíron a kész árnyékkép,

b.) két papírréteg közötti sziluett

3.5.4 A lámpaernyő modellek elkészítése

Az alappapírok fizikai- és mechanikai vizsgálatai után – a mérési eredmények alapján – a készített papírok közül a 60 és a 80 percig őrölt cellulózból készített merített papírokat tartjuk a legalkalmasabbnak lámpaernyők készítésére. Első lépésként hozzáfogtunk a lámpaernyő modellek elkészítéséhez. Ezeket a maketteket (3.28 ábra) a korábban már kimerített lapokból készítettük el. A méretarányosan megszerkesztett szabásmintákat kinyomtattuk és a kivágott mintákat sablonként használtuk. A sablonokkal megkönnyítettük a szabatok felhelyezését a merített papírokra. A kivágott minták összeállítását követően kialakultak a 3.28 ábrán látható végleges lámpabúra formák.



a.)



b.)

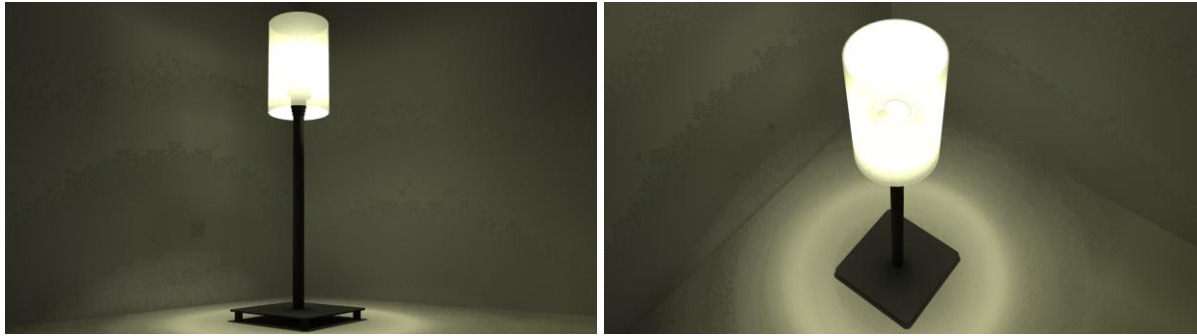
3.28 ábra Lámpaernyő modellek

a.) fél henger, b.) háromszög alapú csonka gúla

3.5.5 A lámpaernyő 3D-s tervei

Azt megelőzően, hogy neki láttunk volna a már kész lámpaernyő alappapírok elkészítésének – vagyis az egyedi módon dekorált merített laptermékek előállításának – látványterveket készítettünk az Artlantis Studio 5 grafikai szoftver segítségével. Az Artlantis Studio 5 program lehetőséget kínál arra, hogy valósághű 3 dimenziós képeket alkossunk a majdani kész termékeinkről.

Az elkészített 3D-s tervek rámutattak arra, hogy a rendelkezésünkre álló lámpa ugyan alkalmas a demonstrációra, de nem minden esetben esztétikus. A hengeres bura esetében a lámpa túl nagynak bizonyult, így azt a későbbiekben egy kisebb világító testre kell majd felhelyeznünk (3.29 ábra).



a.)

b.)

3.29 ábra Hengeres bura 3D-s modellje

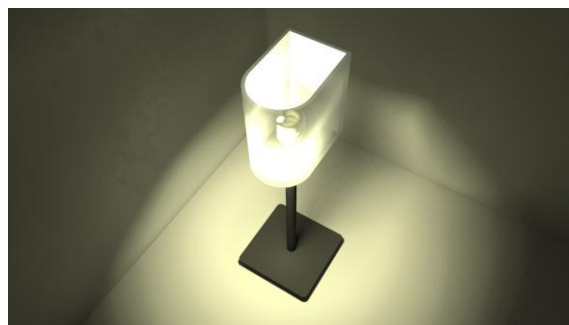
a.) alulról b.) felülről

A készített 3D-s vázlatok elkészítésénél arra is van lehetőség, hogy a valódi merített papír textúrájához igen hasonló anyaggal illusztráljuk az ernyők anyagát, így láttatva azt, hogy milyen hatást keltenek majd világítás közben (3.30 ábra).



a.)

b.)

