

KURMO KONSA

ARHIVAALIDE SÄILITAMINE

ÕPPEVAHEND

ARHIVAALIDE SÄILITAMINE

EESTI AJALOOARHIIV
TARTU ÜLIKOOLI ARHIIVINDUSE ÕPPETOOL

KURMO KONSA

ARHIVAALIDE SÄILITAMINE

ÕPPEVAHEND

TARTU
1998

Kurmo Konsa
ARHIVAALIDE SÄILITAMINE
Õppevahend

Toimetanud Leino Pahtma, Helina Tamman
Kujundanud Helina Tamman

Raamatu ilmumist on toetanud Eesti Postimuuseum

© Kurmo Konsa, Eesti Ajalooarhiiv, TÜ arhiivinduse õppetool

ISBN 9985–858–05–0

Kaanel kasutatud E. Selleke fotot (EAA f. R–271, n. 2, s. 1132)

SISUKORD

EESSÕNA – 7

1. ARHIVAALIDE VANANEMINE – 11
   1.1. Arhivaalides sisalduv informatsioon – 11
   1.2. Arhivaalide vananemise põhjused – 12
2. ARHIVAALIDE MATERJALID JA TEHNOLOOGIA – 15
   2.1. Paber – 15
   2.2. Nahk – 37
   2.3. Tindid ja trükivärvid – 51
   2.4. Liimid – 60
   2.5. Pitserid – 65
   2.6. Fotomaterjalid – 67
   2.7. Raamatu ehitus – 71
3. ARHIVAALIDE VANANEMISE VÄLISED TEGURID – 76
   3.1. Temperatuur – 76
   3.2. Õhuniiskus – 80
   3.3. Valgus – 86
   3.4. Keskkonnatingimuste toime fotomaterjalidele – 89
   3.5. Saasteained – 90
4. BIOKAHJUSTUSED – 93
   4.1. Mikroorganismid – 93
   4.2. Putukad – 102
5. ARHIVAALIDE KAITSE BIOKAHJUSTUSTE EEST – 106
   5.1. Biokahjustajate tõrje – 108
6. LOODUSÕNNETUSED JA AVARIID – 114
   6.1. Veekahjustuste likvideerimine – 115
7. ARHIVAALIDE HOIUSTAMINE – 119
   7.1. Hoiurežiim – 119
   7.2. Arhivaalide paigutus – 129
8. INFORMATSIOONI UUENDAMINE – 138
9. KONSERVEERIMINE JA RESTAUREERIMINE – 141

TERMINID – 144

EESSÕNA

Inimkond on kogu oma ajaloo vältel kogunud ja säilitanud informatsiooni. Traditsionaalsetes kultuurides hoiti teavet valdavalt kollektiivses mälus suulises vormis. Kirjaliku kultuuri tekkimisel hakati informatsiooni säilitama mitmesuguste dokumentide kujul.

Käsikirjalistel, trükitud ning audiovisuaalsetel ja elektroonilistel dokumentidel talletatud teadmised on rahva kultuuripärand, mis vajab kaitsmist ja säilitamist. Arhiivid on osa ühiskonna ajaloolisest ja kultuurilisest mälust. Eesti Vabariigi 21 arhiivis säilitatavad arhivaalid pole mitte ainult kohaliku tähendusega, vaid kuuluvad Euroopa ja kogu maailma kultuuripärandisse.

Viimastel aastakümnetel on arhiivide kogude kaitsmise ja säilitamisega seotud probleemid muutunud eriti aktuaalseteks. Enamik maailma arhiividest on kriitilises seisukorras – hävimisohus olevate dokumentide koguarv ületab sageli mitme suurusjärgu võrra nende hulga, mida suudetakse säilitada. On ju selge, et ainult infokandjate, olgu nendeks siis paber, fotomaterjalid, magnetkandjad või kompaktplaadid, füüsiline säilimine tagab teabe olemasolu tulevikus. Säilitamise tähtsus on seega oluliselt kasvanud koos üldise informatsiooni osakaalu pideva suurenemisega ühiskonnas.

Arhivaalide säilitamise küsimustega on tegeldud küllaltki kaua, kuid oluline kontseptuaalne nihe toimus säilituspoliitikas 1970.–80. aastatel. Kuni selle ajani oli põhitähelepanu pööratud üksikute dokumentide konserveerimisele ja restaureerimisele. Nüüd hakkas aga üha enam domineerima seisukoht, et säilitatavaks üksuseks on eelkõige dokumentide kogu, st. mingi suurem üksus. Tähelepanu nihkumisel üksikobjektidelt kogude säilitamisele on mitmeid põhjuseid. Ühest küljest on pidevalt suurenenud säilitatavate dokumentide hulk ning nende kasutamise intensiivsus. Teisest küljest jõuab üha enam arhivaale tugevasti kahjustatute staadiumisse, mis tähendab, et nende intensiivne kasutamine muutub üha problemaatilisemaks. Kõige selle tõttu oleme me tänapäeval sellises olukorras, kus kogutud teadmiste säilitamiseks on vajalikud küllatki olulised jõupingutused, nii materiaalsed kui ka intellektuaalsed.

Arhivaalide säilitamine hõlmab kõiki arhivaalide hoidmise, kaitsmise ja kasutamisega seotud tegevusi, alates kogude komplekteerimisest ning lõpetades hoidlaruumide koristamisega. Säilitamisel on kaks teineteisega tihedalt seotud ning samas vastuolulist külge. Esiteks tähendab säilitamine selliste hoiutingimuste loomist, mis võimalikult aeglustaks dokumentide vananemist ning tagaks nende füüsilise olemasolu võimalikult pika aja vältel. Teisest küljest tähendab säilitamine jällegi võimalikult soodsate tingimuste loomist dokumentide maksimaalselt laialdaseks kasutamiseks. Viimast asjaolu tuleb eriti silmas pidada, on ju kultuuri mälu nagu

inimesegi oma mitte staatiline, vaid dünaamiline süsteem. Mida rohkem allikaid on kasutuses ja käigus, seda rikkalikum on kultuur.

Käesolev raamat on valminud Tartu Ülikooli arhiivinduse õppetoolis peetud loengukursuse „Arhivaalide säilitamine, konserveerimine ja restaureerimine" põhjal ning sisaldab nendel loengutel käsitletavat põhiinformatsiooni. Nagu juba eelnevalt sai rõhutatud, haarab säilitamine kõiki arhiivitöö aspekte, lisaks on hädavajalikud teadmised erinevates materjalides toimuvate vananemisprotsesside ning neid mõjutavate tegurite kohta. Äärmiselt multidistsiplinaarse alana on säilitamine seotud arhiivide juhtimise, säilikute ajaloo, keemia, füüsika, bioloogia ja veel nii mitmegi teise teadusega. Lisaks teoreetilistele teadmistele on näiteks konserveerimise ja restaureerimise juures äärmiselt olulised ka praktilised, manuaalsed oskused. Loomulikult ei ole ei ühe loengukursuse ega veelgi enam ühe raamatu piires võimalik haarata kogu arhivaalide säilitamisega seotud küsimusteringi. Täiesti teadlikult on jäänud puudutamata kõik see, mis on seotud säilitamise planeerimise ja juhtimisega ning vaid väga põgusalt on käsitletud konserveerimist ja restaureerimist. Dokumenditüüpidest jäävad vaatluse alt välja magnetkandjad (helilindid, arvutikettad, videolindid), heliplaadid ning kõikvõimalikud elektroonilised dokumendid. Eriti viimastega seotud küsimuste ring on niivõrd lai, et nõuaks omaette raamatut. Nende kaante vahele on püütud koguda eelkõige algtõed, ilma milledeta on raske, kui mitte võimatu orienteeruda säilitamisproblemaatikas. Selline eesmärk tingis ühest küljest raamatu õpikulise iseloomu ning erialaste terminite rohkuse, teisest küljest aga ka tema teatmikulise kuju.

Raamatu struktuur on lühidalt kokkuvõetuna järgmine. Alustuseks tutvustatakse arhivaalides leiduva informatsiooni erinevaid tahke (1.1) ning antakse üldine ülevaade nende vananemisest (1.2). Järgmine, küllaltki mahukas osa on pühendatud erinevatele materjalidele ning tehnoloogiatele, mida on kasutatud arhivaalide valmistamiseks. Arusaadavalt on põhirõhk materjalides toimuvate vananemisprotsesside iseloomustamisel. Käsitlemist leiavad paber (2.1), nahk ja pärgament (2.2), tindid ja trükivärvid (2.3), liimid (2.4), pitserid (2.5) ning fotomaterjalid (2.6). Teise peatüki viimane osa (2.7) käsitleb raamatu ehituse kujunemist läbi ajaloo. Kolmas peatükk annab ülevaate arhivaalide vananemist mõjutavatest keskkonnatingimustest: temperatuurist (3.1), õhuniiskusest (3.2), valgusest (3.3) ning saasteainetest (3.5). Järgmised kaks peatükki keskenduvad arhivaale kahjustavate elusorganismide (4.) ning nende hävitamise meetodite (5.) kirjeldamisele. Vaatluse alt ei saa kuidagi välja jätta ka võimalikke loodusõnnetusi ja avariisid (6.), mis võivad tekitada väga suuri ning sageli korvamatuid kahjusid. Edaspidi asutakse juba otseselt inimtegevuse käsitlemise juurde. Peatükis 7 lahatakse arhivaalide hoiustamisega seotud säilitusküsimusi ning peatükis 8 sellist järjest suuremat tähtsust omandavat valdkonda nagu informatsiooni uuendamist. Viimane (9.), kuid mitte mingil juhul väheoluline peatükk käsitleb arhivaalide konserveerimist ja restaureerimist. Raamatu lõpetab tähtsamate terminite sõnastik. Peatükkide lõpus on toodud tähtsamad ning kättesaadavamad kirjandusallikad. Kahjuks peab nentima, et olemasolev eestikeelne kirjandus keskendub valdavalt üksikküsimustele ning vastav süstematiseeritud õppekirjandus puudub.

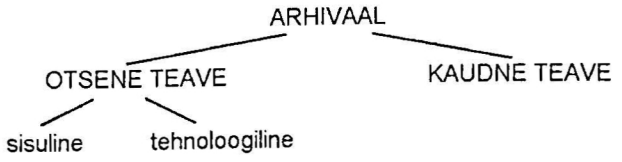
Antud raamat on mõeldud eelkõige arhiivinduse eriala üliõpilastele ja magistrantidele, aga samuti kõikidele arhiivide töötajatele, kellel on kohustus, vajadus ja soov tagada Eesti kultuuripärandi olulise osa – arhivaalide – säilitamine tulevastele põlvedele.

Lõpuks pean oma väga meeldivaks kohustuseks tänada Tullio Ilometsa, Mari Siinerit, Jaan Lehtarut, Ruth Tiidorit ja Urmas Kokassaart asjalike nõuannete ja märkuste eest, mis olid oluliseks abiks raamatu koostamisel. Minu eriline tänu kuulub Aadu Mustale, ilma kelleta see raamat oleks vaevalt ilmavalgust näinud. Käsikirja vormistamisel trükiküpseks on palju vaeva näinud Helina Tamman.

1. ARHIVAALIDE VANANEMINE

1.1. ARHIVAALIDES SISALDUV INFORMATSIOON

Põhimõtteliselt võib iga eset ja nähtust vaadelda kui informatsiooniallikat. Spetsiaalselt informatsiooni säilitamiseks määratud esemeid nimetatakse dokumentideks. Dokument võib sisaldada informatsiooni tekstilisel, graafilisel, audiovisuaalsel, masinloetaval (elektroonilisel) ja ruumilisel (esemed) kujul. Säilitamise seisukohalt võib arhivaalides leiduvat informatsiooni liigendada järgmiselt:



Sisuline ja tehnoloogiline informatsioon

Dokumendi **sisulise informatsiooni** moodustab tema sisu – tekst, joonised, fotod jne. Dokumendi sisuline informatsioon on uurimisallikaks ajaloolastele, kirjandusloolastele, filoloogidele.

Dokumendi **tehnoloogilise informatsiooni** moodustavad tema valmistamiseks kasutatud materjalid ja töövõtted. Sellest aspektist vaadeldakse arhivaali kui materiaalset objekti. Dokumentide tehnoloogilise informatsiooni uurimisega tegeleb ajalugu, kunstiajalugu, paleograafia, kodikoloogia, raamatuarheoloogia.

Otsene ja kaudne informatsioon

Sisuline ja tehnoloogiline informatsioon kokku moodustavad dokumendi **otsese informatsiooni**. Lisaks otsesele teabele leidub dokumentides alati suuremal või vähemal määral nn. **kaudset informatsiooni**. Kaudne teave on see informatsioon, mis koguneb dokumenti tema „eluea" vältel. Sellise informatsiooni hulk ei ole kaugeltki väike, kuna dokumendid ja raamatud on iseenesest küllaltki head infokogujad. Paber ise on juba väga heade absorbeerivate omadustega materjal, ta seob kergesti nii gaase, vedelikke kui ka tahkeid osakesi. Köites on palju murdekohti ja teisi varjatud osasid, kus sinna kas siis juhuslikult või sihipäraselt sattunud objektid võivad pikka aega puutumatult säilida. Millist kaudset infot võib arhivaalidest leida? Sagedased on mitmesugused botaanilised leiud – taimed ja erinevad taimeosad. Taimed võivad olla arhivaalide vahele pandud inimese poolt (järjehoidjaks, raamatuid on sageli kasutatud taimede kuivatamiseks) või on juhuslikult sinna sattunud (õietolm, seemned). Kuna erinevates geograafilistes piirkondades kasvavad erinevad taimed, on õietolmuanalüüse kasutades võimalik teha teatud oletusi

dokumentide valmistamis- või hoiukohtade suhtes. Samuti jätavad arhivaalidesse rikkalikult jälgi dokumentide valmistajad ja kasutajad – olgu need siis juuksekarvad, küüne- ja nahatükid või toidu- ja tahmaosakesed. Selliste jälgede analüüsimisel on võimalik kindlaks teha, millist toitu söödi või milliseid valgusallikaid kasutati. Raamatulehtede kulumisastet uurides on saadud mitmesugust sotsioloogilist laadi teavet. Rohkem kulunud leheküljed on leidnud tunduvalt sagedasemat kasutamist.

ERIOSA 1. Kaudne informatsioon – botaanilised leiud

Kesk-Euroopast (Tšehhi) pärinevate keskaegsete (15.–16. sajand) käsikirjade, inkunaablite ja paleotüüpide raamatuarheoloogilisel uurimisel eraldati nendest rikkalikult õietolmu. Valdavalt leiti sünantroopsele floorale (inimkaaslejad liigid) iseloomulikke taimi. Esindatud olid teraviljad – rukis, kaer, nisu, oder ja kõrrelised, aga samuti ka mitmed umbrohud (rukkilill, hapuoblikas, linnurohi). Suhteliselt palju oli erinevate teeleheliikide õietolmu, mis lubab oletada teede ja õuede olemasolu. Samuti on karjamaadele ja hooneid ümbritsevatele aladele iseloomulik puju, mille õietolmu leiti rikkalikult. Inimasustusega alati kaasnevatele prügimägedele viitavad ka nõgese ja maltsa õietolmuterad. Väikestes kogustes leiti kelluka ja isegi kanarbiku õietolmu. Puittaimedele kuuluva õietolmu osatähtsus oli samuti suur. Leiti kultiveeritavate puude nagu kreeka pähklipuu ja viinapuu ning sünantroopsete liikide (kadakas, must leeder) õietolmu. Kõige suurema osatähtsusega oli aga mitmete looduslike metsapuude (pöök, tamm, nulg, kuusk, mänd, kask) õietolm. Leitud õietolmuspekter on iseloomulik just nimelt keskajale. Õietolmu koosseis näitab, et antud alad olid inimtegevusest mitte väga oluliselt mõjutatud. Rikkalik puittaimede õietolmu esinemine viitab läheduses olevatele metsaaladele.

Vnouček, 1991

Kokkuvõte

Säilitamise seisukohalt on oluline pidada silmas asjaolu, et dokumendid koosnevad lisaks sisule ka materjalidest ning valmistamistehnoloogiatest. Ei tohi piirduda ainult sisu säilitamisega, kuna sellisel juhul läheks osa väga olulisest teabest kaduma. Otsese teabe kõrval võivad arhivaalid sisaldada ka kaudset informatsiooni.

Dokumendi kaudne informatsioon on tema valmistamise, kasutamise ja säilitamise käigus sinna kogunenud informatsioon, mis ei ole otseselt seotud dokumendi sisu, materjalide ja valmistamise tehnoloogiaga.

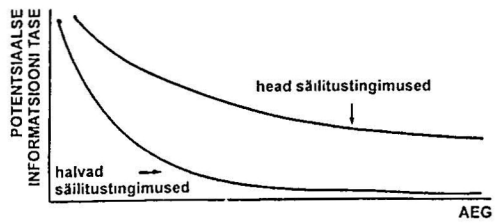
1.2. ARHIVAALIDE VANANEMISE PÕHJUSED

Arhivaalid koosnevad harilikult tervest reast erinevatest materjalidest nagu paber, nahk, pärgament, tekstiil, liimid, värvained, puit, sünteetilised polümeerid jne. Kõik need materjalid lagunevad lühema või pikema ajavahemiku jooksul, st. nad **vananevad**. Toimuvad keemilis-füüsikalised protsessid, mis viivad materjalide keemilise koosseisu

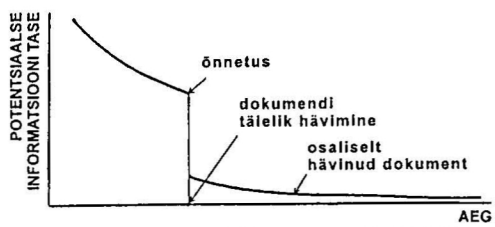
muutumisele ja mehaaniliste omaduste halvenemisele. Materjalide vananemisel kombineeruvad füüsikalised, keemilised ja bioloogilised tegurid. Vananemise protsess on pöördumatu, küll võib aga oluliselt muuta selle kiirust. Materjalid erinevad üksteisest vananemiskiiruse ning keskkonnatingimuste muutumisele reageerimise poolest, samuti on materjalide koostis heterogeenne ning nende vananemine ei toimu ühtlaselt.

ERIOSA 2. Potentsiaalse informatsiooni tase ja arhivaalide vananemine

Arhiivi- ja raamatukogumaterjalide vananemise iseloomustamiseks on võetud kasutusele „potentsiaalse informatsiooni taseme" kontseptsioon (Giovannini, 1993). Potentsiaalse informatsiooni moodustab arhivaal kui tervik, st. tema sisu, materjal ja struktuur. Selleks et jälgida, kuidas potentsiaalse informatsiooni tase aja jooksul muutub, võetakse uue, äsjavalmistatud dokumendi potentsiaalse informatsiooni tase võrdseks 100%. Näeme, et potentsiaalse informatsiooni tase väheneb pidevalt. Potentsiaalse informatsiooni taseme vähenemise kiirus iseloomustabki dokumendi vananemise kiirust. Säilitustingimused ning kõikvõimalikud dokumendi „eluea" vältel toimunud sündmused (sõjad, tulekahjud, üleujutused jne.) mõjutavad oluliselt potentsiaalse informatsiooni taseme vähenemise kiirust. On selge, et halbades hoiutingimustes väheneb potentsiaalse informatsiooni tase tunduvalt kiiremini võrreldes dokumentidele soodsate hoiutingimustega. Potentsiaalse informatsiooni taseme vähenemise kiirus võib olla väga erinev. Keskaegne, väga heale paberile kirjutatud ning hoolikalt hoitud raamat näitab vaid väheseid vananemise tundemärke, kuigi tema vanuseks on ligikaudu viis sajandit. Seevastu puitmassi sisaldavale paberile trükitud tänapäevane ajaleht on ilmselgete vananemise tunnustega juba pärast ühepäevast hoidmist päikese käes. Vananemisprotsesside kiiruste erinevus nende kahe juhu korral on ligi 200 000 kordne.



Kui osa dokumendist hävib tulekahjus või mõnel muul põhjusel, langeb sellest hetkest alates potentsiaalse informatsiooni hulk järsult, kuid ei kahane nullini, vähemalt niikaua, kuni mingigi osa dokumendist on veel säilinud. Dokumendi täielikul hävimisel muutub ka potentsiaalse informatsiooni tase nulliks.



Arhivaalide vananemise kiirust mõjutavad tegurid võib jagada endogeenseteks (materjalisisesteks) ja eksogeenseteks (välisteks).

Endogeensed tegurid:

- materjalide keemilised ja füüsikalised omadused;
- säilikute ajalugu (päritolu, hoiutingimused minevikus, katastroofid, restaureerimine).

Eksogeensed tegurid:

- keskkonnatingimused:
  - õhutemperatuur ja -niiskus;
  - valgustingimused;
  - saasteained;
  - biokahjustajad;
  - loodusõnnetused, avariid.
- inimmõjutused:
  - hoiustamine;
  - säilikute kasutamine;
  - konserveerimine-restaureerimine;
  - vandalism.

Kõik eelpoolloetletud tegurid mõjutavad arhivaale harilikult mitte eraldi, vaid koos ning nende toime on sageli sünergistlik, st. erinevate tegurite koostoimel kiireneb materjalide vanemisprotsess rohkem kui iga üksiku teguri korral eraldivõetuna. Järgnevalt asumegi käsitlema olulisemaid arhivaalide vananemist mõjutavaid tegureid.

Kokkuvõte

Kõik materjalid vananevad, st. lagunevad lühema või pikema ajavahemiku jooksul. Vananemine on pöördumatu protsess. Vananemise kiirust mõjutavad nii endogeensed (materjalisisesed) kui ka eksogeensed (välised) tegurid.

Kirjandus

Giovannini, A. Towards a Policy for Preservation and Restoration: Some Conceptual Tools // Restaurator. Vol. 13. 4. 1992. P. 162–186.

Konsa, K., Tensing, T., Konson, M. Raamatute vananemise põhjused ja tagajärjed // Raamatukogu. 2. 1993. Lk. 18–19.

Vnouček, J. Can we manage to restore medieval books without any loss of information? // Internationale Arbeitsgemeinschaft der Archiv-, Bibliotheks, und Graphikrestauratoren – Preprints. Uppsala, 1991.

2. ARHIVAALIDE MATERJALID JA TEHNOLOOGIA

2.1. PABER

2.1.1. Paberi valmistamise ajalugu

Enne paberi leiutamist kasutati kirjutusmaterjalina kive, savi- ja vahatahvleid, nahka, pärgamenti, puitu, puukoort, palmilehti, metalli ja muid, enamjaolt looduslikke materjale. Traditsiooniliselt alustatakse paberi ajaloo käsitlemist papüürusest.

Papüürust saadakse papüüruslõikeheinast (*Cyperus papyrus*), mis looduslikult kasvab Põhja- ja Kesk-Aafrikas. Papüüruslõikehein on 5...6 meetri kõrgune kaldataim, tema kolmetahulise varre läbimõõt on kuni 10 cm. Pikad ja kitsad rippuvad lehed asetsevad tutina varre tipus. Kirjutusmaterjalina võeti papüürus kasutusele Vana-Egiptuses ilmselt juba Esimese dünastia ajal (3100–2890 e.Kr.). Papüüruse kasutamise kõrgaeg oli 4. sajandist e.Kr. 4. sajandini p.Kr.

Papüürust koristati Niiluse madalseisu ajal oktoobrist juunini. Mahalõigatud papüürusevarred kooriti ning tükeldati. Kolmnurksed varred lõigati noaga õhukesteks ribadeks, mis asetati seejärel alusele nii, et servad natukene üksteise peale ulatuksid. Alumise kihi peale laoti ristamisi teine kiht papüüruseribasid. Kihid kas pressiti või taoti puuhaamriga terviklikuks leheks, liimaineks oli seejuures taime enda mahl. Kirja laialivalgumise vältimiseks kaeti papüüruseleht liimiga, kuivatati päikese käes ning silendati ja lihviti. Papüüruse seda külge, kus ribad jooksevad horisontaalselt, nimetatakse rektoküljeks ning sellele harilikult kirjutati. Vertikaalselt jooksvate ribadega versokülg jäi papüüruselehe rulli keeramisel väljapoole.

Paberi sünnimaaks on paljude leiutiste kodumaa Hiina. Traditsiooni kohaselt leiutas paberi Csai Lun 105. aastal. Varasema, siidist ja kanepist valmistatud paberi arheoloogilised leiud (vähemalt aastast 200 e.Kr.) on selle legendi ümber lükanud. Imperaatori õukonna eunuhh Csai Lun oli kas juba tunduvalt varem teadaoleva paberitootmisprotsessi täiustaja või siis tegeles ta paberitootmise organiseerimisega. Enne 1. sajandit ei kasutatud paberit siiski laialdaselt, alles 4. sajandiks vahetas paber täielikult välja varasemad kirjutusmaterjalid – puu- ja bambuseliistud ning siidi. Hiinas kasutati paberi tooraina varasemal ajal peamiselt kanepikiude, hiljem lina, džuuti, bambust, mooruspuu koort, puuvillaseid kaltse, riisi- ja nisuõlgi jm. Toormaterjal peenestati kivist uhmrites ning saadud mass segati veega. Paberimass ammutati vannist ammutusvormile, mis kujutas

endast nelinurkset puust raami, mille põhja moodustas bambusekiududest punutud tihe sõel. Sõelalt asetati paberimass vildile, pressiti liigne vesi välja, siluti ja kuivatati. Saadud paberilehed liimistati tärklise ning teiste taimsete liimainetega. Paberi pinna silendamiseks kasutati kipsi. Paberit valmistati väikestes töökodades ning paberitootmiseks kasutatavad kiudained ja tootmisviis varieerusid ulatuslikult. Hiinas toodetud paberid erinevad oluliselt Euroopa päritoluga paberitest.

7. sajandil levis paberivalmistamine Koreasse ja Jaapanisse (aastal 610), hiljem läbi Tiibeti, Birma ja Nepaali Indiasse. Varane Jaapani paber valmistati sarnaselt Hiinaga kanepist, hiljem muutusid paberi põhilisteks tooraineteks kolm kohalikku puittaime – kozo, gampi ja mitsumata. Nimetatud puude niinekoort kasutatakse ka tänapäeval laialdaselt paberi tootmisel.

Araabia kalifaadis valmistati paberit esmakordselt 8. sajandi alguses Samarkandis, sealt levis paberivalmistamise kunst Bagdadi (paberiveski 794–795), Damaskusesse ning Egiptusesse. Aastast 1056 on teada paberiveski olemasolu Hispaanias Xativas. Esimene paberiveski Itaalias rajati 1270. aastatel Fabrianosse. Paberi tootmine levis Euroopas küllaltki kiiresti, tehnoloogia ise jäi aga kuni 18. sajandini peaaegu muutumatuks.

Paberi tooraineks olid peamiselt linased kaltsud, millele lisati kanepikiude. Puuvillaste-, villaste- ja siidikaltsude lisamine vähendas olulisel määral paberi kvaliteeti. Kaltsud sorteeriti, pesti, keedeti lubjalahuses ning valgendati päikese käes. Seejärel pakiti kaltsud kokku ning jäeti keldrisse lagunema, et kiud üksteisest kergemini eralduksid. Kaltsude määndamisele järgnes nende purustamine kiududeks, mis toimus veejõul töötavas tambiveskis. Saadud kiud segati veega poolvedelaks paberimassiks. Paberi ammutamiseks kasutati neljakandilisele puitraamile pingutatud vask- või messingtraadist sõelu. Ammutussõelad telliti spetsiaalsetest töökodadest. Läbipaindumise ärahoidmiseks toetus sõel puidust liistudele. Sõel lasti vertikaalselt pütti, seejärel tõsteti horisontaalselt välja, lasti üleliigsel veel läbi võrgu ära voolata ning raputati ühes ja teises suunas, et kiud paremini seostuksid. Võrgult võetud paberileht pandi niiskele vildile ning kaeti pealt teise vilditükiga. Hunnik paberilehti vaheldumisi viltidega asetati pressi, kus liigne vesi välja pressiti. Kasutatava vildi kvaliteet oli väga oluline, kuna just sellest sõltus suurel määral paberipoogna välisilme. Vildid pidid olema jäigad ja sileda pinnaga, et paberimass ei haakuks vildi külge. Seejärel võeti vildid ära ning paberilehed pressiti uuesti väikese surve all. Paberipoognad kuivatati harilikult paberiveski pööningul. Kirjapaber liimistati enne kuivatamist, selleks kasutati loomset liimi, mis võeti kasutusele 1380. aastatel. Liimaine, mida harilikult kutsutakse želatiiniks, saadi loomade nahkade, kontide, sarvede ja sõrgade keetmisel. Liimistamiseks tõmmati paberilehed läbi sooja liimilahuse. Liimistamisele järgnes kuivatamine ja silumine luust või ahhaatkivist siluriga. Paberi valmistamisel osales vähemalt kolm töölist ning nende päevatoodanguks oli 700–800 lehte paberit.

Valmis **kaltsu-** e. **pütipaberil** on näha sõela traadijäljed, seejuures on püsttraadistik märksa hõredam kui horisontaalsuunaline. Kaltsupaberi kirjeldamisel ongi oluline püst- ja horisontaaltraadistiku tihedus. **Vesimärkide** e. **filigraanide** valmistamiseks põimiti soovitud motiiv hõbetraadiga valamissõela. Traadi kohale ladestub vähem paberimassi ning õhemad kohad jäävad läbipaistvamad. Eriti selgesti on vesimärgid ja sõela traadistiku jäljed näha paberilehe vaatlemisel

vastu valgust. Teadaolev esimene vesimärk on pärit aastast 1282 ning see kujutas endast kreeka risti. Vesimärgid tähistasid vabrikut, omanikku, valmistamisaastat, paberisorti ning formaati. Vesimärgid olid omased kõigile Euroopa paberiveskites toodetud paberitele. Alates umbes 1755. aastast ilmuvad kasutusele kootud sõelad, mis ei jäta paberile selget võrgujäljendit. Võrgujäljendid hilisematel paberitel on saadud erilise paberivalamismasina sõela lõpuosas asuva valtsi (egutöör) abil.

Keskajal ei olnud nõudmine kirjutusmaterjalide järele suur, kuna enamik inimesi olid kirjaoskamatud. Alates 14. sajandist hakkas kasvama nõudlus raamatute järele ning paber kui tunduvalt kiiremini ja odavamalt toodetav kirjutusmaterjal tõrjus pärgamendi kõrvale. Koos trükikunsti leiutamisega 15. sajandi keskel muutus paberi kasutuselevõtt juba hädavajalikuks. Kuna raamatute trükkimiseks vajati üha rohkem ja rohkem paberit, tuli vajaduse rahuldamiseks asuda paberitootmise täiustamisele. Umbes 1680. aastal leiutati Hollandis paberikiudaine jahvatamiseks **hollender** (sks. k. – hollandlane). See kujutas endast silindrilist valtsi, millele on kinnitatud noad. Valts pöörleb pikivaheseinaga kaheks kanaliks jaotatud vannis, milles ringleb paberimass. Mass läbib igal ringil valtsinugade ja vanni põhja kinnitatud nugade vahelised pilud. Hollender kiirendas paberimassi valmistamist ning aitas toorainet kokku hoida. Samal ajal saadi aga hollenderi kasutades lühemakiulisem ning sellevõrra jälle vähem vastupidavam paber.

1799. aastal sai prantslane Nicholas Louis Robert patendi **paberivalmistamise masinale**. Robert'i masinas ammutati paberimass pidevalt liikuvale lindikujulisele sõelale, nii et formeerus paberilint. Liigse vee väljapressimiseks kasutati valtse. Esimene paberivalmistamise masin tootis paberikangast mõõtmetega 5×0,6 meetrit. Paberitootmismasinate laialdane levik algas 1830.–40. aastatel. Seoses paberitootmise hoogustumisega tekkisid tooraineprobleemid – linaseid kaltse lihtsalt ei jätkunud enam. Mitmed riigid keelustasid linase riide ja kaltsude väljaveo. 18. sajandil tehti palju eksperimente leidmaks uut toorainet kaltsude asendamiseks, aga alles 1844. aastal tuli tööstuslikult sobiv lahendus sakslaste F. Kelleri ja H. Voelteri leiutise näol, mis tegi võimalikuks puidu kasutuselevõtu paberi toorainena. Nimelt leiutasid nad puitmassi tootmiseks käiaveski. Kooritud palgid surutakse vastu pöörlevat silindrilist liivakivikäia. Töötlemise ajal niisutatakse kivi rikkalikult veega, mis jahutab kivi, niisutab puitu ja peseb kivilt maha jahvatatud puidupuru. Jahvatamise lõpptulemusena saadakse **puitmass**, mida on võimalik edukalt lisada paberimassi. Puitmassi lisamine muudab paberi tunduvalt odavamaks, aga samal ajal ka omadustelt märksa halvemaks. Põhjuseks on asjaolu, et peale tselluloosi sisaldab puit lisandaineid – ligniini ja hemitselluloose, mis vähendavad nii paberi mehaanilist kui ka keemilist vastupidavust. Parema kvaliteediga paberi saamiseks tuleb lisandained mingi keemilise menetluse abil eemaldada, nii et jääksid järele ainult tselluloosikiud. Esimeseks selliseks meetodiks oli inglise keemikute H. Burgessi ja C. Watti poolt leiutatud soodaprotsess (1851). Sellele järgnesid 1866. aastal **sulfitprotsess** ning 1884. aastal **sulfaatprotsess**.

Paberivalmistamismasinate rakendamine nõudis ka senistest kiiremaid liimistusmeetodeid. 1830. aastatel võetigi laialdaselt kasutusele liimistamine enne paberivalamist otse massi viidava **kampoli** ja alumiiniumsulfaadiga. 19. sajandi keskpaika võibki lugeda moodsa paberitehnoloogia algusajaks.

Paberiajaloo lühikronoloogia

2200 e.Kr. – Hästiarenenud papüürusetööstus Egiptuses; Hiinas kasutatakse kirjutusmaterjalina puukoort, bambuseribasid, palmilehti.

200 e.Kr. – Pärgamendi kui kirjutusmaterjali tootmise tehnoloogia täiustamine Väike-Aasias. Hiina paberi esimesed säilinud näidised.

105 – Hiinas täiustab Csai Lun paberitootmise protsessi.

600 – Paberivalmistamine levib Koreasse.

600–700 – Araablased valmistavad paberit.

610 – Jaapanis alustatakse paberi valmistamist.

784 – Paberi valmistamine Damaskuses.

795 – Paberi tootmine Bagdadis.

868 – Esimene paberile trükitud raamat – Teemantsuutra (Hiina).

900 – Tambiveskite kasutuselevõtt Hiinas ja Araabias.

1056 – Esimene paberiveski Euroopas – Xativa, Hispaania.

1268–1276 – Paberivalmistamine Itaalias, Fabriano's.

1282 – Vesimärkide kasutuselevõtt.

1322 – Paberitootmise algus Hollandis.

1326 või 1338 – Esimene paberimanufaktuur Prantsusmaal.

1390 – Esimene paberiveski Saksamaal, Nürnbergis.

1491 – Esimene paberiveski Poolas.

1494 – Esimene paberiveski Inglismaal, Hertfordis.

1524 – Paberitootmise algus Leedus.

1532 – Esimene paberiveski Rootsis.

1578 – Esimene paberiveski Venemaal, Moskvas.

1632–1638 – Esimene paberiveski Eestis, Tartus.

1650 – Hollenderi kasutuselevõtt.

1662–1667 – Tallinna paberiveski Härjapää jõe ääres.

1690 – Esimene paberiveski Põhja-Ameerikas – Germantown, Pennsylvania.

1737 – Räpina paberiveski Võhandu jõe ääres. Eesti paberiveskites võetakse kasutusele hollender. Toodeti kirjutuspaberit ja pappi, hiljem isegi rahapaberit!

1764 – Inglane G. Cummings saab patendi kaetud (kriidi-) paberi valmistamise meetodile.

1780 – Kaoliin täiteainena laialdaselt kasutuses.

1798 – Nicholas Louis Robert'i paberivalmistamise masin.

1823 – Kipsi kasutamine täiteainena.

1824 – Patent papi valmistamiseks.

1830 – Kampolliimistus laialdaselt kasutuses. Paberivalmistamismasin varustatakse kuivatussilindritega.

1844 – Käiaveski mehaanilise puitmassi saamiseks (F. Keller ja H. Voelter).

1851 – Soodaprotsess tselluloosi saamiseks puidust.

1866 – Sulfiitprotsess tselluloosi saamiseks puidust.

1884 – Carl F. Dahl leiutab sulfaatprotsessi (*Kraftprotsess*).

1928 – Titaandioksiid täiteainena.

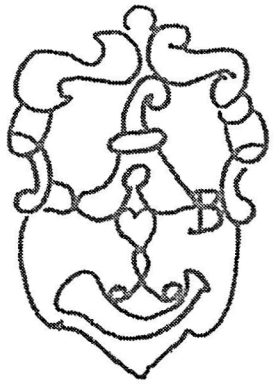
1932 – Tsinksulfiid täiteainena.

1946 – Kloordioksiidi kasutamine paberimassi valgendamisel.

1950. aastad – Kaltsiumkarbonaadi lisamine arhiivisäilituspaberitele.

ERIOSA 3. Tartu paberiveski Emajõe ääres 1632–1638

„Enne veel kui avati ülikooli uksed, mõeldi Tartus oma trükikoja rajamisele. /.../ Seni tuvastatud varaseim trükis Tartu ülikooli trükikojast kannab aastaarvu 1631 ja trükkitoimetajaks on märgitud Jacobus Pistorius. Tegemist on postimeister Jakob Beckeriga Riiast, kelle nime ladinapärane variant esinebki meie esitrükistel. Linnakodanikuks Riias oli J. Becker saanud juba 1628. aastal ning tema põhitegevuseks oli posti-ühenduse korraldamine. Sama tööd lootis ta leida ka Eestimaal, millele lisateenistusena nägi ta trükikoja juhatamist. /.../ Kuid ka postikorralduse ja ülikooli trükikoja juhatamisest tundus väheseks jäävat ning ta plaanitses paberiveski rajamist Emajõe äärde, endise linnaseveski Meltsiveski ruumidesse, ning siin toodetud paberi abil jõuda ka Baltimaade esimese nädalalehe „Avisen" väljaandmiseni. Loa ja vahendid sai ta kindralkuberner J. Skyttelt juba 1632. aastal, mis selgub hilisematest järelpärimistest ja privileegi tagasitaotlustest ülikoolile. /.../ Nagu ajalooallikad kinnitavad, eksisteeris esimene paberiveski Eestis aastail 1632–1638, sest muidu poleks J. Becker, esinedes ülikooli konsistooriumi ees 1637. aasta mais, võtnud endale kohustuse „paberiveski paremasse olukorda seada". /.../ Milline siis oli Tartus toodetud kaltsupaber? Juba esialgne vaatlus näitas, et Tartu ülikooli trükised olid trükitud jämeda jahvatusega, rohke linaluusisaldusega, ebaühtlase paksusega ja nõrga liimistusega küllaltki õhukesele, halvale paberile. Selliselt paberilt leiame vesimärgi, mis kujutab vapikilpi, millel piiskopisau, süda ja postisarv. Tartule oli sellise vesimärgi sobilikkus igati põhjendatud, kuna oli ju Dorpat piiskopilinn, ja et J. Becker oli Baltimaade postiasjanduse korraldaja, ei saa postisarve motiivist paremat sümbolit ette kujutada."



Tartu paberiveski vesimärk

Valk-Falk, 1996, lk. 35–39

Kokkuvõte

Valdava osa arhivaalide alusmaterjaliks on paber. Paberi valmistamine on aja jooksul muutunud nii tehnoloogia kui ka kasutatava tooraine poolest. Idamaades toodetud paber erineb tunduvalt Euroopa päritoluga paberist. Oluline tehnoloogiline pööre paberitootmises leidis aset 19. sajandi teisel poolel, mil kaltsupaberi asendas peamiselt puidutselluloosist saadud nn. „moodne" paber.

Kirjandus

Avrin, L. Scribes, script and books. The Book Arts from Antiquity to the Renaissance. American Library Association / The British Library, 1991. P. 283–299.

Collings, T., Milner, D. A New Chronology of Papermaking Technology // The Paper Conservator. 14. 1990. P. 58–61.

Hunter, D. Paper Making: The History and Technique of an Ancient Craft. Dover, New York, 1978.

Studley, V. The Art and Craft of Handmade Paper. Dover Publications, Inc., New York, 1977.

Valk-Falk, E. Muuseumi varahoidja meelespea. Käsikirjad, trükised. Tallinn, 1995.

Valk-Falk, E. Vesimärk ja pitsatijäljend pütipaberil. Haruldasi vesimärke ja nende sümboolikat. Paberiveskitest Eestimaal. Tallinn, 1996. Lk. 36–39.

2.1.2. Paberi koostis ja tehnoloogia

Paberiks nimetatakse õhukest lehtmaterjali, mis koosneb peamiselt jahvatatud taimsest kiudainest, mille üksteisega korrapäratult põimunud kiude seovad kohesioonijõud.

Paber on mitmekomponendiline materjal. Paberi koostis on tema tootmise ajaloo jooksul oluliselt muutunud ning need muutused mõjutavad märkimisväärselt paberi vananemist. Järgnevalt käsitleme põhilisi komponente, millest paber koosneb, ning paberivalmistamise olulisemaid etappe.

Paberi koostis

Paberi koostis:

- kiudained – lina, puuvill, kanep, džuut, õled, okaspuude puit, lehtpuude puit, orgaanilised sünteetilised kiud, mineraalsed kiud;
- täiteained – kaoliin, kriit, savi, talk, kips, titaanoksiid;
- liimistusained – tärklis, želatiin, taimsed liimid, kaseiin, kampol, sünteetilised polümeerid, parafiin;
- värvained – mineraalsed värvained, orgaanilised värvained;
- katteained – pigmendid, sideained, sünteetilised polümeerid, metallfoolium;
- lisandained – vesi, metalliioonid, teised ühendid.

Paberi valmistamiseks kasutatakse peamiselt **taimse päritoluga kiudusid**. Loomsetest kiududest võiks nimetada siidi ja villa, kusjuures viimast kasutatakse väga harva. Tänapäeval lisatakse spetsiaalsetesse paberisortidesse ka sünteetilisi ning mineraalseid kiude (asbest, klaas, basalt, metall). Kiudude põhiliseks omaduseks on võime vastavates tingimustes seostuda üksteisega keemiliste sidemetega (vesiniksidemed, Van der Waalsi jõud) ning moodustada seostunud materjal ilma liimainete lisamiseta.

Paberi valmistamiseks kasutatavad taimsed kiudained jagatakse vastavalt nende päritolule järgmiselt:

- seemnekiud – puuvill, kookoskiud;
- niinekiud – lina, kanep, džuut, ramjee, mitsumata;
- lehekiud – agaav, manillakanep, esparto e. halfahein;
- rohttaimede varred – nisu, kaer, oder, riis, rukis, pilliroog, bambus, suhkruroog;
- puidukiud – kuusk, mänd, nulg, kask, pappel, lepp, pöök, haab, eukalüpt.

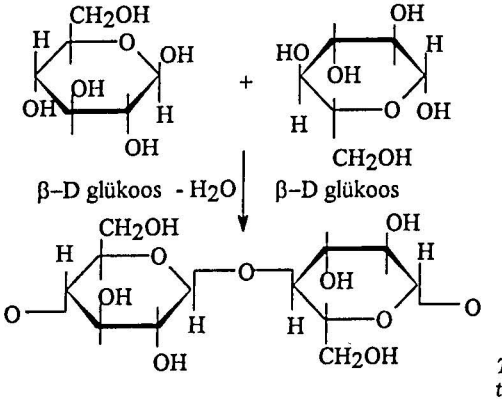
Paberi valmistamisel kasutatakse toorainena laialdaselt ka vanapaberit e. makulatuuri, st. kord juba kasutuses olnud paberit.

Kui me vaatleme taimsete kiudainete keemilist koostist, siis näeme, et nad sisaldavad tselluloosi, teisi polüsahhariide (hemitselluloosid, pektiin), ligniini, valkaineid, vahasid, orgaanilisi happeid, värvaineid ja mineraalaineid. Kiudude koostis ning ehitus sõltuvad suurel määral taimeliigist.

Taimsete kiudude ning seega ka paberi põhikomponendiks on **tselluloos** (lad. k. *cellula* – rakk). Kuiv puit sisaldab tselluloosi 40...50%, puuvillakiud aga näiteks 95...98%. Erinevate paberite puhul võib tselluloosisisaldus kõikuda vahemikus 45...100%. Tselluloos on maakeral kõige levinum orgaaniline aine. Iga elaniku kohta sünteesivad peamiselt taimed ööpäevas ligikaudu 50 kg tselluloosi. Tselluloos on kõrgmolekulaarne polüsahhariid, mille pikad makromolekulid koosnevad glükoosijääkidest. Iga omavahel keemilise sidemega ühendatud kaks glükoosijääki moodustavad omakorda disahhariiditsellobioosi jäägi. Tselluloosi üldvalem on järgmine:

$(C_6 H_{10} O_5)_n$

kus n on glükoosijääkide arv makromolekulis.



tsellobioos

Tselluloosi elementaarlüli – tsellobioos, mis koosneb kahest glükoosijäägist

Glükoosijääkide arv makromolekulis näitab tselluloosi **polümerisatsiooniastet**. Tselluloosi polümerisatsiooniaste erinevates kiududes on erinev:

- linakiud – 36 000
- puuvill – 11 000
- puit – 2 500

Paberis on tselluloosi polümerisatsiooniaste ligikaudu 1000. Polümerisatsiooniastme langemisel alla 400...500 väheneb oluliselt paberi mehaaniline vastupidavus – paber muutub hapraks.

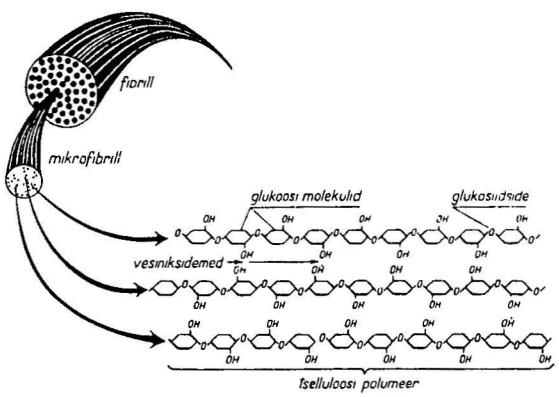
ERIOSA 4. Tselluloosikiudude ehitus

Struktuuri järgi jaotatakse looduslikud sahhariidid kolme põhirühma:

- *monosahhariidid e. monoosid:*
  - *glükoos, mannoos, fruktoos;*
- *oligosahhariidid:*
  - *sahharoos, laktoos, maltoos;*
- *polüsahhariidid e. polüoosid:*
  - *tselluloos, tärklis, glükogeen.*

Oligosahhariidid koosnevad 2...10 ning polüoosid suuremast arvust monoosijääkidest.

TSELLULOOS on polüoos, mille lineaarsed molekulid koosnevad ß-1,4-glükosiidsidemega seostunud ß-D-glükoosi jääkidest. Tselluloosi molekulis on 1000...30 000 glükoosijääki ning tselluloosi molekulmass on 300 000...1 000 000. Sellise hiidmolekuli pikkus on ligi 0,005 mm. Tselluloosi üksikahelad paigutuvad üksteise kõrvale, seostudes omavahel vesiniksidemete abil. Umbes sada polümeeriahelat moodustavad elementaarfibrilli (diameeter 50...60 Å), 15...20 elementaarfibrilli moodustavad omakorda mikrofibrilli (diameetriga 200...300 Å) ning umbes 2000 mikrofibrilli makrofibrilli (diameeter ca 1000 Å).



Tselluloosi makromolekuli ehitus

Tihedasti omavahel põimunud makrofibrillid moodustavad lamellikujulise struktuuri – rakukesta. Rakukest jaguneb primaarseks ning sekundaarseks. Primaarses rakukestas on makrofibrillid märksa vähemorganiseeritud võrreldes sekundaarse rakukestaga. Makrofibrillide ja lamellide vaheline ruum on täidetud hemitsellulooside, pektiinainete ning ligniiniga. Puuvillakiu moodustab üks rakk, linakiu aga terve kimp rakke, mis on seostunud polüsahhariididega, vaikainete ning liimainetega.

Tselluloos on looduslik materjal ning tema molekulaarstruktuur ei ole loomulikult absoluutselt korrapärane. Tselluloosi fibrillides vahelduvad korrapärased ***kristallilised piirkonnad****, kus tselluloosi molekulid asetsevad paralleelselt ning on tugevasti vesiniksidemetega omavahel seotud, korrapäratute* ***amorfsete piirkondadega****. Kristallilised piirkonnad on haprad ja raskesti painduvad, amorfsed piirkonnad jällegi annavad tselluloosifibrillile painduvuse. Vesi, kõikvõimalikud lahustid ning mitmesugused keemilised ühendid tungivad harva tselluloosi kristallilistesse piirkondadesse. Mida suurem on kristalliliste piirkondade osatähtsus tselluloosis, seda vastupidavam on ta keemilisele ja bioloogilisele lagunemisele. Tselluloosi mehaanilised omadused sõltuvadki peamiselt polümerisatsiooniastmest ning kristallilisusest, st. tselluloosiahela pikkusest ning ahelavaheliste keemiliste sidemete arvust ning tugevusest.*

Lisaks tselluloosile on taimsetes kiududes ka mitmeid teisi keemilisi ühendeid. Nendest tselluloosiga kaasnevatest e. inkrusteerivatest ainetest olulisemad on hemitselluloosid ja ligniin.

Hemitselluloosid on koos tselluloosiga rakukestas ja vahelamellis esinevad polüsahhariidid, mis koosnevad glükoosi, ksüloosi, arabinoosi ja mannoosi jääkidest. Nende struktuuril on vähe ühist tselluloosiga, kuid looduses esinevad nad peaaegu alati koos. Hemitselluloosid on lühikeseahelalised, polümerisatsiooniastmega 100...200, nad on väga hügroskoopsed, st. seovad kergesti vett. Tänu hargnevale ja amorfsele struktuurile punduvad nad vett imades tunduvalt rohkem kui tselluloos. Võrreldes tselluloosiga lagunevad hemitselluloosid kergemini. Puit sisaldab 10...25% ja õled näiteks kuni 35% hemitselluloose.

Ligniin e. **puitaine** (lad. k. *lignum* – puu) on looduslik, keerulise struktuuriga fenoolne polümeer molekulmassiga ligikaudu 7000. Ligniini koostis on erinevates taimedes erinev. Mitmete fenoolide sisalduse tõttu on ligniin happelise reaktsiooniga. Ligniin asetseb taimede puitunud osades lamellidevahelises ruumis ja tselluloosifibrillide vahel, kus moodustab puutaoliselt hargnenud struktuure. Ühtlasi tungib ligniin ka tselluloosifibrillide sisemusse, tsementeerides üksikuid rakke tugevaks ja kõvaks puiduks. Ligniin on hüdrofoobne, takistades vee ja teiste keemiliste ühendite tungimist tselluloosikiududesse. Võrreldes tselluloosiga on ligniin keemiliselt ebapüsivam, eriti tundlik on ta valguse toime suhtes. Ligniini leidub erinevates puiduliikides 20...30%.

Mida vähem on tselluloosiga kaasnevaid aineid, seda tugevamad ning vananemisele vastupidavamad on tselluloosikiud ning nendest valmistatud paber.

Paberi tehnoloogia

Paberi valmistamisel on järgmised tehnoloogilised etapid:

- tooraine sorteerimine ja puhastamine;
- tooraine peenestamine;
- keemiline töötlemine, keetmine;
- valgendamine;
- jahvatamine;
- paberimassi töötlemine (liimistamine, täite- ja värvainete lisamine);
- paberi valamine;
- pressimine;
- vee väljaaurutamine;
- pinna katmine ja silendamine (kalandreerimine);
- paberi lõikamine.

Sõltuvalt kasutatud toorainest ning valmistatavast paberisordist võib tehnoloogiline protsess olla oluliste erinevustega, mõne paberiliigi puhul pole kõiki töötlusfaase vaja, ka võib osa neist toimuda üheaegselt või teistsuguses järjekorras.

Alates 19. sajandi teisest poolest on paberi põhiliseks tooraineks puit. Järgnevalt vaatlemegi nn. „moodsa" ehk siis puidust valmistatud paberi saamist.

KIUDUDE ERALDAMINE puidust toimub kas mehaaniliselt või keemiliselt. **Mehaaniline puitmass** saadakse okaspuidu, eelkõige kuuse jahvatamisel erilistes veskites (defibröörides). Mehaanilise töötlemise

käigus eraldatakse puidust ainult vees lahustuvad lisandained, mis tähendab, et vees lahustumatu ligniin jääb paberisse ning halvendab märgatavalt selle omadusi. Ka puruneb suur osa tselluloosikiududest ning seetõttu on puitmassist paber vähevastupidav ning kõrge absorbeerimisvõimega. Mehaanilist puitmassi lisatakse mitmesugustesse madalakvaliteedilistesse paberisortidesse (ajalehe- ja pakkepaber, tapeet, papp). Mehaanilise puitmassi omaduste parandamiseks on hakatud puitu enne jahvatamist kuumutama (termomehaaniline mass) ja keemiliselt töötlema (kemotermomehaaniline mass). Selliselt saadud mehaaniline puitmass hakkab üha enam sarnanema keemilisele massile. Mehaaniline puitmass koosneb nii tselluloosikiududest kui ka ligniinist. Et eraldada puidust tselluloos, tuleb ligniin lahustada. See toimub kuumutamisel tselluloosi vähe mõjutavate kemikaalide (hapete ja aluste) vesilahustes. Tselluloosi eraldamise protsessi nimetatakse ka keetmiseks. Puidu laialdane kasutuselevõtt paberi toorainena saigi võimalikuks tänu keemiliste töötlemismeetodite kasutuselevõtule. Keemiline töötlemine on vajalik eelkõige ligniini eraldamiseks ning kiudude üksteisest lahutamiseks.

Keemilise puidutselluloosi tootmiseks on kaks põhilist meetodit – sulfit- ja sulfaatprotsess. **Sulfitprotsessi** korral keedetakse puidulaaste lubja ja vääveldioksiidi segamisel saadud kaltsiumvesiniksulfiti lahuses. Protsess toimub happelises keskkonnas (pH 1...2). **Sulfaat-** e. **Krafti protsessi** korral toimub töötlemine naatriumhüdroksiidi ja naatriumsulfiti vesilahuses. Protsess toimub aluselises keskkonnas (pH 12). Tänapäeval on levinum sulfaatprotsess. Keemilise massi korral kasutatakse toorainena nii okas- kui ka lehtpuude puitu.

VALGENDAMINE. Puhas tselluloos on valge värvusega. Mitmesugused lisandained, eriti ligniin, muudavad paberimassi värviliseks. Valge paberi saamiseks tuleb paberimassi valgendada.Varem valgendati paberi toorainet lihtsalt pleegitamisega päikese käes. Kaltsumassi keedeti mitmesuguste aluseliste lahustega (puidutuhk), mis eemaldab samuti värvilisi lisandeid, nagu ka töötlemine hapupiimaga.

Alates 18. sajandi lõpust võeti paberimassi valgendamisel kasutusele erinevad keemilised ained (kloor, hüpokloritid, kloordioksiid, vesinikperoksiid). Tavaliselt kasutatakse neid kombineeritult. Valgendamine toimub valgendamishollenderis, mis on nugade asemel varustatud segamislabadega.

JAHVATAMINE. Mõnel eelpoolkirjeldatud meetodil saadud kiuline toormass tuleb enne paberimassi saamist peenestada.

Kiulise tooraine mehaaniline töötlemine ehk jahvatamine on väga oluline paberi omaduste kujundamisel. Jahvatamisel toimub tselluloosi mehaanilis-keemiline lagunemine, mille tulemusena:

- kiud jagunevad fibrillideks;
- kiud lühenevad;
- suureneb kiudude eripind, st. nende võime moodustada keemilisi sidemeid teiste kiududega;
- kiud imavad vett ja porsuvad ning muutuvad pehmeteks ja painduvateks.

Töötlemata kiududest paber on vähevastupidav, kohev ja poorne, kuna kiud on üksteisega väga nõrgalt seotud. Mehaaniliselt töödeldud kiududest paber on seevastu tihe ja tugev. Mehaanilist puitmassi ei jahvatata, see suunatakse otsekohe paberivalmistamiseks. Kiudude

mehaaniliseks töötlemiseks kasutati algul uhmreid, hiljem võeti kasutusele tambiveskid, hollenderid ning 20. sajandil koonusveskid.

Paberi tootmine algab jahvatatud kiudaine ettevalmistamisega. Vajalikus vahekorras võetud kiudained segatakse veega ning sinna lisatakse täite-, liimistus- ja värvaineid, et saada soovitud omadustega paberisorte.

TÄITEAINED. Täiteainetena leiavad kasutamist erinevad vees mittelahustuvad valged mineraalained, mida lisatakse paberisse struktuuri ühtlustamiseks, pinna silendamiseks ja valgesuse tõstmiseks. Selleks, et oleks võimalik kirjutada või trükkida paberi mõlemale poolele, peab paberileht olema piisavalt läbipaistmatu. Mineraalainete lisamine vähendab oluliselt paberi läbipaistvust. Trükipaberid sisaldavad harilikult 15...30% täiteaineid.

Kõige sagedamini kasutatakse täiteainena kaoliini, aga ka kipsi, talki ja kriiti. Paberitesse, mille heledus ei ole oluline, lisatakse täiteainena savi. Kõrgekvaliteediliste trükipaberite korral leiavad täiteainetena kasutamist titaanoksiid ja tsinkoksiid. Titaanoksiid annab paberile väga kõrge läbipaistmatuseastme.

LIIMISTUSAINED. Liimistamine tähendab paberi pinna või paberimassi töötlemist mitmesuguste liimainetega, et suurendada paberi hüdrofoobsust (veetõrjuvust) ja mehaanilist vastupidavust, vähendada poorsust ning parandada pinna omadusi. Paberi liimistamine tagab selle, et kirjutamisel või trükkimisel ei tungi värvaine mitte paberilehe sisse, vaid jääb pinnale.

Paberid võib jaotada liimistamata, pool-liimistatud ning liimistatud paberiteks. Liimistamata on näiteks filterpaber, mis peab olema võimalikult hügroskoopne, st. imama võimalikult palju vedelikku. Kirjapaberid on tugevamini liimistatud kui trükipaberid, kuna viimased peavad absorbeerima trükivärvi võimalikult kiiresti. Ajalehe-, trüki- ja sügavtrükipaberid ongi pool-liimistatud. Liimistatud paberite hulka kuulub tugev ja võimalikult vettõrjuv pakkepaber.

Paberi liimistamiseks kasutatakse mitmesuguseid taimseid, loomseid ja sünteetilisi liimaineid. Kõige vanemateks liimaineteks on tärklisekliister ja želatiin. 19. sajandi alguses võeti kasutusele okaspuude vaigust saadav kampol. **Kampoli** põhiliseks koostisosaks on abietiinhape. Leeliselises keskkonnas keetes moodustab kampol vees lahustuva naatriumsoola. Enne massi andmist paberimasinasse sadestatakse kampoliosakesed alumiiniumisoolade, enamasti alumiiniumsulfaadi (maarjase) lahuse abil kiududele. Kampoliosakesed moodustavad paberikiududel hüdrofoobse kelme, mis vähendab paberi märguvust ning parandab sellega kirjutus- ja trükiomadusi. Kui tärklise ja želatiiniga liimistatakse peamiselt paberi pinda, siis kampol lisatakse otse paberimassi (1,5...2% kiudude massist).

Mõnede paberisortide, näiteks kartongi liimistamiseks kasutatakse parafiini. Selline liimistus annab tugevasti vett tõrjuva pinna, aga samal ajal vähendab materjali mehaanilist vastupidavust. Sünteetilistest liimistusainetest on kasutatavamad melamiin-formaldehüüdvaik ja räniorgaanilised polümeerid.

VÄRVAINED. Kaltsu poolmass, pleegitatud tselluloos ning puitmass on kõik küllaltki tugeva kollaka varjundiga, pleegitamata tselluloos on aga veelgi tumedam. Kuna tselluloosi värvus ei vasta alati vajadustele,

lisatakse paberile soovitud värvitooni andmiseks erinevaid värvaineid. Värvimiseks kasutatakse mineraalseid ja orgaanilisi värvaineid, mida lisatakse kas otse paberimassi või kantakse paberi pinnale.

Paberi värvuse lähendamist valgele erinevate täiendvärvide lisamisega nimetatakse **toonimiseks**. Siniste värvainete (smalt, indigo, ultramariin) lisamine varjab paberimassi kollast tooni, muutes sellega paberi „valgemaks". Tänapäeval lisatakse paberisse ka mitmesuguseid fluorestseeruvaid värvaineid (optilised valgendajad).

VALAMINE. Paberi valamine toimub kas käsitsi või valamismasinatega. Paberi valamisel segatakse eelnevalt valmistatud paberimass veega ning tõstetakse sõelale. Paberimasina sõelaosas on lõputu ringlev sõel, millele valgub paberimass. Sõelal toimub paberikanga vormimine ja esialgne veetustamine. Tänapäeval kasutatakse paberivalamismasinates kahekordseid sõelasid. Ühekordse sõela korral jääb täiteaine peamiselt paberi ülemisele küljele, kahekordse sõela korral aga paberilehe keskele. Selle tulemusena moodustub ühtlasem paber, mis on parema läbipaistmatuse ja hea jäikusega. Paberimasina sõelaosal saab paber oma kiusuuna ja sellised omadused nagu jäikuse, tõmbe-, rebimis- ja murdumistugevuse. Edasise töötlemise käigus paberi struktuur enam oluliselt ei muutu.

Paberikanga moodustumise järel algab paberist vee eemaldamine. Esmalt toimub see vaakumiga imemise teel ning seejärel ka pressides, kuni esialgsest 99% veesisaldusest on alles jäänud 80%. Selline paberikangas kannatab juba üleviimist pressidesse, kus villasele vildile toetuv paber läheb läbi mitmevaltsiliste presside, kuni saavutab veesisalduse 60...70%. Järgnevalt kuivatatakse paberit auruga kuumutatavate silindrite abil kuni tema veesisaldus langeb 5...10%ni. Paberi silendamiseks juhitakse ta paberimasina lõpuosas läbi masinakalanderi malmist valtside vahelt.

