

EESTI KUNSTIAKADEEMIA
Kunstikultuuri teaduskond
Muinsuskaitse ja konserveerimise osakond

Karoliine Korol

PLASTIKARTEFAKTIDE KONSERVEERIMINE

MAGISTRITÖÖ

Juhendaja: Kurmo Konsa, PhD

Tallinn 2014

Autorideklaratsioon:

Kinnitan, et:

- 1) käesolev magistritöö on minu isikliku töö tulemus, seda ei ole kellegi teise poolt varem (kaitsmisele) esitatud;
- 2) kõik magistritöö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd (teosed), olulised seisukohad ja mistahes muudest allikatest pärinevad andmed on magistritöös nõuetekohaselt viidatud;
- 3) luban Eesti Kunstiakadeemial avaldada oma magistritöö repositooriumis, kus see muutub üldusele kättesaadavaks interneti vahendusel.

Ülaltoodust lähtudes selgitan, et:

- käesoleva magistritöö koostamise ja selles sisalduvate ja/või kirjeldatud teoste loomisega seotud isiklikud autoriõigused kuuluvad minule kui magistritöö autorile ja magistritööga varalisi õigusi kasutatakse vastavalt Eesti Kunstiakadeemias kehtivale korrale;
- kuivõrd repositooriumis avaldatud magistritööga on võimalik tutvuda piiramatul isikute ringil, eeldan, et minu magistritööga tutvuja järgib seadusi, muid õigusaktide ja häid tavasid heas usus, ausalt ja teiste isikute õigusi austavalt ning hoolivalt. Keelatud on käesoleva magistritöö ja selles sisalduvate ja/või kirjeldatud teoste kopeerimine, plagieerimine ning mistahes muu autoriõigusi rikkuv kasutamine.

„ ” 2014. a.

.....
magistritöö autori nimi ja allkiri

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele :

„ ” 2014.a.

.....
magistritöö juhendaja allkiri, akadeemiline või teaduskraad

Magistritöö kaitsmine toimub Eesti Kunstiakadeemia Kunstikultuuri teaduskonna muinsuskaitse ja konserveerimise osakonna magistritööde hindamiskomisjoni koosolekul 26. mail 2014. aastal.

Kaitstud hindele:

„ ” 2014. a. /

PLASTIKARTEFAKTIDE KONSERVEERIMINE

Resüme

Karoliine Korol

Enne 1862. aastat olid plastsetest polümeersetest materjalidest kasutusel vaid looduslikud plastikud. Populaarsed olid sarv, kilpkonna- ja elevantiluu, šellak ja looduslik kummi. Tarbeesemete valmistamine nimetatud materjalidest oli ajakulukas ja keeruline, nõudes vilunud meistri kätt. Toodang kippus olema habras ja ebastabiilne. Näiteks looduslik kummi muutub soojal temperatuuril pehmeks ning kleepuvaks, külmas seevastu kõvaks ja rabedaks. Sellele lisaks olid käsitööna valminud esemed eksklusiivsed (nt kilpkonnaluust kammid ja elevantiluu piljardikuulid). Tööstusrevolutsiooni õitseaja üha kasvavale keskklassile, kes püüdsid sarnaneda enam rikastele, ei olnud kallite ja ebastabiilsete tarbeesemete ostmine taskukohane ega otstarbekas. Kerkis vajadus uue materjali järele, mida saaks vähese vaevaga töödelda, mille toormaterjal oleks lihtsasti kättesaadav, millega saaks imiteerida eksklusiivmaterjale, mis oleks vastupidav ning mis kõige tähtsam – oleks odav. Uus poolsünteetiline plastik, parkesiin (nitrotselluloos), tähistab plastikuajastu algust materjalitehnoloogia ajaloos.

Algselt igavesti vastupidavatena reklaamitud plastikud murdsid antud lubadusi. Tänapäeva keemiatööstuses loetakse pika säilivusega plastikute hulka need, mille mehaanilised, keemilised ja füüsikalised omadused on püsivad 15 – 25 aastat. Kiire vananemise põhjuseks on plastikute tundlikkus peaaegu kõigele neid ümbritsevale – hapnikule, valgusele, niiskusele, temperatuurimuutustele, hapetele, alustele ning erinevatele keemilistele ühenditele. Lisaks võivad plastikud ka iseendile kahjulikud olla. Nimelt eraldub mitmetest plastmassidest vananedes keemilisi ühendeid, mis ühes õhus leiduva niiskuse ja hapnikuga moodustavad happelisi ühendeid (nt lämmastik- või äädikhape). Seega võib ette kujutada, kui suurt muret põhjustab 30, 50 või isegi üle 100 aasta vanuste plastikesemete säilitamine muuseumidele.

Vaatamata küllalt arvukatele plastikesemete kogudele muuseumides on plastikute konserveerimine väheuuritud valdkond. Eraldi konserveerimisharuna on see eksisteerinud alates 1990ndatest. Kuigi tegemist on üha enam tähelepanu koguva temaga, tegelevad Euroopas sellega vaid loetud riigid. Eestis ei ole plastikute konserveerimisvõimalusi sügavamalt uuritud. Eestikeelne materjal teema kohta on puudulik. Muuseumide kogude eest hoolt kandvad inimesed mõistavad probleemi tõsidust, kuid infot selle lahendamiseks hankida on keeruline. Eestis puudub plastikute konserveerimise spetsialist ning selleteemaline väljaõpe.

Lõputöö on koostatud iseseisva teadusliku uurimusena, milles sisalduv materjal põhineb enamjaolt inglisekeelsetel allikatel. Kasutatud on plastikute konserveerimisele keskenduvaid ja polümeeriteadust käsitlevaid raamatuid (kokku 24), internetipõhiseid veebilehtede/ajakirjade artikleid (24 viidet) ning teemakohastelt usaldusväärsetelt internetilehtedelt (nt *The Plastics Historical Society*) pärinevat infot (40 viidet). Ühtlasi põhineb magistritöö autori kogemustel ja katsetel. 2011. aasta sügisel läbis autor Helsingis Metropolia Rakenduskõrgkoolis Yvonne Shashoua juhendamisel teoreetilis-praktilise kursuse „Modernsete materjalide konserveerimine“. Seejärel teostas autor iseseisvalt sarnaseid katseid bakalaureusetöö kirjutamisel. 2013. aasta jaanuaris koostas autor praktikandina Tartu Mänguasjamuuseumis plastikmuseaalide seisundihinnanguid ning konserveeris mitmeid plastikmuseaale. 2013. aasta sügisel külastas autor Eesti Rahva Muuseumi, Eesti Tarbekunsti- ja Disainimuuseumi, Eesti Spordimuuseumi ning Tallinna Linnamuuseumi Lastemuuseumi. Autor intervjueris Kaie Kukke (ERM-i konserveerimisosakonna juhataja), Kai Lobjakat (ETDM-i juhataja), Kaie Voolaidu (Eesti Spordimuuseumi peavarahoidja) ja Maris Rosenthali (Tallinna Linnamuuseumi Lastemuuseumi varahoidja). Liis Rehaga (Tartu Mänguasjamuuseumi varahoidja) toimus pidev suhtlus. Intervjuud ja muuseumide külastused kinnitasid plastikmuseaalide säilitamise probleemi olemasolu ning tõsidust.

Kuna Eestis ei ole varem avaldatud plastikmuseaalide ja –esemete säilitamisest lähtuvat materjali, on antud uurimustöös põhjalikult käsitletud plastmasside koostist ja omadusi, enamlevinud tüüpe, võimalikke identifitseerimismeetodeid ning vananemispõhjusi ja protsesse. Tuginedes võrkeelsele infole ning praktikale Tartu Mänguasjamuuseumis on autor koostanud esmase praktilise plastikmuseaalide konserveerimise juhendi. Olulise uuendusena koostas autor plastikmuseaalide seisundihinnangusüsteemi ja ankeedid.

Lõputöö on mõeldud lugemiseks varahoidjatele, konservatoritele, tudengitele ja kollektsionääridele. Ühtlasi võib see olla põnev materjalitehnoloogia ajaloost huvituvale inimesele. Uurimustööst kogutud teadmised võimaldavad esmaste konserveerimismeetodite kasutamist nii muuseumides kui kodudes.

Võtmesõnad: *degradatsioon, identifitseerimine, konserveerimine, plastik, seisundihinnang, vananemine*

Sisukord

Resümee	3
1. Sissejuhatus	9
2. Mis on plastik?	12
2.1. Polümeeride ehitus	13
2.2. Plastmasside koostis	16
3. Levinumad plastikud muuseumikolleksioonides	18
3.1. Looduslikud plastikud	18
3.2. Nitrotselluloos	24
3.3. Tselluloosatsetaat	27
3.4. Kaseiin-formaldehüüd	28
3.5. Fenool-formaldehüüd	29
3.6. Aminoplastid	31
3.7. Polüstüreen	32
3.8. Polüamiidid.....	33
3.9. Polümetüülmetakrülaad.....	35
3.10. Polüvinüülkloriid.....	36
3.11. Polüetüleen	39
3.12. Polüuretaan	41
3.13. Epoksiidvaigud	41
3.14. Polüpropeen.....	42
3.15. Polükarbonaat	43
4. Plastmasside identifitseerimine	45
4.1. Mittekahjustavad identifitseerimise meetodid.....	47
4.1.1. Välimus.....	47
4.1.2. Tootjalogod.....	50
4.1.3. Tootmine.....	51
4.1.4. Vananemistunnused.....	51
4.1.5. Lõhn.....	52
4.1.6. Materjalitunnetus	52
4.2. Kahjustavad identifitseerimismeetodid	53
4.2.1. Tiheduse test	53
4.2.2. Kuumutamine ja põletustest	54
4.2.3. Lahustuvustest	55
4.2.4. Test nitrotselluloosi määramiseks	55
4.3. Plastikute näidiste karp.....	56
5. Plastmasside vananemine ja kahjustused	57
5.1. Tootmine ja defektid.....	58
5.1.1. Tootmismeetodid	58
5.1.1.1. Pressimine.....	59
5.1.1.2. Ekstrusioon	59
5.1.1.3. Kalandreerimine ja vormimine.....	61

5.1.1.4. Survevalumeetod	61
5.1.1.5. Rotatsioonvalu	62
5.1.1.6. Keevitamine ja liimimine	63
5.1.2. Tootmisdefektid	64
5.2. Plastikmaterjalide kahjustused	67
5.2.1. Mehaanilised kahjustused	67
5.2.2. Füüsilised kahjustused	69
5.2.2.1. Niiskuskahjustused	69
5.2.2.2. Termokahjustused	70
5.2.3. Keemilised kahjustused	71
5.2.3.1. Valguskahjustused	72
5.2.3.2. Oksüdatsioon	73
5.2.3.3. Kuldplastiku sündroom	74
5.2.3.4. Hüdroolüüs	74
5.2.3.5. Termolüüs	75
5.2.4. Füüsikalise-keemilised kahjustused	75
5.2.4.1. Pehmendite ja lisaainete migratsioon	76
5.2.4.2. Polümeeride lahustuvus	77
5.2.5. Bioloogilised kahjustused	78
5.3. Erilist tähelepanu nõudvad plastikud	80
5.3.1. Nitrotselluloos	80
5.3.2. Tselluloosatsetaat	82
5.3.3. Pehmendatud PVC	82
5.3.4. Vahtpolüüretaan	84
5.3.5. Vulkaniseeritud kummi	84
6. Plastikartefaktide seisundihinnangu süsteem	95
6.1. Plastikartefaktide seisundihinnangu koostamine	95
6.2. Plastikmuseaalide seisundihinnangu ankeet	99
7. Plastikartefaktide konserveerimine	100
7.1. Ennetav konserveerimine	102
7.1.1. Käsitsemine	102
7.1.2. Säilitamine ja säilitustingimused	103
7.1.2.1. Hoidla säilitustingimused	103
7.1.2.2. Museaalide paigutus hoidlates	108
7.1.2.3. Happelisi lenduvaid ühendeid eraldavate museaalide kindlakstegemine	110
7.1.2.4. Kahjustavate ühendite kogujad	111
7.1.2.5. Plastikmuseaalide külmutamine	112
7.1.3. Plastikmuseaalide eksponeerimine	114
7.1.4. Plastikmuseaalide säilitamiseks ja eksponeerimiseks sobivad materjalid	116
7.1.5. Plastikmuseaalide märgistamine	117
7.2. Aktiivne konserveerimine	118
7.2.1. Puhastamine	119
7.2.2. Konsolideerimine	123
7.2.3. Liimimine ja aukude täitmine	125

7.2.4. Pinnakaitse võimalused	127
8. Kokkuvõte	131
Kasutatud kirjandus ja teised allikmaterjalid	134
Summary	141
Lisad.....	147
Lisa 1. Mõnede polümeeride nimetuste lühendid.....	148
Lisa 2. Tuntumate kohalike plastikutootjate logod	149
Lisa 3. Mõnede tuntumate välismaiste tootjate logod	150
Lisa 4. Tuntumad plastikute kaubanduslikud nimed	151
Lisa 5. Mõnede plastikute avastamise ajajoon	152
Lisa 6. Plastikute kasutamise kulgemine	153
Lisa 7. Plastikute töötlusmeetodite areng	155
Lisa 8. Plastmasside kohalik juurutamine	157
Lisa 9. Mõnede plastikute klaasisiirde- ja sulamistemperatuurid.....	159
Lisa 10. Mõnede polümeeride ja lahustite lahustuvusparameetrid.....	159
Lisa 11. Mõnede polümeeride tihedused	159
Lisa 12. Mõnede plastmasside täiteained	160
Lisa 13. Plastikmuseaalide seisundihinnangu laiendatud ankeet	161
Lisa 14. Plastikmuseaalide seisundihinnangu lihtsustatud ankeet	162
Lisa 15. Plastikmuseaalide näidishinnangud	163
Lisa 16. Konserveerimisprotokollid	176

1. Sissejuhatus

Tänapäeva inimene on harjunud plastikuga, justkui oleks see alati olemas olnud. Üha kasvav keskkonnareostus ning kuhjuv plastikprügi on paljude suhtumise plastmassi muutnud negatiivseks. Sellise hoiakuga on lihtne unustada kuivõrd oluline see materjal teaduse ning tehnoloogia arenguks tegelikult on olnud. Alles 150 aastat tagasi valmistati kamme lehmasarvedest, piljardikuule elevantiluust, golfipalle hobusenahast ja hanesulgedest, hambaproteese puidust või luust. Plastikuta ei oleks vennad Lumière'id saanud filmida saabuvat rongi, Alexander Bell ei oleks saanud Thomas Watsonile helistada, Dame Nellie Melba aariad ei oleks raadiost kostunud, Philo Farnsworth poleks saanud valmistada TV-süsteemi, Neil Armstrong ei oleks saanud kuuljalutada ning Steve Jobs ei oleks saanud kokku panna esimest Macintoshi.¹

Plastimassist valmistatud skulptuure, installatsioone, disaintooteid aga ka tarbeesemeid leidub muuseumide kogudes võrreldes teiste materjalidega küllat vähe, kuid siiski tähelepanuväärses koguses. Vastupidiselt levinud arvamusele, et plastikud ei vanane, toimub nende mehaaniliste, keemiliste ja füüsikaliste omaduste degradatsioon võrreldes näiteks tekstiili, naha, puidu ja metallidega märgatavalt kiiremini. Vaatamata sobivate säilitustingimuste loomise võimalusele ning ettevaatusele, vananevad plastikud ka muuseumides. Murettekitav on asjaolu, et plastikukogud on hoogsasti kasvavad, seega on ka probleem nende säilitamisega suurenev.

Kuigi plastikumuseaalide konserveerimist praktiseeriti ka varem, on see eraldi konserveerimisharuna eksisteerinud alates 1990ndatest. Plastikute konserveerimisest on välja antud neli raamatut. Neist esimene jõudis trükki aastal 1999, järgmine alles 2008, kolmas 2009 ning viimane 2012. aastal. Tegemist on uue ja hoogu koguva konserveerimissuunaga. Üha enam ilmub internetti ning paberkandjatele artikleid, mis tutvustavad uusi säilitamismeetodeid ja materjale. Ei saa väita, et tegemist on parimate lahendustega – 24aastane praktika ei ole selleks piisav aeg. Plastikute konserveerimistehnikad ja säilitusmeetodid alles väljatöötamisel.

Eestis ei ole plastikute konserveerimisega kuigivõrd tegeletud, mistõttu omakeelset infotema kohta leidub vaid napisõnaliselt mõnes väljaandes (nt K. Konsa „Artefaktide säilitamine“). Seetõttu on plastikute konserveerimise suureks probleemiks teadmatus: ei teata,

¹ Vt Lisa 6.

kuidas plastikutüüpe eristada; ei osata märgata paljusid kahjustusi ega teata nende tekkepõhjust; ei teata, kuidas vananenud plastikesemetega toimida ega teata, et mitmetele plastikutele on ette nähtud omamoodi säilitustingimused. Informatsiooni puudulikkuse tõttu valitakse paratamatult ebasobivad konserveerimismeetodid ja –vahendid või jäetakse plastikese konserveerimispraktikast sootuks kõrvale. Küllastanud mitmete kohalike muuseumide hoidlaid ja ekspositsiooniruumide ning intervjuerinud konservaatoreid ja varahoidjaid, mõistan plastikute säilitamisprobleemide ulatust kohalikes muuseumides.

Magistritöö eesmärgiks on plastikute konserveerimisharu toomine Eestisse, tutvustades lugejatele maailmas väljatöötatud säilitusmeetodid. Koostatud materjal annab ülevaate plastikesemete tootmise ajaloost, identifitseerimisvõimalustest ning vananemispõhjustest. Võimalikult eluliste näidete abil püüab kirjutatu lugejas äratada huvi seni kaugeks jäänud teema vastu. See on justkui teaduslik käsiraamat, mis pakub välja mitmeid lihtsasti-rakendatavaid säilitusvõtteid, mida saavad ka kollektsionäärid oma kodudes kasutada.

Kirjutatud materjal põhineb enamjaolt inglisekeelsel materjalil. Kasutasin nii plastikute konserveerimist käsitlevaid (nt Y. Shashoua „*Conservation of Plastics*“) kui ka polümeeri-teadust üldisemalt tutvustavaid raamatuid (nt J. Brydson „*Plastics Materials*“). Plastmasse tutvustavatest raamatutest olen sihilikult kasutanud ka vanemaid väljaandeid (nt T. Muring „*Plastmassid ja plastmasstooted*“), saamaks ajastukohast informatsiooni tootmismeetoditest ja toodetest. Lisaks olen teemakohast infot ammutanud paljudest internetipõhistest veebilehtede ja ajakirjade artiklitest ning usaldusväärsetelt veebilehtedelt (nt *The Plastics Historical Society*). Kõik võõrkeelsed terminid on erialaste sõnaraamatute abil kontrollitud. Uurinud plastikute vananemist ka oma bakalaureusetöös, olen teatud mahus magistritöö kirjutamisel toona koostatud materjali kasutanud.

Kuigi antud lõputöö on suures osas refereeriv, põhineb see arvestatavas mahus minu kogemustel ja katsetel. 2011. aasta sügisel läbisin Helsingis Metropolia Rakenduskõrgkoolis Yvonne Shashoua juhendamisel teoreetilis-praktilise kursuse „Modernsete materjalide konserveerimine“, kus tutvustati erinevaid plastikute identifitseerimise meetodeid. Seejärel praktiseerisin plastikute identifitseerimist iseseisvalt bakalaureusetöö kirjutamise vältel 2012. aasta kevadel. Magistritöö kirjutamise jooksul olen katsetanud plastmasside puhastamis-, konsolideerimis- ja liimimisvõimalusi. 2013. aasta jaanuaris koostasın praktikandina Tartu Mänguasjamuuseumi plastikmuseaalide seisundihinnanguid ja konserveerisin mitu plastikmuseaali.

Olulise uuendusena töötasin Tartu Mänguasjamuuseumi praktika käigus välja plastikmuseaalide seisundihinnangu süsteemi ja ankeedid. Plastikute puhul on korrektne seisundihinnang väga oluline, kuna sellest sõltuvad eseme säilitustingimused ja konserveerimismeetodid. Põhjalikke hindamisankeete võib kasutada õppematerjalidena, kus on eraldi välja toodud plastikesemete enamlevinud kahjustused, vältimaks nende märkamata jäämist ning väärade seisundihinnangu moodustamist.

Magistritöö jaguneb kuueks osaks. Esimene osa selgitab lugejale, mis on polümeerid ning millest koosnevad plastmassid. See on oluline baasmaterjal, mis aitab mõista plastikute vananemise käigus ilmnevaid reaktsioone ja selgitab, miks plastikud üksteisest erinevad. Järgnev peatükk annab ülevaate plastikmuseaalide seas enamlevinud ja konservaatori jaoks olulisematest plastikutest. Magistritöö kolmandast osast leiab lugeja moodused, kuidas eelnevas peatükis tutvustatud plastikuid eristada ning mis meetoditega neid identifitseerida. Uurimuse neljas osa käsitleb plastmassidele vananemise põhjusi ja tulemusi. Peatüki lõpus on kokkuvõtlik tabel plastikute kahjustuste kohta, mis on vajalikuks eelmaterjaliks järgnevas peatükis tutvustatava plastikartefaktide seisundihinnangute koostamise süsteemi kasutamisele. Magistritöö viimane osa keskendub plastikute konserveerimismeetoditele, nii ennetavatele kui ka aktiivsetele. Uurimustööst moodustavad arvestatava osa lisamaterjalid, kuhu on kogutud info plastikute ajaloo, töötlemise, täiteainete, omaduste ja parameetrite kohta. Ühtlasi leiab lisadest plastikute seisundite hindamiseks koostatud ankeedid, näited nende kasutamisest ning kolm praktilise konserveerimise protokollid.

Käesolev iseseisva uurimusena valminud magistritöö on esimene põhjalik eestikeelne kirjalik materjal plastikute praktilise identifitseerimise, vananemise ja konserveerimise teemal. See on mõeldud lugemiseks varahoidjatele, konservatoritele, tudengitele ja kolleksionääridele. Loodan, et minu lõputöö äratab lugejas piisavalt huvi ja entusiasmi plastikute konserveerimisuuna arendamiseks kohalikul tasandil.

Soovin tänada kõiki, kes olid mulle magistritöö kirjutamisel toeks ja abiks, eeskätt juhendajat prof. Kurmo Konsat. Aitäh Tartu Mänguasjamuuseumi varahoidjale Liis Rehale ja juhatajale Triin Vaarole. Täna Maris Rosenthali, Kai Lobjakat, Kaie Voolaidu ja Kaie Kukke intervjuude eest. Aitäh Krista Laidole ja suur tänu Tiit Bürklandile.

2. Mis on plastik?



Joonis 2.1: Kaader dokumentaalfilmist *Plastic Planet*. Üks saksa pere demonstreerib, kui palju plastikut nende majas leidub.²

Tänaseks on plastikust kujunenud meie igapäevaelu lahutamatu osa. Heites kerge pilgu ruumile, kus viibime, võime täheldada hulganisti plastikust valmistatud tarbeesemeid (joonis 2.1). Osad on vastupidavamad ning olnud meie kasutuses küllalt pikka aega (nt televiisori- ja sülearvutikorpused). Teised esemed on jällegi vastupidiselt kiiresti purunenud ning leidunud oma lühikese kasutusea lõpu prügikastis (nt ühekordselt kasutatavad nõud, toidupakendid ja pudelid). Nii vastupidavate kui ka nõrgemate plastmaterjalide kohta ollakse harjunud kasutama ühte üldist sõna – plastik. Kui aga selle sõna tähendusse süveneda, tekib mõtteisse hulk küsimusi: miks on üks plastik tugev, teine nõrk; üks pehme, teine kõva; mõni läbi- paistev, teine tuunjas; üks kuumakindel ning teine mitte. Vastamaks nendele küsimustele viib järgnev peatükk lugeja väikesele retkele polümeeri keemiasse. See on plastmasside mõistmise alus, mis selgitab, miks plastikemetega toimuvad teatud protsessid ja mispärast on erinevatel plastikutel omamoodi füüsikalised, keemilised ning mehaanilised omadused.

² Magistritöös esinevate fotode ja jooniste viited leiab kasutatud kirjanduse loetelust.

