

Birutė Sivakova,  
Aldona Nikienė

## POPIERIAUS SUTVIRTINIMO AUGALINIŲ PLAUŠŲ LIEJINIAIS GALIMYBIŲ TYRIMAS

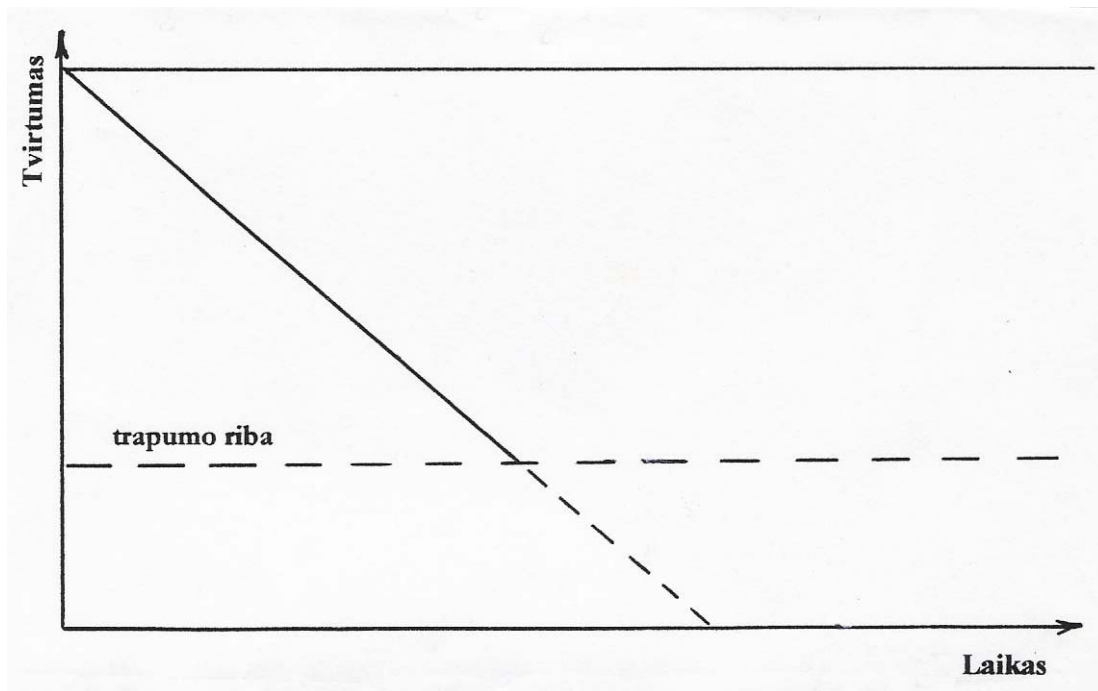
### Ivadas

Viena plačiausiai naudojamų medžiagų informacijai užrašyti ir išsaugoti yra popierius. Didžiąją bibliotekose ir archyvuose saugomo rašytinio paveldo dalį sudaro įvairiais laikotarpiais spausdinti ar rašyti popieriniai dokumentai. Nuo to meto, kai popierių imta gaminti pramoniniu būdu, egzistuoja ir rašytinio paveldo išsaugojimo problema, nes, kaip ir visos organinės medžiagos, popierius sensta. Ypač sparčiai sensta medienos masės turintis pigus popierius. Daugelio prastos kokybės popieriuje spausdintų knygų amžius tesiekia penkiasdešimtį metų. Bibliotekininkams, archyvams, restauratoriams gerai žinomas reiškinys, kai metams bėgant kinta dokumentų spalva, jie tampa trapūs ir galiausiai subyra į dulkes net ir tada, kai jais niekas nesinaudoja. Viso pasaulio bibliotekų ir archyvų fondų konservavimo srityje popieriaus trapėjimo problema yra dažniausiai diskutuojama, o jos sprendimas reikalauja bene didžiausių išlaidų. Norint išsaugoti prastos kokybės popieriuje užrašytą informaciją, ji perkeliama į kitas laikmenas. Šiuolaikine technika nesunku nukopijuoti tekstą, tačiau mikrofilmas ar optinė laikmena yra tik originalo surogatas ir tik dalinai perteikia jame buvusią informaciją. Popierius nėra vien tik pagrindas rašmenims rikiuoti. Ir baltame lape gali būti informacijos, pasakojančios apie tautų papročius, kultūros, raštijos, knygos meno vystymąsi, todėl, net esant beveik neribotoms informacijos perrašymo ir dokumentų tiražavimo galimybėms, originalo išsaugojimas išlieka aktualus ir yra labai svarbus fondų saugotojų bei restauratorių uždavinys.

### Literatūrinė dalis

#### Dubliavimo nauda ir su dubliavimu susijusios problemos

Popieriui senstant vyksta jo cheminė ir fizinė destrukcija, vis labiau prarandamas mechaninis atsparumas. Nors popierius – daugiakomponentė medžiaga, jam senstant atsiradę tvirtumo pokyčiai labiausiai sietini su celiuliozės plaušuose vykstančiais pokyčiais. Popieriaus mechaninis atsparumas ir ilgaamžiškumas didele dalimi priklauso nuo jį sudarančios celiuliozės polimerinių grandinių ilgio, nusakomo polimerizacijos laipsniu. Nors ir su išlygomis, bet galima teigti, kad didesnio polimerizacijos laipsnio celiuliozės popierius bus tvirtesnis ir ilgaamžiškesnis. Vykstant senėjimo procesui, celiuliozės polimerizacijos laipsnis mažėja dėl oksidacijos ir rūgščių katalizuotos hidrolizės. Trumpėjant celiuliozės grandinėms, popierių sudarančių plaušų tvirtumas labai sparčiai mažėja, todėl mažėja ir iš jų sudaryto popieriaus mechaninis atsparumas; dokumentas darosi trapus, lengvai pažeidžiamas, o pasiekus taip vadinamą trapumo ribą – jis ne tik trupa nuo menkiausio prisilietimo, bet gali virsti dulkėmis net ir tada, kai juo niekas nesinaudoja.