KATMINE. Paberile soovitud omaduste andmiseks kaetakse tema pind mitmesuguste kattekihtidega.

Trükikate parandab paberipinna trükiomadusi ja vähendab läbipaistvust. Trükikatted koosnevad mingist pigmendist (kaoliin, titaandioksiid, kaltsiumkarbonaat jt.) ning sideainest (kaseiin, tärklis, akrüül- ja butadieenlateksid, polüvinüülalkohol), lisaks veel säilitusained, plastifikaatorid ja dispergeerivad ained. Trükikatted kantakse peale kriitpaberile, raamatupaberile, osale ajalehe- ning pakkepaberitest. Kaetud paber **kalandreeritakse**, st. lastakse läbi superkalanderi, et saada siledat ja läikivat pinda. Erinevalt masinakalanderist on superkalanderi valtsid vaheldumisi malmist ja terassüdamikule kokkupressitud paberikettaist, mis võimaldavad kalandreerida suurema survega.

Paberi pinda võib ka lakkida või lamineerida. **Lakkimisel** kaetakse pind osaliselt või terves ulatuses läbipaistva lakikihiga, **lamineerimisel** jällegi õhukese polümeerikilega. Paberi lakkimine ja lamineerimine kaitsevad seda kulumise ja määrdumise eest ning annavad pinnale soovitud väljanägemise.

Tõkkekatete valmistamisel kaetakse paber polümeeride ja fooliumiga, et muuta see vett, õlisid ja gaase mitteläbilaskvaks. Kasutatakse peamiselt mitmesuguste pakkematerjalide (tetrapak) valmistamisel.

Paberi omadused:
- pinnakaal
- paksus
- pinnakaredus
- valgesus
- läbipaistmatus
- jäikus
- murdumistugevus
- tõmbetugevus
- purunemistugevus

Paberi omadusi iseloomustab terve rida näitarve.

Pinnakaal – 1m^2 paberi mass grammides. Seda nimetatakse ka paberi grammkaaluks.

Paksus – paberi paksust mõõdetakse mikromeetrites (µm) vastava paksusemõõtja abil.

Toome järgnevalt mõnede paberisortide pinnakaalud ja paksuse:
- ajalehepaber 45 g/m^2; ~ 70 µm;
- kopeerimispaber 80 g/m^2; ~ 100 µm;
- õhuke kartong 180 g/m^2; ~ 200 µm;
- papp 400 g/m^2; ~ 600 µm.

Pinnakaredus iseloomustab paberi pinna siledust. Pinnakaredust mõõdetakse õhuvoolu suuruse järgi paberi ja mõõtepea vahel, suurem õhuvool näitab karedamat pinda. Pinnakareduse ühikuks on bendsen (ml/min):
- töötlemata pind 100–400 ml/min;
- töödeldud pind 30–150 ml/min;
- läikiv kaetud pind 5–30 ml/min.

Valgesus – protsentuaalne mõõt, mis näitab, kui palju valgust peegeldub paberipinnalt tagasi (võrreldes etaloniga). Paber paistab meile seda valgemana, mida suurema protsendi temale langevast nähtavast valgusest ta tagasi peegeldab. Valgesuse mõõtmisel valgustatakse paberit kas mingi ühe kindla lainepikkusega või mitme erineva lainepikkusega valgusega. Paberi valgesus sõltub oluliselt puitmassi sisaldusest, olles puitmassi sisaldavate paberite korral vahemikus 66...73% ning puitmassi mittesisaldavate paberite korral 83...88%. Kattekihtidega paberi valgesus sõltub töötlemiskihi valgesusest.

Läbipaistmatus (opaaksus) iseloomustab paberi läbipaistvust. Madala läbipaistmatusega paber on suhteliselt läbipaistev ning kõrge läbipaistmatusega paber läbipaistmatu. Paberi läbipaistmatus oleneb kiulisest kompositsioonist, kiudaine jahvatuse iseloomust, täitainete sisaldusest ja kalandreerimise määrast. Tselluloosi sisaldav paber on alati läbipaistvam puitmassi sisaldavast paberist. Mida peenematest koostisosadest paber koosneb, st. mida lühemad on kiud ning mida peenem on täiteaine, seda läbipaistmatum on paber.

Jäikus - materjali võime seista vastu painutamisele. Mida paksem on paber, seda jäigem ta on. Jäikust mõjutab ka kiusuund – paber on piki kiudusid jäigem kui risti kiudusid.

Murdumistugevust väljendatakse kaksikpainutuste arvuga, millele peab vastu kontrollitav pabeririba vastavas aparaadis (Schopperi, Köhler-Molini, Lhomargy instrumendid) ühest ja samast kohast 180° võrra edasi-tagasi painutamisel kuni katkemiseni. Märksa ebatäpsemalt on murdumistugevust võimalik leida ka pabeririba näppude vahel murdes. Murdumisnäitaja on kaksikmurrete arv, mille juures pabeririba katkeb. Murdumistugevus on logaritm kaksikmurrete arvust.

Tõmbetugevus näitab, millist tõmbetugevust kannatab paber välja enne rebenemist. Pabeririba venitatakse dünamomeetri abil kuni katkemiseni. Iseloomustatakse paberi katki rebimiseks kulunud jõudu ja rebenemispikkust. Rebenemispikkus on ühest otsast kinnitatud vabalt rippuva paberikanga suurim pikkus, mille juures ta veel ei katke omaenese raskuse mõjul. Paberi rebenemispikkus on harilikult vahemikus 1200...16 000 m.

Purunemistugevus näitab, kui suurt vertikaalset survet paber talub.

Kokkuvõte

Paberi struktuuri moodustavad taimse päritoluga kiud, milledele on lisatud täite-, liimistus-, värv- ning katteaineid. Sõltuvalt sordist võib paberi koostis varieeruda küllaltki suures ulatuses. Taimsete kiudude ning seega ka paberi põhikomponendiks on tselluloos. Enamus paberitootmises kasutatavast tselluloosist saadakse puidu mehaanilisel (mehaaniline puitmass) ja keemilisel (keemiline puitmass) töötlemisel. Keemilise puitmassi tootmiseks on kaks põhilist meetodit – sulfit- ja sulfaatprotsess. Kiuline toormass jahvatatakse ning valgendatakse, sinna lisatakse täite-, liimistus- ning värvained, et saada soovitud omadustega paberit. Paberitootmise põhiprotsessiks on valamine, mille käigus sadestatakse veega segatud kiudaine sõelale. Järgneva töötluse käigus eraldatakse paberikangast liigne vesi ning toimub paberi katmine ja silendamine.

Kirjandus

Berezin, B. Polügraafiamaterjalid. Tallinn, 1962.

Kokassaar, U., Zilmer, M. Sinu biomakromolekulid. 3. Süsivesikud // Eesti Loodus. 3. 1993. Lk. 87–90.

Modern pulp and paper making. New York, London, 1957.

Prüfung von Papier, Pappe, Zellstoff und Holzstoff. Bd. 1. Chemische und mikrobiologische verfahren. Bd. 2. Mikroskopische und photometrische verfahren. Berlin, 1991, 1993.

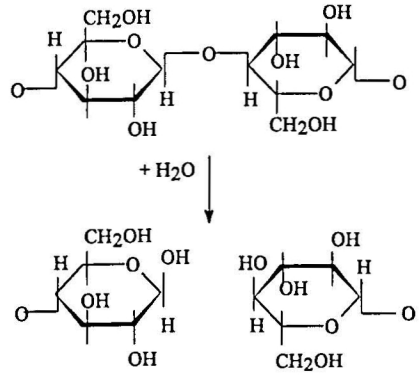
2.1.3. Paberi vananemine

Kuna tselluloos on paberi peamiseks struktuurseks komponendiks, määravad just tema lagunemisprotsessid suures osas pabermaterjalide säilivuse. Paberi vananemine tähendabki eelkõige mitmesuguseid keemilis-füüsikalisi muutusi tselluloosis. Eristatakse keemilisi ja füüsikalisi vananemismehhanisme.

Keemiline vananemine

HÜDROLÜÜS. Glükosiidne side glükoosijääkide vahel tselluloosi makromolekulis võib katkeda mitmesuguste tegurite toimel. Toimub tselluloosi hüdrolüüs, mille tulemusena tselluloosi makromolekul laguneb väiksemateks fragmentideks. Täielikul hüdrolüüsil moodustub tselluloosist glükoos. Kui tselluloosimolekuli pikkus langeb alla 400 elementaarlüli, hakkab see oluliselt mõjutama tselluloosikiudude mehaanilist vastupidavust.

Tselluloosi hüdrolüüsi kutsuvad esile kõrge temperatuur (100...140°C), happed ning elusorganismide, eelkõige bakterite ja mikroseente poolt eraldatavad ensüümid. Peamine osa (80...90%) tselluloosi lagunemisest paberis langebki mitmesuguste happeliste ühendite poolt põhjustatud happelise hüdrolüüsi arvele. Happelise hüdrolüüsi ulatus sõltub sellest, millise happega on tegemist, happe kontsentratsioonist, temperatuurist ning toime kestvusest. Tselluloosi hüdrolüüs algab reeglina amorfsetest piirkondadest ning kandub hiljem kristallilistesse regioonidesse. Happelise hüdrolüüsi tulemusena väheneb tselluloosi polümerisatsiooniaste, millega kaasneb tema mehaanilise vastupidavuse langus.



Tselluloosi hüdrolüüs

Tselluloosiahela katkemisel jääb ahela lõppu aldehüüdrühm (–CHO). Kui aldehüüdrühmi on küllalt palju, annavad nad paberile kollaka varjundi.

ERIOSA 5. Paberi pH

Keskkonna reaktsiooni (happelisuse-aluselisuse) hindamiseks kasutatakse negatiivset kümnendlogaritmi vesinikioonide kontsentratsioonist, mida nimetatakse vesinikeksponendiks ning tähistatakse pH-ga.

$$pH = - \log [H^+]$$

$pH < 7$ $[H^+] > [OH^-]$ *happeline keskkond*
$pH = 7$ $[H^+] = [OH^-]$ *neutraalne keskkond*
$pH > 7$ $[H^+] < [OH^-]$ *aluseline keskkond*

Toome järgnevalt mõningate ainete pH väärtused:

inimese maomahl	*0,9 – 1,6*
sidrunimahl	*2,3*
puhas vesi	*7,0*
torustikuvesi	*6,2 – 9,5*
veri	*7,36*
nuuskpiiritus	*11*
naatriumhüdroksiid	*14*

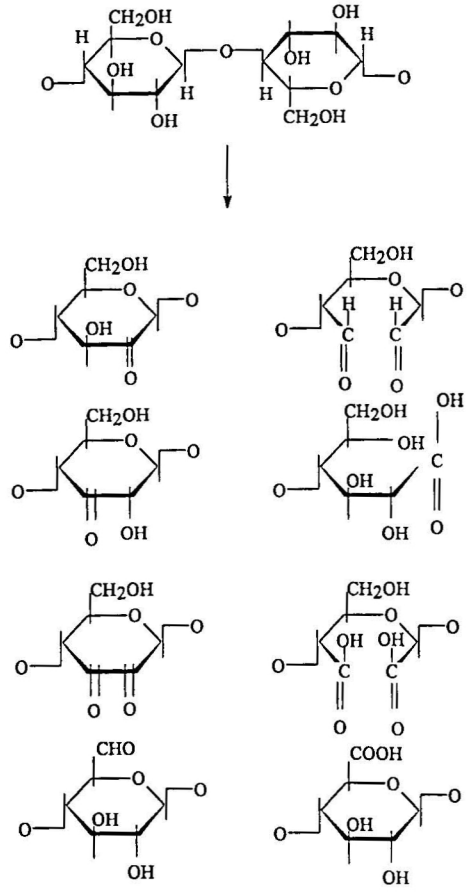
Paberi reaktsioon sõltub tema valmistamiseks kasutatud toorainest, valmistamise tehnoloogiast ning hilisematest säilitustingimustest. Paberi happelisus avaldab olulist mõju paberi säilivusele. Kvaliteetsetel pikaealistel paberitel on pH > 6,5. Happelisust vahemikus 6,0...7,0 peetakse üldjuhul paberi normaalseks happelisuseks. Paberi reaktsioon 5,0...6,0 näitab, et tegemist on keskmiselt happelise paberiga ning pH < 5,0, et paber on happeline. Happeline paber vananeb tunduvalt kiiremini, ta on mehaaniliselt vähe vastupidav ning tundlik erinevate kahjulikult toimivate keskkonnategurite mõju suhtes.

Paberi reaktsiooni mõõtmiseks kasutatakse erinevaid meetodeid:

- *pH määramine paberi ekstraheerimisega.*
  Kindlat kogust paberit (harilikult 1 gramm) leotatakse toatemperatuuril ühe tunni jooksul destilleeritud vees. Väga tugeva liimistusega pabereid ning pappe võidakse leotada kuni üks ööpäev. Saadud lahusest määratakse pH-meetri abil täpne vesinikioonide kontsentratsioon. See meetod ei ole sobilik arhiivimaterjalide pH määramiseks.
- *pH määramine kontaktmeetodil.*
  Mõõtmiseks asetatakse paber destilleeritud veega niisutatud käsnale või kiletükile. Paberi pinnale tilgutatakse samuti destilleeritud vett. Veetilga reaktsioon mõõdetakse pH-meetriga spetsiaalse lameelektroodi abil.
- *pH määramine indikaatoritega.*
  Indikaatoriteks kutsutakse keemilisi ühendeid, mille värvus sõltub lahuse pH-st. Kasutatakse lahuseid, indikaatorpabereid, nn. pH-pliiatseid. Paberi reaktsiooni määramine indikaatoriga annab väga ligikaudse tulemuse.

OKSÜDATSIOON. Oksüdeerumine on aatomitelt või ioonidelt elektronide loovutamise protsess. Oksüdeerijaks nimetatakse ainet, mis seob elektrone. Oksüdeerijateks on näiteks hapnik, halogeenid, lämmastikhape, vesinikperoksiid, kaaliumpermanganaat jt.

Tselluloosi oksüdatsioonil toimub funktsionaalsete rühmade (-OH) oksüdeerumine ning samuti võivad katkeda ka glükosiidsed sidemed glükoosijääkide vahel, mille tulemuseks on tselluloosi polümerisatsiooniastme vähenemine.



Tselluloosi oksüdatsioon

Õhuhapnik oksüdeerib paberi ja teksti orgaanilisi komponente aeglaselt, kiiresti mõjuvad seevastu O_3, H_2O_2 ja Cl-ühendid. Tselluloosi oksüdeerumist kiirendavad valgus, õhuniiskus ning metalliioonid (vask, raud, koobalt, mangaan). Oksüdeerumise käigus tekkinud karbonüülrühmad (ketoon- ja aldehüüdrühmad) on kromofoorsed, st. kui neid on piisaval hulgal, annavad nad paberile kollase, kollakaspruuni või isegi pruuni värvuse. Karbonüülrühmade edasisel oksüdeerumisel tekkivad karboksüülrühmad ei ole küll värvilised, kuid nad on happelise reaktsiooniga.

Kuna tselluloosi oksüdatsioon toimub ennekõike amorfsetes piirkondades, väheneb nende osatähtsus võrreldes kristalliliste piirkondadega, mille tulemusena omakorda suureneb oksüdeeritud tselluloosi kristallilisus ning paberi haprus.

Ligniin ning mitmesugused lisandained paberis moodustavad lagunedes peroksiidseid ühendeid, mis on väga tugevateks oksüdeerijateks. Peroksiidsete ühendite vabanemine viib autokatalüütilistele protsessidele, millede käigus vabanevad ühendid põhjustavad omakorda täiendavat oksüdatsiooni.

RISTSIDEMETE TEKE. Tselluloosi hüdrolüüsi ja oksüdeerumise käigus tekkinud funktsionaalsed rühmad on võimelised moodustama keemilisi sidemeid tselluloosi hüdroksüülgruppidega. Sellega formeeruvad sidemed tselluloosiahelate vahel ning tõuseb tselluloosi kristallilisus. Tselluloos muutub hapramaks ja jäigemaks.

MEHAANILIS-KEEMILISEKS LAGUNEMISEKS nimetatakse mehaanilistest mõjutustest tingitud tselluloosiahelate katkemist ning mehaanilis-keemilist oksüdatsiooni. Nimetatud protsesside tulemusena langeb tselluloosi polümerisatsiooniaste.

Mehaanilistest mõjutustest tingitud tselluloosiahelate katkemine võib olla kahte tüüpi:

- tselluloosikiudude katkemine (kohesiivset tüüpi katkemine);
- kiududevaheliste sidemete katkemine (adhesiivset tüüpi katkemine).

Milline katkemistüüp esineb, sõltub sellest, millise kiuga on tegemist, kiu pikkusest ning materjali töötlemisviisist. Kohesiivset tüüpi protsessid on iseloomulikud nõrkade kiudude ning tugevate kiududevaheliste sidemetega materjalidele. Adhesiivset tüüpi protsessid aga seevastu tugevate kiududega ning nõrkade kiududevaheliste sidemetega matejalidele. Harilikult toimuvad mõlemad protsessid samaaegselt.

Füüsikaline vananemine

Füüsikalised vananemismehanismid on seotud tselluloosi kristallilise struktuuriga. Nagu me juba eelnevalt nägime, toimub happeline hüdrolüüs kõigepealt tselluloosi amorfsetes piirkondades. Hüdrolüüsiprotsesside tulemusena moodustuvad lühemad tselluloosiahelad, mis paigutuvad ümber ning mille vahele tekivad vesiniksidemed. Sellega suureneb arusaadavalt kristalliliste fragmentide hulk tselluloosis. Suurenenud kristallilisus muudab paberi rabedaks.

Tselluloosimolekulide **konsolideerumisprotsessi** käigus väheneb vaba ruumala molekulide vahel, mis omakorda muudab paberi veelgi hapramaks. On huvitav märkida, et molekulidevahelise ruumala

vähenemine on ainus pöörduv vananemisprotsess. Temperatuuri tõstmisel asetuvad molekulid oma endistele kohtadele ning vananemisilmingud kaovad.

Kõik eelpool käsitlemist leidnud vananemisprotsessid on üksteisega tihedalt seotud. Mida kaugemale on arenenud tselluloosi hüdrolüüs, seda intensiivsem on oksüdatsioon. Samuti on ka oksüdeeritud tselluloosi korral hüdrolüüsi kiirus märgatavalt suurem.

Paberi vananemist mõjutavad endogeensed tegurid

Vaatleme järgnevalt endogeensete tegurite osa paberi vananemisprotsessides. Endogeenseteks ehk struktuurisisesteks teguriteks on tegelikult paberi keemilis-füüsikalised omadused, mis on määratud paberi valmistamiseks kasutatud tooraine ning tehnoloogilise protsessi poolt. Seega mõjutavad paberi vananemisprotsesse:

- kasutatud kiudaine liik;
- töötlemisprotsess;
- täidis-, liimistus-, värv- ja katteained;
- lisandained.

Arhivaalide säilitamisel on väga tähtis arvestada asjaolu, et iga konkreetse paberi koostis mõjutab oluliselt vananemisprotsessi iseloomu ja kiirust.

KIUDAINED. Mida pikemad on tselluloosikiud, seda mehaaniliselt vastupidavam on paber. Toome järgnevalt ära peamiste paberi tooraineks olevate taimede tselluloosikiudude keskmised pikkused (mm):

– lina	25–30
– puuvill	10–40
– õled	0,5–2
– mänd	3,5
– kuusk	3,2
– kask	1,17
– pöök	1,13
– kozo	4,5–30
– mitsumata	1,2–10,5
– gampi	3,0–7,5

Olulist rolli kiudude vastupidavuses mängib ka amorfsete ja kristalliliste piirkondade vahekord. Linakiududes moodustavad kristallilised piirkonnad kuni 90%, puuvillakiududes kuni 60% kiu üldisest massist. Lisaks sellele on linakiud väga paksu rakuseinaga. Tänu sellisele ehitusele on linakiududest valmistatud paber vastupidav nii mehaanilistele kui keemilistele mõjutustele. Linakiududest tehakse kõrgekvaliteedilist raha-, dokumendi-, kartograafilist paberit ning peent ja väga vastupidavat sigaretipaberit.

Kuni 19. sajandi keskpaigani kasutati paberi lähteainena linast ja puuvillast kaltsu. Kaltsumassist valmistatud paber on üldiselt väga hea kvaliteediga.

Alates 19. sajandi esimesest poolest hakati kaltsumassi lisama **õlgi**, mis muutis paberi kvaliteedi oluliselt halvemaks. Õlgedes on tselluloosikiud lühikesed, palju on hemitselluloose ja mineraalaineid. Õlgede lisamine muudab paberi tihedamaks, tema mehaanilised omadused halvenevad ning paber muutub kiiresti kollaseks. Ühesõnaga – selline paber ei sobi säilitamiseks.

Puidu kasutamisel paberivalmistamise toorainena mõjutab paberi säilivust eelkõige puidu töötlemismeetod.

Sulfitprotsessi läbiviimisel kasutatakse kõrgeid temperatuure ning keskkonna reaktsioon on väga happeline. Happed kahjustavad tugevasti tselluloosikiudusid – nende pinnale tekivad mikrolõhed, tselluloosiahelad katkevad, sellega seoses langeb kiudude mehaaniline vastupidavus ning kuumusekindlus. Sulfaatprotsess toimub tunduvalt „nõrgemates" tingimustes. Sulfitprotsessiga võrreldes saadakse mehaaniliselt vastupidavam, kuumusekindlam ning pikema elueaga paber. Kõige halvema kvaliteediga on mehaanilist puitmassi sisaldav paber. **Puitmassi** kiud on lühikesed, haprad ja jäigad ning selle lisamine paberisse vähendab oluliselt mehaanilist vastupidavust, pinna siledust ning paberi „eluiga". On ju hästi teada, et ajalehepaber, mis sisaldab kuni 80% puitmassi, vananeb kiiresti ning on väga väikese vastupidavusega.

Puidust saadud tselluloos sisaldab alati mingi osa ligniini. Nii on mittevalgendatud sulfaattselluloosis harilikult 3...5% ligniini. Ligniin raskendab paberimassi jahvatamist ning tselluloosikiudude eraldumist üksteisest. Samuti oksüdeerub ligniin kergesti mitmesugusteks happelisteks ja värvilisteks ühenditeks.

Valdavalt puhast tselluloosi sisaldavate kiudmaterjalide (kaltsud, lina, puuvill) vananemisel domineerivad hüdrolüütilised protsessid ning küllalt suurtes kogustes hemitselluloose ning ligniini sisaldavate paberite korral on ülekaalus oksüdatiivsed protsessid.

Vananemisele vastupidavuse järgi reastuvad erinevatest kiudainetest paberid järgmiselt:

- linakiud;
- puuvillakiud;
- sulfaattselluloos;
- sulfittselluloos;
- poolkeemiline tselluloos;
- mehaaniline puitmass.

Kuna paberi mehaaniline vastupidavus sõltub suuresti tselluloosikiudude pikkusest, on selge, et paberimassi jahvatamine mõjutab oluliselt paberi omadusi. Kõige vastupidavam on tambitud massist saadud paber, kuna sellisel juhul ei muutu tselluloosikiud töötlemise käigus lühemateks. Väga pikkade tselluloosikiudude poolest on tuntud Jaapanis valmistatav nn. **jaapani paber**. See sisaldab küll palju ligniini, kuid on ometi väga vastupidav ning seda just kiudude pikkuse tõttu. Pikakiulisest toorainest on aga raske saada ühtlast paberit, paber kipub jääma „pilvise" struktuuriga. Kui paberimassi jahvatamisel kasutatakse hollenderi või koonusveskit, saadakse lühemakiulisem ning seega halvema mehaanilise vastupidavusega paber.

VALGENDAMINE. Valgendamisprotsessis kasutatavad oksüdeerijad (peamiselt mitmesugused klooriühendid) mõjuvad negatiivselt paberi vastupidavusele. Valgendamise tulemusena tõuseb ka tselluloosi happelisus. Valgendajad seostuvad paberis leiduvate lisandainetega, andes mitmesuguseid kloreeritud ühendeid (kloroligniinsed ühendid). Kloreeritud ühenditest vabaneb kloor, mis reageerides veega moodustab soolhappe. Soolhape jällegi suurendab omakorda paberi happelisust. Mida rohkem kloreeritud ligniini ning teisi lisandaineid paber sisaldab, seda kiiremini omandab ta pärast valgendamist taas kollaka tooni.

TÄITEAINED. Täiteainete lisamine vähendab reeglina paberi mehaanilist vastupidavust. Kuna täiteaineteks on harilikult mitmesugused mineraalsed ühendid, mis neutraliseerivad happeid, tõuseb nende lisamisel paberi vastupidavus hapete toime suhtes ning sellega pikeneb paberi „eluiga". Kriit talitleb paberis omamoodi puhvrina, hoides paberi pH 7,4...7,2 vahel. Kasutusel on ka spetsiaalne vananemisele vastupidav nn. arhiivipaber, mille pH on erinevate lisandainetega muudetud aluseliseks. Tavaliselt lisatakse selleks paberisse kaltsiumkarbonaati (kriit).

LIIMISTUSAINED. Liimistamine tärklise ja želatiiniga tõstab paberi mehaanilist vastupidavust. Želatiin omab lisaks ka puhverdavat toimet. Kindlasti tuleb aga arvestada, et nii tärklis kui želatiin on heaks toiduks mitmesugustele biokahjuritele (mikroseened, putukad). Kampoli kasutamine vähendab paberi mehaanilist vastupidavust. Liimistamisprotsessis lisatav alumiiniumsulfaat jääb osaliselt paberisse ning moodustab niiskusega reageerides väävelhappe. Viimane jällegi suurendab oluliselt paberi happelisust.

VÄRVAINED. Paberimassi lisatavad värvained tõstavad üldjuhul paberi mehaanilist vastupidavust. Happelise reaktsiooniga värvained toimivad arusaadavalt vananemist soodustavalt. Tänapäeval laialdaselt kasutatavad optilised valgendajad võivad sageli olla tundlikud valguse toime suhtes ning mõjutavad seetõttu ka paberi vananemist.

PABERI VALAMINE. Paberi mehaanilist tugevust ning püsivust mõjutab tugevasti **kiusuund** ehk kiudude orientatsioon paberilehes. Käsitsivalatud paberi valmistamisel liigutatakse sõela igas suunas võrdselt ning kiud jaotuvad ja seostuvad omavahel samuti kõikides suundades ühtlaselt. Saadud paberi omadused on ühesugused nii laiuti kui pikuti. Paberivalamismasinate korral liigub valamisvõrk suure kiirusega ning paberikiududel on tendents paigutuda paralleelselt võrgu liikumise suunaga. Seega on neid kiude, mis asetsevad masina suunas, rohkem kui neid, mis asetsevad põiki. Kiusuund mõjutab selliseid paberi omadusi nagu jäikus, murde- ja tõmbetugevus ning veeimavus.

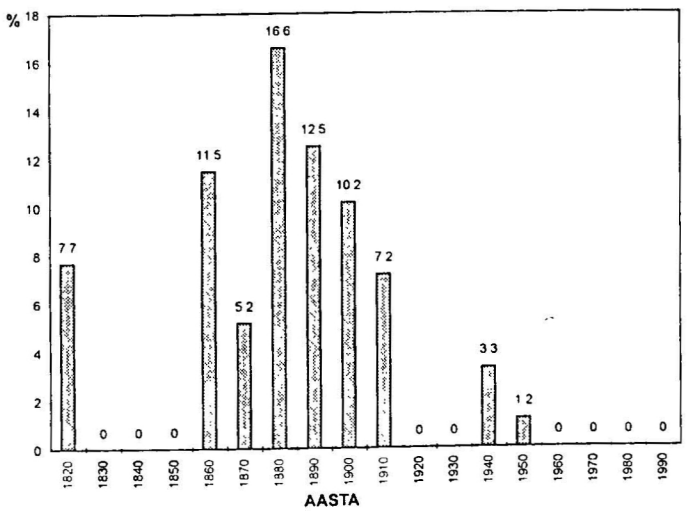
LISANDAINED. Lisandainetest mängivad paberi lagunemisprotsessides olulist osa mitmed metallid. Metallid võivad paberis esineda ioonidena, sooladena, hüdroksiididena, oksiididena või ka puhtal kujul. Ioonidena esinevad metallid võivad olla seostunud vee või siis tselluloosi ioniseeritud rühmadega. Metalliühendid satuvad paberisse kiudtoorainest, veest ning paberivalmistamise seadmetest. Väga oluline on kasutatava vee lisanditesisaldus. Nii paberimassi jahvatamine kui ka lehtede valamine toimuvad ju vesikeskkonnas ning vees leiduvad ühendid satuvad kergesti paberimassi.

Paberis leiduvad raua, vase ja mangaani ioonid ja soolad kiirendavad nii tselluloosi hüdrolüüsi kui ka oksüdatsiooni. Rauaioonide sisaldus viib paberi valgesuse kiirele langusele – paber muutub kollakaks. Metallide hüdroksiidid ja oksiidid on harilikult tumeda värvusega, nende esinemine muudab samuti paberi värvust.

Vanad kaltsupaberid sisaldavad märkimisväärsel hulgal erinevaid karbonaate, mis on paberisse sattunud kiudtooraine pesemisprotseduuride käigus. Karbonaadid neutraliseerivad tekkida võivaid happelisi produkte, tõstes sellega paberi vastupidavust.

ERIOSA 6. Erineva vanusega paberi seisukord tänapäeval

Paberi tooraine ja tootmistehnoloogiate otsene mõju paberi säilivusele saab selgeks, kui vaatame erinevatest ajajärkudest pärinevate ja seega ka erinevalt toodetud paberil trükiste seisundit. Näiteks toome järgnevalt Tartu Ülikooli raamatukogus läbiviidud säilikute paberi seisundi uuringu tulemused. Paberi mehaanilise vastupidavuse hindamiseks kasutati murdetesti – raamatuploki tagant eelviimase lehe alumist parempoolset nurka murti sõrmede vahel kuus korda edasi-tagasi (kolm kaksikmurret). Kolme või vähema kaksikmurde korral murdunud paber loeti hapraks. Tegelikkuses tähendab see seda, et sellisel paberil trükis on kasutamiseks kõlbmatu, kuna paber ei kannata lehitsemist. Paberi mehaaniline vastupidavus murdele iseloomustab paberi keemilis-füüsikalisi omadusi ning on nende muutumise suhtes üks tundlikumaid näitajaid. Murdetugevust kasutatakse sageli just paberi vananemise iseloomustamiseks. Vaadates hapra paberiga trükiste esinemist uuritud kogudes näeme, et kõik hapra paberiga trükised on ilmunud aastatel 1820–1950. Seejuures on kõige suurem hapra paberiga trükiste osakaal ajavahemikus 1880–1910 ilmunud kirjanduse hulgas.



Hapra paberiga trükiste osa protsentides Tartu Ülikooli raamatukogus säilitatavate raamatute hulgas.

Maailma teiste arhiivide ja raamatukogude andmed näitavad samuti, et vähevastupidava paberiga trükised on valdavalt ilmunud ajavhemikul 1840–1940. Sellel perioodil ilmunud trükiste paberi kehv säilivus on seletatav paberi halva kvaliteediga, mille kutsusid esile olulised muutused paberi tootmistehnoloogias 19. sajandi keskel. Seejuures on paberi säilivusele kõige halvemini mõjunud puidu ja kampolliimistuse kasutuselevõtt.

Vananemisprotsesside iseloomustamine

Paberis toimuvate vananemisprotsesside uurimine on oluline selleks, et leida nende seaduspärasusi, hinnata säilikute seisundit ning soovitada vastavaid konserveerimis- ja restaureerimismeetodeid.

Paberi vananemise uurimiseks kasutatakse erinevaid keemilisi ning füüsikalisi analüüsimeetodeid, mille korral iseloomustatakse vananemisprotsesse järgmiste näitajate abil:

- keemilised analüüsimeetodid:
  - tselluloosi lahustuvus alustes;
  - aldehüüd- ja karboksüülrühmade sisaldus tselluloosis;
  - paberi pH;
  - tselluloosi polümerisatsiooniaste;
- füüsikalised analüüsimeetodid:
  - paberi murdetugevus;
  - paberi rebenemistugevus.

Kahjuks on kõik ülaltoodud paberi vananemisprotsesside uurimise meetodid destruktiivse iseloomuga. Uuritav paber saab analüüside käigus rohkemal või vähemal määral kannatada. Praktilisteks mõõtmisteks restaureerimistööde käigus ei saa neid seetõttu kasutada või on nende kasutusvõimalused küllaltki piiratud. Mitmesugustest paberit mittekahjustavatest uurimismeetoditest võiks nimetada järgmisi:

- heleduse mõõtmine;
- pinna sileduse määramine;
- õhuläbilaskvuse määramine;
- infrapunane spektroskoopia;
- ultraheli leviku kiiruse mõõtmine.

Kokkuvõte

Paberi vananemine sõltub eelkõige tselluloosi lagunemisest. Tselluloosi vananemine on keerukas protsess, milles osalevad nii keemilised kui ka füüsikalised mehhanismid. Kõige olulisemaks tselluloosi lagunemisprotsessiks paberis on happeline hüdrolüüs. Paberi vananemise kiirus on seega otseselt seotud paberi happelisusega. Happeline paber vananeb tunduvalt kiiremini kui neutraalse või aluselise reaktsiooniga paber. Paberi vananemist mõjutavad tselluloosi kõrval ka teised koostisosad ning samuti valmistamisviis. Väga halvasti on mõjunud paberi säilivusele puidu ja kampolliimistuse kasutuselevõtt 19. sajandi keskel.

Kirjandus

Alumaa, M. Paberi happelisusest // Raamat – aeg – restaureerimine. Vihik 2. Tartu, 1971. Lk. 7–19.

Clapp, W. The story of permanent / durable book paper, 1115–1970 // Restaurator: supplement number 3. 1972.

Fellers, C., Iversen, T., Lindstrom, T., Nilsson, T., Rigdahl, M. Ageing / Degradation of Paper. Stockholm, 1989.

Klement, V., Mody, N. Nüüdisaegsete trükiste paberist lähtuvad säilitamisprobleemid // Raamat – aeg – restaureerimine. Vihik 5. Tartu, 1984. Lk. 66–70.

Wilson, W., Parks, J. An analysis of the ageing of paper: possible reactions and their effects on measurable properties // Restaurator. Vol. 3. 1/2. 1979. P. 37–61.

2.2. NAHK

Nahk on ajaloo jooksul leidnud kasutamist väga erinevatel eesmärkidel. Arhivaalide säilitamise seisukohalt pakub nahk huvi kirjutusmaterjalina, seda eelkõige pärgamendi kujul, ning köitematerjalina.

Kirjalikke dokumente on alati püütud kaitsta kahjulikult toimivate välismõjude eest. Nii savitahvleid kui papüüruse- ja pärgamendirulle hoiti mitmesugustes vutlarites ja karpides. Võib liialdamata öelda, et **köide** on tunduvalt vanem kui raamat ise. **Koodeks** – papüüruse, hiljem pärgamendi- või paberilehtedest kokkuköidetud käsikirjaline raamat – hakkas levima 1. sajandil p.Kr. ning muutus ainuvaldavaks – vähemalt Euroopas – 4. sajandil. Esimesed nahast köited valmistati 5. sajandi keskel Põhja-Aafrikas ning neid tuntakse kopti köidetena. Varasel keskajal kaeti koodeksite puukaaned tekstiiliga (linane riie, samet, siid). Lääne-Euroopas muutusid nahkköited populaarseks 12. sajandil. Köidete valmistamiseks kasutati veise-, eesli-, vasika-, lamba-, sea-, hobuse-, hirve-, küüliku-, kitse- ja hülgenahka.

ERIOSA 7. Mis on nahk?

Nahk on selgroogse looma keha väliskate. Naha ülesanneteks on:

- *kaitsta keha välismõjude eest (temperatuur, mehaanilised löögid, päikesekiirgus);*
- *võtta vastu välisärritusi;*
- *ainevahetus väliskeskkonnaga (gaasid, vesi, teised ained);*
- *termoregulatsioon.*

Nende funktsioonide täitmiseks on nahal kujunenud kindel struktuur ja koostis. Nahk koosneb kolmest põhilisest kihist.

EPIDERMIS e. MARRASKNAHK

Kõige pindmisem veresoonteta nahaosa. Koosneb mitmekihilisest lame-epiteelist. Eristatakse kahte osa – sarvkihti ja kasvukihti. Surnud sarvkihi rakud langevad kord-korralt pealt ära ning vastavalt sellele surevad uued kasvukihi rakud, muutudes sarvkihiks. Marrasknahast moodustuvad mitmesugused tekised – küüned, karvad, nahanäärmed, suled.

DERMA e. PÄRISNAHK

Naha põhiline kiht, sidekoeline moodustis, milles on palju kollageeni- ja elastiinikiudude kimpe. Kiududevaheline osa on täidetud vaheainega. Pärisnahas asuvad higi- ja rasunäärmed.

NAHAALUNE KUDE e. ALUSNAHK

Üleminek pärisnahalt nahaalusele koele on sujuv. Kollageenikiudude võrgustik muutub hõredamaks, vaheruumid suurenevad ning on täidetud rasvkoega.

Toornaha keemiline koostis on järgmine:

- *vesi 65%;*
- *valgud 33%;*
- *rasvad ~ 2%;*
- *mineraalained 0,5%;*
- *lisandained.*

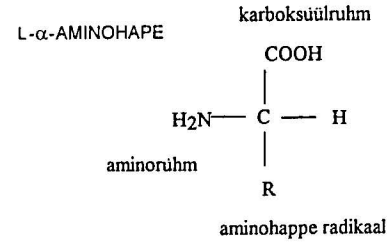
2.2.1. Naha koostis

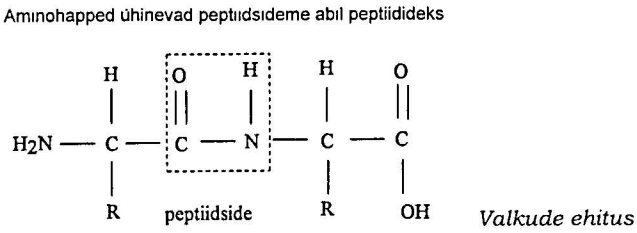
Järgnevalt käsitleme lähemalt naha põhikomponente – valke. **Valgud** e. **proteiinid** on ühest või mitmest polüpeptiidahelast koosnevad biopolümeerid. Valkudele on iseloomulik:

- koosnemine aminohapetest;
- peptiidside aminohappejääkide vahel;
- mitmetasemeline struktuurne organisatsioon;
- kõrgmolekulaarsus (molekulmass 4...5 tuhandest mõnekümne miljonini).

Valkudele kuulub elusaine ehituses ning talitluses keskne koht. Inimorganismis on valke umbes 40...45% kuivkaalust, taimedes on valgusisaldus väiksem (1...16%) ning bakterites kõrgem (50...93%).

Valgud on polümeersed ühendid, mis koosnevad ahelateks liitunud aminohapetest. Aminohapped on karboksüülhapete derivaadid, mis sisaldavad vähemalt ühte amino- ja karboksüülrühma. Erinevuse aminohapete vahel põhjustab radikaal, mis erinevatel aminohapetel on erinev.





Valkude ehitus

Valkudest on leitud 22 aminohapet (neist 20 on tavalisemad), mis ei tarvitse aga kõik ühes individuaalses valgus esineda. Aminohapped võivad üksteisega ühineda peptiidsideme abil polüpeptiididideks. Aminohapete jääkide arvu järgi eristatakse oligopeptiide (2...20 aminohappejääki) ning polüpeptiide (üle 20 aminohappejäägi).

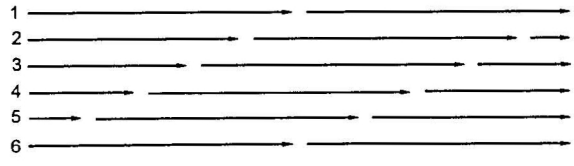
Naha valkudest ligikaudu 98% moodustab kollageen. Kollageenid on sidekoe, kõõluste, kõhrede, luude ja naha struktuurvalgud. Kollageen on inimorganismis kõige levinum valk, moodustades 25...33% kogu inimkehas leiduvast valgust ja 6% kehamassist.

Kollageeni polüpeptiidahelas on ligikaudu 1000 aminohappejääki ning tema molekulmass on 300 000. Kollageeni sekundaarstruktuur erineb klassikalisest α-heeliksist. Tertsiaarstruktuur ehk tropokollageen on kolmest α-ahelast koosnev vasakkeerdunud „köisheeliks". Ahelad on seotud üksteisega keemiliste sidemete abil.

Tropokollageen praktiliselt ei veni kolmikahelalisuse ja ristisidemete tõttu.

Kvaternaarstruktuur – kollageeni mikrofibrill moodustub tropokollageeni molekulidest. Need paigutuvad ühendusprintsiibil „peasaba" piki mikrofibrilli teineteise suhtes nihutatuna nii, et esimese ja kuuenda rea tropokollageeni molekulid asetsevad täpselt kohakuti.

Mikrofibrillidest moodustub fibrill ning fibrillidest omakorda kollageeni kiud. Tänu oma ehitusele on kollageen väga vastupidav vananemisele.



Kollageeni mikrofibrilli ehitus

Lisaks kollageenile leidub nahas ka teisi valke – keratiini, elastiini, albumiine ja globuliine, kuid seda tunduvalt väiksemates kogustes.

Töötlemata nahkades on kollageenikiud ümbritsetud **rakuvaheainega**, mis koosneb veest, mukopolüsahhariididest, mitmesugustest valkudest, rasvadest, mineraalainetest. Märjana on vaheaine libe ja liikuv, tal on tugevad liimivad omadused, kuivades muutub aga sarvjaks, tugevaks ja jäigaks.

Igal loomaliigil on erineva paksuse ja pinnastruktuuriga nahk. Toornaha töötlemisel eraldatakse karvkate, marrasknahk ning nahaalune sidekude. Järelejääv osa, mida nimetatakse mälvaks, läheb parkimisele.

ERIOSA 8. Valkude struktuur

Valkudele on omane mitmetasemeline struktuurne organisatsioon. Eristatakse primaar-, sekundaar-, tertsiaar- ja kvaternaarstruktuuri.

PRIMAARSTRUKTUUR tähendab aminohapete kindlat järjestust ning hulka antud valgu polüpeptiidahelas. Primaarstruktuur on aluseks valkude spetsiifilisusele. Juba ühe aminohappejäägi muutus konkreetses valgus põhjustab selle valgu spetsiifilisuse olulise muutumise.

SEKUNDAARSTRUKTUUR on konformatsioon, mis tekib vesiniksidemete moodustumise tõttu ühe ja sellesama peptiidahela osade vahel. Eristatakse sekundaarstruktuuri kahte põhivormi: α-heeliks ja β-struktuur (kihilis-volditud struktuur). α-heeliks on paremale pöörduva kruvikäiguga vedrutaoline moodustis. β-struktuur tekib kas ühe ja sellesama polüpeptiidahela voltumisel edasitagasi või moodustub samasugune struktuur mitmest kõrvuti paiknevast polüpeptiidahelast. Ühes valgus esinevad harilikult mõlemad kirjeldatud struktuurid. Siiski moodustab paljude globulaarsete valkude molekulis valdavama osa α-heeliks ning paljusid fibrillaarseid valke iseloomustab β-struktuursus.

TERTSIAARSTRUKTUUR on kolmemõõtmeline ruumiline ehitus, mis tekib polüpeptiidahela spetsiifilisel kokkupakkimisel. Tertsiaarstruktuuri järgi jagunevad valgud:

- *globulaarseteks – kerajas-ellipsoidse kujuga, enamik valke kuulub siia rühma;*
- *fibrillaarseteks – niitja kujuga, siia rühma kuuluvad kollageen, keratiinid, lihaskoe valgud.*

KVATERNAARSTRUKTUUR on mitme ruumiliselt korrastatud polüpeptiidahela kombinatsioon. Näiteks hemoglobiin koosneb neljast polüpeptiidahelast.

Kokkuvõte

Nahk on loomade keha pindmine kiht. Selgroogsete loomade nahk on mitmekihilise ehitusega, koosnedes marrasknahast, pärisnahast ja alusnahast. Naha põhiliseks koostisosaks on valgud. Peamine naha struktuurne valk on kollageen. Arhiivides esineb nahka nii kirjutuskui ka köitematerjalina.

Kirjandus

Haines, B. The strukture of collagen // Leather. Its composition and changes with time. London, 1991. P. 5–10.

2.2.2. Pärgament

Nahka on kirjutusmaterjalina kasutanud mitmed rahvad – egiptlased, juudid, assüürlased, pärslased, kreeklased. Esimesed pärgamenditaolise materjali leiud pärinevad aastast 2500 e.Kr. Pärgament sellisel kujul nagu meie seda teame, on tuntud alates 3. sajandist e.Kr. Oma nime sai pärgament tänapäeva Türgi lääneosas asunud Pergamoni linna järgi. Antiikautorite andmetel võeti pärgament kirjutusmaterjalina kasutusele kuningas Eumenes II (197–159 e.Kr.) ajal. Peagi levis pärgament ka Euroopasse ja tõrjus kõrvale senise kirjutusmaterjali – papüüruse. Pärgamenti kasutati põhilise kirjutusmaterjalina kuni 12. sajandini, hiljem asendas seda kaltsupaber.

Pärgamendi valmistamisel oli esimeseks etapiks nahalt **karvade eemaldamine**. Selleks leotati nahku vees, kuhu oli pandud mitmesuguseid taimeosi (lehed, varred, puit, puukoor) ja idandatud terasid. Sellises käärivas massis toimub eralduvate ensüümide mõjul epidermise ja derma vahelise sideme katkemine, nii et epidermis koos karvadega on kergesti eemaldatav, samuti laguneb osa kiududevahelisest ainest. Kirjeldatud ensümaatilist meetodit karvade eemaldamiseks kasutati Vana-Egiptuses, Babüloonias, hiljem ka Kreekas ja Roomas. Karvade eemaldamise tehnoloogia muutus oluliselt alles 8. sajandil Araabia maades, kus võeti kasutusele aluselised lubjalahused.

Keskaegses Euroopas oli pärgamendi tehnoloogia väikeste erinevustega igal pool sarnane. Pärgamendi valmistamise töökojad asusid nii kloostrites kui ka linnades. Kuna töökojad ei lõhnanud mitte just kõige paremini, ehitati nad tavaliselt väljapoole kloostri- või linnamüüri, valitsevaid tuultesuundi arvestades allatuult.

Värskelt nülitud loomanahk saadeti kas koheselt pärgamendivalmistajale või siis konserveeriti kas soolamise või kuivatamisega. Enne töötlemist leotati soolatud ja kuivatatud nahku 2...3 päeva vees. Järgnes **painimine** (karvajuurte lahustamine) lubjavees 3...10 päeva jooksul, kusjuures nahku segati pidevalt. Leotamine toimus kivide või puiduga vooderdatud aukudes. Kõige efektiivsem oli selline lubjalahus, mida varem oli juba kasutatud karvade eemaldamiseks. Seejärel nahad pesti ja asetati paariks päevaks puhtasse lubjalahusesse. Lisaks kasutati nahkade ettevalmistamisel ka mitmeid

orgaanilise päritoluga happeid – vadakut (juustu- või hapupiimavesi), haput õlut, veini, mett. Pärgamendi elastsuse tõstmiseks lisati tuvide, kanade ja koerte ekskremente, milles leiduvad bakterid ja pankrease ensüümid lõhustavad nahakiude ja rasva. Samal eesmärgil kasutati ka sigade sisikondi. Selliselt ettevalmistatud nahad kuivatati ja ladustati. Uuesti töötlema asudes tehti nahk märjaks ning pingutati ristküliku- või rõngakujulisele puitraamile. Pingul nahka kraabiti kirve või spetsiaalse poolkuukujulise noaga (*lunellarium*). Õhendamise hõlbustamiseks ning rasva eemaldamise kergendamiseks määriti nahka tuhast, lubjast ja veest koosneva pastaga ning puistati üle pulbrilise kipsi, kriidi, pimsskivi või kustutamata lubjaga.

Nahka kraabiti seni, kuni saavutati soovitud paksus ja siledus. Eriti hinnatud olid kahelt poolt õhukeseks saaberdatud nahad. Kraabitud nahad kuivatati aeglaselt õhu käes ning lihviti kriidi või pimsskiviga. Naha pinda hõõruti ka lambavillaga. Lihvitud pind töödeldi kriidipulbri, värskelt vahustatud munavalge, laki, kliistri või linaseemneõliga, vastavalt sellele, millist lõppviimistlust sooviti. Pärgamendilehti liimistati želatiiniga, mis keedeti pärgamendi valmistamisest üle jäänud nahatükkidest ja kaabetest. Värvide paremaks nakkumiseks naha pinnaga kaeti pärgament küüslaugu- või apelsinimahla ja veiniga.

Naha kraapimine kutsub esile kollageenikiudude võrgustiku ümberkorraldumise. Osa kiududest katkeb ning ülejäänud orienteeruvad paralleelselt naha pinnaga. Kollageenikiudude kõrval sisaldab nahk kiududevahelist sideainet. Pärast kuivamist hoiab sideaine kiudusid paigal ning kuivanud nahk on sile, tugev, mittepainduv ning pinge all. Naha parkimisel moodustuvad kollageenikiudude vahel ristisidemed, mis takistavad nende liikumist. Kollageenikiudude ümberorienteerumine mehaanilise töötlemise tulemusena on võimalik ainult parkimata või siis väga vähe pargitud naha korral. Kuna kollageenikiud on organiseerunud paralleelsetesse kihtidesse, saab pärgamenti lõhestada õhemateks lehtedeks.

Tänapäeval kasutatakse pärgamendi valmistamisel karvade eemaldamiseks naatriumsulfiidi (võeti kasutusele 1850. aastal). Sulfiide sisaldavad lahused ei toimi aga nahale ühtlaselt ning mõjutavad ka kollageenikiude, muutes need tundlikumaks keemilise ning bioloogilise lagunemise suhtes. Tänapäevased pärgamendid erinevad olulisel määral varasematest mehaaniliste omaduste ja veeimamisvõime poolest. Kõige selle tõttu osutub kaasaegse tehnoloogiaga toodetud pärgament sageli sobimatuks vanade arhivaalide restaureerimisel.

Pärgamenti tehti veise-, lamba-, kitse-, eesli-, sea- või kalanahast. Millistest nahkadest pärgamenti valmistati, sõltus peamiselt sellest, milliseid loomi antud piirkonnas valdavalt kasvatati. Euroopas oli kuni 10. sajandini põhiline kitsenahast valmistatud pärgament, 11.–12. sajandil domineeris lambanahast pärgament.

Pärgamendi kvaliteet sõltus loomaliigist, kliimast, looma toitumusest, east, soost ning loomulikult naha töötlemisviisist. Parema pärgamendi andsid külmas ja niiskes kliimas kasvatatud loomadelt saadud nahad.

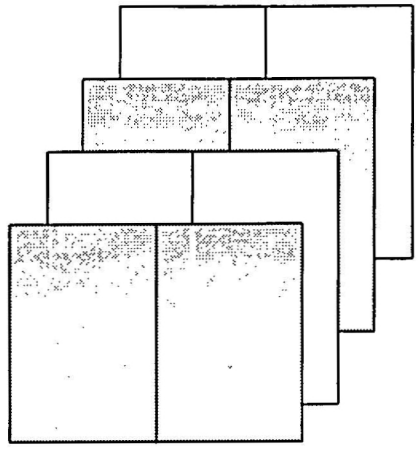
Erilise pärgamendisordi moodustab **uteriinne vellum** (*abortivum, pergamenta vitulina, pergamina virginea),* mis valmistati aborteerunud või surnultsündinud vasikate ja tallede nahast. Uteriinne vellum on väga õhuke, peen ja pehme. See pärgamendiliik võeti kasutusele hilisel keskajal ning levis eriti Prantsusmaal.

Pärgament on väga sobiv kirjutusmaterjal – ta on sileda ning tiheda, hästi värve ja tinte siduva pealispinnaga. Kuna värvid ei tungi pärgamendist läbi, on kirjutamiseks võimalik kasutada lehe mõlemat poolt. Võrreldes varasema kirjutusmaterjali – papüürusega, on pärgament vastupidavam ning parema säilivusega. Pärgamendi levikule aitas kaasa ka asjaolu, et erinevalt papüürusest on teksti kustutamine pärgamendilt tunduvalt lihtsam. Käsikirjade seas leiame küllalt palju **palimpseste** („uuesti silestatud"). Need on käsikirjad, mille algtekst on maha kustutatud ja uus asemele kirjutatud.

Reeglina oli pärgament valge või kollane. Bütsantsis ja Roomas aga värviti pärgament purpurpunaseks ning sellele kirjutati kas kuld- või hõbetindiga.

Pärgament oli väga kallis kirjutusmaterjal. Kuna näiteks ühe käsikirjalise Piibli tegemiseks kulus 200...225 nahka, oli keskajal ühe raamatu hind võrreldav kivimaja hinnaga.

Pärgamendil eristatakse **liha-** ja **karvapoolt**. Karvapool on üldiselt tumedam, näha on karvaaugud (maare). Võrreldes lihapoolega oli vähem rasvane karvapool kirjutamiseks parem. Karvapoolel on tint sageli tumedam ja selgem. Koodeksi valmistamisel volditi pärgamendilehed kokku nõnda, et üksteise vastu satuksid kas lehtede karva- või lihapooled. Seda tuntakse **Gregory seadusena** Caspar Rene Gregory nime järgi, kes sellise seaduspärasuse 1879. aastal avastas. Euroopas algas ja lõppes poogen karvapoolega, Bütsantsi koodeksil oli poogna esimene lehekülg kirjutatud lehe lihapoolele.



Gregory seadus – neljalehelise poogna kokkuvoltimisel satuvad üksteise vastu pärgamendilehe lihapooled lihapooltega ja karvapooled karvapooltega

Pärgamenti kasutati lisaks kirjutamisele ka **köitematerjalina**. Köited valmistati peamiselt lambanahast tehtud pärgamendist, mis oli lihvitud ainult siseküljelt ja apreteeritud tinavalge ning pärgamendiliimiga. Väliskülg kaeti munavalge **apretuuriga**. Eriti õhukesed köitenahad on lõhestatud lambanaha alusnahast, mille pealmine pool on töödeldud kerge elevandiluuvärvilise apretuuriga, alumine pool aga kaetud valge värviga, et nahk läbi ei paistaks. Mõlemad pärgamendid esinevad kas puhasvalgena või soonelisena (antiikpärgament). Köitmiseks on kasutatud ka seapärgamenti, mis on väga tugev, aga suurte pooridega ja raskesti töödeldav materjal. Kalanahast valmistatud pärgamenti kasutati poolpärgamentköidete valmistamiseks. Köitepärgamendina kasutati materjali defitsiitsuse tõttu ka käsikirjalisi pärgamendilehti.

Kokkuvõte

Pärgament on nahast mehhaanilise töötlemise teel saadud kirjutus- ja köitematerjal. Põhiliselt noorte loomade nahad leotati lubjavees, eemaldati kraapides karvad ja nahaalune kude, kuivatati raamil ning hõõruti pimsskiviga siledaks. Pärgament oli väga sobiv kirjutusmaterjal ning seda kasutati Euroopas kuni kaltsupaberi ilmumiseni 12. sajandil.

Kirjandus

Nagel, V. Pärgamentürikute ja -köidete konserveerimine ja restaureerimine. Metoodiline kiri. Tallinn, 1985.

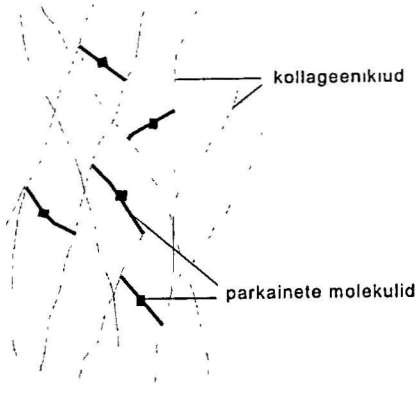
Reed, R. Parchment – old and new // Konserving og restaurering af leader, skind og pergament. Kopenhagen, 1980. P. 328–336.

2.2.3. Naha parkimine

Kuna toores nahk roiskub kiiresti, kuivades muutub aga kõvaks, tõmbub kokku ja murdub, on kasutatava naha saamiseks vaja teda töödelda. Naha mehaanilist ning keemilist töötlemist nimetatakse **parkimiseks**. Parkimisel kasutatavate keemiliste ühendite – parkainete molekulid ühinevad kollageeni funktsinaalsete rühmadega. Parkimata nahas on kollageenikiudusid üksteisega siduvad keemilised sidemed harvad ja nõrgad ning kollageenikud säilitavad liikuvuse. Parkimisel seotakse kollageenikiud tugevate kovalentsete põikisidemetega. Sellega fikseeritakse kollageenikiudude struktuur pöördumatult.

Naha parkimisel võib eristada kolme peamist etappi:

- eeltööd – kuivatatud nahad leotatakse pehmeks, soolatud nahkadest pestakse välja sool, toimub karvade ärastamine ja nahkade puhastamine;
- parkimine;
- viimistlustööd – pargitud nahkade kuivatamine, silumine ja värvimine.



Kollageenikiudude fikseerimine parkainete molekulidega naha parkimisel

Parkimisele eelnevate tööde käigus töödeldakse nahka mitmesuguste leeliseliste ja happeliste lahustega. Lisaks karva eemaldamisele eraldub osa kiududevahelisest ainest, kollageenikiud punduvad ja lagunevad fibrillideks. Kollageenikiududest võrgustik muutub hõredamaks. Järgneva parkimise käigus fikseeritrakse eeltöötluse käigus saavutatud kollageenikiudude struktuur.

Pargitud nahk on mehaaniliselt vastupidav, säilitab kuivades oma struktuuri, mitte ei muutu sarvetaoliseks massiks. Samuti tõuseb tema vastupidavus erinevate välistingimuste suhtes.

Parkimise tulemusena tekkinud põikisidemete hulka iseloomustab naha **liimistumistemperatuur**. Temperatuuri, mille juures põikisidemed hakkavad katkema, nimetatakse naha liimistumistemperatuuriks. Liimistumistemperatuur sõltub kollageenikiudude vahel olevate keemiliste sidemete arvust ning tugevusest. Mida rohkem on keemilisi sidemeid kollageenikiudude vahel ning mida tugevamad nad on, seda kõrgem on liimistumistemperatuur ning seda vastupidavam on nahk. Parkimisel moodustuvad kiudude vahele täiendavad sidemed, mis suurendab liimistumistemperatuuri. Liimistumistemperatuuri leidmiseks pannakse nahaproov vette ning kuumutatakse. Mingil kindlal temperatuuril hakkavad parkimise käigus kollageenikiudude vahele moodustunud põikisidemed katkema ning seetõttu vähenevad nahatüki mõõtmed. Mida kõrgem on liimistumistemperatuur, seda kõvemini on nahka pargitud. Kui nahk on üle pargitud, mis tähendab, et põikisidemeid on tekkinud liiga palju, muutub nahk jäigaks ja rabedaks.

Nahkade parkimiseks on kasutusel väga erinevad meetodid. Üheks vanimaks parkimisviisiks loetakse **rääs-** ehk **traanparki**. Nahku töödeldakse mitmesuguste loomsete ja taimsete rasvadega, mis õhuhapniku toimel lagunevad (rääsuvad). Lagunemise käigus tekivad aldehüüdrühmad, mis reageerivad kollageeni aminorühmadega ning moodustavad põikisidemeid. Rääspargiks kasutatakse peamiselt traani – tursa, heeringa, hai, vaala, hülge või merilõvi rasva. Rääspargiga pargitud naha liimistumistemperatuur on harilikult 50...63 °C, harva üle 75 °C. Selline nahk on rasvane, väga pehme, veniv ja plastiline. Rääsparki kasutatakse näiteks seemisnaha tootmisel.

Taimpark

Taimpark on kindlasti kõige enam levinud parkimisviis. Naha parkimist erinevate taimeekstraktidega tunti juba Vana-Egiptuses ja Indias ligikaudu 3000. aastal e.Kr. Taimpargiks on kasutatud väga erinevaid taimi ning nende osi, millede järgi taimseid parkaineid ka liigitatakse:

- koor – kuusk, tamm, paju, pappel, pihlakas, mimoos, astelpaju;
- puit – kebratšo, kastan, mangroov;
- lehed – sumakipõõsas;
- viljad ja viljakestad – akaatsia, valonea, mürobolaan;
- taimede haiguslikud koed – sapiõunad ja tindi- ehk galluspähklid.

Parkimiseks sobivad tanniide sisaldavad taimed. **Tanniidid** on paljude lähedaste fenoolide segu. Nahka tungides moodustavad nad keemilisi sidemeid kollageenikiudude vahel, aga samuti täidavad kiududevahelise vaba ruumi.

Taimpargi eeltööna leotati toornahku jahuhapatises (hapendatud jahurokk) või kuumas rukkijahu rokas, millele oli lisatud potast (puutuhka). Kõige varasem taimpark toimus järgmiselt. Laudadega vooderdatud auku laoti vaheldumisi nahad ja parkimiseks kasutatavad taimeosad ning täideti auk veega. Vees lahustuv parkaine ligunes aja jooksul taimedest välja ning imbus nahasse. Aegajalt vahetati taimed värskete vastu välja. Sellisel meetodil pargitud naha tugevus ja vastupidavus olid head, kuid parkimine ise kestis kaua – kuni mitu aastat. Hiljem võeti kasutusele juba eelnevalt vastavatest taimedest väljaleotatud parkeekstraktid. Parkimist kiirendas tunduvalt tünnipargi (seisev) asendamine tõrrepargiga (pöörlev) 1898. aastal. Pöörlev tõrs on seestpoolt varustatud pulkadega, mis tõstavad nahku üles, misjärel need jälle alla kukuvad. Nahkade mehaaniline muljumine kiirendab tunduvalt parkimisprotsessi. Parktõrred koos lahuse temperatuuri tõstmisega võimaldasid lühendada parkimisaega mõne päevani. Kiiresti pargitud naha vastupidavus jääb siiski alla pikaajaliselt pargitud naha omale.