Tihti peale ilmneb nii kõnes kui kirjas üheskoos sõnapaar plastikud ja polümeerid. Neid kasutatakse mõnikord lausa sünonüümidenä, mis on väär, kuna näiteks DNA ja proteiinid on samuti polümeerid. Selleks et polümeeridest saaks plastikud, tuleb need lisaainete abil stabiliseerida ning vedelast olekust tahkeks muuta.

Plastikud on polümeersed materjalid, mida on võimalik kuumuse ja surve abil vormida. Need võivad olla looduslikud või tehislilikud (pool- ja täissünteesilised). Esimesed teadaolevad plastikud olid looduslikku päritolu – merevaik, sarv, kilpkonnaluu, looduslik kummi, gutta-perša. Järgmisena hakati loodusliku materjali baasil valmistama poolsünteesilisi plastikuid. Neile lisati erinevaid kemikaale, et saadus oleks stabiilsem ja töötlemine lihtsam. Esimese poolsünteesilise plastiku avastas šveitsi keemik Christian Friedrich Schönbein, kui ta 1846. aastal töötles tselluloosi lämmastik- ja väävelhappega. Saadus oli orgaanilistes lahustites lahustuv ning kuumutades pehmenev. Ühtlasi oli see ülikergesti süttiv, mistõttu sobis kasutamiseks vaid lõhkeainena ning sai endale nimetuse püroksüliin ehk „puuvillapüssirohi“ (*gun cotton*). Poolsünteesiliste plastikute hulka kuuluvad veel näiteks vulkaniseeritud kummi (väävliga töödeldud looduslik kummi) ja galaliit (kaseiin-formaldehüüd). Kolmas plastikute kategooria on täissünteesilised plastmassid, mille valmistamist alustati 20. sajandi esimesel kümnendil. Nendeks on vanimana fenool-formaldehüüd, uuematena näiteks polüetüleen, polüuretaan ja polüvinüülkloriid.³

2.1. Polümeeride ehitus

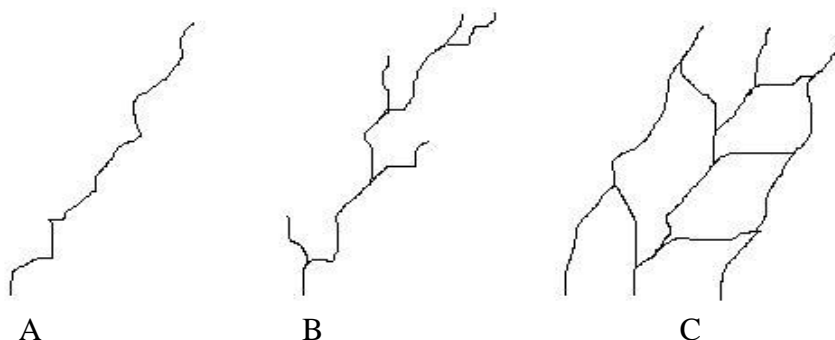
Sõna „polümeer“ tuleneb kreeka keelest, kus *poly meros* tähendab vastavalt palju osasid. Polümeerid on kõrgmolekulaarsed ühendid, mille molekulid koosnevad paljudest madalamolekulaarsetest ühenditest ehk monomeeridest, mis asuvad makromolekulides kindlas järjestuses, moodustades konkreetse struktuuriga pikki ahelaid. Ahelate kuju järgi jaotatakse polümeerid lineaarse, hargnenud ja seotud ahelaga polümeerideks (joonis 2.2). Lihtsaim näide on polüetüleeni lineaarne makromolekul, mis moodustub etüleeni molekulide liitumisest.

Polüetüleeni makromolekul: ... - CH₂ – CH₂ – CH₂ – CH₂ - ...

Lineaarse ahelaga polümeerid moodustuvad pikkadest makromolekulidest, mille kuju soojusliikumise tagajärjel pidevalt muutub. Hargnenud ahelaga polümeerides on põhiahela

³ Mossman, Susan. *Fantastic Plastic. Product Design + consumer culture*. London: Black Dog, 2008, lk. 35.

külge seotud külghahelad. See, kuidas külghahelad paiknevad, mõjutab polümeeride omadusi. Seotud ahelatega polümeerides on makromolekulide põhiaahelad ühendatud põikisidemetega.⁴



Joonis 2.2. A - lineaarne ahel; B - hargnenud ahel; C - seotud ahel⁵

Polümeeride ehitusest tulenevad omadused

Lineaarse ja hargnenud ahelaga polümeerid on toatemperatuuril elastsed ja lahustuvad kergesti orgaanilistes lahustites. Kuumutamisel muutuvad plastseteks, jahtumisel tahenevad. Kuumutamise- ja jahtumistsükleid on võimalik korduvalt teostada, ilma et materjali omadused oluliselt kahjustuks. Selliseid polümeere nimetatakse termoplastseteks. Seotud ahelaga polümeere ei ole võimalik korduvalt temperatuuriga mõjutada. Kui materjal on juba tahkunud, ei saa seda uuesti üles sulatada ja vormida. Harilikult ei lahustu need ka orgaanilistes lahustites. Selliseid polümeere nimetatakse termoreaktiivseteks.⁶

Polümeeri omadusi mõjutab suurel määral selle kristallilisuse aste, mis tuleneb ahelate regulaarsest struktuurist. Siinkohal ei tohiks eeldada, et seotud molekulahelatega polümeerid on kristallilised ning lineaarsete ja hargnenud ahelatega amorfised. Kristallilisus esineb teatud määral kõikidel polümeeridel. Kuna kristalliline struktuur on kolmemõõtmeline ning korrapärane, on valgusel sellest keeruline läbi pääseda. Seetõttu on kristallilised polümeerid opaaksed, amorfised seevastu läbipaistvad. Loomulikult takistavad valguse teekonda ka täiteained. Kristallilistest polümeeridest valmistatud plastikud on tavaliselt jäigemad, paremate mehaaniliste omadustega, vähem lahustuvad ja kõrgema sulamistemperatuuriga kui

⁴ **Mauring**, Tõnu. *Plastmassid ja plastmasstooted*. Tartu: Tartu Riiklik Ülikool, 1985, lk. 5.

⁵ Samas. – magistritöö autori joonis raamatus olnud joonise järgi.

⁶ Samas, lk. 7.

amorfsete plastmassid.⁷ Kõrge kristallilisusastmega plastikud on polüetüleen, polüpropeen ja teflon. Amorfsete plastikute hulka kuuluvad akrüüliplastid, polüstüreen, polüetüleentereftalaat (PET) (joonis 2.3) ja polüvinüülkloriid (PVC).



Joonis 2.3: PET-st valmistatud pakend on läbipaistev. Seevastu PVC-st koerad on tuunjad, mis on lisatud täideainete tõttu. (Autori foto)

Polümeeride omadused sõltuvad makromolekulide massist. Molekulmassi suurendamine toob kaasa mehaanilise tugevuse ja kõvaduse kasvu ning kuumakindluse tõusu. Samas mõned omadused alanevad, näiteks lahustuvus. Selline omadus piirab suure molekulmassiga polümeeride

kasutamise võimalusi lakkide ja liimide valmistamisel. Konserveerimisel kasutatakse eeskätt madalama molekulmassiga polümeere, mille hea lahustuvus teeb võimalikuks nende hilisema eemaldamise. Siinkohal tuleb meele pidada, et aja jooksul toimub polümeeride molekulaahelates teatavaid muutusi, mille tulemusel molekulaahelad tihtilugu ristsilduvad (*cross-linking*). Nõnda väheneb polümeeri lahustuvus.

Polümeeride makromolekulide vahel eksisteerib pidev vastasmõju, mis on peamiselt tingitud molekuli dipoolmomentidest ehk siis suurema polaarsusega molekulidel on vastasmõju tugevam. Mida suurem on aga vastasmõju, seda jäigem ja kuumakindlam on polümeer. Seetõttu on polümeerid, mille makromolekulid sisaldavad hulganisti polaarseid rühmi (-OH, -COOH, -CN – nt fenoolplastikud) kõrge mehaanilise tugevusega, kuumakindlad ja keemiliselt inertsed. Samas on need väikese külmakindlusega, haprad ning suhteliselt kehva isolatsiooniomadustega. Polümeerid, mille koostisest puuduvad tugeva vastasmõjuga polaarsed rühmad on suure elastsusega, külmakindlad ja väga heade dielektriliste omadustega (nt polüstüreen). Ühtlasi on need kergesti lahustuvad ning kuumatundlikud.⁸

⁷ Lippmaa, Helle. *Polümeerisõnastik. Polümeeride ja polümeermaterjalide keemia, füüsika ja tehnoloogia*. Tallinn: Euroõlikool, 2001, lk. 75 – 76.

⁸ Mauring, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 9.

2.2. Plastmasside koostis

Polümeerist plastmassi saamiseks lisatakse sellele tugevdajaid, täiteaineid, pehmenteid ehk plastifikaatoreid, stabilisaatoreid, värvaineid ning mõnikord ka teisi polümeere. Enamlevinud täiteained on välja toodud uurimuse lisades (vt Lisa 12).

Tugevdajad annavad plastmassile jäikuse ja mehaanilise tugevuse. Nendena toimivad hapete anhüdriidid, väävel, aga ka kõrge happelisusega keskkond. Kõvendavad reaktsioonid põhjustavad lineaarse või hargnenud ahelaga polümeeride molekulahelate ristsildamist.⁹ Samas võivad tugevdajateks olla ka polümeeriga mittereageerivad materjalid, näiteks puidupuru, kangaribad, klaaskiud ja nõgi.

Pehmendid on olulised lisaained, mis muudavad plastiku elastsemaks ning külmakindlamaks. Polümeeride molekulidevahelised sidemed on tihtilugu intermolekulaarse tõmbejõu tõttu väga lühikesed. Kuumutamisel hakkavad molekulid vibreerima, mille tulemusel tekkiv energia ületab intermolekulaarse tõmbejõu ning molekulidevahelised sidemed hakkavad venima. Seda iseloomustab polümeeri pehmenemine. Kui näiteks PVC-le lisatakse kuumutamisel plastifikaatoreid, liiguvad pehmendi molekulid PVC molekulide vahele, takistades materjali jahtumisel molekulidevaheliste sidemete kokkutõmbumise endisesse asendisse – polümeer säilitab oma pehmuse. Pehmenditena kasutatakse madala molekulmassiga orgaanilisi aineid, klooriga töödeldud parafiine, fosfaateid, epoksüdeeritud õlisid.¹⁰ Kõige tuntumad pehmendid on aga ftalaadid, millest viimasel ajal on ka suhteliselt palju juttu olnud. Tegemist on inimloodud kemikaalidega, mida kasutatakse enamasti PVC pehmemdamiseks. Probleemiks on nende ohtlikkus elusorganismide. Kõige mürgisemad – DEHP, DBP ja BBP – on Euroopa Liidus keelustatud.

Täiteaineid lisatakse plastmassi koostise tugevuse tõstmiseks, tuleohtlikkuse vähendamiseks, polümeerikoguste kokkuhoiuks. Need on tahked ained, mis ei reageeri plastmassi teiste komponentidega. Täiteaine sisaldus võib olla kuni 2/3 plastmassi koostisest. Eristatakse pulbrilist, teralist ja kiulist täiteainet. Pulbrilised ja teralist anorgaanilised täiteained on kvartsiiv, talk, kriit, grafiit, tsement, rauapuru, alumiiniumoksiid. Selliste täiteainete lisamisel alandatakse plastiku hinda ning tõstetakse kulumiskindlust. Kiulised anorgaanilised täiteained on asbest ja klaaskiud. Neid kasutatakse kuuma- ja tulekindlate plastmasstoodete

⁹ **Mauring**, *Plastmassid ja plastmasstooded*, lk. 9.

¹⁰ **Quye, A., Williamson, C.**, *Plastics. Collecting and Conserving*, Edinburgh: NMS Publishing Limited, 1999, lk. 28.

valmistamisel. Orgaanilise päritoluga pulbriliseks täiteaineks on puidujahu, kiulisteks ligniin, tekstiilijäätmed ja paber.¹¹ Vahtplastmasside saamiseks lisatakse koostisesse gaase tekitavaid täiteaineid (nt süsinikdioksiidi, lämmastikku, hapnikku), nii saadakse poor- ja mullplaste.¹²

Stabilisaatorite abil säilitatakse plastmassi omadused nii töötlemise kui ka eksploatatsiooni jooksul. Need takistavad keemiliste muutuste tekkimist hapniku, soojust ja valguse toimel. Stabilisaatoritena kasutatakse amiine, fenooli, metalliühendeid ja tahma.¹³

Värvaineid ja pigmente kasutatakse plastmasside toonimiseks. Värvained on toonitud orgaanilised kemikaalid, mis lahustuvad polümeeris. Osad termoplastikud muutuvad vaatamata oma läbipaistvusele töötlemise poolt tekitatud vananemise tulemusena kergelt kollakaks. Kollakat tooni saab tasandada, lisades polümeerile sinist värvi, mis vähendab kollakate lainepikkuse ülekannet.¹⁴ Pigmentid, mis võivad olla nii orgaanilised kui anorgaanilised, ei lahustu polümeeris. Osa mineraalpigmente (nt tsinkoksiid) toimivad nii täiteainena kui ka pigmentina. Enamkasutatud pigmentid on titaaniumdioksiid, puudristatud metallid, kaadmiumsulfiid, tsinkoksiid, ultramariin, süsinik ja raua oksiidid.¹⁵

Lisaks eelpoolnimetatutele, kasutatakse lisaainetena libestajaid, mis parandavad plastiku omadusi voolavas olekus, võimaldades paremat töötlemist. Need toimivad nii sulanud materjali viskoossuse kui ka adhesiooni vähendajatena materjali ja vormi seinte vahel. Enamasti migreeruvad libestajad polümeeri koostisest vormi pinnale, kuna neil on tunduvalt parem keemiline ühenduvus metallidega. Tekkiv õhuke kiht vormi pinnal toimibki plastiku kokkukleepumise vähendajana metalliga. Enamkasutatavad libestajad on steariinhape, kaltsium, plii, kaadmiumi- ja baariumisoolad ning parafiinvaha.¹⁶

¹¹ **Mauring**, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 17.

¹² **Shashoua**, Yvonne. *Conservation Of Plastics*. Oxford: Elsevier, 2008, lk. 67.

¹³ **Mauring**, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 17.

¹⁴ **Rosen**, L., Stephen. *Fundamental Principles Of Polymeric Materials. Second Edition*. New York: A Wiley-Interscience Publication. 1993, lk. 382.

¹⁵ **Quye; Williamson**, *Plastics...*, lk. 28.

¹⁶ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 67.

3. Levinumad plastikud muuseumikolleksioonides

Tänaseks on plastikutööstus jõudnud nii kaugemale, et igapäevaeluks vajaminevate esemete tootmiseks on kasutusel ligikaudu 40 erinevat plastikut. Tegelikult on plastikuid muidugi palju rohkem, kuid tegemist on eriotstarbeliste polümeersegudega, mis on olulised kõrgtehnoloogiliseks inseneritööks. Plastikukonservaatori õnneks algas tormilisem plastikust tarbekaupade tootmine alles pärast Teist maailmasõda, mistõttu on muuseumikogudesse kuuluvate plastikutüüpide hulk mõnevõrra väiksem. Antud peatükis on välja toodud plastikumuseaalide seas enamlevinud ja konservaatori jaoks olulisemad plastikud.

3.1. Looduslikud plastikud



Joonis 3.1: Valik looduslikke plastikuid. Vasakult: šellak, kilpkonnaluu, lehma sarv, merevaik ja bituumen.

Plastseid looduslikke materjale (joonis 3.1) on inimene kasutanud tegelikult juba mitmeid aastatuhandeid. Näiteks Vana-Egiptuses mähibi surnud riideribadesse, mis kasteti eelnevalt bituumeni (põlevkivi- või naftapõhine süsivesinike segu) ja lavendliõli segusse, mida nimetati süüria asfaldiks või Judea bituumeniks. Päikesevalguses muutus vedelik tahkeks lahustumatuks materjaliks, mida võib vaadelda kui termoreaktiivsete plastide eelkäijat. Lisaks bituumenile tunti kilpkonnaluu, sarve, merevaigu, loodusliku kummi ja šellaki töötlemist.

Alates 1820ndatest toimusid materjalitehnoloogia valdkonnas olulised muutused – inimene õppis täiendama ja kontrollima looduslikke plastikuid. Aeg selleks oli vägagi sobiv – juba mitmeid aastakümneid oli käimas tööstusrevolutsioon, mis ulatas inimesele kätte uued masinad ning võimalused katsetamiseks. Olulise tõuke plastikute arendusele andis

1840ndatest¹⁷ alguse saanud aurulaevaühendus üle ookeanide, mis võimaldas eksootilistest piirkondadest toormaterjali hankimist.

Põhjusi plastikute töötlemiseks oli mitmeid. Esiteks oli juba 19. sajandil probleem eksklusiivmaterjalide (nt elevandi- ja kilpkonnaluu) nappusega. Tööstusrevolutsiooni tulemusena tekkis rohkerahvaline keskklass, kuhu kuuluvad inimesed soovisid eristuda madalamast tööliklassist ning sarnaneda pigem rikastele. Teiseks põhjuseks on looduslike materjalide ebastabiilsus. Näiteks looduslik kummi muutub külmas kõvaks, soojas aga pehmeks ja kleepuvaks. Lisaks lahustub see mitmetes õlides, ajapikku isegi inimese naharasus. Kolmandaks oli looduslike materjalide töötlemine tihtilugu aeganõudev, keeruline ja kallis.

Šoti keemik Charles Macintosh oli esimene, kelle katsetustest loodusliku materjali töötlemisel tulu sündis. Oma eksperimente alustas ta kivisöegaasi tootmise jääkproduktidega, millest esmalt õnnestus eraldada ammoniaak. Protsessist tekkis omakorda jääkprodukt – kivisöetõrva ligroiin ehk toorbensiin. Katsetuste tulemusena leidis Macintosh, et ligroiin lahustab looduslikku kummit. Lastes lahustil horisontaalsele pinnale valatuna lahusest välja aurustuda, jäi pinnale õhuke kummileht. Suurepärase mõtte avastuse abil kangast veekindlaks muuta nurjus esmalt, kuna aine jäi kleepuma ning oli vänge lõhnaga. Kleepuvuse probleemi lahendamiseks pressis Macintosh ligroiini-kummi segu kahe kangakihi vahele. Nõnda valmis veekindel materjal, mille ta 1823. aastal patenteeris. Vaatamata tugevale lõhnale, saavutasid „mäkintošid“ (sünonüüm vihmamantlile) teatava edu, eriti sõjaväeriietuses.¹⁸

Mõistagi ei olnud Charles Macintosh ainus ja esimene, kes looduslikku kummit töötles. On teada, et juba 2000 aastat tagasi valmistasid asteegid ja maiad sellest jalavarjude taldasid, katsid kangaid ning meisterdasid mängupalle. Tulles aga Macintoshi eluajale lähemale, katsetas samaaegselt kummiga kanga töötlemist ameeriklane Charles Goodyear (al 1819. aastast). 20aastase eksperimenteerimise tulemusena õnnestus tal väävlil abil valmistada materjal, millest kujunes plastikute arendamise verstapost – vulkaniit. 1843. aastal jõudis Thomas Hancock Suurbritannias sama meetodini.¹⁹

¹⁷ Esimene aurulaeva sõit üle Atlandi ookeani õnnestus 1838. aastal.

¹⁸ **The Plastics Historical Society**, 1851: Ebonite, the birth of the plastics industry?, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=379>, vaadatud 11.12.13.; **Pickeral**, Tamsin. „Veekindel vihmamantel“. – *1001 leiutist, mis muutsid maailma [1001 Inventions That Changed the World]*. Peatoimetaja: Jack Challoner [Tõlkinud: Margus Elings, Andrus Maran, Urve Tammjärv; Tõlke toimetas: Eda Posti]. Tallinn: Varrak, 2010 [UK: Octopus Publishing Group Ltd, 2009], lk. 279.

¹⁹ **The Plastics Historical Society**, People and Polymers, <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=4&pcon=>, vaadatud 11.12.13.



Joonis 3.2: Üle 100 aasta vanune guttapertšist golfipall, mille oksjoni hinnaks prognoositi 2006. aastal 240 – 475 eurot.

1843. aastal tutvustas Singapuris abikirurgina töötanud William Montgomerie Euroopale guttapertši (*gutta percha*) – looduses esinevat kummit, mis erineb looduslikust kummist selle poolest, et on kõva, kuid painduv ning viskoossem. Guttapertš lahustub aromaatsetes ning kloori sisaldavates lahustites, samas on see hapetele hästi vastupidav. Kiiresti leiti sellele mitmeid rakendusi. 1848. aastal esitleti guttapertšist valmistatud golfipalli ning 1890ndatest alustati nende mehaanilist tootmist (joonis 3.2).²⁰ Teine oluline valdkond oli hambaproteesitööstus. 1849. aastal turustati esmakordselt guttapertši, lubja, kvartsi ja päevakivi segust valmistatud materjal, mida kasutati pikka aega hammaste plommimiseks.²¹

Sarnaselt looduslikule kummile, saab guttapertši molekuli töödelda väävliga. Vulkaniseerimata plastik on aga väga osoonitundlik. Nii hapnik kui valgus kahjustavad seda, mistõttu säilitatakse guttapertši vee all. Samas sobis see suurepäraselt veealuste kaablite isolatsiooniks. Alates 1866. aastast hakati guttapertšiga katma veealuseid telegraafikaableid ning 1896. aastaks oli hinnanguliselt 284 000 meremiili jagu neid laiali veetud. Guttapertšist isolatsioone kasutati 1930ndateni (polüetüleenil ilmumiseni).²²

1855. aastal tõi François Charles Lepage avalikkuse ette plastiku, mis koosnes verest või kanamunast saadud valgust ja puidupuudrist. Lepage leotas puidupuudrit albumiinis ning lasi sel seejärel kuivada. Kuiva materjali surus ta hüdraulilise pressi abil plaadiks, mida järgnevalt surve ja kuuma auru abil metallvormides sobivaks tooteks töödelda sai. Sellist plastikut hakati



Joonis 3.3: Kõvendatud puidust kandik.

tootjafirma nime järgi kutsuma *Bois Durci*'ks (kõvendatud puit) ning sellest valmistati väikeseid majapidamisesemeid (joonis 3.3) ja nipsasju (kamme, piipusid, kirjutustarvikuid,

²⁰ Enne guttapertši kasutamist mängiti golfi sulgedest ja hobusenahast tehtud palliga, mille puhul märjad suled pakiti tihedalt märja hobusenaha sisse. Kuivades tõmbus nahk sulgede ümber kokku, suled aga muutusid kohevaks ning tulemuseks oligi kõva golfipall. Selline valmistamismeetod oli loomulikult aeganõudev, mistõttu olid pallid kallid. – **Plastics Historical Society**, A History Of The Golf Ball, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=388>, vaadatud 11.12.13.

²¹ **Chambers**, Richard H. „The Gutta Percha Story“. – The Plastics Historical Society, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=322>, vaadatud 19.01.14.

²² **Quye**, A.; **Williams**, C.. *Plastics. Collecting and Conserving*. Edinburgh: NMS Publishing Ltd., 1999, lk. 10.

pildi- ja käsipeegliraame ning medaljone). *Bois Durci* on vananemisele väga vastupidav. Toodang on kas tumepruun või must ning enamasti võib selliste esemete tagaküljel leida tootjanime *Bois Durci*.²³

Looduslik kummi

Looduslik kummi (*natural rubber – NR*) on termoreaktiivsete plastikute arenguloos olulisel kohal. Looduslikule kummile sarnaseid polümeere eritavaid taimeliike on ligi 2000. Kummisid toodetakse u 500st.²⁴ Kaubanduslikku kasutust leidis aga vaid heveapuu piim (*Hevea brasiliensis*), mille polümeer on *cis*-1,4-polüisopreen (joonis 3.4). Nagu puu ladinakeelne nimi viitab, pärineb see Brasiilia džunglitest. Tänapäeval tuleb põhitoodang juba Kagu-Aasia maadest.²⁵



Joonis 3.4: Hevea-piima kogumine.