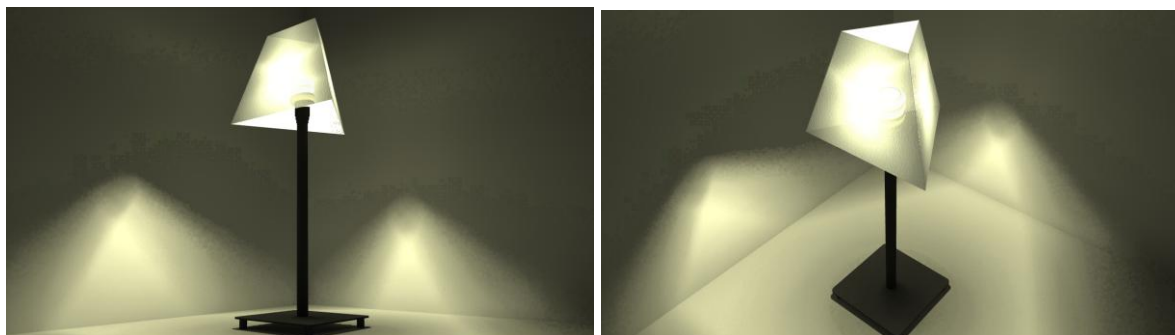


c.)

3.30 ábra A hasáb fél-henger lámpaernyő 3D-s modellje

a.) alulról b.) szemből c.) felülről

A 3.31 ábra képein a négyzet alapú csonka gúla lámpa bura háromdimenziós terve látható.



a.)

b.)

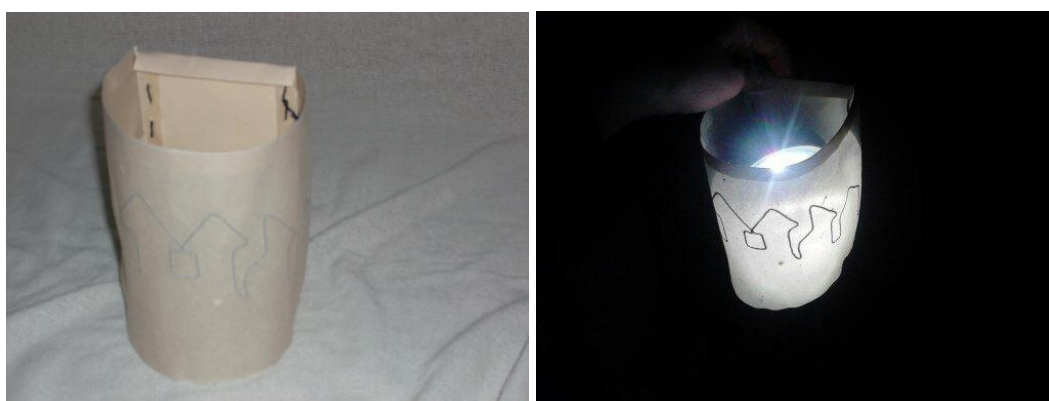
3.31 ábra Csonka gúla lámpaernyő 3D-s modellje

a.) alulról b.) felülről

3.5.6 Kész lámpaburák

A makettek elkészítése után nyilvánvalóvá vált, hogy a szabásminták alkalmasak az író, nyomó papírnál (80 g/m²-es Canon Copy) vastagabb és merevebb merített papírokból elkészített lámpaernyők összeállításához. Elkezdtük a dekorpapírok, gyártását – a papírmerítést és dekorálást – a használatba helyezhető, végleges lámpaernyőkhöz.

Elsőként a 80 percig örölt cellulózból merítettünk lapokat, majd ráhelyeztük a város sziluettet ábrázoló design-t. A város sziluett mintákat két nedves papírréteg közé hímző fonál segítségével alkottuk meg. A kétrétegű merített papír száradása után kivágtuk a lámpaernyő palástját és összevarrtuk létrehozva a 3.32 ábrán látható készterméket.



a.)