Taimsete parkainetega pargitud nahkade liimistumistemperatuur on 70...85 °C. Taimeekstraktidega pargitud nahk on helebeeži tooniga, väga elastne ja vettimav ning hoiab hästi töötlemisel antud kuju.

Mineraalpark

Mineraalsete parkainetega pargitud nahku nimetatakse **mineraalparknahaks**. Enamlevinud mineraalseteks parkaineteks on alumiiniumi, kroomi ja tsirkooniumi soolad.

Mineraalsed parkained on väikeste mõõtmetega, nad täidavad nahka halvasti. Nendega pargitud nahal on väiksem tihedus ning ta kaldub kaotama töötlemisel saadud vorme.

Varaste nahkade korral on väga raske, kui mitte võimatu eristada erinevaid parkimismeetodeid. Sageli lisati karvaärastamislahustesse lisaks taimsele materjalile ka mitmesuguseid mineraalaineid – keedusoola, maarjast, raudsulfaate. Keedusool kiirendab karva ja lisandainete eemaldumist. Rauasooli kasutati peamiselt nahale värvuse (tumepruun, must) andmiseks, aga samuti toimub nendega töötlemisel naha õrn parkimine (raud on üsna halb parkaine). Lisaks mineraalainetele lisati mitmesuguseid loomse päritoluga aineid – ekskremente, uriini, liharappeid, ajusid, maksa, piima, võid, mune. Kuna vannidesse pandi väga erinevaid aineid, olid ka saadud nahad väga erinevate omadustega.

Karva ning lisandainete eemaldamine, kollageenikiududest võrgustiku pundumine, parkimine, värvimine ja rasvatamine toimusid sellisel töötlemisel ühekorraga. Alles tunduvalt hiljem hakati parkimisprotsessi läbi viima eraldi etappides.

Maarjaspark

Kui karvaärastusvannidesse lisati maarjast (näiteks Vana-Egiptuses), saadi tulemusena ühtaegu nii taim- kui mineraalpark. Maarjasparkimine oli kõrgel arengujärjel vanade araablaste juures, sest kõrbealadel kuivanud järvedes leidus parkainetena kasutatavaid maarjajääd ja keedusoola. Keedusoolata parkimine ei toimu, kuna happelise reaktsiooniga maarjas tursutab nahka ning takistab seega ühinemist parkainetega. Vett siduv keedusoolalahus takistab naha liigset pundumist. Naha täitmiseks lisatakse veel jahu, munarebu ning mitmesuguseid õlisid.

Maarjasega pargitud nahad on mehaaniliselt vastupidavad, küllaltki venivad ning õhku läbilaskvad. Samal ajal ei ole nad eriti kuumuskindlad. Maarjaspargis pargitud seanahku kasutati keskajal massiliselt raamatuköidete valmistamiseks.

Valgepark

Valgepargiks sobisid lamba-, kitse- ja seanahad. Naha eeltöötlus sarnanes taimpargi omale. Karvade ärastamine toimus lubjatünnides. Park valmistati jahukliidest. Järgnevalt puhastati nahad kliidest ja asetati 7%-lisse maarjajää lahusesse. Nahku leotati lahuses ühe öö jooksul. Järgmisel päeval määriti nahad taignaga, mis valmistati kliidega odrajahust, munakollasest ja hapatise vedelikust ning jäeti 12 tunniks seisma.

Valgepark on väga nõrk, parkained eemalduvad veega kergesti, märjakstehtult ja kuivades muutub valgeparknahk jäigaks, kõvaks ja savijaks nagu parkimata nahk. Valgepargi liimistustemperatuur on 50...63 °C. Valgeparknahku tuleb kindlasti hoida kuivas.

Valgeparknahka on laialdaselt kasutatud köidete valmistamisel.

Kroompark

Kroompark võeti kasutusele 1880. aastatel. Parkainena kasutatakse mitmesuguseid kroomisoolasid. Tänapäeval on kroompark üks laiemalt levinud parkimisviise. Kroomnahad on mehaaniliselt vastupidavad, liimistumistemperatuuriga 80...130 °C ning vastupidavad kahjulike mõjutustes suhtes.

ERIOSA 9. Naha ja pärgamendi eristamine

Naha ja pärgamendi eristamine, eriti vanade tehnoloogiate puhul, on küllaltki keeruline . Harilikult tuntakse pärgamendi all parkimata nahka. Nagu me aga eelnevalt nägime on mitmed pärgamendi valmistamise protseduurid sarnased naha parkimisele. On selge, et kui karvade eemaldamiseks kasutati taimeekstraktide vanne, siis toimus lisaks karva eemaldamisele ka nõrk parkimine ning mehaaniliselt töödeldi juba eelnevalt nõrgalt pargitud nahka.

Vaatleme järgnevalt võrdlevalt naha ja pärgamendi põhilisi omadusi.

PÄRGAMENT	*NAHK*
kihiline struktuur	*kompleksne, juhuslik kollageenikiudude võrgustik*
lõhustub kergesti kihtideks	*ei lõhustu kihtideks*
kas ei ole üldse või on väga vähe parkaineid	*parkaineid palju*
kui parkaineid on, siis ainult naha pindmistes kihtides	*parkained on jaotunud ühtlaselt*
tõmbub kokku madalatel temperatuuridel ja vees kuumutamisel	*tõmbub kokku kõrgematel temperatuuridel ja vees kuumutamisel*
imab vett kiiresti suurel hulgal	*võib vett kiiresti imada, kuid mitte suurel hulgal*
kuivana vastupidav	*vähem vastupidav kui pärgament*
vee toimele mittevastupidav	*vee toimele vastupidav*
jäik, vähem painduv kui nahk	*üldiselt painduvam kui pärgament, olenevalt parkimisviisist erinevate omadustega*
läbipaistmatu, kuid on ka läbipaistvaid sorte	*alati läbipaistmatu*
võimalik muuta parkimisega nahaks	*võimatu muuta pärgamendiks*

Alates 20. sajandi algusest kasutatakse nahkade parkimiseks ka mitmesuguseid sünteetilisi parkaineid. Sageli kombineeritakse parkimisel erinevaid parkaineid, et saada soovitud omadustega nahka.

Kokkuvõte

Parkimine on toornaha mehaaniline ja keemiline töötlemine nahaks. Toornahalt eemaldatakse karvkate ja marrasknahk ning nahaalune kude. Järelejääv mälv töödeldakse parkainetega. Parkaine järgi eristatakse rääs- ehk traanparki, taimparki, mineraalparki ja süntaanparki. Parkained seovad kollageenikiud tugevate keemiliste põikisidemetega. Sellega suureneb naha mehaaniline ja termiline vastupidavus ning samuti talub pargitud nahk paremini mitmesuguste keskkonnatingimuste toimet. Köidete valmistamiseks on kasutatud põhiliselt taimpark- ja maarjasparknahka.

Kirjandus

Valk-Falk, E. Nahk ja köitetehnoloogia // Renovatum Anno 1992. 1992. Lk. 22–38.

Kasumets, V. Nahkköidete konserveerimine ja restaureerimine. Metoodiline kiri. Tallinn, 1985.

2.2.4. Naha ja pärgamendi vananemine

Proteiinsete materjalide keemilis-füüsikalised omadused tulenevad nende küllaltki keerulisest molekulaarsest ehitusest. Kollageeni vananemisel toimuvad muutused kõikidel valgu organisatsioonitasanditel, mis muudab vananemisprotsessid küllaltki komplitseerituteks.

Naha vananemine on seotud keemiliste sidemete katkemisega:

- polüpeptiidahelates;
- polüpeptiidahelate vahel.

Keemiliste sidemete katkemine võib toimuda nii hüdrolüütiliselt kui ka oksüdatiivselt. Naha lagunemise kaks peamist mehhanismi ongi happeline hüdrolüüs ja oksüdatsioon. Lisaks kollageenile mõjutavad need protsessid ka kasutatud parkainete struktuuri.

Peptiidsideme katkemise ehk **hüdrolüüsi** kutsuvad esile vesi, temperatuuri tõstmine, happed, alused ja ensüümid.

Peptiidsidemete katkemine aminohapete vahel polüpeptiidahelas kutsub esile kollageeni omaduste pöördumatu muutumise. Kollageeni polümerisatsiooniaste väheneb, nahk muutub hapraks ja kergesti murduvaks. Kui küllat suur hulk peptiidsidemeid on katkenud, muutub vees lahustumatu kollageen vees lahustuvaks želatiiniks. Želatiin ongi erineva pikkusega polüpeptiidahela osade suspensioon vees.

Hüdrolüüsi tulemusena tekivad väiksemad peptiidid ja aminohapped. Peptiidside võib hüdrolüüsuda vee toimel, eriti kui nahka hoitakse vees pikka aega. Kuuma vee ja auruga toimub hüdrolüüs, mida nimetatakse ka želatiniseerumiseks, märksa kiiremini. Seejuures on pärgament võrreldes nahaga märksa tundlikum vee ja temperatuuri toime suhtes.

Hapete toimel hüdrolüüsuvad nii peptiidsidemed polüpeptiidahelates kui ka kollageeniahelaid omavahel siduvad keemilised sidemed. Kiududevaheliste sidemete katkemise tõttu muutub nahk poorseks ning ligipääsetavaks mitmesugustele keemilistele ühenditele.

Taimparknahale iseloomulikku lagunemist happelise hüdrolüüsi mõjul kutsutakse „punaseks mädanikuks" (*red rot*). Naha pind hakkab murduma ja kestendama ning lõppstaadiumis muutub pulbriliseks. Samaaegselt muutuvad nahas leiduvad parkained tellisepunast värvust omavateks lagunemisproduktideks, millest see protsess on ka oma nime saanud. Happelise hüdrolüüsi kutsuvad esile töötlemise käigus nahka jäänud või hiljem väliskeskkonnast sinna sattunud happelised ühendid. Happelise hüdrolüüsi tõttu kahjustatud nahka iseloomustab kõrge happelisus (pH vahemikus 2,5...3,0). Taimparknaha normaalne pH on vahemikus 3,5...6,0.

Sarnaselt hapetega kutsuvad naha hüdrolüüsi esile ka alused. Kollageeniahelaid siduvate keemiliste sidemete, eriti aluste toime suhtes tundlike disulfiidsete sidemete katkemisel tekivad polüpeptiidahelasse kromofoorsed grupid. Nende tõttu omandab nahk kollaka või pruunika värvuse. Eralduvad väävelvesinik, väävel ja naatriumsulfiid, mis põhjustavad omakorda täiendavat hüdrolüüsi. Samuti lagundavad nad teisi orgaanilisi materjale ja korrodeerivad metalle, kui need satuvad nahaga kokkupuutesse. Kollageeni aluseline hüdrolüüs koos soolade olemasoluga nahas põhjustavad tugeva, jäiga ja rabeda naha.

Teiseks peptiidsideme lagunemismehhanismiks on **oksüdatsioon**. Naha oksüdatiivse lagunemise kutsuvad esile temperatuur, valgus ning oksüdeerivad saasteained (O_3). Naha oksüdatsioonile on iseloomulik kollageeni aminohappelise koostise muutused, kuna terve rida aminohappeid laguneb. Osade aminohapete hulk seega väheneb ning teiste oma jällegi kasvab, samuti suureneb aminohapete lagunemisel tekkivate ühendite sisaldus nahas. Aminohapete oksüdeerumine viib peptiidsideme katkemisele polüpeptiidahelas.

Mõlemad eelpoolkirjeldatud lagunemismehhanismid toimuvad reaalsetes tingimustes üheaegselt. Kuivas õhus (suhteline õhuniiskus alla 75%) on hüdrolüütiline lagunemine väiksema ulatusega kui oksüdatsioon.

Sarnaselt teistele looduslikele polümeeridele (näiteks tselluloos) koosnevad ka valgud kristallilistest, st. keemiliste sidemetega tihedalt seotud hästi organiseeritud piirkondadest, ja vähemal määral organiseeritud amorfsetest piirkondadest. Lagunemisprotsessid algavad alati amorfsetest piirkondadest.

Temperatuuri tõstmine lõhub kollageeni kristallilist struktuuri ning temperatuuri tõusul üle liimistustemperatuuri kristallilisus kaob. Jahtumisel taastuvad kristallilised piirkonnad ainult osaliselt.

Naha omaduste mõju vananemisprotsessidele

Naha ja pärgamendi vananemise kiirust mõjutavad järgmised endogeensed tegurid:

- naha liik
- töötlemisprotsess
- nahas leiduvad lisandained

NAHA LIIK. Oluline on naha paksus, mida mõjutavad looma liik, tõug, sugu, vanus ja toitumus. Naha tugevus sõltub mitte niivõrd naha üldpaksusest, vaid just derma e pärisnaha paksusest. Naha tugevust mõjutab peamiselt kollageenikiudude hulk ning kiudude läbipõimumise tihedus dermas. Kui võrrelda ühepaksust vasika- ja lambanahka, selgub, et vasikanahk on vastupidavam. Seda on võimalik seletada sellega, et vasikanahas on derma tunduvalt paksem ning kollageenikiud kompaktsemalt paigutunud.

TÖÖTLEMISPROTSESSIDE MÕJU NAHA OMADUSTELE. 19. sajandi keskpaigast hakati karvaärastamisel lubjalahusesse lisama naatriumsulfiidi, mis küll oluliselt kiirendas protsessi, kuid muutis ühtlasi naha happelisemaks.

Kui karvade ärastamiseks kasutatakse lubjavanne, jääb pärast karvade eemaldamist nahka suurel hulgal lupja. Enne parkimist tuleb aga nahka jäänud lubi eemaldada, kuna see takistab parkimisprotsessi. Lubja eemaldamiseks töödeldakse nahka hapetega. Enne 19. sajandi keskpaika kasutati selleks käärimisprotsessidel tekkivaid orgaanilisi happeid – või-, äädik- ja piimhapet või sidrunimahla. Sellisel töötlemisel jäi nahka palju kaltsiumisooli. Kaltsiumisoolad reageerivad nahka sattuvate hapetega, takistades nii kollageeni hüdrolüüsumist. Pärast 1850. aastaid võeti lubja eemaldamiseks kasutusele väävelhappe lahused ja ammooniumsulfaat. Nende ainetega töödeldud nahka kaltsiumsooli praktiliselt enam ei jää ning nahk on hapete poolt kergemini kahjustatav. Kuna pärgamenti ei pargitud, jäi kogu nahka sattunud lubi alles ning kõrge kaltsiumisisaldus kaitseb pärgamenti hapete toime eest.

Parkimine tõstab naha mehaanilist vastupidavust, suureneb liimistumistemperatuur ja naha keemiline stabiilsus.

Naha töötlemine alustega, näiteks karvade eemaldamisel, vähendab liimistumistemperatuuri, kuna aluste toimel katkeb osa kiududevahelistest sidemetest. Toome järgnevalt ära mõnede nahaliikide liimistumistemperatuurid:

- puhas kollageen 65°C
- lubjaga töödeldud kollageen 50...60 °C
- rasvapark 50...63 °C
- formaldehüüdpark 63...73 °C
- taimpark 70...85 °C
- valgepark 50...63 °C
- maarjaspark 81...90 °C
- kroompark 95...130 °C

Taimsed parkained jagatakse keemiliste omaduste poolest kahte suurde rühma. **Hüdrolüüsuvad tanniidid** lagunevad kergesti suhkruteks ja fenoolijääkideks. **Kondenseerunud tanniidid** koosnevad peamiselt heterotsüklilistest fenoolidest, nad ei hüdrolüüsu ning moodustavad vähelahustuvaid komplekse. Üks taimeliik võib sisaldada ka mõlemat liiki tanniide. Kondenseerunud tanniidid

oksüdeeruvad tunduvalt kiiremini, võrreldes hüdrolüüsuvate tanniididega. Nahkade tundlikkus oksüdatsiooni suhtes suureneb järgmises reas:

- parkimata nahk;
- hüdrolüüsuvate tanniididega pargitud nahk;
- kondenseerunud tanniididega pargitud nahk.

Naha vananemise käigus muutuvad ka parkained ise. Eriti puudutab see taimse päritoluga parkaineid. Hüdrolüüsuvad parkained lagunevad väiksemateks ühenditeks. Samaaegselt toimub ka parkainete (eriti kondenseerunud tanniidide) oksüdeerumine ja polümeriseerumine. Tekivad suurema molekulmassiga ning hüdrofoobsemad ühendid.

Taimsed parkained üldiselt kiirendavad naha lagunemist, seda nii hüdrolüütiliste kui ka oksüdatiivsete protsesside korral. Kondenseeruvad tanniidid kiirendavad süsinikdioksiidi adsorbeerumist ja kollageeni happelist hüdrolüüsi.

Vananemisele vastupidavuse vähenemise järgi reastuvad erinevalt töödeldud nahad järgmiselt:

- pärgament;
- kroompark, valgepark;
- hüdrolüüsuvate tanniididega pargitud nahk;
- kondenseeruvate tanniididega pargitud nahk.

Pärast parkimist viiakse nahka mitmesuguseid **rasvaineid**, et vätida kollageenikiudude kokkukleepumist naha kuivamisel. Samuti toimivad nahas olevad rasvad määrdeainetena, takistades naha painutamisel kiududel üksteise vastu hõõrduda. Rasvained aitavad säilitada naha pehmust ja painduvust ning vähendavad naha veeimavust. Nahkade pehmendamiseks kasutatakse nii loomseid, taimseid kui ka mineraalseid ning sünteetilisi rasvu, õlisid ja vahasid. Nahk peab sisaldama ligikaudu 5% rasvaineid. Kui rasvaineid on liiga palju, muudab see naha pealiskihi murduvaks. Rasvad lagunevad glütserooliks ja rasvhapeteks. Vabad rasvhapped tekitavad nahas happelise keskkonna, soodustades sellega omakorda kollageeni happelist hüdrolüüsi. Naha pinnale välja kristalliseerudes moodustavad nad valgeid laike.

Nahkade värvimise käigus võidakse välja pesta osa puhverdavalt toimivatest sooladest. Kui nahka värvitakse rauasooli sisaldavate värvainetega, mõjub see nahale kahjulikult.

LISANDAINED NAHAS. Nahas leiduvatest lisandainetest mõjutavad vananemist olulisel määral vesi ning metalliioonid. Vee osatähtsust naha säilimisel käsitletakse kolmandas peatükis.

Metallid võivad nahka sattuda parkimisel, värvimisel, dekoreerimisel, aga ka näiteks tolmuga. Metalliioonid koos vesinikperoksiidiga (H_2O_2) kutsuvad esile peptiidsidemete lagunemise aminohapete vahel. Vesinikperoksiid tekib omakorda küllastumata rasvhapete oksüdeerumisel, kusjuures metalliioonid katalüüsivad seda reaktsiooni. Kõige aktiivsemalt osalevad naha lagunemisel vase (Cu^{2+}) ja raua (Fe^{2+}) ioonid. Sageli algab naha ja pärgamendi lagunemine just eelpoolkirjeldatud oksüdatiivse reaktsiooniga. Oksüdatiivseid lagunemisreaktsioone põhjustab ka metalliioonide oksüdatsioon ühest valentsolekust teise ($Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$; $Cu^{1+} \rightarrow Cu^{2+}$).

Küllaldase niiskuse olemasolul kaasneb metalliiooni oksüdeerumisega molekulaarse hapniku ja metalliiooni ebapüsiva kompleksi teke, mis viib vabade radikaalide moodustumisele. Viimased on aga väga tugevad oksüdeerijad ning lagundavad kergesti peptiidsidemeid.

Pärgamendis, mis töötluse eripärade tõttu sisaldab palju lupja, reageerib raud niiskuse olemasolul lubjaga, moodustades kollase värvusega raudhüdroksiidi. Samuti on pärgament väga tundlik lahustuvate vaseühendite toime suhtes.

Kokkuvõte

Naha vananemisel katkevad keemilised sidemed nii kollageeniahelates kui ka ahelate vahel. Naha lagunemise kaks peamist mehhanismi on happeline hüdrolüüs ja oksüdatsioon. Milline nendest on domineeriv, sõltub naha parkimisviisist ja hoiutingimustest. Happelise hüdrolüüsi põhjustavad töötlemise käigus nahka jäänud happelised ühendid ning õhust nahka sattuvad saasteained (SO_2, NO_2). Oksüdatiivse lagunemise põhjusteks on temperatuur, valgus ning saasteained (O_3). Vananemisele kõige vastupidavam on töötlemata nahk (pärgament), sellele järgneb mineraalparknahk ning kõige vähem vastupidavam on taimparknahk.

Kirjandus

Haines, B. Natural ageing of leather in libraries // Leather. Its composition and changes with time. London, 1991. P. 66–74.

STEP Leather Project. European Commission, 1994.

Timar-Balazsy, A. Structure and deterioration of proteins – leather, parchment and protein binding media // Paper Conservation Course 1. Austria, 1993. P. 67–99.

2.3. TINDID JA TRÜKIVÄRVID

Teksti pealekandmiseks alusmaterjalile, olgu selleks papüürus, pärgament või paber, on kasutatud erinevaid meetodeid. Vastavalt teksti pealekandmise viisile võime me dokumente jagada:

- käsikirjalised;
- trükitud;
- masinkirjalised;
- elektrograafilised dokumendid.

Kõikide nende meetodite korral kantakse tekst alusmaterjalile mingi värvaine abil.

2.3.1. Tintide ja trükivärvide koostis

Tindid

Laiemas tähenduses nimetatakse tintideks värvainete lahuseid või suspensioone, mis on ette nähtud kirjutamiseks ja joonistamiseks paberile ja pärgamendile. Tuššina tuntakse süsiniktinte, st. põhikomponendina tahma sisaldavaid tinte.

Vana-Egiptuses kasutati tahmast valmistatud tinti. Tahm segati akaatsia (*Acacia arabica*) kummivaigu nõrga lahusega. Sideainena kasutati veel ka härja sarvedest valmistatud liimi.

Hiinas ilmus tint ehk tušš kasutusele varase Hani dünastia ajal (206 e.Kr. – 9 p.Kr.). Tint koosnes tahmast, liimainest ja aromaatsetest lisanditest. Parima kvaliteediga tindid sisaldasid kuni kakskümmend komponenti. Varaseim ja ka kõige levinum viis tahma saamiseks oli männipuidu põletamine õhu piiratud ligipääsu tingimustes. Hiljem võeti kasutusele lambitahm, mis saadi tungpuuõli põletamisel lambis. Kõige parema kvaliteediga tahma andis searasva põletamine. Tahm sadestati leegi kohale asetatud plaadile. Liimainena kasutati loomse päritoluga liime, mida saadi kas loomanahkadest või kaladest, kõige paremaks loeti hirvesarvedest valmistatud liimi. Tinti lisati muskust, ninasarviku sarve, purustatud pärleid, mitmesuguseid parfüüme, värvaineid ja taimeekstrakte. Mõnikord lisati lakki, mis muutis tindi vastupidavamaks, tugevamaks ja läikivamaks.

Tindi valmistamine ei olnud keeruline, küll aga aeganõudev protseduur. Tahm sõeluti enne liimi ja lisandainete lisamist. Seejärel sõtkuti ja tambiti saadud massi pikka aega. Tinditainas valati väikestesse vormidesse tahkuma, kuivatati väga aeglaselt ning lõpuks kaunistati värvimise või kuldamisega. Heakvaliteediline tint pidi enne kasutamist seisma mitmeid aastaid.

Tindi puhul hinnati musta tooni säravust, sügavust ja võimet moodustada erinevaid varjundeid. Tint pidi andma sileda ja vastupidava pinna ning hästi seostuma paberi ja siidiga. Ta ei tohtinud kleepuda pintsli karvade külge ega imbuda paberisse. Musta tindi kõrval tunti ka värvilist, põhiliselt punast tinti.

Euroopas kasutati kirjutamiseks mitmeid erinevaid tindisorte. Üks kirjutaja kasutas siiski tavaliselt ühte sorti tinti. Esineb aga ka käsikirju, milledel isegi ühelt lehelt leiab erinevaid tinte.

Süsiniktint (tušš) koosneb jahvatatud tahmast, veest ning liimainest. Tahma saadi küünalde, mesilasevaha, lina- ja kanepiseemneõli, oliiviõli, viiruki, pigi ja mitmesuguste loomsete õlide põletamisel. Sideainena kasutati mandli- või ploomipuuvaiku, riisi- ja nisutärklist, loomset liimi ja kalaliimi. Mõnikord lisati süsiniktindisse ka rauaühendeid (raudsulfaati).

Sellise tindi veekindlus sõltub liimainest ning sageli ei ole süsiniktindid veekindlad. Samas on nad aga valgusekindlad ning vastupidavad erinevate keemiliste ainete toime suhtes. Süsiniktint koos raudsulfaadi lisandiga ei ole veekindel.

Süsiniktindi erivormiks oli **bister**, mida saadi pooleldi söestunud puidu ekstraheerimisel või siis vähekvaliteedilise tahma pikaajalisel keetmisel vees. Sellise tindiga kirjutatud tekst on kollakaspruuni värvusega ning vähese valgusekindlusega. Bisterit kasutati harva kirjutamiseks, küll aga 17.–18. sajandil laialdaselt joonistuste koloreerimisel.

Süsiniktint on paks, kuna tahmaosakesed ühinevad kergesti omavahel ning sadenevad aja jooksul välja. Süsiniktint imendub paberisse raskelt ning on samas kraapimise ja pesemisega kergesti eemaldatav. R. Reed oletab, et süsiniktindi kerge eemaldatavus pärgamendilt oligi raudgallustintide ilmumise põhjuseks. Juudi seadused keelasid eelnevalt täiskirjutatud ning seejärel kustutatud pärgamendilehtede kasutamise Toora kirjutamiseks. Et selline asi ka kogemata ei juhtuks, oli vaja kasutada raskesti eemaldatavat tinti.

Sellele nõudele vastasid **metalltindid** (*encaustum*). Plinius kirjeldab neid 1. sajandil ning 4. sajandil olid nad juba laialdaselt kasutusel. Metalltindid sisaldavad rauasooli (raudsulfaati e. rohelist vitrioli, raudkloriidi), galluspähkliekstrakti ja liimainet. Mõnedest tintidest on leitud ka vaske ja tsinki. **Galluspähklid** e. tammepahad on putukate vastsete ümber kasvanud moodustised tammede lehtedel, mis sisaldavad märkimisväärsetes kogustes parkaineid. Kuivatatud pähklite leotamisel saadud ekstrakt sisaldab palju gallushapet. Gallushape on värvitu, kuid reageerides rauasoolade ja õhuhapnikuga moodustab ta musta värvusega kompleksühendi. Galluspähkli kõrval leidsid kasutamist ka teiste parkaineid sisaldavate taimede ekstraktid – männi, paju, hobukastani, kreeka pähkli jms. koortest saadud leotised. Metalltintide kasutuselevõtmine võib olla seotud parkimisega. Taimede lahused, millega nahku töödeldi, sisaldasid parkaineid. Kui nüüd nahk parkimise käigus puutus kokku rauaga, värvus ta tumedaks. Selline nähtus võis viia ideele valmistada tinti.

Parkained ei reageeri raud(II)ioonidega (Fe^{2+}), musta värvusega raudgallaat tekib ainult reageerimisel raud(III)ioonidega (Fe^{3+}). Tindi koostises olevad rauaühendid sisaldavad raud(II)ioone, mis paberile või pärgamendile sattudes oksüdeeruvad õhuhapniku toimel raud(III)ühenditeks ning need omakorda reageerivad parkainetega. Kirjutamisel on tekst esialgu hallika tooniga, alles mõne päeva jooksul muutub see sügavmustaks. Kui tindi valmistamiseks kasutada kohe raud (III)ühendeid, saadakse intensiivselt must tint, mis aga mõne aja jooksul muutub pruunikaks. Sellises tindis moodustub värvaine juba tindilahuses, mitte alles paberil. Kirjutamisel ei tungi värvaine paberisse ning pinnale jäänud pigment on kergesti mehaaniliselt eemaldatav ja tundlik erinevate kahjulike keemiliste mõjurite suhtes.

Raua enneaegse oksüdeerumise vältimiseks lisati tinti mitmesuguseid orgaanilisi ja anorgaanilisi happeid – granaatõunamahla, äädikhapet, sidrunimahla, uriini, sappi, väävelhapet ja soolhapet.

Liimainetena kasutati raudgallustintides kummiaraabikut ja liimvaiku. Lisati ka lambitahma, pressitud puusütt, mida saadi pöögi põletamisel, peenestatud virsikukive, vasevitrioli. Mõnede tintide korral kasutati lahustajana veini, õlut või konjakit.

Toome järgnevalt mõned tindiretseptid:

1. Raudgallustindi retsept Canneparius'e (1660) Veneetsia meditsiiniprofessori teosest:

1 osa	kummiaraabikut
2 osa	rauavitrioli
3 osa	galluspähkleid
30 osa	vett

2. Tindiretsept 19. sajandi lõpust:

23,4 g	tanniini
7,7 g	gallushapet
30 g	raudsulfaati
10 g	kummiaraabikut
10 g	soolhapet
1 g	fenooli
1000 g	vett

Süsinik- ja raudgallustinte kasutati koos 7.–8. sajandini, seejärel hakati eelistama viimaseid. 11. sajandil annab Ibn Badis kolme liiki tindiretsepte:

- süsiniktindid;
- raudgallustindid;
- süsiniktint koos raudsulfaadi lisandiga.

Rauasoolade enneaegse oksüdeerumise ärahoidmiseks lisatud happed muutsid tindi kirjutamisel halvasti nähtavaks. Tindi värviliseks muutmiseks pandi sinna vees lahustuvaid happekindlaid orgaanilisi värvaineid, harilikult alisariini, antratseeni või indigot. **Alisariintindid** võeti kasutusele 1856. aastal. Värvainete lisamine muutis tindi roheliseks. Paberil, pärast raudgallaadi teket, omandas tint sügava musta tooni. Sellised tindid on väga püsivad. Hapete neutraliseerimiseks hakati tinti lisama kriiti.

Alisariintindi retsept:

42 osa	galluspähkleid
3 osa	alisariinvärvi
1,5 osa	indigosulfoonhapet
5,5 osa	raudsulfaati
2 osa	äädikhapet (4%-list)

Teine meetod raudgallustindi värviliseks muutmiseks seisnes selles, et tinti lisati ammooniumhüdroksiidi (nuuskpiiritust). Tekkis pruunikasvioletne vees hästi lahustuv ammooniumoksiferrigallushape. Kirjajoonel oli esialgu violettmust värv, mis oksüdeerus paberil hallikasmustaks ning paberi täielikul kuivamisel mustaks. Tint seostus hästi paberiga ning oli veekindel.

15.–17. sajandil kasutati tintidena mitmete looduslike **värvainete vesiekstrakte**. Selleks sobisid hästi näiteks laukapuu okkad. Need lõigati kevadel enne pungade puhkemist, leotati kolm päeva ning keedeti seejärel koos koorte ja veiniga. Laukapuu kõrval kasutati ka safranit, hennapõõsa lehti, kirsse ja granaatõunapuu koort.

Kampešštindid on nimetatud troopikas kasvava kampešširipuu järgi, millest saadud ekstrakte kasutati tintide valmistamiseks. Ekstrakt värvub vastavalt lisatavatele ainetele kas purpurseks (ammoniaak), punaseks (happed), violetseks ja sinakasroheliseks (vasesoolad ning alused). 15.–17. sajandil kasutati punaseid ja siniseid kampešštinte. 1847. aastal saadi ekstrakti töötlemisel kaaliumdikromaadiga musta värvusega tint.

Kampešštindid tungivad hästi paberisse, seonduvad tugevasti ning on veekindlad. Samas ei ole tint vastupidav oksüdeerijate toime suhtes ning pleekub kergesti valguse mõjul.

Aniliintindid. 1855. aastal õnnestus Tartus töötanud poola päritolu keemikul J. Natansonil sünteesida värvaine fuksiin, mille lähteaineteks olid aniliin ja dikloroetaan. Kalleid looduslikke värvaineid hakati seejärel üha rohkem asendama sünteetilistega. Need olid odavad, heade värvimisomadustega ning väga erinevates toonides. Aniliinil põhinevate sünteetiliste värvainete baasil on loomulikult võimalik valmistada ka tinte ning aniliintindid võetigi laialdaselt kasutusele 20. sajandi alguses. Musta tindi saamiseks kasutati selliseid värvaineid nagu nigrosiin, naftoolsinakasmust ja happeline must. Aniliintint kujutabki endast värvaine vesi- või alkoholilahust. Viskoossuse ja stabiilsuse tõstmiseks lisatakse suhkrut, dekstriini ja siirupit ning hallituse ja bakterite hävitamiseks mitmesuguseid antiseptikuid – salitsüülhapet, formaliini, fenooli, äädikhapet. Tindi reaktsiooni (pH) reguleerimiseks kasutatakse ammoniaaki ja soolhapet ning antifriisina glütseriini ja glükooli.

Valmistatakse ka värvilisi aniliintinte – punast (värvaineteks eosiin, rodamiin B, happeline fuksiin), sinist (metüülsinine, happeline sinine K) ja rohelist (briljantroheline, metüülroheline).

Aniliintindid ei ole veekindlad, nende vastupidavus erinevatele keemilistele ühenditele ja eriti valguse toimele on nõrk. Aluste mõjul kaotavad aniliintindid värvuse ja lagunevad. Aniliintintidega kirjutatud dokumentide pikaajaline säilitamine on seega problemaatiline.

Tänapäeval kasutatakse erineva koostisega **tušše**. Kaseiintušš on vedel must tušš, mis koosneb tahmast, veest, kaseiinist, booraksist, ammooniumhüdroksiidist ja fenoolist. Tahke must tušš koosneb tahmast, želatiinliimist, glütseriinist, suhkrust ja kaoliinist. Šellaktušši korral on sideaineks šellak.

Värvilised tuššid valmistatkse põhimõtteliselt samadest komponentidest, tahma asemel on värvaineks mingi orgaaniline pigment.

Templivärvid jagunevad rasvasteks värvideks ja glütseriinvärvideks. Rasvased templivärvid valmistatakse tüpograafilisest värnitsast ja vastavast värvainest – tahm annab musta, ultramariin sinise ja karmiin ning kinaver punase värvitooniga templivärvi.

Rasvased templivärvid tungivad sügavale paberisse ning ei ole praktiliselt eemaldatavad.

Glütseriintemplivärvid valmistatakse vastavast värvainest, mida segatakse glütseriini ja siirupiga.

Pastapliiatsites kasutatav tint koosneb värvilahusest oleiinis, kastoorõlis, mineraalõlides, glükoolis, polüglükoolis või bensüülalkoholis. Värvained, mis peavad olema õlis lahustuvad, moodustavad kuni 45% tindist. Tänu kasutatavatele õlidele on selline tint väga viskoosne.

Kirjutusmasinavärv

Kirjutusmasinad tulid kasutusele 1887. aastal. Tekst kantakse paberile värviga immutatud lindi vahendusel. Lint töödeldakse värvaine, glütseriini või õlide seguga, millele on lisatud plastifikaatoreid ja kinnitajat. Musta värvi korral kasutatakse pigmendina tahma. Musta värvi masinkiri on valgus- ja veekindel, kuid kuna värvi seostumine paberiga on küllaltki nõrk, ei ole ta mehaanilisele hõõrumisele vastupidav. Vähem valguskindlad on need värvid, kus pigmentidena on kasutatud sünteetilisi orgaanilisi värvaineid. Värvilised masinkirjatekstid on tundlikud valguse ja mitmesuguste keemiliste ühendite (oksüdeerijad, orgaanilised lahustid) suhtes.

Kirjutusmasinatekstide korral eristatakse esimest ja dubletseid eksemplare. Viimased saadakse kopeerpaberi abil. **Kopeerpaber** on õhuke, ühelt poolt värviga kaetud paberileht. Värv koosneb pigmendist ja sideainetest, milleks on rasvad, vahad või õlid. Must värv, mis sisaldab tahma, on märksa vastupidavam violetsest või värvilistest värvidest.

Kirjutusmasinatekstid vananevad küllaltki aeglaselt, kuna värvaine on seotud suhteliselt püsivate rasvade ja lakkidega.

Elektrograafiline tekst

Paljundusmasinates kantakse tekst paberile erilise pulbriga (tooner) ning kinnitatakse termiliselt. Musta värvi tooner koosneb tahmast ja termoplastilisest polümeerist (iditool, polüstürool). Paljundatud tekst on valgus- ja veekindel, kuid ei talu kuumutamist ega orgaanilisi lahusteid. Paljundusmasinate teksti säilivusaeg on praegustel andmetel mitte alla saja aasta.

Trükivärvid

Trükkimine on protsess, mille abil saadakse värvi ülekandmise teel trükivormilt trükitavale materjalile hulk ühesuguseid tõmmiseid. Trükiste paljundamise liikuvate trükitüüpide ja -pressi abil leiutas umbes 1440. aastal Johann Gutenberg.

Trükikunsti algusaegadel oli trükivärviks raudgallustint. Hiljem võeti kasutusele õlilisandiga süsiniktint. Sideaineks oli harilikult **linaseemneõli,** mis oksüdeerub ja polümeriseerub paberil lahustumatuks kelmeks, andes sellega tekstile hea püsivuse ja veekindluse. Linaseemneõli saadi linaseemnete pressimisel kruvipressiga, lisandite väljasettimiseks lasti õlil vähemalt aasta seista. 19. sajandil võeti õli puhastamisel kasutusele filtrid ning keemiline töötlemine väävelhappe ja naatriumhüdroksiidiga, mille tulemuseks oli rafineeritud õli. Trükkimiseks sobiva viskoossusega produkti saamiseks tuli linaseemneõli kuumutada. Kuumutatud linaseemneõli kutsutakse **tüpograafiliseks värnitsaks**. Mustad trükivärvid sisaldavad pigmendina tahma (kuni 22%) ning värvilised trükivärvid erinevaid sünteetilisi värvaineid. 1820. aastateni kasutati pigmendina lambitahma ja peenestatud puusütt, hiljem saadi tahma kivisöegaasi ja loodusliku gaasi põletamisel. Alates 15. sajandist lisati trükivärvidesse kuivatavaid aineid (plii- või mangaanisoolad) ning 18. sajandist seepe, kampolit ning toonimiseks indigot ja berliini sinist, aga ka asfalti, kookoseõli, tärklist, suhkrusiirupit ja muid lisandaineid.

Nagu näeme, koosnevad trükivärvid pigmendist, sideainest ning erinevatest lisanditest. Sideained annavad trükivärvidele peamised trükiomadused – värve on võimalik kanda trükivormile ning kinnitada paberile. **Sideaineid** võib jagada selle järgi, millise mehhanismiga toimub värvi kinnitumine paberile:

1. Keemiliste reaktsioonide (oksüdeerumine, polümeriseerumine) tulemusena kinnituvad sideained. Siia hulka kuuluvad nii naturaalsed kui ka sünteetilised värnitsad, mida kasutatakse põhiliselt ofsettvärvide valmistamiseks.
2. Sisseimbumise tulemusena kinnituvad sideained. Need on mitmesugused vaikude lahused mittelenduvates orgaanilistes lahustites. Enamik trükivärve kuulub siia gruppi.
3. Vaikude lahused lenduvates orgaanilistes lahustites (bensiin, tolueen, etüülpiiritus, atsetoon). Lahusti aurustumisel moodustub pigmenti hoidev vaigukiht.
4. Sadestuvad sideained. Kasutatakse kõrgmolekulaarseid vaike, mis sadenevad paberile trükkimise järel.
5. Termoplastilised sideained. Seda tüüpi sideained omandavad trükkimiseks vajaliku viskoossuse kuumutamisel. Trükkimisel peab temperatuur olema 85...90 °C. Termovärvid kuivavad väga kiiresti ning paberisse peaaegu ei imbu, mistõttu tõmmised on täpsed.
6. Kombineeritud sideained. Mitmesugused sideainete kombinatsioonid, mille kinnitumine toimub erinevate mehhanismide koostoimel.

Trükivärvid tungivad reeglina sügavale paberisse. Tekst on vee- ja valguskindel. Naturaalsed sideained tagavad värvi hea seotuse paberiga ning väga hea säilivuse. Sünteetiliste sideainete korral võib värvi seostumine paberiga olla nõrgem ning värvi on mehaaniliselt kergem eemaldada.

Pliiatsikiri

Pliiatsi eellaseks on **krihvel** – metallist valmistatud pulk, mida kasutati kirjutamiseks ja joonistamiseks. Keskajal olid populaarsed seatinast krihvlid, mis andsid pehme, kergesti kustutatava joone. Keskaja lõpul tuli kasutusele hõbekrihvel, millel on peen graafiline joon ning mida on peaaegu võimatu kustutada. Hõbekrihvli jooned tõmbuvad aja jooksul pruunikaks. Krihvliga joonistati ja kirjutati puit- või vahatahvlitele. Puittahvlid tõmmati üle pärgamendiga, mis seejärel krunditi. Paber võeti joonistamisel kasutusele 14. sajandil. Kollakas-pruunist toonist lahtisaamiseks krunditi ja toonitati paberit kuni 16. sajandini.

Krihvli tõrjus 16. sajandi teisel poolel välja **grafiitpliiats**. Grafiit ei püsinud hästi paberil ning kustus väga kergesti. 1790. aastal lisas prantslane Conte jahvatatud grafiidile savi, mis muutis pliiatsisüdamiku tugevamaks. Grafiidi ja savi segust vormitud pliiatsisüdamikud põletati ning immutati seejärel rasvade ja vahade seguga. 1870. aastal ilmusid tindipliiatsid, millesse värvainena lisati metüülsinist ning 1879. aastal tulid kasutusele mineraalpigmentidel põhinevad värvilised pliiatsid. Aniliinvärvid võeti pliiatsite valmistamisel kasutusele aastatel 1887–1904.

Must pliiatsikiri on valgusele, veele ja orgaanilistele lahustitele väga vastupidav. Grafiidimass ei seostu paberiga tugevalt – pliiatsikirja on võimalik mehaaniliselt eemaldada. Keemilistes ja värvilistes pliiatsites kasutatavad orgaanilised värvained ei ole valgusele vastupidavad.

2.3.2. Tintide ja värvide vananemine

Tekstiga kaetud materjali vananemine on kompleksne ja keerukas protsess, milles võib eristada:

- alusmaterjali (pärgament, paber) vananemist;
- tindi ja värvaine vananemist;
- tindi ja alusmaterjalide vahelisi keemilisi reaktsioone.

Lisaks mõjutavad kõiki neid protsesse omakorda veel ka keskkonnatingimused.

Käsikirjades on küllaltki levinud tintide poolt alusmaterjalidele põhjustatud kahjustused. Süsiniktint ei mõju paberile lagundavalt, aga seda ainult siis, kui tinti ei ole lisatud raudsulfaati. Eriti märgatav on paberi kahjustumine raudgallustintide korral. Tindid tumenevad ning sööbivad paberisse. Paberi struktuur lõhutakse, see muutub hapraks ning tekst võib isegi välja pudeneda. Sellisel juhtumil on tegemist nn. **tindikorrosiooniga**. Tindikorrosioonile on iseloomulik pruuni värvuse levimine ka teksti kõrvalaladele, läbi paberi teisele poolele ning sageli ka naaberlehtedele. Pruuni värvuse põhjustavad tselluloosi oksüdatsiooniproduktid ja raud(II)ioonide oksüdatsioonil tekkiv raud(III)hüdroksiid.

Tindikorrosioon kahjustab kõige enam kaltsupaberit, järgnevad sulfaat- ning sulfittselluloosi sisaldavad paberid ning kõige vastupidavam on puitmassisisaldusega paber. Kuna ligniin toimib antioksüdandina, sidudes hüdroksüülradikaale, kahjustuvad ligniini sisaldavad paberid väiksemal määral.

ERIOSA 10. Tindikorrosiooni mehhanismid

Tintide poolt põhjustatud paberikahjustused jagunevad kahte liiki:

- *rauaioonide poolt katalüüsitav tselluloosi oksüdatsioon;*
- *tselluloosi happeline hüdrolüüs.*

Seejuures on tselluloosi oksüdatsioon oma ulatuse poolest märksa olulisem, võrreldes happelise hüdrolüüsiga. Paberis leiduvate redutseerivate ühendite tõttu ei oksüdeeru kõik raud(II)ioonid raud(III)ioonideks ning tindid võivad seega sisaldada küllaltki märkimisväärsel hulgal raud(II)ioone. Näiteks leiti ühe 15. sajandist pärineva käsikirja analüüsimisel, et üldisest rauahulgast moodustavad raud(II)ioonid 45...48%. Raud(II)ioonide oksüdeerumisel raud(III)ioonideks vee juuresolekul tekivad keemiliselt väga aktiivsed ning samas ebastabiilsed metalliiooni ja molekulaarse hapniku kompleksid.

$$Fe^{2+} + O_2 \rightarrow Fe^{3+} + {}^{*}O - O^{-}$$

Aktiivsete komplekside reageerimisel orgaaniliste ühenditega moodustuvad orgaanilised radikaalid, mis seejärel oksüdeeruvad. Toimub materjali kahjustumine.

Teiseks materjale kahjustavaks reaktsiooniks on nn. Fentoni reaktsioon, mille käigus tekkinud vesinikperoksiid laguneb rauaioonide mõjul hüdroksüülradikaaliks ja hüdroksiidiooniks. Hüdroksüülradikaalid on väga liikuvad ja reaktsioonivõimelised, põhjustades tselluloosi oksüdatiivset lagunemist.

Kuna raudgallustindid sisaldavad reeglina mitmesuguseid happelisi ühendeid (pH 2...3,7), kutsuvad nad arusaadavalt esile tselluloosi happelise hüdrolüüsi. Happeline keskkond omakorda kiirendab oluliselt ka oksüdatiivseid reaktsioone.

Tintide säilivuse seisukohast on otsustava tähtsusega nende koostis. Kõige püsivamad ja alusmaterjale mittekahjustavad on tindid, mis ei sisalda happeid ning kus parkainete ja rauasoolade suhe on 1:3.

Värvainete vananemine sõltub:

- värvaine keemilisest stabiilsusest;
- keemilistest sidemetest värvaine ja paberi vahel;
- paberi koostisest ja reaktsioonist;
- keskkonnatingimustest.

Värvaine põhiline lagunemine toimub õhuhapniku poolt esilekutsutud oksüdatsiooni teel. Otsustava tähtsusega on seejuures keskkonna reaktsioon ja niiskusesisaldus. pH suurenemisel kolmelt kuuele suureneb värvaine vananemise kiirus 20...25 korda. Aluselises keskkonnas vananevad värvained märksa kiiremini. On täheldatud tekstide kiiret kadumist silikaat- või teiste aluseliste liimidega liimitud paberdokumentidel, eriti kui neid on hoitud kõrge niiskusesisaldusega ruumides.

Kui me vaatleme värvaine lagunemise kiiruse sõltuvust paberiliigist, näeme, et värvide vananemise kiirus langeb järgmises reas:

- puuvillakiud;
- sulfaattselluloos;
- sulfittselluloos;
- puitmass.

Selline paberite järjestus on seotud happeliste rühmade olemasoluga. Näeme, et mida pikaealisem ning vastupidavam on paber, seda kiiremini lagunevad temale kantud aniliinvärvid.

Värvainete lagunemist kiirendavad peroksiidid ning fenoolid, mis omakorda vabanevad värvainete endi lagunemisel. Sageli pannakse tintidesse antiseptikutena fenoolseid ühendeid, arvestamata nende värvaineid lagundavaid omadusi.

Kokkuvõte

Teksti kandmiseks dokumentidele on mitmeid erinevaid meetodeid. Valdav enamik arhivaale on kas käsikirjalised või trükitud. Käsikirjade korral on tekst paberile või pärgamendile kirjutatud tindiga. Tintide koostis on aja jooksul teinud läbi olulisi muutusi. Kõige varasem on süsiniktint, mida tunti juba Vana-Egiptuses. Raudgallustindid tulid kasutusele umbes 1. sajandil. Kuni 7.–8. sajandini tarvitati neid paralleelselt süsiniktintidega, hiljem hakati eelistama raudgallustinte. Aniliintindid tulid kasutusele 20. sajandi alguses.

Trükivärvide põhikomponentideks on must või värviline pigment ja sideaine. Musta pigmendina kasutatakse tahma ning sideainena enne 20. sajandit linaseemneõli kuumutamisel saadud värnitsat, hiljem mitmesugused sünteetilised sideained. Raudgallustintide korral võib esineda nn. tindikorrosioon, mis tähendab tindi poolt põhjustatud alusmaterjali kahjustusi. Reeglina on tahma sisaldavad tindid ja värvained väga vastupidavad valguse ning ka teiste keskkonnatingimuste mõju suhtes. Sünteetilistel värvainetel baseeruvad tindid ja värvid on vananemisele vähemvastupidavad.

Kirjandus

Bender, M. Tintide probleemist paberi restaureerimisel // Raamat – aeg – restaureerimine. Vihik 1. Tartu, 1969. Lk. 59–74.

Hey, M. The Deacidification and Stabilisation of Irongall Inks.// Restaurator. Vol. 5. 1–2. 1982. P. 24–44.

Marval, M., Flieder, F. The Stability of Printing Inks // Restaurator. Vol.14. 3. 1993. P. 147–171.

Riitsaar, E. Graafikatehnikad – nende teostusviisid, kahjustused ja hoiustamine. Tallinn, 1995.

2.4. LIIMID

2.4.1. Liimide koosseis

Liimid on materjalide ühendamiseks kasutatavad ainete segud, mille põhikomponendiks on harilikult kõrgmolekulaarne orgaaniline, harvem anorgaaniline liimaine, mis annab liimile liimimisvõime. Peale selle sisaldab liim lahustit, täiteaineid, plastifikaatoreid, stabilisaatoreid ning teisi aineid.

Liimained jagunevad looduslikeks (loomsed ning taimsed), kunstlikeks ja sünteetilisteks. Kunstlikud liimained (metüül- ja karboksümetüültselluloos) saadakse looduslike ühendite modifitseerimisel.

Loomsed liimid

Kollageenliimid. Terve rida loomse päritoluga liimaineid saadakse kollageeni hüdrolüüsimisel kuuma veega. Töötlemise tulemusel katkeb osa peptiidsidemeid ning kollageeniahelad muutuvad lühemateks, samuti nõrgeneb kollageeni sekundaarne ja tertsiaarne struktuur. Töötlemise käigus vabaneb palju funktsionaalseid rühmi, mis annavad veeslahustuvuse (kollageen on vees lahustumatu) ja väga head liimivad omadused.

Sõltuvalt sellest, millisest toorainest liim saadakse, eristatakse järgmisi liimisorte:

1. Nahaliim saadakse toornaha jäätmete keetmisel vees. Liim on neutraalse reaktsiooniga, vanemad liimid isegi aluselised. Liimi tuntakse ka tisleri-, prantsuse või vene liimi nime all.
2. Kondi- e. puusepaliim saadakse kontide ja kõhrede hüdrolüüsimisel kuuma vee või auruga. Enne keetmist hoitakse purustatud konte umbes nädal lubja- ja tuhalahuses. Kondiliimi sulamistemperatuur on madalam kui nahaliimil ning liim on nõrgalt happelise reaktsiooniga. Liimimisvõimelt jääb see siiski nahaliimile alla. Kondiliimi nimetatakse ka maalri-, märg- ja vaadiliimiks.
3. Kalaliim saadakse kalanaha, uimede, ujupõite ja peade keetmisel. Kõige parema kvaliteediga on ujupõitest saadud liim, see koosneb praktiliselt ainult puhtast kollageenist.

Kuldamistöödel kasutati angerjaliimi, mis sisaldab küllaltki palju rasvaineid. Liimis leiduvad rasvad muudavad kullalehtede poleerimise hõlpsamaks.

Želatiiniks nimetatakse peaaegu puhast kollageeni. Želatiini saadakse kalaliimi puhastamisel ning ta on väga heade liimivate omadustega.

Kollageenseid liimaineid kasutatakse paberi ja pärgamendi liimistamisel, sideainena pigmentide ja kulla sidumisel ning köitetöödel. Liimid porsuvad külmas ning lahustuvad soojas vees ning neid kasutataksegi tavaliselt sooja lahusena (50...60 °C).

Kaseiinliim. Kaseiiniks kutsutakse tervet rühma lähedasi piimavalke. Kaseiin sadeneb välja kooritud piima (lõssi) hapendamisel. Piima reaktsioon muudetakse piim-, väävel- või soolhappe lisamisega happeliseks (pH 4). Toimub piima kalgendumine ning kaseiin sadeneb helvestena välja. Sama toimub ka mõnede seedeensüümide (laapensüüm) toimel. Sõltuvalt valmistamisviisist eristataksegi happe- ja laabikaseiini. Köiteliimi valmistamiseks kasutatakse happekaseiini. Vees kaseiin ei lahustu, kuid pundub. Seevastu lahustub kaseiin aluste ja hapete lahjades lahustes ning samuti on lahustuvad kaseiinisoolad. Piimas esinebki kaseiin lahustuva kaltsiumkaseinaadina.

Liimainena kasutatakse kaseiini lahust mingis aluses, milleks võib olla booraks, lubi, ammooniumhüdroksiid, naatriumhüdroksiid või sooda. Kaseiinliimi lisatakse plastifikaatorina suhkruid, glütserooli, vahasid, muna. Ilma plastifikaatoriteta on moodustuv liimikile jäik ja murduv. Liimaine on pärast tahkumist veekindel. Pikemaajalisel hoidmisel kõrge niiskuse tingimustes kaseiin pundub ning liimikihi mõõtmed muutuvad. Kuivades esialgne tugevus ja mõõtmed taastuvad.

Kaseiinliimi kasutati paberi liimistamisel ning paberikatete valmistamisel peamiselt aastatel 1890–1960.

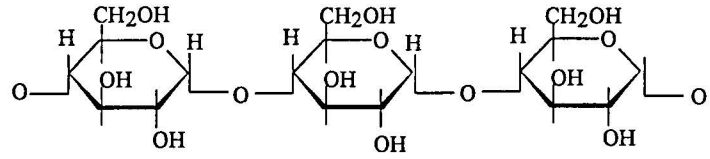
Albumiinliimid. Albumiinid on globulaarsete valkude suurim rühm. Nad on looduses laialdaselt levinud. Albumiinliimidest leiavad arhivaalide juures kõige enam kasutamist munaliimid. Ilma plastifikaatoriteta (glütserool) annab munavalge tugeva, kuid hapra liimikihi. Munavalgeliim polümeriseerub valguse toimel ning muutub vees mittelahustuvaks. Munaliime on kasutatud pigmentide ja kulla sideainena.

Taimsed liimid

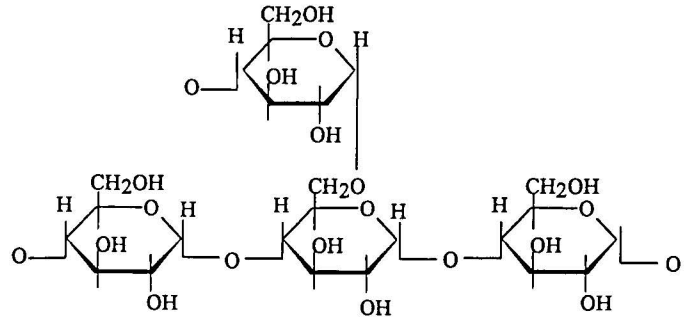
Tärklisekliister. Tärklis ja taimsed valgud (gluteen) on erinevate taimede seemnetest, juurtest või mugulatest saadud jahu põhikomponendid. Gluteeni eemaldamiseks asetatakse jahu vette ja segatakse. Tärklis sadeneb põhja ning valgud jäävad lahusesse. Võrreldes jahuga, mis sisaldab valkaineid, on puhas tärklis stabiilsem, ei muuda vananemisel värvi ning teda on ka alusmaterjalilt kergem eemaldada.

Tärklis ja tselluloos kuuluvad ühte ja samasse keemiliste ühendite – polüsahhariidide – rühma. Tselluloosist erineb tärklis molekulaarse ehituse poolest. Ta koosneb kahest selgesti eristatavast polüsahhariidist – amüloosist ja amülopektiinist. Amüloosi molekulid on lineaarsed ahelad, mis koosnevad α1-4 glükosiidsete sidemetega seotud α-glükoosijääkidest. Amülpektiini analoogiline põhiahel on

hargnenud. Keskmiselt iga 8...9 glükoosijäägi järel väljuvad põhiahelast külgahelad. Kartulitärklis sisaldab rohkem amülopektiini, nisu- ja riisitärklis jällegi amüloosi.



Tärklise keemiline koostis: a) amüloos



b) amülopektiin

Tärklis ei lahustu külmas vees, küll aga kuumas. Tärklise vees kuumutamisel tekib kleepuv kolloidlahus (kliister). Tärklisekliistri liimivad omadused sõltuvad keetmisajast ja lahjendusest. Mida kauem kliistrit keedetakse, seda paremate liimimisomadustega liim saadakse. Tärklisekliister on happelise reaktsiooniga, liimi neutraliseerimiseks lisatakse mõnikord kaltsiumhüdroksiidi. Tärklisekliistrit on võimalik valmistada kartuli-, nisu-, riisi- ning maisitärklisest. Kõige parema liimi annab nisutärklis. Tärklist kasutatakse paberi liimistamisel, liimimisel ning köitetöödel.

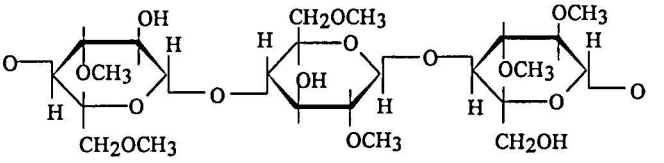
Dekstriinliimid. Dekstriinid on tärklise osalise hüdrolüüsi saadused. Tärklis hüdrolüüsitakse soojuse, hapete ja vee toimel. Tavaliselt saadakse sel teel väga kompleksne segu, mille molekulid on erineva kuju, suuruse ja struktuuriga. Võrreldes tärklisega on dekstriinliim ühtlasemate omadustega ning väiksema viskoossusega. Dekstriinliimile lisatakse liimimistugevuse suurendamiseks naatriumtetraboraati ja elastsuse suurendamiseks glütseriini. Sageli võivad dekstriinliimid olla happelise reaktsiooniga. Dekstriinliimi kasutatakse ainult paberi liimimiseks.

Kunstlikud liimained

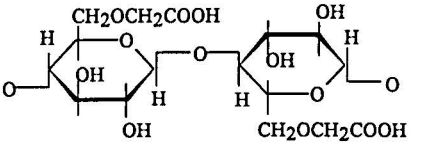
Modifitseeritud tselluloosid kuuluvad kunstlike polümeeride klassi. Nende saamiseks töödeldakse loodusliku päritoluga tselluloosi mitmesuguste keemiliste ühenditega (modifitseeritakse).

Tselluloos (puuvilla- või puidutselluloos) töödeldakse kõigepealt tugevate alustega, harilikult naatriumhüdroksiidiga, ning seejärel asendatakse tselluloosi hüdroksüülrühmad (–OH) mõnede teiste keemiliste rühmadega. Kui nendeks on metüülrühmad, saadakse

metüültselluloos, kui aga karboksürühmad, siis **karboksümetüültselluloos**. Metüültselluloos võeti kasutusele 1931. aastal. Kasutatakse liimainena liimistamiseks, sideainena, aga samuti paberi pesulahustes ja mujal. Võrreldes tärklise või želatiiniga on modifitseeritud tselluloosid vananemisele vastupidavamad.



Metüültselluloos



Karboksümetüültselluloos

Sünteetilised polümeerid

Polüvinüülatsetaat (PVA). Värvitu, läbipaistev, mehaaniliselt nõrk materjal, mis vees mõnevõrra pundub. Küllaltki stabiilne ja vastupidav valguse toime suhtes. Liimainena kasutatakse polüvinüülatsetaadi dispersioone vees, plastifikaatorina lisatakse dibutüülftalaati ja stabilisaatorina polüvinüülalkoholi. Kuivanud liim ei ole enam alusmaterjalilt eemaldatav. Kasutatakse paberikatetes sideainena ning köidete valmistamisel. Tänapäeval seda liimi arhivaalide restaureerimises otseselt ei kasutata, küll aga mitmesuguste karpide, mappide jne. valmistamisel.

Polüvinüülalkohol (PVAL). Valge, väga hügroskoopne, vees ja alkoholis hästi lahustuv. Valguse toime suhtes küllaltki vastupidav. Plastifikaatorina lisatakse liimi glütseriini. Liim on neutraalse reaktsiooniga, annab paberile kollaka tooni, kõrvalasetsevale paberilehele võivad ilmuda „rasvalaigud". Kasutatakse köitematerjalide liimimisel.

Akrüülpolümeerid e. **akrülaadid.** Kasutuses alates 1950. aastatest paberikatetes sideainena.

Mineraalsed liimid

Mineraalsete liimide hulka kuulub silikaatliim, mis koosneb vesiklaasist. Arhivaalide liimimisel ei tohi seda kasutada, kuna silikaatliim muudab paberi kollaseks, jäigaks ning rabedaks.

2.4.2. Liimainete vananemine

Loomsete liimide liimikihi lõplik struktuur ja vananemine sõltuvad olulisel määral valgumolekulide ümberkorraldumisest liimikile moodustumise ajal. Kuivamisel vesi aurub, moodustub geel ning seejärel see tahkub. Polümeer muutub klaasjaks. Liimi kuivamisel väheneb vee eemaldumise tõttu molekulide liikuvus, tekivad molekulidevahelised sidemed ning sellega tõuseb valgu kristallilisus. Mida suurem on liimikihi kristallilisus, seda läikivam, tugevam ning hapram on liimikiht. Kuna kristallilised piirkonnad annavad liimikihile tugevuse ning amorfsed piirkonnad painduvuse, on sobiva tugevuse ning painduvusega liimikihi tekkeks oluline nende õige vahekord. Määravaks saab seejuures keskkonna temperatuur ja niiskusesisaldus.