Kummide ja elastomeeride mõistelise vahe tegemine võib segadust tekitada. Mõnikord arvatakse need isegi üks ja seesama materjal olevat. Kummi mõiste on väga kenasti sõnastanud Peep Christjanson oma raamatus „Elastomeerid ja kummid“: „Kummi on elastomeere sisaldav polümeermaterjal, mida saab korduvalt venitada vähemalt kahekordse pikkuseni ja mis jõust vabastamisel taastab esialgse kuju.“²⁶ Siit tuleb välja kummi ja elastomeeri seos. Kummi sisaldab elastomeere, kuid tuleb mees pidada, et elastomeerid ei tarvitse olla alati kummid. Näiteks ka pehmendatud PVC on elastomeer.²⁷ Praktiliseks kasutamiseks on vulkaniseerimata naturaalne kummi vähesobiv. Tänapäeval kasutatakse seda kummiliimide ja kleeplintide valmistamiseks ning lisatakse teistele materjalidele sitkust tõstva lisandina, näiteks betoonile.²⁸ Kummi mehaaniliste omaduste parandamiseks tuleb see vulkaniseerida. 1839. aastal proovis ameerika leiutaja Charles Goodyear töödelda naturaalsel kummit väävliga, kui legendi kohaselt tükike proovi ta näppude vahelt kuumale pliidile kukkus. Pärast seda paranesid kummi omadused olulisel määral. Avastust edasi arendades töötas Goodyear välja protsessi, mida ta kutsus rooma tulejumala Vulcanuse järgi „vulkaniseerimiseks“. Protsess

²³ Quye; Williams, *Plastics...*, lk. 7.

²⁴ Brydson, John. A. *Plastics Materials. Sixth Edition*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999, lk. 273.

²⁵ Christjanson, Peep. *Elastomeerid ja kummid*. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2010, lk. 10.

²⁶ Samas, lk. 9.

²⁷ Samas, lk. 113.

²⁸ Samas, lk. 64.

seisnes kummi kuumutamises koos väävliga. Keemilises mõistes tähendab vulkaniseerimine kummi polümeeri lahtiste molekulahelate omavahelist ühendamist ristsidemetega. Selle tulemusena muutub looduslik kummi termoreaktiivseks materjaliks.²⁹

Kui kummitoodete peale mõelda, meenuvad hokilitrid, põrkepallid, tihendid ja sõidukite rehvid³⁰, mis on kõik musta värvi. Selle põhjuseks on kummi armeerimiseks kasutatud täiteaine – tahm. See on tugev UV-kiirguse neelaja ja pärsib oksüdatsiooniprotsesse. Heledate ja värviliste toodete puhul on täiteainena kasutatud ränidioksiidi (SiO₂) ehk valget tahma.³¹

Toodetakse ka väga kõva kummit, mida nimetatakse eboniidiks (*Ebonite*) või ka vulkaniidiks (*Vulcanite*). Seda valmistatakse töödeldes naturaalselt kummit suure koguse väävliga. Tavalise vulkaniseeritud kummi (nt autokummid) juures kasutatakse 2 – 3% väävlit, eboniidi juures aga 32%.³² Esmakordselt tutvustasid selle avastajad Charles Goodyear ja Thomas Hancock vulkaniidist valmistatud nipsesemeid 1851. aastal. Musta või tumedat (tihtipeale punakat) tooni plastikust valmistati kamme, nõõpe, ehteid, tindipotte, piipe ja muusikariistu.³³

Kummide füüsikaliste omaduste puhul on väga olulised nende kasutustemperatuurid. Vulkaniseeritud kummi kõrgeim kasutustemperatuur ei ole täpne. Tähtis on, et see oleks kummi lagunemistemperatuurist madalam (naturaalsel kummil 150 °C). Kummi madalaim kasutustemperatuur määrab selle külmakindluse. Temperatuuri alanemisel väheneb vaba ruum, mis võimaldab elastsele materjalile vajalikku ahelate liikumist. Allpool klaasisiirde-temperatuuri³⁴ kaotab kumm elastsuse ja muutub rabedaks. Seega, mida madalam on kummi T_g, seda parem on selle külmakindlus. Kummi mehaaniliste omaduste parandamiseks jahedal temperatuuril lisatakse sellele pehmendavaid õlisid. Naturaalse kummi T_g < -70 °C, seega on selle madalaim kasutustemperatuur kuni -70 °C.³⁵

²⁹ Christjanson, *Elastomeerid ja kummi*, lk. 11.

³⁰ 1889. aastal alustas Suurbritannia ettevõtte Dunlop kummist mootorsõidukite rehvide tootmist. Kahjuks oli nende kvaliteet ka veel 1910ndatel kehv. Üks rehvi maksis keskmise kolme nädala palga, selle juurde kuuluv õhukumm ühe nädala oma. Rehvid purunesid kiiresti. Aastas kulus autoomanikule keskmiselt 37,5 rehvi. – **The Plastics Historical Society**, Polymer Yarns or The Accidental Discovery of Polymers, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=299>, vaadatud 11.12.13.

³¹ Christjanson, *Elastomeerid ja kummid*, lk. 57 – 58.

³² Brydson, *Plastics Materials*, lk. 838.

³³ **The Plastics Historical Society**. Vulcanite. <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=41>, vaadatud 09.09.13.

³⁴ Klaasisiirde-temperatuur (T_g) – igale polümeerile iseloomulik temperatuur, milleni alanedes läheb materjal plastsest olekust üle klaasjasse. Vt Lippmaa, Helle. *Polümeerisõnastik. Polümeeride ja polümeer-materjalide keemia, füüsika ja tehnoloogia*. Tallinn: Euroõlikool, lk. 66.

³⁵ Christjanson, *Elastomeerid ja kummid*, lk. 65.

Enamik lahusteid paneb kummid punduma ja kuna see ei mõju kummi keemilisele struktuurile, siis lahusti eemaldamisel materjali kuju taastub. Kummid lahustuvad kloreeritud süsivesinikes, kütustes ja õlides. Samas hapnikku sisaldavatele lahustitele ja veele on kummide vastupidavus väga hea. Vaatamata sellele, et lahustumisel ei toimu kummides struktuurimuutusi, soodustavad lahustid kummide vananemist. Seda põhjusel, et paljud madalamolekulaarsed plastifikaatorid ja antioksüdandid reageerivad lahustiga ning nende ühendus polümeeriga katkeb.³⁶

Nagu eeldada võib, valmistatakse kummist vägagi erinevaid ja eriotstarbelisi tooteid. Näiteks seadmed ja vahendid, mis on mõeldud materjalide teisaldamiseks (konveierlindid, torud, voolikud), masinate ja aparaatide elastsed elemendid, erinevad tihendid, amortisaatorid, tolmu- ja prügikaitse (kaitsekotid, kuplid, vaibad, katted), täispuhutavad tooted (kummi-paadid, madratsid), kaitsevahendid (maskid, põlled, kindad, jalatsid), meditsiini- ja hügieeni-vahendid (kotid, lutid, sondid, žgutid) ja laiatarbekaubad (vaibad, pallid, mänguasjad).³⁷

Oluline kummimaterjal on vahtkumm, mille tootmine on vahtplastide tootmisega paljuski sarnane. Valmistatakse lahtiste, kinniste ja segapooridega vahtkumme. Lahtiste pooridega vahtkummid imavad niiskust, on kergemini kokkusurutavad ning kiiresti vananevad. Vahtkummtoodete näideteks on polstrid, soojusisolatsioonmaterjalid, hermeetikud, amortisaatorid ja paljudele lapsepõlvest tuttavad karvastatud vahtkummist mänguasjad (joonis 3.5).³⁸



Joonis 3.5: Karvastatud vahtkummist mänguasi. (TMMM 9187, autori foto)

³⁶ Christjanson, *Elastomeerid ja kummid*, lk. 66.

³⁷ Samas, lk. 103 – 104.

³⁸ Samas, lk. 105 – 106.

3.2. Nitrotselluloos

Vulkaniseeritud kummi avastamisele järgnes plastikmaterjalide valmistamises murrang 1860ndate alguses. 1862. aastal korraldatud Londoni Maailmamessil tutvustas inglise metallimeister Alexander Parkes sünteetilist elevantiluud, mis kujutas endast lämmastiku ja lahustiga töödeldud tselluloosi. Kaubanduslikult nimetati uus materjal leiutaja järgi parkesiiniks (*Parkesine*) ning näitusel teenis see Parkes'ile pronksmedali.³⁹ Tegemist oli esimese poolsünteetilise termoplastikuga, mida võis valmistada sarvesarnaselt kõvana või nahamoodi painduvana. Puhtal kujul läbipaisev, sai seda pigmentide ja täiteainetega erinevatesse värvivarjunditeisse toonida.⁴⁰

Õige pea püüti uut materjali ka turustada. 1866. aastal avas ukсед The Parkesine Co. Ltd., mis suureks õnnetuseks juba kahe aasta pärast pankrotti läks. Ebaõnnestumise põhjusi oli mitmeid. Lõviosa süüst langes madalakvaliteetsele toormaterjalile, püüdses tootmiskuludelt võimalikult palju kokku hoida. Samas oli parkesiinil kui materjalil mitmeid puudusi. See oli küllalt habras ning mõranes pärast mõneaegset kasutamist. Parkesiini mehaanilisi omadusi püüti tulutult kastoorõli, puuvillaseemneõli või mõne muu õliga parandada.⁴¹ Parkes'i see ebaõnnestumine aga ei heidutanud ning ta tegeles teiste projektidega edasi, aimamata, et samal ajal oli Atlandi ookeani taga aset leidmas tema leiutisele sarnane avastus.

1863. aastal ilmus USA-s ajalehte kuulutus, mille vahendusel otsis üks suuremaid ameerika piljarditööstusi inimest, kes suudab välja pakkuda alternatiivmaterjali hinnalisele elevantiluule, millest piljardikuule valmistati. \$10 000 auhinnaraha pani John Wesley Hyatt'i ning tema venna Isaiah'i nobedasti lahendusi otsima. Töötades trükikojas, märkas John, et printimisel tekkinud väiksemate rebenemiste parandamiseks kasutatud kolloidlahus (nitrotselluloosi, eetri ja alkoholi lahus) annab kuivamisel elevantiluuga sarnase kõvadusega materjali. Ta töötas välja meetodi, kuidas kanda tihedalt kokkusurutud paberist ja šellakist valmistatud kuulile paks kolloidlahuse kiht. 1868. aastal oli vendade Hyattide piljardi-kuul juba tootmises.

³⁹ **Plastics Historical Society.** Parkesine and Celluloid: From Britain to America, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=539>, vaadatud 04.11.13.

⁴⁰ **Beall,** Glenn L. „Plastics Hall Of Fame: Posthumous Nomination of Alexander Parkes“. – *Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=434>, vaadatud 16.01.14.

⁴¹ **Böckmann,** Friedrich. *Celluloid. Its Raw Material, Manufacture, Properties and Uses*. London: Scott, Greenwood & Son, 1921, PDF:

<http://ia600306.us.archive.org/5/items/celluloiditsrawm00bcuoft/celluloiditsrawm00bcuoft.pdf>, vaadatud 16.06.13.

Kahjuks ei olnud tegu sugugi ideaalse materjaliga. Probleem seisest kuulide plahvatusohtlikkuses. John Hyatt sai legendi kohaselt kord kirja ühelt Koloraado piljardisalongi omanikult, kes oli mures kuulide kokkupõrkel tekkivate pisemate plahvatuste pärast. Plahvatused otseselt ei häirinudki omanikku. Muret



Joonis 3.6: Uus-Mehhikos asuv piljardisalong aastal 1883.

tekitas aga see, kui nende peale iga mees salongis oma relva välja võttis (tegemist oli nn *westerni*-ajaga!) (joonis 3.6). Vennad Hyattid lahendasid 1869. aastaks probleemi, lisades materjalile kamprit (*camphor*)⁴². 1872. aastal tutvustati maailmale Tselluloidi (*Celluloid*).⁴³

Puhas nitrotselluloos⁴⁴ (*cellulose nitrate* – CN) on värvusetu, elastne ja kõrge löögitugevusega materjal. Soojendamisel pehmeneb 80 °C juures, külma käes muutub hapraks. Lahustub piirituse-eeetri segus, atsetoonis, etanaatides ning teistes orgaanilistes lahustites ja kontsentreeritud hapetes. Vee suhtes on püsiv. Aja jooksul tõmbub värvuselt kollakaks või luitub ning muutub rabedaks. Suurem probleem on nitrotselluloosi kerge süttimine. Isegi päikesekiired võivad vanemaid nitrotselluloosist esemeid süüdata. Seetõttu tuleb neid kindlasti hoida alla 60 °C (soovitavalt alla 20 °C) keskkonnas.⁴⁵

Ühed esimesed nitrotselluloostooted olid hambaproteesid. Konstruktsiooni valmistamisel kasutatud surumine ja kuumutamine jätsid aga materjali sisse pingeid ning ajapikku hakkasid proteesikonstruktsioonid kõmmelduma. Lisaks osutusid miinusteks ka kuuma tee joomine ning supi söömine, arvestades nitrotselluloosi pehmumistemperatuuri 80 °C juures. Ka sellest eralduva kampril maitse oli häiriv.⁴⁶ Hoopis suurema edukuse saavutasid nitrotselluloosist särgikraed ja varrukaotsad, mida 1880ndatel tootma hakati (joonis 3.7). Vaatamata sellele, et need maksid sama palju kui kangast valmistatud variandid, oli neid tunduvalt lihtsam hooldada. Linakraesid tuli pesta, tärgeldada ja pressida ning nende valget tooni oli keeruline

⁴² Kamper on tuleohtlik vahajas läbipaistev kristalne terpenoid, millel on omapärane tugev lõhn. Seda saadakse kahelt puult – *Cinnamomum camphora*'lt ja *Dryobalanops aromatica*'lt. – Wikipedia. Camphor. <http://en.wikipedia.org/wiki/Camphor>, vaadatud 09.09.13.

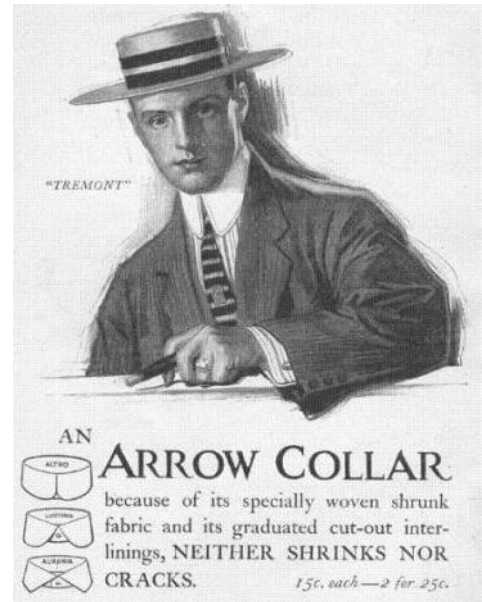
⁴³ **Brydson**, *Plastics Materials*, lk. 4.

⁴⁴ Nitrotselluloos (ka tselluloosnitraat) esineb kirjanduses erinevate nimetuste all: Xyloidin, Pyroxiline, Parkesine (1862), Xyloidine (nitreeritud tselluloosi keemiline nimetus), Xylonite (1869), Zylonite (1881), Celluloid (1872). Arusaamatuste vältimiseks on magistritöös üldise jutu puhul kasutatud nimetust nitrotselluloos.

⁴⁵ **Mauring**, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 46.

⁴⁶ **Brown**, David. „Plastics in Dentistry 1“. - *The Plastics Historical Society*, vaadatud 30.01.14.

säilitada. Tselluloidkraed olid vastupidavad ning neid sai hõlpsasti ja kiiresti puhastada. Kõige populaarsem tootmisviis oli kuumlamineerimise teel linakanga kihi kinnitamine kahe õhukese nitrotsellulooskile vahele. 1930ndatel mood muutus ning toodetud särgikraede populaarsus hakkas järsult langema.⁴⁷ Alles 1960ndatel taas elustas Londoni moedisainer Mary Quant nende menukuse, kui ta juhuslikult ühest kauplusest mitu kastitait pisikesi valgeid kraesid leidis ning neid oma poes aksessuaaridena müüma hakkas.⁴⁸



Joonis 3.7: Tselluloidkraede reklaam (1909).

Ka naistele valmistati nitrotselluloosist tooteid, näiteks korsette. Varem kasutati korsetiribidena vaalaluud või metall-lehti ja –traate. Esimesed muutsid pesu väga paksuks (kuni 2 cm paksuseks!), metall aga tikkus pesemisjärgselt korrodeeruma. Nitrotselluloos lahendas mõlemad probleemid. Lisaks oli see ka kerge ja elastne, pakkudes kehale rohkem liikuvust. Sensatsiooniliseks uuenduseks oli 1889. aastal Pariisi näitusel tutvustatud nitrotsellulooskiududest valmistatud siid, mida kutsuti selle arendaja Comte Hilaire de Chardonnet järgi *Chardonnet* siidiks. Vaimustunud naisterahvad kandsid särades uhkeid *haute couture* kleite, mida looduslikust siidist pea võimatu valmistada oli. Kahjuks läksid kleidid küünlaleegi läheduses aga otseses mõttes särada – teadupoolest oli nitrotselluloos tuleohtlik materjal, mistõttu *Chardonnet* siid kiiremas korras müügiilettidelt eemaldati.⁴⁹ Kuni 1919. aastani olid edukateks müügiartikliteks erinevad kammid, millega naised pikki juukseid üles seadsid. Siis aga šokeeris Irene Castle oma revolutsioonäärilise poisipeaga moemaailma ning ilukammide nõudlus hakkas vähenema. Populaarseks toodanguks kujunesid loomulikult ka prilliraamid.

1880ndate teises pooles avastasid Hyattid, et nitrotselluloosi saab suurepäraselt kasutada filmide põhimikuna. Estman Kodaki läbipaistvad nitrotselluloosist rullfilmid ilmusid

⁴⁷ **The Plastics Collection**, White Collar Plastic, <http://plastics.syr.edu/page.php?id=/essays/white-collar-plastic>, vaadatud 11.12.13.

⁴⁸ **Katz**, Silvia. „Little White Plastic Collars“. – *Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=557>, vaadatud 30.01.14.

⁴⁹ **Mossman**, Susan. „Synthetic Fibres, From Dreams To Reality“. – *Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=552>, vaadatud 30.01.14.

ameerika kauplustesse 1889. aasta sügisel. Euroopasse jõudsid need 1890. aasta alguses.⁵⁰ Küllalt pea tekkis aga vajadus leida filmilintide jaoks mingisugune parem lahendus. Põhjuseks jällegi nitrotselluloosi kõrge tuleohtlikkus ja see, et süttinud leeki oli praktiliselt võimatu kustutada. Lahenduse filmilintide süttivusele pakkus tselluloosatsetaat.⁵¹

Muuseumikollektsioonides on nitrotselluloos küllalt sageliesinev plastik. Sellest valmistatud esemed on võrreldes teiste plastikmuseaalidega kergemad, õhema seinapaksusega ja detailsemad. Näiteks kõrvaloleval pildil (joonis 3.8) jäädvustatud pardil on väga filigraanselt vormitud sulekiud. Nitrotselluloosesemed on tihti kõrgläikelise pinnaga ning kõlavad õrnalt näpuotsaga pealekoputades omamoodi heliliselt.



Joonis 3.8: Tselluloidist part. (TMMM 7374, autori foto)

3.3. Tselluloosatsetaat

Esmakordselt valmistas tselluloosatsetaati (*celulose acetate – CA*) prantsuse keemik Paul Schützenberger 1865. aastal. Selleks kuumutas ta puuvilla happelise anhüdriidiga kinnistes mahutites 130 – 140 °C juures. Reaktsiooni tulemusel moodustus valge amorfne polümeer, mis aga väga kiiresti degradeerus. Ka protsessi läbiviimist oli keeruline kontrollida, mistõttu jäi kaubandusliku tselluloosatsetaadi valmistamine veel mitmeteks aastakümneteks võimatuks. 1909. aastal algas tuleohtlike nitrotselluloosfilmilintide asendamine tselluloosatsetaadist turvafilmidega. Kaubanduslikul eesmärgil alustati tselluloosatsetaadi lehtede ja varraste tootmist 1927. aastal, 1930ndate alguses juba ka vormimispulbrina.⁵²

Tselluloosatsetaadi keemilised ja mehaanilised omadused ei ole võrreldes teiste plastikutega kuigivõrd silmapaistvad. See on vettimav, kehv elektriisolaator, küllalt kiiresti vananev, kuumakartlik ning lahustub paljudes lahustites (nt atsetoonis).⁵³ Küll aga oli seda võimalik toonida piiramatult erinevatesse varjunditesse ja imitatsioonidesse. Näiteks pärliefekt saavutati lisades polümeerisegule ehtsaid kalasoomuseid. Protsessi juures oli õige temperatuur

⁵⁰ **Harding**, Colin. „Celluloid And Photography Part 4“. – *The Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=325>, vaadatud 11.12.13.

⁵¹ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 23 – 24.

⁵² **Brydson**, *Plastics Materials*, lk. 602.

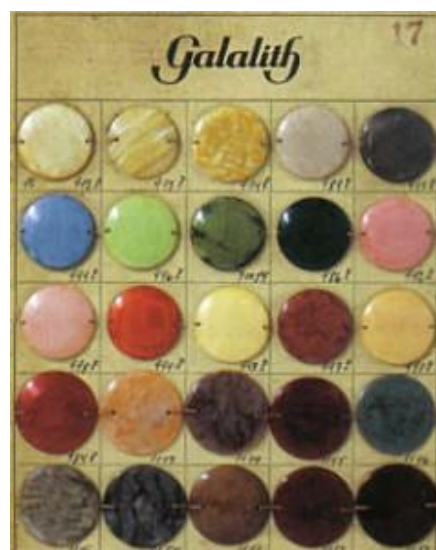
⁵³ Samas, lk. 605.

väga oluline, kuna liigne kuumus kõrvetas soomused pruuniks ning kogu materjal tuli sel juhul maha kanda. Kui aga kõik läks plaanikohaselt, oli tulemuseks väga kaunis pärlmutter-plastik, millest sai valmistada näiteks lambikupleid.⁵⁴ Samas võis tselluloosatsetaadist valmistada ka kristallselgelt läbipaistvaid tooteid.

Käega katsudes meenutab tselluloosatsetaat looduslikku materjali. Arvatavasti seetõttu sai sellest meelismaterjal nipsasjakeste tootmisel, mis on tihti otseses kokkupuutes inimkätega, näiteks prilliraamid, sulepead, noapead, juukseklambrid ja pandlad. Kuni ABS-i avastamiseni (1948) valmistati ka mänguasju. Prilliraame⁵⁵ ja tööriistade käepidemeid tehakse jätkuvalt tselluloosatsetaadist, mille oluliseks omaduseks on küllalt tugev vormimisjärgne kokkutõmbumine. Nõndaviisi kinnituvad tööriistade metallosa otsad tihedalt plastikusse.

3.4. Kaseiin-formaldehüüd

1890ndate alguses kasvas Saksamaa koolides nõudlus valge kirjutustahvli järele. Selle rahuldamine õnnestus 1895. aastal Wilhem B. Krischel ja Adolf Spitteleril. Sobiv plastik valmistati piimavalgust (kaseiinist) ja formaldehüüdist. Uus materjal patenteeriti *Lactiform*'i nime all ja peagi hakkas see nitrotselluloosile tugevat konkurentsi pakkuma. Samal ajal tegeleti kaseiini töötlemisega ka Prantsusmaal. 1900. aastal Pariisis toimunud Rahvusvahelisel näitusel tutvustati *Galalith*'i. Nagu ka tselluloidi puhul, muutus tootenimi nimisõnaks, mida kasutati kõvendatud kaseiini üldnimetusena.⁵⁶



Joonis 3.9: Galaliidist nõõbid.

Galaliit ehk kunstsarv on kõva, lõhnatu, süttimatu ning hapetele ja mitmetele lahustitele vastupidav. Veele on see väga tundlik – tegemist on tugevalt hügrokoopse materjaliga! Kõrge niiskus põhjustab pindmisi mikromõrasid. Kuumas vees muutub galaliit pehmeks.⁵⁷

⁵⁴ Acres, J.; Hamotin, C.; Morgan, J. „Cellulosics - A Classic Centenary“. – *The Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=301>, vaadatud 12.12.13.

⁵⁵ Esimesed prilliraamid lõigati välja lehtmaterjalist. Sangadesse pressiti niklist traadid. Tänapäeval vormitakse raamid sulaplastist. Samas valmistatakse ka eritellimusel vanas tehnikas prille. Seda eelkõige säbrulise efekti saavutamiseks (kilpkonnaluu), mida vormi valades ei ole võimalik teostada. – **The Plastics Historical Society**, Cellulosics - A Classic Centenary, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=301>, vaadatud 11.12.13.