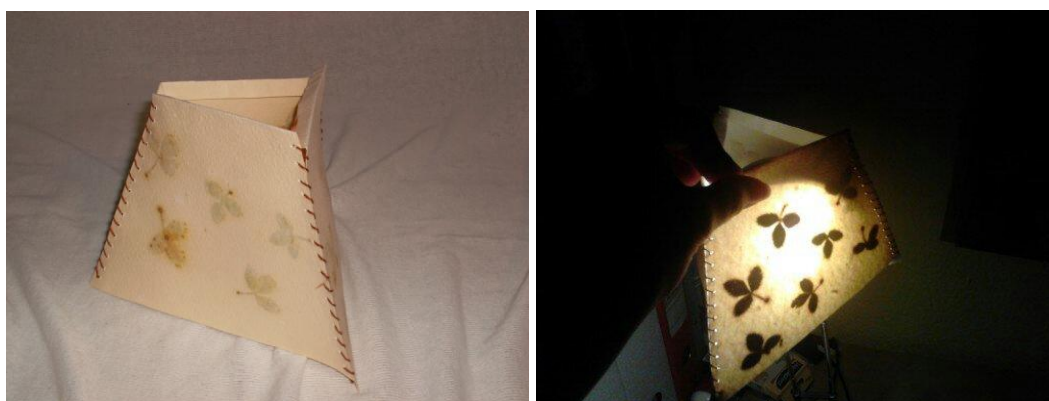
b.)

3.32 ábra Város sziluett díszítésű lámpaernyő

a.) használaton kívül, b.) használatban

A préselt növényekkel dekorált alappapírok létrehozásakor a még nedves első rétegre a szamóca és ginkgo biloba levelek úgy helyeztük el, hogy a sablon alapján meghatároztuk a merített papírokból vélhetően felhasználásra kerülő felületeket. Ezekből a papírokból többet is készítettünk, mivel a háromszög alapú gúla kialakításához három teljes A4-es lapra volt szükség. A gúla palástját a szamóca levelek díszítik. Azért, hogy ne lógiának ki a levelek a sablon alapján előre meghatározott méretről, újra kinyomtattuk a szabásmintákat és ráhelyezve a frissen merített első rétegre bejelöltük a lámpabura palástjának a szélei. A sablon eltávolítását követően felhelyeztük a leveleket az első merített papírrétegre.

A szabtok kivágása után összeállítottuk a 3.33 ábrán látható lámpaernyőket.



a.)

b.)

3.33 ábra Szamóca levéllel díszített lámpaernyők

a.) használaton kívül, b.) használatban

A harmadik lámpaernyő a hengeres típusú, amelyet ginkgo biloba préselt leveleivel díszítettünk. Ez a bura volt a legnehezebben kezelhető, formázható. Mivel az őspáfrány levelének mindkét oldala viaszos, így nehezebben rögzül a rostállományban – többek között ezért sem javasolt pl. borostyán alkalmazása a lámpaernyő alappapírjának elkészítésekor. A növények viaszos felülete azt eredményezte, hogy a lámpaernyő egyik oldalán a papír hólyagos lett (3.34 ábra), emiatt a papír törékenyebbé, sérülékenyebbé vált. A 3.34b.) ábrán a bura átnézeti képe látható.



a.)

b.)

3.34 ábra A ginkgo bilobával díszített lámpaernyők

a.) használaton kívül, b.) használatban

Az elkészített lámpaernyőket modellként használva célunk további formák és design-ok legyártása, valamint a már dekorált lámpaernyők további mechanikai vizsgálata, melyekkel a csomagolás és a szállítás során keletkező behatásokat kívánjuk szimulálni.

4 Összefoglalás

A dolgozatban átfogó képet adtunk, a hangulatvilágítást adó papír lámpaernyők elkészítéséről. Az ötlettől kezdve fokozatosan mutattuk be az alkotás fázisait a megvalósításig.

Az irodalmi részben ismertettük a papír szerteágazóan sokféle felhasználási területét. A teljesség igénye nélkül bemutattuk, hogy mennyi felhasználási módja van a lámpaernyőknek világszerte. Ezek a kutatások nagyban hozzájárultak az általunk tervezett és legyártott termékek alakjának, és mintázatának a kialakításához. Célunk a merített papírok egyediségét megtartva, mégis azonos fizikai tulajdonságokkal és mérhető jellemzőkkel rendelkező alappapírok legyártása volt. Sok-sok tervezés előzte meg a lámpaburák előállítását.

A TDK dolgozathoz a vizsgálati részében elvégzett fizikai- és mechanikai papír vizsgálatok után állíthatjuk, hogy bármennyire is igyekszünk azonos körülményeket biztosítani és azonos paraméterű egyedi termékeket előállítani, ez nem egyszerű feladat. A mechanikai és fizikai vizsgálatokat kiértékelve látható, hogy termékeink mutatnak hajlandóságot az egyezésre – bizonyos fizikai jellemzők a szakirodalomban leírt változást mutatják – de néha meglepően nagy eltéréseket produkálnak.