Klaasistumistemperatuur on selline temperatuur, millest kõrgemal kristallilised piirkonnad puuduvad ning materjal on elastses olekus. Materjali klaasistumistemperatuuri on võimalik plastifikaatorite lisamisega langetada. Liimide korral on plastifikaatoriks harilikult vesi. Kui vesi liimist aurub, suureneb oluliselt kristallilisus. Kui vett on liimikihis liiga palju, toimub pidev molekulide ümberpaigutumine ning liim on seega ebastabiilses olekus. Optimaalne on liimikihi veesisaldus ligikaudu 16%. Kui veesisaldus tõuseb üle 20%, väheneb märkimisväärselt liimikihi mehaaniline tugevus, ning kui veesisaldus langeb alla 10%, muutub liimikiht hapraks ning liimivad omadused halvenevad oluliselt. Üleminekud viskoosse ja klaasja oleku vahel sõltuvad liimisordist, valgumolekulide hüdrolüüsi astmest, kuivamise kiirusest, keskkonna temperatuurist ja niiskusesisaldusest, liimikihi alusmaterjalist ning eriti täiteainete hulgast liimis. Kips ning teised täiteained toimivad tsementeerivalt, takistades liimi kokkutõmbumist ja paisumist ning vähendavad vee absorbeerimise võimet.

Kui loomne liim imab vett, toimub alguses liimikihi porsumine, mis hiljem asendub molekulide ümberkorralduste tõttu kokkutõmbumisega.

Loomsed liimained hüdrolüüsuvad aluste ja hapete toimel. Keemiliste sidemete katkemise tõttu muutuvad liimikihi mehaanilised ja optilised omadused.

Kokkuvõte

Liimideks nimetatakse looduslikke, kunstlikke või sünteetilisi liimaineid sisaldavaid, materjalide ühendamiseks ette nähtud ainesegusid. Loomsetest liimidest kasutatakse arhivaalide juures kollageeni hüdrolüüsil saadavaid liime. Sõltuvalt kasutatavast toormaterjalist eristatakse naha-, kondi- ja kalaliimi. Loomsete liimide hulka kuuluvad ka kaseiin- ja albumiinliim, mis saadakse vastavalt piimast ja kanamunadest. Taimsetest liimidest on tuntumad tärkliseekliister ja dekstriinliimid. Kunstlikud liimained saadakse tselluloosi keemilisel töötlemisel. Liimikihi vananemine sõltub suurel määral keskkonnatingimustest – niiskuse, temperatuuri, valguse ja õhusaastatuse koosmõjust, mis põhjustab keemiliste sidemete katkemist polümeeri ahelas ja ahelate vahel ning veesisalduse vähenemist.

2.5. PITSERID

Arhivaalide juures esineb sageli pitsereid. **Pitser** on pitsati positiivne reljeefne jäljend plastilises aines või värvis. **Pitsat**, millega pitsereid tehakse, on mingist tugevast materjalist vorm, millesse on süvendatud kujutis negatiivis. Värvipitsereid nimetatakse templiteks. Pitsateid on valmistatud metallist (vask, tina, plii, kuld, hõbe, pronks, messing, teras), sarvest, luust, vääriskividest, kivist ja puust. Tänapäeval on kasutusel peamiselt metallist ning kummist pitsatid.

Pitsatit kasutati anumate, ruumide, kirjade jm pitseerimiseks, et kaitsta neid avamise ja võltsimise eest. Ürikud varustati pitseritega nende ehtsuse tõestamiseks, sageli asendas pitser allkirja. Mõnikord lisati pitserisse omaniku habeme või juuksekarvu, vajutati pehmesse vahasse sõrme või hambajäljend, kõik selleks, et suurendada pitseri jõudu.

Pitsateid uurivat teadust nimetatakse **sfragistikaks**.

Pitsateid kasutati juba 4. aastatuhandel e.Kr. Mesopotaamias, neid tunti ka Vana-Egiptuses, Kreekas ja Roomas. Keskajal tehti pitsatid peamiselt hõbedast või tombakist (vase ja tsingi sulam). Kõrgete aukandjate pitsatid olid mõnikord valmistatud kullast. Haruldased ei olnud ka elevandiluust, tinast, kivist ja puidust pitsatid. Pitsatid olid valdavalt ringikujulised, hiljem ilmusid ka ovaalsed ja kolme-, nelja- või enamatahulised pitsatid. Ovaalseid ja mandlikujulisi pitsateid kasutasid sageli vaimulikud. Pitseripildi järgi eristatakse kiri-, pilt-, portree- ja vapp-pitsereid.

Pitsereid jagatakse kas nende dokumendile kinnitusviisi või siis materjali järgi.

Kinnitusviisi järgi jagunevad pitserid dokumendi peal olevateks ja ripp-pitseriteks.

Vanemad pitserid asetsevad dokumendi peal, tekstipoolsel küljel. Sellised kirja või dokumendi esiküljele surutud pitserid on valmistatud vahast või oblaadist (armulaualeib). Pitseerimiskohale tehti dokumenti ristlõige ning keerati nurgad üles, tekkis ruudu- või rombikujuline ava. Läbi selle suruti eelnevalt pehmendatud templivaha ja dokumendi esiküljele väljunud vahasse vajutati pitsat. Pitsati survel vaha dokumendi tagaküljel lamendus ja kinnitus dokumendi külge. Esiküljel ümbritses pitserit vaharõngas.

12. sajandil asendus dokumendipealne pitser ikka enam ja enam ripp-pitseriga. Alles paberi levikuga 14. sajandil pöörduti tagasi dokumendi peal asetsevate pitserite juurde, kuna ripp-pitserid olid paberi jaoks sageli liiga rasked. Alates 15. sajandist oli dokumentide pitseerimismoodus järgmine: paberile kanti kiht vaha, kaeti see õhukese paberilehekesega ja suruti pitsatiga jäljend. Kvadraatne pitserit kattev paberitükk võis olla sirgete või figuraalsete servadega.

Ripp-pitserite kinnitamiseks dokumendi külge oli kaks moodust. Allariputatud pitseri jaoks lõigati dokumendi äärest riba, mis jäi teist otsa pidi dokumendiga ühendusse. Vaba otsa külge riputati pitser. Teiseks võimaluseks oli riputada pitser dokumendi alläärde tehtud avadest läbitõmmatud pärgamendi-, paberi- või nahariba külge. Kasutati ka siidist või linasest niidist nööre. Tugevdamiseks murti

dokumendi äär kahekorra. Sõlme jaoks lõigati ääre sisse kaks auku, läbi mille tõmmati sideme otsad eest tahapoole. Tekkinud aas pöörati pool ringi keerdu ning sidemeotsad pandi sealt läbi. Pitser kinnitati sidemeotste külge. Ripp-pitserite valmistamiseks kasutati näpitsakujulisi pitsateid, millel olid mõlemal pool vastavad kujutised. Sidemeotsad asetati vaha või tinaplaadikeste vahele ning suruti näpitsatega kokku. Kuna kujutised olid näpitsate mõlemal poolel, saadi kahepoolne pitser.

Pitseri kaitseks ning võltsimise takistamiseks kasutati puust, plekist, hõbedast või messingist kapsleid, mis olid sageli kullatud ja ilustatud. Kasutusel olid ka vahast kapslid.

Pitseri materjal pidi olema kergesti sulatatav, kuid samas tardudes küllalt jäik, et jäljend kuluks võimalikult vähe. Algselt kasutati pitseerimisel puhast **vaha**, hiljem lisati vahale tugevuse ja plastilisuse saavutamiseks kriiti, kondijahu, vaiku, linaseemneõli, tärpentiini ning saadi sellisel viisil **vahavaikmastiks**. Varasemad vahapitserid olid kas valged või merevaigukarva. Vaha loomulikust, kergelt kollakast toonist vabanemiseks hööveldati ta helvesteks ning valgendati päikese käes.

Alates 12. sajandist hakati vaha värvima, peamiselt punaseks ja roheliseks, harvem siniseks või mustaks. Punase värvi saamiseks lisati vahasse kinaveri või mennikut, roheliseks värviti vaha vaserooste (vaskatsetaadi) abil.

Metallidest kasutati pitserite valmistamiseks kõige enam tina, aga esineb ka kullast ning hõbedast pitsereid. Metallpitserit nimetatakse **bullaks**. Bullade valmistamine sarnanes müntide vermimisega.

Vaha kõrval tuli 16. sajandi teisel poolel kasutusele **kirjalakk**, mis levis Euroopas küllaltki kiiresti ning tõrjus 18. sajandiks vaha praktiliselt välja. Koostiselt on kirjalakk segu paljudest looduslikest vaikudest, esmajoones šellakist, dammarivaigust ja kampolist. Kirjalaki valmistamiseks vaigud sulatatakse ning lisatakse tärpentini ja värvimulda. Kuna vaigud on pehmed, lisatakse neile täiteainetena kriiti ja kipsi.

Parimate värviliste kirjalakkide valmistamiseks kasutati pleegitatud šellakit ja puhast heledat vaiku. Värvainetena lisati tsinkvalget, rauavitrioli, kinaveri, ultramariini, berliini rohelist jm. Musta kirjalakki pannakse pigmendina tahma.

Üheks huvitavaks pitserikujuks on **tahmapitserid**, mida kasutati 18.–20. sajandini. Metallist või kivist pitsat tahmatati leegi kohal ning suruti siis vastu dokumenti. Tulemuseks saadi mustal taustal valge kujutis.

Templid ehk värvipitserid tulid kasutusele 19. sajandil.

Sobivates hoiutingimustes säilib vaha küllaltki hästi. Valguse ja õhuhapniku toimel rasvhapped ja alkoholid oksüdeeruvad. Eeterlikud õlid võivad lenduda ning vaha muutub seejärel urbseks. Vaha tugevus langeb ning ta võib mehaanilisel mõjutusel kergesti puruneda. Vahapitserite kahjustustes on olulisel kohal biokahjustused (mikroseened, putukad).

Lakkpitserite enamlevinud kahjustusteks on mehaaniline murdumine ja alusmaterjalilt lahtitulek.

Metallpitserite kahjustused on sõltuvuses nende kokkupuutest õhuniiskuse ja -hapnikuga; oksüdatsiooni ja korrosiooni aktiveerivad

ka õhus leiduvad saasteained. Uurimusteks on soovitav kasutada vastupidavast materjalist (nt. silikoonist või lateksist) valmistatud pitserite reprosid.

Kokkuvõte

Pitserid kujutavad endast pitsatite jäljendeid mingis plastilises aines või värvis. Pitserid jagatakse kas kinnitusviisi või materjali järgi. Kinnitusviisi järgi eristatakse dokumendi peal olevaid ning ripp-pitsereid. Pitseri materjalideks on kasutatud vaha, vahavaikmastiksit, kirjalakki ning metalle (tina, hõbe, kuld).

Kirjandus

Noodla, L. Pitserite restaureerimine ja konserveerimine käsikirjadel // Raamat – aeg – restaureerimine. Vihik 3. Tartu, 1976. Lk. 112–128.

2.6. FOTOMATERJALID

Omaette rühma arhivaalide hulgas moodustavad fotod, negatiivid, diapositiivid ning filmid. Võrreldes pabermaterjalidega on fotod reeglina kiiremini vananevad ja märksa tundlikumad keskkonnatingimuste suhtes. Fotomaterjalide säilitamine nõuab seega erilist tähelepanu.

Fotograafia on kogum protsesse, millega tekitatakse fotomaterjalidele valguse mõjul kujutis. Valgustundlikus materjalis tekib varjatud e. latentne (silmaga nähtamatu) kujutis, mis järgneva keemilise töötlusega muudetakse nähtavaks ja valguskindlaks. Seda protsessi nimetatakse negatiivprotsessiks ning saadud kujutisel – negatiivil – on objekti pinna heledus tegelikule vastupidine. Objekti tumedad kohad on negatiivil heledad ja vastupidi. Loomuliku tonaalsusega fotokujutise – positiivi – saamiseks projitseeritakse negatiivkujutis uuesti fotomaterjalile ning tekkinud varjatud kujutist töödeldakse uuesti keemiliselt (positiivprotsess). Pöördfotomaterjalidele saab tekitada positiivi vahetult.

Fotomaterjalid on materjalid, mida kasutatakse fotokujutiste tekitamiseks, valgustundlikuks aineks on enamikul juhtudel hõbedasoolad. Eristatakse mustvalge ja värvilise kujutise tekitamiseks ettenähtud fotomaterjale.

2.6.1. Fotomaterjalide ajalugu

Alates fotograafia sünnist 1830. aastate lõpul on kasutatud vägagi erinevaid fotoprotsesse ja -materjale. Kuna erinevad fotomaterjalid nõuavad erinevaid säilitustingimusi, on küllaltki oluline nende identifitseerimine. Et anda kasvõi ligikaudsetki ülevaadet erinevatest fotomaterjalidest, vaatleme järgnevalt lühidalt fotograafia ajalugu.

Fotograafia alguseks loetakse prantslase Louis Jacques Mande' Daguerre'i poolt leiutatud meetodit kujutise jäädvustamiseks metallplaadile. Daguerre ristis leiutise oma nime järgi **dagerrotüübiks** (*daguerre'otypie*) ning 1839. aastal teatati leiutisest Prantsuse Teaduste Akadeemias. Eesti muuseumides leidub paarkümmend dagerrotüüpi, enamik nendest on valmistatud väljaspool Eestit.

Dagerrotüüp on kindla valguse langemisnurga all nähtav üliõrn peegelpildina vahetatud pooltega positiivkujutis. Dagerrotüübid esitatakse alati kas raamitult või ilukarpi paigutatult. Nende pind on väga õrn ning kriimustub kergesti. Dagerrotüüpe valmistati peamiselt ajavahemikul 1839–1860.

1851. aastal patendeeris inglise kujur Frederick Scott Archer **märgkolloodiummenetluse**. Klaasplaat kaeti kolloodiumemulsiooniga, mis sisaldas kaalium- ja ammooniumjodiidi või -bromiidi. Kolloodium on umbes 4%-line nitrotselluloosi lahus dietüüleetri ja etanooli segus, mis kuivamisel moodustab läbipaistva kile. Kolloodiumemulsioon valati klaasplaadile ja lasti tarduda süldtaoliseks. Emulsioonikiht muudeti valgusetundlikuks hõbenitraadi lahusesse kastmisega, mille tulemusena tekkisid valgusetundlikud hõbebromiid ja hõbejodiid. Pärast säritamist ilmutati plaat gallushappes ning kinnitati naatriumtiosulfaadi lahuses.

Kolloodiummenetlus võimaldas teha fotosid igasugustele alusmaterjalidele. **Ambrotüüp** on nõrgalt alavalgustatud negatiiv klaasil, mis mustale aluspõhjale paigutatult näib positiivina. Neid eksponeeritakse tavaliselt raamitult või ilukasti paigutatult. Kirjeldatud tehnikat kasutati fotode valmistamisel kuni 1880. aastateni. **Ferrotüüpide** saamiseks kanti valgustundlikuks muudetud kolloodiumlahus mustaks või pruuniks lakitud metallplaadile. Ilmutamisel saadi plekile kohe positiivne kujutis. Säritamisel vähe või üldse mitte valgust saanud kohad emulsioonis ilmutamisele ei reageerinud ning pesti kinnitamisel maha. Nähtavale ilmus pleki tume pind. Valgustatud kohtades aga tekkis ilmutamisel hele hõbedaühend. Ferrotüübid pärinevad aastatest 1853–1930. Eestis on säilinud umbes 50 ferrotüüpi.

Kirjeldatud meetoditel saadi fotokujutised ilma kopeerimisprotsessita. **Negatiiv-positiivmenetluse** tõi fotograafiasse inglise füüsik William Talbot. Samal 1839. aastal, mil Daguerre esitas oma meetodi, leiutas Talbot viisi fotokujutiste tekitamiseks hõbejodiidpaberile. Hõbejodiidiga kaetud paberil ei tekkinud säritamise jooksul nähtavat kujutist, vaid see ilmus alles pärast töötlemist gallushappes. Talbot võttis kasutusele ka kontaktkopeerimise, mis võimaldas saada negatiivist positiivi. Seega sai fotosid piiramatul arvul paljundada, mis näiteks dagerrotüübi puhul oli võimatu. Tartu Ülikooli Raamatukogus säilitatakse Talboti 21 originaaltööd.

Alates 1850. aastate keskpaigast kuni 1880. aastateni valmistati suurem osa fotosid kolloodiumemulsiooniga kaetud klaasplaatidele. Meetodi puudusteks olid kolloodiumkihi väike valgustundlikkus ning vajadus töötada märja fotomaterjaliga. Kui hõbejodiidi kristallid

kuivasid, kaotasid nad valgustundlikkuse, nii et plaat pidi saama säritatud ja ilmutatud selle ajaga, mil kolloodium klaasi pinnal niiskena püsis. Hõbebromiidželatiinemulsiooniga klaasplaadid – **kuivmenetluse** – võttis 1871. aastal kasutusele inglise arst R. Maddox.

Albumiinpaberid, mis kujutasid endast naatriumkloriidi sisaldava munavalgega kaetud ning hõbenitraadiga valgustundlikuks muudetud paberit, ilmusid 1855. aastal ning neid kasutati laialdaselt ajavahemikul 1860...1890. Valdav enamik 19. sajandi teisel poolel tehtud fotosid ongi albumiinpaberil. **Kolloodiumpaberid** võeti kasutusele 1867. aastal ning hõbekloriidi ja hõbebromiidi sisaldavad **želatiinpaberid** 1880. aastatel. Vanim seni teadaolev paberile tehtud foto Eestis (säilitatakse Eesti Ajalooarhiivis) pärineb aastast 1854 või 1855.

Tselluloidfilmi (nitrotselluloos) võttis 1887. aastal kasutusele inglane H. Goodwin. Tselluloidfilm on väga heade mehaaniliste ja optiliste omadustega, kuid samal ajal keemiliselt väga ebastabiilne ning kergesti süttiv. Kuni 1950. aastateni baseerus tselluloidfilmil kogu kinotööstus. Kasutati ka märksa stabiilsemat ja vähem tuleohtlikku tselluloosdiatsetaatfilmi, kuid selle üldomadused olid märksa halvemad.

Teise maailmasõja järel ilmusid müügile **tselluloostriatsetaat** ja **polüester**, mis tõrjusid nitrotselluloosi ja diatsetaatfilmid kõrvale.

Värvusfotograafilisi materjale hakati tööstuslikult tootma 1930. aastate keskpaigas.

2.6.2. Fotomaterjalide vananemine

Fotodokument koosneb tavaliselt aluspinnast ja fotokujutist sisaldavast kihist, mis mõlemad reageerivad nii töötlemisprotsessidele kui ka väliskeskkonna mõjudele.

Valgustundlik kiht saadakse kuivatades emulsiooni, mis koosneb želatiinis dispergeeritud hõbeda halogeniidsoolade mikrokristallidest. Kõige valgustundlikum on hõbebromiid, väiksema tundlikkusega on hõbekloriid ja hõbejodiid. Valgustundlik kiht paksusega umbes 0,02 mm kantakse aluspinnale, milleks on tavaliselt triatsetaattselluloos või polüester. Valgustundlikku e. emulsioonikihti ja **aluskihti** seob sideainest vahekiht. Fotokihile on omakorda kantud kaitsekiht ning alusele keerdumisvastane kate, mis kaitseb filmilinti keerdumise ja elektrostaatiliste laengute moodustumise eest.

Värvusfotograafias kasutatakse kolmekihilist valgustundlikku fotomaterjali. Ülemine emulsioonikiht on tundlik spektri sinise, keskmine rohelise ja alumine punase osa suhtes. Pärast ilmutamist tekivad vastavalt kollane, purpurne ja taevassinine kujutis.

Fotopaber koosneb paberimassist põhimikust, millele on kantud valge peegeldav vahekiht (barüüdikiht), ning valgustundlikust emulsioonikihist. Emulsioonikiht koosneb želatiinis suspendeeritud valgustundlikest hõbehalogeniidikristallidest ja mitmesugustest stabiliseerivatest ühenditest, mis takistavad emulsiooni vananemist. Matt- ja poolmattpaberite emulsioonikihti on lisatud mateerivaid aineid.

Fotomaterjalide aluspindade kahjustused kuuluvad tavaliselt mehaaniliste kahjustuste hulka (praod, mõrad, murded, kriimustused). Dagerrotüüpidele on iseloomulikud korrosioonikahjustused. Nagu juba eelnevalt mainitud, on nitrotselluloosil baseeruv tselluloidfilm väga ebapüsiv – isegi heades hoiutingimustes ei ületa tema eluiga 50...75 aastat. Selline film keerdub kokku ja kortsub, muutub pehmeks ja kleepuvaks, kujutis pleekub ja muutub kollakaspruuniks. Film eraldab lämmastikhappelõhnalisi gaase ning muutub lõpuks pulbriks. Kuumades ruumides võib film iseeneslikult süttida. Tselluloidfilme on võimalik säilitada ainult neid ümber kopeerides vastupidavamatele materjalidele.

Tselluloostriatsetaat vananeb samuti suhteliselt kiiresti, kõige püsivamad on polüestril baseeruvad fotomaterjalid. Mustvalge polüesterfilmi eeldatav eluiga heades säilitustingimustes on umbes 500 aastat.

Fotokujutist sisaldavat emulsioonikihti mõjutavad oluliselt fotode töötlemisprotsessi iseärasused. Kõik emulsioonis olevad hõbedasoolade kristallid peavad töötlemisprotsesside kestel muutuma või elimineeruma. Sageli on lõplikul fotokujutisel hõbedasoolade jälgi, mis aja jooksul tõmbuvad mustaks ja muudavad sellega kujutist. Kui kinnisti ei ole korralikult eemaldatud, tekivad hõbesulfiidi kollakaspruunid plekid. Lohakal töötlemisel (kinnisti on sattunud ilmutisse) tekkinud dikroidne looristus paistab läbi negatiivi vaadates punakaskollakas, pealt vaadates rohekas või sinakas. Hall loor tekib tavaliselt kaltsiumisoolade liia tõttu vees. Mustvalgete fotode korral moodustub kujutis metallilise hõbeda osakestest, mis iseenesest on küllaltki stabiilsed. Õigesti töödeldud mustvalgete filmide ja fotode säilivusaeg on küllaltki pikk. Värvuskujutise säilivus nii paberile tehtud fotol kui ka pöördfilmil saadud diapositiivil on tunduvalt lühem. Värvuskujutis moodustub hõbedast märksa vähem stabiilsematest orgaanilistest värvainetest. Samuti on värvusfotod tundlikumad temperatuuri, valguse, õhuniiskuse ja saasteainete toime suhtes. Mõne aja jooksul võib kas terve värvuskujutis või siis selle teatavad osavärvused pleekuda.

Kokkuvõte

Fotomaterjalid sisaldavad valgustundlikke hõbedaühendeid, mille abil toimub kujutise jäädvustamine. Eristatakse mustvalge ja värvilise kujutise tekitamiseks ettenähtud fotomaterjale. Valgustundlik kiht (emulsioonikiht) võib olla kantud erinevatele alusmaterjalidele – metallile, klaasile, paberile või sünteetilistele polümeersetele alustele.

Fotomaterjalide vananemist mõjutab nii alusmaterjali kui ka emulsioonikihi püsivus. Väga ebapüsivad on nitrotselluloosil põhinevad tselluloidfilmid. Emulsioonikihi seisundit mõjutab oluliselt fotode töötlemisprotsess. Värvilised fotomaterjalid vananevad tunduvalt kiiremini kui mustvalged. Võrreldes teiste arhiivides säilitatavate dokumentidega on fotomaterjalid keemiliselt märksa vähemstabiilsemad ning nende säilitamine nõuab suuremat tähelepanu.

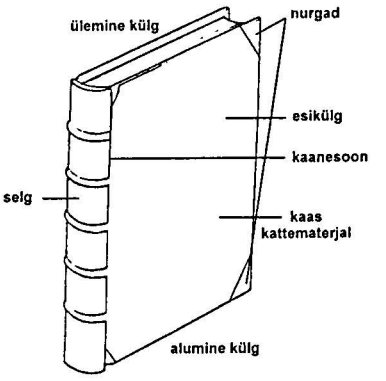
Kirjandus

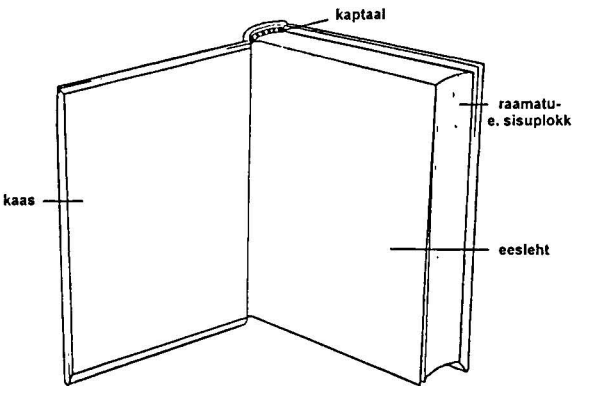
Maksing, P. Fotode ja negatiivide säilitamine, esinevad defektid ja nende kõrvaldamine // Renovatum Anno 1989. 1989. Lk. 45–51.

Tooming, P. Hõbedane teekond. Tallinn, 1990.

2.7. RAAMATU EHITUS

Küllaltki tihti on arhiivides säilitatavad dokumendid köidetud, st. paberipoognad või -lehed on omavahel ühendatud ning varustatud kaantega. Köitmine muudab dokumentide kasutamise hõlpsamaks ning samas kaitseb neid kõikvõimalike välismõjude eest. Vaatleme järgnevalt lühidalt, millised on köite peamised osad. Iga köide koosneb raamatu- ehk sisuplokist ja kaantest. **Raamatuplokk** koosneb ühte serva pidi kinnitatud lehtedest. Lehtede kinnitusviisi järgi eristatakse traaditud, õmmeldud ja liimköidet. Raamatuploki üksikutel osadel on kindlad nimetused. Kui tekstiplokk asetada otse enda ette nii, et teksti on võimalik lugeda vasakult paremale, siis ploki vasakut külgpinda, kus lehed on kinnitatud, nimetatakse ploki seljaks; vastasolev külg on ploki esikülg; üleval on ülemine külg ja all – alumine külg. Esimesele ja viimasele raamatuploki lehele kinnitatakse kahekordne paberileht – eesleht, mille abil kinnitatakse raamatuplokk kaante külge. Köitenööride ja seba (eeslehe küljes olev paks pabeririba) abil ühendatakse raamatuplokk kaantega. Rohkem kui 2 cm paksuse raamatuploki korral kleebitakse selja mõlemasse otsa kaptaal ehk otsapael. **Kaptaal** on tugev, ühest äärest paksem puuvillane või siidpael, mis tugevdab poognate ühendamist ning on ka kaunistuseks. **Köitekaaned** valmistatakse papist ning kaetakse kattematerjaliga. Kaante kõvaduse järgi eristatakse pehme- ja kõvaköidet, kaante kattematerjali järgi nahk-, pärgament-, riie-, lederiin-, paber-, kalingur- jm. köiteid. Valmistatakse ka liitkatteid, mille korral kombineeritakse erinevaid kattematerjale.





Raamat on graafiline teadmiste säilitamise ja edastamise vahend. Tänapäevane raamat koosneb lehtede plokist (sisuplokk), mida katavad ja kaitsevad kaaned. Väikesemahulist paberkaantega või kaanteta trükist, mille maht pole väiksem kui 5 ega suurem kui 48 lehekülge, nimetatakse **brošüüriks**. Raamatutest eristatakse **perioodikat**, mille hulka kuuluvad trükised, mis ilmuvad nummerdatult kas kindla ajavahemiku järel või siis korrapäratult. Perioodikasse kuuluvad ajalehed, ajakirjad, aastaraamatud, kalendrid, jätk- ja jadaväljaanded, infolehed, bülletäänid jm.

Raamatu ehitus ja välimus on ajaloo jooksul, sõltuvalt kasutatud kirjutusmaterjalidest ja -vahenditest, küllaltki oluliselt muutunud. Teiselt poolt võime aga jälgida lausa hämmastavat traditsioonide püsivust, mis ulatub kuni viie aastatuhande taha.

Vanimateks raamatuteks loetakse 4. aastatuhande II poolest e.Kr. pärinevaid sumeri-assüüria-babüloonia kiilkirjadega savitahvleid. 3. aastatuhandel e.Kr. hakati Egiptuses ning 5. sajandil e.Kr. ka Kreekas ja Roomas kirjutama papüürusele. Papüüruskäsikiri oli rullikujuline (*volumen*), kirjutati veergude kaupa, pikki rulle hoiti varre ümber keeratuna kas savipottides või puidust ja nahast ümbristes (*capsae*). Sellise raamaturulli pikkus oli tavaliselt 6–10 meetrit ning kõrgus 12–30 cm. Kokkukeeratud rulli ülemisse otsa oli kinnitatud rullist väljaulatuv nahkriba – *titulus*, millele kirjutati teose autor, pealkiri ja sisukord.

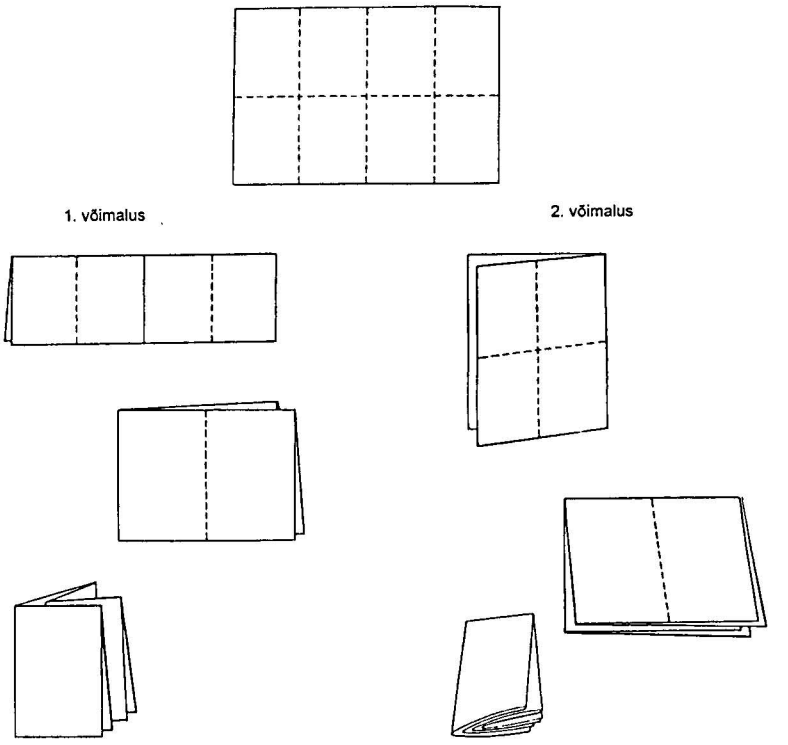
Antiik- ja varasel keskajal kasutati kirjutamiseks erilisi puidust, luust, kivist või väärismetallist valmistatud kirjutustahvleid. Tahvli üks külg kaeti vahaga, millele kirjutati teravaotsalise krihviga (*stilus*). Vahatahvlid seoti nurkadesse või servadesse tehtud aukudest läbi pandud paelte või rõngastega kokku. Nimetati neid vastavalt kokkuköidetud tahvlite arvule: *diptühhon* – kahest, *triptühhon* – kolmest ja *polüptühhon* – paljudest osadest koosnev. Kirjutustahvlite eeskujul hakati valmistama algul papüüruse-, hiljem pärgamendi- või paberilehtedest köidetud käsikirjalisi raamatuid – koodekseid (*codex*). Koodeks kujutas endast ühte serva pidi kinnitatud lehtede kogumit, mida kaitsesid puukaaned.

Pärgament (*charta pergamena, membrana*) võeti kirjutusmaterjalina kasutusele 2. sajandil e.Kr. ning 4.–5. sajandil kujuneski valdavaks raamatuvormiks koodeks. Koodeksi kasutuselevõttu võib lugeda murrangulise tähtsusega sündmuseks raamatu kujunemisloos. Võrreldes rullraamatuga oli koodeksi kasutamine tunduvalt mugavam – ühise selja külge kinnitatud pärgamendipoognate üksikute lehtede sirvimine oli märksa hõlpsam kui rulli lahti- ja kokkukerimine. Samuti muutus võimalikuks teksti kandmine lehe mõlemale küljele.

Esimesed ühepoognaraamatud koosnesid üksteise sisse asetatud, läbi õmmeldud ja ümbrisega varustatud pärgamendilehtedest. Ühepoognaraamatu maht oli piiratud ning samuti pidid keskmised lehed paratamatult olema välimistest kitsamad.

4. sajandi alguses ilmusid koodeksid, mis koosnesid juba mitmest poognast – mitmepoognaraamatud. Koodeksi kaust ehk formaat sõltub pärgamendi- või paberipoogna kokkuvoltide arvust (vt. joonis). Pärgamendi- ja paberilehe kaheksmurdmisel saadi fooliokaust (2°) – *in folio*, st. kaks lehte ehk neli lehekülge, neljaksmurdmisel neljandik- ehk kvartkaust – *in quarto* (4°), kaheksaks murdmisel kaheksandik- ehk oktaavkaust – *in octavo* (8°), kaheteiskümneks murdmisel kaheteistkümnendik- ehk duodeetskaust – *in duodecimo*. Tuntud on ka

kaustad 16°, 24°, 36°. Tänapäeval tähistavad nad raamatuploki kokkuleppelist piirkõrgust: foolio üle 35 cm, kvart 25–35 cm, oktaav 15–25 cm. Keskajal oli kõige levinumaks formaadiks *in quarto* – st. poogen koosnes neljast lehest ehk kaheksast leheküljest. Õige järjekorra säilitamiseks on poognad nummerdatud. Poogna viimase lehe alumisse serva on tähe q järele rooma numbritega kirjutatud poogna järjekorranumber: q i, q ii, q iii jne. Poogna esimese poole lehed on samuti nummerdatud. Alates 11. sajandi lõpust võeti kasutusele siirdeviit ehk *kustos*, milleks kirjutati poogna viimasele lehele järgmise poogna esimese lehe esimene sõna. Kuigi lehekülgi nummerdati juba väga varastel Egiptuse koodeksitel, loendati hiljem põhiliselt kirjaridade arvu ning lehekülgede nummerdamine algas uuesti 13. sajandil ning muutus traditsiooniliseks alles 16. sajandil trükitud raamatute juures.



Pärgamendilehe kokkuvoltimine poognate valmistamisel

Raamatuplokk moodustati poognaniitide kokkupõimimise teel köiteseljal. Üksikud poognad ühendati läbi kattenaha raamatu seljal horisontaalsuunalise kettpisteõmbluse abil. Raamatu selja tugvdamiseks asetati seljale luust või paksust nahatükist plaadikesed sissepuuritud aukudega, kust köitenöörid läbi pisteti. Vanimad säilinud nahkköited – nn. kopti köited – pärinevad 7.–8. sajandist, olles seega eellasteks nii islami kui ka Euroopa nahkköidetele. Kopti köite kaaned olid kaheosalised ning valmistatud nahaga kaetud papüürusest, mille külge sisuplokk kinni nööriti. Keskajal (alates 12. sajandist) õmmeldi sisuplokk linase niidiga nahk- või pärgamentribale, hiljem ka kanepinöörile. Neid rihmakesi või nööre nimetatakse köitmeteks. Köitmete otsad kinnitati algul kaane peale, hiljem kaane

siseküljele. 2.–4. sajandil kujunes välja puitkaaneline köide. Puitkaante materjaliks kasutati pööki, vahtrat, mändi, kuuske, tamme, pärna ja pähklipuud. Köitmenööride abil tugevasti sisuplokiga ühendatud puitkaaned tõmmati üle naha, pärgamendi, sameti, siidi või lõuendiga. Sageli olid puitkaaned kaetud elevandiluust või väärismetallist plaatidega, mis olid kaunistatud vääriskivide ja emailiga. Köite nurkadele ja kaane keskele pandi vaskplaadikesed või -nupud, mis takistasid köite pealispinna vigastamist ja kulumist. Kaaned suleti rihmade või vaskpannaldega, et takistada pärgamendilehtede kaardumist. Kuni 16. sajandini dekoreeriti nahkköiteid nn. pimetrükiga. Kuumutatud metalltempliga vajutati kaunistused niisutatud nahale. Templitel kujutati lilli, geomeetrilisi kujundeid, linde, loomi, erinevaid groteskseid olendeid ja inimfiguure, mis katsid tavaliselt korduvate mustritena kogu köite. Kõrvuti pimetrükiga ilmus 14.–15. sajandil köidete kaunistamisel kasutusele ka nahalõiketehnika. Hollandis leiutati 13. sajandi lõpul plaattrükk, mille korral kogu dekoratsioon oli graveeritud ühele plaadile ning mida sai seega pressida ühekorraga. Võrreldes pimetrükiga oli see meetod tunduvalt kiirem ja vähem töömahukas. Prantsusmaale ilmus plaattrükk 15. sajandi lõpul ning Saksamaa köitekodadesse veel sajand hiljem.

Köite otste tugevdamiseks ja kaunistamiseks kasutatakse kaptaale ehk otsanööre või -paelu. Kaptaal on üks variatsooniderikkamaid köitedetaile üldse ning nende valmistamiseks kasutati kanepinööri, nahka, pärgamenti, lõuendit, siidniiti jne.

Varasel keskajal raamatuploki külgi ei lõigatud, hiljem hakati plokki lõikama ning 14.–15. sajandist alates lõikeserva ka värvima. Värvimiseks kasutati ookrit, punast ja sinist värvainet. Kullatud lõige tuli kasutusele renessanssiajastul. Harilikult oli värvitud ülemine või ülemine ja esimene külg, hiljem ka kõik kolm külge.

Raamatuploki ühendamisel kaantega kujundati köide kas kinnise või õõnsa seljaga. Vanematel pärgament- ja nahkköidetel kleebiti köite seljanahk ploki selja külge. Pappköite kasutuselevõtmisel tehti nn. kõrge selg, mis on jäänud püsima tänaseni. Reljeefselt väljatöötatud kumerad raamatuseljad (kõrge selg) hakkasid esinema 15. sajandist alates.

14. sajandil Euroopas kasutuselevõetud paber ning 15. sajandil leiutatud trükikunst ei muutnud esialgu raamatu ehitust. 15. sajandi hälltrükised (inkunaablid) matkisid käsitsi kirjutatud koodekseid: trükitähed ei erinenud oluliselt tollal kasutatud kirjatähtedest, lühendid ja ligatuurid olid samasugused nagu käsikirjades, pealkiri ja muud trükiandmed paigutati raamatu lõppu (kolofoon ehk lõputiitel), nii lehekülje kujundus kui kaunistused ja illustratsioonid olid otseselt käsikirjadest üle võetud. 16. sajandil lisandus raamatule tiitelleht, mida kaunistas signeet (trükkalimärk), köitmise hõlbustamiseks võeti kasutusele signatuur (poogna tähis), hakati nummerdama lehti ja reeglipärasemalt kasutama kirjavahemärke, kujunesid välja kindlate mõõtmetega trükikirjad. **Signatuuriks** nimetatakse tähtede ja numbrite kombinatsiooni, mis hõlbustavad raamatuköitjat poognate ja üksikute lehtede järjekorda seadmisel. Poognad on reastatud ladina tähestiku väiketähtede (a – z) kohaselt, poognate suurema arvu korral lisatakse suurtähed (A – Z) ning vajaduse korral ka kaksik- või kolmiktähed (aa, AA, zzz jne). Kuna loendatakse lehti, mitte lehekülgi, on poogna esimese lehekülje tähis „a", kolmanda lehekülje „a2", viienda lehekülje „a3" jne. Inkunaablite tavaline formaat oli foolio.

Renessanss tõi Euroopa köitekunsti nii pappkaaned kui kuldamise. Uued meetodid tulid kasutusele Itaalias 15. sajandi lõpul ja levisid sealt 16. sajandi esimesel poolel esialgu Prantsusmaale ning Hispaaniasse ja hiljem Saksamaale ning Inglismaale.

Idamaade eeskujul hakati 16. sajandil raamatuid, eriti pärgamentköiteid, köitma pappkaante vahele. Kaante valmistamiseks kleebiti kokku korrektuurpoognaid, trükiste ja käsikirjalehti. Selliseid makulatuurkaasi kasutati peamiselt väikeses formaadis raamatute köitmiseks.

18. sajandil võeti kasutusele poolnahkköide ja veerandnahkköide, mille korral kombineeritakse nahka paberi või riidega. Poolnahkköite korral katab nahk raamatu selja, ligikaudu 1/5 kummagist kaanest ja kolmnurksed nurgad, veerandnahkköite korral on nahaga kaetud raamatu selg ning 1/5 või vähem kaantest, nurki nahaga ei kaeta.

Massilise raamatutootmise algus 19. sajandil nõudis ka kiiremaid ja odavamaid köitmismeetodeid. Ilmub masinköide, laialdaselt hakkavad levima tekstiil- ja trükitud paberköited. 20. sajandi alguseks on kõik köitetööd täielikult mehhaniseeritud. Odavate raamatute köitmiseks võetakse kasutusele pehmed paberkaaned.

Kokkuvõte

Raamat on graafiline teadmiste säilitamise ja edastamise vahend. Raamatu ehitus ja välimus on ajaloo jooksul küllaltki oluliselt muutunud sõltuvalt kasutatud kirjutusmaterjalidest ja -vahenditest. Varasemate kirjalike ürikute vormide – kirjarulli ja kirjatahvli – asendas koodeks ning selle omakorda juba tänapäevane raamat.

Raamatute vananemine sõltub nii kasutatud materjalidest kui ka tehnoloogiast. Raamatute hoiutingimuste ja kasutuskorra kindlaksmääramisel, veelgi enam nende konserveerimisel ja restaureerimisel on oluline omada ülevaadet raamatute ehituse põhijoontest läbi sajandite.

Kirjandus

Avrin, L. Scribes, script and books. American Library Association, The British Library, 1991.

Eberhart, G. The whole library handbook. American Library Association, 1991.

Nagel, V. Haruldaste raamatute köitmisviise // Raamat – Aeg – Restaureerimine II. Tartu, 1971. Lk. 128–144.

Puksoo, F. Raamat ja tema sõbrad. Tallinn, 1973.

Zdorikov, A. Raamatuköitmine. Tallinn, 1957.

Treumann, H. Vanemast raamatukultuuriloost. Tallinn, 1977.

Valk-Falk, E. Raamatu arheoloogia // Renovatum Anno 1992. Lk. 39–50.

3. ARHIVAALIDE VANANEMISE VÄLISED TEGURID

Materjalisiseste tegurite kõrval mõjutavad arhivaalide vananemist oluliselt mitmesugused välised (eksogeensed) tegurid. Ebasobivates tingimustes säilitatavad kogud kahjustuvad väga kiiresti. Samal ajal on aga võimalik tunduvalt aeglustada materjalide vananemist, luues säilikutele võimalikult ideaalilähedased hoiutingimused.

Arhivaalide vananemist mõjutavad välised tegurid jaotatakse järgnevalt suurema selguse huvides **keskkonnatingimusteks** ja **inimmõjutusteks**. Ei tohi aga unustada, et selline jaotus osutub küllaltki sageli suhteliseks, kuna tegelikes tingimustes on mõlemat tüüpi faktorid omavahel tihedasti põimunud. Sõltub ju näiteks temperatuuri ja õhuniiskuse mõju arhivaalidele suuresti ruumidest, kus nad asuvad, küttesüsteemidest ja ümbristest. Sama lugu on ka valguse ja saasteainetega – inimese poolt loodud tingimused mõjutavad oluliselt keskkonnafaktorite toimet arhivaalidele.

3.1. TEMPERATUUR

Temperatuur on keha või keskkonna soojusenergeetilist olekut iseloomustav füüsikaline suurus, mida mõõdetakse kraadides. Soojusenergia hulk määrab aine koostisosakeste (aatomite ja molekulide) liikumise kiiruse. Soojusenergia lisandumisel suureneb aatomite ja molekulide liikumise kiirus ning soojusenergia äraandmisel see jällegi väheneb. Soojus levib kiirgusena, konvektsiooni või soojusjuhtivuse teel. Temperatuuri mõõtmisel kasutatavaid skaalasid on mitu.

Absoluutse temperatuuriskaala alguspunktiks on absoluutne nullpunkt, s.o. –273,15 °C, mis on ühtlasi madalaimaks võimalikuks temperatuuriks. Absoluutse temperatuuriskaala mõõtühikuks on kelvin (tähis K).

Celsiuse skaala püsipunktideks on valitud jää sulamistemperatuur (0 °C) ja vee keemistemperatuur (100 °C). Absoluutne temperatuur saadakse liites Celsiuse skaalaga määratud temperatuurile 273,15.

$T = t + 273{,}15$

kus T on temperatuur absoluutse ning t Celsiuse skaala järgi.

Fahrenheiti skaalas jaotub jää sulamispunkti (32 °F) ja vee keemispunkti vahemik (212 °F) 180 kraadiks. Seos Fahrenheiti ja Celsiuse skaala vahel on järgmine:

$t = (F - 32) / 1,8$

kus F on temperatuur Fahrenheiti skaala järgi.

3.1.1. Temperatuuri toime materjalidele

Tahketes kehades on aatomid ja molekulid üksteisega tugevasti seotud ning soojusenergia poolt põhjustatud liikumine piiratud. Soojendamisel suureneb aineosakeste soojusliikumise energia. Juhul, kui soojusliikumise energia ületab seoseenergia, toimub **sulamine** – tahke aine muutub vedelikuks. Kristalne aine sulab jääva rõhu korral kindlal temperatuuril – sulamistemperatuuril, mis ühtib aine tahkumistemperatuuriga. Amorfsetel ainetel (klaasil, vaikudel, pigil, osadel plastmassidel) ei ole kindlat sulamistemperatuuri. Soojendamisel väheneb nende viskoossus mingis kindlas temperatuurivahemikus järk-järgult, kuni nad muutuvad vedelaks.

Vaid vähesed arhiivides leiduvad materjalid omavad toatemperatuurile lähedasi sulamispunkte. Sellisteks on näiteks vahast esemed – pitserid, fonograafirullid ja erinevad vahast modelleeritud eksponaadid. Kui temperatuur tõuseb üle vaha sulamispunkti (~ 65 °C), kaotavad need esemed oma kuju. Temperatuuri tõus võib olla põhjustatud otsesest päikesekiirgusest, liiga tugevatest valgustitest või esemete liigsest lähedusest küttekehadele.

Nagu eelnevalt mainitud, hakkavad aatomid ja molekulid soojendamise korral kiiremini liikuma, seega nõuavad nad ka rohkem ruumi. Selle tulemusena suurenevad objekti mõõtmed. Jahutamisel omakorda mõõtmed vähenevad. Mõõtmete muutuste tõttu võivad esemetes tekkida sisepinged. Plastilised materjalid – vaha, kummid, plastmassid – muutuvad madalatel temperatuuridel väga tugevateks ja haprateks. Sellises seisundis võivad isegi väga väikesed temperatuuri muutused mõjuda esemele purustavalt.

Madalad temperatuurid (külmumine) on ohtlikud suure niiskusesisaldusega materjalidele. Külmumise tulemusena tekkivad jääkristallid on võrreldes veega suurema ruumalaga. Moodustudes lõhuvad nad materjalide mikrostruktuuri. Jääkristallide struktuurepurustava toime tulemusena on näiteks sügavkülmutatud ning seejärel ülessoojendatud puuviljad pudrutaolised.

3.1.2. Temperatuuri mõju keemilistele reaktsioonidele

Väga paljude keemiliste reaktsioonide kiirus kasvab oluliselt temperatuuri tõustes. Van't Hoffi empiirilise reegli kohaselt suureneb temperatuuri tõstmisel 10 °C võrra keemilise reaktsiooni kiirus kaks kuni neli korda. See tähendab, et temperatuuri tõstmisel aritmeetilises progressioonis kasvab reaktsiooni kiirus geomeetrilises progressioonis.

Kunstliku vanandamise katsed on näidanud, et tselluloosi vananemise kiirus suureneb kaks korda temperatuuri suurenemisel 5 °C võrra.

ERIOSA 11. Kuidas temperatuur mõjutab vananemise kiirust?

Keemiline reaktsioon on ainete keemiline muundumine teisteks, lähteaineist keemilise koostise või struktuuri poolest erinevateks aineteks. Reaktsiooni käigus katkevad senised ja tekivad uued keemilised sidemed. Keemiline reaktsioon toimub aineosakeste kontakti korral tingimustes, kus osakestel on piisav energia (aktivatsioonienergia). ***Aktivatsioonienergia*** *on minimaalne energia, mis on vajalik antud keemilise reaktsiooni toimumiseks. Rootsi keemik S. Arrhenius tuletas võrrandi reaktsiooni kiiruse sõltuvuse kohta temperatuurist (1889).*

$$\log K = - E/RT + const$$

K – reaktsiooni kiiruskonstant
E – reaktsiooni aktivatsioonienergia
R – universaalne gaasikonstant 8,31441 J / (Kmol)
T – temperatuur kelvinites

Toome järgnevalt mõnede materjalide lagunemisprotsesside aktivatsioonienergiad (kcal):

- *värvifoto – 19...26;*
- *värvifilm – 26...28;*
- *tselluloosatsetaatfilm – 20...22;*
- *tselluloosnitraatfilm – 28...31;*
- *želatiin – 26...30;*
- *magnetlindi alusmaterjal – 14;*
- *puuvillakiududest paber – 35;*
- *puittselluloosist paber – 30...31;*
- *trükipaber – 20...27;*
- *koopiapaber – 21...33.*

Materjalid, mille lagunemisreaktsioonidel on madal aktivatsioonienergia, on äärmiselt tundlikud temperatuuri väikestegi muutuste suhtes. Juba temperatuuri väike langus aeglustab oluliselt nende vananemist, samal ajal kutsub aga ka temperatuuri väike tõus esile vananemise olulise kiirenemise.

Kõrge aktivatsioonienergiaga lagunemisprotsessid ei reageeri väikestele temperatuurimuutustele. Ühest küljest kiireneb vananemisprotsess temperatuuri tõustes vähe, teisest küljest on aga vananemise aeglustamiseks vajalikud tunduvalt madalamad temperatuurid.

Arrheniuse võrrandist järeldub, et keemilised vananemisprotsessid kiirenevad temperatuuri tõusuga. Järelikult, kui kõik teised tegurid on identsed, siis mida madalamal temperatuuril arhivaale hoitakse, seda aeglasemalt nad vananevad.

3.1.3. Temperatuuri toime paberile

Tselluloosi lagunemist temperatuuri toimel nimetatakse **termiliseks destruktsiooniks**. Tselluloosi termilise destruktsiooniga kaasnevad harilikult ka hüdrolüüs (niiskuse toimel) ja oksüdatsioon (õhuhapniku mõjul). Tselluloosi termiline destruktsioon toimub seda intensiivsemalt, mida kõrgem on temperatuur ning mida pikem temperatuuri toimeaeg. Tselluloosi termiline destruktsioon kiireneb niiskuse olemasolul, sellisel juhul toimub lisaks termilisele lagunemisele ka tselluloosi hüdrolüüs. Glükosiidne side tselluloosi makromolekulis on küllaltki vastupidav temperatuuri toimele, niiskuse ja temperatuuri koostoimel hüdrolüüsub see aga kergesti. Kõrge niiskusesisaldus (trükkimine märjalt, auruga töötlemine) kiirendab termilist oksüdatsiooni ka vesinikperoksiidi tekke tõttu. Tselluloosi polümerisatsiooniastme oluline vähenemine toimub pikemaajalisel (48 tundi) kuumutamisel 100 °C juures. Temperatuuridel üle 250 °C algab tselluloosi intensiivne lagunemine. Hakkavad eralduma erineva koostisega gaasilised ja vedelad lagunemisproduktid ning temperatuuri tõusmisel üle 300 °C algab tselluloosi põlemine ja amorfse söe moodustumine.

Paberi temperatuuritaluvus on oluline omadus koopiapaberitel. Kserokoopiate valmistamisel kuumutatakse paberilehte värvi kinnitamiseks 170...180 °C. Kui paber ei ole piisavalt tihe ja kvaliteetne, muutuvad kuumutamisel paberilehe mõõtmed. Paber võib ühes suunas välja venida või krussi tõmbuda.

Normaalsetes tingimustes sisaldavad kõik orgaanilised materjalid vett. Kui materjal neelab soojusenergiat, kaotab ta vee kas osaliselt või täielikult – dehüdratiseerub. Paberi **dehüdratatsioonil** e. **kuivamisel** moodustuvad keemilised sidemed pärast veemolekulide eemaldumist vabaks jäänud hüdroksüülrühmade vahele. Selle tulemusena suureneb tselluloosi kristallilisus ning tselluloos muutub hapraks, kergesti murduvaks, pulberjaks.

Harilikult ettetulevate temperatuuride mõju paberi füüsikalistele omadustele on väike. Märgatavalt mõjutab temperatuur paberi omadusi vaid õhu kõrge suhtelise niiskuse korral.

3.1.4. Temperatuuri toime nahale

Kuumutamisel üle **liimistustemperatuuri** laguneb naha kristalliline struktuur, mis jahtumisel taastub ainult osaliselt. Väliselt ilmneb see naha mõõtmete muutumises – nahk deformeerub ja tõmbub kokku. Naha liimistustemperatuur kuumutamisel kuivas õhus on 100...150 °C. Niiskes õhus ja vees on liimistustemperatuur tunduvalt madalam ning sõltub naha korral põhiliselt parkimisviisist. Nahkköidete säilitamisel niisketes tingimustes, otsese päikesevalguse või tugeva kunstliku valguse käes võib temperatuur tõusta liimistustemperatuuri lähedale. Kuumas ja kuivas õhus on naha lagunemine aeglasem võrreldes niiske õhuga. Kuumutamisel üle 180 °C hakkab nahk lagunema ning eralduvad sellised lagunemisproduktid nagu vesiniksulfiid ja ammoniaak. Naha **termokeemilises lagunemises** osalevad oksüdatiivsed ja vabaradikaalsed reaktsioonid. Madal temperatuur kutsub esile naha dehüdratatsiooni. Vee eraldumise tõttu muutub nahk kuivaks, tihedaks ja murduvaks.

Kokkuvõte

Temperatuuri toime arhivaalidele on peamiselt seotud mõjuga keemiliste reaktsioonide kiirusele. Temperatuuri tõusmisel kümne kraadi võrra suureneb keemiliste reaktsioonide ja nende hulgas ka vananemisprotsesside kiirus keskmiselt kaks korda. Järelikult, mida madalamal temperatuuril arhivaale hoitakse, seda aeglasem on nende vananemine.

3.2. ÕHUNIISKUS

Õhus leiduvat veeauru nimetatakse **õhuniiskuseks**. Veeaur on nähtamatu, erinevalt näiteks udust või aurust, mis koosnevad silmaga nähtavatest veetilgakestest.

Auramise all mõistetakse vee üleminekut gaasilisse olekusse, s.o. muutumist veeauruks. Et vee molekulid on alatises liikumises, siis võib vee pindmises kihis liikuvate molekulide kineetiline energia ületada väljumiseks vajaliku energia, mille tagajärjel veemolekulid väljuvad veest ümbritsevasse keskkonda – õhku.

Et aurumisel lahkuvad veest kiiremad molekulid, siis ülejäänud molekulide keskmine kiirus väheneb. Seega väheneb ka ülejäänud molekulide kineetiline energia, mis omakorda ilmneb vee temperatuuri alanemises. Auramisel vesi jahtub ning seda efekti kasutatakse jahutamisel, nii higistamisel kui ka tehnilistes seadmetes (külmkapid, konditsioneerid). Auramiseks kulub alati energiat – viimast nimetatakse ka auramissoojuseks. Arvuliselt väljendatakse seda soojuse hulgaga kalorites, mis kulub 1 g vee aurustamiseks antud temperatuuril. 0 °C juures on vee auramissoojus 597 cal/g. Temperatuuri tõustes vee auramissoojus väheneb (~ 0,6 cal/g võrra iga kraadi kohta).

Veeauru **kondensatsiooniks** nimetatakse veeauru üleminekut vedelasse agregaatolekusse, st. veeks. Veemolekulide kondenseerumisel vabaneb energia, kuna molekulid kaotavad osa oma kineetilisest energiast. Suletud ruumis toimuvad aurumine ja kondenseerumine kuni tasakaalu saabumiseni, sellisel juhul muutub teatud ajaühikus vette tagasisattuvate molekulide hulk võrdseks sealt väljuvate molekulide hulgaga. Tasakaal püsib, kuni temperatuur on püsiv. Soojusenergia lisandumisel suureneb aurumine ning õhus on seega rohkem veeauru. Temperatuuri langemisel suureneb kondenseerumine ning veeauru hulk õhus langeb. Veeauru hulk õhus sõltub seega otseselt temperatuurist. Mida kõrgem on temperatuur, seda rohkem võib õhk sisaldada veeauru.

Õhu absoluutseks e. **tegelikuks niiskuseks** nimetatakse 1 m^3 õhu veesisaldust grammides. Kuna õhu kuupmeetri kaal varieerub veidi sõltuvalt temperatuurist, kasutatakse täpsemaks õhuniiskuse sisalduse iseloomustamiseks näitajat „kg veeauru 1 kg kuiva õhu kohta". Õhk on täiesti kuiv, kui 1 m^3 õhku sisaldab 0 g veeauru.

Nagu me juba eelpool nägime, võib õhk kindlal temperatuuril sisaldada kindla koguse veeauru. **Küllastav** e. **võimalik niiskus** on antud temperatuuril õhus maksimaalselt sisalduda võiv veeaurukogus.

30 °C juures võib 1m^3 õhus olla kuni 30,3 g vett,
10 °C juures 9,4 g,
0 °C juures 4,8 g,
–20 °C juures 0,8 g.

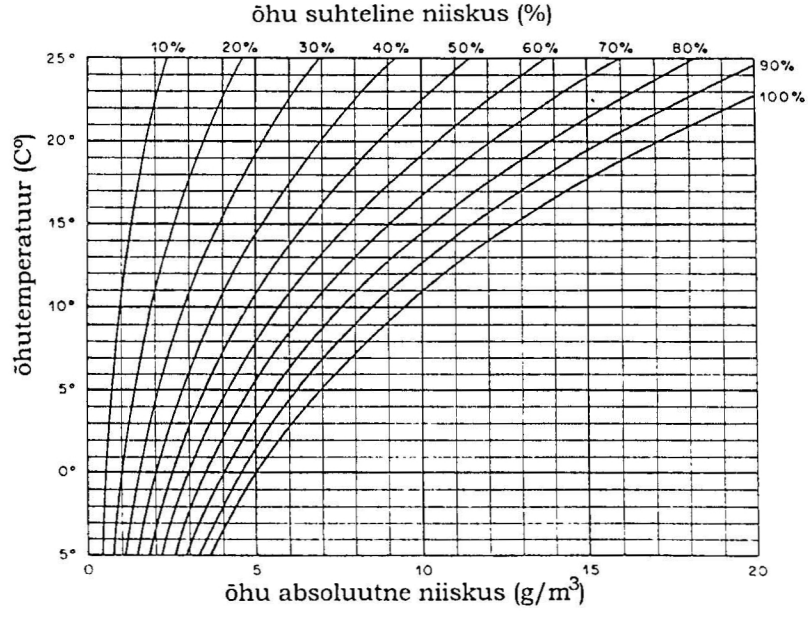
Kui lähedal on õhus leiduv veeaur küllastusolekule, seda iseloomustab **relatiivne** e. **suhteline niiskus**, mis võrdub absoluutse ja küllastava niiskuse suhtega (protsentides).

$$\text{õhu suhteline niiskus} = \frac{\text{veeauru kogus õhus (g)}}{\text{antud temperatuuril võimalik veeauru kogus õhus}} \times 100\%$$

Täiesti kuiva õhu suhteline niiskus on 0%, kui aga õhk on veeauruga küllastunud, st. sisaldab maksimaalselt võimaliku koguse veeauru, on tema suhteline niiskus 100%. Eriolukorras (üleküllastatud olek) võib suhteline niiskus ületada 100%.

Suhteline niiskus sõltub nii õhu veeaurusisaldusest kui ka temperatuurist. Kui antud veeaurusisalduse juures õhutemperatuur tõuseb, siis suhteline niiskus väheneb ja vastupidi – kui õhutemperatuur langeb, siis suhteline niiskus suureneb. Veeauruga küllastatud õhu jahutamisel kondenseerub üleliigne niiskus välja.

Kastepunktiks nimetataksegi temperatuuri, mille juures õhus olev veeaur õhku küllastaks, st. temperatuuri, mille korral suhteline niiskus on 100%. Nimetus on tulnud sellest, et kui mingi pinna, näiteks majaseina temperatuur langeb kastepunktini, algab seal veeauru kondenseerumine, mis väljendub kaste tekkimisena. Õhu absoluutne niiskusesisaldus, temperatuur ja õhu suhteline niiskusesisaldus on omavahel seotud. Seda seost väljendab **hügromeetriline diagramm**. Diagrammi kasutades võime leida ühe väärtuse, kui kaks ülejäänut on teada.



Suhteline õhuniiskus mõjutab:

- materjalide mõõtmeid ja kuju;
- keemilisi reaktsioone;
- biokahjustuste esinemist.

Kõik niiskust neelavad materjalid – paber, pärgament, nahk, tekstiilid, puit ning liimained paisuvad suhtelise õhuniiskuse tõustes ning tõmbuvad kokku, kui see langeb. Paisumine ja kokkutõmbumine põhjustavad materjalide deformatsioone ja kiudude katkemist. Kõrgema õhuniiskuse tingimustes kulgeb kiiremini enamik keemilistest vananemisreaktsioonidest. Biokahjustusi esilekutsuvate organismide elutegevuseks on vajalik substraadi kindel niiskusesisaldus, mis omakorda sõltub otseselt ümbritseva õhu niiskusest.

3.2.1. Õhuniiskuse toime paberile

Peaaegu kõik arhivaalide valmistamiseks kasutatud materjalid muudavad oma niiskusesisaldust vastavalt suhtelise õhuniiskuse muutustele ümbritsevas õhus. Kui õhu suhteline niiskus on madal, liigub vesi materjalist õhku ning kui suhteline õhuniiskus on kõrge, liigub vesi õhust materjalisse. Niiskuse vahetus kestab seni, kuni saabub taskaal materjali veesisalduse ja õhuniiskuse vahel. Arhivaale mõjutab just õhu suhteline, mitte absoluutne niiskus, kuna niiskuse vahetus oleneb materjalis ja õhus leiduva niiskuse vahest, mitte aga õhus leiduvast absoluutsest veeaurukogusest.

Niiskuse hulgast paberis sõltuvad paljud tema füüsikalis-keemilised omadused – vastupidavus murdele, rebimistugevus ning reageerimisvõime keemiliste ühenditega. Kui suhteline õhuniiskus on alla 20%, muutub paber hapraks. Täiesti kuiv paber on kiudude hapruse tõttu küllaltki halbade mehaaniliste omadustega. Liiga kõrge niiskusesisaldus mõjub kiududevaheliste sidemete katkemise tõttu samuti halvasti paberi mehaanilistele omadustele.