⁵⁶ **Galalith History**, <http://www.galalith.eu/histoire%20A.htm>, vaadatud 01.10.13.

Galaliidi suureks plussiks on väga lai värvivalik. Sellega sai imiteerida näiteks elevantiluud, marmorit, pärlmutrit, eebenit ja sarve. Toodangut valmistati mehaaniliselt eelkõige vardast, lehest või plokist. Peamiseks müügiartiklikuks kujunesid nõbid (joonis 3.9). Lisaks valmistati kamme, ehteid, söögiriistade sabasid, kudumisvardaid ja sulepäid. Kuni 1970ndateni oli galaliit Euroopas populaarne plastik. Siis aga ilmus kõrvale polüester, mida oli tunduvalt lihtsam toota. Ka ei pidanud polüestri jaoks kallist looduslikku toorainet kasutama. Nõukogude Liitu kuuluvates riikides kaotas galaliit populaarsuse juba 1960ndatel, kuna 1962. aastal võttis NLKP Keskkomitee vastu otsuse vähendada tehnilistel aladel toidutoorainete kasutamist, mistõttu muutus kaseiin defitsiidiks.⁵⁸ Huvitav fakt on see, et Ameerikas galaliit populaarsust ei saavutanud. Põhjuseks võib olla sealse kliima sobimatus nii tootmiseks kui eksploatatsiooniks (liialt kuiv või liialt niiske).⁵⁹

3.5. Fenool-formaldehüüd

20. sajandi algusaastatel otsis belgia päritolu Ameerikas töötav keemik Leo Hendrik Baekeland materjali, millega saaks isoleerida mootorite ja generaatorite juhtmeid. Ta avastas, et fenooli ja formaldehüüdi segu tekitab kleepuva massi, mis pärast kuumutamist, jahtumist ning kuivamist muutub eriti tugevaks. Uuringuid jätkates avastas ta, et materjali saab segada puidupulbri ja kiltkivi tolmuks, luues nõnda erinevate omadustega komposiitmaterjale. Enamik saadusi olid kõvad ja tulele vastupidavad. Ainsaks veaks oli



Joonis 3.10: 1950ndatel bakeliidist valmistatud telefon.

see, et uus polümeer hakkas tootmisprotsesside ajal vahutama ning saadus oli seetõttu ebakvaliteetne. Probleemi eemaldamiseks valmistas Baekeland surveanumad, mis surusid mullid polümeerisegust välja. 1907. aastal patenteeris ta bakeliidi (*Bakelite*), termoreaktiivse fenool-formaldehüüdi (*phenol-formaldehyde - PF*).⁶⁰

⁵⁷ **Mauring**, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 48.

⁵⁸ **Lageda**, Peeter. **Kanne**, Leida. *Plastmassid Eesti NSV tööstuses*. Tallinn: Eesti Raamat, 1968, lk. 38.

⁵⁹ **The Plastics Historical Society**. From Milk to Manicure Sets: The Casein Process, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=7>, vaadatud 31.01.14

⁶⁰ **Chemistry of Life**. Bakelite – First Synthetic Plastic, <http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/bakelite.html>, vaadatud 04.12.13.

Fenool-formaldehüüd on esimene täissünteesiline plastik. See on hapetele ning orgaanilistele lahustele vastupidav. Ainsad lahustid, mis seda mõjutavad on 50% väävelhape, sipelghape ja oksüdeerivad happed. Valguse käes muutub kiiresti pruuniks, mistõttu toodang valmistatigi juba tumedates toonides (joonis 3.10). Kuna fenool-formaldehüüdi molekulahelad on omavahel tugevalt seotud, on sellest toodetud esemed kõvad ja kuumakindlad (taluvad kuni 200 °C, lühiajaliselt ka 300 °C).⁶¹ Pressmaterjalid sisaldavad suures koguses (~50%) täiteaineid, milleks võivad olla riidekiud, paber või puiduspoon.

Esmalt kasutati fenonool-formaldehüüdi pigem tööstuslikul eesmärgil. Kaubanduslikku kasutusse ilmusid tooted 1920 – 30ndatel. Valmistati bowlingukuule, raadiokaste, telefone ja toidunõusid. Materjali puudusteks oli piiratud värvivalik ja vähene elastsus. Tänapäevale lähenedes leiame kuumakindlamaks muudetud fenoplastidest valmistatud praepannide käepidemeid ja pliidinuppe, samuti triikraudade käepidemeid ja tinutuskolbe.⁶²

Kataliin

1927. aastal aegus Baekelandi bakeliidi valmistamise patent. Samal aastal arendas American Catalin Company välja puhastatud ning täiteaineteta fenool-formaldehüüdi, mida sai toonida 20 erinevasse värvivarjundisse. Plastik nimetati *Catalin*’iks (eesti keelde tõlgituna võiks see olla „kataliin“) ning sellest sai meelismaterjal nipsasjakeste, ehete, salvrätiku-rõngaste ja ka raadiokorpuste valmistamisel (joonis 3.11).⁶³



Joonis 3.11: Kataliinist raadio FADA 115/ 116 Bullet.

Kataliinist raadiokorpused erinevad bakeliidist paksuse ja poleeritud viimistluse poolest. Need on enamasti erksavärvilised ja läbikumavad. Täiteainete puudumine tegi aga fenoolvaigu nõrgaks. Vananedes tõmbab kataliin kokku ning kruvikinnituskohtadesse tekivad mõrad. Ka värviga on probleeme. Erksad toonid tuhmuvad ning muutuvad toonilt ebaartaktiivseteks. Põhjustajateks on suits, mustus, tolm ja päikesevalgus. Valged korpused tõmbuvad kollakateks või isegi oranžikateks, erk lapis lazuli muutub merevetika roheliseks, briljantroheline vananeb tumeda õlle tooniks. Värvimuutuse põhjuseks on see, et kataliinile ei

⁶¹ **Brydson**, *Plastics Materials*, lk. 633.

⁶² **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 26.

⁶³ **Catalin Radio**. Catalin Radio History, <http://catalinradio.com/p-2817-history.html>, vaadatud 25.11.13

lisatud UV-kiirguse eest kaitsvaid lisaaineid. Õnneks takistab koostises olev fenoolalkohol UV-kiirgusel sügavamale materjali sisse pääsemist, tänu millele on värvikahjustus vaid pinnapealne.⁶⁴

3.6. Aminoplastid

1919. aastal patenteeris Hanns John Prahas karbamiid-formaldehüüdi (*Urea-formaldehyde* - UF) valmistamise, mille omadused olid paljuskisarnased fenool-formaldehüüdile, kuid mida sai hõlpsasti heledatesse värvidesse toonida (joonis 3.12). Suurbritannias hakati uut plastikut kaubanduslikult valmistama 1928. aastal.⁶⁵ Põhitoodanguks kujunesid lülitid, pistikud ja soklid, kuna materjalil on väga head isolatsiooniomadused.



Joonis 3.12: 1940ndatel UF-vaigust valmistatud raadio.

Karbamiid-formaldehüüdile ilmus 1930ndate lõpus kõrvale ka teine oluline aminoplast – melamiin-formaldehüüd (*melamine-formaldehyde* – MF). Erinevalt mitmetest plastikutest ei valmistata neid naftast. UF-i saadakse süsinikdioksiidi reageerimisel ammoniaagiga, mille tulemuseks moodustub ammooniumkarbamaat, mis dehüdreeritakse karbamiidiks (uurea). Saadus segatakse kindla koguse formaldehüüdi ehk metanaaliga. MF-i puhul segatakse formaldehüüdiga kaltsiumtsüanamiidist saadud melamiin.⁶⁶ Aminoplastid on inertsed nõrkade hapete ja aluste suhtes, vastupidavad bensiinile, määrdeainetele, piiritusele, atsetoonile ja benseenile. Lagundavatena mõjuvad kontsentreeritud happed ja alused.⁶⁷

Aminoplaste kasutatakse sünteetilise puiduliimina ja ilmastikukindlate lakkide ning värvide valmistamisel. Vedelate vaikudega immutatakse puitlaastplaate, riidet ja paberit. MF-ga immutatud paber ehk laminaat muutus alates 1950ndatest väga populaarseks, kuna sellega kaetud pindasid oli lihtne puhastada ning neid võis valmistada igas toonis ja mustris (joonis 3.13). MF ületab UF vaikusid mitmete omaduste poolest. Sellel on madalam veeimavus,

⁶⁴ **Catalin Radio.** Catalin Radio History, <http://catalinradio.com/p-2817-history.html>, vaadatud 25.11.13

⁶⁵ **Quye, Williamson,** *Plastics. Collecting and ...*, lk. 152.

⁶⁶ **Birley, A. W.; Heath, R. J.; Scott, M. J.** *Plastics Materials. Properties and Applications. Second Edition.* Glasgow: Blackie Academic & Professional. 1988 [Esmatrükk 1982], lk. 158.

⁶⁷ **Mauring,** *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 36.

parem vastupidavus veebaasil segudele, head elektrilised omadused niiskes keskkonnas ning parem kuumakindlus ja kõvadus. Just kuuma- ja niiskuskindlus lubasid melamiin-formaldehüüdist toidunõusid valmistada. Muidugi oli oluliseks faktoriks ka see, et MF-vaikudes ei eraldunud mürgiseid ühendeid.⁶⁸



Joonis 3.13: MF-laminaadi reklaam 1950ndatest.

3.7. Polüstüreen

1933. aastal toodeti survevalu (*injection molding*) meetodil esimesed polüstüreenist (polüstürool) (*polystyrene - PS*) esemed. Esmalt vaid eriotstarbel kasutatud plastik sai peagi massiliselt toodetavaks tarbeplastikuks, millela oleks raske ette kujutada pakenditööstust. Juba 10 aastat pärast esimesi edukaid tootmiskatseid, 1943. aastal, tutvustas ungarlane



Joonis 3.14: XPS-st toodetud sööginõud.

László Biró maailmale kuulotsikuga pastapliiatsit, mille plastümbris oli ja on siiamaani valmistatud polüstüreenist. See lihtne toode demonstreerib suurepäraselt, kuidas plastikust oli 20. sajandi keskpaigaks kujunenud materjal, mis tegi võimalikuks masstoodangu.⁶⁹

Polüstüreeni saadakse värvitu vedeliku stürooli radikaal- või ioonpolümeerisatsioonil. Nõnda valmib termoplastne amorfne materjal, mida on võimalik paljudesse erksatesse värvidesse toonida ning millel on suurepärase läbipaistvus. See on kõva materjal, mis löögi korral tekitab metalset heli. Polüstüreen on kasutatav temperatuurivahemikus $-40...+80\text{ °C}$ ($T_g = 100\text{ °C}$). Kõrge süsinikusisalduse tõttu põleb see tahmava leegiga, eraldades mürgiseid aure.⁷⁰

⁶⁸ Brydson, *Plastics Materials*, lk. 665.

⁶⁹ The Plastics Historical Society, Mass-produced Pens, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=304>, vaadatud 03.02.14.

⁷⁰ Mauring, *Plastmassid ja plastmasstooded*, lk. 26-27.

Polüstüreenil on madal veeimavus ja hea keemiline vastupidavus (reageerib lämmastik- ja äädikhappega, mõningal määral lahustub tärpentinis, atsetoonis ja bensiinis). Ühtlasi on sellel väga head dielektrilised omadused. Peamiseks puuduseks on haprus, mida saab parandada sünteetilise kautšuki lisamisega. Nõnda saadakse löögikindel polüstüreen (*high impact polystyrene – HIPS*). HIPS-st esemeid toodetakse enamasti vaakumvormimisega. Valmistatakse kiivreid, mänguasju, spordivarustust, raadio ja elektriseadmeid, ühekordseks kasutuseks mõeldud anumad.⁷¹ Toodetakse ka vahtpolüstüreeni (*extruded polystyrene – XPS*) (joonis 3.14) ja mullpolüstüreeni (*expanded polystyrene – EPS*), mida kasutatakse soojusisolatsioonina ning õrnade esemete pakkimiseks.



Joonis 3.15: ABS-st valmistatud Transformers'i mänguasi.

Peale HIPS-i on ka teine laialdaselt kasutatud stüreeni modifikatsioon – akrüülnitriil-butadienstüreen (*acrylonitrile butadiene styrene – ABS*). See on tugev jäik plastik, millel on kõrge kokkupõrke ja pingepingemise taluvus ning hea keemiline vastupidavus. Miinusteks on opaaksus, kehv vastupidavus ilmastikutingimustele ning polüstüreenist madalam tule- ja vee-kindlus.⁷² ABS on mänguasjatööstuses meelismaterjal, millest saab valmistada vastupidavaid seikluskanglaste figuure (joonis 3.15), nukke, legoklotse ja mängupüstoleid.

Kuna polüstüreenil on väga hea läbipaistvus, kasutatakse seda tihti klaasi asemel. Sellest valmistatakse prilliklaase, värvilisi seinakatteplaate, raadiokorpuse, heliplaate, mänguasju, fototarbeid, galanteriitooteid (nööpe, kamme, kaelakeesid), mööblinuppe, elektrilüliteid, kontori- tarbeid, kingakontsi. Suurim väljund on muidugi pakenditööstuses – korgid, purgid ja kiled.

3.8. Polüamiidid

1938. aastal ilmus USA müügilettidele igapäevakasutuseks mõeldud ese, mis vaatamata tulevastele kohutavatele sõja-aastatele pani inimesi pisut julgemini naeratama – sünteetiliste harjastega hambahari, täpsemalt dr. Westi imeharjastega hambahari (*Dr. West's Miracle-Tuft Toothbrush*). Evolutsioonilise hüppe baktereid koguvatest metsseakarvadest ja hobujõhvidest

⁷¹ Birley; Heath; Scott, *Plastics Materials*, lk. 50.

⁷² Samas, lk. 55.

kauakestvate ja hügieeniliste harjasteni tegid võimalikuks 1934. aastal ameeriklase Wallace Carothers'i eestvedamisel läbiviidud õnnestunud katsed DuPontis, leidmaks uusi sünteetilisi kiudusid. Uued polümeerid nimetati polüamiidideks (*polyamide – PA*), mis aga võivad enam äratuntavad olla nimetuse „nailon“ (*nylon*) järgi.

Polüamiidid on lineaarsete ahelatega termoplastid, mida on võimalik valmistada kahel meetodil. Esimene võimalus on kondensatsioonireaktsioon aminogrupi ja karboksüülhappe või atsüülkloriidi gruppide vahel, mille käigus eraldub vee või vesinikkloriidi molekul. Teine moodus on avada monomeer, mis sisaldab amiini ja happe gruppe (laktaam tsükkel). See, kui palju süsinikuaatomeid osaleb polümeeri moodustamisel ning missuguse kvaliteediga happeid kasutatakse, dikteerib saadava plastiku omadused.⁷³ Ilma täite- ja värvaineteta on polüamiidid sarvetaolised, veidi läbipaistvad kollakad plastmassid. Mehaanilistelt jäigad, sitked ja löögi-kindlad. Polüamiididel on väike hõõrdumiskoeffitsient ning suur koormus- ja kulumisvastupidavus. T_m on tüübiti erinev (190 – 365 °C), T_g on 43 – 53 °C. Külma taluvad kuni -50 °C.⁷⁴ Keemiliselt on polüamiidid vastupidavad orgaanilistele lahustele, naftasaadustele, rasvadele ja alustele. Lahustuvad aeglaselt fenoolides, amiidides ja kontsentreeritud hapetes. Vananemist kiirendab UV-kiirgus. Polüamiididel on kõrge hügroskoopsus.⁷⁵

Joonis 3.16: 1939. aastal algas nailonsukkade tootmine, mis aastaga saavutasid uskumatu menu. Sõja ajal läks enamik nailonist langevarjude valmistamiseks, mistõttu olid sukad defitsiitsed ning kaubapäevadel tühjenesid letid juba esimese tunniga. 1945-46. aastal puhkesid Ameerikas isegi n-õ nailoni rahutused, näiteks Pittsburgis, kus 40 000 naist kogunesid kaupluse uste taha, et endale välja võidelda 13 000 sukapaari seast isiklik. Sukkadeta jäänud naised ei andnud siiski alla. Moekas sukatriip joonistati eelnevalt tooniva kreemiga kreemitatud jalgadele kasvõi silmapliiatsiga. Ilusalongid pakkusid jalakosmeetika teenust ning kosmeetikafirmad tootsid sukki imiteerivat *make-up*'i.⁷⁶



Polüamiidides sisaldub madalamolekulaarseid vees kergesti lahustuvaid aineid, mis annavad toiduainetele mõrkja maitse. Seetõttu neid toidupaketitööstuses ei

kasutata. Küll aga on need tänu kuumakindlusele ning väga tugevale vastupidavusele leidnud laialdast kasutust mehaaniliste komponentidena asendamaks tihtilugu metalli (nt automootori

⁷³ **Plastipedia**, Nylons (Polyamides), <http://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Polymers/Polyamides.aspx>, vaadatud 04.02.14.

⁷⁴ **Lippmaa**, Helle. *Polümeerisõnastik*, lk. 222.

⁷⁵ **Mauring**, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 37.

⁷⁶ **Mossman**, Susan. „Synthetic Fibres, From Dreams To Reality“. – *Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=552>, vaadatud 04.02.14.

osad). Väga oluline polüamiidi toodang on sünteetilised kiud. Meenutades väliselt siidi, on need mehaaniliselt palju tugevamad. Puuduseks on mitteküllaldane õhu ja niiskuse läbilaskvus, mistõttu kangaste ja riiete valmistamisel lisatakse neile tihtilugu looduslikke kiudaineid. Nailonist valmistatakse näiteks sukki (joonis 3.16), sokke, trikootažtooteid, kalavõrku, õngenööri, kunstkarusnahka ning köit.⁷⁷

3.9. Polümetüülmetakrülaad

1931. aastal võeti Suurbritannias vastu patent Rowland Hill'i nimele, mis käsitles polümetüülmetakrülaadi (*polymethyl methacrylate* – *PMMA*) ehk akrüüli kasutust ja tootmist. Samal ajal otsis Šotimaal dr. John Crawford materjali, mida sobiks kasutada kaitseklaasi vahekihtidena. Muidu kasutatud tselluloid muutus päikesevalguse toimel kollakaks, mida aga polümetüülmetakrülaadi puhul ei juhtunud. 1934. aastal hakati Suurbritannias PMMA-d tootma *Perspex*'i nime all. Saksa maal valmistati seda *Acryloid*'i ja *Plexigum*'ina. Need olid pehmed kumjad materjalid, mida kasutati pinnakatetena. PMMA-st räägitakse tihtilugu kaubanduslikust tootenimest



Joonis 3.17: PMMA-d on kuumuse abil lihtne vormida.

Plexiglas® tulenevalt kui pleksiklaasist. Kuna PMMA on amorfne ning seega läbipaistev, sai sellest populaarne asendus klaasile. Teise maailmasõja ajal kasvas akrüüli kasutus tohutult, leides rakendust lennukitööstuses, allveelaevade periskoopide ja sõidukite tuuleklaasidena.

Akrüülplaste saadakse akrüülhapete või metakrüülhapete estrite radikaalpolümerisatsioonil. Need on läbipaistvad ning vananevad võrreldes teiste plastmassidega tunduvalt aeglasemalt. Enimkasutatud polümetüülmetakrülaad on termoplastne plastmass, mis pehmub 80 °C juures ning talub külma kuni -180 °C. PMMA on polüstüreenist vastupidavam, tselluloos- atsetaatidest ja ABS polümeeridest aga nõrgem. Kriimustub küllalt kiiresti (õrnemaid pinnapealseid kriime on võimalik välja poleerida). PMMA on tundlik mineraalhapetele (nt soolhape, lämmastikhape, fosforhape ja väävelhape), ent vastupidav leelistele ja veele.⁷⁸

⁷⁷ **Mauring**, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 38.

⁷⁸ **Brydson**, *Plastics Materials*, lk. 394.

1960ndatel kasutasid disainerid akrüüli kosmoseajastu illustreerimiseks. Sellest sai toota läbipaistvaid, kergeid ja tugevaid esemeid, mida klaas ei võimaldanud (joonis 3.17). Alates 1950ndatest on akrüül populaarne materjal ehte valmistamisel (joonis 3.18). Akrüülplastidest valmistatakse ka värve ja lakke. Akrüülvärvid on vastupidavad, kuivavad kiiresti ega erita ebameeldivat lõhna. Neid on lihtne kasutada ning tulemus jääb kirkas ja ühtlane.

Joonis 3.18: PMMA-st ja hõbedast valmistatud kaelaehe (Lua Lua, *Tutti Frutti*). Kuna tegemist on disaineriehtega, on selle hind küllalt soolane - 180£ (~215 €), arvestades seda, et tegemist on vaid hõberõnga ja plastikutükkidega. Sellise ehte näol on selgesti näha, et plastikule antakse tunduvalt kõrgem väärtus, kui selle hind toormaterjalina on.



3.10. Polüvinüülkloriid

Polüvinüülkloriid (*polyvinyle chloride – PVC*) on üks ebastabiilsem polümeer, mida kaubanduslikul eesmärgil toodetud on. Samas on see tänapäeval polüetüleeni ja polüpropeeni järel tootmiskoguselt kolmandal kohal maailmas. Seda tänu koostises olevale kloorile, mis muudab vinüülkloriidi polümeeri paljude erinevate lisaainetega ühilduvaks ning tagab plastiku mehaaniliste ja keemiliste omaduste mitmekesisuse.

Vaatamata sellele, et PVC ilmus tööstuslikku kasutusse alates 1920ndate lõpust, on tegelikult tegemist vägagi varakult avastatud polümeeriga. Selle monomeeri moodustamine õnnestus nimelt juba 1835. aastal prantsuse keemikul Henri Victor Regnault'l. Selleks töötles ta etüleendikloriidi kaaliumhüdrosiidiga.⁷⁹ Tulemuseks oli valge tahke aine, mis moodustus vinüülkloriidi gaasiga täidetud anumates päikesevalguse toimetel. Elevust tekitav avastus jäi aga paljudeks aastakümneteks vaid laboritesse. Alles 1912. aastal patenteeris vene keemik Ivan Ostromislenski polüvinüülkloriidi valmistamise. Selles nähti asendust tuleohtlikule tselluloosnitraadile ning esmalt toodeti PVC-st filmilinte, nõöpe ja ehteid.⁸⁰

1926. aastal tegi ameerika keemik Waldo Semon PVC arenguloos olulise sammu. Ettevõtte BFGoodrich palkas tööle noore keemiku, kes otsiks sünteetilist asendust kallinevale looduslikule kummile. Semoni otsingud juhatasid ta vinüülkloriidini, mille valmistamine õnnestus piisavalt ladusalt, et seda kaubanduslikult toota. Vaatamata 1920ndate lõpu suurele

⁷⁹ Brydson, *Plastics Materials*, lk. 298.

⁸⁰ Shashoua, *Conservation Of Plastics*, lk. 28.

majanduslangusele, suutis Semon uue materjali läbi suruda, pakkudes välja PVC-ga immutatud veekindlad kangad. Uus müügiartikkel muutus kiiresti populaarseks.⁸¹ 1933. aastal töötas Semon välja meile tuttava polüvinüülkloriidi. PVC-d hakati üha enam kasutama Teise maailmasõja ajal, mil see asendas enamasti kaablite isoleermaterjalina looduslikku kummit. Tänu kõrgele kloorisisaldusele (kuni 57%) olid need mittesüttivad, vastupidavad õlidele ja veele ning mis kõige olulisem – ei reageerinud vasktraadiga.⁸²

Polüvinüülkloriid on lineaarse polümeerahelaga termoplastik, mida toodetakse vinüülkloriidi monomeeri polümerisatsioonil. Vinüülkloriidi monomeer saadakse etüleen ja kloori seguna moodustunud etüleendikloriidist, mis omakorda on valmistatud nafta töötlemisel saadud etüleenist ning mereveest ja kivisoolast toodetud tööstuslikust soolast. PVC on vastupidav mittepolaarsetele lahustitele, lahustudes kloori sisalduvates orgaanilistes lahustites. Atsetoonis ja benseenis paisub, bensiini ja piiritusega ei reageeri. PVC ei reageeri ka vee, rasvade ega naftasaadustega. Kasutuseks sobiv temperatuurivahemik on -10...+70 °C. 140 °C juures materjal laguneb.⁸³ PVC-st esemeid toodetakse ekstrusiooni, survevalu, suruõhuvormimise ja kalendreerimise meetodil.