*1 pav. Popieriaus tvirtumo priklausomybės nuo senėjimo laiko schematinė išraiška (horizontali punktyrinė linija žymi ribą, žemiau kurios popierius jau yra toks trapus, kad jo nebegalima naudoti) (1)*

Popieriui senstant įvykusi celiuliozės grandinių destrukcija yra negrįžtama. Restauravimo procedūromis atnaujinti plaušų nepavyksta, tačiau yra būdų atnaujinti dokumentą - sugražinti prarastą mechaninį atsparumą jį kokiu nors būdu sutvirtinant.

Dokumentų restauravimo praktikoje plačiai žinomi tokie tvirtinimo metodai kaip laminavimas, tvirtinimas polimerų dangomis, polimerų skiepijimas, popieriaus skėlimas ir kt. Kiekvienas metodas turi savų privalumų ir trūkumų, todėl konkrečiu atveju renkamasi atsižvelgiant į tvirtinamo dokumento sudėtį, būklę, būsimą naudojimą ir kitus faktorius.

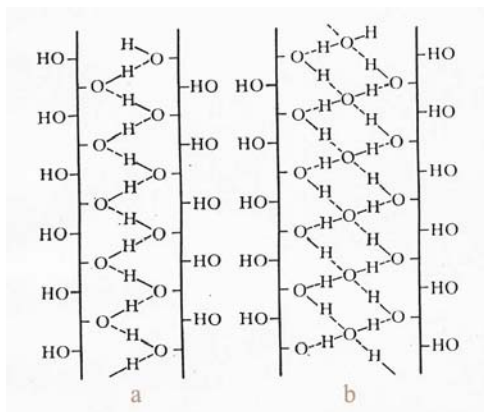
Nuo pat popieriaus gamybos pradžios dauguma suformuotų lakštų būdavo įklijinama – išotinama rišamųjų savybių turinčiomis medžiagomis. Taip apdorotas popierius igauna ne tik specifinių savybių - mažesnę įgertį vandeniui ar rašalui, bet ir didesnę mechaninį bei paviršiaus atsparumą. Restauruojami dokumentai taip pat tvirtinami klijinant. Klijinimas - grįžtama procedūra, po kurios beveik nepakinta dokumento išvaizda, nenukenčia teksto ryškumas, nekyla problemų dokumentą kopijuojant. Tačiau jos efektas yra ribotas. Smarkiai sunykęs dokumentas ir po įklijinimo gali likti "už trapumo ribos".

Restauruojant dokumentus, kurių popierius toks silpnas, kad dokumentas negali būti net atsargiai vartomas, sutvirtinti klijų tirpalais nebeįmanoma. Klijų plėvelė nesuteikia tiek tvirtumo, kad dokumentas vėl taptų funkcionalus. Norint išsaugoti taip pažeistą laikmeną ir atkurti dokumento funkcionalumą, dažnai tenka "tvirtinti pamušalu": netvirtą, trapų lakštą sujungti su tvirtesniu lakštu - dubliuoti. Dubliuoto lakšto mechaninis atsparumas padidėja ne tik dėl klijavimui naudotų klijų, bet ir dėl priklijuoto papildomo lakšto. Taip tvirtinami dėl senėjimo sunykę trapūs dokumentai, pažeisti pelėsių, vabzdžių, nebetinkami naudoti dėl daugybės įplyšimų ar rašalo išgraužų. Dubliuojant galima ne tik sutvirtinti sunykusį dokumentą, bet ir stabilizuoti dėl aplinkos drėgnio bei temperatūros svyravimų atsirandančius matmenų pokyčius ar lakšto plokštumos deformacijas,

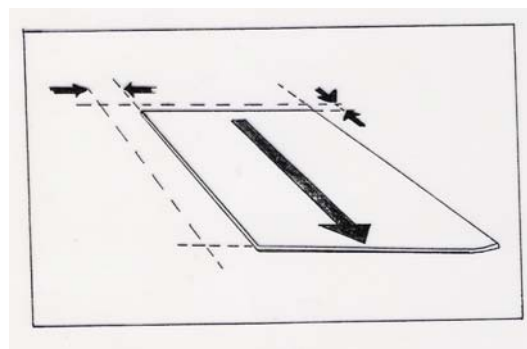
sudaryti barjerą tarp dokumento ir jį liečiančios medžiagos (pvz., tarp piešinio ir rūgštaus, nekokybiško, bet istorinę vertę turinčio pasporto), sudaryti šarminės medžiagos atsargą dokumentui, kuris pats dėl kokių nors priežasčių negali būti šarminamas (pvz., dėl dažiklių ar pigmentų jautrumo šarminiai terpei).

Pageidautina, kad dubliuojant kuo mažiau pakistų dokumento išvaizda. Tai ypač svarbu tvirtinant dokumentus, kurių abiejose pusėse esanti informacija turi būti prieinama, todėl po restauravimo jie nepasportuojami, nerėminami. Labai svarbu parinkti tokiems dokumentams tinkamą popierių, klijus. Renkamasi atsižvelgiant į originalo popieriaus spalvą, storį, standumą, paviršiaus faktūrą. Dažnai pasirenkamas plonas ir tvirtas japoniškas popierius, gaminamas iš Azijoje augančių pluoštinių augalų. Klijuojama dažniausiai kviečių krakmolo arba metilceliuliozės klijais. Didelio formato dokumentai (žemėlapiai, plakatai, afišos) gali būti dubliuojami audiniu arba ir popieriumi, ir audiniu. Aišku, kad dokumentai taip gali būti tvirtinami tik tada, kai informacija užrašyta vienoje pusėje.

Nusprendus dubliuoti, svarbu pasirinkti ne tik vizualiai į originalą panašų popierių. Žinome, kad popieriui sušlapus, vandens molekulės įsiterpia tarp plaušų ir į pačius plaušus, todėl plaušai išbrinksta ir atitolsta vienas nuo kito, o popieriaus lakštas išsiplečia.