Mikroszkóp segítségével megvizsgáltuk különböző őrlési idejű papírok rost szerkezetében bekövetkező változásokat.

A fizikai vizsgálatok során kiderült, hogy milyen laptermékeket tudtunk előállítani a számunkra rendelkezésre álló technológiával. A mechanikai vizsgálatok megmutatták, hogy milyen terhelhetőségi tulajdonságúak a papírjaink pl.: hogyan fognak ellenállni a varrás során a sérült (átlyukasztott) papírok a cérna feszítésének – ennek megállapítására használtuk a tépővizsgálatot. Használati tárgyokról lévén szó olyan papír vizsgálatokat is elvégeztünk, amelyek a mindennapi használat során kialakuló „baleseteket” szimulálták pl.: a tépés, amely a lámpa felborulásakor és egy másik berendezési tárgyra történő rádőlésekor történhet, beszakítva az ernyő textúráját.

Mikroszkóppal azt is megvizsgáltuk, hogy a különböző fizikai behatásoknak kitett papírok felületén milyen változásokat idézett elő a roncsolás.

Az AutoCAD számítógépes tervező program segítségével, az elkészített merített papír felhasználása nélkül, létrehoztunk különböző méretű szabatoakat, melyek megkönnyítették a lámpabura elkészítését. Az Artlantis Studio 5 szoftverrel elkészített 3D-s tervek segítségével megnézhattuk, hogy hogyan fognak kinézni a merített papírból elkészített lámpaburáink; megközelítőleg milyen fényt adnak majd.

Végül megalkottuk saját lámpaburáinkat, melyek ötvözik a tradíciót, felidézve korábbi hangulatvilágítást adó lámpaernyőket és a modern gondolkodást, saját ötleteink megvalósítását.

5 Irodalomjegyzék

1. <http://kation.elte.hu/vegybank/tantov99/papir/papir3.htm> [Megtekintve: 2014. 03.02.]
2. Kalmár P.: A kétezer éves papír Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1980.
3. <http://www.hotdog.hu/okoriegyiptom/papirusz> [Megtekintve: 2014.03.20]
4. <http://www.veveeqe.eoldal.hu/cikkek/nyitooldal/a-papir-keszitesenek-rovid-tortenete.html>
[Megtekintve: 2014. 03.04.]
5. http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Making_Paper.gif [Megtekintve: 2014. 03.04.]
6. Dr. Vámos György: Papíripari kézikönyv Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1980
7. http://www.dipa.hu/a_gyar [Megtekintve: 2014. 03.27.]
8. <http://www.papirmanufaktura.hu/papirmerito/folyamat.php> [Megtekintve: 2014. 03.27.]
9. <http://hu.wikipedia.org/wiki/Pap%C3%ADr> [Megtekintve: 2014. 03.29.]
10. <http://www.repulolampas.hu/tortenete> [Megtekintve: 2014. 03.04.]
11. hu.wikipedia.org/wiki/holegballon [Megtekintve: 2014.04.03.]
12. <http://www.egilampas.hu/index.php?modul=1>[Megtekintve: 2014. 03.04.]
13. Hughes, Thomas P.: American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm. The University of Chicago Press, 2004.
14. The Canadian Electric Light, by Nigel Bunce and Jim Hunt

15. <http://natgeotv.com/hu/lampaerno/tartalom> [Megtekintve: 2014. 03.04.]

6 Függelék

F1 táblázat Schopper-Riegler őrlésfok értékek, SR°

Mérések sorszáma	Schopper-Riegler fok (SR°)											
	Őrlésidő (min)											
	0		20		40		60		80		100	
1	4	5	4	3	4	5	4	5	5	5	5	4
2	–	–	5	4	5	5	6	6	4	5	3	5
3	–	–	9	8	5	6	9	9	5	5	6	5
4	–	–	–	–	8	8	10	9	8	8	10	9
5	–	–	–	–	14	15	13	14	13	12	12	12
6	–	–	–	–	–	–	16	15	15	16	15	15
7	–	–	–	–	–	–	17	17	19	18	19	19
8	–	–	–	–	–	–	–	–	20	21	20	20
9	–	–	–	–	–	–	–	–	26	25	22	22
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25	25
11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	28	28