Eristatakse kahte tüüpi PVC-d – pehendamata jäik PVC ehk UPVC (*unplasticized polyvinyl chloride*) ja pehmendatud PVC ehk PPVC (*plasticized polyvinyl chloride*). UPVC on vastupidav keemilistele ja bioloogilistele mõjutustele, tänu millele sobib asendada majapidamises kasutatavaid korrosiooniohus metalltorusid. UPVC-st valmistatakse näiteks kasvuhoonete karkasse, mööblit ja mänguklotse. Tuntud PVC toode on vinüülheliplaadid (joonis 3.19). Pehmendid alandavad oluliselt



Joonis 3.19: PVC-st vinüülheliplaate hakati tootma 1948.

polümeeride klaasisiirdetemperatuuri, mistõttu on PPVC toatemperatuuril elastne ja pehme. PPVC-st esemed taluvad temperatuurivahemikku -20...+50 °C. PPVC-d kasutatakse riiete (joonis 3.20), nahaimitatsioonide, polstri, kaablite ja täispuhutavate esemete valmistamiseks.⁸⁴ Moetööstusse ilmus PPVC esmakordselt 1963. aastal, mil Mary Quant disainis vihmamantlite

⁸¹ **History – PVC.** (WWW) <http://www.pvc.org/en/p/history>, vaadatud 24.09.13.

⁸² **Shashoua,** *Conservation Of Plastics*, lk. 28.

⁸³ **Mauring,** *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 25.

⁸⁴ **Wikipedia,** Polyvinyl Chloride, http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_chloride, vaadatud 07.01.12.

kollektiooni „*The Wet Collection*“, mis Pariisis esitletuna publikult esmalt vaid ehmunud reaktsiooni sai.⁸⁵

Mürgine PVC

PVC püsis populaarse materjalina kuni 1970ndateni. 1971. aastal kerkisid esile tõendid, et vahetu kokkupuude vinüülkloriidi monomeeriga põhjustab osteolüüsi (luude kasvuhäired), Reynaudi sündroomi (häiritud verevarustus sõrmedes, kätes), sklerodermat (naha värvi ja paksuse muutus) ja haruldast maksavähki. 1974. aastal avastati, et see haruldane vähk esines normaalsest tunduvalt enam just PVC polümeriseerimistehaste töötajatel ning 1976.

aastaks registreeriti 55 surmajuhtumit. Probleemi lahendamiseks alandati oluliselt monomeeri kontsentratsioonitaset (300 – 400 ppm-lt 2 – 5 ppm-le). Selline juhtum kujundas üldsuse arvamust PVC-st negatiivsemaks, vaatamata sellele, et töötajate kokkupuude vinüülkloriidi monomeeriga viidi miinimumini.⁸⁶

Üht probleemi ei suudetud aga lahendada veel mitmeid aastakümneid – PVC-sse lisatud mürgiste pehmedite eraldumist materjalist. Kõige ohtlikumaks pehmediks on di(2-etiülheksüül)ftalaat (DEHP), mille lisamine 2006. aastal Euroopa Liidus keelustati. DEHP põhjustab allergiaid. Pikaajalisel kokkupuutel soodustab maksavähi teket.⁸⁷ Seda tuleb meeles pidada inimesel, kes puutub tihedamalt kokku vananevate PPVC-st esemetega. Neid käsitsetes peab kandma kindaid. Pärast eseme puudutamist tuleb kindlasti käsi pesta. Samuti peab olema tähelepanelik karpide avamisel, kus vananev ese pikemat aega sees on olnud. Materjalist eralduv vesinikkloriid (soolhape) koguneb ajapikku karbi sisse ning pääseb selle avades inimese hingamisteedesse. Vesinikkloriid võib põhjustada hingamisteede põletikku ja haavandeid ning kopsuturset.



Joonis 3.20: PPVC-st vihmamantel.

⁸⁵ **The Plastics Collection**, White Collar Plastic, <http://plastics.syr.edu/page.php?id=/essays/white-collar-plastic>, vaadatud 11.12.13.

⁸⁶ **Brydson**, *Plastics Materials*, lk. 299; **Janssen**, Sarah. „Congress Must Protect People from Toxic Chemicals Known to Cause Harm: Vinyl Chloride“. – *Natural Resources Defence Council*, July 2010, PDF: <http://www.saferchemicals.org/PDF/resources/vinyl-chloride-fs.pdf>, vaadatud 25.11.13. ;

„Vinyl Chloride Monomer-Related Diseases“, 1992. – Department of Work And Pensions, Social Security Administration, PDF: <http://www.official-documents.gov.uk/document/cm66/6645/6645.pdf>, vaadatud 03.12.13.

⁸⁷ **Wikipedia**, Polyvinyl Chloride, http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_chloride, vaadatud 07.01.12.

3.11. Polüetüleen

1933. aastal avastati juhuslikult polüeteen ehk polüetüleen (*polyethylene* – *PE*), kõige lihtsama põhistruktuuriga polümeer. Selle tootmise patent võeti vastu 6. septembril 1937. Esmalt valmistati polüetüleeni suhkrusiirupist, millest eraldati etüülalkohol, mis dehüdreerituna andis etüleeni, polüetüleeni monomeeri. Tänapäeval toodetakse polüetüleeni naftabaasil ning sellest on kujunenud enimtoodetud plastik maailmas.⁸⁸



Joonis 3.21: Tupperware® säilituskarpide reklaam 1950ndatest.

Polüetüleenil on head isolatsiooniomadused ning suurepärase vastupidavus kemikaalidele. Olles vastupidav veele, kasutati seda Teise maailmasõja ajal veealuste kaablite isolatsioonina. Sõjajärgselt leidis materjal kasutust paljude perede majapidamistes toidusäilituskarpide näol, mille tootmine sai alguse 1950ndatel ning mis on väga populaarsed veel tänagi (joonis 3.21).⁸⁹

Tegemist on kristallilise struktuuriga plastikuga, mistõttu on see enamasti opaakne. Pigmentideta polüetüleen on piimvalge, veidi rasvase parafiini meenutava pinnaga. Põleb sinaka leegiga ning eritab parafiini lõhna. Toatemperatuuril on vastupidav hapetele, leelistele ning enamikele orgaanilistele lahustitele. Üle 70 °C juures lahustub aeglaselt benseenis, süsiniktetrakloriidis ja mineraalõlides. Mõningal määral reageerib rasvadega, mis seletab toidusäilituskarpide muutumist „rasvasteks“ pärast pikemaajalist kasutamist. Vananemist aeglustavate lisaaineteta polüetüleen vananeb väga kiiresti, eriti päikesevalguse toime.⁹⁰



Joonis 3.22: LDPE-st hobused. (PE 793, TMMM 6773, autori foto)

Polüetüleeni tootmiseks on mitmeid meetodeid, mis kõik annavad erinevate omadustega plastiku. Enamkasutatavad on madala tihedusega polüetüleen (*low density polyethylene* – *LDPE*) (joonis 3.22) ja hiljem valmistatud kõrge tihedusega polüetüleen (*high density polyethylene* – *HDPE*). LDPE ahel on väga paljude hargnevustega. See on pehme ja elastne materjal, mida

⁸⁸ Brydson, *Plastics Materials*, lk. 203.

⁸⁹ Shashoua, *Conservation Of Plastics*, lk. 28 – 29.

⁹⁰ Mauring, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 22.

kasutatakse enamasti kilede tootmiseks. Samas hakati LDPE-st uudistootena valmistama kergeid ja keskkonnatingimustele vastupidavaid aiakärusid.⁹¹

HDPE on tihe materjal, mis on küllalt selge ja läbipaistev, hea kuumakindluse (kuni 80 °C, lühiajaliselt ka kuni 95 °C) ning tõmbetugevusega, samas kergesti pragunev, murduv ning kehvade dielektriliste omadustega. HDPE-st toodetakse seljakottide raame, pudelikorke, korduvkasutatavaid pudeleid (mittegaseeritud jookidele), keemiliselt vastupidavaid torusüsteeme, roostekaitset terastorudele, klapptoole ja –laudu, hularõngaid, plastikkotte. Tihti kasutatakse seda koos puidukiududega puitplastmaterjalina, mida rakendatakse väli-tingimustes olevate põrandakatete, aedade, pargipinkide, akna- ja ukseraamide tootmises.⁹²

Polüetüleentereftalaat

Tihti peale võib karastusjookide plastikpudelitel märgata tähekombinatsiooni PET või PETE, mis on lühendid sõnast polüetüleentereftalaat (*polyethylene terephthalate*). Tegemist on termoplastikuga, mis on tereftaalhappe ja etüleenglükooli (etüleenist saadud vedelik) polükondensaat. Esmakordselt valmistasid seda inglased J. Rex Whinfield ja James T. Dickson 1940. aastal. Tootmisse läks see aga alles aastast 1954.⁹³ PET on aldis hüdroolüüsile ja termooksüdatsioonile. Vananedes ilmnevad värvikahjustused, molekulalahete ristsildamised või ahelate katkemised. PET on kõige litsamini ümbertöödeldav plastik.

Alates 1970ndatest kasutatakse selle amorfset vormi, mis tähendab, et toodang on läbipaistev ja selge, kuid PET võib olla ka kristalliline. Sellel on madal veeimavus ning hapniku ja CO₂ läbilaskvus, mistõttu on PET leidnud kõige enam rakendust gaseeritud jookide pudelitena ning toidupakkematerjalina. Klaaskiududega armeerituna on PET tugev konstruktsioonplastik, polümeerisegust tõmmatud kiududest valmistatakse vastupidavaid kangaid (nt *Tyvek*®).⁹⁴ Lisades PET-i kiudusid villale või puuvillale, väheneb oluliselt kanga kortsuvus. Väga peenetest kiududest valmistatakse kunstiidi, jämedamad kiud leiavad rakendust autorehvide, konveierlintide ja turvavööde valmistamisel. PET-ist valmistatud vastupidavatest kiledest on ühed tuntumad nimed *Mylar*® ja *Melinex*®.

⁹¹ **Wikipedia**. Low-Density Polyethylene, http://en.wikipedia.org/wiki/Low_density_polyethylene, vaadatud 07.01.12;

⁹² **Wikipedia**. High-Density Polyethylene, http://en.wikipedia.org/wiki/High-density_polyethylene, vaadatud 07.01.12.

⁹³ **Encyclopedia Britannica**, Polyethylene terephthalate (PET or PETE), <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/468536/polyethylene-terephthalate-PET-or-PETE>, vaadatud 04.02.14.

⁹⁴ **Lippmaa**, Helle. *Polümeerisõnastik*, lk. 123.

3.12. Polüuretaan

Polüuretaani (*polyurethane* – *PU*, *PUR*) avastas 1937. aastal Saksamaal Otto Bayer. Polümeer moodustub isotsüanaadi (*isocyanate*) ja alkoholi regeerimise tulemusena. Algselt hakati seda välja töötama kiudude tootmiseks. Teise maailmasõja tõttu pidurdus arendus ning alles 1954. aastal alustati polüuretaani tootmist vahtmaterjalina. PU-vahud võivad olla jäigad, pooljäigad ja pehmed. Pehme vahu polümeerahelate ristühendus on suhteliselt harv. Vahu tihedus sõltub sellest, kui palju gaasi tootmisprotsessi ajal polümeerisegusse lastakse. Pehmet vahtu kasutatakse polsterdustöödeks. Kõvadest vahtudest toodetakse näiteks puiduimitatsioone (laetalad, reljeefsed dekoratsioonid) ja toolikorpusi (joonis 3.23). Tuntud polüuretaanvahttoode on jäik fikseerimisvaht *Makroflex*®.



Joonis 3.23: P. Starcki disainitud tugitool *Richard III*, mis on valmistatud jäigast PU-vahust.

Lisaks vahtmaterjalidele valmistatakse polüuretaanist elastomeere, kõrgkvaliteetseid liime, pindade viimistlusvahendeid, sünteetilisi riidekiudusid ning jäiksid plastikosi elektroonika-tööstuses. Polüuretaanil on tugev kandevõime. Materjali rebenemistugevus on tunduvalt parem kummi omast, mis võimaldab polüuretaani kasutada turvavööde ja langevarjude tootmiseks. PU on vastupidav hapnikule, osoonile ja päikesevalgusele. Selle kasutus-temperatuur jääb vahemikku $-30...+150$ °C.⁹⁵

3.13. Epoksiidvaigud

1939. aastal patenteeriti Saksamaal epoksiidvaikusid puudutav tootmisprotsess, mille tulemuseks oli vedelik, mida sai kasutada pinnakattematerjalina. Ligi poole epoksüvaikude väljundist moodustabki pinnakattetoodang. See on kõva, hea adhesiooniomadusega (liimides kokku erinevaid materjale) ning hea vastupidavusega alustele.⁹⁶

Epoksiidvaigud ehk epoksüvaigud (*epoxy resin* – *EPO*) on vedelad või tahked polümeerid, mis moodustuvad epoksürühmi sisaldavate ainete polükondensatsioonil kahes astmes. Esmalt

⁹⁵ **Wikipedia.** Polyurethane, <http://en.wikipedia.org/wiki/Polyurethane>, vaadatud 07.01.12.

⁹⁶ **Brydson,** *Plastics Materials*, lk. 723.

tekivad madala polükondensatsiooniastmega vedelad vaigud, mis seejärel reageerivad kergesti kahealuseliste karboksüülhapete või amiinidega. Kuna tegemist on termoreaktiivse plastikuga, mille molekulahelad on väga tihedalt ristsillatud, suudavad vaid vähesed kemikaalid seda mõjutada (orgaanilised happed ja kloori sisaldavad süsivesinikud). EPO-vaigud on tugevad ja heade isolatsiooniomadustega. Kuumataluvus on kuni 120 °C.⁹⁷



Joonis 3.24: Kunstnik Markus Linnenbrink'i skulptuur *Save the Earth* (epoksiidvaik, pigmendid, objektid). 40,5 x 28 x 35,5 cm.

Epoksüvaike kasutatakse pulberviimistlusena metallist majapidamismasinat katmiseks, laevatööstuses, metallkannude ja säilituskarpide katmiseks (eriti happelist sööki sisaldavate konservide puhul). Kuna epoksiididel on vähene mahukahanevus tahenemisel, sobivad need pahtlite valmistamiseks. Ka kunstnike seas on tegemist populaarse materjaliga (joonis 3.24).

3.14. Polüpropeen

1954. aastal avastati moodus, kuidas nafta lagundamisest saadud propüleenist toota kõrge molekulaarmassiga polümeere. Üks neist, tuntud kui isotaktiline polüpropeen, sarnanes paljuski kõrgtihedusega polüetüleenile. Erinevusteks olid uue polümeeri kõrgem pehmumistemperatuur, jäikus ja kõvadus. Esmalt oli aga uue plastiku molekulaarmass liialt kõrge, mistõttu oli see väga rabe ning sellest esemete tootmine peaaegu võimatu. Molekulaarmass saadi kontrolli alla vesiniku lisamisega polümerisatsioonireaktsiooni. Samas säilis plastiku haprus, mistõttu polüpropeenist esemete valmistamine veel mitmeks aastaks edasi lükkus. Ühtlasi oli polüpropeen hapnikule ja UV-kiirgusele väga tundlik. Ebastabiilsus parandati lõpuks sobivate lisaainetega. 1980ndate keskpaigaks tõusis polüpropeen toodangult kolmandale kohale maailmas.⁹⁸ Tänapäeval on polüpropeen tootmismahult juba teisel kohal.



Joonis 3.25: Puitkiudarmeeritud PP-st tool ELLAN (IKEA). (Autori foto)

⁹⁷ Mauring, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 43.

Polüpropeen (*polypropylene* – *PP*) on küllalt tugev, jäik, hea paindetugevusega, vastupidav löökidele ning suhteliselt kuumakindel (pehmub alles 150 °C juures). Võrreldes polüetüleeniga on polüpropeen UV-kiirgusele ja hapnikule vastupidavam. Polüpropeentooted on läbipaistvad ning kauni läikiva pinnaga. Kaalult kõige kergem plastmass (erikaal 0,9 g/cm³). Keemiliselt mõjutavad seda peamiselt aromaatsed süsivesinikud (toluool, benseen), milles materjal üle 100 °C juures lahustuma hakkab. Teistes lahustites polüpropeen vaid tursub. Tegemist on vägagi külmakartliku plastmassiga. Juba 0 °C juures muutub plastik hapraks.⁹⁹

Polüpropeeni oluline omadus on selle õhukeste lehtede vastupidavus korduvale painutusele. Tänu sellele on polüpropeen sobiv materjal ühes tükis mahutite valmistamiseks, mille kaane hinged on juba vormis valatud. Polüpropeeni kasutatakse pakendi-, mööbli- (joonis 3.25) ja tekstiilitööstuses (kõied, soe aluspesu, vaibad). Polüpropeeni toodetakse ka lehtedena. Selline toodang on leidnud kasutust kaustadena, polümeer rahadena (nt Austraalia dollarid) ja säilituskarpidena. Polüpropeeni on võimalik toonida paljudesse värvidesse, see on odav, vastupidav nii mustusele kui keskkonnatingimustele.¹⁰⁰

3.15. Polükarbonaat

1958. aastal ilmus uus tugev, jäik, kuumakindel, keemiliselt stabiilne ning suurepäraselt läbipaistev plastik – polükarbonaat (*polycarbonate* – *PC*). Uue plastiku avastasid 1953. aastal peaaegu samaaegselt üksteisest sõltumatult töötanud sakslane dr. Herman Schnell Bayeris ning ameeriklane dr. Daniel Fox General Electricus. Polükarbonaadid on süsihappe polüestrid, mida sünteesitakse süsihappe ebastabiilsuse tõttu selle derivaatidest. Nõnda saadakse madala kristallisusastmega plastik, millest toodetakse alates 1982. aastast muusikamaailma oluliselt mõjutanud helikandjaid – CD-plaate.¹⁰¹

Polükarbonaadid säilitavad jäikuse kuni 140 °C-ni, sulama hakkavad alates 225 °C-st. Madalaim temperatuur, mille juures plastik säilitab sitkuse on -20 °C. Tegemist on materjaliga, mis on kuumakindel, raskestisüttiv ning põlemisel praktiliselt isekustuv. Klaas-kiudude või süsinikuga armeeritult moodustub erakordselt tugev plastik, mis on leidnud

⁹⁸ **Brydson**, *Plastics Materials*, lk. 240.

⁹⁹ **Mauring**, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 23.

¹⁰⁰ **Wikipedia**, Polypropylene, <http://en.wikipedia.org/wiki/Polypropylene>, vaadatud 07.01.12.

¹⁰¹ **The Plastics Historical Society**. Polycarbonate, <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=109>, vaadatud 05.02.14.; **Lippmaa**, Helle. *Polümeerisõnastik*, lk. 126.

kasutust näiteks märlipolitseinike kaitsekilpide valmistamisel. Vastupidav hüdrolüüsile. Samas ei ole head ilma halvata – polükarbonaadid ei ole kuigi vastupidavad kemikaalidele, pingepaugunemisele, kriimustustele ega UV-kiirgusele, mis muudab need toonilt kollakaks.¹⁰²

Olles väga heade elektriisolatsiooniomadustega, moodustavad polükarbonaadid olulise osa elektroonikatööstusest. Tarbijale nähtavamad tooted on tugevaid lööke taluv kaitsevarustus, prillid, tuuleklaasid, telefonikabiinid, ootepaviljonid, varikatused (joonis 3.26), valgusfooride lambikatted, spordisaalide aknad, rotipuurid, köögiseadmete anumad, tolmuimeja-, fööni- ja mikserikorpused, mikrolaineahjus kasutamiseks sobivad toidunõud ja lutipudelid.¹⁰³



Joonis 3.26: Ateena Olümpiastaadioni („Spiros Louis“, suveolümpiamängudeks renoveerituna taasavatud 30. juuli 2004) polükarbonaadist katus.

¹⁰² **Lippmaa**, Helle. *Polümeerisõnastik*, lk. 222.; **Plastipedia**, Polycarbonate PC, <http://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Polymers/Polycarbonate.aspx>, vaadatud 05.02.14.

¹⁰³ **Lippmaa**, Helle. *Polümeerisõnastik*, lk. 222.

4. Plastmasside identifitseerimine

Seda, et ese on puidust, tekstiilist, nahast või metallist on enamjaolt küllalt lihtne aimata. Keeruliseks muutub asi siis, kui kõrvale ilmuvad plastikud, mis püüdsid imiteerida kalleid looduslikke materjale. Kuigi vilunum silm võib kiiresti öelda, et tegemist on kunstmaterjaliga, on siiski mitmeid lugusid, kus inimene on siiralt uskunud, et tegemist on pärlmutrist sabadega söögiriistade komplektiga (joonis 4.1). Hoolikalt on need pakitud krepp-paberisse ning peidetud igapäevategemiste eest karpi, ootamaks vaid pidulikke sündmusi. Kui aga hetk käes ja karp avatakse ei ole seal paberit ega pärlmutrit, on vaid korrodeerunud nugade-kahvlite pead ja hunnikuke paberipudi. Tselluloos- atsetaadist eraldunud äädikhape oli teinud oma töö...



Joonis 4.1: CA-st võltspärlmutter võib tõelisele materjalile väga sarnane olla. Vasemal on tehiskäsi ja paremal ehe materjal.

Traditsioonilisi looduslikke materjale võib säilitada küllalt sarnastel tingimustel. Puidu puhul näiteks ei ole erilist vahet, kas tegemist on tamme, männi või kasega, samamoodi ei ole olulist erinevust kitse-, lamba- ja lehmanahkade säilitustingimustel.

Plastik on aga selles suhtes omamoodi materjal. Erinevatel plastikutel on erisugused säilitustingimused ning teadmatuse tõttu võib ka museaaliga juhtuda samalaadne õnnetus nagu koduperenaise püüdnult hoitud „pärlmuttersabadega“ söögiriistadekomplektiga. Kuigi kõiki plastmasse tuleks hoida pimedas ja jahedas, varieeruvad neile sobiv RH ning see, missuguste teiste materjalidega neid kokku paigutada tohib. Näiteks tselluloosestreid ei tohigi ühegi teise esemega kokku panna, kuna need on „pahatahtlikud plastikud“, millest eralduvad happed kahjustavad ümbritsevaid esemeid.

Lisaks säilitustingimuste erinevusele on plastikute tüübi määramine ülioluline nende praktilise konserveerimise puhul. Me peame teadma, missuguseid lahusteid on materjali tegemiseks kasutatud, et teada missuguste vahenditega ei tohi kindlasti eset puhastada. Erinevad liimid, puhastusained ja ka toestamiseks ning täitmiseks kasutatavad materjalid sõltuvad sellest, millest on ese valmistatud.

Nii muuseumide kui kollektsionääride jaoks on vajalik teada, mis ajast ese pärineb. Seda aitab mõnikord määrata materjal. Teades, mis ajal teatud plastikuid valmistama hakati on meil kindlam suund uuritava eseme vanuse määramisel. Loomulikult on paljusid plastikuid toodetud pikki aastakümneid. Küll aga on tehnikad ja ka nomenklatuur mõnevõrra muutunud.

Minnes tagasi peatüki sissejuhatuse esimese lõigu lõpuossa, on ilmselge, et plastikute tüüpide tundmine on oluline originaalmaterjali ja kunstmaterjali eristamisel. On palju alt mindud salakavalate või asjatundmatute müüjatega, kes lubavad ostjale oonüksit või merevaiku kaelakee ripatsis, kuid tegelikult on selleks hoopis vulkaniit või nitrotselluloos. Tänapäeval on ka vanemad plastikud, näiteks bakeliit ja *Bois durci* küllalt kõrgelt hinnatud. Kolleksionääridel tasub olla tähelepanelik, et mitte alt minna mustaks toonitud polüstüreeni või mõne muu modernsema plastikuga, lootes endale soetada mõnd varasest plastikust eset.

Erinevaid plastikuid on palju. Näiteks 1990ndatel toodetud auto valmistamiseks kasutati vähemalt 50 erinevat plastikut. Lisaks sellele võib üks ja sama polümeer esineda tänu lisa- ja täiteainetele vägagi erineval kujul – nii vastupidavad veetorud kui ka läbipaistev vihmamantel on valmistatud polüvinüülkloriidist, kodukeemia pudelid ja maalritöödel kasutatavad valged tunked (*Tyvek*®) on toodetud polüetüleenist. Kui plastikud esineksid puhtal kujul, oleks nende eristamine vahest lihtsam. Lisaaineteta oleksid plastikud aga lihtsalt polümeerid ning mehaaniliselt, keemiliselt ja füüsikaliselt mitte just kuigi vastupidavad.