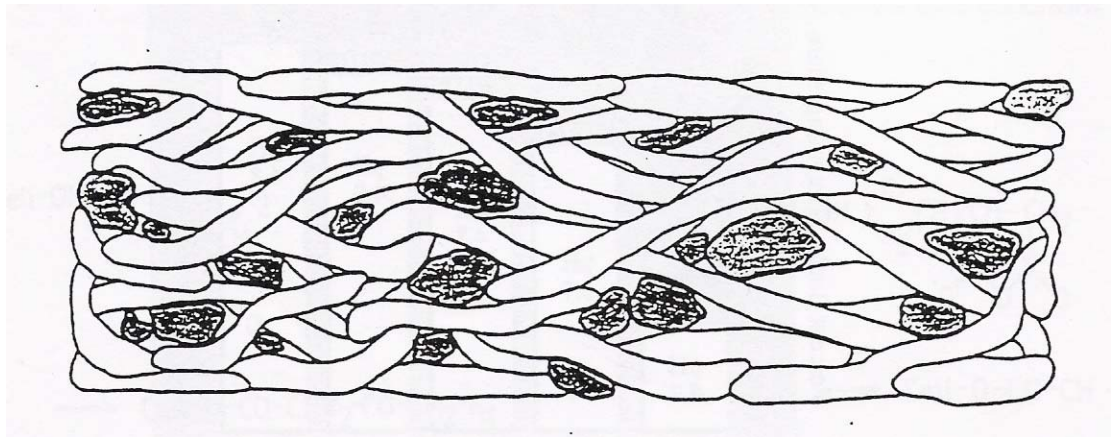


2 pav. Ryšių tarp gretimų celiuliozės molekulių schema: a) celiuliozės molekulės sujungtos vandeniliniais ryšiais; b) celiuliozės molekulės sujungtos per vandens molekules [2]



3 pav. Popieriaus lakšto matmenų pokyčiai po sudrėkinimo (lakšto viduryje esanti rodyklė rodo plaušų išsidėstymo kryptį)

Džiūstant vyksta brinkimui priešingas procesas - plaušų dehidratacija ir suartėjimas, todėl popierius susitraukia. Skirtingos sudėties ir struktūros popierius plečiasi ir traukiasi nevienodai. Plaušuose esantis ligninas riboja brinkimą, vadinasi, popierius, kurio sudėtyje yra medienos masės, drėkdamas plėsis mažiau. Džiūstant lengviau suartėja ploni plaušai ar skaidulos negu stori ir grubūs plaušai, dėl to labiau susitraukia popierius iš smarkiai fibriliuotų plaušų. Daug stambių ir grubių medienos masės plaušų turintis popierius traukiasi mažiau. Mažesnis ir popieriaus su užpildais susitraukimas, nes tarp plaušų įsiterpusios užpildo dalelės trukdo jiems suartėti.



4 pav. Užpildų pasiskirstymo tarp popieriaus plaušų schematinis pavaizdavimas [1]

Priklausomai nuo džiovinimo sąlygų (džiovinama aukštesnėje arba žemesnėje temperatūroje, presuojant arba neslegiant, įtempus arba ne ir t.t.) lakšto plėtimosi ir susitraukimo procesas gali nebūti pilnai grįžtamas, t.y., pakartotinai sudrėkinus popierių, jo matmenų pokyčiai gali skirtis. Restauruojamo dokumento ir dubliavimui pasirinkto popieriaus savybės plėstis ir trauktis turi tarpusavyje “derintis”, nes dažniausiai dubliuojami drėgni objektai arba popierius ir objektas sudrėksta juos tepant klijais. Pagrindinė dubliuoto dokumento deformacijų priežastis (po dubliavimo išdžiūvęs dokumentas gali susibanguoti, riestis, išsisluoksniuoti) – nevienodas originalo ir tvirtinančio lakšto plėtimasis sudrėkus ir skirtingas susitraukimas džiūstant. Deformacijų išvengiama dubliavimui parenkant popierių, kurio plėtimosi ir susitraukimo charakteristikos panašios į dubliuojamo objekto, arba ribojant restauruojamo dokumento ir tvirtinančio lakšto įdrėkimo laipsnį. Dubliuojant (ypač didelio formato objektus) reikalinga didelė patirtis ir geri įgūdžiai. Netinkamai pasirinkus popierių, klijus ar nevykusiai sujungus lakštus, deformacijų neišvengsime. Neretai tokios problemos iškyla net ir kvalifikuotai atlikus dubliavimo procedūrą.

Deformacijų galima išvengti, jei dubliuojama ne gatavu popieriumi. Profesinėje spaudoje skelbta, kaip dokumentas gali būti sutvirtinamas japoniško popieriaus plaušais popieriaus liejimo mašinoje [3]: plaušai supilami į vandenį virš sieto, ant kurio yra restauruojamas dokumentas. Vandeniui nutekant, jie pasiskirsto ir nusėda visame liejimo plote, sudarydami ant dokumento ploną sluoksnį. Lietuvos nacionalinės Martyno Mažvydo bibliotekos (LNB) Dokumentų konservavimo ir restauravimo centre nuo 1995 m. dirbama su popieriaus liejimo mašina, tačiau minėtas tvirtinimo būdas netaikomas, nes perdirbti kokybišką ir brangų japonišką popierių neracionalu. Be to, dubliuojant dokumentus, kuriuose informacija užrašyta abiejose lakšto pusėse (dubliuojant “ant teksto”), itin svarbu, kad plaušai pasiskirstytų labai tolygiai, nes didesnė jų sanaupta trukdytų dokumentą skaityti ar kopijuoti, o nepadengti ploteliai liktų nesutvirtinti. Tuo tarpu ant dokumento nusodinant plaušus popieriaus liejimo mašinoje, ne visada pasiseka juos tolygiai paskirstyti visame plote. Nesėkmės atveju restauruojamas dokumentas būtų ilgai (pakartotinai) mirkomas ir beveik neišvengiamai pažeidžiamas.

Įvertinus žinomų dubliavimo metodikų privalumus ir trūkumus, kilo mintis trapius dokumentus tvirtinti labai plonais celiuliozės plaušų liejiniais, kurie būtų gaminami atskirai, o išdžiūtų ir galutinai suformuotų tvirtinančių lakštą ant restauruojamo dokumento. Tokiu būdu suvirtinus trapų popierių, restauruoti dokumentai nesiriečia, nes ką tik pagamintas liejinys – dar ne popieriaus lakštas. Kaip minėta, lakšto plėtimosi ir susitraukimo pobūdis didele dalimi priklauso nuo džiovinimo sąlygų. Džiūdamas sujungtas su restauruojamu dokumentu, liejinys

prisitaiko prie originalo, tampa jo dalimi, todėl didelė tikimybė, kad visa "kompozicija" plėsis ir trauksis kaip vientisas lakštas. Dubliavimo procedūrą galima atlikti labai greitai, todėl atskirai pagamintais liejiniais pasiseka dubliuoti ir tokius dokumentus, kurių teksto stabilumas po ilgo ar gausaus drėkinimo imtų kelti susirūpinimą.