Õhuniiskuse muutumisel tselluloosikiud paisuvad või tõmbuvad kokku laiuses. Kiudude pikkus seejuures peaaegu ei muutu. Suhtelise õhuniiskuse muutus 10% võrra kutsub esile muutused kiudude pikisuunas 0,05% ja ristisuunas 0,30%. Käsitsivalmistatud paber porsub niiskuse suurenedes igas suunas ühtlaselt. Masinaga toodetud paberis on kiud enam ühes suunas orienteeritud ning selline paber paisub rohkem suunas, mis on kiududega risti. Muutused paberipoogna laiuses on ligikaudu kolm korda suuremad kui muutused pikkuses. Liiga madala õhuniiskusega ruumides tõmbuvad paberi ääred kokku ning paberileht paindub keskelt looka. Liiga kõrge õhuniiskuse juures paberi ääred paisuvad ning paberileht muutub laineliseks. Ühelt küljelt kaetud paber on niiskuse muutuste suhtes eriti tundlik, kuna katmata küljel olevad kiud reageerivad muutustele kiiremini ja suuremal määral kui kiud kaetud küljel. Kuivamisel keerdub selline paber rulli. Liiga madal niiskusesisaldus võib takistada paberis tekkinud staatilise elektri mahalaadumist. Paberi staatiline elektrilaeng võib tekitada probleeme printerites, süsinikseparaatorites ning paberilõikeseadmetes, kuna paberilehed „kleepuvad kokku". Paljundusmasinates langeb paberi niiskusesisaldus kuumutamise tõttu eriti madalale, seetõttu töödeldakse paljundamiseks ettenähtud pabereid spetsiaalselt, et vältida staatiliste elektrilaengute

tekkimist. Kui tselluloosi amorfsed piirkonnad on veega küllastunud, kutsub vee edasine lisandumine esile **porsumise**.

ERIOSA 12. Paberis leiduv vesi

Paberis sisalduv vesi jagatakse kolme liiki.

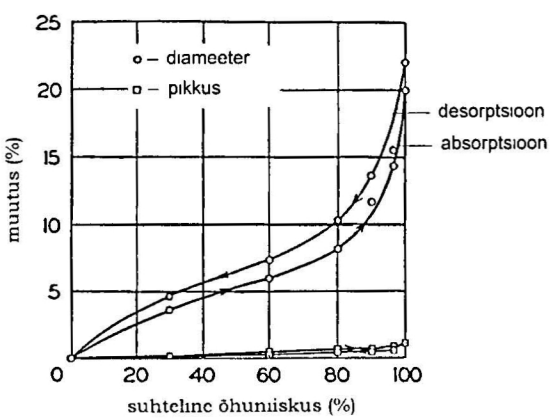
1. HÜDRATATSIOONILINE EHK STRUKTUURNE VESI on vesiniksidemetega seotud tselluloosi makromolekulide külge. Hüdratatsiooniline vesi satub kiududesse juba nende moodustumise ajal ning eraldub, kui tselluloosi kuumutatakse üle 100° C.

2. KAPILLAARVESI on tselluloosi mikro- ja makrokapillaarides leiduv vesi, mida on võimalik eemaldada kuivatamisel mõõdukatel temperatuuridel või pikaajalisel hoidmisel tingimustes, kus õhu suhteline niiskus on alla 40%.

3. MÄRGUMISVESI on tselluloosikiududega nõrgalt seotud ning eemaldub juba pressimise ja tsentrifuugimisega.

Niiskuse absorptsioon (neeldumine) sõltub keskkonna suhtelisest õhuniiskusest, temperatuurist ja absorptsiooniperioodi pikkusest. Kuiv materjal absorbeerib alguses niiskust kiiresti, seejärel aga üha aeglasemalt.

Niiskuse absorptsioonil eraldub energia, desorptsioon (niiskuse eraldumine) omakorda nõuab energiat. Tselluloosi tasakaaluline niiskusesisaldus erineva suhtelise õhuniiskuse korral sõltub sellest, kas seisund saavutati absorptsiooniga (väiksem) või desorptsiooniga (suurem). Sellist nähtust nimetatakse hüstereesiefektiks.



Erinevate paberisortide tasakaaluline niiskusesisaldus (%) erineva õhu suhtelise niiskuse korral:

paberisort	*paberi tihedus g/cm²*	*suhteline õhuniiskus*				
		40	*55*	*65*	*75*	*85*
filterpaber	*0,50*	*5,9*	*6,8*	*7,8*	*8,4*	*11,0*
ajalehepaber	*0,56*	*7,8*	*8,6*	*9,05*	*10,4*	*12,2*
joonistuspaber	*0,62*	*6,0*	*6,7*	*7,6*	*8,2*	*9,7*
sügavtrükipaber	*1,09*	*4,9*	*5,7*	*6,2*	*6,7*	*8,5*

Kristalliliste ja amorfsete piirkondade vahekord ja porsumise ulatus määravad ära tselluloosimolekulide kättesaadavuse erinevatele keemilistele ühenditele – tintidele, värvidele, kahjulikele saasteainetele jne. Kuna linakiududes on tunduvalt rohkem kristallilisi piirkondi (90%), on neid raskem värvida kui puuvillakiude, kus kristalliliste piirkondade osatähtsus on väiksem (60%). Põhjuseks on asjaolu, et kristallilistes piirkondades on peaaegu kõik funktsionaalsed rühmad omavahel seotud ning nad ei ole võimelised reageerima teiste keemiliste ühenditega.

Veesisaldus on määrava tähtsusega mitmete kahjulikult toimivate hapete moodustumisel paberis. Madal niiskusetase paberis vähendab happelist hüdrolüüsi ja kahjulike saasteainete neeldumist õhust, samuti tõstab paberi üldist keemilist stabiilsust.

Peale klimaatiliste tegurite avaldavad paberi niiskusesisaldusele mõju ka tselluloosi struktuur ja paberi koostis. Mida rohkem läheneb paber oma koostiselt puhtale tsellulloosile, seda madalam on paberi niiskusesisaldus. Puidutselluloos, sisaldades palju hügroskoopseid hemitselluloose, neelab rohkem veeauru ning ületab niiskusesisalduselt puuvilla- ja linatselluloosi. Ligniin on hüdrofoobne ning kõrge ligniinisisaldusega tselluloos porsub vähem. Täidisained vähendavad niiskuse hulka paberis, kuna nad on märksa vähem hügroskoopsed kui tselluloos. Kampolliimistus takistab hüdrofoobse kihi tõttu niiskuse tungimist paberisse.

Paberi tasakaaluline niiskusesisaldus sõltub seega eelkõige paberi kiulisest kompositsioonist ning täiteainete liigist ja hulgast.

3.2.2. Õhuniiskuse toime nahale

Kollageenis on palju hüdrofiilseid funktsionaalseid rühmi. Nende tõttu on nahk ja pärgament hügroskoopsed – nad on võimelised siduma küllalt palju vett. Nahas on alati teatud kogus vett (toornahas ~ 65%). Kuiv taimparknahk sisaldab oma kaalust vett 14%. Veega üleküllastatud nahk võib aga sisaldada kuni 200% vett.

Nahas leiduv vesi jaguneb vastavalt seostumisviisile:

- **hüdratatsiooniline vesi** on vesiniksidemetega tugevasti naha struktuuri seotud, väga oluline naha omaduste seisukohalt;
- **kapillaarvesi** paikneb nahakiudude vahelistes kapillaarides, olles seotud seda tugevamini, mida peenemad on kapillaarid;
- **märgumisvesi** asetseb naha struktuuri hõredates kohtades, kuivatamisel eraldub kergesti ning ei mõjuta oluliselt naha omadusi.

Hüdratatsiooniline ja kapillaarvesi moodustavad umbes 20% ning märgumisvesi 80% nahas leiduvast veest. Vesi toimib nahas plastifikaatorina – liiga kuiv nahk kaotab elastsuse ja painduvuse. Liigne vesi võib aga lahustada osa parkainetest. Kõige sobivam on nahale niiskusesisaldus 15%.

Nahk porsub ja tõmbub kokku vastavalt sellele, kas ta neelab või annab vett ära.

Sagedased niiskuse muutused, põhjustades porsumist ja kokkutõmbumist, halvendavad oluliselt naha mehaanilist vastupidavust.

Naha poolt imatava vee hulk sõltub sidemetest kollageenikiudude vahel ning kristalliliste piirkondade esinemisest. Eelkõige mõjutab neid tegureid naha parkimine. Naha porsumise määr sõltub lisaks sellele lahustajast (vesi või näiteks mingi orgaaniline lahusti), keskkonna reaktsioonist, temperatuurist ning erinevate ainete esinemisest lahuses.

Pärast esialgset porsumist hakkavad kollageenikiud kokku tõmbuma ning nahk deformeerub. Ulatuslikumalt toimub selline protsess pärgamendi korral, kuna nahas on kollageenikiudude struktuur põikisidemetega tugevasti fikseeritud.

Nahk säilitab elastsuse, kui ta sisaldab 10...20% vett. Säilitamisel tingimustes, kus suhteline õhuniiskus on alla 25%, nahk dehüdratiseerub, muutub kuivaks ja murduvaks ning tema mehaanilised omadused halvenevad tunduvalt.

Liiga suur kogus vett nahas võib jällegi lahustada osa parkainetest ning muuta sellega kollageenikiud kättesaadavateks erinevatele kahjustavatele ainetele.

Nahale mõjub kahjulikult niiske ja soe hoiukliima. Sellistes tingimustes toimub kollageeni lagunemine põhiliselt hüdrolüüsi teel. Hüdrolüüs kiireneb tunduvalt, kui suhteline õhuniiskus on üle 75%. Hüdrolüüs on tihedalt seotud naha reaktsiooniga. Kui naha pH on 4,0 või kõrgem, siis on hüdrolüüsi kiirus väike, isegi kui suhteline õhuniiskus on 80%.

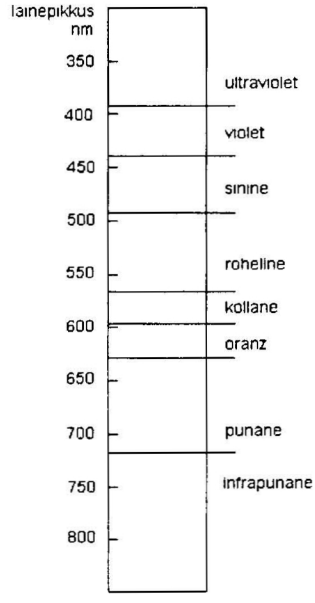
Samuti põhjustab soe ja niiske hoiukliima hüdrolüüsuvate tanniidide lagunemise, mille tõttu langeb naha elastsus ning tumeneb tema välispind.

Kokkuvõte

Õhus leiduvat veeauru nimetatakse õhuniiskuseks. Eristatakse õhu absoluutset, küllastavat ja suhtelist niiskust. Arhivaalide niiskusesisaldust mõjutab just õhu suhteline niiskus. Suhteline õhuniiskus sõltub nii õhu veeaurusisaldusest (absoluutne niiskus) kui ka temperatuurist. Niiskuse hulgast sõltuvad mitmed materjalide füüsikalis-keemilised omadused.

3.3. VALGUS

Valgus on elektromagnetkiirgus, mis hõlmab infrapunase, nähtava ja ultravioletse spektriala.



Soojus ehk infrapunane kiirgus on elektromagnetiline kiirgus lainepikkuste vahemikus 740...106 nm. Infrapunast kiirgust kiirgavad kõik kehad ning seda rohkem, mida kõrgem on nende temperatuur. Umbes 50% päikese kogukiirgusest moodustabki infrapunane kiirgus. Infrapunane kiirgus kutsub esile materjalide soojenemise, millega ühtlasi muutuvad nende füüsikalised omadused (kokkutõmbumine, kuivamine). Infrapunast kiirgust kasutatakse restaureerimises materjalide sügavamate kihtide uurimiseks, näiteks maalide korral alusmaalingute ja nähtamatute signatuuride avastamiseks.

Inimsilmale nähtamatut kiirgust lainepikkuste vahemikus 5...400 nm nimetatakse ultraviolettkiirguseks. **Ultraviolettkiirgus** on väga tugeva materjale kahjustava toimega. Restaureerimises kasutatakse seda materjalide pindmiste kihtide uurimisel.

Kehade pinnale langeva valguse mõju iseloomustab valgustatus (valgustustihedus). **Valgustatuseks** nimetatkse pinnale langeva valgusvoo ja pinna pindala suhet. Valgustatuse mõõtühikuks on luks (lx). Valgustatus on 1 luks, kui 1m^2 suurusele pinnale langeb valgusvoog 1 luumen.

Loomulik valgustatus vabas õhus päikese käes on ligikaudu 100 000 luksi, öösel kuuvalgusel aga 0,5 luksi. Kui valgustatus on alla 5 luksi, siis inimsilm enam värvusi ei erista.

Kui pinda valgustab mingilt kauguselt valgusallikas, mis on oma mõõtmetelt võrreldes kaugusega küllalt väike, siis on pinna valgustatus

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$$

kus E on pinna valgustatus, I allika valgustugevus (mõõtühikuks kandela), r valgusallika kaugus pinnast ja α valguse langemisnurk.

Ultraviolettkiirgust iseloomustatakse tema osaga üldisest valgusvoost. Mõõtühikuks on μw/l (mikrovatti luumeni kohta). Erinevate valgusallikate poolt kiiratavas valguses moodustab ultraviolettkiirgus erineva osa:

- päikesekiirguses – 400 μw/l;
- tavalise hõõglambi – kuni 75 μw/l;
- halogeenidega täidetud hõõglambi – 100 μw/l;
- fluorestsentslambi (väikese võimsusega) – 60 μw/l;
- fluorestsentslambi (suure võimsusega) valguses – üle 75 μw/l.

3.3.1. Valguse toime pabermaterjalidele

Igasugune valguskiirgus kahjustab praktiliselt kõiki arhivaalide valmistamiseks kasutatavaid materjale – paberit, nahka, tinte, fotoemulsiooni, liime, tekstiile jne. Valguse materjale kahjustav toime avaldub fotokeemilises ja soojuslikus mõjus.

Soojuskiirguse suhtes on eriti tundlikud hügroskoopsed (vettimavad) materjalid. Otsese valguskiirguse toimel paber soojeneb tugevasti ning kuivab. See toob endaga kaasa elastsuse ja vastupidavuse vähenemise.

Paberi **fotokeemilise lagunemise** kiirus sõltub kiirguse lainepikkusest, intensiivsusest ja kestvusest, aga samuti materjali omadustest, temperatuurist, niiskusesisaldusest, keskkonna hapnikusisaldusest ning lagunemisreaktsioone katalüüsivate ühendite (peamiselt metalliioonide) olemasolust. Valguse poolt materjalidele põhjustatud kahjustused on kumulatiivsed (ajas kuhjuvad) ning pöördumatud. Kahjustuste kumulatiivsus väljendub selles, et materjalide pikaajaline eksponeerimine madala intensiivsusega valguse käes kutsub esile samasuguseid kahjustusi nagu lühiajaline eksponeerimine kõrge intensiivsusega valguse käes. 100 lx viie tunni kestel tekitab samasuguseid kahjustusi nagu 50 lx kümne tunni kestel.

Valguse toime materjalidele sõltub valguse lainepikkusest. Mida lühema lainepikkusega on valgus, seda suurem on tema energia ja seda kahjulikumat toimet avaldab ta materjalidele. Fotokeemiliselt on kõige aktiivsemad ultravioletne ning violetne kiirgus (380...420 nm). Violetne kiirgus kahjustab paberit ligikaudu 20 korda rohkem kui näiteks sini-roheline kiirgus (lainepikkusega ligikaudu 500 nm). Kollakas-punast valgust (550–750 nm) neelab tselluloos vähe ning samuti on sellise lainepikkusega valguse kvantide energia suhteliselt väike ning ei vii märgatavatele füüsikalis-keemilistele muutustele. Kuna puhas tselluloos peaaegu ei neela valguskiirgust vahemikus 330...450 nm, on sellise lainepikkusega kiirguse neeldumise põhjusteks tselluloosi keemilised modifikatsioonid, lisandained, ligniin ja mitmesugused muud paberis leiduvad ühendid.

Tselluloosi poolt neelatud elektromagnetiline kiirgus põhjustab keemiliste sidemete katkemise ning hapniku juuresolekul vabade radikaalide tekke. Põhiliseks kahjustusmehhanismiks on siin **fotooksüdatsioon**, mille tulemusena oksüdeeritakse hüdroksüülsed külgrupid tselluloosi molekulis ning katkevad glükosiidsed sidemed glükoosijääkide vahel. Selle tulemusena langeb tselluloosi polümerisatsiooniaste, halvenevad mehaanilised omadused ja muutub värvus. Kõrge reaktsioonivõimega vabad radikaalid põhjustavad omakorda täiendavalt glükosiidsete sidemete katkemist. Vabade radikaalide poolt põhjustatud sekundaarsed lagunemisreaktsioonid on temperatuurisõltuvad ning kulgevad ka valguse puudumisel.

Fotooksüdatsiooni tulemusel tekivad mitmesugused madalmolekulaarsed laguproduktid. Need on harilikult kollakaspruuni värvusega, happelise reaktsiooniga ning vees lahustuvad. Paberist on neid võimalik eemaldada pesemise teel.

Paberi fotodestruktsioon algab alati paberi pinnalt. Lisaks tselluloosi destruktsioonile kaotab paber oma vastupidavuse ka liimistusainete lagunemise tõttu.

Tselluloosi fotooksüdatsiooni katalüüsivad raua, vase, hõbeda, tsingi, kroomi ja mangaani ioonid. Kuni 1%-line titaandioksiidi lisand toimib paberile kaitsvalt, kõrgema sisalduse korral aga hakkab kahjulikult mõjuma titaandioksiidi fotolagunemisel eralduv atomaarne hapnik.

Ligniin neelab ultraviolettkiirgust ja nähtavat valgust. Seejuures on ligniini fotooksüdatsioon väga kiire protsess, mille tulemusena muutub ligniini sisaldav paber kollakaks-kollakaspruuniks ning omandab happelise reaktsiooni. Mida rohkem on ligniin oksüdeerunud, seda pikema lainepikkusega valgust ta neelab. Seega muudab ligniinisisaldus paberi valgustundlikumaks.

Tselluloosi fotooksüdatsiooni kiirendavad õhus leiduvad saasteained (SO_2, NO_2) ning õhuniiskus.

3.3.2. Valguse toime nahale

Valkudes on fotoaktiivseteks tsentriteks disulfiidsidemed (esinevad sellistes aminohapetes nagu tsüsteiin ja metioniin) ning aromaatsed jäägid (leiduvad aminohapetes fenüülalaniinis, türosiinis, trüptofaanis ja histidiinis). Järelikult sõltuvad naha ja pärgamendi fotokeemilised omadused suuresti nende aminohappelisest koostisest. Naha muudavad valgustundlikeks ka seal leiduvad park- ja värvained ning küllastumata rasvhapped. Kroomiühendid inhibeerivad naha fotooksüdatsiooni. Raua ja vase ioonid kiirendavad omakorda lagunemist, samuti ka hapnik ja õhuniiskus.

Valguse, eriti ultraviolettkiirguse neeldumisel toimub naha fotolüüs ja fotokeemiline lagunemine. **Fotolüüsi** tulemusel katkevad keemilised sidemed kollageeniahelates – nahk depolümeriseerub. Naha fotokeemiline lagunemine põhineb vabaradikaalsetel reaktsioonidel, mis eriti ekspositsiooni algstaadiumis viivad uute külgsidemete tekkimisele, selle tulemusel muutub nahk jäigaks ja hapraks. Hiljem toimub keemiliste sidemete katkemine, mis põhjustab naha polümerisatsiooniastme vähenemise ning mehaaniliste omaduste halvenemise.

Aminohapete fotooksüdatsiooni lõppsaadusteks on kromofoorsed (värvilised) väikese molekulmassiga vees lahustuvad laguproduktid, aga ka ammoniaak.

3.3.3. Valguse toime tintidele ja värvainetele

Tahma sisaldavad tindid ja värvid on väga valguskindlad. Raudgallustindid ning alisariini ja indigot sisaldavad tindid on küllaltki valguskindlad. Sünteetilisi värvaineid sisaldavad tindid ja värvid seevastu ei ole reeglina valgusele vastupidavad. Pastapliiatsites kasutatavad tindid (kasutuses 1940. aastatest) on valguse toimele vastupidavamad kui harilik tint. Pliiatsikiri on valgusele vastupidav. See kehtib aga ainult hariliku pliiatsikirja kohta, värviline pliiatsitekst

pleekub valguse käes suhteliselt kiiresti. Sama lugu on kirjutusmasina ja printeritekstidega – mustad värvid on vastupidavad ning värvilised mitte. Trükivärvid taluvad valguse toimet tavaliselt küllaltki hästi.

Värvide vananemine on otseselt seotud õhuniiskusega – mida kõrgem on õhuniiskus, seda kiiremini toimub värvi vananemine valguse toimel.

Kokkuvõte

Igasugune valgus kutsub esile arhivaalide kiirendatud vananemise. Eriti lagundavalt toimib materjalidele elektromagnetkiirguse lühilaineline osa (ultravioletne ja violetne kiirgus). Valguse poolt põhjustatud kahjustused on pöördumatud ning ajas kuhjuvad. Eriti valgustundlik on ligniini sisaldav paber. Tindid ja värvid, mis sisaldavad pigmendina tahma, on valguse toimele vastupidavad. Seevastu orgaanilisi pigmente sisaldavad värvained on valguse toime suhtes väga tundlikud.

3.4. KESKKONNATINGIMUSTE TOIME FOTOMATERJALIDELE

Fotomaterjalide säilitamisel on keskkonnatingimuste osatähtsus sageli määrava iseloomuga. Kõrge temperatuur koos samaaegse kõrge õhuniiskusega loob fotomaterjalide hoidmiseks ülimalt ebasoodsa keskkonna. Samal ajal madal temperatuur ja õhuniiskus mõjuvad fotomaterjalidele stabiliseerivalt, nende vananemise kiirus väheneb oluliselt ning sellega pikeneb ka kasutusaeg. Värvilised fotomaterjalid on mustvalgetest märksa tundlikumad erinevate keskkonnatingimuste suhtes.

Fotokujutist kahjustavad peamiselt hüdrolüütilised ja oksüdatiivsed protsessid. **Hüdrolüütiliste protsesside** korral reageerivad värvained õhuniiskusega ning lagunevad. Hüdrolüüs toimub ka pimedas säilitatavate materjalide korral. Reeglina lagunevad esmalt sinised värvid, mis muutuvad kujutisel pruunikas-kollasteks. Valguse käes hoitavate fotomaterjalide korral on peamiseks vananemist põhjustavaks protsessiks oksüdatsioon. Eelkõige mõjub fotodele halvasti lühilaineline kiirgus – spektri ultravioletne ja sinine osa. Nii hüdrolüüs kui ka oksüdatsioon kiirenevad temperatuuri ja õhuniiskuse tõusuga.

Niiskuse imendumine on erinev fotomaterjalide erinevates kihtides. Emulsioonikihid neelavad niiskust võrreldes alusmaterjaliga rohkem. Eriti hügroskoopsed on želatiinemulsioonid. Alusmaterjalid (tselluloostriatsetaat, nitrotselluloos) hüdrolüüsuvad niiskuse toimel. Tselluloostriatsetaadi lagunemisel eraldub atsetaat (äädikhape) ning

nitrotselluloosi lagunemisel lämmastikdioksiid, mis õhuniiskusega reageerides moodustab lämmastikhappe. Alusmaterjali hüdrolüüsumise tulemusel muutub fotomaterjali reaktsioon happelisemaks ning eralduvad laguproduktid kahjustavad materjale.

Kuumus ja kõrge õhuniiskus põhjustavad fotokujutise **sulfuratsiooni** – hõbeda muutumise hõbesulfiidiks. Selle tulemusena värvuvad fotokujutise valged kohad kollaseks. Kõrge õhuniiskuse tingimustes on želatiinemulsioon ideaalseks kasvusubstraadiks bakteritele ja mikroseentele. Samuti kipuvad fotodokumendid kõrge õhuniiskuse tingimustes üksteise külge kleepuma.

Liiga kuivas õhus želatiin kalgistub, muutub krobeliseks ning võib aluspinnalt eemalduda ja praguneda. Emulsioonikihis peab niiskusesisaldus olema tingimata üle 15%.

Kokkuvõte

Fotomaterjalide säilivus sõltub suurel määral keskkonnatingimustest. Fotomaterjalid lagunevad nii hüdrolüütiliste kui ka oksüdatiivsete protsesside toimel. Kõrge temperatuuri ja õhuniiskuse mõjul lagunevad fotomaterjalid kiiresti ning muutuvad kasutamiskõlbmatuteks. Värvilised fotomaterjalid on mustvalgetest märksa tundlikumad nii temperatuuri ja õhuniiskuse kui ka valguse ja saasteainete toime suhtes.

3.5. SAASTEAINED

Õhk sisaldab alati erinevaid gaasilisi, vedelaid ja tahkeid saasteaineid. Arhivaale kahjustavad sellised saasteained nagu vääveldioksiid, lämmastikoksiidid, osoon, mitmesugused lenduvad orgaanilised ühendid (formaldehüüd, äädikhape jt.), mineraalhapped ning tolm. Saasteained satuvad arhiivihoidlate õhku välisõhust, ehitusmaterjalidest, sisustusest, ahivaalidest, inimestest, aga samuti ruumides kasutatavatest kõikvõimalikest kemikaalidest, näiteks puhastusvahenditest.

Vääveldioksiid (SO_2)

Vääveldioksiid on värvusetu terava lõhnaga mürgine gaas. Tema eluiga ulatub mõnest tunnist mõne päevani. Vääveldioksiidi allikateks arhiivides on välisõhk ja küttesüsteemid. Võrreldes välisõhuga on hoonetesisene vääveldioksiidi kontsentratsioon harilikult madalam.

Paberisse absorbeerunud vääveldioksiid oksüdeerub hapniku toimel vääveltrioksiidiks, mis omakorda moodustab õhus leiduva niiskusega väävelhappe. Vääveldioksiidi absorbeerumine pabermaterjalidesse sõltub tema kontsentratsioonist ning keskkonna niiskusesisaldusest. Niiskusesisalduse suurenemine kiirendab absorbeerumist protsessi algstaadiumis, hiljem toimub absorbeerumine niiskusesisaldusest sõltumatult. Paberis leiduvad lisandained

vähendavad vääveldioksiidi absorbeerumist, kaitstes sellega paberit. Ligniini sisaldav paber seevastu neelab õhust rohkem vääveldioksiidi. Samuti suureneb kiudude vastuvõtlikkus vääveldioksiidi toime suhtes nende vananemisel. Metalliioonid (raud, vask) katalüüsivad vääveldioksiidi oksüdeerumist vääveltrioksiidiks.

Lisaks paberile kahjustab vääveldioksiid oluliselt ka nahka. Analoogiliselt paberis toimuvate protsessidega moodustub nahas väävelhape, mis muudab naha happeliseks. Kui naha pH langeb alla 3,5, hakkab toimuma intensiivne kollageenikiudude lagunemine. Väliselt ilmneb see naha tumenemises ning muutumises punakaspruuniks pulbriks (*red rot*). Esimeses järjekorras hakkavad murenema väljaulatuvad (reljeefsed) köiteosad. Kuivas õhus (õhuniiskus alla 60%) toimub väävelhappest tingitud naha happeline hüdrolüüs aeglaselt. Saasteainete toime sõltub naha parkimisviisist, kusjuures kõige tundlikum on taimparknahk. Võrreldes taimparknahaga neelab parkimata nahk (pärgament), kroompark- ning maarjasparknahad vääveldioksiidi tunduvalt (kuni 10 korda) vähem. Hüdrolüüsuvate tanniididega pargitud nahk on vastupidavam vääveldioksiidi toime suhtes kui kondenseerunud tanniididega pargitud nahk.

Lisaks paberile ning nahale mõjub vääveldioksiid kahjustavalt fotode kujutisele ning alusmaterjalile, aga samuti ka näiteks vahapitseritele.

Lämmastikoksiidid (NO_x)

Üheksast lämmastiku oksiidist on saasteainetena olulised **lämmastikoksiid (NO)** ja **lämmastikdioksiid (NO_2)**. Lämmastikoksiid on õhust raskem värvuseta mürgine gaas. Lämmastikoksiid oksüdeerub õhuhapniku toimel lämmastikdioksiidiks, mis on punakaspruuni värvusega terava lõhnaga, samuti mürgine gaas. Lämmastikdioksiid on tugev oksüdeerija. Lämmastikoksiidide allikaks arhiivides on välisõhk (enamik õhus leiduvast lämmastikdioksiidist pärineb mootorsõidukitest), küttesüsteemid ja toiduvalmistamine. Lämmastikdioksiidi kontsentratsioon siseruumide õhus on reeglina 3–4 korda väiksem võrreldes välisõhuga. Lämmastikoksiidi kontsentratsioon seevastu on siseruumides kõrgem kui välisõhus.

Lämmastikdioksiidi reageerimisel veega moodustub lämmastikhape, mis põhjustab tselluloosi ja kollageeni happelist hüdrolüüsi. Samuti kiirendab lämmastikhape vääveldioksiidi muutumist väävelhappeks. Lämmastikoksiidid põhjustavad ka tselluloosi, fotomaterjalide ning erinevate värvainete oksüdatsiooni.

Fotode oksüdatsioonil muutub metalliline hõbe hõbeioonideks, mis liiguvad algsest asukohast eemale. Hiljem redutseeruvad hõbeioonid uuesti metalliliseks hõbedaks, aga juba uues asukohas. Nii ilmuvad varjutatud, looritatud alad ning punakad laigud (kolloidses vormis hõbe). Fotokujutise vastupidavuse tõstmiseks oksüdeerijate toime suhtes kasutatakse nende töötlemist kulla, seleeni või polüsulfiididega.

Osoon (O_3)

Osoon on sinaka värvusega iseloomuliku lõhnaga mürgine gaas. Osooni allikateks arhiivides on välisõhk ja mitmesugused elektrilised aparaadid (kserokopeerimismasinad). Osoonisisaldus atmosfääris on intensiivse päikesekiirguse tõttu kõrgem suvekuudel. Olles väga tugev oksüdeerija, kahjustab osoon tugevasti paberit, nahka, fotomaterjale ning pleegitab värve, eriti tundlikud on tema toime suhtes jugaprinteri värvid.

Vääveldioksiid, lämmastikoksiidid ja osoon on **primaarsed õhusaastajad**. Atmosfääriõhus tekivad primaarsetest õhusaastajatest hapniku, veeauru, teiste keemiliste ühendite ning temperatuuri ja päikesekiirguse toimel nn. **sekundaarsed õhusaastajad** (väävelhape, lämmastikhape, peroksüatsetüülnitraat jt.). Erinevate saasteainete koosmõjul ilmneb sünergeetiline efekt, mis väljendub kahjustava toime olulises tugevnemises. Saasteainete kahjulikku toimet võimendab omakorda ka kõrge õhuniiskus ja temperatuur ning päikesekiirgus.

Peale ülaltoodute võib arhiiviruumide õhus olla ka mitmeid teisi kahjulikult toimivaid keemilisi ühendeid. Inimeste elutegevuse käigus ning mitmete kummide vananemisel eralduv divesiniksulfiid on väga kahjulik fotomaterjalidele ja värvidele. Fotodele mõjub halvasti formaldehüüd, mis eraldub ehitusmaterjalidest, mööblist või satub õhku desinfitseerimistööde käigus. Ei tohiks ka unustada, et arhiivimaterjalide endi lagunemisel eralduvad samuti mitmesugused keemilised produktid, mis omakorda kiirendavad lagunemist.

Tolm

Lisaks gaasidele sisaldab õhk alati ka tahkeid osakesi – tolmu. Tolm koosneb erineva suurusega pinnaseosakestest, tahmast, erinevatest sooladest (sulfaadid, kloriidid, nitraadid), mikroorganismidest, taimede õietolmust jne. Arhiivis leiduv tolm pärineb välisõhust, mitmesugustest hoonetesisestest allikatest, sealhulgas ka säilikutest ning inimtegevusest. Tahked tolmuosakesed seovad õhust keemiliselt aktiivseid gaase ja veeauru. Sellised tolmuosakesed kahjustavad materjale lisaks mehaanilisele (erodeerivale) toimele ka keemiliselt. Arhiivimaterjalidele kogunenud tolm takistab õhu juurdepääsu ja materjalide normaalset ventilatsiooni, luues sellega sobiva keskkonna hallitusseente arenguks.

Kokkuvõte

Õhus leidub alati suuremal või väiksemal määral mitmesuguseid gaasilisi, vedelaid ja tahkeid saasteaineid. Arhivaale kahjustavatest saasteainetest on olulisemad vääveldioksiid, lämmastikoksiidid, osoon ja tolm. Saasteained satuvad arhiivihoidlatesse peamiselt välisõhust, aga ka säilikutest ning inimtegevusest. Materjalidesse absorbeerunud gaasilised saasteained kahjustavad neid nii hüdrolüütiliselt kui ka oksüdatiivselt. Tolm mõjutab arhivaale mehaaniliselt (abrasiivne toime) ja keemiliselt. Samuti takistab tolm arhivaalide loomulikku ventilatsiooni.

Kirjandus

Daniel, F., Flieder, F., Leclerc, F. The effects of pollution on deacidified paper // Restaurator. Vol. 11. 3. 1992. P. 162–186.

Haines, B. Minimizing deterioration of bookbinding leathers in polluted atmospheres // Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts. London, Boston, Singapore, et al., 1987. P. 261–264.

Thomson, G. The Museum Environment. London, Boston, Singapore, et al., 1986.

Torv, E. Õhu saastajad muuseumides // Renovatum Anno 1994. 1994. Lk. 43–44.

4. BIOKAHJUSTUSED

Biokahjustus on situatsioon, mille korral elusorganismid oma elutegevuse või kohalolekuga kutsuvad esile antropogeense (inimtekkelise) päritoluga või looduslike objektide, mida kasutatakse toorainena, struktuursete ja funktsionaalsete omaduste muutumise.

Biokahjustusi on ühel või teisel määral võimelised esile kutsuma kõik elusorganismid ning biokahjustuste objektiks võivad saada kõik arhiivides leiduvad materjalid.

Arhiivides võivad biokahjustusi põhjustada järgmistesse rühmadesse kuuluvad elusolendid:

- mikroorganismid
- putukad
- närilised

Biokahjustusi põhjustavate mikroorganismide hulka kuuluvad bakterid, aktinomütseedid, mikroseened, pärmseened ja vetikad.

4.1. MIKROORGANISMID

4.1.1. Bakterid

Bakterid on mikroskoopilised, üherakulised, eeltuumsed organismid. Väliskuju võib bakteritel olla äärmiselt mitmekesine. Enamiku bakterite läbimõõt ei ületa 1–2 µm. Nad on võimelised taluma väga erinevaid keskkonnatingimusi. Temperatuurivahemik, mille korral bakterid on suutelised kasvama, ulatub –5...+120 °C. Optimaalseks kasvutemperatuuriks on siiski +20...+30 °C. Keskkonna reaktsioon (pH) võib olla vahemikus 1...12, optimaalne on nõrgalt aluseline keskkond (pH 7,2...7,5). Bakterid võivad kasvada nii aeroobsetes kui ka anaeroobsetes tingimustes. Arhiivides on bakterite kasvu limiteerivaks keskkonnateguriks niiskusesisaldus. Bakterite kasvuks peab substraadi niiskusesisaldus olema vähemalt 20...30%, see tähendab, et õhu suhteline niiskus alla 65% välistab bakterite igasuguse elutegevuse. Bakterite optimaalne kasv toimub siis, kui suhteline õhuniiskus on 100%. Tavalistes hoiutingimustes bakterid

arhiivimaterjalidel kasvada ei suuda, küll võib aga bakterite poolt esilekutsutud kahjustusi esineda (avariide ja õnnetuste tagajärjel) märgunud arhivaalidel. Ebasobivates keskkonnatingimustes (kuivus, kõrge temperatuur) moodustavad bakterid **spoore**. Spoorid on äärmiselt vastupidavad ning võimaldavad bakteritel ebasoodsaid keskkonnatingimusi üle elada.

Toitumistüübilt võib bakterid jagada **autotroofseteks**, kes kasutavad toitainetena mineraalsoolasid, süsihappegaasi ning saavad energiat päikesekiirgusest või mõnede anorgaaniliste ühendite oksüdeerimisel, ning orgaanilisest ainest toituvateks **heterotroofideks**. Viimaste hulka kuuluvad ka arhiivimaterjalide kahjustajad.

Baktereid ning nende spoore leidub alati kõikjal – mullas, vees, õhus, esemetel, inimese kehal ja väljahingatavas õhus. Bakterite hulk õhus, mis on nende peamiseks levikukeskkonnaks, kõigub väga suurtes piirides. Olenevalt ajast ja kohast võib õhk neist täiesti puhas olla, samas aga sisaldada ka miljoneid baktereid ühe kuupmeetri kohta. Ruumidesse satuvad bakterid välisõhu ja inimestega, aga nende kandjaiks on samuti koduloomad, taimed, toiduained, kõikvõimalikud jäätmed, saastunud õhukonditsioneerid ja niiskunud ehituskonstruktsioonid. Hoidlate korral sõltub õhus leiduvate bakterite hulk ruumi temperatuuri- ja niiskusrežiimist, ventilatsioonist ning inimeste kohalolekust. Inimeste pidev kohalolek suurendab õhu saastatust bakteritega 3...4 korda.

Arhiivides võivad bakterid neile sobivate tingimuste olemasolul kahjustada säilitatavaid materjale ning olla mitmesuguste haiguste tekitajateks nii töötajatel kui külastajatel. Bakterid kahjustavad paberit, nahka, pärgamenti, liimaineid ja tekstiilmaterjale. Sageli arenevad bakterid arhiivimaterjale katvas orgaanilises saastas. Bakterkahjustustele on iseloomulik erineva värvusega laikude esinemine, materjalid on kaetud limase kihiga ning tugevama kahjustuse korral lagunevad tükkideks.

4.1.2. Aktinomütseedid

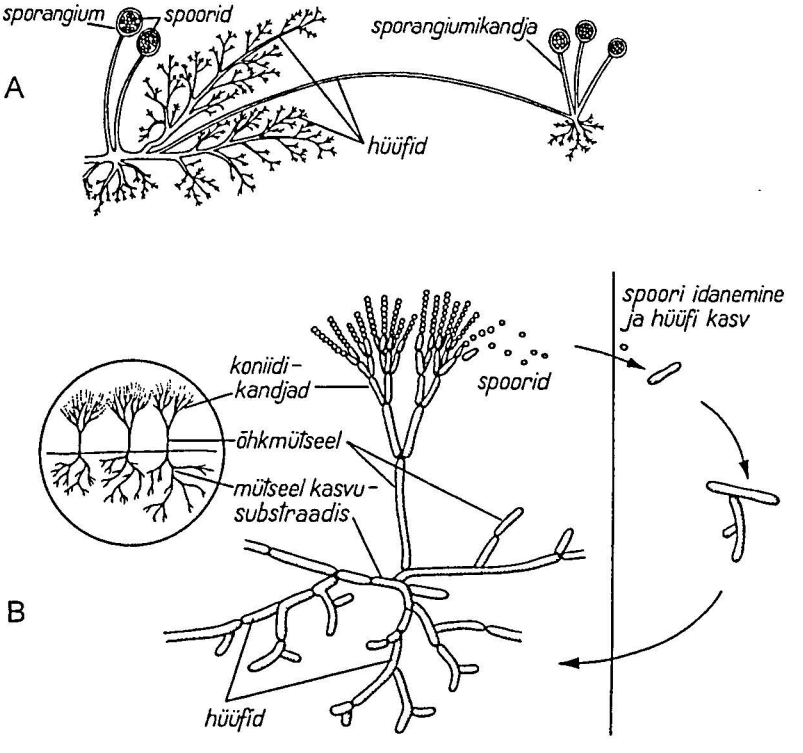
Aktinomütseedid, varasema nimetusega kiirikseened, moodustavad iseseisva rühma bakterite hulgas. Samas on neil mitmeid sarnaseid jooni seentega – keha e. mütseel moodustub kiirjalt hargnenud üherakulistest niitidest (hüüfidest). Aktinomütseetide hüüfid on seenehüüfidest läbimõõdult väiksemad (0,5...0,8 μm). Erinevalt seentest puudub aktinomütseetidel membraaniga ümbritsetud rakutuum. Aktinomütseedid paljunevad eoste, mütseelitükikeste ja pungumise teel. Nende eosed on väga vastupidavad temperatuuri ja niiskuse kõikumistele. Aktinomütseetide optimaalseks kasvutemperatuuriks on 28...32 °C ning õhuniiskuseks 65...80%. Nad eelistavad võrreldes bakteritega aluselisemat kaskkonda (pH 7...8).

Aktinomütseedid võivad tekitada arhivaalidele olulisi kahjustusi, kuna nad on võimelised lagundama tselluloosi, nahka, erinevaid sünteetilisi materjale ja vahapitsereid. Aktinomütseedid moodustavad substraadil kas nahkja kile või siis erineva värvusega pulberja õhkmütseeli. Kasvades paberil pigmenteerivad aktinomütseedid seda tugevasti. Välisel vaatlusel sarnanevad aktinomütseedid hallitusseentega. Nad on äratuntavad iseloomuliku pinnaselõhna järgi.

Nende kasv ei ole küll nii ulatuslik kui bakteritel või hallitusseentel, kuid nad on vähetundlikud erinevate keemiliste ja füüsikaliste desinfitseerimismeetodite suhtes. Aktinomütseetide hulgas on rida inimesele patogeenseid liike.

4.1.3. Mikroseened

Mikroseened on seeneriiki kuuluvad päristuumsed, heterotroofsed, ainu- või hulkraksed organismid. Seened toituvad juba valmis orgaanilisest ainest, lagundades seda. Mikro- ehk hallitusseente keha (**mütseel**) koosneb **seeneniitidest** (hüüfidest). **Hüüfid** võivad olla vaheseintega – septidega – rakkudeks jaotunud või mitte, moodustades viimasel juhul ühe gigantse raku (vt. joonis). Hüüfide läbimõõt on 2...30 µm ning pikkus võib ulatuda 2 µm-st mitme sentimeetrini. Hüüfid kasvavad apikaalselt (otsast) ning harunevad külgedelt, mütseeli kasv toimub radiaalselt. Sõltuvalt kasvu iseloomust eristatakse substraatset- ja õhkmütseeli. Substraatne mütseel paikneb substraadi pinnal ja sees. Suurem osa mütseelist (kuni 2/3) asub harilikult substraadi sees, seetõttu on hallitusseente tekitatud kahjustused alati märksa ulatuslikumad kui esmapilgulisel vaatlusel arvatakse. Õhkmütseel asetseb substraadi kohal, toetudes sellele üksikutes punktides. Harilikult moodustuvad õhkmütseelil paljunemisorganid. Mütseeli iseloom sõltub lisaks seene liigile ka keskkonnatingimustest (substraadi koostis, õhuniiskus).



Hallitusseente üldine ehitusplaan
A - ainurakne mikroseen (rakuvaheseinad puuduvad) hüüfide ja sporangiumidega
B - hulkrakne hallitusseen (rakuvaheseinad olemas) hüüfide ja koniidikandjatega

Mikroseened paljunevad **spooride** ja hüüfitükikeste abil. Spoore tekib pidevalt suurel hulgal, nad on väga kerged (läbimõõt enamasti 1...50 µm) ning kanduvad õhus hõlpsasti edasi.

Mikroseened on võimelised kasvama laias temperatuurivahemikus (–5...+50 °C), sobivaimaks kasvutemperatuuriks on +18...+30 °C. Seened taluvad nii madalaid kui ka kõrgeid temperatuure küllaltki hästi. Nende kasv ja areng võib ebasoodsates tingimustes küll peatuda, kuid eluvõime säilub. Mikroseente arenguks ja kasvuks kõige olulisem keskkonnategur on niiskus. Seente kasvuks peab substraadi niiskusesisaldus olema vähemalt 8...10%, st. suhteline õhuniiskus üle 65%. Mitmed materjale kahjustavad mikroseened on võimelised kasvama ka siis, kui suhteline õhuniiskus on kõigest 60%. Seenemütseel, eriti aga spoorid, on võimelised pikaajaliselt taluma kuivust. Keskkonna reaktsioon (pH), mille juures mikroseened kasvavad, ulatub 1,4...12, optimaalne pH on nõrgalt happeline (5...6). Kasvades eritavad mikroseened mitmesuguseid aineid (orgaanilised happed, ammoniaak, pigmendid), muutes sellega keskkonna reaktsiooni endale sobivamaks. Hapnikuvajaduselt on enamik mikroseeni fakultatiivsed aeroobid. Nad on võimelised kasvama nii aeroobsetes kui ka anaeroobsetes tingimustes.

Arhiivides võivad mikroseened soodsate keskkonnatingimuste korral kahjustada kõiki säilikuid, aga samuti riiuleid, sisustust ning ehitusmaterjale.

Paberi ja pabermaterjalide kahjustajatena on käesolevaks ajaks tuntud üle 300 liigi mikroseeni 24 perekonnast. Olulisemateks perekondadeks on *Alternaria, Aspergillus, Chaetomium, Trichoderma, Penicillium, Stachybotrys.* Reeglina tekitavad kõige enam arhivaalide kahjustusi mikroseened perekondadest *Penicillium* ja *Aspergillus.*

Mikroseente poolt põhjustatud kahjustused

Mikroseente poolt põhjustatud kahjustused võib jagada mehaanilisteks ja keemilisteks.

MEHAANILISED KAHJUSTUSED. Mingil materjalil kasvades katavad mikroseened selle mütseeliga, muutes nähtamatuks või raskestiloetavaks seal asuva kujutise. Substraatne mütseel on seejuures aluspinnale tugevasti kinnitunud, kuna seenehüüfid kasvavad materjali sees, nad on varustatud spetsiaalsete kinnitusorganitega (risoidid, haustorid) ning nad eritavad liimivalt toimivaid aineid (polüsahhariide). Substraadi sees kasvav mütseel lõhub materjali mikro- ja makrostruktuuri.

KEEMILISED KAHJUSTUSED. Elutegevuse käigus eraldavad mikroseened keskkonda mitmesuguseid ainevahetuse produkte, mis toimivad materjalidele kahjulikult.

Ensüümid. Mikroseente elutegevuse teevad võimalikuks erinevaid substraate lagundavad ensüümid. Ensüümid on valgud, mis on organismis toimuvate ainete muundumisprotsesside kiiruse ja suuna määrajateks ehk katalüsaatoriteks. Paberil on suutelised kasvama ja arenema need mikroseened, mis sünteesivad eksoensüümide tsellulaaside kompleksi. **Tsellulaasse kompleksi** ensüümide toimel laguneb tselluloos lõpptulemusena glükoosiks, millest mikroseened toituvad. Mikroseened on võimelised kasvama kõigil looduslikest kiududest valmistatud paberisortidel. Nende kasvu ulatus sõltub

paberi omadustest, keskkonnatingimustest ning seeneliigist. Paberi omadustest mõjutavad mikroseente kasvu järgmised näitajad:

- kiuline koostis;
- liimistus;
- täite- ja viimistlusained;
- niiskuseimamisvõime;
- reaktsioon (pH).

Puidust toodetud tselluloosi kahjustavad mikroseened enam kui lina- või puuvillakiududest saadud tselluloosi. Selle põhjuseks on puidutselluloosis leiduvad hemitselluloosid ja pektiinained, mis on mikroseentele eelistatud kasvusubstraatideks. Mida „tervemad" on tselluloosikiud, mida korrapärasemalt on nad asetunud, st. mida kristallilisem on tselluloosi struktuur, seda raskem on tsellulaasidel neid lõhkuma asuda. Järelikult, igasugune mehaaniline ja keemiline töötlemine suurendab oluliselt tselluloosi kättesaadavust mikroseentele. Seda näeme sellestki, et puidutselluloosidest kahjustub sulfittselluloos kergemini, sulfaattselluloos on vastupidavam. Ligniinisisaldus aeglustab mikroseente kasvu, kuna hüdrofoobsete omadustega ligniin takistab vee imendumist tselluloosi. Kampoli ja sünteetiliste liimidega liimistatud paberid on seenkahjustustele vastupidavamad, võrreldes tärklise või želatiiniga liimistatud paberitega. Mineraalsed täidisained tõstavad paberi vastupidavust seenkahjustustele.

Nahka ja pärgamenti kahjustavad **eksoproteolüütilise aktiivsusega** mikroseened. Proteolüütilised ensüümid on võimelised lagundama valke. Naha kahjustamise ulatus sõltub eelkõige kasutatud parkimismeetodist ja nahapehmendajatest. Kroomparknahk, tänu kroomdioksiidi sisaldusele, on märksa vastupidavam kui taimparknahk. Naha pehmendamiseks kasutatavad rasvained muudavad naha mikroseentele kergemini kättesaadavaks.

Köidete valmistamiseks kasutatakse sageli mitmesuguseid tekstiilmaterjale. Puuvillaseid ja linaseid tekstiile kahjustavad kõik tselluloosi lagundavad mikroseened. Loomsed kiudained – vill ja siid – on seenkahjustustele võrreldes taimsete kiudainetega vastupidavamad.

Mitmesugused loodusliku päritoluga **liimained** (tärklis, želatiin, albumiin) loovad mikroseente arenguks eriti soodsad tingimused.

Trükivärv on raskemetallide sisalduse tõttu mikroseentele fungitsiidse toimega, nii kahjustuvad esmajärjekorras trükitekstist vabad piirkonnad. Tugeva kahjustuse korral arenevad mikroseened siiski ka tekstiga leheosadel. Samuti väheneb trükivärvi fungitsiidne mõju aja jooksul.

Kahjustades erinevaid **värvaineid,** arenevad mikroseened põhiliselt sideainete (taimeõlid, rasvhapped, glütserool, mesi jne.) arvel.

Mikroseened on võimelised lagundama ka erinevaid sünteetilisi polümeere, vahapitsereid ja fotomaterjale. Nukravõitu kokkuvõttena võib nentida, et mikroseente toidulauale kõlbab arhivaal tervikuna.

Orgaanilised happed. Mikroseente poolt eraldatavad orgaanilised happed toimivad agressiivselt enamike materjalide suhtes, kaasa arvatud kivi, betoon, klaas ja metallid. Mikroseente poolt toodetavate orgaaniliste hapete arv ulatub ligi neljakümneni. Mikroseened perekonnast *Penicillium* eraldavad peamisel sidrun- ja glükoonhapet ning

perekonna *Aspergillus* esindajad sidrun-, glükoon- ja oblikhapet. Orgaanilised happed kutsuvad esile nii tselluloosi ja kollageeni happelise hüdrolüüsi kui ka näiteks köidete metalldetailide korrosiooni.

Pigmendid. Mikroseened on võimelised produtseerima väga erinevaid pigmente. Sageli on pigmenteerunud seente mütseel ja spoorid, kuid nad eraldavad pigmente ka keskkonda. Seente poolt põhjustatud pigmendilaikudel on iseloomulik tsentraalne tume osa, mida ümbritseb järjest heledamaks muutuv värviala. Sekreteeritavate pigmentide värvus võib olla vägagi erinev – roheline, kollane, punane, pruun, must. Värvus oleneb tervest reast faktoritest:

- seeneliik, erinevate liikide koosmõju;
- keskkonnatingimused (niiskus, temperatuur, pH);
- substraadi koostis;
- seenekolooniate vanus;
- metalliioonide (raud, vask, mangaan, tsink) olemasolu.

Maksimaalne pigmentide produtseerimine toimub happelises keskkonnas (pH 4,8...5,6). Kuna pigmendilaigud koosnevad erinevatest keemilistest ühenditest, on nende eemaldamine keeruline ning sageli võimatu. Selleks kasutatakse mitmesuguseid valgendajaid (triloon-B, monoklooramiin, naatriumboorhüdriid), mis võivad aga omakorda materjale kahjustada.

Vesi. Mikroseente elutegevuse käigus moodustub ühe ainevahetuse lõpp-produktina vesi. Substraadi niiskusesisaldus võib seente kasvu tõttu suureneda paarikümne protsendi võrra. Suurenenud niiskusesisaldus omakorda soodustab mikroseente arenemist. Sageli kleepuvad hallitanud paberilehed kokku, eriti juhtub seda kriitpaberite korral.

Arhivaalides on kõige tõenäolisemad seenkahjustuse alad erinevate materjalide kokkupuutekohtadel. Väga sageli algab köidetud dokumentide hallitamine ploki seljaosast, kus lehed on tihedamalt kokku surutud (kõrgem niiskus!) ja kus leidub liimaineid. Meenutagem, et suhtelise õhuniiskuse 70% juures on paberi niiskusesisaldus sõltuvalt sordist 4,5...14%, tärklisel 18%, želatiinil ja taimparknahal 20%. Paberil ja köitel leiduvad mustus, higi ja tolm, olles mikroseentele kergesti kättesaadavaks toiduallikaks, suurendavad seenkahjustuste ulatust.

Hallituskahjustustele on iseloomulikud:

- erinevat värvi (mustad, hallid, valged, rohelised, pruunid) ja erineva pinnamustriga (jahujad, viltjad, sametjad) mikroseente kolooniad;
- mustja puuderja tolmu sarnased seeneeoste kogumid;
- värvilised pigmendilaigud materjalidel, kusjuures materjal on muutunud eriti hapraks.

Võimalikule seenkahjustuste ohule viitavad ka püsivalt kõrge õhuniiskus hoidlates ja hallituse lõhn.

ERIOSA 13. Mikroseened ja tervis

Tänapäeval on tuntud üle 400 inimorganismile patogeense mikroseene liigi. Arhiivimaterjale kahjustavate mikroseente hulgas on selliseid vähemalt 20 liiki. Mikroseened võivad põhjustada mükoose, mükoallergoose ja mükotoksikoose. Mükoosid on inimese erinevate kudede ja organite otsesed seenkahjustused. Nakatuda võivad kõik organid ja koed. Kõige vastuvõtlikumaks nakatumise suhtes on hingamiselundkond. Mikroseened on tugevad allergeenid, st. allergianähtuste esmasteks põhjustajateks. Mikroseened kui allergeenid kutsuvad esile allergilise nohu, limaskestade ärrituse, bronhiaalastma, allergilise lööbe. Allergiat põhjustavad nii elusad kui surnud seenerakud ja spoorid. Arhiivides ja raamatukogudes tuleb arvestada ka raamatutolmu kõrget allergeensust. Mitmesugused allergianähud on arhiivide ja raamatukogude töötajate hulgas küllaltki levinud tervisehäireteks. Mükotoksiinid on mikroseente ainevahetuse toksilised vahe- või lõpp-produktid. Mükotoksiinidel on üldtoksiline, aga sageli ka mutageenne, kantserogenne ja teratogeenne toime.

Mikroseentega nakatumine võib toimuda erineval moel::

- *hingamisteede kaudu;*
- *alimentaarselt (spoorid ja mütseelitükid satuvad organismi toidu või joogi koostises);*
- *kontaktmeetodil mikroseente otsesel kokkupuutel vigastatud epiteelkoega;*
- *muul viisil – mikroseentega saastunud tubakatoodete, kosmeetika jne. tarbimisel.*

Arhiivides ja raamatukogudes on mikroseente poolt põhjustatud tervisehäirete oht kõige suurem otseselt dokumentide puhastamise ja desinfitseerimisega tegelevatel töötajatel. Ruumides, kus puhastatakse hallituskahjustustega materjale, peab olema hea üld- ja kohtventilatsioon (tõmbekapid). Arusaadavalt tuleb püüda vältida otsest kokkupuudet hallitusega ning spooride sissehingamist. Soovitav on kasutada ka individuaalseid kaitsevahendeid (kindad, respiraatorid).

Mikroseente levik

Mikroseened esinevad praktiliselt kõikjal – pinnases, maapinnal, õhus, vees, taimedel ja loomadel. Hoidlatesse satuvad mikroseened välisõhu, saabuvate dokumentide ja inventariga ning inimestega. Sobivate klimaatiliste tingimuste olemasolul arenevad mikroseened ka hoidlates säilitatavatel dokumentidel, sisustusel, ehitusmaterjalidel, põhjustades nii õhu sekundaarse saastumise. Arhivaalide peamiseks saasteallikaks mikroseentega ongi ümbritsev õhk. Erinevused seente liigilises koosseisus ning hulgas erinevate piirkondade õhus on tingitud geograafilistest ning klimaatilistest faktoritest. Mikroseeni on õhus kõikidel aastaaegadel. Parasvöötmes on siiski märgatavad kõikumised sõltuvalt aastaajast. Talvel, eriti pideva lumikatte korral, on õhus mikroorganisme vähe, seevastu suvel ja sügisel (maist oktoobrini) on mikroorganisme õhus palju.

Hoonetes sõltub mikroseente hulk õhus järgmistest teguritest:

- mikrokliima (õhuniiskus, temperatuur);
- välisõhu mõju, ventilatsioon;
- inimeste kohalolek ja tööspetsiifika;
- säilitatavad materjalid.

Hoonetes on enamlevinud mikroseened perekondadest *Penicillium, Aspergillus, Alternaria, Cladosporium, Aureobasidium, Botrytis.* Arhiivihoidlate mükofloora kujunemise allikad võivad olla erinevad, ometi on pabermaterjalidele omane küllaltki kindel mikroseente liigiline koosseis. Paberilagundajad mikroseened on levikult kosmopoliidid ning esinevad praktiliselt kõikides hoidlates, sõltumata geograafilisest asendist. Klimaatilised tingimused ei avalda mükofloora

kooslustele erilist mõju, kuna tänu kütte- ja ventilatsioonisüsteemide olemasolule on hoidlate keskkonnatingimused küllaltki sarnased. Looduslik seenefloora osaleb arhivaalide seenekoosluste kujunemisel valikuliselt. Mitmed looduses suhteliselt harva esinevad mikroseente liigid levivad hoidlates laialdaselt. Konkreetsel seenkahjustustega objektil esineb tavaliselt mitte rohkem kui kümmekond mikroseeneliiki ning domineerivaiks on reeglina üks-kaks liiki. Sõltuvalt komplekteerimise allikatest, säilitatavate materjalide iseloomust, säilitustingimustest minevikus ja tänapäeval erinevad üksikud objektid, kogud, ruumid ja hooned üksteisest mikroseente liigilise koosseisu poolest.

Kahjustatud materjalidelt satuvad mütseelitükid ja spoorid õhku ning sealt omakorda teistele säilikutele. Hoidlates toimub pidevalt seenespooride vahetus õhu ja säilikute vahel, seetõttu langebki õhu ja säilikute mükofloora arvukus ning liigiline koosseis küllaltki suurel määral kokku. Mikroorganismide hulga määramiseks õhust kasutatakse erinevaid meetodeid, mis põhinevad kas mikroorganismide kultiveerimisel vastavatel söötmetel või rakkude otsesel loendamisel mikroskoobi abil. **Lihtsadestamisel** eksponeeritakse söötmega Petri tasse avatult õhu käes kindla aja jooksul. Mikroorganismid sadenevad õhust söötme pinnale. Seejärel tassid inkubeeritakse ning söötmeplaadil kasvanud kolooniad loendatakse. Eeldades, et ühest rakust moodustub üks koloonia ning teades õhu kogust, millest mikroorganismid söötmele sadestati, saab välja arevutada mikroorganismide hulga 1m^3 õhus. Arvutused näitavad, et 100 cm^2 suurusele söötmeplaadile sadeneb 5 minuti jooksul ligikaudu niisama palju mikroorganisme, kui neid on 10 liitris seisvas õhus. Proovide võtmiseks kasutatakse ka erinevaid seadmeid, mis aspireerivad kindla koguse õhku söötmeplaadi pinnale (impaktorid) või steriilsesse vedelikku (vedelikimpaktorid). Mikroorganismide hulk väljendatakse kolooniaid moodustavate ühikutena ühe kuupmeetri õhu kohta (cfu/m^3). Erinevate mikroorganismide hulga määramiseks kasutatakse erinevaid söötmeid. Proovide kultiveerimisel põhinevate meetodite korral hinnatakse valesti nende mikroorganismide hulka, kes antud söötmel ei kasva või kasvavad väga aeglaselt. Sellest puudusest on vaba filterloendamise meetod, mille korral imetakse õhku läbi želatiin- või tselluloosfiltrite. Mikroorganismide hulk määratakse otsesel loendamisel mikroskoobi all.

ERIOSA 14. Mikroorganismide arvukus Tartu Ülikooli raamatukogu ruumide õhus

Uuringud viidi läbi üheteistkümnes statsionaarses proovivõtu punktis, kasutades esialgu kolme erinevat metoodikat – lihtsadestamist, aspireerimist steriilsesse füsioloogilisse lahusesse ja aspireerimist tardsöötme pinnale. Kõige usaldusväärsemad ning korratavamad tulemused saadi viimase metoodikaga, kasutades Krotovi aparaati. Kasutati erineva koostisega söötmeid (kalapeptooni ja õllevirde seguagar, modifitseeritud Capek-Doxi agar, millele süsinikuallikana oli lisatud kas karboksümetüültselluloosi või rasvavaba piima.

Uuritud ruumid saab jagada kolme rühma:

- *hoidlad*
- *tööruumid*
- *üldkasutatavad ruumid (fuajee, lugemissaal ja raamatumuuseum)*

Tulemuste analüüs näitab, et mikroseened on pidevalt esindatud kõikide ruumide õhu mikroflooras. Rohke mikrofloora tööruumide õhus on otseselt seotud seal teostatavate töödega. Nii restaureerimis- kui ka desinfitseerimisruumis töödeldakse vanu, sageli hallituskahjustustega dokumente.