On vähe plastikuid, mille välimus vananedes kuigivõrd ei muutu, näiteks fenool-formaldehüüd, mis trotsib erinevaid kahjustavaid tegureid ning mida toodetigi juba tumedates toonides, et see paremini valguskahjustust varjaks. Enamik aga luituvad, tuhmuvad või muutuvad kollakas-pruuniks. Mõned plastikud kõvenevad, teised pehmenevad. Seega ka plastikute degradatsioon takistab nende identifitseerimist.

Kõige täpsema tulemuse plastikute identifitseerimisel saab loomulikult laboratoorsel teel. Enamkasutatud analüütiline uurimismeetod on Fourier' teisendusga infrapunaspektroskoopia (*Fourier transform infrared spectroscopy – FTIR*). Analüüsi tulemuseks moodustub spekter, mille abil on võimalik väga täpselt tuvastada andmebaasis olevate spektritega võrreldes uuritav plastik. UV-spektroskoopia abil saab kindlaks määrata plastiku lisaaineid, aatomabsorptsioonspektroskoopia (*atomic absorption spectroscopy – AAS*) vahendusel leitakse koostises olevad metallid, röntgenspektroskoopia (*x-ray fluorescence spectroscopy – XRF*) näitab mitteorgaanilisi täiteaineid ja pigmente, Raman spektroskoopiaga (*Raman*

spectroscopy) tehakse kindlaks polümeeri tüüpe ning saasteaineid nende koostises, gaasikromatograafia massispektroskoopia (*gas chromatography-mass spectroscopy – GC-MS*) on efektiivne madalaprotsendiliste komponentide leidmisel.¹⁰⁴ Samas tuleb tunnistada, et paljudel konservaatoritel, ammugi siis veel kolleksionääridel, ei ole tegelikult võimalust selliste masinate juurde pääseda. Seetõttu keskendub antud peatükk lihtsamatele meetoditele, kuidas plastikuid eristada. Esmalt avaneb lugejale ülevaade mittekahjustavatest meetoditest, mille puhul uuritakse eseme välimust, lõhna ja kõla. Olulised on plastikute määramisel taustteadmised nende arengu ajaloo kohta. Ka sellest saab lugeja kergema ülevaate. Seejärel keskendub uurimustöö kahjustavatele meetoditele. Hoidmaks kokku magistriröö mahtu, on antud peatükis sagedasti kasutatud polümeeritüüpide lühendeid. Nimetused ja nende vasted leiab uurimuse lisadest (vt Lisa 1).

4.1. Mittekahjustavad identifitseerimise meetodid

4.1.1. Välimus

Esimesi vihjeid polümeeri määramiseks annab materjali välimus. On plastikuid, millest valmistatud ese võib olla nii läbipaistev kui opaakne. Samas on mitmeid plastmasse, mis ei saa iialgi olla kristalliselged. Osasid toodetakse vaid tumedates toonides, teisi on aga võimalik toonida erinevatesse erksatesse värvidesse.

Ideaalselt läbipaistvaid plastikud on amorfse struktuuriga. Nende selgust võib aga pigmentide ja täiteainetega takistada. Seega ei tarvitse loomult kristalliselged plastikud alati läbipaistvad olla. Osad plastikud on klaasisarnased vaid lehtedena. Kui aga ese on vormitud ning siiski läbipaistev, võib materjaliks olla PS, PC, PET, PMMA või PU. Lehe või kilena võivad läbipaistvad olla ka CA, PVC ja PP. Tuunjad ja kergelt hägused plastikud on PE ja silikoonid. Tumedates toonides toodeti *Bois durci*'t, guttapertši, vulkaniseeritud kummit ja PF-i.¹⁰⁵

Tänapäeval on plastikutööstus niivõrd kaugemale arenenud, et peaaegu kõikidest plastikutest on võimalik toota kõrgläikelisi esemeid. 20. sajandil esimesel poolel oli see nimekiri mõnevõrra

¹⁰⁴ **Forrest**, Martin J. Analysis of Plastics. Rapra Review Reports, Volume 13, Number 5, Rapra Technology Ltd, 2002 (PFD)

¹⁰⁵ **Plastics Historical Society**, The Identification of Plastics. (WWW): <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=7&subid=128>, vaadatud 24.11.13.

kitsam. Kui ese on valmistatud kõvast ja läikivast plastikust, võib materjaliks olla ABS, CS, MF, PF, PC, PMMA või PS.¹⁰⁶

Alates 19. sajandi viimasest veerandist, mil esimesed poolsünteetilised plastikud kaubandusse ilmusid, püüti plastikute abil eelkõige matkida kallihinnalisi materjale – näiteks merevaiku, elevantiluud, kilpkonnaluud, sarve, oonüksit ja pärlmutrit. Selliseid efektseid väljanägemisi anti edasi CS-i, tselluloosestrite ja PF-ga.

Ehtsa kilpkonnaluu eristamine imiteeringust

Plastikutest õpiti õige kiiresti valmistama suurepäraseid looduslike materjalide imitatsioone. Esmaseks ülesandeks sai elevantiluu imiteerimine, seejärel pöörati tähelepanu kilpkonnaluu ja pärlmutri valmistamisele. Näiteks 19. sajandi hispaania naiste seas väga levinud *peineta*'d – suuremõõdulised kammid, mis kaeti loorina õlgadele langeva pitsiga (*mantilla*), katmaks naiste päid kirikusse minnes – valmistati traditsiooniliselt kilpkonnaluust ning need olid väga kallid. Nitrotselluloosist sai aga toota kamme kiiresti, odavalt ja masstoodanguna (joonis 4.2). Lisaks olid kunstmaterjalist esemed vastupidavamad. Need ei purunenud kukkudes, ei olnud niiskustundlikud, olid palju kergemad ning mis kõige tähtsam – neid said endale soetada ka keskklassi kuuluvad naised.



Joonis 4.2: Mehhiko näitlejanna Dolores del Rio kandmas nitrotselluloosist *peineta*'t (u 1925).

Kilpkonnaluuks loetakse materjali, mis saadakse bissa e karetkilpkonnade (*Erethmochelys imbricata*) kilpidest (joonis 4.3). Need on kuni 1 m pikkused kriitiliselt ohustatud mereloomad, kes elutsevad Atlandi ja Vaikse ookeani vetes. Kilpidest saadud materjal on hinnatud oma töödeldavuse ja värvi poolest. Tüüpiliseks värvivariatsiooniks on helekollasel läbipaistval taustal ebakorrapäraselt paiknevad tumepruunid ja oranžid täpid, mis jätavad peaaegu ruumilise mulje. Esineb ka täiesti tumedat või üleni merevaigusarnast heledat luud. Olles termoplastik, saab seda sulatada ja vormida. Ühtlasi sai pehmesse materjali paigaldada vääriskivikesi ning -metalli, vajamata mingisugust adhesiivi.

¹⁰⁶ **Plastics Historical Society**, The Identification of Plastics. (WWW): <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=7&subid=128>, vaadatud 24.11.13.

Nitrotselluloosi vahendusel ei katsetatud sugugi esmakordselt kilpkonna-
 luu imiteerimist (joonis 4.4). Esmalt tehti seda lehmasarvedest.
 Rahuldava tulemuse saavutamise oli aga keeruline ja
 aeganõudev. Esmalt pidi sarve pikka aega keetma,
 eemaldamaks selle originaaltooni. Seejärel lisati keevasse
 vette lämmastikhapet, mis muutis sarvelehed kahvatuks
 läbikumavaks merevaigutooni kollakaks. Lõpuks värviti materjali
 peale imiteeriv tume säbrulisus. Sellised sarvest valmistatud kilp-
 konnaluu koopiad jäljendasid ehedat materjali väga täpselt. Vaid
 lähemal vaatlusel on märgata, et säbrulisus katab üksnes pinda.



Joonis 4.3: Bissa e karetkilpkonn.



Joonis 4.4: Kilpkonnaluu ja selle imitatsioonid. Vasakpoolsed kolm kammi on kõik kilpkonnaluuust valmistatud. Paremtal teine on toodetud sarvest ning esimene nitrotselluloosist.

On mitmeid märke, mis vihjavad sellele, et eseme valmistamiseks on kasutatud sünteetilist materjali. Olulisemad on järgnevalt punktadena välja toodud:

- Ehtsast kilpkonnaluuust valmistati esemeid käsitsi. Seetõttu on nende pinnal tihti näha tööriistajälgi ning mõningal määral vormi ebaühtlust ja ebasümmeetilisust. Seevastu nitrotselluloosist toodetud esemed on sümmeetrilised ning täiesti sileda pinnaga. Ühtlasi võib neil märgata vormipoolte kokkupuute kohta jäänud kraati.
- Oluline identifitseerimismeetod on nuusutamine. Nitrotselluloos eritab kampri lõhna (pisut männivaiku meenutav), looduslik materjal aga ei lõhna. Tselluloosatsetaadil on äädikasarnane lõhn. Lõhna esiletoomiseks võib eset pisut puuvillase kangaga hõõruda.
- Kunstmaterjal on painduvam ja kergem kui ehtne kilpkonnaluu.

- Kunstmaterjalist esemetele on kaunistavate kivikeste või marketrii tarbeks tihtilugu eelnevalt väikesed kinnitusaugukesed puuritud. Kilpkonnaluu töötlusel suruti need lihtsalt sulanud materjali sisse.
- Kes varem terakärsaklaste poolt tekitatud kahju näinud on, võib kilpkonnaluul ära tunda neile omaseid augukesti. Kahjurid armastavad muidugi ka sarvest tehtud esemeid. Samas tuleb tähelepanelik olla, kuna vananevatel tselluloosestritel võib samuti esineda pahmendite kao tõttu tekkinud augukesti.

4.1.2. Tootjalogod

Suureks abiks plastiku tüübi määramisel on esemel esinevad tootjalogod ja märged. Teades erinevate tootjate taustinfot ehk siis seda, missuguseid materjale ja mis ajal kasutati, on võimalik arvata, missuguse plastikuga tegemist võib olla ja mis ajast ese ühtlasi ka pärineb. Paljud plastikesemete tootjad alustavad ühe või kahe erineva plastiku töötlemisega. Ajapikku võivad ettevõtete logod ja nende asukohad esemetel mõnevõrra muutuda. Kasutades internetiavarusi võib nii mõnegi ettevõtte kohta leida kasulikku teavet, mis aitab suuresti kaasa ka materjalimääramisel. Kui kõikidel plastikesemetel oleksid tootjalogod sisse pressitud, oleks identifitseerimine hõlpsam. Küll aga esineb neid tegelikult harva ning mõnikord võib tootjalogo olla loetamatult kulunud. Magistritöö lisadest leiab kaks tabelit, millest esimeses (Lisa 2) on välja toodud suuremate kohalike ettevõtete logod ning väike lisainfo tootmisperioodi, enamkasutatud materjalide ja põhitoodangu kohta; teises (Lisa 3) mõnede tuntumate välismaa tootjate logod, kus on samuti välja toodud lühike lisainfo.

Mitmete plastikute puhul on toote- või tootjanimest kujunenud üldkasutatav nimisõna, mida kasutatakse samast polümeeritüübist valmistatud materjade nimetusena, nt tselluloid ja bakeliit. Nõnda võivad need aga inimesi segadusse ajada. Selle vältimiseks on magistritöö lisadesse koostatud tabel (Lisa 4), milles on välja toodud mõned tuntumad kaubanduslikud nimed ning nende taga peituvad plastikud.

Lisaks tootjalogodele võib uuematelt plastikesemetelt leida lausa kasutatud polümeeri lühendeid. 1988. aastal võeti kasutusele plastikute taaskäitlemise süsteem, mis aitab inimestel plastikmaterjale äraviskamisel sorteerida. Logod koosnevad kolmnurgakujuliselt kellaosuti-suunas liikuvatest nooltest, mille keskele on märgitud number 1 – 7 ning alla üks seitsmest võimalikust lühendist (joonis 4.5). Enamasti asuvad need vähemärgatavas kohas, näiteks eseme põhjal. Plastikud on nummerdatud vastavalt ümbertöödeldavuse lihtsusele. PET-i on

kõige lihtsam ümber töödelda, seejuures polümeeriahelaid kahjustamata. Taastoodetud eseme omadused ei ole seega eelneva toote omadest kehvemad.



Joonis 4.5: Plastikute taaskäitlemise lihtsustamiseks kasutatavad logod.

4.1.3. Tootmine

Plastikesemete tootmismeetodid jätavad endast tihtilugu teatavaid märke. Tekkivaid eripärasid ning ka seda, missuguseid plastikuide teatud meetodite puhul kasutati, on hea teada. Selline info annab meile suuna plastiku identifitseerimisel. Tootmismeetoditest on pikemalt juttu järgmises peatükis, mis käsitleb plastmasside kahjustusi.

Puhumismeetodil toodetud esemetel on vormipoolte ühtimiskohas iseloomulik joon (joonis 4.6). Põhjal on enamasti ekstrudeeritud plastiktoru kokkusurutud osa jääk (joonis 4.7). Taolist plastikujääki esineb ka survevaludel (LEGO-klotsid, plastknõud). Sel meetodil valmistatakse esemeid



Joonis: 4.6 ja Joonis: 4.7: Puhumismeetodil valmistatud pudel. (Autori fotod)

üksnes termoplastidest, peamiselt PE, PET, PP ja PVC-st.

Valatud toodete puhul, milleks on kasutatud fenoplaste, PMMA-d ja polüüretaani, esineb mõnikord materjali sisse või ka pinnale jäänud õhumullikesi. Nende pind võib olla kõrgläikeline. Pressitud toodetel on aga pind enamasti matt.

4.1.4. Vananemistunnused

Plastikute degradatsioon võib takistada nende identifitseerimist. Samas võib vananemine olla ka suureks abiks. Nimelt ilmnevad mitmete plastmasside juures kindlad vananemismärgid, mille järgi neid võib väga lihtsasti ära tunda. Tuleb vaid teada, kust otsida.

- Kui eset katab valge puuderjas aine, mida saab lihtsasti pinnalt pühkida, võib tegemist olla eraldunud lisaainega. Sellist vananemist esineb tsellulosestritel ja PPVC-l.
- Pragnemist ja lõhenemist esineb mitmete plastikute puhul. Siia hulka kuuluvad galaliit, CN, PF, PC, PS, PVC, šellak ja UF.
- Kergesti mõranevad plastikud on galaliit (pindmine mõranemine), CN (läbivad mõrad), guttapertš (pindmine mõranemine), PMMA, PS ja UF (apelsinikoore mulje).
- Vahtkumm, kummi, guttapertš ja PU-vaht murenevad ajapikku, PVC muutub hapraks ning CA hakkab lokkima ning tõmbub kokku.
- Pleekimine ja värvikahjustused on plastikute puhul väga sagedased. Mitmed plastikud tõmbuvad UV-kiirguse ning oksüatsiooni tulemusel kollakaks, näiteks polüamiidid, PVC, CA ja PU. Teised luituvad, näiteks CN ja UF.

4.1.5. Lõhn

Tundlikuma haistmismeelega inimesed võivad lihtsasti tuvastada plastikuid lõhna järgi. Eriti esiletükkiv on nitrotselluloosi vananemisel eralduva kampri männivaiku meenutav lõhn. Ka vananeval pehmendatud PVC-l on omapärane „pastellkriite“ meenutav lõhn.

Tihtilugu ei ole aga plastikeseme lõhn kuigivõrd eristatav. Selleks et plastiku lõhn paremini esile tuleks, võib seda pehme puuvillase riidetükiga pisut hõõruda. Lõhna saab esile tuua ka meetodil, kus eseme üht osa hoitakse 30 s kuumas vees ning seejärel nuusutatakse. Sellist meetodit ei tohi kindlasti kasutada hügrokoopsete plastikute puhul (galaliit, PA). Kui ninna jõuab äädika lõhn, on tegemist CA-ga, „uue auto lõhn“ kuulub PVC-le, antiseptikumi lõhn PF-le¹⁰⁷, kalalõhn MF-le või UF-le. Soe polüetüleen sarnaneb lõhna poolest küünlavahale, polüestrid meenutavad vaarikamoosi või kaneeli lõhna.

4.1.6. Materjalitunnetus

Ühest ja samast polümeerist on tihtipeale võimalik valmistada nii jäika materjali kui ka painduvat. On aga mitmeid plastikuid, mis esinevad enamasti kindlal kujul. Esmalt tuleb jälgida, kas plastik on pehme, elastne või jäik. Pehmed plastikud tunneb ära selle järgi, et neid on võimalik küünega kraapida (loomulikult ei tohiks seda museaali pinnal katsetada!). Näppude vahel tunduvad need justkui „rasvased“. Sellised plastikud on PE, PP, PPVC ja

¹⁰⁷ Fenooli ehk hüdroksübenseeni (karboolhape) 5-protsendiline vesilahus on meditsiiniline antiseptik.

silikoonid. Enamasti on loetletud plastikutest esemed ka elastsed. ABS-st, *Bois durcist*, guttapertšist, PF-st ja vulkaniseeritud kummist valmistatud esemed on seevastu tihti jäigad.¹⁰⁸

Vananedes muutuvad mõnede plastikute pinnad kleepuvaks. Põhjuseks on enamasti pehmendite migreerumine materjali pinnale. Sellised plastikud on CA, CN, PPVC ja PU-vaht.

Lisaks kompimismeele kasutamisele tasub identifitseerimisel appi võtta ka kõrvad. Mitmed plastikud kõlavad omamoodi. Mõni tekitab lauale kukutamisel „metaselt“ heli (PS), mõni vaid plastikutele omapärasest kerget ja mitte kõlavat. Polüetüleenist kiled „krõbisevad“ summutatult, polüpropeenist seevastu kõrvalõikavalt erksalt. Plastikute heli on hea kasutada koos võrdlemist võimaldavate plastmassnäidistega. Loomulikult tuleb meeles hoida, et erineva seinapaksuse ja suurusega materjalid annavad pisut erinevat heli, olgugi et tegemist on samast polümeerist plastikuga.

4.2. Kahjustavad identifitseerimismeetodid

Piisava praktika olemasolul saab enamasti uuritava plastikeseme materjali määrata ilma seda kahjustamata. Kui see ei õnnestu ning on siiski tungivalt vajalik kindlaks teha, missuguse plastikuga on tegemist, tuleb appi võtta kahjustavad identifitseerimismeetodid. Museaali puhul peab põhjalikult järele mõtlema, kas ja mil määral võib eseme terviklikkust rikkuda. Kui aga muuseumil on mitu ühesugust eset, millest üks on museaal, teised näiteks kuuluvad kasutuskogusse, siis võib materjalimääramist siiski proovida ka alljärgnevate meetodide abil.

4.2.1. Tiheduse test

Antud testi võib lugeda nii kahjustavaks kui ka mittekahjustavaks, kuna mitmed plastikud on näiteks veele küllalt vastupidavad. Samas materjali identifitseerimisel ei või me ju teada, kas tegemist on hüdrofoobse või hügrokoopse polümeeriga. Degradunud esemete puhul on see aga vaatamata plastiku veekindlusele kahjustav meetod.

¹⁰⁸ **Plastics Historical Society**, The Identification of Plastics. (WWW): <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=7&subid=128>, vaadatud 24.11.13.

Katse läbiviimiseks on tarvis teada polümeeride tihedusi (vt Lisa 11). Vanemate plastikute tihedused võivad ajapikku pisut muutuda, kuid üldjuhul saab katse siiski edukalt sooritada. Esimene vedelik, mille abil katset läbi viiakse, on deioniseeritud vesi ($\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$). Veest madalama tihedusega plastmassid jäävad pinnale (nt PP, LDPE, HDPE, mõnel juhul ka PS), teised vajuvad anuma põhja. Termoreaktiivsed plastikud on raskemad kui termoplastid ning nende tihedusvahemik on väga suur.

Täpsema katse tegemiseks võib kasutada lisaks veele ka teisi vedelikke, nt etanooli ($d = 0,79 \text{ g/cm}^3$), etanooli ja vee lahuseid (596 ml etanooli + 439 ml deioniseeritud vett annab $d = 0,91 \text{ g/ml}$; 448 ml etanooli + 586 ml deioniseeritud vett annab $d = 0,94 \text{ g/ml}$) või erineva tihedusega õlisid. Kemikaalidega katsetades tuleb kindlasti pöörata tähelepanu tervisohutusele. Etanool on väga tuleohtlik!

4.2.2. Kuumutamine ja põletustest

Proovitüki kuumutamisel saab määrata, kas tegemist on termoplastiku või termoreaktiivse plastikuga. Kuigi proovitükki võib kuumutada otsese leegi kohal, on ohutum seda teha kuuma veega. Asetanud tangide abil plastiku 30 sekundiks keevasse vette, pehmuvad termoplastikud. Termoreaktiivsed plastikud seevastu muutuvad vaid kuumaks ega sula.

Põletustesti puhul lastakse proovitükil leegis süttida. Jälgitakse seda, kui kiiresti plastik läitub, leegi iseloomu, eralduva tahma kogust ja värvust, tekkivat lõhna ning põlenud koha välimust. Katse tuleb kindlasti sooritada tõmbekapis, kuna mitmetest plastikutest (eriti PVC ja PS) eralduvad põlemisel organismile väga mürgised ühendid! Termoplastikud süttivad kiiresti ning põlevad ägeda ja tahmava leegiga. Termoreaktiivsed plastikud aga süttivad alles küllalt kõrge temperatuuri juures. PVC puhul tasub märkimist, et see on kõrge kloorisisalduse tõttu isekustuv – eemaldades proovitüki tulest, kustub selle rohekas leek kiiresti. Seevastu PS on väga kergesti süttiv ning põleb tugeva tahmava leegiga.

PVC roheline leek on abiks kiirel nn vasktraadi katsel. Selle puhul võetakse umbes 5 cm pikkune vasktraat, mille üks ots on torgatud näiteks veinipudelikorgi sisse (kaitsmaks näppe kuuma traadi eest). Traati kuumutatakse leegis kuni see muutub hõõguvpunaseks. Seejärel tuleb kiiresti kuum traat suruda vastu plastikunäidist. Traadi külge jäänud plastmass viiakse omakorda tulle ning juhul kui süttinud leek on rohekas, on tegemist PVC-ga.

4.2.3. Lahustuvustest

Põletustesti puhul on tarvis teravat haistmismeelt ning küllalt kiireid reaktsioone. Lisaks on tekkivate mürgiste aurude sissehingamine tervisele kahjulik. Lihtsamini interpreteeritav on lahustuvustest. Seejuures tasub teada, et mida kõrgema molekulmassiga ning kristallilisusega on polümeer, seda vähem see lahustub. Seetõttu on termoreaktiivsed plastikud (epoksiidid, silikoonid, fenoplastid, UF, MF, PU) lahustitele tunduvalt vastupidavamad kui termoplastid.

Testi läbiviimiseks asetatakse proovitükk lahustiga täidetud anumasse, mis suletakse ning mida kergelt loksutatakse. Seejärel jäetakse proovitükk lahustisse 24 tunniks toatemperatuuril seisma. Kindlate ajavahemike järel jälgitakse plastiku mõõtmete muutumist, tekstuuri, värvi ning loomulikult lahustumist. Juhul kui katsealust plastikut on väheses koguses, võib testi läbi viia ka mikroskoopilisel tasemel. Proovitükk asetatakse valgusmikroskoobi preparaadiklaasile, kuhu eelnevalt on tilgutatud lahustit ning mis seejärel kaetakse teise klaasitükiga. Lahustitesti juures on miinuseks see, et mitmed plastikud lahustuvad samades lahustites. Kui aga eelnevalt on osaliselt tähelepanekuid juba mittekahjustavate meetodide rakendamisel kirja pandud, võib just lahustuvustest kindla plastiku oletuste seast välja noppida.