Šio darbo tikslas – išmatuoti skirtingos sudėties liejiniais dubliuoto trapius popieriaus mechaninio atsparumo pokyčius ir įvertinti kopijavimo galimybes.

## EKSPERIMENTINĖ DALIS

### Tvirtinamojo popieriaus pasirinkimas

Bandymams buvo pasirinktas 1995 m. pagamintas laikraštinis popierius, turintis medienos masės (be teksto) ir su spausdintu tekstu (1957 m. išleistos knygos lapai, kurių sudėtyje yra medienos masės).

### Liejinių gaminimas

Liejiniams gaminti naudoti medienos celiuliozės: pušies (vidutinis ilgis 3,5 mm) ir eukalipto plaušai; žolinių augalų plaušai: medvilnės (~20 mm) ir lino (25–30 mm) bei labai smulkaus malimo sulfitinės celiuliozės plaušai (išplaušintas pramoninės gamybos restauravimo popierius RD). Tvirtinamasis popierius įklįjintas ir sutvirtinantys liejiniai klijuoti klijų mišiniu: 2 proc. mažo polimerizacijos laipsnio metilhidroksietilceliuliozės (Tylose MH300) ir 1 proc. didesnio polimerizacijos laipsnio metilhidroksietilceliuliozės (Tylose MH1000) tirpalai, sumaišyti lygiomis dalimis (čia 300 ir 1000 yra celiuliozės polimerizacijos laipsnis). Klijų tirpalams gaminti naudotas dejonizuotas vanduo.

Popieriaus sutvirtinimui danų restauratoriaus ir inžinieriaus M. Per Laursen sukonstruota popieriaus liejimo mašina pagaminti liejiniai iš šešių skirtingos sudėties kompozicijų:

- pušies, eukalipto ir medvilnės celiuliozės plaušai (toliau šios sudėties kompozicija bus žymima PEM), sumaišyti lygiomis dalimis (P:E:M = 1:1:1);
  - pušies, eukalipto ir medvilnės celiuliozės plaušai su RD plaušų priedu (PEM:RD = 9:1);
  - pušies, eukalipto ir medvilnės celiuliozės plaušai su didesniu RD plaušų priedu (PEM:RD = 3:1);
  - pušies, eukalipto ir medvilnės celiuliozės plaušai su RD plaušais sumaišyti lygiomis dalimis (PEM:RD = 1:1);
  - pušies, eukalipto ir medvilnės celiuliozės plaušai su lino (L) plaušais sumaišyti lygiomis dalimis (PEM:L = 1:1);
  - lino plaušai su RD plaušų priedu (L:RD = 3:1).
- Gaminta po tris skirtingo storio kiekvienos sudėties liejinius: 0,06 g/dm<sup>2</sup>; 0,08 g/dm<sup>2</sup> ir 0,10 g/dm<sup>2</sup>.

### Liejiniiais sutvirtintų bandinių gaminimas

Tvirtinimui skirtas popieriaus lakštas įklijintas teptuku ant vakuuminio traukos stalo. Popieriaus liejimo mašinoje ant sintetinio tinklelio pagamintas liejinys kartu su tinkleliu dėtas ant įklijintų popieriaus lakštų. Dubliuotas lakštas per tinklelį dar kartą išotintas tuo pačiu klijų mišiniu. Tokiu būdu sutvirtintas popierius įdėtas į mechaninį presą tarp polipropileno lakštų bei filtrinio popieriaus. Keičiant sudrėkusį filtrinį popierių sausu, laikyta prese, kol išdžiūsta. Išdžiūvę sutvirtinti (dubliuoti) lapai palikti dešimčiai dienų mechaniniame prese tarp filtrinio popieriaus ir kartono.

### Mėginių paruošimas mechaninių savybių tyrimui

Po presavimo iš dubliuoto popieriaus lakštų buvo paruošti mėginiai popieriaus mechaninių savybių tyrimui:

- atsparumo tempimui įvertinimui iš trijų vienodai sutvirtintų lapų iškirpta dešimt  $15,0 \pm 0,1$  mm pločio ir 150 mm ilgio juostelių. Popieriaus juostelės iškirptos taip, kad atsparumas tempimui būtų matuojamas skersai pluošto;
- popieriaus atsparumo praspaudimui matavimui iš kiekvieno skirtingai sutvirtinto lakšto paruošta po vieną 10 cm pločio ir 25 cm ilgio juostelę;
- popieriaus storio matavimui paruoštos  $200 \pm 0,5$  mm pločio ir  $250 \pm 0,5$  mm ilgio juostelės (GOST'as 27015 – 86);
- prieš tyrimus popieriaus pavyzdžiai dvi valandas laikyti kondicionavimo patalpoje su pastovia oro temperatūra ir santykinu drėgniu ( $t = 25 \pm 1$  °C;  $RH = 50 \pm 2$  %) pagal GOST'o 13523 – 78 reikalavimus.
- Kiekvieno popieriaus pavyzdžio mechaninio atsparumo vidutinei vertei nustatyti atlikta po dešimt matavimų. Atsparumas praspaudimui matuotas prietaisu КАИС (Прибор для испытания бумаги и волокнистых полуфабрикатов на продавливание 8035) pagal GOST'ą 13525. 8–78. Atsparumas tempimui matuotas prietaisu РМБ – 10 – 2М (Разрывная машина для определения разрывного усилия и удлинения при разрыве полоски шириной 15 мм) - pagal GOST'ą 13525. 1–79. Popieriaus storis matuotas prietaisu ТНБ – I –А (pagal GOST'ą 27015 – 86).