F2 táblázat Négyzetméter tömeg értékek, g/m²

10x10 mm-es minták sorszáma	Négyzetméter tömeg (g/m ²)					
	Őrlésidő (min)					
	0	20	40	60	80	100
1	3,34	2,60	3,74	2,43	3,17	3,25
2	2,90	2,57	3,55	2,40	2,89	2,98
3	2,88	2,48	3,52	2,37	2,3	2,95
4	2,75	2,47	2,26	2,30	2,28	2,74
5	2,61	2,08	2,10	2,29	2,24	2,49
átlag	2,896	2,44	3,034	2,358	2,576	2,882
Négyzetméterre vonatkoztatott tömeg	289,60	244	303,40	235,80	257,60	288,20

F3 táblázat Vastagság értékek, μm

Mérések sorszáma	Vastagság (μm)					
	Őrlésidő (min)					
	0	20	40	60	80	100
1	1379	538	646	494	370	559
2	1128	494	547	492	336	412
3	891	390	540	414	318	346
4	809	371	527	399	299	337
5	767	296	363	336	284	272
átlag	994	417	524	427	321	385

F4 táblázat a.) Maximális szakítóerő értékek, N

Mérések sorszáma	Maximális szakítóerő (N)					
	Őrlésidő (min)					
	0	20	40	60	80	100
1	24,72	121,64	188,35	198,46	234,45	151,65
2	30,66	130,96	177,56	184,92	230,62	170,55
3	29,67	131,45	175,59	215,81	233,63	196,94
4	28,68	155,97	162,84	182,10	232,216	204,49
5	31,65	148,13	147,15	223,60	252,62	191,72
6	22,74	148,13	152,05	229,21	234,63	212,95
7	31,65	160,88	184,42	205,00	228,97	227,96
8	24,72	121,64	188,35	198,40	234,46	151,65
Átlag	28,09	141,50	167,45	202,38	236,95	198,36

F4 táblázat b.) Szakítószilárdság értékek, kN/m

Mérések sorszáma	Szakítószilárdság (kN/m)					
	Őrlésidő (min)					
	0	20	40	60	80	100
1	1,64	8,10	12,55	13,23	15,63	10,11
2	2,04	8,73	11,83	12,32	15,38	11,36
3	1,97	8,76	11,70	14,38	15,57	13,13
4	1,91	10,39	10,85	12,14	15,48	13,63
5	2,11	9,87	9,81	14,90	16,84	12,78
6	1,51	9,87	10,13	15,28	15,64	14,20
7	2,11	10,72	12,29	13,67	15,26	15,17
8	1,90	9,41	11,20	13,49	15,87	12,98
Átlag	1,64	8,10	12,55	13,23	15,63	10,11

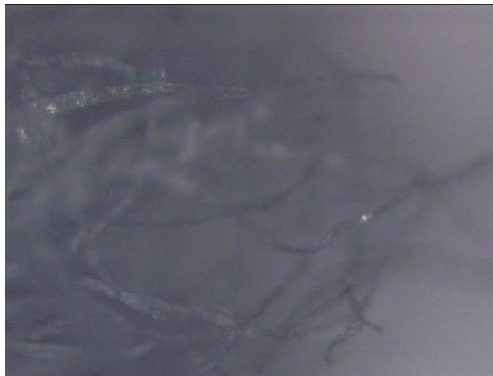
F5 táblázat Tépőerő értékek, mN

Minták sorszáma	Tépőerő (mN)					
	Őrlésidő (min)					
	0	20	40	60	80	100
1	284,49	353,16	524,84	402,21	323,73	353,16
2	343,35	304,11	505,22	220,73	122,63	593,51
3	323,73	304,11	201,11	215,82	225,63	201,11
4	353,16	313,92	161,87	230,54	294,30	407,12
Átlag	326,18	318,83	348,26	267,32	241,57	388,72
Tépési mutató (mNm²/g)	9,78	10,07	7,76	9,07	8,57	10,16