4.2.4. Test nitrotselluloosi määramiseks

1930ndatel võeti kasutusele vägagi hästi toimiv meetod, selgitamaks püssirohu olemasolu kahtluseluste kätel. Selleks tuli võtta kahtlustatava käest vahavorm, mis kaeti difenüülamiinreaktiiviga. Väävelhape reageerib tselluloosnitraadiga ning muudab kemikaali lillakas-siniseks. Sellise kemikaali valmistamiseks segatakse 90 ml kontsentreeritud väävelhapet 10 ml destilleeritud veega. Seejärel lisatakse lahusesse 5 g difenüülamiini.¹⁰⁹

Kirjeldatud testi saab kasutada nitrolaki määramiseks mööbliviimistlusel. Selleks tuleb eseme märkamatus kohast koguda lakikihist proov ning seejärel tilgutada sellele eelpool kirjeldatud kemikaali. Alati tuleks lisaks teha ka kontrolltest kindlaks tehtud nitrotsellulooslakiga. Tuleb veel ka meeles pidada, et puhast tumelillat värvi esineb üha harvem, kuna lakkide arendamisega lisati neile mitmeid omadusi parandavaid lisaaineid, mis reageerivad kemikaaliga omamoodi. Seetõttu võib tulemus olla näiteks kergelt roheka varjundiga.

¹⁰⁹ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 130 – 131.

4.3. Plastikute näidiste karp

Tartu Mänguasjauuseumi praktika käigus, mil ma teostasin plastikmuseaalide seisundi-hinnanguid, tekitas plastikute identifitseerimine mitmel juhul raskusi. Mitmetuhande artefakti materjalide tuvastamiseks oleks olnud mõeldamatu mõne labori poole pöördumine. Ühtlasi toimus plastiku tüübi määramine hoidlaruumis ning otsuse pidi langetama küllalt kiiresti. Suurepärase abimehe leidsin näidistekarbi näol, mille koostas kindlakstehtud plastikutükkidest. Näidiste abil oli mul võimalus võrrelda museaali valmistamiseks kasutatud plastiku pinnaomadusi, kõla ja välimust. Muuseumi varahoidjas äratas minu koostatud karp suurt huvi ning mul paluti ka muuseumile midagi taolist koostada.

Muuseumi plastikunäidiste karbi koostamiseks otsustasin kasutada mitte lihtsalt plastiku tükke vaid esemeid (joonis 4.8). Sel viisil annab näidistekarp ka mingil määral hindajale aimdust, missuguseid asju teatud plastikutest tihtilugu valmistatakse. Karbi koostamiseks andis varahoidja muuseumi kasutuskogust sobivaid väikesemõõdulisi esemeid, millele lisasin ka omapoolseid kogutud näited. Näidiste jaoks valisin käsitöömaterjalide jaoks mõeldud polüpropeenist reguleeritavate lahtrisuurustega karbi. Karpi asetasin vaid kindlaksmääratud plastikutest näidised. Kõikidele näidistele on permanetse markeriga peale kirjutatud vastava plastiku nime lühend. Püüdsin leida võimalikult erinevaid näiteid, mis on ühest ja samast plastikust valmistatud, s.t näiteks polüetüleen esineb nii kõva eseme kui ka kilena.



Joonis 4.8: Plastikute näidiste karp. (Autori foto)

5. Plastmasside vananemine ja kahjustused

Plastmasside puhul on väga sagedane arvamus, et erinevalt looduslikest materjalidest need ei vanane ja seega ei ole vaja plastikute konserveerimisele kuigivõrd tähelepanu pöörata. Vaadates aga neid „vananematuid“ materjale lähemalt, ilmneb tõsiasi, et plastikud on tegelikult õrnad ning tundlikud enamikele keskkonnateguritele. Juba tootmishetkest algab nende peatumatu vananemise protsess. Keskmiselt viieaastase kasutamise järel võib materjal hakata näitama vananemise märke ning muutuda üha kiiremini hapramaks ja vastuvõtlikumaks rohkematele kahjustustele.

Plastmasside vananedes toimuvad struktuurimuutused ning nende omadused kehvenevad. Väheneb elastsus ja tekivad pinnapealsed mikropraod, mis aja jooksul suurenevad, muutes plastiku hapraks ning matiks. Plastikute vananemistegurid võib jaotada nelja gruppi: mehaanilised, füüsikalised, keemilised ja bioloogilised. Mehaanilised tegurid on seotud eseme kasutamisega ja väära säilitamisega. Kriimustused, põrutused, hõõrdumised, venitused – kõik kahjustavad oluliselt plastiku mehaanilisi omadusi. Füüsikaliste kahjustustegurite tulemusel toimub materjali välimuse ning mehaaniliste omaduste muutus, mis on tingitud säilitamiskliimast või lisainete migreerumisest tootmise ja eksploatatsiooni ajal. Keemilised vanandavad faktorid on hapnik, osoon, vesi, metallid, valgus ja temperatuur. Bioloogilised kahjustajad võivad olla mikroorganismid, seened, närilised aga ka teised elusorganismid, kes materjali mehaaniliselt või keemiliselt kahjustavad.¹¹⁰

Järgnev peatükk koosneb kolmest alapeatükist. Plastikute vananemise esimene etapp algab juba tootmishetkel, mil kõrge rõhu ja temperatuuri juures on keeruline materjali kahjustusi vältida. Enne defektide juurde asumist on aga vajalik selgitada, missuguseid tootmismeetodeid plastikute puhul üldse kasutatakse. Teine alapeatükk annab ülevaate plastikuid kahjustavatest teguritest ning sellest, mil määral ja kuidas need eset mõjutavad. Eraldi on välja toodud mehaanilised, füüsikalised, keemilised ja bioloogilised kahjustused. Kolmas alapeatükk keskendub viiele plastikule, mille säilitamisega on enam probleeme. Ühtlasi on need muuseumide kogudes tihtiesinevad materjalid. Nendeks on nitrotselluloos, tselluloos-atsetaat, pehmendatud PVC, polüuretaanvaht ja vulkaniseeritud kummi.

¹¹⁰ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 153.

5.1. Tootmine ja defektid

Plastmassesemete tootmine on keeruline protsess, mille käigus on defektid sagedased. Vedelas olekus, kõrge rõhu ja järskude temperatuurimuutuste tõttu on plastikmaterjal tootmise ajal haavatav. Selgipildiliselt tõestab tootmisest ilmnunud defektide olemasolu kahest või enamast korpuseosast valmistatud objekt, mille kõik osad on sama tehase poolt ning samal ajal valmistatud, kuid mõni neist on tunduvalt enam vananenud kui teine (joonis 5.1). Põhjuseks on partiide kvaliteedierinevus. Ebakvaliteetsed osised on tunduvalt vähem keemilistele ja füüsikalistele kahjustusteguritele vastupanuvõimelised.



Joonis 5.1: Erineva tootmis-kvaliteetiga plastikosad.

5.1.1. Tootmismeetodid

Plastikesemete puhul on oluline teada, mil viisil need valmistatakse. Selline teave võib tulla kasuks eseme vanuse määramisel või plastiku liigi kindlakstegemisel. Ühtlasi on huvitav jälgida tootmistehnoloogiate arengut ning seda, kuidas plastikesemeid püüti üha kiiremini, kergema vaevaga ning massilisemalt toota. Näiteks nõopide tööstuslik valmistamine galaliidist oli väga töömahukas ja aeganõudev. Esmalt tuli hankida kvaliteetset rennetkaseiini, mida valmistatakse rasvatust kooritud piimast. Seejärel tuli kaseiin pesta, kuivatada ja jahvatada. Plastifitseeritud materjalile lisati värvaineid ning pressimise teel valmistati kaseiinplaadid. Neid tuli 5 päeva formaliinis hoida. Nõopide valmistamiseks stantsiti plaatidest rondellid, mida uuesti formaliinis leotati, seekord 10 – 20 päeva. Järgnes rondellide kuivatamine, treimine, puurimine, trummeldamine, graveerimine ning mõnikord ka värvimine. Nagu näha oli selline tootmismeetod ajakulukas, lisaks oli formaliin tervistkahjustav. Kui võrrelda survevalumeetodil polüstüreenist nõopide valmistamist galaliidi valmistamisega, on tootlikuse vahe üüratu – vaid mõnekümne sekundiga võib üks masinaoperaator valmistada kümneid ja kümneid nõöpe. Järgnevas alapeatükis on pisut lähemalt tutvustatud 20. sajandi populaarsemaid tootmismeetodeid.

5.1.1.1. Pressimine

Üks vanemaid plastsete polümeermaterjalide vormimise meetodeid on pressimine, mis seisneb kuumuse ja rõhu mõjul lähtematerjali muutmises voolavaks ning selle pressimises tooteks. Šellak, guttapertš, *Bois Durci*, vulkaniit, parkesiin, tselluloid – kõiki vormiti 19. sajandil ja 20. sajandi alguses vaid pressimismeetodil. Esimesed pressid olid käsijuhitavad väikesemõõdulised masinad, millel oli küllalt nõrk pressimisjõud ning seega ka madal tootlikkus. Sellest tulenevalt oli toodang (nt kammid) kallis. Hüdrauliliste presside kasutuselevõtmine kiirendas oluliselt tootmisprotsesse. Üha suuremate pressidega valmistati järjest suuremamahulisi artikleid. Tehnika arenedes töötati välja esimesed poolautomaat- ja automaatpressid, mis tegid lõpuks võimalikuks plastiku ühe olulise idee – odavuse.¹¹¹

Pressimist praktiseeriti kahel meetodil. Esmalt rakendati otsepressimist, kus pressitav materjal (pulbri või graanulitena) paigutati otse pressvormi pesasse, kus tempel ja matriits selle esemeks pressisid. Teine võimalus oli valupressimine, mille puhul materjal laaditi pressvormi survekambrisse, kus see rõhu ja temperatuuri abil voolavaks muudeti ning seejärel vormipessa suruti. Valupressimisel toodetud esemed olid kõrgema kvaliteediga.¹¹²

Pressimismeetodil eelistatakse töödelda termoreaktiivseid plastikuide. Termoplastide töötlemiseks sel viisil on tarvis vorm enne lahtivõtmist jahutada (termoreaktiivsed plastid on enne vormi avamist juba peaaegu täielikult tahenenud), kuna ese võib muidu deformeeruda. Tööstuslikult pole selline vormi kuumutamine ja jahutamine kuigi ökonoomne, mistõttu pressimist kasutataksegi pigem termoreaktiivsete plastide vormimiseks (kuni 1970ndateni ENSV-s galaliit ja fenool-formaldehüüd, hiljem ka melamiin- ja karbamiid-formaldehüüd).¹¹³

5.1.1.2. Ekstrusioon

Ekstrusioonmeetodil (*extrusion molding*) saab voolav plastmass (enamasti termoplastik) oma kuju ekstruudersilindri esiosas oleva profiilse ava järgi. Nii võib valmistada torusid, vardaid, plaate, profileeritud lehti, graanuleid jms. Ühtlasi võib sel viisil kanda õhukese plastmassikihi paberile või kangale ning teostada kaablite ja juhtmete isoleerimist. Viimane oligi esimene toodang, mida ekstruuderite abil valmistati. Nimelt 1845. aastal leiutas Henry Bewley

¹¹¹ Piiraja, E. *Plastmassid*. Tallinn: Valgus, 1975, lk. 3.

¹¹² Samas, lk. 171.

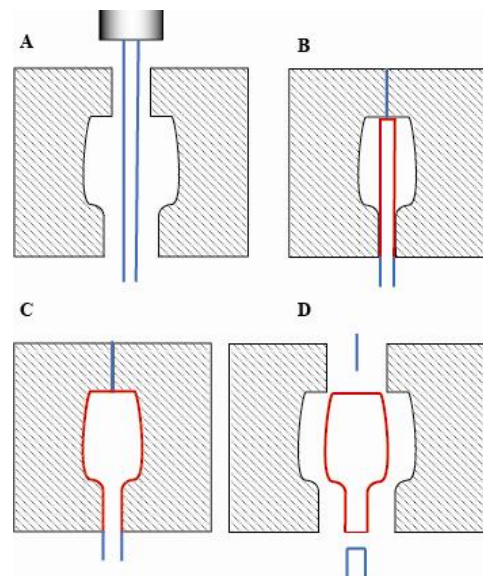
¹¹³ Mairing, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 50 – 51.

ekstruudermehhanismi, mille abil sai veealuseid telegraafikaableid guttapertšiga isoleerida.¹¹⁴

Ekstruuderid koosnevad täitemahutist, kuhu kallatakse peenestatud lähtematerjal ja sellega ühendatud kuumutavast silindrist koos tiguajamiga, kus materjal soojuse toimel voolavaks muutub. Vanematel masinatel oli tiguajami asemel väntmehhanismiga press. Kogu plastmaterjali sulamiseks vajalik kuumus pidi tulema mahuti väliskülje kaudu. Sellisel viisil oli materjali segunemine kehv ning tulemus ebaühtlane. Vormitud plastikosa eri piirkonnad olid erinevate sulamisastmetega. Tiguajami süsteem kuumutab materjali seestpoolt hõõrdejõu abil. Samuti toimib see mikserina. Selle abil on materjal korralikult segatud ning ühtlase sulamistemperatuuriga, mis on väga oluline materjalisiseste pingete vältimiseks.¹¹⁵

Ekstrusioonmeetodit kasutatakse väga laialdaselt kilede ja kilekottide tootmiseks (viimaseid hakati ENSV-s tootma alates 1960ndate lõpust, maailmas 1950ndatel), mida saadakse kahel viisil: puhumismeetodil (*extrusion blow molding*) ja lintmeetodil (*blown film extrusion*). Esimesel viisil surutakse materjal läbi rõngaspilu nn varrukaks, millesse venitamiseks puhutakse suruõhku. Teisel meetodil surutakse materjal läbi kitsa tasapinnalise pilu ja seejärel venitatakse plastikulinti pikisuunas. Lisaks kiledele valmistatakse ekstrusiooni teel erinevaid pudeleid, kannusid ja kanistreid.¹¹⁶ Pudelite puhul võib toote valmistada kohe ekstruuderist väljasurutud plastiktorusse õhku puhudes (joonis 5.2).

Samas kasutavad näiteks karastusjookide tehased juba eelnevalt toodetud pudelitoorikuid, millesse kohapeal õhk surutakse ning nõnda vajalik kuju saavutatakse.



Joonis 5.2: Pudelei vormimine ekstrusioonmeetodil. Ekstruuderist surutakse välja plastiktoru (A). Vorm sulgub ning takistab õhu väljapääsu vormi ülaosast (B). Seejärel lastakse toru sisse kuuma õhku, mille tulemusel plastik võtab vormiga antava kuju (C). Jääk lõigatakse ära, vorm avaneb ning valmis pudel eemaldatakse vormist (D). (Autori joonis)

¹¹⁴ Morgan, John. „Plastics Processing Machinery - The Vital Partner“. - *Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=381>, vaadatud 28.03.14.

¹¹⁵ Rosen, *Fundamental Principles Of ...*, lk. 354.

¹¹⁶ Samas, lk. 52 – 53.

5.1.1.3. Kalandreerimine ja vormimine

Kalandreerimist (*calendering*) kasutatakse termoplastide venitamisel lehtedeks. Materjal suunatakse vastassuunas pöörlevate metallsilindrite (valtside) vahelt läbi, mille käigus tahke aine osad peenestuvad, segunevad ja võtavad valtsi pindadega antava kuju.¹¹⁷ Kalandreerimise teel valmistatakse näiteks vakstuid ja kilesid (parema kvaliteediga kile saab ekstrusioonimeetodil). Kõige enam toodetud plastik on PPVC.

Vormimisel (*molding*) ei kasutata erinevalt ekstrusioonist ja pressimisest lähteainena peeneeralisi materjale, vaid teiste meetoditega eelnevalt valmistatud lehtesid, mis kuumutatakse pehmumiseni ning surutakse vormi. Vormides venib materjal erinevalt, mistõttu on kogu eseme materjalipaksus ebahühtlane.

Vormimisel on kolm võimalust: stantsimine (*stamping*), vaakumvormimine (*vacuum molding*) ning pneumaatiline vormimine (*pneumatic molding*). Kahepoolsel vormimisel ehk stantsimisel kasutatakse hüdraulilisi presse, mille abil surutakse eelsoojendatud materjalileht matriitsi ja südamikü vahele. Vaakumvormimisel antakse pehmele plastikulehele soovitud kuju vormi ja lehe vahele tekitatud vaakumi abil. Pneumaatilise vormimise korral kaetakse vorm ja sellele asetatud plastmassleht pealt hermeetilise kaanega, milles on kraan suruõhu sissejuhtimiseks. Lehe surub vormipessa ülerõhk.¹¹⁸

5.1.1.4. Survevalumeetod

Survevaluvormimine (*injection molding*) on plastmasside töötlemise üks efektiivsemaid meetodeid. Selle eeliseks on suur tootlikkus, toote kõrge kvaliteet, vähene materjalijääk, protsessi lihtsus ja ökonoomilisus ning võimalus toota keerulise kujuga esemeid. Valamisel surutakse tiguajami abil vedel plastmassisegu jahutatavasse vormi, kus see jahtub ning läheb üle klaasjasse olekusse. Huvitav on asja juures see, et kristallilise struktuuriga polümeeride valamisel võidakse saada amorfne materjal (läbipaistev). Seda juhul, kui sulamass jahutatakse maha nii kiiresti, et see ei jõua korrapäraselt kristallilist struktuuri moodustada. Mida kõrgem on vormi temperatuur, seda aeglasemalt toimub materjali hangumine ning seda ulatuslikumalt

¹¹⁷ Rosen, *Fundamental Principles Of ...*, lk. 54.

¹¹⁸ Mauring, *Plastmassid ja plastmasstooted*, lk. 56.

polümeer kristalliseerub.¹¹⁹ Enamasti kasutatakse valamist termoplastide puhul. Valatud esemed on peegelläikiva pinnaga. Neid tunneb ära ka suubumiskanali äralõikejälje järgi.

Esimesed survevalumasinad võeti Suurbritannias kasutusele 1920ndate teisest poolest (Saksamaal pisut varem). Uutel masinatel oli kasutatava plastiku kogus väike – 7 g. 1930. aastal tutvustati aga hüdraulilist survevalumasinat, millega oli võimalik ühe tsükli vältel vormida 65 g plastmassi. Nagu pressimise puhul, nii ka valuvormimisel olid esimeseks masstooteks kammid. Õige pea arendati masinavärki edasi ning uued 250 g plastmassimahuga seadmed võimaldasid valmistada mitu kammi ühe tsükliga. Traditsioonilised käsitööna valminud kammid hakkasid vaikselt tagaplaanile jääma. Inimloomusele omaselt püüti ikka suuremalt ja rohkem toota ning 1990ndatel jõuti juba sellise masinavärgi juurde, millega oli võimalik ühe surumistsükli ajal valmistada tooteid plastmassisegust, mille maht oli üle 100 kg.¹²⁰

ENSV Kunstsarvete hased olid esimesed, kes 1962. aastal endale tiguajamiga survevalumasinad said. Esmalt hakati uue masinaga galaliidist nööpe valmistama. Õige pea sai kättesaadavaks polüstüreen, mis poolsünteetilise kaseiin-formaldehüüdi kiiresti välja vahetas.

5.1.1.5. Rotatsioonvalu

Õõnsate plastikesemete tootmiseks sobib rotatsioonvalu (*rotational moulding*) ehk trummelvormimine. Sellisel viisil valmistati juba Vana-Egiptuses erinevaid savianumaid. Plastikuid vormiti nõnda esmakordselt 1950ndate alguses Ameerikas. Tänapäeval kasutatakse seda enamasti suuremõduliste müügiartiklite valmistamiseks, mida toodetakse väheses koguses, näiteks aiämööbel ja suured mahutid. Esmalt aga valmistati rotatsioonvaluna väikese-mõdulisi PPVC-st mänguasju (pallid, nn piiksuloomad) ja nukupäid. 1963. aastal kasutati esmakordselt PVC asemel LDPE-d. 1980ndatel osati juba valmistada ka polükarbonaatidest, polüestitest, polüpopreenist ning ABS-plastikust rotatsioonvalusid.¹²¹

Tootmisprotsessi käigus valatakse plastikupulber ühes lisa- ja täiteainetega vormi. Seejärel suletakse vorm ja keerutatakse seda horisontaalselt ja vertikaalselt ahjus. Sulanud plastik

¹¹⁹ Piiraja, E. *Plastmassid*, lk. 262.

¹²⁰ Morgan, John. „Plastics Processing Machinery - The Vital Partner“. - *Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=381>, vaadatud 28.03.14.

¹²¹ **The Plastics Historical Society**. A History of Rotational Moulding, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=327>, vaadatud 01.12.13.

surutakse keerlemise käigus vormi siseseinte vastu. Teatud aja pärast tuuakse vorm ahjust välja ja lastakse selle sees oleval plastikul jahtuda. Vorm avatakse ning toode on valmis.¹²²

5.1.1.6. Keevitamine ja liimimine

Plastikosade keevitamisel saadakse tugev liide vaid ühest ja samast või ühetüübilistest plastmassidest detailide ühendamisel, kusjuures liidet saab tekitada vaid termoplastide vahel, kuna neile on omane sulanud olekus difundeeruda ja seguneda. Gaasikeevituse (vanim plastikute keevitusmeetod) korral toimub materjali kuumutamine põleva gaasijoaga. Kontaktkeevituse (gaasikeevitusest universaalsem) puhul soojendatakse pindasid kuumutatava instrumendiga sulamistemperatuurini, misjärel plastikuosad kokku surutakse. Kõrgsageduskeevitus põhineb dielektrikute kuumenemisel kõrgsagedusvoolu toimel. Liidetavad detailid (enamasti PVC või polüamiidid) asetatakse kõrgsagedusgeneraatoriga ühendatud elektrodide vahele, kus need kuumenemisel surutakse kokku. Kõrgsageduskeevituse eeliseks on see, et materjali sulamiseks vajalik kuumus tekib selle sees, millest tulenevalt soojeneb plastik ühtlaselt ning saadud ühendus on väga hea mehaanilise tugevusega. Infrapunase kiirgusega keevitamisel neeldub plastmassis kiirgus, mis muundub soojusenergiaks. Sel meetodil saab edukalt liita kõiki termoplastikuid. 1970ndatel võeti kasutusele ultrahelikeevitus, mis põhineb ultraheli võnkeenergia muundumisel soojusenergiaks.¹²³

Eritüübilisi plastmasse ühendatakse liimimise teel. Liimide valikul arvestatakse liimitava plastmassi ja adhesiivi polaarsusi. Polaarseid rühmi sisaldavate molekulidega materjale liimitakse polaarsete adhesiividega, kuna nende vahel tekivad nakkumist tagavad dipooljõud. Mittepolaarseid rühmi sisaldavaid aineid liimitakse mittepolaarsete adhesiividega. Sel juhul hoiavad materjale koos jõud, mida põhjustavad elektronide tiirlemise ja aatomituumade võnkliikumise tulemusel aatomites tekkivad hetkelised dipoolid (dispersioonjõud). Termoreaktiivsete plastmasside liitmiseks sobivad hästi kõik termoreaktiivsete vaikude baasil valmistatud liimid (karbamiidliimid, epoksiidliimid jt). Termoplaste saab liimida näiteks sobivate lahustitega.¹²⁴

¹²² **Solvay Plastics**. Plastic Processing Techniques. <http://www.solvayplastics.com/sites/solvayplastics/EN/vinyls/processing/Pages/vinyls-processing.aspx>, vaadatud 16.03.13.

¹²³ **Piiraja**, E. *Plastmassid*, lk. 335 – 348.

¹²⁴ **Samas**, lk. 348 – 351.

5.1.2. Tootmisdefektid

Vaatamata suhteliselt pikaajalisele kogemusele plastikute tootmistehnoloogiates, olid ja on defektid siiski sagedased. Tootlikkuse suurendamiseks vähendatakse jahtumisaega vormi või plastmassi temperatuuri alandamisega. Nõnda on tõenäoline mitmesuguste defektide teke: mittetäielik vormi täituvus, ebakvaliteetne pinnaviimistlus ning osade moondumine. Ka ebakvaliteetse toormaterjali kasutamine annab kehvemate omadustega toodangu. Näiteks esimese poolsünteetilise plastmassi – parkesiini – tööstuslik tootmine alates 1866. aastast ebaõnnestus Parkes'il eelkõige kahel põhjusel – madalakvaliteetse toormaterjali kasutamise ning tootmis- tsükli tagantkiirustamise tõttu. Ettevõtte pankrotistus 1868. aastal, kuna toodetud kammid lokkisid ja murenesid ning pälvisid inimeste pahameele ja skeptilisuse uue materjali vastu.