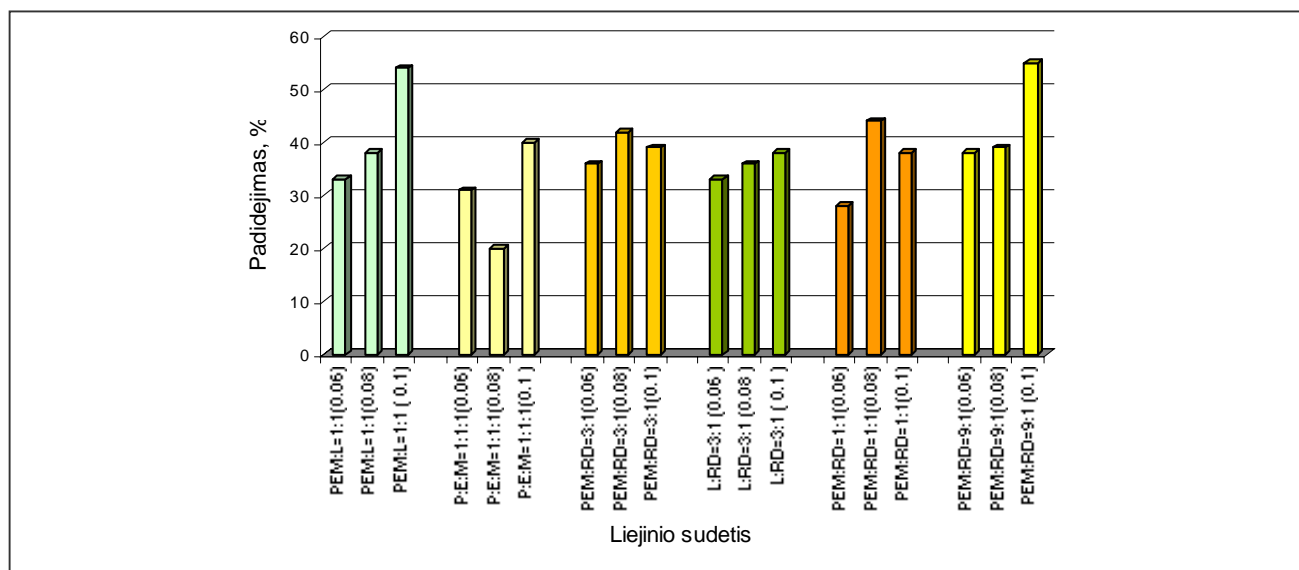
Kadangi, tvirtinant liejiniais, trapų popierių sutvirtina ne tik plaušai, bet ir jiems priklijuoti panaudoti klijai (įklijinimo efektas), visiems eksperimento bandiniams naudotas tas pats klijų mišinys, o mechaninio atsparumo padidėjimas skaičiuotas, lyginant su įklijinto nedubliuoto popieriaus mechaniniu atsparumu. Bandyta įvertinti, kiek trapaus popieriaus mechaninį atsparumą gali padidinti prie jo priklijuoti skirtingų celiuliozės plaušų liejiniai.

## TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

### Liejinių įtaka tvirtinamo popieriaus mechaniniam atsparumui

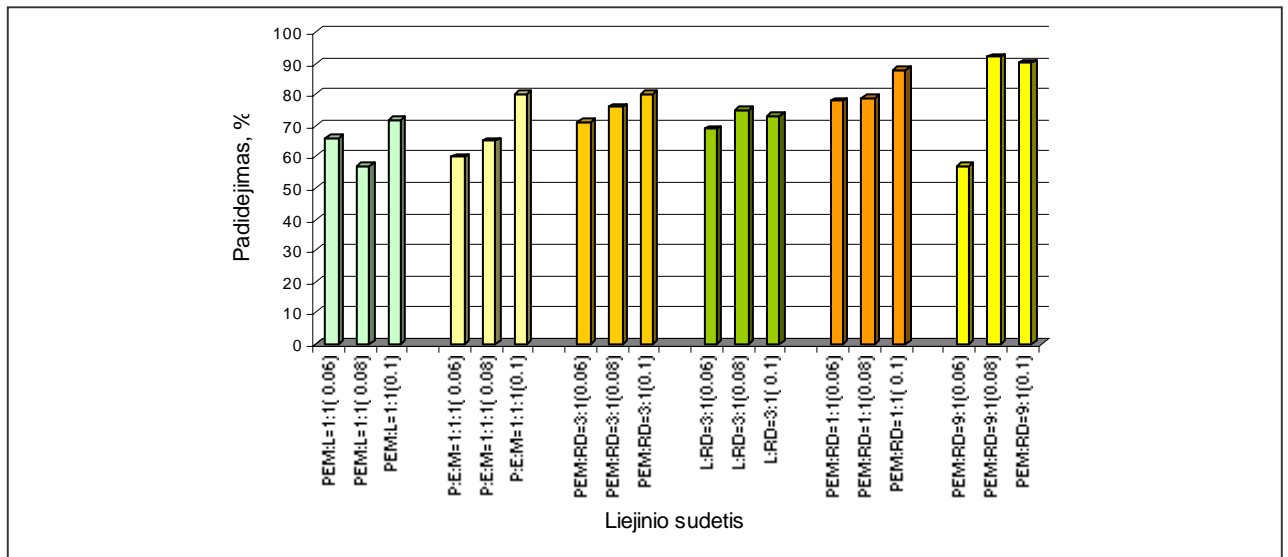
Lyginant skirtingos sudėties liejiniais sutvirtinto popieriaus be teksto **atsparumą tempimui**, gauti rezultatai yra panašūs. Tai rodo, kad visi liejiniai popierių sutvirtina beveik vienodai. Pagrindinės (PEM) sudėties liejiniai padidina

sutvirtintų bandinių atsparumą tempimui iki 31–40 proc.; RD ir lino plaušų įvedimas į kompoziciją padidina storiausiais liejiniais sutvirtinto popieriaus atsparumą tempimui iki 55 proc. Net ir plonesnieji ( $0,06 \text{ g/dm}^2$  ir  $0,08 \text{ g/dm}^2$ ) liejiniai su RD priedais (PEM:RD = 9:1), (PEM:RD = 3:1) žymiai (36–42 proc.) padidina atsparumą tempimui (5 pav.).