F6 táblázat Repesztő erő értékek, kPa

Minták Sorszama	Repesztő erő(kPa)					
	Őrlésidő (min)					
	0	20	40	60	80	100
1	2256,3	5591,7	9810	12949,2	11870,1	11772
2	2452,5	6180,3	7553,7	11772	14715	10889,1
3	2648,7	6670,8	7946,1	11477,7	11183,4	13439,7
4	2550,6	6670,8	7749,9	6376,5	11379,6	12851,1
5	2354,4	5591,7	9613,8	8632,8	12066,3	14911,2
6	2452,5	7553,7	8927,1	9123,3	12066,3	15107,4
7	2844,9	3924	7848	11870,1	11281,5	12753
8	1962	6768,9	10398,6	11183,4	11673,9	14322,6
9	1962	7161,3	10202,4	11085,3	8142,3	10300,5
10	1962	4414,5	7848	12066,3	13635,9	11085,3
Átlag	2344,59	6052,77	8789,76	10653,66	11801,43	12743,19
Repesztési mutató (kPam²/g)	8,79	23,90	24,48	45,19	52,33	41,64

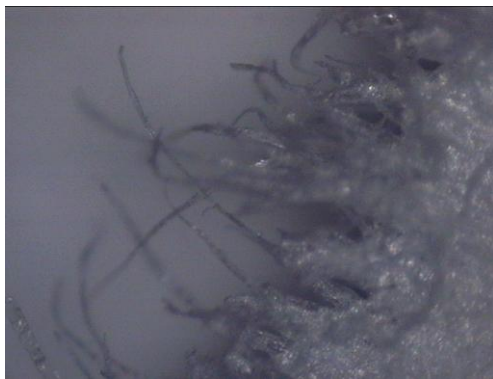
F7 ábra Az őrölt minták mikroszkópos felvétele



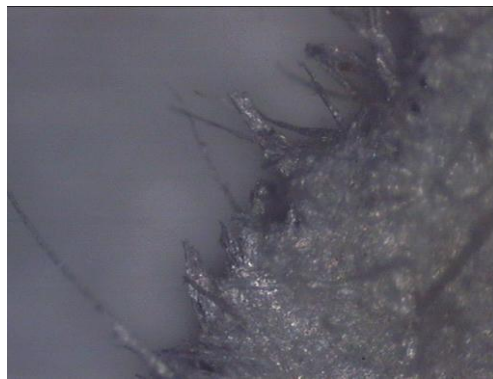
a.) 0 percig őrölt minta



b.) 20 percig őrölt minta



c.) 40 percig őrölt minta



d.) 60 percig őrölt minta



e.) 80 percig őrölt minta



f.) 100 percig őrölt minta

F8 táblázat Kettőshajtogatás értékek, db

Minták sorszama	Kettőshajtogatások száma (db)					
	Őrlésidő (min)					
	0	20	40	60	80	100
1	1	23200	1021	180	–	2
2	1	23000	982	177	8	5
3	–	23400	1060	183	5	15

F9 táblázat Hajlítási merevség értékek, mN

Minták sorszama	Hajlítási merevség (mN)					
	Őrlésidő (min)					
	0	20	40	60	80	100
1	107,91	294,30	470,88	186,39	255,06	186,39
2	98,10	343,35	431,64	245,25	353,16	176,58
3	98,10	333,54	412,02	245,25	264,87	186,39
4	117,72	333,54	451,26	186,39	294,30	156,96
5	117,72	245,25	392,40	206,01	343,35	156,96
6	206,01	235,44	353,16	225,63	343,35	176,58
7	225,63	230,535	362,97	230,535	343,35	166,77
8	225,63	245,25	372,78	206,01	333,54	166,77
9	149,60	282,65	405,88	216,43	316,37	171,67
Átlag	107,91	294,30	470,88	186,39	255,06	186,39

F10 táblázat Szívómagasság értékek, mm

Minták sorszama	Szívómagasság (mm)					
	Őrlésidő (min)					
	0	20	40	60	80	100
1	12,7	4,2	2,7	2,9	2,0	1,8
2	12,5	4,2	2,8	2,8	2,0	1,8
3	13,0	4,4	3,0	2,2	2,1	2,0
4	12,7	4,3	2,8	2,6	2,0	1,9
Átlag	12,7	4,3	2,8	2,6	2,0	1,9