Restaureerimisruumi ühes kuupmeetris õhus esineb keskmiselt 100...2800 mikroorganismi ning 30...900 mikroseent. Desinfitseerimisruumi õhus on mikroorganismide (700...1600 cfu/m^3) ja mikroseente hulk (kuni 870 cfu/m^3) mõnevõrra väiksem. Üldkasutatavate ruumide õhu mikrofloora arvukus muutub suurtes piirides sõltuvalt külastusintensiivsusest ja välisõhu mõjust. Nii reastuvad uuritud ruumid mikroorganismide ja mikroseente arvukuse suurenemise suhtes järgmiselt :

- *raamatumuuseum 300 ja 100 cfu/m^3;*
- *lugemissaal 600 ja 500 cfu/m^3;*
- *fuajee 7000 ja 900 cfu/m^3.*

Võrreldes tööruumide ning üldkasutatavate ruumidega on hoidlate õhus mikroorganisme vähem. Hoidlaruumide õhus on mikroorganismide hulk keskmiselt 800 cfu/m^3 ning mikroseente hulk 400 cfu/m^3. Hoidlate õhu mikrofloorat mõjutab pidevalt kohalviibivate inimeste ning välisõhu otsese mõju puudumine.

4.1.4. Pärmseened

Seente hulgas moodustavad morfoloogiliselt erineva rühma pärmseened. Pärmid on ühe või mõnerakulised, sfäärilise või ellipsoidse kujuga (läbimõõt 5...10 µm). Väliskujult on nad sarnased bakteritele ning paljunevad pungumise teel. Pärmseened kahjustavad arhiivimaterjale harva. Paberikahjustajatena on tuntud liigid perekonnast *Rhodotorula*. Paberil kasvades eritavad iseloomulikku punast pigmenti. Perekonna *Candida* esindajad võivad kahjustada nahka ja pärgamenti.

4.1.5. Vetikad

Vetikad on päristuumsed fotosünteesivad ühe- või mitmerakulised organismid, ehituselt ja väliskujult väga erinevad. Vetikad on autotroofid, st. nad on võimelised sünteesima orgaanilist ainet anorgaanilisest, kasutades energiaallikana päikesekiirgust. Paljunevad pooldudes, talluse tükikestega või spooridega. Elutegevuseks vajavad nad kõrget õhuniiskust (100 %). Vetikaid leidub peamiselt mage- ja merevees, aga ka maapinnal, kaljudel, puudel, ehitistel jne. Arhivaalide kahjustajatena esinevad nad väga harva, seda on juhtunud ainult suurte üleujutuste ajal.

Kokkuvõte

Biokahjustusi põhjustavate mikroorganismide hulka kuuluvad bakterid, aktinomütseedid, mikroseened, pärmseened ja vetikad. Harilikes tingimustes on nendest olulised ainult hallitus- ehk mikroseened. Sobivate elutingimuste olemasolul (suhteline õhuniiskus üle 60%) võivad nad kahjustada nii arhivaale, ruumide sisustust, kui ka hooneid endid. Lisaks põhjustavad mikroseened inimestel mitmesuguseid tervisehäireid. Arhiividesse satuvad mikroseened peamiselt ümbritsevast õhust ning nende hulk sõltub mikrokliimast, ventilatsioonist, säilikute olukorrast ja inimeste kohalviibimisest.

4.2. PUTUKAD

Mikroseente kõrval on putukad teised väga olulised arhivaalide biokahjustajad. Putukate poolt tekitatud dokumentide kahjustused on tuntud juba ammustest aegadest. Juba vanas Egiptuses immutati papüürust seedriõliga, et hoida ära putukate rünnakuid.

Lülijalgsete hõimkonda kuuluvad putukad moodustavad loomariigi kõige liigirikkama klassi. Putukaliike on teada üle kahe miljoni, nad moodustavad Maad asustavate loomaliikide arvust üle 70%.

Putukate keha on selgelt jaotunud kolmeks osaks:

- pea;
- rindmik;
- tagakeha.

Pea külge kinnituvad paar liitsilmi – fasettsilmad, kaks-kolm lihtsilma ja neli paari jätkeid – tundlad ning suised (ülalõuad, alalõuad ning alahuul). Rindmikule kinnituvad kolm paari lülilisi jalgu ja tiivad. Tiibu on reeglina kaks paari – ees- ja tagatiivad. Tagakehha on koondunud põhiosa siseelunditest.

Putukate keha on kaetud kitiniseerunud **kutiikuliga**, mis moodustab eksoskeleti. Kitiin on struktuurilt tselluloosisarnane polüsahhariid (polüatsetüülglükoosamiin), mehaaniliselt väga tugev, püsiv keemiliste ainete toime suhtes, ei lase läbi gaase ega vett.

Putukatel on hästi arenenud närvisüsteem, mis koosneb peaajust (neelupealne närvirakkude kogumik) ning kõhtmisest närviketist. Putukate vereringe on avatud, kuna veri ei erine elundite vahel olevast koevedelikust nimetatkse seda hemolümfiks. Enamik putukaid hingab atmosfääriõhku, nende hingamissüsteem kujutab endast siseorganite ja kudede vahelist hargnevate torude võrku. Need torukesed – trahheed – ulatuvad keha välispinnale avadena – stigmadena, mis asuvad keha külgedel. Stigmasid on kuni kümme paari. Trahheede alguses on spetsiaalsed sulgurseadeldised, mis võimaldavad putuka sattumisel ebasoodsatesse tingimustesse (näiteks mürgiaurud) trahheed sulgeda. Peaaegu kõik putukad on lahksugulised. Tavaliseks paljunemisviisiks on harilik suguline sigimine. Enamik putukaid on munejad. Putukate areng toimub valdavalt moondega.

Vaegmoonde korral kooruvad munadest vastsed, kes on täiskasvanud isendite (valmikud) sarnased, kuid neil puuduvad tiivad, keha on väiksem ning sugunäärmed pole arenenud. Rea kestumiste jooksul need erinevused järk-järgult kaovad ja vastne muutub valmikuks. Vaegmoondega arenevad tarakanid, raamatutäid, soomukad, termiidid.

Vaegmoone: muna → vastne → valmik

Täismoonde korral on vastsed selgelt erinevad valmikutest, sageli usjad ning ilma tiibadeta. Vastne toitub, kasvab ja peale viimast kestumist nukkub. Nukustaadiumis toimub vastse elundite peaaegu täielik hävimine ja uute elundite teke. Mõne aja pärast väljub nukust täiskasvanud isend. Täismoondega arenevad mardikalised, liblikad, kärbsed.

Täismoone: muna → vastne → nukk → valmik

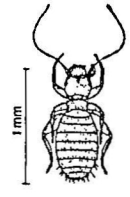
Putukate vastsed on kohastunud toitumiseks ja kasvamiseks, valmikud paljunemiseks ja levikuks. Vastsete varjatud eluviisi tõttu on neid raske märgata. Nukustaadiumis viibivad putukad on võimelised taluma mitmesuguseid ebasoodsaid keskkonnatingimusi. Putukate areng võib keste mõnest päevast mitme aastani.

Nagu kõigil kõigusoojastel loomadel, nii oleneb ka putukate arenemise kiirus **temperatuurist**. Temperatuurivahemikus +6...+36 °C kiireneb putukate areng kaks korda temperatuuri tõusul 10° võrra. Madalaimat temperatuuri, mille korral veel toimub putuka areng, nimetatakse arengu temperatuuriliseks läveks (enamiku putukate jaoks on see +6...+10 °C). Putukad ei ole võimelised oma kehatemperatuuri reguleerima ning kui keskkonna temperatuur langeb alla +10 °C, aeglustub putukate elutegevus oluliselt. Sobivaimaks temperatuuriks enamikule putukatest on vahemik +20...+30 °C ning sobivaimaks õhuniiskuseks 60...80%. Nagu näeme, võivad putukad, erinevalt mikroseentest, elutseda arhiivides ka siis, kui temperatuur ja õhuniiskus püsivad kehtestatud normide piirides.

Enamik putukaid eelistab kasutada **toiduks** mitmesuguseid valke sisaldavaid materjale: nahka, pärgamenti, liimaineid, villast ja siidtekstiili. Paberi koostisosadest sobib mõnedele putukatele toiduks tselluloos ja hemitselluloosid. Ligniini putukad ei seedi. Putukad eelistavad puuvillakiududest ja sulfaattselluloosist ilma täidisaineteta pabereid. Lisaks arhivaalidele kahjustavad putukad mööblit, vaipu, kardinaid ning samuti puidust ehituskonstruktsioone.

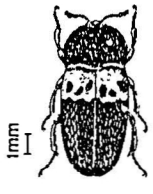
Putukaid, kes võivad arhiivimaterjale kahjustada, esineb Eestis üle 100 liigi. Arhiivides esinevad kahjurputukad võib jagada kolme rühma: püsikahjurid, juhukahjurid ja püsikahjurite arengu soodustajad. **Püsikahjurid** on võimelised pidevalt elutsema arhiivihoidlates, andes mitmeid põlvkondi. Sellesse, kõige arvukamasse rühma kuuluvad mardikad (nahanäklased, tooneseplased, teesklased, põrniklased), liblikalised (koid), soomuklased ja raamatutäid.

Juhukahjurite hulka kuuluvad need putukad, kes ei ole võimelised läbima hoidlates kogu arengutsüklit (siklaste vastsed, õunamähkurid). Püsikahjurite arengut soodustavad kõikvõimalikud teised hoidlates leiduvad putukad. Arhivaale nad otseselt ei kahjusta, ent nende eritised ja surnukehad on toiduks püsikahjuritele. Kirjeldame järgnevalt mõningaid olulisemaid arhiivides esineda võivaid kahjurputukaid.



raamatutäi

Raamatutäi (*Liposcelis divinatorius*) – kuni 1mm pikkune, valge või kahvatupruun, tiivutu, pikkade peenikeste niitjate tundlatega. Areng toimub vaegmoondega. Valmikud elavad kuni 6 kuud ning annavad aastas 4...5 põlvkonda järglasi. Raamatutäide arengus mängivad olulist osa temperatuur ja õhuniiskus, nad eelistavad niiskeid (õhuniiskus 80...90%) ja sooje (+25 °C) ruume. Kahjustavad villast ja siidist tekstiile, nahka, lederiini, liimaineid, paberit, aga ka herbaariume ja entomoloogilisi kollektsioone. Sageli kohtab raamatutäisid hallitanud materjalidel, kus nad toituvad meelsasti seenemütseelist ja -spooridest.

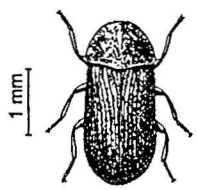


harilik nahanäkk

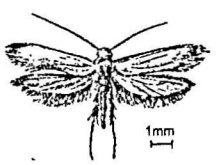
Nahanäklased (sugukond *Dermestidae*) – terve rida erineva väliskujuga laialdaselt levinud liike, domineerivad hoidlates nii rohkuselt kui liikide arvult. Nad on väga liikuvad ning vastupidavad keskkonnatingimuste suhtes, olles eluvõimelised laias temperatuurivahemikus (–15...+50 °C). Nahanäklased kahjustavad nahk- ja pärgamentköiteid, loomse päritoluga liime, karusnahku, villast ja siidist tekstiile, aga ka taimse päritoluga materjale (puit, paber). Kahjustusi põhjustavad



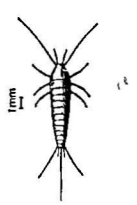
harilik teesklane



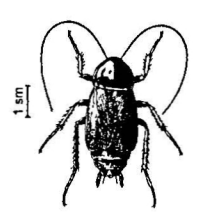
harilik leivamardikas



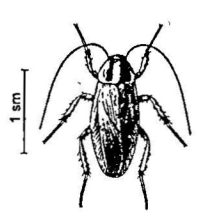
riidekoi



harilik soomuklane



tarakan



prussakas

peamiselt vastsed. Iseloomulikuks kahjustustunnuseks on ebakorrapärase kujuga käigud ja augud materjalis. Nukkumiseks närivad materjalisse süvendi. Sugukonna tüüpiliseks esindajaks on **harilik nahanäkk** (*Dermestes lardarius*) – 7...9 mm pikkune, ovaalse kehaga, must, hallikaskollase vöödiga kattetiibadel. Tihedalt kaetud soomuselaadsete kollaste karvadega. Vastsed meenutavad tõuke, 10...15 mm pikkused, alguses valged, kuid tumenevad mõne tunni jooksul, tihedalt kaetud pikkade peenikeste harjastega. Arenevad täismoondega. Sobivaimaks temperatuuriks +18...20 °C ja suhteliseks õhuniiskuseks 70%.

Harilik teesklane (*Ptinus fur*) – 2 kuni 4 mm pikkune, munaja kehaga, pruunikaspunaste karvadega, nelja valge laiguga kattetiibadel. Tundlad ja jalad on pikad. Välimuselt meenutab väikest ämblikku. Vastsed, toitudes paberist, uuristavad köite pealmisse ossa pikki uurdeid. Elutsevad raamatuploki sees, eelistades köiteselgi, kus toituvad liimainest. Elavad väheköetavates või kütmata ruumides.

Leivamardikas (*Stegobium paniceum*) – 2 kuni 3 mm pikkune, silindrilise kehaga, kaetud karvadega, punakaspruun või pruunikaskollane. Leivamardikas muneb raamatuköite sisse või ploki lõigete vahele, eelistades karvastatud kohti, pragusid ja pilusid. Vastsed on kõverdunud kehaga, valged, kuni 4 mm pikkused, kaetud harvade karvadega. Arenevad täismoondega, sobivates tingimustes annab aastas 3...4 põlvkonda järglasi. Leivamardikas on toidu suhtes vähenõudlik, ta võib toituda kõigist loomse ja taimse päritoluga ainetest. Eriti ohustab leivamardikas vanu köiteid, kus on kasutatud jahuliimi. Vastsed kahjustavad kõige enam raamatuselgi ja köidet, mis näritakse käikudega auklikuks. Paberile eelistavd nahka ja liimaineid. Esmasteks kahjustustunnusteks on ümarad väljalennuavad (läbimõõduga 1...1,5 mm) raamatuseljas või köites. Optimaalseks temperatuuriks +28 °C ja õhuniiskuseks 70%. Mardikad on väga valguselembesed, neid võib leida tiirlemas akende või elektrivalgustite ümber.

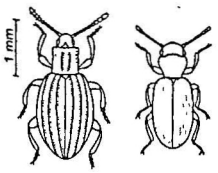
Riidekoi (*Tineola biseliella*) on helekollane liblikas, tiibade siruulatusega 10...15 mm. Arhiivimaterjale kahjustavad koide vastsed, kes toituvad villast, siidist, nahast ning vajaduse korral ka paberist. Purustavad materjale ka kookoni ehitamiseks. Tegutsevad hämaruses ja öösel. Optimaalseks temperatuuriks +24 °C ja õhuniiskuseks 60...80%.

Harilik soomuklane (*Lepisma saccharina*) on 8...13 mm pikkune, tiivutu, hõbedaste soomustega kaetud värtnakujulise kehaga, mille tagakeha tipul on sabaniit, putukas. Areneb vaegmoondega. Putukas on väga liikuv, öise eluviisiga, kahjustab paberit, eriti kriitpaberit. Soomuklase toitumiskohtadel on paberis korrosioonitaolised jäljendid, mõnikord on kogu leht muutunud pitsjalt läbipaistvaks. Soomuklased kahjustavad ka siidi, villa ja nahka ning söövad välja köidete kuldsed kaunistused neis kasutatud sideaine (munavalge) tõttu. Olulisi kahjustusi põhjustavad nad fotomaterjalidele, toitudes nii paberist kui ka želatiinist. Soomuklased eelistavad niiskeid (õhuniiskusega kuni 90%) ja sooje ruume.

Tarakan (*Blatta orientalis*) on 18...30 mm pikkune, must või mustjaspruun, läikiv, iseloomuliku ebameeldiva lõhnaga putukas.

Prussakas (*Blatella germanica*) on 10...15 mm pikkune, pruunikaskollane, kahe tumeda triibuga eesseljal.

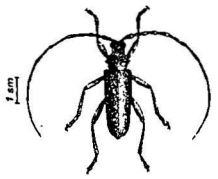
Prussakalised on öise eluviisiga, soojus- ja niiskuselembesed putukad. Neile sobivaimaks temperatuuriks on +25...30 °C ja õhuniiskuseks 70%. Prussakaliste areng toimub vaegmoondega. Nad toituvad erineva päritoluga loomsetest ja taimsetest ainetest – nahast, pärgamendist, tekstiilidest, liimainetest ja paberist, kahjustades eelkõige materjalide pinda.



koduõgilane, peitõgilane

Mõnikord võivad hoidlatesse ilmuda mitmed **kõduõgilaste** (*Lathridiidae*) ja **peiteõgilaste** (*Cryptopghagidae*) perekonna esindajad. Putukad on kumerate külgedega, pruuni värvusega. Neid kohtab harilikult kõrge õhuniiskusega ruumides, kus kasvavad hallitusseened, mis on putukate peamiseks toiduks. Arhivaalidele nad märkimisväärset kahju ei põhjusta, kuid saastavad materjale elutegevuse jääkidega ning levitavad seenespoore.

Kõik eelpool käsitletud putukad on võimelised püsivalt paljude põlvkondade vältel elama hoidlates. Püsikahjurite kõrval võib aga arhiivides kohata ka juhukahjureid. Lühikese aja jooksul võivad nad põhjustada olulisi kahjustusi.



siklane

Siklased võivad sattuda hoidlasse puitmaterjaliga. Nende vastsed närivad raamatutesse käike, hoidlas lendlevad valmikud kahjustavad aga köidete servi ja raamatuselgi.

Õunamähkur (*Laspeyresia pomonella*) võib sattuda hoidlatesse toiduainetega, eriti puuviljadega. Enne nukkumist ehitavad õunamähkuri röövikud kookoni, kasutades selleks paberilehti. Kookoni mõõtmed on küllalt suured (2...2,5 cm) ning kookonit valmistades kahjustab õunamähkur 40...50 lehte.

Siklased ja õunamähkurid ei saa kogu elutsüklit hoidlates läbida.

Kokkuvõte

Arhiivimaterjale kahjustavaid putukaid on teada üle 100 liigi. Olulisemateks püsikahjuriteks on nahanäklased, tooneseplased, teesklased, põrniklased, koid, soomuklased ja raamatutäid. Putukad on võimelised kahjustama kõiki loomse ja taimse päritoluga materjale. Nende poolt põhjustatud kahjustused arhiivides võivad olla küllaltki ulatuslikud.

Kirjandus

Dvorjashina, Z. Kahjurputukad raamatukogudes ja mõningatest fondide kaitse võimalustest // Renovatum Anno 1989. 1989. Lk.16–23.

Järvoja, E. Hallitusseened // Renovatum Anno 1989. 1989. Lk. 15–16.

Konsa, K., Kokassaar, U. Paberi biokahjustajad // Raamatukogu. 2. 1993. Lk. 19–20.

5. ARHIVAALIDE KAITSE BIOKAHJUSTUSTE EEST

Arhivaalide kaitsmine biokahjustuste eest on küllaltki keerukas ülesanne. Tuleb arvestada, et lihtsaid lahendusi ja odavaid meetodeid selleks ei ole olemas. Biokahjustajate tõrje arhiivis on seotud praktiliselt kõikide arhiivitöö aspektidega, alates hoone ehitusest ning lõpetades igapäevase koristamisega.

Kaitse erinevate biokahjustajate eest moodustab ühtse **kahjurikaitse programmi** (*IPM – integrated pest management*). Kõige levinum strateegia biokahjustajatega võitlemisel on pikka aega olnud keemiline tõrje. See tähendab, et pärast hallitus- või putukakahjustuste avastamist rakendatakse töötlust mingi keemilise ühendiga ning loetakse sellega probleem lahendatuks. Sellisel lähenemisel on aga arusaadavalt mitmeid puudusi. Esiteks puudub kahjustusi ärahoidev efekt, töötlemist rakendatakse ju alles peale kahjustuste ilmnemist, teiseks on kasutatavad keemilised ühendid reeglina kahjuliku toimega nii inimestele kui ka säilikutele.

Kahjurikaitse programmi korral on põhiraskus mitte keemilisel tõrjel, vaid keskkonna kontrollil. On selge, et märksa lihtsam on biokahjustajatest hoidumine kui nendega võitlemine. Eelkõige tähendab see selliste keskkonnatingimuste loomist, mis on kahjustusi esilekutsuvate organismide arenguks ebasoodsad. Keemilist töötlemist kasutatakse ainult hädaolukorras.

Mikroseente leviku ärahoidmiseks tuleb jälgida järgmisi asjaolusid:

- suhteline õhuniiskus ei tohi mingil juhul olla üle 55%, tuleb kontrollida, et ehituskonstruktsioonid ei niiskuks (vundamendid, seinad, torujuhtmed);
- temperatuur hoidlates ei tohiks olla üle 20 °C;
- ventileerimine takistab seenespooride kuhjumist säilikutele ning vähendab üldist saastumisfooni, takistab seentele sobiva mikrokliimaga keskkondade teket varjatud kohtades (riiulite alused, nurgad jne.); köited ei tohi asetseda liiga tihedalt (raamatute õige asendi korral saab õhk nende ümber vabalt liikuda, mis välistab tolmu ja seenespooride kogunemise);
- pidev koristamine vähendab tolmu hulka (tolm sisaldab alati suuremal või väiksemal hulgal seenespoore ja mütseelitükikesi ning soodustab seega mikroseente levikut; kuna tolm kogub niiskust ja sisaldab toitaineid, on ta seentele sobivaks elukeskkonnaks;
- kogude pidev ülevaatus hallituskahjustustega materjalide koheseks eemaldamiseks nende avastamise korral (hallitanud

säilikutelt paiskub õhku pidevalt suurtes kogustes seenespoore, mis saastavad omakorda teisi säilikuid);
- hoidlates ei tohi olla toataimi, kuna nii taimed ise kui ka lillepotid kujutavad endast sobivat kasvukeskkonda hallitusseentele; hoidlatesse ei tohi tuua ega seal hoida toiduaineid ning muid kõrvalisi esemeid.

Putukate leviku takistamiseks on vajalik:
- jälgida kehtestatud kliimatingimusi hoidlates; erinevalt mikroseentest võivad paljud putukaliigid põhjustada olulisi kahjustusi ka siis, kui temperatuur ja õhuniiskus püsivad kehtestatud normide piirides; mitmete liikide (raamatutäi, majasoomuklane) esinemist on võimalik keskkonnatingimuste kontrolliga siiski vältida;
- akende avamisest tuleks hoiduda; avatud aknad tuleb varustada võrkudega, mille silma diameeter ei ületaks 1 mm;
- välisaknad ja -uksed peavad olema tihedalt suletavad;
- ventilatsioonisüsteem peab olema varustatud filtritega;
- ehituskonstruktsioonides ei tohi olla avasid, pragusid;
- kõik saabuvad dokumendid tuleb eraldi ruumis üle vaadata ning vajadusel suunata desinfitseerimisele;
- soovitav on kasutada metallriiuleid; villaste vaipkatete ja kardinate kasutamine ei ole soovitav; hoidlas ei tohi olla kõrvalisi esemeid (pakkekastid, mööbel, vana inventar jne.);
- oluline on regulaarne koristus.

Integreeritud kahjuritõrje korral on olulisel kohal **hoidlate pidev jälgimine** (monitooring) võimalike kahjustajate varajaseks väljaselgitamiseks. Mikroseente üheks avastusvõimaluseks on õhu mikrobioloogiline seire. Putukaid on küllatki keerukas avastada, eriti kahjustuste algstaadiumis, mil nende arvukus on väike ja tekitatud kahjustused veel vähemärgatavad.

Raamatute kontrollimisel tuleb pöörata tähelepanu köite defektidele. Ümmargused avaused köiteseljas või kaantes on kindlaks tunnistuseks tooneseplaste või teesklaste kahjustustest. Raamatuid kontrollides tuleb nad lahti lüüa valge paberilehe kohal, koputada ja ploki ühenduskohti pintsliga puhastada. Putukakahjustustele viitavad elusad putukad, vastsete kestad, läbinäritud materjalitükid ning ekskremendid.

Ruumide ülevaatusel tuleb erilist tähelepanu pöörata kõikvõimalikele varjatud kohtadele, põrandapragudele, suletud kappidele jne.

Putukate avastamiseks on võimalik kasutada peibutussööta. Paberilehele asetatakse veega niisutatud kuivikupuru, sublimeeritud liha, villase riide ribasid. Pealt kaetakse peibutis paberilehega. Peibutist võib töödelda ka mõne mürkainega (booraks, boorhape, naatriumränifluoriid).

Putukate avastamiseks kasutatakse ka püüniseid. Kasutamist leiavad valguspüünised, klèeplindid ja feromoonpüünised.

5.1. BIOKAHJUSTAJATE TÕRJE

Tuleb märkida, et rea asjaolude tõttu on organismide poolt kahjustatud arhivaalide töötlemine küllaltki keerukas. Eeskätt on see seotud arhivaalide valmistamiseks kasutatud materjalide mitmekesisuse ja tundlikkusega erinevate füüsikalis-keemiliste desinfitseerimismeetodite suhtes. Tihti tekib olukord, kus kahjurid taluvad töötlemist paremini kui materjalid.

Arhiivides kasutatav desinfitseerimismeetod peab vastma järgmistele tingimustele:

- ei tohi kahjustada töötajate ja hiljem ka kasutajate tervist;
- peab olema keskkonnasõbralik;
- peab efektiivselt hävitama erinevate biokahjustajate erinevaid liike erinevates elustaadiumides;
- ei tohi mõjuda kahjustavalt töödeldavatele materjalidele ega kiirendada vananemisprotsesse;
- meetod peab sobima erinevat tüüpi materjalide töötlemiseks;
- töödeldavad materjalid peavad vajama minimaalset ettevalmistust ja järeltöötlust;
- kasutatav tehnoloogia peaks olema võimalikult lihtne ja odav.

On täiesti selge, et ei ole ühte universaalset desinfitseerimismeetodit, mis rahuldaks kõiki eelpooltoodud tingimusi. Igal konkreetsel juhul tuleb lihtsalt valida olemasolevaist kõige sobivam tehnoloogia. Järgnevalt anname lühiülevaate tänapäeval kasutusel olevatest meetoditest. Desinfitseerimismeetodid jagatakse keemilisteks ja mittekeemilisteks. Üha laiemalt leiavad kasutamist just mittekeemilised desinfitseerimismeetodid, mille eeliseks on materjalidele ja inimestele kahjulikult toimivate kemikaalide mittekasutamine. Samal ajal ei kaitse mitte ükski mittekeemiline meetod materjale edasise kahjustumise eest ning sageli ei toimi mittekeemilised meetodid ühesuguse efektiivsusega kõikide biokahjustajate suhtes.

5.1.1. Mittekeemilised desinfitseerimismeetodid

Madal temperatuur

Kõik putukad on poikilotermsed, st. nende kehatemperatuur on võrdne ümbritseva keskkonna temperatuuriga. Temperatuuri langedes väheneb putukate elutegevuse aktiivsus. Kui temperatuur langeb alla teatud piiri, putukas sureb. Termaalse surma punkt varieerub laias vahemikus, sõltudes putukaliigist. Enamik arhiivides esinevaist kahjurputukaist on küllaltki külmatundlikud. Katsed on näidanud, et leivamardikas hukkub –20 °C juures kahe tunniga, nahanäklased –12 °C juures 48 tunniga ning tooneseplased, soomuklane, tarakan ja prussakas –29 °C juures 72 tunni jooksul. Kõige sagedamini kasutataksegi viimatinimetatud jahutusrežiimi, mille käigus hukkuvad kõigi uuritud kahjurputukate liigid kõikides elustaadiumides.

Võrreldes putukatega on mikroorganismid madalatele temperatuuridele märksa vastupidavamad. Bakterite ja mikroseente elutegevus 0 °C madalamatel temperatuuridel küll aeglustub, kuid nad ei hukku. Efektiivsem on mitmekordne kiire jahutamine –40 °C-ni ja

sellele järgnev soojendamine. Kuid ka selline töötlemine, mis võib olla kahjuliku toimega materjalidele, ei taga enamiku mikroorganismide hävimist. Külmutamise mõju mikroorganismide spooridele on tühine.

Viimase 10...15 aasta jooksul on külmutamist hakatud dokumentide desinfitseerimiseks kasutama küllaltki laialdaselt. Eriti levinud on see sissetulevate dokumentide desinfitseerimisel, et vältida biokahjustajate sattumist arhiivi. Külmutamine ei kahjusta materjale, tuleb vaid jälgida, et töödeldavad objektid ei sisaldaks vett. Ettevaatlik tuleb olla selliste esemete külmutamisega, mis koosnevad erinevatest materjalidest. Nimelt reageerivad erinevad materjalid temperatuuri muutumisele erinevalt ning see võib omakorda tekitada objekti lõhkuvaid mehaanilisi pingeid.

Kõrge temperatuur

Kuumutamine on kõige vanem desinfitseerimismeetod. Arhiivides esinevad kahjurputukad hukkuvad enamikus juba kuuma õhuga (60 °C) töötlemisel ühe tunni jooksul. Bakteritele seevastu toimib letaalselt alles 160 °C-ni kuumutatud õhk. Kuuma auruga steriliseerimine (120...130 °C, 30 minuti jooksul) tapab kõik putukad ja mikroorganismid. Arhivaalide töötlemiseks selliseid meetodeid kasutada ei saa, kuna materjalide füüsikalis-keemilised omadused halvenevad kuumutamisel märgatavalt.

Kõrgsageduskiirgus

Kõrgsageduskiirguseks ehk mikrolaineteks nimetatakse madala energiaga, mitte-ioniseeriva toimega raadiolaineid. Kõrgsageduskiirgus avaldab soojuslikku toimet kõikidele polaarseid gruppe sisaldavatele ainetele, näiteks veele. Kuna elusorganismid sisaldavad alati vett, on kõrgsageduskiirgust võimalik rakendada nende hävitamiseks. Praktiliselt on kõrgsageduskiirgust võimalik kasutada putukate hävitamisel, kiirguse toime mikroorganismidele on nõrk. Kõrgsageduskiirguse putukaid surmav toime sõltub kahjustatud materjali iseloomust ning niiskusesisaldusest, aga ka kahjurputuka liigist ja arengustaadiumist. Putukate valmikud on munadest, vastsetest ja nukkudest märksa tundlikumad. Kõrgsageduskiirgus tungib materjalisse paari millimeetri sügavusele. Kuumutamine (70...100 °C-ni, 5...10 minuti jooksul) ei mõju materjalidele hästi. Kõrgsageduskiirgust kasutatakse muuseumiesemete, herbaariumide ja raamatute desinfitseerimisel.

Gammakiirgus

Gammakiirgus (γ-kiirgus) on kõrge energiaga lühilaineline elektromagnetkiirgus (lainepikkus ~10^{-3} Å). Praktikas kasutatakse radioaktiivse isotoobi koobalt 60 tuumade lõhustumisel eralduvat gammakiirgust. Kiirgus hävitab efektiivselt nii putukaid kui mikroorganisme. Seda on kasutatud puidu, naha, tekstiilide ja paberi desinfitseerimisel. γ-kiirgust rakendati edukalt vaarao Ramses II tugevasti hallitanud muumia desinfitseerimisel. Kiiritusdoosi mõõdetakse graydes (Gy), mis väljendab objekti ühe massiühiku kohta neelatud kiirgusenergia hulka. Kiiritusaja kasvades doos kasvab. Ühesugustes tingimustes sõltub doos kiiritatavast ainest.

1 Gy = 1 J/ kg = 100 radi

Looduslik foon Tallinnas on 1,10 mGy (10^{-3}) aastas. Fluorograafilisel läbivaatusel saadav kiiritusdoos on ligikaudu 11 μGy (10^{-6} Gy).

γ-kiirguse bioloogiline toime sõltub organismi liigist, elustaadiumist, vanusest, kiirguse doosist, temperatuurist, õhuniiskusest ning kahjustatud materjalist. Putukate munad on tundlikumad kui nukud või valmikud. Nii bakterite kui seente spoorid on kiirguse toimele vegetatiivsetest organismidest tunduvalt vastupidavamad.

Putukate jaoks on surmavaks doosiks 1...3 kGy (kilograyd). Mikroseened on putukatest vastupidavamad. Elusloodusesse kehtib selline üldine reegel, et mida kõrgemal arengutasemel on organism, seda tundlikum on ta kiirguse toime suhtes. Mikroseente korral on letaalne doos vahemikus 4,5...18 kGy. Temperatuuri tõstmisega on võimalik vähendada surmavalt toimivat doosi. Kui näiteks toatemperatuuril mõjub letaalselt doos 6 kGy, siis 60 ° C juures on selliseks doosiks kõigest 0,5 kGy.

Gammakiirguse puuduseks on asjaolu, et ta avaldab kõikidele materjalidele tugevat lagundavat toimet, oluliselt väheneb mehaaniline vastupidavus. Kõik doosid, mis ületavad 3...4 kGy piiri, mõjuvad materjalidele kahjulikult. Eriti tundlik gammakiirguse destruktiivse toime suhtes on tselluloos.

Ultraviolettkiirgus

Ultraviolettkiirgus mõjub elusolendite rakustruktuuridele ja biopolümeeridele (eelkõige nukleiinhapetele) lagundavalt ning seda kasutatakse mikroorganismide hävitamiseks nii meditsiinis kui ka tööstuses. Ultraviolettkiirguse toime sõltub eelkõige kiirguse lainepikkusest. Kõige tugevama baktereid hävitava toimega on kiirgus lainepikkuste vahemikus 200...295 nm. Ultraviolettkiirgus mõjub tugevasti bakteritele, mikroseened on tunduvalt vastupidavamad. Suhteliselt mädala efektiivsuse ja tugeva kahjustava toime tõttu materjalidele (paber, nahk, värvained) ei kasutata ultraviolettkiirgust arhivaalide desinfitseerimisel.

Ultraheli

Inimene kuuleb õhuvõnkumisi sagedusega 16...20 000 Hz. Kuuldepiirkonnast väiksema sagedusega õhuvõnkumised tekitavad infraheli, suurema sagedusega võnkumised aga ultraheli. **Ultraheli** sobib mikroorganismide, eriti bakterite hävitamiseks. Kõige efektiivsemalt toimivad sagedusvahemikud on 16,8...19,2 kHz ja 20,5...23,5 kHz. Kasutatakse peamiselt puidu ja tekstiili desinfitseerimisel. Töötlemine toimub vee või mingi lahusega täidetud ultrahelivannis, kuhu lisatakse bakteritele kahjulikult mõjuvaid keemilisi aineid. Ultraheli toimel purunevad bakterite rakukestad ning keemiline aine pääseb hõlpsasti rakku. Ultraheliga töötlemine võib kahjustada materjale.

Muudetud atmosfäär

Elutegevuses hapnikku kasutavate elusorganismide (aeroobide) hävitamiseks on võimalik kasutada **muudetud** e. **modifitseeritud atmosfääri** – organismile sobiv gaasikeskkond asendatakse elutegevuseks mittesobivaga. Selleks vähendatakse hapniku kontsentratsiooni, asendatakse hapnik inertgaasiga (lämmastik) või suurendatakse süsihappegaasi kontsentratsiooni. Muudetud atmosfääre kasutatakse üha laialdasemalt arhivaalide desinfitseerimisel. Putukate hävitamiseks loetakse kõige efektiivsemaks gaasikeskkonda, mis sisaldab 60% süsihappegaasi. Töötlemisaeg on küllaltki pikk – mitte vähem kui 15 ööpäeva. Temperatuuri tõstmise ja õhuniiskuse vähendamisega on võimalik töötlemisaega lühendada. Hapnikuvabades keskkondades peab hapniku tase olema mitte üle 0,4...0,9%, töötlemisaeg on samuti pikk – 10...15 päeva. Muudetud atmosfääri toime mikroorganismidele on erinev. Tuleb arvestada, et anaeroobidele ei toimi see meetod üldse, hoopiski soodustades nende kasvu. Mikroseente kasv võib pidurduda, kuid letaalne toime puudub.

Muudetud atmosfääride loomiseks kasutatakse erinevaid vahendeid – vaakum- ja gaasikambreid ning fumigatsioonimulle.

Mehaaniline eemaldamine

Üheks biokahjurite hävitamise võimaluseks on nende eemaldamine kahjustatud objektidelt. Mikroseente kolooniaid on võimalik eemaldada tampoone, harju, tolmuimejaid ning spetsiaalseid imitorusid kasutades. Sellisel viisil saab eraldada siiski vaid väikese osa kolooniatest

ning eksisteerib tõsine oht, et spoorid ja mütseelitükikesed võivad levida seni saastumata materjaliosadele. Igal juhul tuleb kõik sellised protseduurid viia läbi tõmbekapi all. Mehaanilist eemaldamist peaks rakendatama alles siis, kui seened on eelnevalt mingil muul meetodil muudetud eluvõimetuteks.

Putukakahjustuste korral on samuti võimalik putukad, nende vastsed, munad ja nukud kokku korjata ning seejärel hävitada. Keerukaks muudab selle asjaolu, et putukad on tavaliselt peitunud varjatud kohtadesse ning neid on raske märgata. Ainuüksi puhastamisega ei õnnestu kunagi nakkuskollet täielikult likvideerida, koos teiste meetoditega võib see aga anda väga häid tulemusi.

Bioloogilised meetodid

Putukate hävitamiseks on võimalik kasutada feromoonpüüniseid. **Feromoonid** on elusorganismide poolt keskkonda eritatavad keemilised ühendid, mis kutsuvad esile spetsiifilise vastusreaktsiooni (kindel käitumine või kindel arenguprotsess) sama liigi isenditel. Erinevatel liikidel on feromoonid erinevad. Funktsioonide järgi jaotatakse feromoonid:

- suguferomoonideks, mis meelitavad putukaid paljunemise ajal üksteise juurde;
- häireferomoonid tõstavad putukate liikumisaktiivsust;
- agregatsiooniferomoonid on putukatele kokkukogunemise signaaliks.

Lisaks eelpoolloetletutele tuntakse veel jälje- , märke- ja teisi feromoone. Putukad on feromoonide toime suhtes väga tundlikud, see võimaldab kasutada neid aineid väga väikestes kogudes. Nii on tarakani suguferomooni toimekontsentratsioon 10^{-4} µg/ml. Putukad meelitatakse kindlat feromooni kasutades püünisesse, kus nad jäävad harilikult kinni liimiga kaetud pinnale. Feromoonpüünised on olemas tarakanile, õunamähkurile ja leivamardikale. Häireferomoone kasutatakse koos mingi putukaid hävitava kemikaaliga (insektitsiidiga) selle efektiivsuse tõstmiseks. Kuna häireferomoon suurendab putukate liikumisaktiivsust, puutuvad nad mürgiga sagedamini kokku ning saavad seega suurema mürgidoosi.

5.1.2. Keemilised desinfitseerimismeetodid

Keemiline tõrje põhineb kahjustatud materjalide töötlemisel biokahjustajate suhtes aktiivsust omavate keemiliste ühenditega (biotsiididega). **Biotsiidid** jagatakse vastavalt sellele, millisele organismirühmale on tema toime suunatud:

- bakteritsiidid – bakterid;
- fungitsiidid – mikroseened;
- algitsiidid – vetikad;
- insektitsiidid – putukad;
- rodentitsiidid – närilised.

Biotsiidide kasutamisel tuleb arvestada mitmeid asjaolusid:

- erinevad bakteri-, seene- ja putukaliigid on mingi konkreetse keemilise ühendi suhtes erineva vastupanuvõimega, biotsiidid on sageli liigispetsiifilised;
- biotsiidi toime kiirus ja efektiivsus sõltuvad keskkonnatingimustest (temperatuur, õhuniiskus, keskkonna reaktsioon);
- biotsiidi toime sõltub organismi elutsükli faasist;
- elusorganismid kohanevad biotsiididega;
- biotsiidi toime sõltub suuresti aine kontsentratsioonist, ebaõige kontsentratsiooniga biotsiid võib osutuda mitte ainult mõjutuks, vaid isegi stimuleerida biokahjustajaid.

Arhivaalide desinfitseerimisel kasutatavad biotsiidid võivad olla kas gaasilised, vedelad või tahked. Mürgise gaasi või aurudega töötlemist nimetatakse **fumigatsiooniks**. Fumigatsioonil kasutatavad ained võivad olla gaasilised, vedelad või tahked. Gaasilised fumigandid on kõige ohtlikumad, neid on võimalik kasutada ainult spetsiaalse sisseseade olemasolul. Vedelad ja tahked fumigandid moodustavad mürgise auru, millega kahjustatud objekte töödeldakse. Fumigatsiooni eelisteks teiste meetodite ees on küllaltki kõrge efektiivsus, gaasi või auru hea läbitungimisvõime, töötlemise kiirus ning massilisus. Meetodi puudusteks on kasutatavate keemiliste ühendite kõrge toksilisus, töötlemise ohtlikkus nii inimestele kui keskkonnale, samuti võimalik kahjustav toime materjalidele.

Gaasilised fumigandid

Etüleenoksiid – väga mürgine, süttiv ja plahvatusohtlik. Hävitab efektiivselt kõiki biokahjustajaid. 1980. aastatel oli etüleenoksiid kõige laiemalt kasutuses olev fumigant paljudes maades. Tänapäeval soovitatakse seda mitte kasutada tema ohtlikkuse tõttu nii inimestele kui ka töödeldavatele materjalidele.

Metüülbromiid – inimesele väga toksiline, kahjustab töödeldavaid materjale. Kasutatakse mikroseente ja putukate hävitamiseks.

Väävelfluoriid on võrreldes teiste fumigantidega vähetoksiline. Hävitab putukaid, kuid mitte nende munasid; bakteritele ja mikroseentele mõjub kasvu pidurdavalt.

Vedelad fumigandid

Formaldehüüd – äärmiselt mürgine, väga tugeva toimega biotsiid, hävitab bakterid, mikroseened ja putukad. Desinfitseerimisel kasutatakse formaliini, mis on formaldehüüdi 30...40%-line vesilahus, kuhu on lisatud 10...15% metanooli. Kuna formaliin aurustub juba toatemperatuuril, piisab, kui spetsiaalsesse õhukindlalt suletavasse kambrisse asetatakse lahtised nõud formaliiniga. Formaldehüüd reageerib mõnede pigmentidega, aga samuti valkudega. Nahka ja pärgamenti ei tohi formaldehüüdiga mitte mingil juhul töödelda. Kõrge toksilisuse tõttu on formaldehüüdiga töötamine keelatud.

Tahked fumigandid

Tümool on inimesele toksiline, selle bakteritsiidne, fungitsiidne ja insektitsiidne toime on nõrk. Kahjustab paberit, nahka ja liimaineid. Auru tekitamiseks tuleb tümnooli nõrgalt soojendada. Tänapäeval enam fumigandina ei kasutata.

Paradiklorobenseen – toksiline, kasutatakse insektitsiidina. Toimib kahjulikult pigmentidele, nahale ja liimainetele ning muudab paberi värvi. Ei soovitata kasutada.

Kontaktmürgid

Kontaktmürke kasutatakse vedelal või tahkel kujul. Kuivdesinfitseerimise korral asetatakse arhivaali lehtede vahele biotsiidi lahuses immutatud ja seejärel kuivatatud filterpaberilehed. Tavaliselt arvestatakse 1 filterpaberileht 4...5 töödeldava lehe kohta. Töötlemisaeg on pikk – kuni 6 kuud. Niiske desinfitseerimise korral kasutatakse biotsiidilahuses immutatud tampoone, millega puhastatakse kahjustatud materjale. Selline meetod ei ole kuigi efektiivne. Väga tulemuslik on desinfitseerivate vannide kasutamine. Kahjustatud dokument asetatakse otseselt biotsiidilahusesse.

Kontaktmürkidena kasutatakse juba eelpoolmainitud formaliini (2...5%-lise vee- või piirituselahusena) ja tümooli (5%-lise piirituselahusena).

Naatriumfluoriid – külmaltki nõrga toimega, kasutatakse 3%-lise vesilahusena paberi, naha ja puidu desinfitseerimisel.

Kvaternaarsed ammooniumsoolad (katamiin AB, katapiin) – kasutatakse väga laialdaselt bakteritsiididena ja fungitsiididena. Inimesele ei ole praktiliselt toksilised.

Püreetrid – väga efektiivsed, inimesele vähetoksilised ning keskkonnas kiiresti lagunevad insektitsiidid. Kasutatakse laialdaselt.

Kokkuvõte

Arhivaalide kaitse erinevate biokahjustajate (mikroorganismid, putukad) eest moodustab ühtse kahjurikaitse programmi. See tähendab eelkõige sellise ökoloogilise keskkonna loomist arhiivis, mis oleks elusorganismide arenguks võimalikult ebasoodne. Äärmiselt oluline on keskkonna seisundi pidev seire biokahjustuste võimalikult varajaseks avastamiseks.

Arhiivi tunginud biokahjustajatega võitlemine on väga keeruline ülesanne. Biokahjustajate tõrjel kasutatakse nii füüsikalisi kui ka keemilisi meetodeid. Keeruliseks muudab nende kasutamise asjaolu, et rakendatavad meetodid ei tohi mõjuda kahjulikult arhiivi töötajatele ja arhivaalide kasutajatele ning materjalidele, millest arhivaalid on valmistatud; samal ajal peavad need hävitama efektiivselt erinevaid biokahjustajaid. On selge, et puudub üks universaalne, igas olukorras sobiv desinfitseerimisviis. Iga konkreetse kahjustuse korral tuleb valida kättesaadavaist parim meetod.

Kirjandus

Järvoja, E. Antiseptikud konserveerimisel // Renovatum Anno 1993. 1993. Lk. 28–38.

Konsa, K., Kokassaar, U. Fungitsiidid hallituse tõrjes // Raamatukogu. 2. 1992. Lk. 49–52.

Wellheiser, J. Nonchemical Treatment Processes for Disinfestation of Insects and Fungi in Library Collections. München, London, New York, Paris, 1992.

6. LOODUSÕNNETUSED JA AVARIID

Loodusõnnetused ja avariid on ühest küljest küll suhteliselt harvaesinevad, kuid samas võivad nad põhjustada väga ulatuslikke kahjustusi, millede likvideerimine nõuab reeglina suuri kulutusi. Sageli on õnnetustest tekkinud kahjud korvamatud, kuna enamik arhivaale on ainueksemplarid ning neist puuduvad ka koopiad.

Hoidmaks ära ning ennetamaks võimalike katastroofide ja õnnetuste mõju säilikutele, on kõige olulisem õigeaegne valmisolek, st. **ohuplaani** olemasolu.

Ohuplaani koostamine

Kõigepealt koostatakse nimekiri kõikvõimalikest arhiivi ähvardada võivatest ohtudest ja õnnetustest, siia hulka kuuluvad nii loodusõnnetused kui ka kõikvõimalikud avariid:

- tulekahju, süütamine;
- üleujutus;
- veeavariid, veekatkestused;
- voolukatkestused;
- kemikaalide pihkumine keskkonda;
- hoone varing;
- plahvatused;
- rahutused;
- sõda;
- biokahjustused (hallitus, putukad).

Ohuplaani ettevalmistamise käigus tuleb tutvuda nii hoonete kui ka kogude seisukorraga. Paljud ohud on võimalik eelnevalt kõrvaldada või viia võimalikult vähetõenäoliseks.

Ohuplaan peab sisaldama:

- võimalike katastroofide ja avariide kirjelduse, lähtudes paikkonna geograafilis-klimatoloogilistest iseärasustest ning hoone ja kogude seisundist (Eestis kujutavad endast reaalset ohtu põlengud, varingud ning veekahjustused);
- tegutsemis- ja teadustamiskavasid (täpseid eeskirju tegutsemiseks avariiolukorras, juhiseid nii koheseks kui ka pikaajaliseks tegutsemiseks);
- kogude päästmise ja kahjustuste likvideerimise ning järelmõjude peatamise järjekorra;
- katastroofide ja avariide tõkestusmeetmeid (normikohaste hoiutingimuste loomist, kontrolli- ja häiresüsteeme, spetsialistide väljaõpet).

Ohuplaan peab olema lihtsa ülesehitusega, selge ja arusaadav, st. kasutatav ka ohusituatsioonis. Ohuplaani peab kindlasti kuuluma asutuste nimekiri, kust saab abi ning vajaminevaid seadmeid.

Korralikult koostatud ohuplaan võimaldab oluliselt vähendada kahju, mida võimalikud õnnetused ja katastroofid võivad tekitada säilikutele, hoonetele ja töötajatele.

Prioriteedid

Iga õnnetuse või avarii korral on esmaseks prioriteediks inimeste ohutus. Kogude prioriteetsus ei tugine mitte ainult nende väärtusel, vaid ka materjalide tundlikkusel erinevate kahjulike tegurite suhtes.

Prioriteetseteks kogudeks loetakse:

- kõrge väärtusega (ajaloolise, kultuurilise, rahalise jne.) kogud;
- asendamatud kogud;
- käsikirjalised dokumendid;
- kataloogid;
- arvutiinfo (kui ei ole olemas koopiaid);
- fotod ning negatiivid, millest ei ole koopiaid.

Tundlikud materjalid:

- pärgamentdokumendid ja -köited;
- kahjustatud nahkköited;
- kaetud paber (nn. kriitpaber);
- klaasplaat- või kolloodiumnegatiivid;
- värvilised fotomaterjalid;
- nitrotselluloos- ja atsetaatnegatiivid;
- elektroonilised andmekandjad;
- kunstiteosed (guašš, veeslahustuv tint, vesivärvid).

6.1. VEEKAHJUSTUSTE LIKVIDEERIMINE

Kõige sagedamini kahjustab arhiivimaterjale vesi. Isegi väikese ulatusega veeavarii, näiteks katkine veetoru, võib säilikutele põhjustada suuri ja korvamatuid kahjustusi. Võimalike veekahjustuste ärahoidmiseks on vajalik:

- katuste kontrollimine ja parandamine;
- katuserennide ja drenaažide puhastamine;
- dokumente ei tohi hoida vee- ja keskküttetorude, tualettide, õhukonditsioneeride ja teiste vett sisaldavate seadmete all;
- säilikuid ei tohi hoida otse põrandal; riiulid peavad olema vähemalt 5 cm kõrgusel põrandapinnast.

Veekahjustuste likvideerimisel tuleks järgida järgmist põhimõttelist skeemi:

1. Hinnatakse olukorra ohtlikkust inimestele ja kogude kahjustusi.
2. Suletakse veeallikas, säilikud kaetakse kiledega või viiakse mujale. Vesi eemaldatakse põrandatelt ja riiulitelt.
3. Keskkonna kontroll – õhupuhuritega tekitatakse hea ventilatsioon, lülitatakse küte minimaalseks või hoopis välja, kõikvõimalikud niiskuseallikad (märgunud põrandakatted, mööbel) eemaldatakse ning võimaluse korral paigaldatakse niiskuse-eemaldid.

4. Valitakse sobilikud sorteerimis- ja kuivatusruumid kahjustatud dokumentide esialgseks töötlemiseks.
5. Kõik dokumendid kahjustatud kogust kontrollitakse ning märgistatakse (märg, niiske, kuiv).
6. Märjad ja niisked dokumendid pakitakse ning transporditakse kuivatamisele või külmutamisele.
7. Kahjustatud dokumendid töödeldakse.

Veekahjustustega materjalide (paber, nahk, pärgament, fotomaterjalid, magnetkandjad) seisundi stabiliseerimiseks tuleb nad võimalikult kiiresti külmutada ning hoida temperatuuril –20...–30 °C. Sellistes tingimustes nende seisund ei muutu ning on võimalik organiseerida kahjustuste kõrvaldamist. Veekahjustuste korral mängib olulist osa ilmastik. Sooja ja niiske ilmaga hakkavad märgunud materjalid koheselt hallitama. Külma ja kuiva ilma korral võib külmutamisega paar päeva viivitada. Küllaltki keeruline on kuivatada mitmesuguseid kaetud pabereid (kriitpaber), mille lehed kleepuvad üksteise külge. Märgunud kriitpaberilehtede korral tuleb iga lehe vahele panna polüetüleenkile või siis nad 6 tunni jooksul külmutada. Tekstide säilitamiseks tuleb koheselt külmutada ka mitteveekindlate tekstidega arhivaalid.

Märgunud arhivaalide kuivatamine

Difusioonkuivatus. Märgunud paberilehtede vahele asetatakse kõrge niiskuseimamisvõimega materjali (filterpaberi) lehed. Pannakse kas 1 leht filterpaberit iga märja lehe vahele või siis 5...6 lehte filterpaberit iga 10...15 märgunud lehe järele. Filterpaberilehti vahetetakse iga 5...6 tunni tagant. Difusioonkuivatuse halbadeks külgedeks on väike tööjõudlus ning suur filterpaberikulu. Kasutatakse tugevasti märgunud raamatute eelkuivatamiseks.

Konvektiivkuivatus. Sooja (30...35 °C) ja kuiva (õhuniiskus mitte üle 60%) õhuga töötlemine on kõige tuntum ja samas ka kõige sagedamini rakendatav meetod märgunud materjalide kuivatamiseks. Kasutatakse mitmesuguseid fööne ja puhureid. Raamatud pannakse püsti, mitte selja või eesserva peale, ning avatakse, et lehed oleksid võimalikult laiali. Meetodi puuduseks on asjaolu, et paber ja köide kortsuvad tugevasti ning materjalid vajavad hilisemat restaureerimist. Samuti on see kuivatusviis küllaltki töömahukas ning nõuab palju ruumi. Meetod on sobiv vähese arvu märgunud arhivaalide korral.

Kuivatuskapp. Temperatuur kuivatuskapis peab jääma piiridesse 50...90 °C. Kasutatakse üksikute lehtede (mitte üle 5...10 lehe) kuivatamiseks. Paberi ja köite kortsumise vältimiseks asetatakse kuivatatavad lehed vask- või alumiiniumplaatide vahele ning kerge surve (1,5...2,0 kg) alla. Meetodi tööjõudlus on küllaltki väike.

Kontaktkuivatus. Märgunud paberilehti kuivatatakse triikraua või fotokuivatiga. Temperatuur ei tohi ületada 110 °C. Saab töödelda ainult üksiklehti ning tööjõudlus on väike. Eeliseks on asjaolu, et lehed ei kortsu.

Kuivatamine kõrgsagedusvooluga. Kuumutamine toimub kogu materjali ulatuses, intensiivsemalt seal, kus on rohkem niiskust. Kasutatakse paksude köidete korral. Deformatsioonide vältimiseks tuleb kuivatada surve all.

NB! Mitte kasutada metallplaate. See meetod ei sobi karboniseerunud materjalide, nahkköidete ja metallkaunistustega köidete kuivatamiseks.

Kiirguskuivatus. Kiirguskuivatuseks kasutatakse infrapunast e. soojuskiirgust kiirgavaid lampe ja keraamilisi paneele. Kiirgusallika kaugus kuivatatavast dokumendist peab olema vähemalt 40...60 cm. Kiirguskuivatust kasutatakse üksiklehtede korral. Lehed kipuvad kuumenema ebaühlaselt, sõltuvalt nende peegeldusomadustest, ning kortsuma. Tööjõudlus on väike. Meetod ei sobi karboniseerunud materjalide korral.

Niiskuseemaldid. Niiskuse eemaldamiseks õhust on võimalik kasutada mitmesuguseid erinevat tüüpi õhukuivateid. Meetod sobib niiskete ja nõrgalt märgunud arhivaalide kuivatamiseks. Suureks eeliseks on asjaolu, et arhivaalid jäävad oma kohtadele riiulitel või kappides. Vajalik on vastavate küllaltki suure võimsusega seadmete olemasolu.

Sublimatsioonkuivatus (lüofiilne, kürogeenne) võib toimuda kas atmosfäärirõhul või vaakumis. Atmosfäärirõhul toimuva sublimatsioonkuivatuse korral külmutatakse märgunud dokumendid –20...30 °C-ni ning tekkinud jää aurustatakse ehk sublimeeritakse sooja õhu puhumisega. Materjali pinnatemperatuur ei tohi tõusta üle 0 °C, st. jää ei tohi muutuda enne aurustumist veeks. Meetodi eeliseks on asjaolu, et materjalid ei deformeeru. Töötlemisaeg on küllaltki pikk, umbes 7 päeva või isegi kauem.

Töötlemine vaakumis (rõhk alla 4 mm Hg sammast) toimub tunduvalt kiiremini (1...2 päeva). Arhivaale soojendatakse kas infrakiirguritega või kasutatakse kontaktmeetodit.

Sublimatsioonkuivatus nõuab küllaltki keerulisi seadmeid. Sobib suurte koguste väga märgade arhivaalide kuivatamiseks. Nahka ja pärgamenti ei tohi sublimatsioonkuivatuse meetodil töödelda.

Vaakumkuivatus. Märgunud arhivaalid asetatakse vaakumkambrisse kas niisama või siis külmutatult ning neid kuumutatakse 60...80 °C-ni. Rõhk vaakumkambris on 3...4mm Hg sammast. Deformatsioonide vältimiseks asetatakse materjalid metallplaatide vahele. Töötlemise kestuseks on 4...8 tundi, sõltuvalt niiskusesisaldusest. Kui ei ole võimalik vaakumis asetsevaid materjale otseselt kuumutada, tuleb vaakumkambrisse panna juba eelnevalt soojendatud dokumendid. Tsüklit võib korrata seni, kuni materjali veesisaldus on nõutaval tasemel (5...7%). Töötlemise eeliseks on selle suur kiirus. Protsess kutsub esile materjalide deformeerumise, kaetud paberid jäävad üksteise külge kinni. Vaakumkuivatus on sobilik väga märgade arhivaalide kuivatamiseks.

Kuna märgunud **fotomaterjalid** kahjustuvad tunduvalt kiiremini võrreldes näiteks paberiga, tuleb nad kuivatada esmajärjekorras või siis koheselt külmutada. Kõige vähem kahjustab fotosid kuivatamine õhu käes. Fotod eraldatakse võimaluse korral üksteisest ning asetatakse ühekaupa mingile niiskust imavale materjalile kuivama. Ümbristes olevad fotod võetakse enne kuivatamist nendest välja. Märgunud rullfilmid tuleb kuivatada lahtirullitult. Külmutamiseks pannakse üksteisest polüesterkile või vahapaberiga eraldatud fotod plastikkottidesse. Külmutatud fotode kuivatamiseks ei tohi kasutada vaakumkuivatust, mille käigus materjale soojendatakse. Vaakumis kuivatamine ei sobi ühelgi juhul märgkolloodiumplaatidele ja ambrotüüpidele. Mikrofilme ja mikrofišše ei tohi külmutada. Kui kohese kuivatamise võimalus puudub, võib neid hoida lühikest aega niisutatult puhta külma veega.

Sobivaima kuivatusmeetodi valikul tuleb arvestada järgmiseid asjaolusid:

- kahjustuste iseloom, ulatus;
- kahjustatud arhivaalide hulk;
- kui suure väärtusega on kahjustatud arhivaalid;
- rahaliste vahendite ja tööjõu olemasolu;
- olemasolevad tehnilised vahendid.

Kokkuvõte

Loodusõnnetused ja avariid põhjustavad reeglina väga ulatuslikke ja sageli korvamatuid kahjustusi. Loodusõnnetuste ja avariide poolt tekitatud kahjude vähendamiseks on oluline vastava kirjalikult fikseeritud ohuplaani olemasolu. Ohuplaan peab sisaldama olukorra analüüsi, võimalike ohtude kirjelduse ning täpsed tegevusjuhendid avariiolukorras tegutsemiseks. Kõige sagedamini kahjustab arhivaale vesi. Märgunud materjalide kuivatamiseks on võimalik kasutada väga mitmesuguseid meetodeid. Sobiva meetodi valikul tuleb arvestada kahjustatud arhivaalide iseloomu ja hulka ning olemasolevaid tehnilisi vahendeid.

7. ARHIVAALIDE HOIUSTAMINE

Hoiustamine tähendab arhivaalidele võimalikult sobivate säilitustingimuste loomist, et aeglustada materjalide vananemist, kaitsta neid rikkumiste ja varguste eest ning tagada nende laialdane kättesaadavus ning kasutatavus.

Arhivaalidele mittesobiv hoiustamine kiirendab nende vananemist ning vähendab oluliselt kasutusiga. Halvale hoiustamisele lisandub väga sageli ka ebaõige ja materjale kahjustav kasutamine. Võrreldes konserveerimise-restaureerimisega on korralik hoiustamine ning õige kasutamise organiseerimine suhteliselt odav võimalus arhivaalide säilimise tagamiseks.

7.1. HOIUREŽIIM

Arhiivides säilitatakse väga erinevat tüüpi dokumente - raamatuid, käsikirju, kaarte, fotosid, diskette, kompaktplaate jne. Erinevad materjalid, millest arhivaalid koosnevad, on keskkonnatingimuste suhtes erineva tundlikkusega. Küllaltki keeruline on luua selliseid tingimusi, mis ühtviisi hästi sobiksid kõikidele materjalidele. Sageli on ainsaks lahenduseks erinevate keskkonnatingimustega hoiuruumide kasutamine, mis on aga jällegi tehniliselt küllaltki komplitseeritud.

Hoiurežiimi tagamine peab algama keskkonnatingimuste analüüsist, mille käigus tuleb lahendada järgmised probleemid:

1. Millised on säilitatavad materjalid ning millised tingimused on neile sobivaimad?
2. Keskkonnatingimuste mõõtmise organiseerimine ja mõõtmistulemuste analüüs.
3. Milline on olukord ning mida tuleks selle parandamiseks ette võtta?

7.1.1. Arhivaalidele sobivad keskkonnatingimused

Temperatuur ja õhuniiskus

Arhivaalide keemilise stabiilsuse seisukohalt on seda parem, mida madalamal temperatuuril neid hoitakse. Enamlevinud soovituslikud hoiutemperatuurid vahemikus 16...20 °C võtavad arvesse ka samades ruumides töötavate inimeste vajadusi. Kui tegemist on ainult hoiuruumiga, võib temperatuur olla ka madalam. Üldine reegel on järgmine: mida külmem ja lähemal niiskuse alampiirile (30...40%) on hoiuruumi õhk, seda parem materjalidele. Arhivaalide hoidmiseks madalamal temperatuuril, võrreldes nende ruumidega, kus arhivaale kasutatakse, tuleb neid enne kasutamist temperatuuride ühtlustamiseks lasta aklimatiseeruda.

Viimased uurimused on näidanud, et säilivuse seisukohalt sobib pabermaterjalidele seniarvatust madalam suhteline õhuniiskus. Paberi seisund on kõige stabiilsem, kui suhteline õhuniiskus on vahemikus 30...40%. Pärgamendile sobib suhteline õhuniiskus vahemikus 30...50%. Kõige stabiilsem on pärgament 30% suhtelise õhuniiskuse juures.