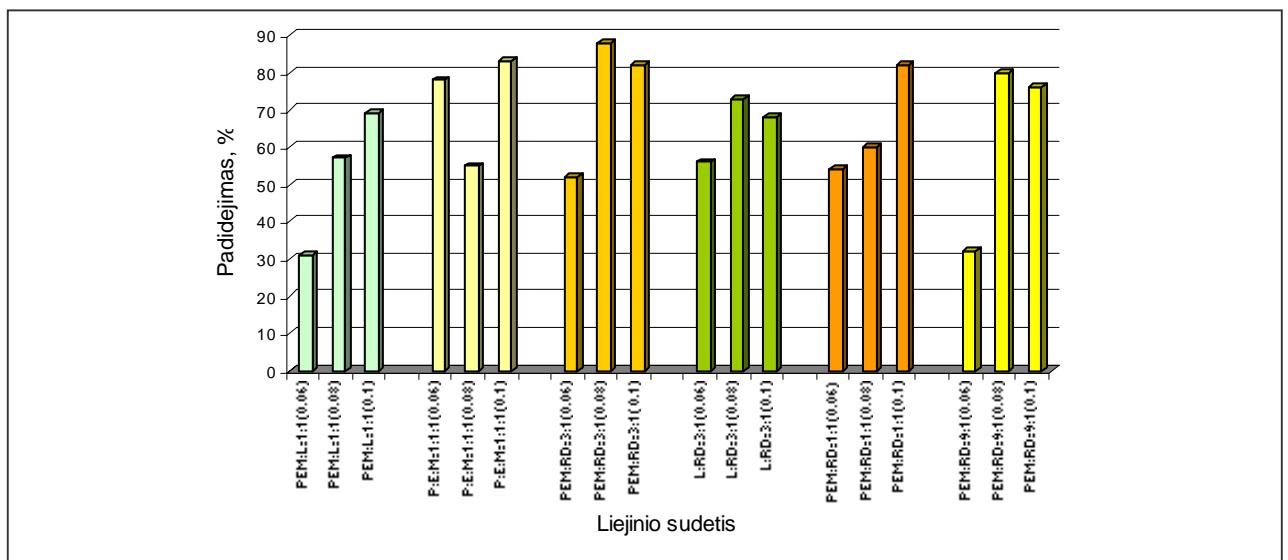
5 pav. Liejiniais sutvirtinto popieriaus (be teksto) atsparumo tempimui padidėjimas

Daug labiau liejiniai sutvirtina trapius knygos lapus. Ypač tinka liejiniai su RD. Net ir patys ploniausi ( $0,06 \text{ g/dm}^2$ ) PEM liejiniai su RD plaušų priedais padidina lapų atsparumą tempimui 57–78 proc. Storesnieji ( $0,08 \text{ g/dm}^2$ ) liejiniai (PEM:RD = 3:1), (PEM:RD = 1:1) ir (PEM:RD = 9:1) padidina knygos lapų atsparumą tempimui 76–92 proc. Panašus rezultatas gautas ir storiausių ( $0,10 \text{ g/dm}^2$ ) liejinių atveju. Iš gautų rezultatų galima daryti išvadą, kad trapų popierių geriau tvirtina PEM kompozicijos su trumpų plaušų priedais, negu vien stambių plaušų liejiniai. Be to, matome, kad santykinai tvirto popieriaus mechaninį atsparumą prie jo priklijuoti liejiniai pakeičia mažiau (iki 55 proc.), kai tuo tarpu trapesnį popierių liejiniais galima sutvirtinti tiek, kad jo atsparumas tempimui padidėtų beveik dvigubai (iki 92 proc.): 6 pav.



6 pav. Liejiniiais sutvirtintų knygos lapų atsparumo tempimui padidėjimas

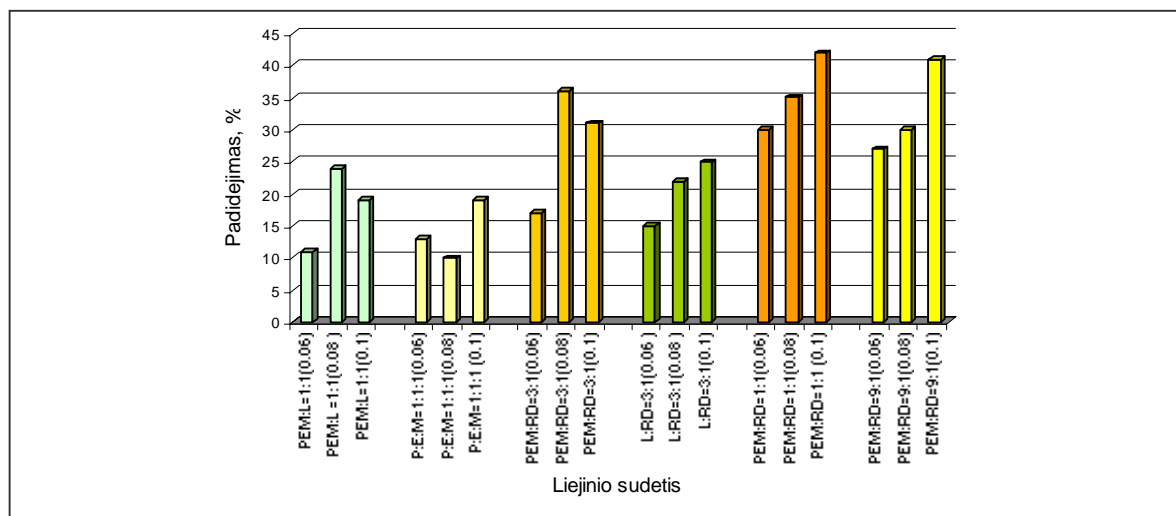
Visi liejiniai žymiai padidino knygos lapų **atsparumą praspaudimui**. Geri rezultatai gauti tvirtinant PEM liejiniais. Net pats ploniausias ( $0,06 \text{ g/dm}^2$ ) liejinys padidino atsparumą praspaudimui iki 78 proc. Dar geresni rezultatai gauti naudojant liejinius su RD plaušais. Storiausi liejiniai ( $0,10 \text{ g/dm}^2$ ) padidino sutvirtintų lapų atsparumą praspaudimui iki 82 proc.  $0,08 \text{ g/dm}^2$  storio kompozicijos su RD (PEM:RD = 3:1) ir (PEM:RD = 9:1) taip pat davė gerus rezultatus. Tuo tarpu kompozicijų su lino plaušais storiausieji liejiniai ( $0,10 \text{ g/dm}^2$ ) padidino atsparumą praspaudimui šiek tiek mažiau: 68–69 proc. (7 pav.).