F11 táblázat A vizsgált mintákon mért $L^*a^*b^*$ értékek ismétlőképessége

a.) 60 percig örölt mintából készült merített papír

Mérések sorszáma	Színínger-koordináták								
	Mérési pontok								
	1			5			9		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	90,19	3,56	11,57	91,30	3,32	11,46	91,70	3,56	11,61
2	90,71	3,59	11,69	91,26	3,26	11,44	91,74	3,54	11,58
3	90,86	3,42	11,64	91,25	3,22	11,46	91,74	3,54	11,58
4	91,02	3,46	11,59	91,25	3,23	11,47	91,74	3,54	11,60
5	91,20	3,36	11,50	91,25	3,22	11,47	91,06	3,43	11,47
6	91,14	3,46	11,48	91,31	3,31	11,51	91,75	3,55	11,59
7	91,22	3,48	11,46	91,28	3,28	11,49	91,75	3,57	11,56
8	91,12	3,48	11,59	91,14	3,06	11,37	91,78	3,55	11,59
9	91,07	3,52	11,79	91,24	3,22	11,43	91,75	3,55	11,58
10	90,19	3,56	11,57	91,19	2,82	10,94	91,82	3,54	11,56

b.) 80 percig örölt mintából készült merített papír

Mérések sorszáma	Színínger-koordináták								
	Mérési pontok								
	1			5			9		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	94,10	1,57	7,16	95,00	2,40	7,08	94,25	1,51	7,42
2	94,05	1,59	7,16	95,03	2,40	7,09	94,33	1,50	7,50
3	94,02	1,60	7,21	95,01	2,40	7,07	94,54	1,50	7,51
4	94,02	1,62	7,21	95,04	2,40	7,09	94,46	1,60	7,56
5	93,97	1,64	7,25	95,07	2,41	7,08	94,18	1,50	7,26
6	93,93	1,62	7,26	95,11	2,40	7,13	94,36	1,63	7,65
7	93,98	1,63	7,32	95,00	2,39	7,08	94,61	1,77	7,66
8	94,08	16,80	7,38	94,83	2,29	6,97	94,34	1,59	7,32
9	94,12	1,80	7,34	95,10	2,39	7,09	94,72	1,70	7,70
10	93,97	1,66	7,29	95,10	2,41	7,11	94,39	1,52	7,48

F12 táblázat Színiniger-koordináták

a.) 60 percig örölt minta esetében

Minták sorszama	Színiniger-koordináták								
	Megvilágítás előtt			168 óra megvilágítás után			336 óra megvilágítás után		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	90,19	3,56	11,57	90,56	3,11	11,61	90,35	3,30	11,61
2	90,88	3,16	11,74	91,01	3,02	11,67	90,73	2,91	11,12
3	91,34	2,81	10,15	91,38	2,61	9,82	91,51	2,97	9,82
4	91,49	3,14	10,67	91,72	3,40	10,77	91,61	3,36	10,46
5	91,30	3,32	11,46	91,26	3,02	10,88	91,64	3,06	10,40
6	90,74	2,81	10,15	90,31	2,99	11,18	90,53	2,82	11,32
7	90,63	2,97	11,49	90,80	2,78	11,21	90,10	2,77	10,92
8	90,24	3,09	11,25	90,55	3,25	11,19	90,61	3,33	11,06
9	91,70	3,56	11,61	91,47	3,68	11,78	91,39	3,42	11,12
Átlag	91,02	3,13	11,11	91,01	3,10	11,12	90,94	3,10	10,87

b.) 80 percig örölt minta esetében

Minták sorszama	Színiniger-koordináták								
	Megvilágítás előtt			168 óra megvilágítás után			336 óra megvilágítás után		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	94,10	1,57	7,16	94,54	1,97	6,26	93,91	1,42	6,56
2	94,09	2,13	8,51	93,08	1,88	7,12	93,50	1,84	7,08
3	93,91	2,10	7,37	93,09	1,42	6,42	93,25	1,33	5,40
4	92,92	1,21	6,46	93,09	2,22	7,33	94,83	1,80	6,43
5	95,00	2,40	7,08	94,44	2,03	6,28	92,41	1,28	4,68
6	93,13	1,37	6,97	94,16	1,48	6,49	92,98	1,06	5,71
7	94,43	1,66	7,55	94,57	2,07	6,82	93,45	1,47	5,87
8	93,15	1,05	6,44	93,02	1,18	5,98	93,15	0,92	5,40
9	94,25	1,51	7,42	93,26	1,47	6,05	94,33	1,51	6,00
Átlag	93,90	1,74	7,24	93,69	1,75	6,53	93,53	1,40	5,90