Temperatuur ja suhteline õhuniiskus peavad olema võimalikult püsivad. Just õhuniiskuse kõikumine mõjub materjalidele väga halvasti, temperatuuri stabiilsus on võrreldes õhuniiskuse stabiilsusega vähemoluline. Siinkohal tuleb aga silmas pidada, et õhu suhteline niiskus sõltub otseselt temperatuurist. Kliimaseadmeid ei tohi mitte mingil tingimusel lülitada tööpäeva lõpul või puhkepäevadeks välja. Temperatuuri maksimaalne lubatud triiv (aeglane kindlasuunaline muutumine) on 3 °C ja suhtelisel õhuniiskusel 3% kuus.

Fotomaterjalide lühiajalisel (kuni 10 aastat) säilitamisel on lubatavaks maksimumtemperatuuriks +25 °C ning soovitav õhuniiskus 20...50%. Pikemaajalise säilitamise korral on nõuded keskkonnatingimuste suhtes rangemad ning erinevad sõltuvalt säilitatavast materjalist.

Klaasplaadid (albumiin-, kolloid- ja želatiinemulsioon) – temperatuur mitte üle 20 °C, suhteline õhuniiskus 20... 50%, soovitav alla 40%.

Atsetaat- ja polüesterfilmid (must-valged) – temperatuur mitte üle 21 °C, suhteline õhuniiskus mitte üle 50%. Värvifilmide korral on soovitav temperatuur 20 °C ning õhuniiskus mitte üle 30%. Kehtib seaduspärasus: mida kõrgem on temperatuur, seda madalam peab olema õhuniiskus. Seda seost kajastab järgmine tabel, kus on toodud hoiutemperatuurile vastav lubatud suhtelise õhuniiskuse vahemik.

	temperatuur	õhuniiskus
must-valged filmid	21 °C	20...30%
	15 °C	20...40%
	10 °C	20...50%
värvifilmid	2 °C	20...30%
	–3 °C	20...40%
	–10 °C	20...50%

Fotopaberi korral on sobivaimaks säilitustemperatuuriks 15...25 °C, igal juhul mitte üle 30 °C. Sobiv õhuniiskuse vahemik on 30...50%, igal juhul mitte üle 60%.

Fotodokumentide pikemaajalisel säilitamisel hoitakse neid õhu- ja veekindlalt suletud alumiinium- või polüetüleenümbristes temperatuuridel –18...–20 °C. Dokumendi niiskusesisaldus viiakse säilitamiseks valitud niiskusetasemele, seejärel paigutatakse säilik kaitseümbrisesse, suletakse õhukindlalt ning asetatakse külmikusse. Ajavahemik, mille jooksul saabub dokumendi tasakaaluline niiskusesisaldus keskkonnaga, sõltub materjalist, dokumendi suurusest, ümbrise olemasolust ning temperatuurist. Filmilindi korral on see aeg ligikaudu 90 minutit, 16 mm rullfilmi korral 3 nädalat ning 35 mm rullfilmil 4 nädalat. Kui film on metallist karbis, pikendab see niiskuse ühtlustumise aega mõne kuuni, ning spetsiaalselt suletud ümbriste korral võtab see aega kuni üks aasta. Sellisel viisil säilitatavate dokumentide kasutamisel ei tohi ümbriseid avada enne, kui dokumendi temperatuur on võrdsustunud välisõhu temperatuuriga, vastasel korral toimub veeauru kondenseerumine jaheda dokumendi pinnale. Temperatuuride ühtlustumine võtab maksimaalselt aega kuni üks päev.

Kui säilitatakse koos uusi ja vanu fotomaterjale, tuleb arvestada asjaolu, et uutele materjalidele sobiv madal õhuniiskus võib põhjustada emulsioonikihtide eraldumise vanematelt fotomaterjalidelt, eriti puudutab see klaasplaate.

Valgustus

Kuna igasugune valguskiirgus mõjub materjalidele kahjustavalt, tuleks arhivaale hoida valguse käes nii vähe kui võimalik. Dokumente, mida parasjagu ei kasutata, tuleb säilitada pimedas hoidlas või valgust mitteläbilaskvates karpides.

Akvarellide, graafika, käsikirjade ja muude tundlike materjalide korral on tungivalt soovitav hoida neid pimedas, lubatud valgustustugevus on mitte üle 50 luksi. Teiste pabermaterjalide korral on lubatavaks valgustustugevuseks 50...150 luksi ning kasutamisel piiratud aja jooksul 300...600 luksi. Väga valgustundlikud materjalid võivad saada aastas maksimaalselt 50 000 lukstundi (lx h) valguskiirgust ja vähemtundlikud kuni 200 000 lukstundi. Lukstunnid leitakse valgustustugevuse ning valguse käes oldud aja (tundides) korrutamisel. Ultravioletse komponendi osa ei tohiks ületada 75 μw/l kohta. Valgusallikate soojusliku toime ärahoidmiseks tuleb jälgida, et nad ei asetseks riiulitele liialt lähedal.

Värvitud ning maalitud nahk ja pärgament on eriti tundlikud valguse toime suhtes. Intensiivse valguskiirguse tulemusena pleekuvad värvid väga kiiresti. Nahale sobiv valgustugevus 150 luksi ja värvitud nahale 50 luksi. Pikemaajalisel säilitamisel on nahka ja pärgamenti parem hoida pimedas.

Fotomaterjale säilitatakse pimedas. Fotodele lubatav valgustatus on 30...100 luksi. Värvusmaterjalid on tunduvalt valgustundlikumad kui mustvalged materjalid.

Saasteained

Nii saasteainete sisalduse mõõtmine arhiivihoidlate õhus kui veelgi enam selle kontrollimine on keerulised ettevõtmised.

Peamistele saasteainetele on kehtestatud piirnormid arhiivide, raamatukogude ja muuseumide õhus. Reeglina on arhiivimaterjalidele kehtestatud piirnormid rangemad kui inimesele kehtestatud normid. See on seotud gaasiliste saasteainete kahjustava toime kumulatiivsusega – ka väikeste koguste poolt esilekutsutud kahjustused

summeeruvad ajas ning kiirendavad lõpptulemusena oluliselt vananemisprotsesse.

Toome järgnevalt ära peamistele saasteainetele kehtestatud piirnormid arhiivide ja raamatukogude õhus:

SO_2 – 1...10 µg/m^3
NO_x – 5...10 µg/m^3
O_3 – 2...25 µg/m^3

7.1.2. Keskkonnatingimuste seire

Keskkonnatingimuste seire arhiivides tähendab järgmiste keskkonnatingimuste pidevat jälgimist:

- õhu temperatuur ja suhteline niiskus;
- gaasiliste saasteainete sisaldus õhus;
- õhu tolmusisaldus;
- mikroorganismide sisaldus õhus;
- ruumide valgustatus.

Keskkonnatingimuste monitooring annab ülevaate olemasolevatest tingimustest ning nende võimalikust toimest arhivaalidele. Andmed hoidlate olukorra ning seda mõjutavate tegurite kohta on aluseks keskkonnaseisundi parandamise planeerimisele.

Temperatuuri mõõtmine

Temperatuuri mõõdetakse termomeetritega. Nende töötamine põhineb tõsiasjal, et kehade ruumala, pikkus, elektrijuhtivus jt. omadused sõltuvad temperatuurist. Vastavalt sellele eristatakse vedelik-, bimetall- , takistus- jt. termomeetreid.

Vedeliktermomeetrid koosnevad vedelikust, reservuaarist, kapillaartorust ja skaalast. Vedelikuna kasutatakse elavhõbedat või piiritust. Temperatuuri tõustes vedelik paisub, temperatuuri näitab vedelikusamba kõrgus. Elavhõbedatermomeetrid on seejuures täpsemad kui alkoholitermomeetrid, nende täpsus on harilikult 0,1 °C.

Bimetalltermomeetrid koosnevad kahest erineva joonpaisumisteguriga spiraali keeratud metalliribast (invar ja teras). Temperatuuri muutumisel paisuvad materjalid erinevalt, mille tulemusena riba kõverdub. Sellise bimetallriba üks ots on kinnitatud liikumatult, teise vaba otsa küljes on aga mingi üleskirjutav mehhanism. Bimetalltermomeetrid on head harilike temperatuuride mõõtmiseks. Suured temperatuurikõikumised võivad põhjustada märgatavaid vigu.

Termograaf on seade õhutemperatuuri automaatseks registreerimiseks. Harilikult põhinevad need bimetalltermomeetril, millele on lisatud kellamehhanismiga pöörlema pandud silinder. Sellele on mähitud paberilint, millel on horisontaalsed jooned temperatuuri lugemiseks ja kaarjad püstkõverad aja määramiseks. Bimetallribakese üleskirjutusmehhanism kujutab endast sulge, mille ots libiseb mööda paberit, registreerides pidevalt temperatuuri. Kõverat termograafi lindil, mis näitab õhutemperatuuri käiku, nimetatakse termogrammiks.

Takistustermomeetrid põhinevad metallide elektritakistuse muutumisel sõltuvalt temperatuurist. Metallina kasutatakse harilikult plaatina.

Termistor e. **pooljuht-takistustermomeeter** on pooljuhtseadeldis, mis põhineb pooljuhi elektritakistuse sõltuvusel temperatuurist. Pooljuhi elektritakistus väheneb temperatuuri tõustes. Termistorid on väikeste mõõtmetega ja odavad, aga mitte eriti täpsed mõõteriistad.

Termopaar koosneb kahest erinevast metallist. Kui sellise ühendatud metallipaari erinevatel otstel on erinev temperatuur, tekib ahelas elektrivool. Kui ahela üks ots on fikseeritud temperatuuriga, saab ahela teise otsa temperatuuri teha kindlaks voolutugevuse mõõtmise teel. Termopaarid on väiksema täpsusega kui takistustermomeetrid, samal ajal on nad tunduvalt suurema mõõtmisalaga, väga väikese anduriga ning ei vaja täiendavat vooluallikat.

Keemilised termomeetrid põhinevad teatud keemiliste ühendite värvuse sõltuvusel temperatuurist. Sellised temperatuurimõõdikud on oma ebatäpsuse tõttu sobivad vaid temperatuuri väga ligikaudseks määramiseks.

Lugem termomeetrilt tuleks teha 0,5 °C, soovitavalt 0,1 °C täpsusega.

Õhuniiskuse mõõtmine

Õhuniiskust on võimalik mõõta mitmel viisil. Levinumad on psühromeetriline ja hügromeetriline meetod.

Psühromeeter koosneb kahest ühesuguse tundlikkusega termomeetrist. Üht neist nimetatakse kuivaks termomeetriks, mis näitab õhutemperatuuri, ning teist märjaks termomeetriks. Viimase reservuaari ümber on riidest sukk, mis ulatub destilleeritud veega täidetud klaasikesse. Sealt imbub vesi riide kapillaare mööda termomeetrile. Vee auramiseks märja termomeetri reservuaarilt kulub energiat, mis võetakse termomeetri soojavarudest. Seetõttu langeb märja termomeetri temperatuur võrreldes kuiva termomeetriga. Õhu niiskusesisaldus määrataksegi kuiva ja märja termomeetri näitude vahe (psühromeetriline diferents) järgi vastava diagrammi või tabeli abil.

Mida kuivem on psühromeetrit ümbritsev õhk, seda intensiivsem on auramine, seda rohkem jahtub termomeeter ning seda suurem on psühromeetriline diferents. Kui märja ja kuiva termomeetri näidud on identsed, siis ei aura vesi õhku ning suhteline õhuniiskus on järelikult 100%. Mida suurem on kahe termomeetri näitude vahe, seda madalam on suhteline õhuniiskus.

Psühromeetri termomeetrid on monteeritud käepidemega varustatud raami. Mõõtmisel keerutatakse psühromeetrit käepidemest kinni hoides õhus, nii et õhk liiguks ümber märja termomeetri suka.

Psühromeetreid on lihtne kasutada ning nad on usaldusväärsed, samuti ei vaja nad kalibreerimist. Valed tulemused on tingitud tavaliselt ebaõigest käsitsemisest. Harilik viga on liiga kõrge märja termomeetri näit, mis viib suhtelise õhuniiskuse ülehindamisele. Selle põhjusteks on kas mitteküllaldane keerutamine; liiga pikk paus enne märja termomeetri lugemi võtmist, sest termomeetri näit hakkab koheselt pärast keerutamise lõppu tõusma; käed on termomeetrile liiga lähedal; hingatakse termomeetrile peale või on märja termomeetri sukk määrdunud.

Aspireeritav e. **Assmani psühromeeter** on varustatud kellamehhanismi abil käivitatava ventilaatoriga, mis tagab konstantse ventilatsiooni.

Hügromeetrilise õhuniiskuse mõõtmise meetodi korral kasutatakse ära asjaolu, et teatud kehade pikkus, mass või elektritakistus muutuvad vastavalt keskkonnast imatud niiskuse hulgale.

Juushügromeetris kasutatakse ära inimese juuksekarva pikkuse muutumise sõltuvust õhu suhtelisest niiskusest. Mida suurem on suhteline niiskus, seda pikemaks venib juuksekarv. Suhtelise niiskuse kasvamisel 0...100%-ni pikeneb karvake 2,5% võrra. Kuna juushügromeetrid muutuvad kiiresti ebatäpseteks, on neid vaja sageli (kord kuus) kalibreerida.

Hügrograaf on seade õhuniiskuse pidevaks registreerimiseks, mille vastuvõtvaks osaks on kimp juukseid. Juuksekimbu pikkuse muutused antakse kangisüsteemi abil edasi registreerivale sulele, mis märgib niiskuse käigu kellamehhanismi abil pöörlevale trumlilindile. Lindil on rõhtsuunas ajajaotised, püstsuunas suhteline niiskus iga täisprotsendi tagant. Lindil olevat niiskuse kõverat nimetatakse hügrogrammiks.

Hügrotermograafid on isekirjutajad, mis registreerivad nii temperatuuri kui ka suhtelise õhuniiskuse muutused. Registreerimisajaks on harilikult kas 7 või 31 päeva. Hügrotermograafi tuleb kalibreerida soovitavalt igal nädalal või siis kord kuus. Regulaarselt kalibreerimata hügrotermograaf näitab 10...20% kõrgemat suhtelist õhuniiskust.

Piesoelektriline niiskusemõõtur põhineb kvartskristalli omavõnkesageduse sõltuvusel ümbritseva gaasi niiskusest. Kasutatakse väikese suhtelise õhuniiskuse (0,005...20%) mõõtmiseks.

Mahtuvusliku niiskusmõõturi tundlikuks elemendiks on õhuke polümeerikile, mille elektrimahutavus muutub sõltuvalt imatud veeauruhulgast. Niiskuse suurenemisel mahtuvus tõuseb.

Keemilised niiskusmõõturid kujutavad endast vastava värvainega (koobaltkloriid) immutatud paberiribasid, millede värvus sõltub õhuniiskusest. Keemilised niiskusmõõtjad on väga ebatäpsed ning sobivad vaid õhuniiskuse ligikaudseks hindamiseks.

Kasutatava niiskusmõõtja viga võiks olla 2...3%, mitte mingil juhul suurem kui 5%.

Tänapäeval on levinud portatiivsed digitaalse näiduga niiskus- ja temperatuurimõõturid. Need on hõlpsalt käsitsetavad ning lihtsad kalibreerida. Kalibreerimine on vajalik, sõltuvalt hügrotermomeetri tüübist, iga paari kuu kuni poole aasta tagant. Välja on töötatud ka statsionaarsetel anduritel põhinevad, arvuti poolt juhitavad temperatuuri ja niiskuse mõõtmise süsteemid.

Temperatuuri ja eriti õhuniiskuse mõõtmisel tuleb arvestada asjaolu, et mikrokliima võib oluliselt erineda ka ühe ruumi piires, sõltuvalt küttekehadest, akendest, õhu liikumisest jne. Samuti võib õhuniiskus olla kõrgem suletud kappides ning ümbristes.

Temperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse mõõtmine on iseenesest lihtne, saadud andmete analüüsimine aga märksa keerukam. Kõige lihtsamal kujul esitatakse mingi mõõteperioodi andmed graafiliselt ja leitakse maksimaalsed ja minimaalsed väärtused ning temperatuuri ja õhuniiskuse kõikumise ulatus. Tunduvalt keerulisem on hinnata temperatuuri ja õhuniiskuse koosmõju säilitatavate materjalide

elueale. Selleks on välja töötatud kaks spetsiaalset indeksit: säilitusindeks (PI), mis iseloomustab püsiva temperatuuri ja õhuniiskuse kombinatsiooni mõju arhivaalide keemilise lagunemise kiirusele, ning kaalutud säilitusindeks (TWPI), mis iseloomustab pidevalt muutuva temperatuuri ja õhuniiskuse kumulatiivset mõju materjalide keemilisele lagunemisele (Reilli, Nishimura, Zinn, 1995).

Valgustatuse mõõtmine

Valgustatust mõõdetakse luksmeetriga, mis koosneb pooljuhtfotoelemendist, selle fotovoolu mõõtvast luksides gradueeritud mikroampermeetrist ja fotoelemendi ette asetatavatest optilistest lisaosadest. Mõõtmisel tuleb luksmeeter asetada täpselt kohta, mille valgustatust me soovime teada, näiteks mingi objekti juurde temaga samale tasapinnale. Valgustatust mõõdetakse antud ruumi tüüpilistes ning kõige tugevamini valgustatud osades. Mõõtmistel kasutatava luksmeetri mõõtepiirkond peab olema vahemikus 50...2500 luksi. Ligikaudselt on valgustatust võimalik mõõta ka sisseehitatud valgusmõõdikuga varustatud fotoaparaadiga. Ultraviolettkiirgust mõõdetakse ultraviolettmeetritega (levinuim on Crawfordi monitor), mis mõõdavad ultraviolettkiirguse osa üldisest kiirgusest.

Otseselt valguse poolt tekitatud kahjustuste hindamiseks on väga sobivad nn. **sinise villa standardkaardid** (*Blue Wool Standard*). Kaart koosneb kaheksast siniseks värvitud villanäidisest, mis on erineva valgustundlikkusega. Esimene villaproov on valgusele kõige tundlikum ning kaheksas kõige vastupidavam. Teise proovi pleekumine võtab kaks korda nii palju aega kui esimese proovi pleekumine, kolmanda näidise pleekumine võtab jällegi kaks korda kauem aega kui teise näidise pleekumine jne. Valguse mõju hindamiseks kaetakse pool kaarti valgust mitteläbilaskva kattega ning asetatakse kaart uuritavasse ruumi. Iga paari nädala tagant võrreldakse valguse käes ning pimedas olnud näidiseid ja leitakse, kui palju aega kulub iga näidise pleekumiseks. Sinise villa kaardid iseloomustavad otseselt valguse kahjustavat (pleegitavat) toimet materjalidele.

Saasteainete kindlakstegemine

Saasteainete leidumist ning kontsentratsiooni õhus mõõdetakse mitmesuguste mõõteriistadega. Lihtsamateks on indikaatortorud ja kolorimeetrilised kaardid.

Indikaatortoru kujutab endast teatud sorbendiga täidetud klaastoru, läbi mille imatakse õhku. Vastavalt saasteaine kogusele õhus muutub sorbendi värvus. Indikaatortorud on olemas vääveldioksiidi, lämmastikdioksiidi, osooni, formaldehüüdi ning mitmesuguste orgaaniliste hapete mõõtmiseks.

Kolorimeetrilised kaardid põhinevad samuti vastava värvaine värvuse intensiivsuse sõltuvusel saasteaine kogusest õhus. Täpsemate tulemuste saamiseks kasutatakse spetsiaalseid kromatograafilisi meetodeid. Ligikaudeselt on võimalik õhu saastatust hinnata tuginedes välisõhu vastavatele näitajatele. Informatsiooni saamiseks tuleks pöörduda keskkonnakaitse laboritesse. Tartus olid 1995. aastal lämmastikdioksiidi kuu keskmised kontsentratsioonid 15...26 $\mu g/m^3$ ja vääveldioksiidi kuu keskmised kontsentratsioonid 15...46 $\mu g/m^3$ (Keskkond 1995, 1996, lk. 43).

7.1.3. Võimalused sobivate keskkonnatingimuste loomiseks

Keskküte ja ventilatsioon

Nagu me juba teame, mõjutab temperatuuri ja niiskusrežiim oluliselt arhivaalide vananemise kiirust. Igasugune säilitamine eeldab enneköike arhivaalidele sobivate keskkonnatingimuste loomist.

Temperatuuri ja niiskusrežiim hoonetes sõltub:

- paikkonna klimaatilistest tingimustest;
- hoone soojapidavusest;
- niiskusisolatsioonist;
- õhuvahetuse kiirusest;
- akende olemasolust;
- küttesüsteemist;
- õhukonditsioneerimissüsteemist.

Eestis valitsevate klimaatiliste tingimuste tõttu – niisked ja soojad suved ning külmad ja kuivad talved – on arhiivimaterjalidele sobiva hoiurežiimi tagamine ilma kütte- ja õhukonditsioneerimissüsteemideta praktiliselt võimatu. Talvel on reeglina vajalik hoone kütmine ning õhu niisutamine ning suvel õhust liigse niiskuse eemaldamine ja jahutamine. Hoonetesiseseks kliimakontrolliks on olemas väga erinevaid tehnilisi lahendusi, alates hoidlasse paigutatud lokaalsetest konditsionaatoritest ning lõpetades kogu hoonet hõlmava kütte- ja konditsioneerimissüsteemiga. Õhu täielik konditsioneerimine tähendab, et temperatuur ja õhuniiskus on reguleeritud ning tolm ja gaasilised saasteained eemaldatud. Õhu niiskusetaseme täieliku kontrolli tagab õhu konditsioneerimine.

Konditsioneerimine tähendab ruumi suunatava õhu töötlemist, et anda talle soovitud omadusi. Konditsionaatorid soojendavad ja jahutavad õhku, kuivatavad, niisutavad ning puhastavad seda tolmust. Õhku töödeldakse pindsoojusvahetites ja pihustuskambrites. Soojusvahetites saab õhku soojendada, jahutada ja kuivatada. Õhu kuivatamiseks tuleb jahutuspinna temperatuur alandada madalamaks kui seda on kastepunkti temperatuur – sellisel juhul kondenseerub veeaur õhust jahutuspinnale. Pihustuskambrites saab õhku niisutada või kuivatada ning kasutatava vee temperatuurist olenevalt ka soojendada või jahutada.

Eristatakse koht- ja tsentraalseid konditsionaatoreid. Esimesed võivad olla autonoomsed või mitteautonoomsed, nad paiknevad teenindatavas ruumis. Tsentraalsed konditsionaatorid teenindavad harilikult tervet hoonet ning paiknevad ruumidest, mille kliimat nad reguleerivad, eraldi. Arhiivides kasutamiseks sobivad tsentraalsed konditsionaatorid.

Ventilatsioon peab tagama õhu piisava tsirkulatsiooni hoidlas. Ventilatsiooni määr liikuvate, kompaktselt suletavate lükandriiulitega hoidlas peab olema suurem kui liikumatute riiulitega hoidlas. Viimasel juhul on normaalseks õhuringe määraks 0,5 korda tunnis (st. pool kogu hoidla õhumassist vahetub ühe tunniga), liikuvate riiulitega hoidlas peab õhuringe määr olema kaks korda tunnis. Põhjuseks on asjaolu, et liikuvad riiulid moodustavad suletult ühtse bloki, mille õhuvahetus ruumiga on takistatud. Piiratud õhuvahetuse tõttu jäävad materjalide vananemisel eralduvad laguproduktid riiulibloki sisse ning kiirendavad omakorda vananemist. Lisaks ventilatsioonimäära suurendamisele soovitatakse riiulite vahele jätta vähemalt 5 cm õhuvahe.

Lisaks konditsionaatoritele on olemas seadmed õhu niisutamiseks ja kuivatamiseks. Liiga kuiva õhu **niisutamiseks** on olemas kahte tüüpi aparaadid – pihustid ja aurustid. Pihustites puhutakse pihustatud väikesed veetilgad õhku, kus nad aurustuvad. Aurustites kas kuumutatakse vett keemiseni ning tekkinud aur juhitakse õhku või siis puhutakse ventilaatoriga õhku läbi märja ekraani, mis on valmistatud absorbeerivast kangast. Viimatinimetatud seadeldis reguleerib teatud määral ise õhu niiskusesisaldust – kui õhk on kuiv, aurub rohkem vett, ning kui õhk on niiske, on vastavalt ka aurumine väiksem. Niisutites tuleb alati kasutada kas destilleeritud või deioniseeritud vett, vastasel korral satuvad vees olevad mineraalained õhku ning sealt arhivaalidele.

Õhu niisutamine küttekehade lähedusse asetatud veenõude abil on väga ebaefektiivne – aurumine on liiga aeglane ja kontrollimatu.

Niiskuse eemaldamiseks õhust kasutatakse **kuivateid**. Veeauru hulka õhus vähendatakse kas õhu puhumisega läbi hästi vettimava aine (silikageel, liitiumkloriid) või õhu jahutamisega. Keemilisi niiskuse-eemaldajaid, peamiselt silikageeli, kasutatakse õhuniiskuse reguleerimiseks ka kinnistes vitriinides. Silikageel säilitab püsiva niiskusesisalduse (~50%) õhukindlalt suletud vitriinis pika aja vältel (kuni mitu aastat). Vitriini 1m^3 kohta võetakse tavaliselt 450...900 grammi silikageelipärleid.

Teatud määral on õhuniiskust võimalik reguleerida kütmisega. Kui suvel jaheda ja niiske ilmaga tõuseb õhuniiskus liiga kõrgeks, on seda võimalik korrigeerida vähese kütmisega. Kui talvel muutub õhk liiga kuivaks, aitab kütte vähendamine.

Gaasiliste ja tahkete saasteainete eemaldamiseks õhust kasutatakse mitmesuguseid **filtersüsteeme**. Keemilised filtrid, mis eemaldavad õhust gaasilisi saasteaineid, koosnevad mingi kemikaaliga immutatud aktiivsöest, süsinikkiududest või alumiiniumist. Sellised filtrid on väga efektiivsed vääveldioksiidi, osooni ja mitmesuguste süsivesinike eemaldamiseks, vähemefektiivsemad aga lämmastikoksiidide suhtes.

Tolmu eemaldamiseks juhitakse õhk läbi mehaaniliste filtrite, mis eraldavad tahked osakesed vastavalt filtri pooride läbimõõdule. Mida väiksema läbimõõduga on filtri poorid, st. mida väiksemate mõõtmetega osakesi filter õhust eemaldab, seda suurema õhutakistusega ta on ning seda rohkem energiat kulub õhuringluse tagamiseks.

Filtrid, nii keemilised kui mehaanilised, nõuvad regulaarset ümbervahetamist.

Õhu filtreerimine peaks hoidlates olema selline, et üle 95% tahketest osakestest eraldatakse. Kasutusruumides, st. seal, kus liiguvad lugejad, peaks filtreerimise tase olema vahemikus 60...80%.

Selleks, et saasteained kahjustaksid arhivaale võimalikult vähe, on oluline silmas pidada järgmiseid asjaolusid:

- ventilatsioonisüsteemi õhu sissevõtuavad ei tohi asetseda suurte saasteallikate vahetus läheduses;
- aknad, kui nad on olemas, peavad olema õhukindlalt suletud;
- dokumendid peavad asuma tihedalt suletavates ning arhiivisäilitusmaterjalidest ümbristes;
- püüda maksimaalselt vähendada hoonetesiseste saasteallikate hulka (sigaretisuits, osooni eraldavad paljundusmasinad, kahjulikke gaase eraldavad mööbel ja vaipkatted jne.).

Valgustus

Valgusallikatena on võimalik kasutada looduslikku päikesevalgust ning kunstlikku valgustust. Hoidlates ja näituseruumides tuleks otsest päikesevalgust igati vältida. Tavaline aknaklaas ei lase läbi kiirgust, mille lainepikkus on alla 330 nm. Seejuures paberit tugevasti kahjustav valguskiirgus lainepikkuste vahemikus 330...400 nm pääseb harilikust aknaklaasist vabalt läbi. Akendel tuleb kasutada spetsiaalseid filteraknaklaase, mattklaase või aknaeesriideid, ruloosid jne. Ultraviolettkiirguse filtrid on valmistatud sellistest materjalidest, mis lasevad läbi nähtavat valgust, kuid on läbipaistmatud ultraviolettkiirguse suhtes. Ideaalne filter ei lase läbi kiirgust lainepikkustel alla 400 nm. Tuleb aga meeles pidada, et mitte ükski filter ei kaitse sajaprotsendiliselt valguskahjustuste eest. Kunstlikuks valgustuseks võib kasutada hõõg-, luminestsents- ning lahenduslampe.

Hõõglampides juhitakse elektrivool läbi vastavast metallist niidi, mis kuumeneb kuni 2700 °C ning kiirgab valgust. Hõõglampide kiirgusest moodustab suure osa soojuskiirgus. 100-vatise lambi korral muutub soojuseks ligikaudu 94% energiast.

Luminestsents- e. **fluorestsentslambid** on täidetud elavhõbedaaurudega, mis kiirgavad elektrivoolu läbiminekul ultraviolettkiirgust. Lambi klaastoru on seespoolt kaetud keemilise ühendiga, mis hakkab ultraviolettkiirguse toimel helendama (luminofoor) ning kiirgab silmale nähtavat valgust.

Lahenduslambid sarnanevad oma ehituspõhimõttelt luminestsentslampidele. Arhiivides kasutamiseks on sobivad naatriumiaure sisaldavad kõrgrõhulambid, millede kiirgus sisaldab vähe ultravioletset komponenti.

Tavalise hõõglambi kiirgus sisaldab küllaltki vähe ultraviolettkiirgust. Seevastu halogeen- ja luminestsentslampide kiirgus sisaldab palju ultravioletset komponenti. Siit on selge, et hoidlaruumides ei ole viimatinimetatud valgusallikad kasutuskõlblikud, või kui, siis ainult koos spetsiaalsete filtritega.

Kokkuvõte

Hoiustamine tähendab arhivaalidele võimalikult sobivate säilitustingimuste loomist. Erinevad materjalid nõuavad säilitamiseks erinevaid keskkonnatingimusi. Sobivate keskkonnatingimuste loomisega on võimalik olulisèlt vähendada materjalide vananemise kiirust ning pikendada sellega arhivaalide „eluiga". Säilitamise seisukohalt on olulised järgmised keskkonnategurid – õhu temperatuur ja suhteline niiskus, gaasilised ja tahked saasteained õhus ning valgustustingimused. Hoiurežiimi kehtestamine eeldab keskkonnatingimuste pidevat seiret arhiivis ning vastavate tehniliste seadmete olemasolu (keskküte, õhu konditsionaatorid jm.).

7.2. ARHIVAALIDE PAIGUTUS

Arhivaalide paigutamiseks hoidlates kasutatakse erinevat tüüpi riiuleid, kappe ja muud mööblit.

Kaugeltki mitte igasugune mööbel ei sobi arhiivi või raamatukokku. Tõsiseks probleemiks on sisustuse valmistamiseks kasutatud materjalidest eralduda võivad keemilised ühendid. Väga paljud materjalid eraldavad seismisel lühema või pikema ajavahemiku vältel mitmesuguseid laguprodukte, mis võivad arhivaale kahjulikult mõjutada. Puit, mis on olnud pikka aega küllaltki populaarne materjal riiulite, kappide ja muu arhiivides kasutatava mööbli valmistamiseks, on tegelikult selleks täiesti sobimatu. Puidust eraldub küllaltki suurtes kogustes arhivaale kahjustavaid ühendeid (peroksiidid, vaigud, happelised laguproduktid jne.). Isegi küllaltki vana puitmööbel eraldab kahjulikke ühendeid täiesti mõõdetavates kogustes. Eriti ohtlik on selles suhtes tammepuidust mööbel. Juhul, kui puitmööblit siiski kasutatakse, tuleb see katta keemiliste ühendite emissiooni takistamiseks vastava kattekihiga. Selleks sobivad polüuretaanid ja akrüüllateksid, paks polüesterkile, puhverdatud papp või spetsiaalsed komposiitmaterjalid („Marvelseal"). Tuleb aga kindlasti arvestada, et mitte ükski kattekiht ei takista täielikult kahjulike ühendite lendumist. Seega ei soovitata arhiivisäilituseks ettenähtud mööblit valmistada puidust.

Metallist mööbli korral tuleb tähelepanu pöörata kattele. Kõige sobivamad on anodeeritud alumiiniumist või pulberkattega kaetud mööbel. Sobimatu või ebakvaliteetse kattega metallmööbel võib hakata korrodeeruma, eriti ebasobivates keskkonnatingimustes (kõrge temperatuur ja õhuniiskus, saasteained). Emailkatetest, eriti kui neid ei ole valmistamisel piisavalt kuumutatud, võivad eralduda formaldehüüd ja teised kahjulikud ühendid.

Arhivaalidele kahjulikult toimivaid keemilisi ühendeid võib eralduda ka kasutatud ehitus- ja viimistlusmaterjalidest. Eriti ohtlikud on selles suhtes erinevad puidust valmistatud materjalid (vineer, puitplaadid).

Köidetud dokumendid, raamatud

Raamatute ja teiste köidetud dokumentide paigutamisel tuleb neile leida õige asend, lähtudes formaadist, paksusest, köite teostusest ja kujundusest.

Oluline on tagada õhu pidev ringlus arhivaalide ümber. Riiuleid ja kappe ei tohi kunagi asetada otseselt vastu seina (vahe peab olema vähemalt 5...10 cm), et nende taha ei moodustuks seisva ja niiske õhuga alasid. Suletavaid kappe tuleb aeg-ajalt õhutada ning kontrollida, kas suhteline õhuniiskus püsib ikka normi piirides.

Võimaliku veekahjustuste ohu tõttu peaks alumine riiul asetsema põrandapinnast vähemalt 10...15 cm kõrgusel. Riiulid peaksid pealt olema kaetud, vältimaks tolmu kogunemist ning ülaltvalgustuse kahjulikku mõju.

Raamatud hoiustatakse üldreeglina vertikaalselt, seejuures on oluline jälgida, et nad oleksid sirgelt, mitte kaldu, kuna viimasel juhul köide deformeerub. Riiul peaks võimaluse korral olema täis, et raamatud ei vajuks viltu. Samas ei tohi raamatud asetseda liiga tihedalt. Kui riiul ei ole piisavalt täis, tuleb raamatute viltuvajumise takistamiseks

kasutada raamatutugesid. Raamatute ja riiuli ülemise ääre vahel peaks olema 2...5 cm õhuvahe. Mitte mingil juhul ei tohi raamatud ulatuda riiulist välja.

Suureformaadilisi raamatuid ei ole õige hoida kõrvuti väikeseformaadilistega, kuna viimased ei paku piisavat tuge. Võimaluse korral tuleks raamatud paigutada formaadist lähtuvalt.

Paber- ja tekstiilköiteid ei tohi hoida otseses kontaktis nahkköidetega. Nahast migreeruvad happelise ühendid ja õlid kiirendavad oluliselt paberi ja tekstiili vananemist. Nahast ja pärgamendist köidetega arhivaale tuleb võimaluse korral alati säilitada papist karpides ja ümbristes. Kui on oluline, et köiteselg oleks nähtaval, kasutatakse raamatujalast, mis jätab selja katmata, või pannakse raamatule ümber polüesterkile. Pärgamentköiteid tuleb igal juhul säilitada ainult karpides, kuna karp takistab temperatuuri ja õhuniiskuse muutustest esilekutsutud kaante deformatsioone. Nahkköidete korral on soovitav asetada puhverdatud paberist vaheleht kaane ja sisuploki vahele, et takistada kahjulike ühendite liikumist nahast tekstiplokki.

Suureformaadilisi, raskeid ning kahjustatud sisuplokikinnituse ja köitega raamatuid hoiustatakse horisontaalselt. Loomulikult peab riiul olema sellisel juhul nii suur, et raamat mahuks sinna tervenisti peale. Vajadusel võib raamatud asetada üksteise peale. Pealmised raamatud peavad olema väiksema formaadiga ning neid ei tohiks mingil juhul olla üle kolme. Ideaalsel juhul peaksid kõik horisontaalselt hoiustatud raamatud olema sobivates ümbristes.

Kindlasti nõuavad ümbriseid:

- väärtuslikud ning samal ajal kahjustatud köidetega raamatud;
- kahjustatud raamatud, mis ei ole nii väärtuslikud, et neid peaks tingimata restaureerima ning mida ei kasutata sageli;
- kahjustatud raamatud, millede töötlemine rikuks nende väärtust või iseloomu;
- õhukesed ning väikesemõõtmelised raamatud;
- pärgamentköites raamatud.

Pärgamentköidete korral on karbistamine otsustava tähtsusega. Pärgament reageerib kekkonnatingimuste (õhuniiskus ja temperatuur) muutumisele paisumise või kokkutõmbumisega ning see põhjustab omakorda kaante deformeerumist. Karp „pehmendab" keskkonnatingimuste otsest toimet köitele ning, ümbritsedes tihedalt köidet, vähendab deformatsioonide ulatust.

Kasutatavad karbid peavad täpselt vastama raamatu mõõtmetele. Papist valmistatud karpide kõrval leiavad kasutamist ka läbipaistvast polüesterkilest ümbrised. Kilest ümbrised:

- kaitsevad köidet tolmu ja kulumise eest;
- lagunevate nahkköidete korral väldivad nahapulbri lendumist;
- jätavad köite hästi vaadeldavaks;
- võimaldavad kleepida kohaviitasid.

Kilekaani võib kasutada ainult siis, kui temperatuuri- ja niiskusrežiim hoidlas vastab normidele.

Kahjustatud ning lagunenud raamatuid ei tohi kokku siduda nööri või kummipaelaga. Sellised raamatud tuleb asetada karpi, pakkida paberisse (juhul, kui neid kasutatakse äärmiselt harva) või siduda kokku puuvillase-, linase- või polüesterpaelaga.

Raamatute ja teiste köidetud dokumentide vahelt tuleb eemaldada kõik dokumente kahjustada võivad objektid – järjehoidjad, paberilehed (eriti ohtlik on halvakvaliteediline ajalehepaber!), kuivatatud taimeosad jne. Kõik sellised objektid, mis moodustavad dokumendiga ühtse terviku (näiteks lilled salmiku vahel) või sisaldavad muidu olulist informatsiooni, säilitatakse eraldi ümbristes.

Kohaviidad, dokumentide märgistamine

Väärtuslikele raamatutele ei kirjutata kohaviitasid peale ega kleebita neile ka sedeleid. Ideaalsel juhul asuvad sellised raamatud karpides ning kohaviit kinnitatakse karbile. Karbistamata raamatute korral trükitakse kohaviit arhiivikvaliteediga paksemast paberist lipikule (umbes 5 cm lai ja 5...8 cm raamatust pikem), mis pannakse raamatu vahele. Kui raamatule või mõnele muule dokumendile kleebitakse kohaviit, peab see olema arhiivisäilituspaberist ning liimitud stabiilse pöörduva liimainega, eelistatult nisu- või riisitärklisest valmistatud kliistriga või metüültselluloosiga. Igasugused kleebised on arhiivsäilitusdokumentide juures täiesti lubamatud. Reeglina ei ole kleebiste valmistamiseks kasutatud materjalid piisavalt püsivad – liimained kuivavad või immitsevad välja, kleebised kukuvad ära, jättes järele liimise jälje jne.

Dokumentide märgistamine tähendab neile teatud omandimärkide kandmist, et näidata nende kuuluvust. Tavaliselt märgistatakse dokumente templi või sissekirjutusega. Dokumentide märgistamise üldised nõuded on järgmised:

- kasutatavad materjalid peavad olema võimalikult püsivad;
- märgistus peab olema hõlpsasti nähtav, mitte salajane (see ei kehti turvaribade kohta);
- märgistus peab olema võimalikult eemal tekstist ja kujutisest, ta ei tohi lehel domineerida;
- märgistus peaks asuma lehe versopoolel, nii all ääres kui võimalik, alal, kus mõlemad lehepooled on vabad.

Käsikirjadel ja inkunaablitel kantakse märgistus esimese lehe versoküljele siseservale viimase tekstirea kõrgusele. Kui köide koosneb erinevatest iseseisvatest osadest, märgistatakse kõik osad. Üksikute lehtede korral kantakse märgistus võimalikult lehe allserva, verso või recto, sõltuvalt dokumendi iseloomust.

Köitmata paberdokumendid

Hoiustamiseks tuleb dokumendid üldiselt lahti voltida; kui tekib oht, et see võib dokumente kahjustada, tuleb pöörduda konservaatori poole. Kõikvõimalikud kinnitused, kirjaklambrid, haagid jne. eemaldatakse. Dokumendid paigutatakse arhiivikvaliteediga materjalist valmistatud dokumendikaustade vahele. Üldreeglina hoitakse koos ühesuurusi ning samalaadilisi dokumente. Kausta vahel asetsevate dokumentide arv sõltub nende iseloomust ja seisundist. Mida väärtuslikumad ning mida kahjustatumad on dokumendid, seda vähem pannakse neid ühte kausta. Ideaalne on olukord, kui ühes kaustas ei ole üle 10...15 lehe. Dokumentide kooshoidmisel tuleb kindlasti arvestada asjaolu, et halvakvaliteedilistest paberitest migreeruvad mitmesugused paberit kahjustavad keemilised ühendid kõrvalasetsevatesse dokumentidesse. Seega on soovitav kahjustatud või halvakvaliteedilist paberit hoida eraldi kahjustamata dokumentidest, et takistada viimaste seisukorra halvenemist. Kuna paberi laguproduktid kiirendavad vananemisprotsesse, on keemiliselt väga ebastabiilsete materjalide hoidmine tihedalt suletud ümbristes mittesoovitav,

kuna see viib nende kiiremale vananemisele. Kahjustatud dokumendid pannakse kokkumurtud paberist lehtede vahele. Selliseid kokkumurtud paberilehti kasutatakse ka dokumentide grupeerimiseks. Dokumente on võimalik hoida ka paberist ümbrikes või plastikümbristes.

Dokumendikaustu hoitakse arhiivikvaliteediga materjalist karpides ning neid riiulitel või kappides. Kõik ühes karbis asuvad kaustad peavad olema ühesuurused ning vastama karbi mõõtmetele. Karbid hoitakse horisontaalselt või püsti. Eelistatud on esimene võimalus, kuna suurem toetuspind väldib dokumentide servade kahjustumist. Vertikaalne hoid sobib rohkem ühesuuruste dokumentide jaoks. Horisontaalne paigutus on aga parem erinevates mõõtudes ja erineva massiga dokumentide korral. Kui karp ei ole piisavalt täis, tuleb kindlasti kasutada nn. tihendajat.

Karpide asemel võib kasutada ka spetsiaalseid kappe. Sageli on need varustatud rippuvate hoidjatega. Vertikaalsed säilitussüsteemid üldjuhul arhiivisäilituseks ei sobi.

Ajalehed

Valdav enamik pärast 1840. aastaid valmistatud ajalehti on trükitud puitmassi sisaldavale paberile, mille pikemaajaline säilitamine on väga küsitav. Käesoleval ajal loetakse kõige paremaks ajalehtede ja eriti ajaleheväljalõigete säilitamisviisiks nendest mikrofilmi või kserokoopiate valmistamist. Eelistada tuleks loomulikult mikrofilmi. Kserokoopiate valmistamiseks tuleb kindlasti kasutada arhiivisäilituspaberit. Need väljalõiked, mida soovitakse säilitada, tuleb neutraliseerida ning seejärel asetada eraldi kaante vahele või polüesterkilest ümbristesse.

Ajalehti ja ajakirju tuleb hoida horisontaalselt tugevates karpides. Heas seisukorras olevad ajalehed ja ajakirjad võib panna otse karpidesse, kahjustatud peavad aga tingimata olema kaante vahel.

Efemeersed dokumendid

Sageli leidub arhiivides erinevaid efemeerseid dokumente – väljalõigete albumeid, pisitrükiseid, kaarte jne. Selliste dokumentide säilitamine on küllaltki keeruline, kuna nad koosnevad erinevatest materjalidest ning on väga varieeruva suurusega. Samuti võivad nad olla ruumilised (pabernukud, osa kaartidest) või liikuvate osadega. Selliseid esemeid tuleks hoida teistest dokumentidest eraldi vastava suurusega karpides ja ümbristes.

Suuremõõtmelised dokumendid

Suuremõõtmeliste dokumentide hulka kuuluvad kaardid, mitmesugused joonised, plakatid, diasograafiad, seinalehed, skeemid jne. Suuresti tänu oma mõõtmetele on sellised dokumendid sageli oluliste kahjustustega ning neid on ka keerulisem hoiustada.

Suuremõõtmelisi dokumente on kõige parem säilitada ümbristes horisontaalselt vastavates kappides või riiulitel. Riiulitel hoidmise korral peavad mapid asuma karbis. Kapi sahtlite sügavus ei tohiks olla üle 5 cm ning neid ei tohiks kunagi ääretasa täis panna. Kui dokumendid ei ole väga suured, võib neid hoida arhiivikvaliteediga papist tehtud karpides.

Kapis või karpides hoitavad dokumendid peavad olema kas kaustades, mappides, kileümbristes või siis paspartuudes, viimast võimalust kasutatakse eelkõige kunstiteoste korral. Mapp peab olema sellest

dokumendist, mille hoidmiseks ta on ette nähtud, natuke suurem. Mapi mõõtmed peavad vastama riiuli või karbi mõõtmetele. Kõige parem on, kui mapis hoitakse ainult üht dokumenti. Mitme dokumendi korral tuleb nende vahele asetada säilituspaberist vaheleht. Mapi peal peab kindlasti olema kirjas mapi sisu.

Diasograafiliselt paljundatud jooniseid (sinitrükk) ei tohi hoida otseses kontaktis puhverdatud abimaterjalidega, kuna aluste toimel värvid kas tuhmuvad või muutuvad pruuniks. Diasograafiate säilitamisel tuleb kasutada ligniinivabasid, neutraalse reaktsiooniga materjale.

Polüesterkilest ümbrised on sobivad mehaanilist tuge vajavatele ning sageli kasutatavatele dokumentidele. Dokument pannakse kahe kile vahele ning servad suletakse kas keevituse või kahepoolse kleeplindiga. Ümbristamist ei tohi kasutada happelise paberiga dokumentide ning mitmete kunstiteoste korral. Sünteetilised materjalid omavad alati teatud staatilist pinnalaengut, mille tõttu võivad kahjustuda kilega kokkupuutuvad ning paberile mitte väga tugevasti kinnitunud värvained (pastellid, süsi, pehme pliiats, guašš).

Suuremõõtmelisi dokumente võib säilitada ka rulli keeratult. Mitte mingil juhul ei tohi rullis säilitada kahjustatud, hapraid ja murduva paberiga dokumente. Rullis säilitamine on sobiv väga suurte ning harva kasutatavate dokumentide korral. Dokumendid rullitakse papist torule, mis on vähemalt 8...10 cm läbimõõduga (suurem läbimõõt on eelistatum) ning 4...5 cm pikem kui tema ümber keeratav dokument. Juhul, kui rull ei ole valmistatud arhiivisäilituspapist, tuleb see kindlasti katta neutraalse või puhverdatud paberi või polüesterkilega. Samuti võib dokumendid asetada polüesterkilest lehtede vahele. Dokument rullitakse torule kujutisega sissepoole. Samade mõõtmetega ning samast materjalist dokumente võib ühele rullile panna 4...6 tükki. Üksikud dokumendid tuleb üksteisest kindlasti eraldada vahelehtedega. Rull kaetakse pealt säilituspaberi või polüesterkilega ning seotakse kinni linase, puuvillase või polüesterkilest paelaga. Rulli keeratud dokumente võib täiendava kaitse tagamiseks hoida omakorda suuremas karbis või torus. Rulle tuleb kindlasti säilitada horisontaalselt.

Suuremõõtmeliste dokumentidega töötamiseks on vajalik piisava suuruse ning sobiva mööbliga ruumi olemasolu.

Fotomaterjalid

Fotod on väga kergesti kahjustuvad dokumendid. Sageli on kahjustused tingitud nende valmistamiseks kasutatud materjalide omadustest, näiteks võib tuua nitrotselluloosist ja tselluloosatsetaadist negatiivid, värvilised slaidid ning värvifotod. Samuti on fotod väga tundlikud erinevate keskkonnatingimuste ning käsitsemise suhtes.

Enne säilitamisele asumist on vajalik fotokogu hinnata. Hindamisel võiks püüda leida vastuseid järgmistele küsimustele:

- kas fotod on unikaalsed;
- kas on olemas negatiivid, milledest saab teha koopiaid;
- kas fotodel on kunstiline või ajalooline väärtus.

Seejärel tuleks teha nimestik dokumentide tüüpidest, suurustest ning hulgast, et oleks võimalik valida hoiustamiseks vajaminevaid materjale ning nende kogust. Hinnata tuleb kogu võimalikku kasutatavust: kes ja kui sageli hakkab fotosid kasutama. On arusaadav, et suure kasutatavusega kogud nõuavad erilist kaitset.

Kogu ettevalmistamisel tuleb jälgida järgmiseid juhiseid:

- fotosid ja negatiive ei tohi kunagi puudutada paljaste kätega, kuna kätelt satub tolm, mustus ja rasvad fotodele ning kahjustavad neid pöördumatult (fotomaterjalide käsitlemisel tuleb alati kanda puuvillaseid kindad);
- fotod ja negatiivid tuleb eemaldada ümbristest, millede kvaliteet ei vasta arhiivisäilitusstandardile; kogu teave vanadelt ümbristelt tuleb säilitada;
- kõikvõimalikud lisandid (kirjaklambrid, kummid, märkmelehed jne.) tuleb eemaldada (kui neid on vajalik säilitada, tuleb neid hoida eraldi ümbristes);
- tugevasti kahjustatud dokumendid tuleb panna eraldi ümbristesse;
- kui on võimalik, tuleb püüda igasugune vajalik info kanda ümbristele, mitte fotodele (märgistamiseks kasutada pliiatsit, Pigma pliiatsit või tušši ning filmide markeerimiseks ettenähtud pliiatsit, vilt- ja pastapliiatseid ei tohi kasutada, kuna tint võib fotost läbi tungida ning tekitada kujutisepoolele plekke).

Fotokogu säilimise tagab suures osas õigete ümbriste kasutamine. Ümbrised kaitsevad fotosid valguse, tolmu, saasteainete, temperatuuri ja õhuniiskuse järskude muutuste ning kasutamisest tingitud mehaaniliste kahjustuste eest. Fotomaterjalide hoiustamiseks kasutatavad ümbrised valmistatakse paberist või plastikust.

Millistele nõuetele peavad vastama ümbriste valmistamiseks kasutatavad materjalid?

Puhverdatud materjale

- EI SOOVITATA kasutada värvifotomaterjalide, diasograafiate ning albumiinfotode hoiustamisel;
- PEAB KASUTAMA tselluloostriatsetaadist ning nitrotselluloosist filmide, hapra alusmaterjaliga fotode ning happelisele alusele dubleeritud fotode säilitamiseks.

Mustvalgete fotomaterjalide säilitamisel on samuti soovitav kasutada puhverdatud materjale. Igasuguse kahtluse korral on soovitav kasutada neutraalset paberit. Hoiduda tuleb värvilistest materjalidest. Kasutatavad materjalid peavad olema läbi teinud vastava testi – PAT (*Photographic Activity Test*).

Plastmassidest sobivad ümbriste materjalideks polüester, polüpropüleen ja polüetüleen. Kasutatavad materjalid ei tohi mitte mingil juhul sisaldada kloriide ega teisi oksüdeerivaid ühendeid.

Paberist ümbriste eelised ja puudused on järgmised:

- paberümbrised on läbipaistmatud – see kaitseb fotosid valguse kahjustava toime eest, aga foto tuleb vaatamiseks ümbrisest välja võtta, mis võib põhjustada mehaanilisi kahjustusi;
- paber on poorne, kaitstes sellega fotosid niiskuse ja kahjulike gaaside kogunemise eest, mis on eriti oluline nitrotselluloosnegatiivide ja varaste tselluloostriatsetaatnegatiivide korral, mille alusmaterjal eraldab lagunedes kujutist kahjustavaid gaase;
- paberümbrised on plastikümbristest odavamad ning neile on võimalik kirjutada.

Plastikust ümbriste eelised ja puudused on järgmised:

- kujutist on võimalik vaadelda ilma fotot ümbrisest välja võtmata, mis vähendab tunduvalt kasutamisest tingitud mehaaniliste kahjustuste hulka;
- plastikümbrised kahjustavad mehaaniliselt fotode pinda ümbrisesse asetamisel ning väljavõtmisel;
- plastikümbrised kaitsevad fotosid keskkonnategurite (õhuniiskus ja saasteained) kahjuliku toime eest;
- kõrge õhuniiskusega hoiuruumides hoidmisel koguneb niiskus ümbrisesse, mis võib viia fotode kahjustumisele (fotod kleepuvad kile külge);
- plastikümbristele on raske kirjutada;
- plastikümbrised on õhukesed ning ei toeta piisavalt fotosid.

Fotod peavad asuma igaüks eraldi ümbrises. Kui fotod ei ole individuaalsetes ümbristes, tuleb nad üksteisest eraldada paberist vahelehtede abil. Ümbristes (kaustad, ümbrikud, plastiktaskud jne.) fotosid hoitakse horisontaalselt vastava suurusega kaante vahel või karpides.

Soovitav on jälgida, et ühes karbis oleksid ühesuguste mõõtmetega fotod. Olenemata fotode suurusest peavad kõik ümbrised karbis olema ühesuurused. Karpe tuleb hoida metallist riiulitel või kappides.

Fotode horisontaalne paigutamine on parem kui vertikaalne, kuna tagab fotole suurema toetuspinna ning väldib sellega mehaanilisi deformatsioone. Vertikaalne hoiustamine teeb muidugi lihtsamaks kogu kasutamise.

Happelisele alusele dubleeritud fotode korral pannakse foto taha puhverdatud paberist või papist leht, natuke suurem kui foto ise, ning seejärel asetatakse foto ümbrisesse.

Raamides ning paspartuudes fotosid hoitakse horisontaalselt tugevamates karpides.

Keemilise ebastabiilsuse tõttu tuleb nitrotselluloosist ja tselluloosatsetaadist **negatiivid** hoida puhverdatud paberist ümbristes. Plastikümbrised takistavad lagunemisproduktide eemaldumist, mis kiirendab oluliselt lagunemisprotsesse. Kui sellistel negatiividel on märgata lagunemisjälgi, tuleb nad koheselt kopeerida polüesterfilmile. Filme säilitatakse ribadena, mitte mingil juhul rullis või ühe kaadri kaupa lahti lõigatult.

Ümbristes negatiive hoitakse karpides, albumites või kiirköitjate vahel.

Klaasnegatiive hoitakse volditavate paberümbrike vahel. Klaasnegatiivid tuleb kindlasti paigutada vertikaalselt, kuna horisontaalsel hoidmisel võivad alumised ülemiste raskuse all puruneda. Ümbristes negatiivid laotakse karpi, kusjuures iga 5...10 plaadi järel pannakse jäigast neutraalsest papist vaheleht.

Ümbrised

Ümbrised:

- kaitsevad arhivaale edasise füüsilise kahjustumise eest;
- kaitsevad osaliselt või täielikult mitmesuguste keskkonnategurite kahjuliku toime eest;
- takistavad happeliste laguproduktide migreerumist.

Arhivaalide hoiustamisel kasutatavad mitmesugused abimaterjalid (paber, papp, plastmassid, liimained) peavad vastama arhiivisäilitusstandarditele.

Kuigi erinevate materjalide korral on nõutavad omadused erinevad, võib välja tuua järgmised ühised tingimused. Arhiivides kasutatavad abimaterjalid peavad olema võimalikult vastupidavad vananemisele, nad ei tohi eraldada keemilisi laguprodukte ning peavad vähendama kahjulike tegurite toimet arhivaalidele. Happelisest ja halvakvaliteedilisest paberist või papist ümbristes toimub alati arhivaalide kiirendatud vananemine. Pabermaterjalide korral sageli tarvitatav termin „happevaba" on eksitav, kuna paberi kvaliteet ja vastupidavus vananemisele sõltuvad pH kõrval veel tervest reast omadustest (vt. eriosa 15). Kasutatavad pabermaterjalid ei tohi sisaldada ligniini (ligniinisisaldus alla 0,2%), puidumassi ja kampolliimistust, nende reaktsioon peab olema neutraalne või aluseline (pH 7,0...8,5) ning nad peavad olema puhverdatud kaltsiumkarbonaadiga (aluselisuse reserv 2...3%).

Teatud tüüpi dokumendid ei tohi säilitamisel puutuda kokku aluseliste abimaterjalidega, nende säilitamisel ei tohi kasutada puhverdatud materjale (pH üle 7). Selliste dokumentide hulka kuuluvad diasograafia teel paljundatud dokumendid, osa fotomaterjalidest, teatud aluselist keskkonda mittetaluvaid värvaineid (vesivärvid, Jaapani ksülograafiad) ning villa või siidi sisaldavad dokumendid. Nende hoiustamisel kasutatavad abimaterjalid peavad olema neutraalse reaktsiooniga (pH 7,0) ning ei tohi sisaldada ligniini ja oksüdeerivaid ühendeid.

ERIOSA 15. Milliste omadustega peavad olema arhiivides kasutatavad pabermaterjalid – Inglismaa näide

Kõik arhiivides ja raamatukogudes kasutatavad pabermaterjalid peavad vastama järgmistele nõuetele:

- *kiuline koostis: puhastatud keemiline tselluloos;*
- *reaktsioon (pH) 7,0...8,5;*
- *valgusekindlus 5 (sinise villa standard);*
- *liimistus neutraalne;*
- *puhver: 3% kaltsiumkarbonaati;*
- *optilised valgendajad puuduvad;*
- *redutseeritav väävel: mitte rohkem kui 0,8 ppm (parts per million – näitab, mitu osa ainet on miljonis osas lahuses);*
- *liimaine: neutraalne liim.*

Väga väärtuslike dokumentide pikaajaliseks säilitamiseks mõeldud materjalid peavad vastama järgmistele nõuetele:

- *kiuline koostis: puuvillakiud (100%);*
- *reaktsioon (pH) 7,0...8,5;*
- *valgusekindlus 5 (sinise villa standard);*
- *liimistus: tärklis;*
- *puhver: kaltsiumkarbonaat;*
- *optilised valgendajad puuduvad;*
- *redutseeritav väävel: mitte rohkem kui 0,8 ppm;*
- *liimaine: polümeerne neutraalne liim.*

Preservation Policies: Boxing
The National Preservation Office
The British Library

Tänapäeval leiavad üha enam kasutamist mitmesugused kilest läbipaistvad ümbrised. Dokument asetatakse kilede vahele ning servad suletakse kas kuumutamisega või kleeplindiga. Erinevus kilestamisest ja lamineerimisest seisneb selles, et dokument ei ole otseselt kile küljes kinni. Kile tagab mehaanilise kaitse, stabiliseerib keskkonnamuutusi, takistab niiskumist ning kahjulike gaaside tungimist dokumendini. Samal ajal jääb dokument hästi vaadeldavaks, ilma et teda tuleks ümbrisest välja võtta. Ettevaatlik tuleb olla keemiliselt ebastabiilse ning happelise paberiga, mis reeglina vananeb kileümbristes tunduvalt kiiremini. Põhjuseks on asjaolu, et vananemist kiirendavad laguproduktid ei eemaldu piiratud õhuvahetuse tõttu. Ebapüsival paberil dokumendid tuleb enne kileümbrisesse asetamist neutraliseerida või asetada puhverdatud paberist alusele. Õhuvahetuse parandamiseks võib jätta kileümbrise osaliselt avatuks. Ei tohi unustada, et polüesterkile ei kaitse dokumente valguse eest.

Plastmassidest sobivad arhivaalide säilitamiseks polüetüleen, polüpropüleen ja polüester. Kasutatavad plastikud ei tohi seejuures mitte mingil juhul sisaldada plastifikaatoreid, värvaineid ega ka muid lisandeid. Kõige paremate omadustega on polüester (kaubanduslike nimetustega *Mylar D* ja *Melinex 516*), ta on küllalt pikaajalise stabiilsusega ning hea läbipaistvusega.

Kokkuvõte

Keskkonnatingimuste kõrval mõjutab arhivaalide säilimist nende hoiuviis. Arhivaalid tuleb hoiustada vastavalt nende materjalile, teostusele, suurusele jne. Väga oluline on jälgida, et arhivaalide hoiustamisel kasutatavad abimaterjalid oleksid vastavad arhiivisäilitusstandarditele. Erilist tähelepanu nõuab fotomaterjalide ja suuremõõtmeliste dokumentide säilitamine.

Kirjandus

Archival Storage of Paper. Gaylord Preservation Pathfinder No. 2. Syracuse, New York, 1995.

Archival Storage of Photographic Materials. Gaylord Preservation Pathfinder No. 3. Syracuse, New York, 1995.

Boxing. Preservation Policies. The National Preservation Office, The British Library, 1992.

Keskkond 1995. Tallinn, 1996.

Konsa, K. Raamatuhoiu ABC. Käsiraamat raamatukogude ja arhiivide töötajatele. Tallinn, 1995.

Page, S., Nixon, D. Storing and Handling Oversized Documents // Restaurator. Vol. 15. 3. 1994. P. 129–41.

Preservation of library and archival materials: a manual. Northeast Document Conservation Centre, Andover, Massachusetts, 1994.

Reilli, J., Nishimura, D., Zinn, E. New Tools for Preservation. The Commission on Preservation and Access, 1995.

Wilson, W. Envoironmental Guidelines for the Storage of Paper Records. Maryland, USA, 1995.

8. INFORMATSIOONI UUENDAMINE

Informatsiooni uuendamine tähendab dokumendi sisulise informatsiooni ülekandmist mingile teisele kandjale. Uuendamise käigus valmistatakse informatsioonist koopia(d), mis asendavad kasutamisel originaali. Kaduma lähevad, vähemalt suures osas, tehnoloogiline ja kaudne informatsioon. Ei tohi unustada, et originaalmaterjalid sisaldavad sellist keemilist ja füüsikalist teavet, mida on tänapäeva meetoditega võimatu täielikult reprodutseerida.