7 pav. Liejiniiais sutvirtintų knygos lapų atsparumo praspaudimui padidėjimas

Kadangi popierius be teksto ir prieš dubliavimą buvo pakankamai tvirtas, tai liejiniai neturėjo tokios didelės įtakos jo atsparumo padidėjimui (8 pav.). Šiuo atveju bazinė PEM kompozicija padarė mažiausią įtaką tvirtinamo popieriaus atsparumui. Net ir storiausias jos liejinys ( $0,10 \text{ g/dm}^2$ ) padidino atsparumą praspaudimui tik iki 19 proc. Šiek tiek didesnė kompozicijų su RD plaušais įtaka.

Jų storesnieji ir storiausieji liejiniai ( $0,08 \text{ g/dm}^2$ ) ir ( $0,10 \text{ g/dm}^2$ ) padidino popieriaus atsparumą praspaudimui 30–42 proc. Tokio pat storio kompozicijos su lino plaušais popierių be teksto sutvirtino silpniau (22–24 proc.).

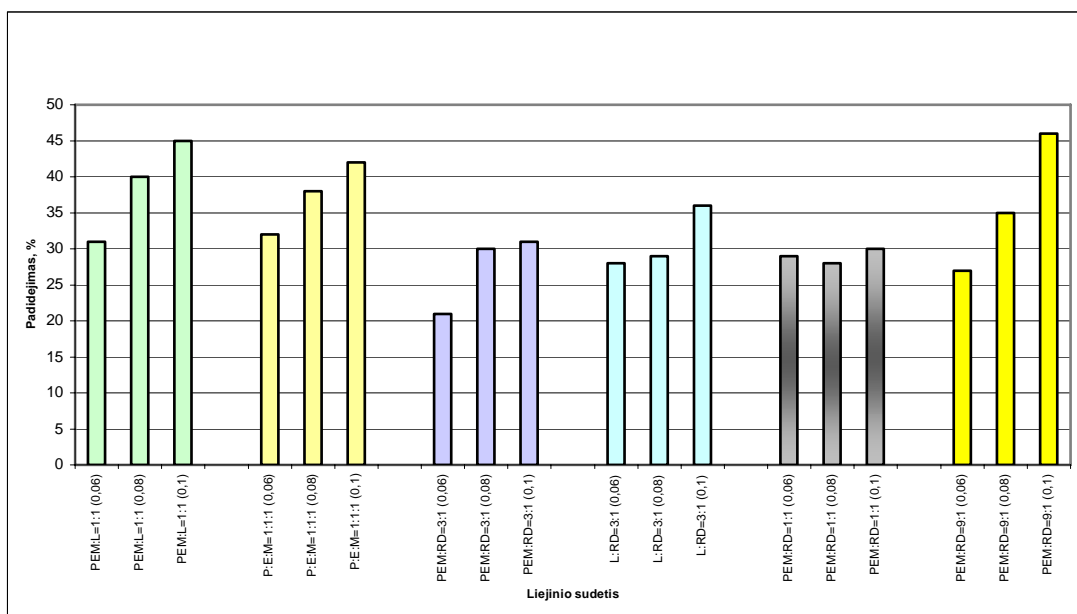


8 pav. Liejiniais sutvirtinto popieriaus (be teksto) atsparumo praspaudimui padidėjimas

#### Liejinių įtaka dubliuoto popieriaus storiui

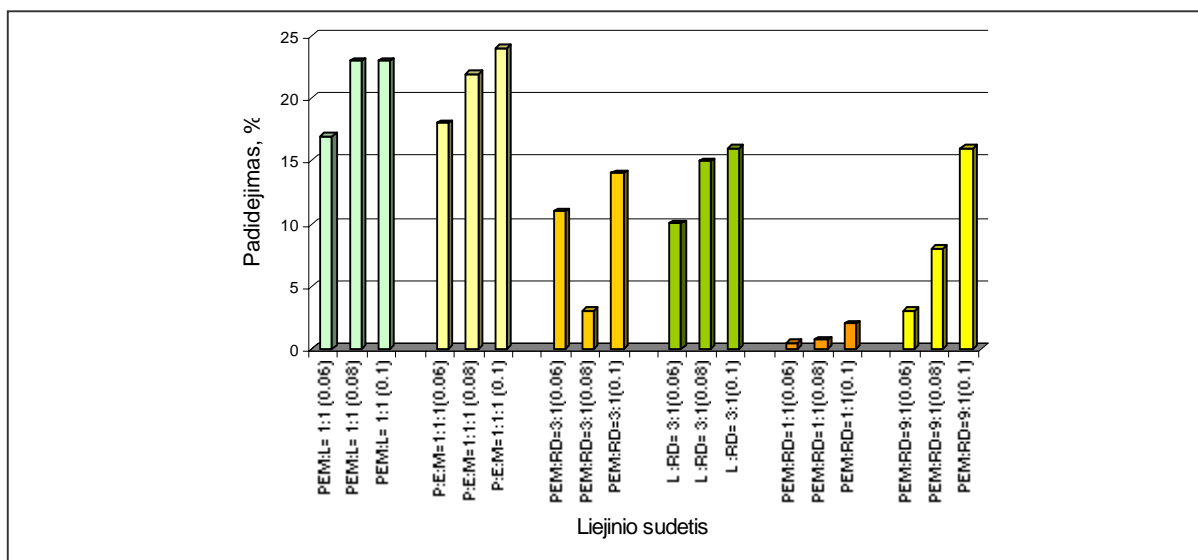
Sutvirtinus liejiniais, tiek popieriaus be teksto, tiek ir knygos lapų storis padidėja. Labiau padidėja popieriaus be teksto storis, kadangi jo paviršius gana lygus, todėl tvirtinančio liejinio plaušai “neįauga” į popierių, o didesne dalimi išsidėsto paviršiuje. Naudotas pušies, eukalipto ir medvilnės (PEM) plaušų mišinys tvirtinamo popieriaus storį padidina nuo 32 iki 42 proc. Sutvirtinto popieriaus storis didėja, didėjant tvirtinimui naudoto liejinio storiui.

Plonieji  $0,06 \text{ g/dm}^2$  visų kompozicijų liejiniai padidina popieriaus storį nuo 21 iki 32 proc. Mažiausiai (21 proc.) popieriaus storį pakeičia liejinys PEM:RD = 3:1. Šios kompozicijos ir didesnio storio liejiniai ( $0,08 \text{ g/dm}^2$  ir  $0,10 \text{ g/dm}^2$ ) mažiausiai pastorina tvirtinamą popierių (9 pav.).



9 pav. Liejiniais sutvirtinto popieriaus storio padidėjimas

Tvirtinant liejiniais knygos lapus, storis padidėja žymiai mažiau, negu popieriaus be teksto (10 pav.). Ir šiuo atveju labiausiai (18–24 proc.) storį padidina PEM kompozicija. Labai panašiai (17–23 proc.) storis kinta dėl dubliavimo PEM su lino plaušais (PEM:L = 1:1). Galima spėti, kad toks storio padidėjimas atsiranda dėl tvirtinimui panaudotų stambesnių plaušų. Šį teiginį patvirtina ir PEM liejiniais su smulkių RD plaušų priedais sutvirtinto popieriaus storio matavimo rezultatai. Tokie liejiniai dubliuojamo lakšto storį padidina žymiai mažiau (3–16 proc.). Geriausias rezultatas gautas tvirtinant knygos lapus liejiniais, kurie susideda iš stambesnių ir smulkių plaušų, sumaišytų lygiomis dalimis (PEM:RD = 1:1). Net sutvirtinus storiausiu 0,10 g/dm<sup>2</sup> liejiniu, bandinio storis padidėjo tik 2 proc. Plonesnieji liejiniai (0,06 g/dm<sup>2</sup>–0,08 g/dm<sup>2</sup>) knygos lapų popierių pastorino visai nežymiai (0,5–0,7 proc.).



10 pav. Liejiniais sutvirtintų knygos lapų storio padidėjimas

Storio matavimo rezultatai patvirtina teoriją, pagal kurią gaminamo popieriaus tvirtumą (nedidinant jo storio) galima padidinti sumaišant ilgesnius ir trumpesnius plaušus. Trumpieji plaušai pasiskirsto tarp ilgų, todėl gaunamas tolygesnis tvirtai susijungusių plaušų tinklas.

Iš pateiktų duomenų matyti, kad, restauruojant trapaus popieriaus knygas, kai labai svarbu ne tik sutvirtinti popierių, bet ir kuo mažiau padidinti lapų storį, galima rinktis liejinius su trumpais plaušais (PEM:RD = 1:1). Tokie liejiniai menkai tepakeičia storį, tačiau sutvirtinto popieriaus mechaninis atsparumas padidėja tiek, kad restauruotas dokumentas vėl tampa tinkamas naudoti.

Restauruojant dokumentus, svarbu ne tik atkurti laikmenos mechaninį atsparumą, bet ir sutvirtinti ją taip, kad panaudotos medžiagos netrukdytų skaityti bei kopijuoti užrašytą informaciją ir kuo mažiau pakeistų autentišką dokumento išvaizdą. Šiuos reikalavimus tenkina tvirtinimas PEM liejiniais su trumpais cheminės celiuliozės plaušais (RD). Prie restauruojamo dokumento tinkamai priderinus tvirtinančio liejinio spalvą, jo išvaizda beveik nepakinta. Kopijuojant liejiniu dengtą tekstą, gaunamos kokybiškos kopijos.

## IŠVADOS

1. Darbe tirta 0.06 g/dm<sup>2</sup>, 0.08 g/dm<sup>2</sup>, 0.10 g/dm<sup>2</sup> pušies, eukalipto ir medvilnės (PEM) celiuliozės plaušų liejinių ir kompozicijų iš PEM su labai smulkaus malimo sulfitinės celiuliozės plaušais (RD) bei PEM su lino plaušais (L) liejinių įtaka spaudos popieriaus (be teksto) ir 1957 m. išleisto knygos lapų popieriaus (su tekstu) storiui, mechaninėms ir estetinėms savybėms.
2. Sutvirtinus liejinius popierių be teksto ir knygos lapus, geresni rezultatai gauti antruoju atveju. Sutvirtintų knygos lapų atsparumas tempimui ir praspaudimui padidėjo labiau, o popieriaus storis pakito mažiau.
3. Geriausią atsparumą tempimui ir praspaudimui suteikė tvirtinantys liejiniai, sudaryti iš PEM kompozicijų su trumpų plaušų (RD celiuliozės) priedais. Optimali liejinio sudėtis PEM:RD = 9:1.

4. Jei restauruojamam objektui svarbus kuo mažesnis storio padidėjimas, galima tvirtinti PEM:RD = 1:1 liejiniais; atsparumo tempimui ir praspaudimui padidėjimas ir šiuo atveju nemenkas.
5. Sutvirtinus PEM-RD kompozicijomis, lakštų išvaizda beveik nepakinta, jų tekstas gali būti kopijuojamas ir nuskaitomas vaizdo skaitytuvais.

## LITERATŪRA

1. ICCROM Scientific principles course. Paper and related materials. Rome, 1996.
2. Фляте, Д. М. Технология бумаги. Москва, 1988.
3. . H.Bansa, R.Ishii. The effect of different strengthening methods on different kinds of paper. Restaurator, 1997, vol.18.
4. . Handbook of Paper science, vol. 1 The raw materials and processing of Papermaking, ed by H.F. Rance. Elsevier scientific publishing company, 1980.

## SUMMARY

A significant amount of documents in Libraries and Archives are self-destructing because they have been printed or written on acid paper. The problem of brittle paper is complex and different solutions can be applied to save deteriorating documents. Lining 9backing0 is a common conservation procedure when an overall secondary support is adhered to the original document for the aim to strengthen deteriorated or brittle paper.

The purpose of this study is to evaluate the possibility to strengthen the extremely brittle paper using the leaf-casting technique. Two different papers (the new groundwood paper without printed text and an old groundwood paper from book printed in 1957) were selected for testing. Linings from composition of pine, eucalyptus and cotton fibres have been made. Additives of very short fibres from chemical pulp as well as long fibres of flax have been used with expectation to make the more strong linings. All linings have been adhered to paper samples using the mixture made from solutions of cellulose derivatives (methyl-hydroxyethylcellulose) with different molecular weight: Tylose MH300 and Tylose MH1000.

Mechanical tests (tensile strength and bursting strength) were performed on the lined paper. Paper thickness measurements was done and the possibility for text copying was evaluated.

The results of the testing revealed that the overall covering of brittle paper with a thin leaf-casted linings is very effective treatment. Mechanical strength of paper can be raised up to 92 % without significant thickness changes. The possibility for text copying has remained.