Väga sageli on informatsiooni uuendamine kõige lihtsamaks, odavamaks ja kättesaadavamaks meetodiks arhivaalide säilitamisel. Ainumõeldav on see meetod dokumentide korral, mida lihtsalt ei ole enam võimalik kauem materjalide lagunemise tõttu säilitada või millede seisund on selline, et nende kasutamine on võimatu. Koopiate olemasolu vähendab tunduvalt originaalide kasutamist, sellisel juhul võib konserveerimisel piirduda lihtsamate ja odavamate meetoditega. Informatsiooni uuendamine võimaldab luua tagatiskogud, mis on ette nähtud originaalide asendamiseks. Samuti muutub informatsioon laialdasemalt kasutatavaks, eriti märgatav on see siis, kui kasutatakse digitaliseerimist. Mikrofilmimine ja digitaliseerimine võimaldavad samuti kokku hoida hoidlaruumi, mis, arvestades arhivaalide hulga pidevat suurenemist, ei ole sugugi vähetähtis asjaolu.

Informatsiooni uuendamiseks on võimalik kasutada järgmisi meetodeid:

- elektrograafiline paljundamine (kserokoopiad);
- fotograafiline paljundamine;
- digitaliseerimine.

Kserograafia

Elektrograafiline paljundamine (kserograafia) võeti kasutusele 1940. aastate lõpust. Kujutiste kopeerimine toimub pooljuhtkihis olevate elektrilaengute vahendusel, sellest ka meetodi nimetus. Laetud poolјuhtkihi valgustamisel (säritamisel) elektrilaeng valguse toimel väheneb ning pooljuhtkilel tekib vastavalt sinna projitseeritud kujutisele erinev elektrilaengute jaotus. Kujutis muudetakse nähtavaks vastandmärgiliselt laetud värvipulbri abil. Värv kantakse paberile ning kinnitatakse, harilikult kuumutamisega. Kserokoopiad on vastupidavad, eriti kui nad valmistatakse spetsiaalsele arhiivisäilituspaberile.

Kserokoopiate valmistamine võib arhivaale kahjustada, kuna kopeerimisel mõjutavad arhivaale soojus, valguskiirgus, osoon ja käsitlemine. Kindlasti tuleks arhiivikopeerimisel kasutada selliseid paljundusmasinaid, mis ei eralda töötamise käigus osooni. Kuna kopeerimine toimub suhteliselt kiiresti, ei mõjuta soojus ja valguskiirgus oluliselt kopeeritavaid dokumente. Küll aga tuleks hoiduda

ühtede ja samade arhivaalide sagedasest kopeerimisest (valguse kumulatiivne toime!). Kõige rohkem kahjustab arhivaale ebaõige konstruktsiooniga kopeerimismasin ja/või dokumentide käsitlemine kopeerimise käigus. Mitte mingil juhul ei tohi köidetud arhivaalide korral kasutada lameda kopeerimisplaadiga paljundusmasinaid, kuna köite lahtimurdmine lamedale plaadile kahjustab oluliselt köidet. Paremad on paljundusmasinad, mis võimaldavad saada kvaliteetset koopiat 90° nurga all avatud raamatust. Arhivaalide kopeerimine kasutajate endi poolt on lubamatu.

Materjalide hulka, mille paljundamine kopeerimismasinaga on problemaatiline, kuuluvad:

- üle 3 kg kaaluvad või üle 5 cm paksused raamatud;
- kõik kopeerimismasina plaadist suuremad dokumendid;
- pärgamentköites või pärgamendil dokumendid;
- ajalooliselt väärtuslikus, kunstilises köites dokumendid;
- kokku volditud plaanide, kaartide, joonistega raamatud;
- hapra paberiga dokumendid;
- pitseritega dokumendid;
- raskesti avatavad köited;
- kahjustatud sisuplokikinnitusega dokumendid;
- ajalehed;
- käsikirjad.

Ülaltoodud dokumentide korral tuleb väga hoolikalt kaaluda, millist paljundusmeetodit kasutada.

Arhivaalidest, mida ei ole võimalik kserokopeerimismasinaga paljundada, tuleb valmistada mikrofilm ning siis sellest teha paberkoopia. Paberkoopiate valmistamiseks tuleb kindlasti kasutada vastupidavat, pikaajaliseks säilitamiseks ettenähtud arhiivipaberit.

Mikrovormid

Fotograafilise paljundamise korral kantakse mikrofilmile või mikrokaardile (mikrofišile) originaaldokumendi vähendatud kujutis. Mikrofotograafia on tuntud juba 19. sajandi keskelt, arhivaalide säilitamisel võeti see kasutusele 1930. aastatel ning on siiamaani jäänud kõige kindlamaks ja kasutatavamaks meetodiks informatsiooni uuendamisel. Mikrovormid on küllalt lihtsad ja odavad valmistada ning kasutada, nendest on võimalik teha paberkoopiaid.

Mikrovormide säilitamine on sarnane teiste fotomaterjalide säilitamisele. Mikrofilmide rullid tuleb hoida eraldi karpides. Filmirullile keeratakse ümber neutraalse reaktsiooniga pabeririba, mis fikseeritakse paelaga. Mikrovormide lugerites ei tohi temperatuur tõusta üle 75 °C (fokaaltasandis), vastasel korral võib kõrge temperatuur muuta filmi kasutuskõlbmatuks. Mustvalgete mikrovormide kõrval on olemas ka värvilised, kuid need on tunduvalt kallimad ning lühema elueaga. Mikrovormidel tagatiskogu korral kasutatakse reeglina kolmeastmelist säilitussüsteemi. Esimene negatiiv (*master negative*) saadakse dokumendi pildistamisel ning see on arhiivikoopia, mida säilitatakse nii ideaalsetes hoiutingimustes kui vähegi võimalik. Esimesest negatiivist valmistatakse dublikaatnegatiiv (*duplicate negative*), millest omakorda tehakse kasutuskoopiad (*use or service copies*). Kasutuskoopiad võivad seejuures olla nii negatiivid kui ka positiivid.

Digitaliseerimine

Digitaliseerimine tähendab analoogkujul esineva informatsiooni esitamist digitaalsel kujul. Digitaalne andmeesitus erineb oluliselt analoogsest. Informatsioon raamatutes, fotodel, filmidel, heliplaatidel

jne. on salvestatud analoogsel kujul, st. info säilitatakse mingi pidevalt varieeruva parameetrina, olgu selleks siis elektripinge, magnetvoo tihedus või läbipaistvuse ja värvi variatsioonid. Digitaalne informatsioon esineb binaarselt kodeeritud numbrijadana. Füüsilisel kujul esineb digitaalne informatsioon kantuna mitmesugustele nn. masinloetavatele dokumentidele, milleks on näiteks magnetkettad, magnetoptilised seadmed, kompaktplaadid (CD-ROM) jm.

Digitaalsele kujule viidud dokumendid on laialdaselt kättesaadavad (kompaktplaatide ja arvutivõrgu kaudu).

Digitaalne informatsiooni uuendamine on seotud mitmete probleemidega. Informatsiooni salvestamine ja taasesitamine nõuab küllaltki keerukat aparatuuri, mis pealegi vananeb kiiresti. Infotehnoloogia praeguse taseme juures tuleb seadmeid ja tarkvara välja vahetada iga 3...5 aasta tagant. Puuduvad ka standardid, mis reguleeriksid informatsiooni ülekandmist ühest süsteemipõlvkonnast teise. Piisava kvaliteediga kujutiste saamine on seadmete praeguse hinna juures võrdlemisi kallis. Digitaalse informatsiooni põhiliste kandjate – kompaktplaatide – eluiga jääb oluliselt alla nii paberile kui ka mikrovormidele. Ülaltoodud põhjustel ei loeta digitaliseerimist vähemalt esialgu pikaajaliseks ehk arhiivisäilitusmeetodiks. Tänapäeval leiab tagatiskogude loomisel üha rohkem kasutamist nn. hübriidne lähenemisviis. Säilitamiseks valmistatakse dokumendist mikrovorm ning see omakorda digitaliseeritakse laiema kättesaadavuse ja mugavama kasutamise huvides.

Kokkuvõte

Informatsiooni uuendamine tähendab dokumendi sisu ülekandmist mingile teisele kandjale, milleks võib olla paber, fotomaterjal või masinloetav dokument. Informatsiooni uuendamine on sageli kõige lihtsamaks ja majanduslikult kasulikumaks säilitamisviisiks. Uuendamiseks kasutatakse elektrograafilist ja fotograafilist paljundamist ning digitaliseerimist. Tagatiskogude loomisel kasutatakse tänapäeval kõige enam dokumentide fotograafilist paljundamist mikrofilmile ja mikrofišši le. Digitaliseerimist ei loeta arhiivisäilitusmeetodiks.

Kirjandus

Photocopying of library and archive materials. National Preservation Office, The British Library.

Weber, H., Dörr, M. Digitisation as a Method of Preservation? European Commission on Preservation and Access. Amsterdam, 1997.

9. KONSERVEERIMINE JA RESTAUREERIMINE

Konserveerimine ja restaureerimine moodustavad ühe osa säilitamisest. Väga sageli kasutatakse neid termineid ekslikult, haarates sinna alla kogu säilitamisprotsessi arhiivis. **Konserveerimise** all tuleb mõista kõiki neid töötlemismeetodeid, millede eesmärgiks on arhivaalide vananemise aeglustamine, kusjuures töötlemise käigus mõjutatakse otseselt dokumenti ennast. **Restaureerimise** eesmärgiks on taastada või rekonstrueerida dokument võimalikult esialgsel kujul. Kindla piiri tõmbamine konserveerimis- ja restaureerimismeetodite vahele võib osutuda problemaatiliseks. Kuna nii konserveerimise kui ka restaureerimise korral mõjutatakse arhivaale otseselt mitmesuguste keemiliste ja füüsikaliste teguritega, eksisteerib alati oht, et ebaõigelt valitud meetod võib arhivaali kahjustada või selle hoopiski hävitada. Seetõttu tuleb konserveerimist ja restaureerimist lugeda suhteliselt kõrge riskiastmega tegevuseks ning sellega võivad tegelda ainult vastava koolitusega spetsialistid. Ideaaljuhul peaksid kõik töötlemisprotsessid olema pööratavad, st. kõik dokumendis toimunud keemilised ja füüsikalised muudatused peaksid olema kergesti originaalist eemaldatavad.

Järgnevalt anname väga lühikese ülevaate peamistest konserveerimises ja restaureerimises kasutatavatest meetoditest.

Seisundi analüüs ja dokumenteerimine

Enne igasugust, olgu või esmapilgul väga tühist töötlemist määratakse võimalikult üksikasjaliselt kindlaks dokumendi seisund. Dokumendi seisund ning töötlemiseks kasutatud meetodid ja materjalid fikseeritakse vastavas protokollis, millele lisatakse fotod. Dokumendist valmistatakse fotod enne töötlemist, keerulisematel juhtudel ka töötlemise käigus ning pärast töötlemise lõppu. Iga konserveeritud-restaureeritud arhivaali kohta peab olema teada, kes, millal ja kus töötlemise läbi viis. Dokumentatsiooni põhjal peab olema võimalik kogu töötlemisprotsess hiljem taastada. Kuna väga raske on hinnata käesoleval hetkel kasutatavate meetodite edaspidist toimet materjalidele, kergendab korralik dokumentatsioon olulisel määral konservaatorite-restauraatorite tööd tulevikus.

Pinna puhastamine ja desinfitseerimine

Arhivaalide pinnalt eemaldatakse mehaaniliselt tolm, mustus jne. Selleks kasutatakse harjasid, puhastuspuru, vaakumpuhasteid jne. Mikroseente spoorid ja osa mütseelist on eemaldatav vaakumaspiraatoritega. Töö peab kindlasti toimuma tõmbekapi all või vastava kohtventilatsiooni tingimustes.

Konsolideerimine ja kinnitamine

Töötlemist mittekannatavad värvid ja tindid, aga samuti väga pude ja rabe materjal töödeldakse želatiini või sünteetliste vaikudega. Fragmentide ja rebendite kinnitamiseks liimitakse paberile õhukesest jaapani paberist ajutised kinnitusribad.

Paranduste, dublaaži eemaldamine

Vees lahustuvate liimide korral on võimalik kasutada vees leotamist. Loomulikult tuleb enne töötlemist veenduda, et dokument ise ikkagi kannatab vett. Vett mittekannatavate materjalide korral saab kasutada auru, orgaanilisi lahusteid või mehaanilist eemaldamist.

Pesemine

Pesemise käigus eemaldatakse dokumentidelt mustus, osa plekke ning viiakse välja mitmesugused materjalide vananemisel moodustuvad laguproduktid. Kui lehtedel esinevad tugevad plekid, tuleb need enne pesemist eemaldada. Pesemise käigus paberi happelisus reeglina väheneb. Pesemiseks kasutatakse filtreeritud, destilleeritud või deioniseeritud vett. Puhastusprotsesside intensiivistamiseks võidakse pesulahustesse lisada erinevaid keemilisi ühendeid. Veetundlikke materjale on võimalik pesta niiskel filterpaberipakil või siis kasutada osalist pesemist vaakumlaual.

Neutraliseerimine

Neutraliseerimine on paberi keemiline töötlemine happelisuse vähendamiseks. Kui happelisus on väike (pH 6,0...6,5) piisab paberi pesemisest veega. Happelisema reaktsiooniga paberi korral tuleb kasutada mitmesuguseid aluselisi ühendeid, nagu kaltsiumhüdroksiid, magneesiumvesinikkarbonaat, ammooniumhüdroksiid jt. Paberi kaitsmiseks tulevikus moodustuda võivate happeliste ühendite eest kasutatakse puhverdamist. Selleks viiakse paberisse aluselisi soolasid, harilikult magneesium- või kaltsiumkarbonaate. Neutraliseerimine ja puhverdamine võivad toimuda nii vesilahustes kui ka orgaanilistes lahustes. Mõningad materjalid (värvid, osade autorite arvates ka puitmassi sisaldav paber) võivad aluseliste soolade toimel kahjustuda.

Valgendamine

Valgendamine on ebasoovitavate värviliste ühendite (erinevad plekid, paberi lagunemisproduktid, hallituspigmendid jne.) värvitustamine keemiliste või füüsikaliste meetoditega. Kuna valgendamine kahjustab alati materjale, tehakse seda ainult siis, kui plekid muudavad dokumendi loetamatuks või siis, kui nad segavad esteetilist väärtust omava teose vaatamist. Valgendamiseks kasutatakse kas kunstlikku valguskiirgust või keemilisi ühendeid (oksüdeerijaid ja redutseerijaid). Viimasel ajal eelistatakse valgendamist kunstliku valgusega.

Parandamine

Mehaaniliste vigastuste parandamiseks kasutatakse kõige sagedamini jaapani paberit ja tärklisekliistrit. Puuduvad paberiosad asendatakse sobiva paksuse, tekstuuri ning värvitooniga jaapani paberiga või vastava paberimassiga valamismasina abil.

Dubleerimine

Hapra ning kahjustatud paberiga, aga samuti suuremõõtmelised dokumendid kinnitatakse tugevdamiseks mingile alusmaterjalile (paber, riie).

Liimistamine

Liimistatud paberid kaotavad töötlemisel vesilahustega oma esialgse liimistuse. Paberi tugevdamiseks ning säilivuse pikendamiseks kantakse paberilehele uus liimistus. Liimistamiseks kasutatakse želatiini või metüültselluloosi.

Järelretušš

Kasutatakse ainult esteetilist väärtust omavate dokumentide juures. Puuduvad osad toonitatakse natuke heledamas või tumedamas toonis kui on autoril, et restauraatori töö oleks eristatav originaalist. Mitte mingil juhul ei tohi puuduvaid osasid juurde joonistada või kirjutada.

Pressimine

Alati pärast veega töötlemist tuleb paberit pressida. Pressimiseks asetatakse paberilehed filterpaberi või spetsiaalse tekstiili vahele mõõduka surve alla.

Kaitseümbrised, köitmine

Konserveeritud ja restaureeritud dokumendid tuleb alati edasiste kahjustumiste vältimiseks varustada sobivate ümbristega.

Nagu me ülaltoodust nägime, on olemas väga erinevaid konserveerimis-restaureerimismeetodeid. Milline töötlemisviis on kõige otstarbekam, sõltub dokumendi seisundist, materjalidest, kasutatavusest, ajaloolisest väärtusest, esteetilisest tähtsusest ja muudest asjaoludest.

Kokkuvõte

Konserveerimine on dokumentide keemiline ja füüsikaline töötlemine eesmärgiga aeglustada nende vananemist. Restaureerimine tähendab dokumendi taastamist võimalikult esialgsel kujul. Konserveerimine, eriti aga restaureerimine on kõrge riskiastmega, ebaõige töötlemise tulemusena võib dokument oluliselt kahjustuda. Kõik konserveerimisel ja restaureerimisel rakendatavad meetodid ja materjalid peavad olema pööratavad, st. neid peab olema võimalik originaalist eemaldada.

Kirjandus

An Introduction to Book Repair. Gaylord Preservation Pathfinder No. 4. Syracuse, New York, 1995.

Espenberg, A. Pabermaterjalide konserveerimine ja restaureerimine. Metoodiline kiri. Tallinn, 1985.

Middleton, B. The Restoration of Leather Bindings. Chicago, 1972.

Torbas, K. Papierrestaurierung in Archiven, Bibliotheken und Sammlungen. Probleme und Methoden. Austria, 1980.

TERMINEID

Absorptsioon – mingi lahusekomponendi neeldumine vedelikus või tahkes aines (absorbendis).

Aeroobid – elutegevuses hapnikku vajavad organismid. Aeroobide hulka kuuluvad kõik kõrgemad organismid ning suur osa mikroorganismidest. Vrdl. *anaeroobid.*

Akrüülpolümeerid – sünteetilised polümeerid, kasutatakse paberikatetes sideainena.

Aktinomütseedid – bakterite hulka kuuluvad organismid. Keha moodustub sarnaselt mikroseentele hüüfidest. Võivad kahjustada arhivaale.

Aktivatsioonienergia – minimaalne energia, mis on vajalik mingi keemilise reaktsiooni toimumiseks.

Ambrotüüp – valgustundliku kolloodiumikihiga kaetud klaasplaadil saadud negatiivkujutis, mis mustale aluspõhjale paigutatult näib positiivina.

Aminohape – valkude põhiline ehitusüksus, erinevad aminohapped (20 põhilist) moodustavad peptiidsidemetega seostudes erinevaid valkusid. Vrdl. *valgud.*

Anaeroobid – organismid, mis elavad hapnikuta keskkonnas. Anaeroobide hulka kuulub osa mikroorganisme. Vrdl. *aeroobid.*

Antiikpärgament – valmistatakse surnud loomade nahast, kelle veri on soontes hüübinud ja moodustab omapärase graafilise struktuuri. Vrdl. *pärgament.*

Apretuur – naha, pärgamendi, paberi või riide pinna töötlemiseks kasutatavad ained. Apreteerimine annab pinnale sileduse, läike, veekindluse.

Arhiiv – asutus või osakond, kus säilitatakse teadusliku või praktilise väärtusega dokumente. Vrdl. *dokument.*

Arhiivisäilitus-standard – rida nõudeid arhivaalide valmistamisel ning säilitamisel kasutatavatele materjalidele ning tehnoloogiatele, mille eesmärgiks on tagada dokumentide võimalikult pikk kasutusiga. Vrdl. *säilitamine.*

Auramine – vedelas olekus aine üleminek gaasilisse faasi. Auramiseks kulub alati energiat (auramissoojus).

Autotroofid – organismid, mis eluks vajalikke orgaanilisi aineid sünteesivad anorgaanilistest ühenditest (süsihappegaasist, veest, mineraalsooladest jt.). Autotroofid on taimed, vetikad, osa bakteritest. Vrdl. *heterotroofid.*

Bakterid – mikroskoopilised, üherakulised, eeltuumsed organismid. Sobivate keskkonnatingimuste korral (suhteline õhuniiskus 100%) on võimelised kahjustama arhivaale.

Barüüt – raskepagu, värvuseta, valge, hall või kollane klaasiläikega mineraal. Kasutatakse fotopaberites vahekihi ühe komponendina.

Biokahjustus – erinevate organismide poolt põhjustatud arhivaalide, sisustuse, hoonete jms. struktuursete ja funktsionaalsete omaduste muutumine inimesele ebasoovitavas suunas.

Biotsiidid – elusorganismide suhtes aktiivsust omavad keemilised ühendid, mida kasutatakse nende tõrjeks. Vastavalt sellele, millisele organismirühmale on toime suunatud, eristatakse bakteritsiide, fungitsiide, algitsiide, insektitsiide ja rodentitsiide.

Bister – süsiniktint, mida saadakse pooleldi söestunud puidu ekstraheerimisel või tahma keetmisel. Kollakaspruuni värvusega ning väikese valgusekindlusega. Kasutati peamiselt joonistuste koloreerimisel 17.–18. sajandil.

Bulla – metallpitser. Vrdl. *pitsat, pitser.*

Dagerrotüüp – L. J. M. Daguerre'i poolt 1839. aastal leiutatud fotograafilisel menetlusel metallplaadile jäädvustatud kujutis. Hõbejodiidkihis säritamisel tekkinud varjatud kujutis ilmutati ning saadi peegelpildina vahetatud pooltega positiivkujutis. Meetodit loetakse fotograafia alguseks.

Defibröör – silindrilise käiakiviga puidupeenestusmasin, kasutatakse mehaanilise puitmassi saamiseks. Vrdl. *mehaaniline puitmass.*

Dehüdratatsioon – vee eraldumine mingist ainest või materjalist.

Dekstriin – tärklise osalise hüdrolüüsi produkt. Saadakse tärklise kuumutamisel, lahjendatud mineraalhapetega keetmisel või ensüümide toimel. Kasutatakse liimainena. Vrdl. *tärklis.*

Derma – e. **pärisnahk**, naha põhiline sidekoeline kiht, koosneb valdavalt kollageenikiududest. Vrdl. *nahk.*

Desinfitseerimine – biokahjustajate, peamiselt mikroorganismide ja putukate hävitamine mitmesuguste füüsikaliste ning keemiliste meetoditega.

Diasograafia – e. **diasotüüpia**, jooniste ja skeemide paljundamiseks rakendatav valguskopeerimismenetlus, mis põhineb diasoühendite valgustundlikkusel. Diasokoopiad on tundlikud aluseliste ühendite mõju suhtes.

Difusioonkuivatus – märgunud dokumentide kuivatamise meetod. Kasutatakse hästi vettimava materjali (filterpaber) lehti, mille vahele asetatakse märgunud dokumendid.

Digitaliseerimine – analoogkujul esineva informatsiooni (teksti, pildi, heli) esitamine digitaalsel kujul. Digitaalne informatsioon on erinevalt analoogsest esitatud binaarselt kodeeritud numbrijadana, mitte mingi parameetri pideva varieerumisena. Vrdl. *informatsiooni uuendamine.*

Dokument – kindla vormi ja tähendusega teabeallikas, sisaldab informatsiooni tekstilisel, graafilisel, audiovisuaalsel, esemelisel või elektroonilisel kujul.

Dubleerimine – dokumendi tugevdamine mingile alusmaterjalile (paber, riie) kinnitamise teel.

Eeltuumsed organismid – e. **prokarüoodid**, organismid, kellel puudub rakutuum. Eeltuumsete organismide hulka kuuluvad näiteks bakterid. Vrdl. *päristuumsed organismid, bakterid.*

Egutöör – paberivalamismasina sõela lõpuosas asuv kerge traatvõrguga kaetud valts, mille ülesandeks on paberikanga tasandamine ja tihendamine. Kui valtsil esineb mingi reljeefne kujutis, saadakse paberil nähtav „vesimärk". Vrdl. *vesimärk.*

Eksogeensed tegurid – väliskeskkonna tegurid (temperatuur, õhuniiskus, valgus, saasteained, biokahjurid jm.), mis mõjutavad arhivaalide vananemise kiirust. Vrdl. *endogeensed tegurid, vananemine.*

Elektrograafia – e. **kserokopeerimine**, kujutise jäädvustamine või kopeerimine elektrilaengute vahendusel. Kujutis muudetakse nähtavaks vastava värvipulbriga (tooner), mis kantakse paberile ning kinnitatakse kuumutamisega.
Vrdl. *informatsiooni uuendamine.*

Endogeensed tegurid – arhivaalide vananemise kiirust mõjutavad materjalide füüsikalis-keemilised omadused.
Vrdl. *eksogeensed tegurid, vananemine.*

Ensüüm – valk, mis katalüüsib biokeemilisi reaktsioone, muutes need võimalikuks ning kiirendades reaktsiooni kulgu. Vrdl. *valgud.*

Epidermis – e. **marrasknahk**, kõige pealmine, veresoonteta nahaosa, mis koosneb lame-epiteelist. Vrdl. *nahk.*

Esparto – e. **halfahein**, mitmeaastane Vahemeremaadel kasvav rohttaim. Lehtedest saadakse kiudainet paberi valmistamiseks.

Feromoonid – elusorganismide poolt keskkonda eritatud keemilised ühendid, mis kutsuvad esile spetsiifilise vastusreaktsiooni sama liigi teistel isenditel. Eristatakse sugu-, häire-, agregatsiooni- jt. feromoone. Kasutatakse feromoonpüünistes putukaid ligimeelitava ühendina.

Ferrotüüp – valgustundliku kolloodiumikihiga kaetud mustal metallalusel foto.

Fotokeemiline lagunemine – materjalide lagunemine valguskiirguse toimel kulgevate keemiliste reaktsioonide tõttu.

Fotomaterjalid – materjalid, mida kasutatakse fotokujutiste tekitamiseks. Valgustundlikuks aineks on enamasti hõbehalogeniidi mikrokristallid.

Fotooksüdatsioon – valguse mõjul toimuvad materjalide lagunemise oksüdatiivsed reaktsioonid.

Fumigatsioon – arhivaalide desinfitseerimine mürgise gaasi või aurudega. Tuntumateks fumigantideks on etüleenoksiid, metüülbromiid, formaldehüüd, tümool. Vrdl. *desinfitseerimine.*

Galluspähklid – e. **tindipähklid, tammepahad**; pahklase (*Cynips quercusfolii*) vastsete ümber moodustunud kuni sentimeetrise läbimõõduga pahad tammelehtedel. Sisaldavad 50...70% parkaineid (gallushapet), mistõttu tarvitatakse raudgallustindi valmistamisel. Vrdl. *raudgallustint.*

Gammakiirgus – kõrge energiaga lühilaineline elektromagnetkiirgus. Kasutatakse arhivaalide desinfitseerimiseks putuka- ja seenkahjustuste korral.

Gregory seadus – koodeksi valmistamisel volditi pärgamentlehed kokku nii, et vastamisi sattusid kas lehtede karva- või lihapooled. Vrdl. *pärgament.*

Hemitselluloosid – koos tselluloosiga taimede rakukestas ja vahelamellis esinevad polüsahhariidid. Väiksema molekulmassiga kui tselluloos. Vrdl. *tselluloos.*

Heterotroofid – organismid, mis elutegevuseks vajaliku energia saamiseks lagundavad valmis orgaanilist ainet. Heterotroofid on kõik loomad, seened ning suur osa bakteritest. Vrdl. *autotroofid.*

Hollender – paberkiudaine jahvatamise seade, milles tooraine suunatakse veega segatult silindrilise valtsi ja vanni põhja külge kinnitatud nugade vahelt läbi. Toimub kiudude lühenemine ja mehaaniline muljumine, mille tõttu paraneb kiudude üksteisega seostumise võime. Vrdl. *jahvatamine.*

Hüdrofiilne – mingi aine ja vee tugev vastastikmõju. Hüdrofiilsed ained märguvad veega hästi ning lahustuvad või punduvad. Hüdrofiilsed on anorgaanilised soolad, tärklis, želatiin jpm. Vrdl. *hüdrofoobne.*

Hüdrofoobne – mingi aine ja vee vastastikmõju puudumine. Hüdrofoobsed on paljud metallid, rasvad, vahad, plastmassid jpm. Vrdl. *hüdrofiilne.*

Hüdrolüüs – keemiliste sidemete katkemine, kusjuures iga sideme lagundamisel kasutatakse molekul vett. Enamike materjalide lagunemine toimub hüdrolüüsi teel.

Hügrograaf – seade õhuniiskuse pidevaks registreerimiseks. Koosneb juushügromeetrist ning isekirjutajast.

Hügromeeter – seade õhuniiskuse mõõtmiseks. Põhineb teatud kehade pikkuse, massi või elektritakistuse sõltuvusel keskkonnast imatud niiskusest. Juushügromeetris kasutatakse tundliku elemendina inimese juuksekarva, mille pikkus muutub vastavalt õhu suhtelisele niiskusele.

Hügromeetriline diagramm – diagramm, mis väljendab õhu absoluutse niiskusesisalduse, temperatuuri ja õhu relatiivse niiskusesisalduse seost. Võimaldab leida neist muutujatest ühe väärtuse, kui kaks ülejäänut on teada. Vrdl. *õhu absoluutne niiskus, õhu relatiivne niiskus.*

Hügroskoopsus – õhust niiskuse imamise võime. Esineb hästilahustuvatel (kaltsiumkloriid, kontsentreeritud väävelhape) ja poorsetel ainetel (puit, paber, nahk).

Hügrotermograaf – seade, mis registreerib nii temperatuuri kui ka suhtelise õhuniiskuse muutused.

Hüüf – seeneniit. Vrdl. *mütseel.*

Informatsiooni uuendamine – dokumendi sisulise informatsiooni ülekandmine mingile teisele kandjale säilitamise ning laiema kasutamise eesmärgil. Selleks kasutatakse elektrograafilisi (kserokoopiad), fotograafilisi (mikrovormid) ning digitaalseid meetodeid.

Infrapunane kiirgus – e. **soojuskiirgus**; elektromagnetiline kiirgus lainepikkuste vahemikus 740...10^6 nm. Mida kõrgem on keha temperatuur, seda rohkem infapunast kiirgust ta kiirgab. Avaldab materjalidele soojuslikku toimet.

Inkunaabel – e. **hälltrükis**; enne aastat 1500 trükitud raamatud.

Jaapani paber – taimekiududest (kozo, mitsumata, gampi jt.) valmistatud kõrgekvaliteediline paber, mida kasutatakse konserveerimis- ja restaureerimistöödel.

Jahvatamine – paberimassi valmistamiseks kasutatava taimse kiudaine mehaaniline peenestamine. Jahvatamisel jagunevad tselluloosikiud fibrillideks, muutuvad lühemaks, samuti suureneb nende eripind, st. võime seostuda omavahel. Jahvatamiseks kasutatakse hollendere ja koonusveskeid. Vrdl. *hollender.*

Kaalutud säilitusindeks – **TWPI**; statistiline näitaja, mis iseloomustab pidevalt muutuva temperatuuri ja õhuniiskuse kumulatiivset (ajas kuhjuvat) mõju materjalide keemilisele lagunemisele. Vrdl. *säilitusindeks.*

Kaetud paber – paber, mille pinnale on kantud kattekiht talle soovitud omaduste andmiseks. Eristatakse erinevaid kattekihte. Trükikatted koosnevad pigmendist (kaoliin, titaandioksiid) ja sideainest (kaseiin, tärklis, polüvinüülalkohol).

Kahjustuste kumulatiivsus – mingi arhivaale kahjustava teguri (valgus, saasteained) toime kuhjumine ajas.

Kalaliim – saadakse kalanaha, uimede, peade ja ujupõite keetmisel. Kasutatakse peamiselt kuldamisel ning vesivärvide valmistamisel.

Kalandreerimine – paberi viimistlemine kalandriga talle läike ja sileduse andmiseks ning tiheduse suurendamiseks. Kalander koosneb paljudest valtsidest, mille vahelt materjal läbi juhitakse.

Kaltsupaber – paber, mille valmistamiseks on kasutatud linaseid või puuvillaseid kaltse. Kaltsupaberit imetatakse ka **pütipaberiks**, kuna paberimassi ammutamine toimus sõelte abil püttidest.

Kampol – vaikhapetest (peamiselt abietiinhappest) koosnev kollase või pruuni värvusega klaasjas tahke aine. Saadakse okaspuude vaigust ning kasutatakse koos alumiiniumsulfaadiga paberi liimistamiseks. Vrdl. *liimistusained.*

Kaptaal – e. **otsapael, otsanöör**; pael või nöör, mis kinnitatakse poognate otste külge, selleks et neid tugevdada ja köidet kaunistada.

Kaseiin – piimavalk, sadeneb välja kooritud piima hapendamisel. Kasutatakse liimainena köitetöödel ning sideainena paberi kattekihtides.

Kastepunkt – temperatuur, mille juures õhus olev veeaur õhku küllastaks, st. temperatuur, mille korral suhteline niiskus on 100%. Vrdl. *õhu küllastav niiskus, õhu relatiivne niiskus.*

Kaudne informatsioon – dokumendi valmistamise, kasutamise ja säilitamise käigus sinna kogunenud informatsioon, mis ei ole otseselt seotud dokumendi sisu, materjalide ja valmistamistehnoloogiatega. Vrdl. *otsene informatsioon.*

Keemiline puitmass – puidu keemilisel töötlemisel saadud tselluloos. Tselluloosi puidust eraldamise kaks põhilist meetodit on sulfit- ja sulfaatmeetod. Sulfitmenetlusel keedetakse puitu kaltsiumvesiniksulfiti lahusega, sulfaatmenetlusel aga naatriumhüdroksiidi ja naatriumsulfiidi lahusega. Keetmisel lahustuvad puidus esinevad kõrvalained (ligniin, hemitselluloosid jm.) ning saadakse tselluloos, mida kasutatakse kiulise poolfabrikaadina paberitootmisel.

Keskkonna reaktsioon – e. happelisus-aluselisus; keskkonna reaktsiooni hindamiseks kasutatakse negatiivset kümnendlogaritmi vesinikioonide kontsentratsioonist, mida nimetatakse vesinikeksponendiks (pH). Neutraalne on keskkond, kui pH = 7, happelise keskkonna pH on väiksem kui 7,0 ning aluselise keskkonna korral on pH suurem kui 7. Paberi vananemise kiirus on seotud tema reaktsiooniga. Happelise reaktsiooniga paber vananeb tunduvalt kiiremini, võrreldes neutraalse või aluselise reaktsiooniga paberiga.

Kilestamine – dokumendi katmine õhukese läbipaistva kilega kas liimimise või kuumutamise teel. Vrdl. *lamineerimine.*

Kiusuund – kiudude peamine suund paberilehes. Sõltub paberi valmistamisviisist. Käsitsivalmistatud paberis on kiusuund ühtlane lehe kõikides suundades. Paberivalamismasinatel toodetud paberis paigutuvad kiud paralleelselt võrgu liikumise suunaga. Kiusuund mõjutab paberi mehaanilisi omadusi ning veeimavust.

Klaasistumis-temperatuur – temperatuur, millest allpool on amorfsetel ainetel tahke aine omadused. Klaasistumistemperatuurist kõrgemal puuduvad kristallilised piirkonnad ning aine on viskoosses olekus.

Kodikoloogia – teadus, mis uurib keskaegsete koodeksite valmistamise erinevaid aspekte – materjale, tehnoloogiat, kirjutustehnikaid, teksti paigutust, dekoreerimist jm. Vrdl. *koodeks.*

Kollageen – naha põhiline struktuurne valk. Koosneb kolmest omavahel keemiliste sidemetega seotud heeliksisse keerdunud polüpeptiidahelast. Vrdl. *nahk, valgud.*

Kolloodium – dinitrotselluloosi viskoosne lahus alkoholi ja eetri segus. Kuivamisel moodustab läbipaistva kile. Kolloodiumi kasutati teatud fotomaterjalide valmistamisel.

Kolofoon – e. **lõputiitel**, varajaste tiitelleheta trükiste ja keskaja käsikirjade lõpus olev tekst, mis sisaldab andmeid teose kirjutamise (trükkimise) koha, aja, raamatu tiitli ja kirjutaja (trükkija) kohta.

Kondiliim – kontide ja kõhrede kuuma vee või auruga hüdrolüüsimisel saadav liim. Kasutatakse puidu ja paberi liimimisel.

Kondenseerumine – gaasilises olekus aine üleminek vedelasse faasi. Kondenseerumisel vabaneb energia.

Konserveerimine – arhivaalide vananemise aeglustamiseks kasutatavad füüsikalised ja keemilised meetodid, millede korral mõjutatakse otseselt dokumenti.
Vrdl. *säilitamine, restaureerimine.*

Konvektiivkuivatus – märgunud arhivaalide kuivatamine sooja ja kuiva õhuga.

Koodeks – puutahvlitel, pärgamendi- või paberilehtedel käsikirjaline raamat. Vrdl. *kodikoloogia.*

Krihvel – metallist või kivist pulgake, mida kasutati kirjutamiseks ja joonistamiseks puust, vahast või kivist tahvlikestele, aga ka pärgamendile ja paberile. Krihvli tõrjus 16. sajandil välja grafiitpliiats.

Kromofoorsed rühmad – orgaanilise ühendi värvust mõjutavad aatomirühmad (karbonüül-, ketoon-, aldehüüdrühm).

Kroompark – kroomisooladega pargitud nahk. Vrdl. *parkimine.*

Kustos – e. **siirdeviit**, lehekülje viimase rea alla laotud üks kuni kolm silpi sõnast, millega algab järgmine lehekülg. Aitab köitmisel poognaid järjestada. Vrdl. *signatuur.*

Kõrgsageduskiirgus – e. **mikrolained**, madala energiaga, mitteioniseeriva toimega raadiolained. Avaldavad soojuslikku toimet polaarseid molekule sisaldavatele ainetele. Kasutatakse putuka- ja seenkahjustustega arhivaalide desinfitseerimiseks ning märgunud pabermaterjalide kuivatamiseks.

Lamineerimine – originaaldokumendi kilestamine kuummenetlusel.
Vrdl. *kilestamine.*

Lederiin – köitematerjal, mis koosneb alusmaterjalist (puuvillane riie, paber) ning sellele kantud õhukesest elastsest vett mitteläbilaskvast nitrotselluloosist, pigmentidest ja täiteainetest koosnevast kattest.

Ligatuur – kahe või enama tähe kokkukirjutamisel või ühendamisel saadud tähemärk.

Ligniin – looduslik fenoolne polümeer, mida leidub peamiselt puitunud taimeosades.

Liimistumis-temperatuur – temperatuur, mille juures parkimise käigus kollageenikiudude vahele tekkinud kovalentsed põikisidemed hakkavad katkema. Väljendub nahatüki mõõtmete vähenemises tema kuumutamisel üle liimistumistemperatuuri.

Liimistusained – mitmesugused taimsed, loomsed ja sünteetilised liimained (tärklis, želatiin, kampol), mida lisatakse paberimassi või millega töödeldakse paberi pinda. Liimistamine suurendab paberi hüdrofoobsust ning parandab pinnaomadusi.

Luksmeeter – fotoelektriline seade valgustatuse mõõtmiseks. Vrdl. *valgustatus.*

Läbipaistmatus – e. **opaaksus**; paberi optiline omadus, mis iseloomustab valguskiirte tungimist läbi paberi.

Lämmastikoksiidid – gaasilised saasteained. Arhivaalide kahjustajatena on olulised lämmastikoksiid ja lämmastikdioksiid. Kahjustavad paberit, fotomaterjale ja värvaineid.

Maare – loomaliigile iseloomulik naha pealispinna muster, mis oleneb peamiselt karvaavade asetusest.

Maarjaspark – maarjajääga (alumiiniumkaaliumsulfaat) ja keedusoolaga pargitud nahk. Vrdl. *parkimine.*

Metalltindid – vt. *raudgallustint.*

Metüültselluloos – kunstlik polümeer, mis saadakse tselluloosi modifitseerimisel. Kasutatakse paberi liimistamisel, sideainena paberikatetes, liimina paberi liimimisel, aga ka näiteks paberi pesulahustes.

Mikroseened – e. **hallitusseened**; seeneriiki kuuluvad päristuumsed (eukarüootsed) heterotroofsed, ainu- või hulkraksed organismid. Olulised arhivaalide biokahjustajad.

Mineraalpark – mineraalsete parkainetega (maarjas, kroomisoolad jm.) pargitud nahk. Vrdl. *parkimine.*

Monitooring – e. **seire**; keskkonna seisundi teatud parameetrite plaanipärane ja pidev jälgimine.

Murdumistugevus – iseloomustab paberi mehaanilisi omadusi. Pabeririba murtakse 180 kraadi võrra kuni murdumiseni. **Murdumisnäitaja** on kaksikmurrete arv, mille juures pabeririba katkeb.

Muudetud atmosfäär – e. **modifitseeritud atmosfäär**; organismile elutegevuseks sobiv gaasikeskkond asendatakse mittesobivaga (vähendatakse hapniku kontsentratsiooni, suurendatakse süsihappegaasi kontsentratsiooni, asendatakse hapnik mingi inertgaasiga). Väga sobiv meetod putukate hävitamiseks. Käesoleval ajal kasutatakse üha laialdasemalt arhivaalide desinfitseerimisel.

Mälv – e. **toornahk**; nahk, millelt on eemaldatud karvkate, marrasknahk ja nahaalune kude. Mälv on see osa nahast, mida pargitakse. Vrdl. *nahk, parkimine.*

Mükofloora – seeneliikide kogum mingil alal.

Mütseel – mikroseente keha, koosneb seeneniitidest (hüüfidest). Substraatne mütseel paikneb substraadi pinnal ja sees ning õhkmütseel substraadi kohal. Õhkmütseelil asetsevad harilikult seene paljunemisorganid. Vrdl. *mikroseen.*

Nahaliim – toornaha jäätmete kuuma veega keetmisel saadav liim. Enne keetmist leotatakse toormaterjali lubjalahuses.

Nahk – 1. Selgroogse looma keha väliskate. Koosneb marrask- ja pärisnahast ning nahaalusest koest. Vrdl. *epidermis, derma.*
2. Pargitud loomanahk, pargitakse ainult pärisnahka (dermat). Vrdl. *mälv, parkimine.*
Nahka kasutatakse kirjutus- ja köitematerjalina. Vrdl. *pärgament.*

Neutraliseerimine – paberi või mõne muu materjali töötlemine erinevate aluseliste ühenditega selle happelisuse vähendamiseks. Vrdl. *keskkonna reaktsioon.*

Ohuplaan – kirjalikult fikseeritud juhend tegutsemiseks loodusõnnetuste ja avariide korral. Sisaldab võimalike õnnetuste poolt tekitatavate kahjustuste kirjelduse, täpsed tegutsemisjuhendid, kogude päästmise järjekorra, tõkestusmeetmete kirjelduse jne.

Oksüdatsioon – aatomitelt elektronide loovutamise protsess. Oksüdeerijaks nimetatakse ainet, mis seob elektrone. Tähtsamateks oksüdeerijateks on hapnik, halogeenid (kloor), lämmastikhape, vesinikperoksiid, osoon jt. Paljude materjalide vananemisel toimuvad mitmesugused oksüdatiivsed reaktsioonid.

Optilised valgendajad – paberisse lisatavad mitmesugused fluorestseeruvad värvained, mis muudavad paberi „valgemaks".

Osoon – gaasiline saasteaine, väga tugev oksüdeerija. Kahjustab tugevasti paberit, nahka, fotomaterjale ja värvaineid.

Otsene informatsioon – dokumendi sisuline ja tehnoloogiline informatsioon. Vrdl. *kaudne informatsioon.*

Paber – õhuke lehtmaterjal, mis koosneb peamiselt jahvatatud taimsest kiudainest. Vajalike omaduste andmiseks lisatakse paberisse täite-, liim- ning värvaineid.

Paleograafia – teadus, mis uurib antiik- ja keskaja käsikirjade kirjutusviisi, kaunistusi, kirjutusmaterjale- ning vahendeid.

Paleotüüp – Lääne-Euroopas aastatel 1501–1550 trükitud raamatud.

Palimpsest – pärgamentkäsikiri, millel kord kirjutatud tekst on hiljem kustutatud ning asendatud uuega.

Papüürus – Aafrikas kasvava papüüruslõikeheina varreribadest valmistatud paberitaoline kirjutusmaterjal. Võeti kasutusele III aastatuhandel e.Kr. Egiptuses. Kasutati kuni 4. sajandini. Varreribadest laoti üksteise peale kaks teineteisega risti olevat ribadekihti, mis pressiti või taoti kokku. Liimaineks oli seejuures taime enda mahl. Vrdl. *rektokülg, versokülg.*

Parkimine – looma toornaha mehaaniline ja keemiline töötlemine, et muuta seda kasutamiskõlblikuks ja säilivaks. Parkimisel kasutatavaid keemilisi ühendeid nimetatakse parkaineteks. Tähtsamateks parkaineteks on taimsed parkained (tanniidid), rasvad (traan), kroomi- , alumiiniumi- ja rauasoolad (harilikult maarjad) ning sünteetilised parkained (süntaanid). Parkimise tulemusena tekivad kollageenikiudude vahele neid tugevasti ühendavad keemilised sidemed.

Peroksiidid – keemiliste elementide või orgaaniliste radikaalide ja hapniku ühendid. Et peroksiididest eraldub kergesti atomaarne hapnik, siis on nad tugevad oksüdeerijad. Osalevad erinevate materjalide lagunemisrektsioonides.

Pimetrükk – nahkköidete dekoreerimise meetod, mille korral kujutis vajutatakse metalltempliga nahale.

Pinnakaal – e. **grammkaal**; 1m^2 paberi mass grammides.

Pitsat – tugevast materjalist (metall, kivi, sarv, puu) vorm, millesse on süvendatud negatiivis mingisugune pildiline või tekstiline kujutis. Kasutatakse pitserite tegemisel. Vrdl. *pitser, tempel.*

Pitser – pitsati positiivne reljeefne jäljend mingis plastilises aines (vaha, vahavaikmastiks, kirjalakk, tina). Vrdl. *pitsat, tempel.*

Poikilotermsed – e. **kõigusoojased**; loomade kehatemperatuuri ja seega kogu elutegevuse muutuvus sõltuvalt keskkonna temperatuurist. Poikilotermsed on kõik selgrootud, sealhulgas ka putukad.

Polümerisatsiooni-aste – polümeeri molekulis sisalduvate elementaarlülide (monomeerijääkide) arv.

Polüvinüülalkohol – (PVAL); sünteetiline polümeer, kasutatakse köitetöödel liimainena.

Polüvinüülatsetaat – (PVA); sünteetiline polümeer, kasutatakse liimainena paberikatetes, köitetöödel ning mujal.

Poogen – standardse suurusega paberileht (60×90 või 70×108 cm), mida kasutatakse trükise valmistamiseks.

Potentsiaalse informatsiooni tase – iseloomustab arhivaali kui sisust, materjalist ja struktuurist koosneva terviku informatsioonisisaldust. Tinglikult võetakse uue dokumendi potentsiaalse informatsiooni tasemeks 100%. Ajas toimub pidev potentsiaalse informatsiooni taseme vähenemine – arhivaali vananemine. Vrdl. *vananemine.*

Primaarsed õhusaasteained – mingitest saasteallikatest õhku sattunud gaasilised saasteained (vääveldioksiid, lämmastikoksiidid, osoon jt.). Vrdl. *sekundaarsed saasteained.*

Proteolüütilised ensüümid – peptiidsidet lõhustavad ensüümid, võtavad osa valkude lagundamisest. Vrdl. *ensüümid.*

Psühromeeter – kahest termomeetrist (nn. kuiv ja märg termomeeter) koosnev seade õhuniiskuse mõõtmiseks. Märja termomeetri vedelikureservuaarilt toimub pidev vee aurumine, mistõttu märja termomeetri näit on madalam kui kuival termomeetril. Kuiva ja märja termomeetri temperatuuride vahe järgi leitaksegi õhu niiskusesisaldus.

Puhverdamine – aluseliste ühendite viimine materjalisse selle edaspidiseks kaitsmiseks happeliste ühendite kahjustava toime eest. Vrdl. *neutraliseerimine.*

Puitmass – puidu mehaanilisel peenestamisel vastavas veskis saadav kiuline tooraine, mida kasutatakse paberi tootmisel poolfabrikaadina. Puitmass annab halva kvaliteediga paberi, mis vananeb väga kiiresti (ajalehepaber). Vrdl. *defibröör.*

Pärgament – parkimata, puhtaks kraabitud ning siledaks lihvitud loomanahk. Erinevalt nahast kas ei sisalda üldse või sisaldab väga vähe parkaineid. Kasutati kirjutusmaterjalina ning köidete valmistamiseks. Vrdl. *nahk.*

Pärmseened – iseseisvate, punguvate või poolduvate rakkudena kasvavad organismid seeneriigist. Küllaltki vähetähtsad arhivaalide biokahjustajad. Vrdl. *mikroseened.*

Päristuumsed organismid – e. **eukarüoodid**; organismid, kelle rakus esineb membraaniga ümbritsetud tuum. Päristuumsete organismide hulka kuuluvad seened, taimed, loomad.
Vrdl. *eeltuumsed organismid.*

Raamat – graafiline teadmiste säilitamise ja edastamise vahend. Kaasaegsete raamatute eelkäijateks on Egiptuse, Kreeka ning Rooma rullraamatud ja kirjutustahvlid ning 4. sajandil kasutusele võetud koodeksid. Raamat koosneb üht serva pidi kinnitatud lehtede või poognate plokist (raamatuplokk), mida katavad ja kaitsevad kaaned. Vrdl. *raamatuplokk, koodeks.*

Raamatuarheoloogia – raamatute materjalide ning valmistamistehnoloogiate ajalooga tegelev teadus.

Raamatujalas – raamatu või muude köidetud dokumentide ümbris, mis jätab vabaks köite selja.

Raamatuformaat – e. **kaust**; raamatu mõõtmed. 16.–19. sajandil näitas formaat paberipoogna jagumist, st. mitmeks on paberipoogen voltimisel murtud. Enamlevinud formaadid on foolio (2°), kvart (4°), oktaav (8°), duodeets (12°), sedeets (16°). Tänapäeval tähistavad need ploki kokkuleppelist piirkõrgust.

Raamatuplokk – e. **sisuplokk**; ühest servast kinnitatud (õmmeldud, traaditud, liimitud) lehed või poognad. Raamatuploki külge kinnitatakse kaaned.

Ramjee – looduslik kiudaine, mida saadakse bömeeriast ehk hiina nõgesest. Iseloomulikud on väga pikad ning looduslikest kiududest tugevaimad (rebenemispikkus 90 km) kiud. Kasutati paberi valmistamiseks.

Raudgallustint – rauasooli, galluspähkliekstrakti ja erinevaid happeid ning liimaineid sisaldavad tindid. Galluspähkiekstraktis sisalduv gallushape on värvitu, kuid reageerides õhuhapniku ja rauasooladega moodustab ta musta värvusega kompleksühendi. Laialdaselt kasutuses alates 4. sajandist.

RektoküIg – papüüruselehe see külg, kus ribad on horisontaalselt. Harilikult kirjutati just rektoküljele. Vrdl. *papüürus, versoküIg.*

Restaureerimine – e. **ennistamine**; arhivaalide töötlemine, mille eesmärgiks on taastada, rekonstrueerida dokument võimalikult esialgsel kujul. Vrdl. *säilitamine, konserveerimine.*

Rääspark – e. **traanpark**; loomsete ning taimsete õlide ning rasvadega pargitud nahk. Vrdl. *parkimine.*

Sekundaarsed saasteained – keemilised ühendid (väävelhape, lämmastikhape jt.), mis moodustuvad primaarsetest saasteainetest atmosfääris õhuhapniku, päikesekiirguse, veeauru ja teiste keskkonnategurite toimel ning omavahel reageerides. Vrdl. *primaarsed saasteained.*

Sfragistika – e. **pitseriteadus**; pitsateid ja pitsereid uuriv teadusharu. Vrdl. *pitsat, pitser.*

Signatuur – e. **poognaloend**; tähtede ja numbrite kombinatsioon, mis aitab köitmisel poognaid ja lehti järjekorda seada. Paigutatakse 1. ja 3. lehekülje (viimasel märgiga *) teksti alla vasakule.

Signeet – e. **trükkalimärk**; trükkali, kirjastuse või firma märk (embleem). Asetseb tavaliselt tiitellehel või raamatu lõpus.

Silikageel – amorfne ränidioksiid, väga suure niiskuseimamisvõimega. Kasutatakse õhuniiskuse stabiliseerimiseks suletud konteinerites ning vitriinides, aga ka õhukuivatusseadmetes.

Sinise villa standard – meetod valguse kahjustava toime hindamiseks. Selleks kasutatakse siniseks värvitud villanäidised, kusjuures värv on erineva vastupidavusega valguse pleegitavale toimele. Valguse käes olnud näidiste võrdlemisel standardiga leitakse valguse kahjustava toime ulatus.

Sisuline informatsioon – dokumendi sisu – tekst, joonised, fotod jne. Vrdl. *tehnoloogiline informatsioon.*

Smalt – sinine mineraalne värvaine.

Spoor – e. **eos**; seente paljunemisrakk. Tavaliselt üherakulised, väikesed, kaetud mitmekihilise kestaga, mis muudab nad ebasoodsatele keskkonnatingimustele vastupidavaks. Spoorid on ka bakterite püsirakud, mis tekivad ebasoodsate tingimuste üleelamiseks.

Sublimatsioon-kuivatus – arhivaalide kuivatamise meetod. Märgunud dokumendid külmutatakse ning tekkinud jää aurustatakse ehk sublimeeritakse. Töötlemine toimub kas atmosfäärirõhul või vaakumis.

Sulfaatmeetod – vt. *keemiline puitmass.*

Sulfitmeetod – vt. *keemiline puitmass.*

Sulfuratsioon – fotomaterjalide emulsioonikihis leiduva hõbeda muutumine hõbesulfiidiks saasteainete, temperatuuri ja niiskuse tõttu.

Säilitamine – kõik tegevused, mille eesmärgiks on aeglustada arhivaalide vananemist, st. muuta dokumendipärand kasutatavaks võimalikult pika aja vältel.

Säilitusindeks – **(PI)**; statistiline näitaja, mis iseloomustab püsiva temperatuuri ja õhuniiskuse kombinatsiooni mõju materjalide keemilise lagunemise kiirusele. Vrdl. *kaalutud säilitusindeks.*

Sünantroopsed liigid – inimkaaslejad looma- ja taimeliigid, mis on inimesega otseses seoses (parasiidid) või eelistavad inimtegevusega muudetud elupaiku (umbrohud).

Želatiin – loomse päritoluga väga puhas liimaine. Kasutatakse paberi liimistamisel (Euroopas alates 1380. aastatest).

Taimpark – taimsete parkainetega pargitud nahk. Vrdl. *parkimine.*

Tanniidid – mitmesugused taimsed parkained. Keemiliselt erinevad fenoolid ja fenoolide derivaadid. Eristatakse hüdrolüüsuvaid ja kondenseerunud tanniide. Vrdl. *parkimine.*

Tehnoloogiline informatsioon – dokumendi valmistamiseks kasutatud materjalid ning tehnoloogiad. Vrdl. *sisuline informatsioon.*

Tempel – e. **värvipitser**; kummist, kautšukist, metallist või mõnest muust ainest ese, mille ühele pinnale on süvendatud mingi kujutis või tekst. Värviga kaetult jätab alusmaterjalile jälje – templi.

Temperatuur – keha või keskkonna soojusenergeetilist olekut iseloomustav füüsikaline suurus, mida mõõdetakse kraadides. Keemiliste reaktsioonide, sealhulgas ka vananemisprotsesside kiirus suureneb temperatuuri tõustes.

Termograaf – seade õhutemperatuuri automaatseks registreerimiseks. Koosneb harilikult bimetalltermomeetrist ning isekirjutajast.

Tindikorrosioon – raudgallustintide poolt põhjustatud alusmaterjali (pärgament, paber) kahjustus. Iseloomulik on tindi tumenemine ja materjalisse sööbimine. Teksti kõrvalaladele ning lehtede teistele pooltele levib iseloomulik pruun värvus. Tindikorrosioon on tingitud tintide poolt esile kutsutud alusmaterjali hüdrolüüsist ja oksüdeerumisest.

Tint – värvainete lahused või suspensioonid, mis on ette nähtud kirjutamiseks paberile, pärgamendile või mõnele muule materjalile.

Toonimine – paberi värvuse lähendamine valgele erinevate täiendvärvide lisamisega.

Trükivärv – trükkimiseks kasutatav värv, mis koosneb pigmentidest, vedelast sideainest ja mitmesugustest lisanditest. Trükivärvides kasutatakse nii anorgaanilisi (tahm, tsinkoksiid) kui ka orgaanilisi pigmente.

Tsellulaasid – tselluloosi lagunemisreaktsioone katalüüsivad ensüümid. Vrdl. *ensüüm.*

Tselluloos – looduslik polüsahhariid, mille lineaarsed molekulid koosnevad glükoosijääkidest. Tselluloosi molekulid on vesiniksidemete varal liitunud kimpudeks. Taimsete kiudude põhikomponent.

Tušš – e. **süsiniktint**; joonistamiseks ja kirjutamiseks kasutatava pigmendi (tahma) suspensioon vees. Sisaldab tavaliselt ka mitmesuguseid teisi aineid (liimained, stabilisaatorid jm.).

Tõmbetugevus – paberi mehaanilist tugevust iseloomustav suurus – pabeririba katkirebimiseks kuluv jõud.

Tüpograafiline värnits – trükivärvides sideainena kasutav kuumutatud linaseemneõli. Vrdl. *trükivärv.*

Täismoone – putukate arenguviis. Elutsüklis muna, vastne, nukk ja valmik. Vrdl. *vaegmoone.*

Täiteained – paberimassi lisatavad mineraalained (kaoliin, kips, talk, savi, titaandioksiid), mis ühtlustavad paberi struktuuri ning suurendavad pinna siledust, paberi valgesust ja läbipaistmatust.

Tärklis – taimne polüsahhariid, koosneb amüloosist ja amülopektiinist. Amüloosi glükoosijääkidest moodustunud ahel on lineaarne ning amülopektiinil hargnev. Tärklise vees kuumutamisel tekib kleepuv kolloidlahus (kliister). Kasutatakse paberi liimistamisel, paberikatete valmistamisel ning liimainena konserveerimis-restaureerimistöödel.

Ultraheli – inimese kuuldepiirkonnast kõrgema sagedusega õhuvõnkumised. Kasutatakse mikroorganismide, eriti bakterite hävitamiseks.

Ultraviolettkiirgus – elektromagnetiline kiirgus lainepikkuste vahemikus 5...400 nm. Ultraviolettkiirgus on tugeva materjale kahjustava toimega.

Uteriinne vellum – aborteerunud ja surnultsündinud vasikate ning tallede nahast valmistatud eriti peen pärgament. Vrdl. *pärgament.*

Vaegmoone – putukate arenguviis. Elutsüklis muna, vastne ja valmik. Vrdl. *täismoone.*

Vaha – kõrgemate rasvhapete estrid kõrgemate alkoholidega. Vahad on amorfsed plastilised ained, hüdrofoobsed, sulavad ligikaudu 65 °C juures. Kasutatakse pitserite valmistamisel. Vrdl. *pitser.*

Valgendamine – 1. Kiulise toormassi töötlemine keemiliste ühenditega värviliste lisandainete värvitustamiseks.
2. Konserveerimis-restaureerimistööde käigus pabermaterjalide mõjutamine valguskiirgusega või mitmesuguste keemiliste ühenditega erineva värvusega plekkide ja laikude eemaldamiseks ning paberi üldise kollasuse vähendamiseks.

Valgeparknahk – maarja ning jahukliidega pargitud nahk. Vrdl. *parkimine.*

Valgesus – paberi optiline omadus, näitab paberipinnalt tagasipeegelduva valguse hulka protsentides.

Valgud – e. **proteiinid**; biopolümeerid, mis koosnevad peptiidsidemega seostunud aminohapetest. Valkudele on iseloomulik mitmetasemeline struktuurne organisatsioon. Valgud on naha, pärgamendi ja loomsete liimainete põhilisteks koostisosadeks. Vrdl. *aminohape.*

Valgus – elektromagnetkiirgus, mis hõlmab infrapunase, nähtava ja ultravioletse spektriala.

Valgustatus – keha pinnale langeva valgusvoo ja pinna pindala suhe. Iseloomustab kehade pinnale langeva valguse mõju. Mõõtühikuks luks (lx).

Valmik – täiskasvanud isend (putukatel).

Vananemine – materjalide füüsikalis-keemiliste omaduste muutumine erinevate endogeensete ja eksogeensete tegurite toimel. Vrdl. *endogeensed tegurid, eksogeensed tegurid.*

Versokülg – papüürüselehe see külg, kus ribad on vertikaalsed. Sellel küljele ei kirjutatud, papüüruselehe rulli keeramisel jäi väljapoole. Vrdl. *papüürus, rektokülg.*

Vesimärk – e. **filigraan**; traadijäljend paberi valamissõelalt, kuhu ladestub valamisprotsessis vähem paberimassi ning mis seetõttu jääb õhemaks ja läbipaistvamaks. Tähistasid vabrikut, omanikku, valmistamisaastat, paberisorti. Vesimärgid olid iseloomulikud Euroopas toodetud kaltsupaberile.

Vesinikperoksiid – suure oksüdeerimisvõimega viskoosne värvuseta vedelik, laguneb veeks ja hapnikuks. Kasutatakse kiudainete ja paberi valgendamisel. Vrdl. *valgendamine.*

Vetikad – päristuumsed, fotosünteesivad, ühe- või mitmerakulised organismid. Arhivaalide kahjustajatena esinevad väga harva, kuna nõuavad elutegevuseks väga kõrget õhuniiskust (100%).

Vääveldioksiid – gaasiline saasteaine. Kahjustab paberit, nahka ja fotomaterjale.

Õhu absoluutne (tegelik) niiskus – $1 m^3$ õhu veeaurusisaldus grammides. Vrdl. *õhu relatiivne niiskus.*

Õhu küllastav (võimalik) niiskus – antud temperatuuril õhus maksimaalselt sisalduda võiv veeaurukogus. Vrdl. *õhu absoluutne niiskus, õhu relatiivne niiskus.*

Õhuniiskus – õhus leiduv veeaur.

Õhu relatiivne (suhteline) niiskus – näitab, kui lähedal on õhus leiduv veeaur küllastusolekule. Võrdub absoluutse ja küllastava niiskuse suhtega protsentides. Vrdl. *õhu absoluutne niiskus, õhu küllastav niiskus.*