Tootmisdefektide äratundmine on oluline, kuna mõned hilisemad kahjustused võivad olla neile vägagi sarnased. Defektide väär tõlgendamine mõjutab eseme seisundihinnangu väljakujunemist, mis peaks aga plastikeseme säilitamisel olema võimalikult täpne, sest sellest olenevad soovitatavad säilitustingimused. Järgnev alapeatükk keskendub kahjustustele, mis on levinud enamasti pressimisel ja survevalumeetodil plastikute tootmisel.

Kokkutõmbumine ja kõmmeldumine

Kokkutõmbumine (*shrinkage*) on survevaluvormimisele loomuomane. Selle põhjuseks on polümeeri tiheduse varieerumine töötlus- ja toatemperatuuril. Survevaluvormimise ajal toimuva pindmise ja seesmise kokkutõmbumise variatsioonide tulemusel jäävad vormitava objekti sisse nn jääkpinged, mis nõrgestavad plastikosa struktuurset vastupidavust. Mehaanilise jõu avaldamisel toimub materjali mõranemine. Plastiku valuvormimisel võib kokkutõmbumine ulatuda kuni 20 protsendini. Kristallilised ja poolkristallilised polümeerid tõmbuvad enam kokku kui amorfseid.¹²⁵

Kõmmeldumine (*warpage*) on deformatsioon, mille puhul vormitud osa pinnad ei järgi eseme disainitud kuju. Kui plastikosa kokkutõmbumine on läbivalvalt ühtlane, ei teki kõmmeldumist. Sellist tulemust on aga keeruline saavutada. Kokkutõmbumise erinevusi võivad põhjustada täiteainete kiudude suuna või molekulide struktuurierinevus, vormitava eseme osade või ka vormipoolte temperatuurierinevus, varieeruv vormitäituvus (üle- või alatäidetud vorm).

¹²⁵ Santa Clara University Engineering Design Center. Shrinkage and warpage. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/process/physics/b3500001.htm, vaadatud 07.03.13

Oluline on märkida, et eri paksusega vormitud plastiku osad jahtuvad eri kiirusega ning tõmbuvad erineval määral kokku. Ka see on kõmmeldumise oluline põhjus. Näiteks kui vormitava eseme konstruktsioon koosneb paksudest ja õhukestest osadest, on üsna tõenäoline, et toimub kõmmeldumine. Vormi surutuna hakkab plastikosa esmalt jahtuma selle väliskihis, mis puutub otseselt jahutatud vormiseinaga kokku. Selline järsk piirkondlik materjali jahtumine põhjustab deformatsioone.¹²⁶

Pinnadefektid

Ebaühtlase ruumilise kokkutõmbumise tulemusel võivad materjali pinnale tekkida lohud (*sink marks*) või sisemusse tühimikud (*voids*). Lohud tekivad peaaegu alati survevalumeetodil toodetud eseme nendesse piirkodadesse, mis on mingisuguste ribide või jalakeste vastas või naabruses. Selline deformatsioon on tingitud ebaühtlasest materjali jahtumisest. Seesmise osa kahanemine jahtumisel tõmbab välisseina enda poole, mistõttu tekib pinnale lohk.¹²⁷

Õhumullid (*air traps*) jäävad plastikmaterjali sisse siis, kui õhk ei jõua tahkuvast plastmassist õigeaegselt välja pääseda ning tardunud materjal blokeerib vormi sisse tehtud spetsiaalsed õhuavad. Õhumullid tekivad tavaliselt plastikosa nendesse piirkondadesse, mis on vormisuust kõige kaugemal ehk siis sinna, kuhu plastmass jõuab juba mingil määral jahedamana ja paksema viskoossusega. Lukustatud õhu tulemusel jäävad materjali sisse tühimikud ning mullid, mis võivad asuda ka eseme pinnal.¹²⁸

Voolamisjäljed (*flow marks*) tekivad vormisuu juurde ning kujutavad endast ringjaid lainejooni. Nende tekkepõhjuseks võib olla plastmassi liiga jahe temperatuur vormisuu piirkonnas, madal vormi temperatuur, aeglane survekiirus, madal survejõud, väike kanal materjali voolamiseks või liiga väike vormisuu. Teistsugused voolamisjäljed tekivad valatud plastikosa tagaserva piirkonda (joonis 5.3). Sellist sõrmejälgi meenutavat defekti nimetatakse „virvenduseks“ (*ripples*). „Virvendus“ tekib plastiku massi pealmise kihi jahtumisest kokku-

¹²⁶ Santa Clara University Engineering Design Center. Shrinkage and warpage.

http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/process/physics/b3500001.htm, vaadatud 07.03.13

¹²⁷ Santa Clara University Engineering Design Center. Sink marks.

http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/sinkmark/f5000001.htm, vaadatud 07.03.13

¹²⁸ Santa Clara University Engineering Design Center. Air traps.

http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/airtraps/f1000001.htm, vaadatud 07.03.13.

puutel jaheda vormiseinaga. Niiviisi voolab materjal iseendast üle, tekitades pisikesi lainetusi.¹²⁹

Otseselt plastikeseme vastupidavust mittemõjutav defekt on kraat (*flash*). See on üleliigne plastmass, mis on vormiplaatide vahelt välja pressitud. Selle tekkepõhjusteks võivad olla liiga nõrgalt kooshoidud vormipooled, vormidefekt, liiga kõrge sulamistemperatuur (plastik on liiga vedel), liiga kõrge survetugevus ning ebasobiv ventilatsioonisüsteem.¹³⁰ Samas kummide vormimisel on kraat kogu protsessi osa. Nimelt kummide survealuvormimisel peab plastiku kogus olema tarvilikust pisut suurem. Niiviisi täitub vorm paremini ja tulemuses on täpsema kujuga. Ülejääk voolab spetsiaalsesse mahutisse ja tuleb pärast vormimist mehaaniliselt eemaldada.¹³¹



Joonis 5.3: Suurendatult on näha plastiku serval „virvendust“. (Autori foto)

Mustad täpid ja põletusjäljed

Mustad täpid (*black specks*) ja triibud (*black streaks*) on plastmassi pinnal või sees asuvad tumedad kohad. Tegemist on vormimisel liiga kõrge temperatuuriga kokku puutunud materjaliga, mis on saanud kuumakahjustuse ning seejärel tumedaks tõmbunud. Materjal, mis jääb pärast kuumutamist liiga pikaks ajaks tiguajami kruvi ja seinte vastu, söestub ja degradeerub. Kui selline materjal satub valuvormi, jääbki tulemuses näha tume täpp või triip. Mustad täpid võivad tekkida ka õhusaastest või materjali ebapuhtuse tõttu.¹³²

Põletusjäljed (*burn marks*) esinevad vormitud plastiku nendes piirkondades, mis asuvad vormisuust kõige kaugemas osas (joonis 5.4). Need kujutavad endast väikeseid kuumakahjustustega kohti, mis on ülejäänud materjalist tumedamad. Kui surumiskiirus ja rõhk on liiga kõrged, siis ei jõua vormi jäänud õhk spetsiaalsetest õhuavadest välja pääseda. Vormi

¹²⁹ Santa Clara University Engineering Design Center. Flow Marks. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/flowmark/ff000001.htm, vaadatud 09.03.13.;

Santa Clara University Engineering Design Center. Ripples. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/ripples/fg000001.htm, vaadatud 09.03.13.

¹³⁰ Santa Clara University Engineering Design Center. Flash. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/flash/fe000001.htm, vaadatud 09.03.13.

¹³¹ Christjanson, *Elastomeerid ja kummid*, lk. 94.

¹³² Santa Clara University Engineering Design Center. Black specks/black streaks. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/black/f7000001.htm, vaadatud 07.03.13.

jäänud õhk surutakse kokku, mille tulemusel tekib vormi nurkadesse ja tagumistesse äärtesse kõrge rõhk ja temperatuur. Sellises õhutasus saab plastik kuumakahjustuse.

Delaminatsioon

Delaminatsioon (*delamination*) ehk kihistumine on defekti, mille puhul materjali pindmised kihid kiht-kihilt kooruvad. Põhjuseid on mitmeid. Teravad vorminurgad võivad voolava materjali sisse löikeid tekitada. Teise võimalusena võib liigne niiskus kuumeneda ja aurustuda ning takistada plastiku ühtse massi moodustumist jahtumisel. Kui töötlusprotsessi temperatuur on liiga madal, ei suuda sulamassi eri osad omavahel piisaval määral sidemeid luua.¹³³



Joonis 5.4: Survevaluvormimisel toodetud mängujänesel on näha vormi äärtesse tekkinud põletusjälgi. (TMMM 10512, autori foto)

5.2. Plastikmaterjalide kahjustused

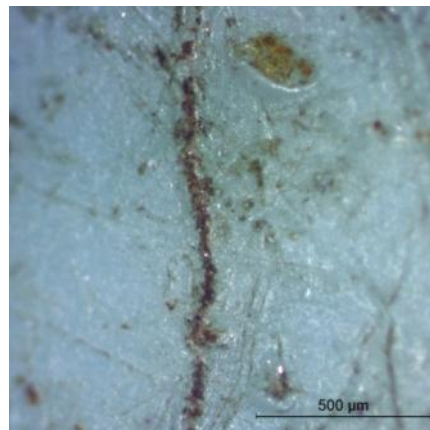
Heites kiire pilgu mõnele plastikesemele, võib esmapilgul tunduda, et tegemist on heas seisundis objektiga, mis näeb välja kui uus ning ei ole kuidagi kahjustunud. Plastikute puhul on aga enamasti selline järeldus väär. Täiesti kasutamata ese võib olla füüsiliselt ja keemiliselt kahjustunud ning peaaegu et kasutuskõlbmatuks muutunud, kuna puruneb igasugusel käsitlemisel. Plastikesemetega tegeleva inimesel on väga oluline teada, missugused kahjustused võivad esemetel esineda ning mis on nende põhjustajateks.

5.2.1. Mehaanilised kahjustused

Plastikesemete mehaanilised kahjustused tulenevad eelkõige nende käsitlemisest. Iga painutus, venitamine, pigistus, põrkumine ja libisemine jätab plastiku pinnale ning pinna sisse suurema või väiksema deformatsiooni. Enamasti ei ole plastiku vananemise jaoks olulise ulatusega pinnakahjustus inimsilmale koheselt märgatav. Kui aga eseme pinda lähemalt

¹³³ Santa Clara University Engineering Design Center. Delamination. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/delamin/fa000001.htm, vaadatud 08.03.13.

vaadelda, selgub et sellel on mikromõrad, mis loovad materjali peale mikrokliima, säilitades endas niiskust, mustust ning kemikaale, mis põhjustavad pinna vananemist (joonis 5.5). Kriimustatud pinna kaudu pääsevad kahjustavad tegurid plastiku sisse. Seega liigub eseme vananemise protsess pindmisest kahjustusest sisepiirkonda, mida on tunduvalt keerulisem kontrollida. Pinna füüsiline kahjustumine on oluline põhjus, miks plastik-esemete mehaanilisel aga ka keemilisel puhastamisel tuleb olla väga tähelepanelik.



Joonis 5.5: 50x suurendusega on PE pinnal näha peened kriimud, millesse koguneb mustus. (Autori foto)

Kui füüsiline kahjustus kujutab endast tugevamat painutust, venitust, murdmist või mehaanilise stressi tekitamist, võib tulemuseks olla ka silmale märgatav deformatsioon. Selline kahjustus sõltub sellest, kui kõva, habras või elastne on materjal. Plastikeseemete vananemise juures tuleb meeles pidada, et üks kahjustus mõjutab teist, s.t mehaanilisele kahjustusele järgneb füüsikaline või keemiline ning viimastele omakorda ulatuslikum mehaaniline kahjustus, kuna materjali vastupanu mehaanilisele stressile on alanenud. Kui näiteks polüetüleenist nukujalg



Joonis 5.6: Polüetüleenist valmistatud nukujalg. (Autori foto)

on murtud ning mitmeid aastaid keskkonnatingimustele avatud olnud, siis on plastik muutunud murdunud piirkonnas tunduvalt rabedamaks kui kahjustamata osades (joonis 5.6).

Mehaaniline kahjustus võib tekkida esemele ka justkui iseeneslikult. Jutt käib füüsilistest kahjustustest, mis tekivad eseme enda raskuse tõttu ning puudutab eelkõige pehmeid plastikuid – vahtplaste, PPVC-d, kummit ning elastomeere. Küllalt tihti on pehme eseme toetuskohad lömmi vajunud. Sarnane kahjustus võib tekkida ka sellest, kui eset säilitatakse üheskoos liiga paljude objektidega ning need puutuvad üksteise vastu. Ei ole harv juhus, kui ühes säilituskarbis on koos haprad ja ka rasked museaalid. Sellise deformatsiooni vältimiseks tuleks pehme plastikesemete paigutada säilituskarpi nii, et toepind oleks pehmendatud ning sellele ei toetuks teisi museaale. Ka kõvemate plastikesemete säilitamisel tuleb need üksteisest eraldada, kuna karbi liigutamisel võivad nende kokkupõrkumisest ning hõõrdumisest eseme pinnale kriimud ja mõlgid tekkida.

5.2.2. Füüsilised kahjustused

Esemete füüsilised kahjustusprotsessid on K. Konsa oma artefaktide säilitamise raamatus väga ilusasti sõnastanud: „Füüsiliste kahjustuste alla kuuluvad materjali niiskussisaldusest tulenevad pinged ning soojus- ja valgusenergia poolt põhjustatud mõõtmete ja molekulaarstruktuuride muutused.“¹³⁴ Teisisõnu – plastikesemete füüsiliste kahjustuste all mõistame niiskuse, temperatuuri ja valguskiirguse poolt põhjustatud deformatsioone. Siinkohal tuleb mees pidada, et kahjustustulemus ei ole molekulaarkoostiselt muutunud. Sel juhul oleks tegemist keemilise kahjustusega.

5.2.2.1. Niiskuskahjustused

Niiskuskahjustused võivad tekkida liiga kõrge (> 60%) või madalast (< 30%) suhtelisest õhuniiskusest¹³⁵ ning selle järskudest muutustest või otsesest kontaktist veega. See, mil määral RH või vesi eset mõjutavad, oleneb polümeerist, lisainetest, konstruktsioonist, pinnomadustest ning plastikeseme vananemisastmest. On väga hügrokoopseid plastikuid, näiteks 4 mm paksune vette asetatud kaseiin-formaldehüüdi tükk imab toatemperatuuril endasse vastavalt oma kaalule 24 tunniga 5 – 7% vett, 28 päevaga 30%. Polüamiidid on plastikutest kõige enam vett imavad, sisaldades toatemperatuuril õhuniiskusest tingituna 3% vett. Samadel tingimustel sisaldab tselluloosatsetaat 0,8%, PMMA ning polüstüreen aga 0,1% vett.¹³⁶

Kõrge niiskussisaldusega keskkonnas pundub pehmendatud PVC tugevalt ning muutub läbipaistmatuks. Kuna aga vesi ei ühildu PVC molekulaarstruktuuriga, aurustub see sealt normaalniiskusega keskkonnas kiiresti välja ja ese tõmbub oma originaalmõõtmetesse tagasi. Sarnaselt käitub liigniiskuses ka looduslik kummi. Samas võib niiskus oluliselt kahjustada polümeeride täiteaineid.¹³⁷ Seetõttu on tõenäoline, et niiskuse mõjul tekivad materjalisesed pinged, mille tulemuseks on materjali deformatsioon.

Niiskuse mõju tuleb mees pidada esemete jahutamisel ja külmutamisel, eriti kui ese pannakse õhutihedalt suletavasse plastikkotti. On tõenäoline, et kilekotti tekib toatemperatuurilt jahedamasse keskkonda viies kondensatsioon. Nagu eelnevalt mainitud, on osad polümeeride täiteained tugevalt vettimavad, samuti mõned plastikud. Lisaks tõmbuvad

¹³⁴ **Konsa, Kurmo.** *Artefaktide säilitamine*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 2007, lk. 44.

¹³⁵ Suhteline õhuniiskus, inglise keeles *relative humidity*, lühendatult ja edaspidi RH.

¹³⁶ **Shashoua,** *Conservation Of Plastics*, lk. 158 – 159.

¹³⁷ Samas.

materjalid külmumisel kokku. Ühes üleliigse niiskuse imamise, kokkutõmbumise ja otsese kokkupuutega veega on materjalisiseste kahjustuste teke möödapääsmatu. Lisaprobleemi tekitab vee omadus külmumisel paisuda. Kui eseme on juhtumisi kriimustatud ning sellele tekib kondensatsioon, võib pragudesse pääsenud külmuv vesi eseme kahjustada.

Niiskusele kõige tundlikumad plastikud on tselluloosestrid, polüamiidid, poolsünteetilised valgupõhised plastikud, polüuretaan ja looduslik kummi. Ühtlasi esineb suuremaid kahjustusi nendel plastikutel, millesse on rohkelt lisatud niiskust imavaid täiteaineid, nt puidupuudrit.

5.2.2.2. Termokahjustused

Temperatuur on väga oluline tegur, mis mõjutab polümeere nii füüsiliselt kui keemiliselt. Alati tuleb meeles pidada, et mida kõrgem on temperatuur, seda kiiremini toimub degradatsioon. Füüsiliselt mõjutab temperatuur molekulaarahelate liikumist ja struktuuri. Polümeeri agregaatoleku määramiseks on kõige olulisem näitaja klaasisiirdetemperatuur. Mõned plastikud (nt PMMA ja PS) on toatemperatuuril kõvad, jäigad ja klaasjad. Samas teised (nt kummi ja PPVC) on samadel tingimustel pehmed ja painduvad. Kui esimesi nimetatuid kuumutada piisava temperatuurini, käituvad need kummisarnaselt ja kui teisi vedellämmastikus jahutada, kaotavad need oma elastsuse ning purunevad põrutuse korral. Temperatuuri (temperatuurivahemikku), mis lahutab amorfse plastiku klaasjat ja elastset olekut, nimetatakse klaasisiirdetemperatuuriks (*glass transition temperature*) T_g . Plastiku elastsuse ja jäikuse määrabki see, kas plastiku kasutustemperatuur on alla või üle klaasisiirdetemperatuuri.¹³⁸ Polüpropeeni, polüetüleeni ja PPVC¹³⁹ T_g on alla toatemperatuuri, mistõttu me näeme neid sel puhul elastsetena. Vinüülheliplaatide (PVC) T_g on kuskil 30 °C, seega on need toatemperatuuril küllalt kõvad, kuid asetades näiteks radiaatori äärde, sulavad lakkivaks.¹⁴⁰ Korrapärase kristallilise struktuuriga polümeeri puhul on oluline teine näitaja – sulamistemperatuur T_m , mille juures kristallilised polümeerid muutuvad tahkest olekust viskoosseks.¹⁴¹ Kristallilistel polümeeridel on olemas mõlemad kriitilised ülemineku-temperatuurid, nii T_m kui ka T_g .

¹³⁸ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 103.

¹³⁹ PPVC T_g on UPVC omast tunduvalt madalam. Pehmendi molekulid eraldavad polümeeri molekulahelaid, lubades molekulahelate vabama liikumise. Lisaks liidavad pehmendi molekulid end polümeerahela külge sekundaarsidemetega, alandades nõnda polümeerahela siduvusjõude. Polümeer on kuumusele vähem vastupanuvõimeline. – **Rosen**, *Fundamental Principles Of Polymeric Materials...*, lk. 109.

¹⁴⁰ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 156.

¹⁴¹ **Christjanson**, *Polümeeriteaduse alused*, lk 82.

Üleminekutemperatuuride juures toimuvad mitmed füüsikaliste omaduste muutused, näiteks läbipaistvust mõjutava murdumisnäitaja ning soojusjuhtivuse ja elastsuse erinevused.¹⁴² Plastikesemete konserveerimisel on temperatuuri kontroll väga oluline. Kui paigutada vulkaniseeritud kummist ese, mille T_g jääb alla toatemperatuuri, ekspositsioonis valgustile liiga lähedale, on tõenäoline, et valgustist eralduv soojusenergia hakkab kummi sulatama. Sellisel moel ilmneb pöördumatu eseme deformatsioon ning voolavas olekus polümeer on haavatav teiste kahjustustegurite poolt. Sellist kahjustust võib esile kutsuda mistahes kuumakeha – radiaator, kuumapuhur, valgusti või ka liiga soe säilitamiskeskond.

Mõnede tugevalt vananenud plastikesemete puhul on soovitatav need paigutada jahedama temperatuuriga keskkonda ($< 10\text{ °C}$). Sellistel tingimustel väheneb näiteks pehmenemise ja lisaainete migratsioon eseme pinnale või lenduvate ühenditena ümbritsevasse keskkonda, aeglustuvad oksüdatsioon ja hüdrolyüs. Jahutamine ja külmutamine on aga üsna keerulised protsessid, mille vääril kasutamisel võib eset pöördumatult kahjustada. Kui jahutatakse ühest plastikust valmistatud eset, ei ole probleeme korrektsel ja ettevaatlikul tegutsemisel oodata. Plastik tõmbub jahedas kokku ning toatemperatuuril võtab uuesti oma algse vormi. Kui aga ese on valmistatud mitmest omavahel ühendatud plastikust või mõne muu materjaliga liitest, on olukord teine. Iga materjal tõmbub vastavalt enda parameetritele kokku. On ilmne, et liitekohtades tekivad pinged ning materjalis sellest tulenevalt ka deformatsioonid, kui just juhtumisi materjalide soojuspaisumise koefitsient ei ole sama.

5.2.3. Keemilised kahjustused

Plastikesemete keemiline kahjustumine on peamine põhjus, miks neid on keeruline säilitada. Polümeerid on tundlikud põhimõtteliselt kogu neid ümbritseva keskkonna suhtes. UV-kiirgus, niiskus, temperatuur, hapnik, osoon, happed, alused ja keemilised ühendid – kõik mõjuvad plastikesemetele vanandavalt. Kahjustavalt mõjuvad isegi plastikeseme läheduses olevad materjalid, nt metall, puit, nahk, mõned pinnaviimistlused ja ka teised polümeerid. See, mil määral erinevad keemilised kahjustajad plastikeset mõjutavad, oleneb sellest, kui stabiilne ning vastupidav teatud plastik on. Samas ei ole vananematut plastmassi – mingil moel mõjutavad loetletud tegurid siiski ka kõige vastupidavamaid. Siinkohal tuleb arvestada, et

¹⁴² Christjanson, *Polümeeriteaduse alused*, lk 82.

ükski kahjustav tegur ei mõju iseseisvalt. Keemilised vananemisprotsessid on peaaegu eranditult tingitud mitme kahjustusava teguri koosmõjust.

Keemilise vananemise tulemusel toimuvad polümeeris struktuursed ja molekulaarsed muutused. Peamised neli kahjustust on molekulsidemete katkemine, molekulsidemete rist-sildamine, valgust neelavate gruppide teke ning polaarsete gruppide moodustumine.

5.2.3.1. Valguskahjustused

Üks ohtlikumaid plastmasside kahjustajaid on valgus (eelkõige UV-kiirgus), mille lainepikkus on vahemikus 200 – 800 nm. See lõhub polümeeri keemilisi sidemeid ning kahjustab pigmente. Enamik plastikuid peegeldavad suurema osa neile langevast UV-kiirgusest tagasi. Kui aga polümeerisegusse on jäänud tootmisprotsessidel kasutatud lisaainete jääkprodukte või ebakvaliteetsest tootmisest tekkinud vigaseid ühendeid, hakkavad need ohtlikku kiirgust neelama. Päikesevalgust neelavad ka osad stabilisaatorid ja näiteks leeki takistavad ühendid.¹⁴³ UV-



Joonis 5.7: Valguskahjustus PPVC-st valmistatud mänguasjal. (TMMM 2707, autori foto)

kiirguse tekitatud kahjustused avalduvad fotoooksüdatsoonina, mille tulemuseks on plastiku keemilise struktuuri lagunemine, kus vabad radikaalid¹⁴⁴ liituvad vabade hapniku-molekulidega. See on kumulatiivne vananemisprotsess, kus moodustunud molekulid neelavad UV-kiirgust ning peegeldavad seda tagasi pikematel inimsilmale nähtavatel lainepikkustel, mis muudavadki eseme kollakaks (joonis 5.7).¹⁴⁵ Mida enam plastik UV-kiirgust neelab, seda rohkem tekib hapniku ja vabade radikaalide ühendeid. Lisaks kollaseks muutumisele toimub UV-kiirguse tagajärjel ka eseme pigmentide luitumine. Sellised kahjustused on eriti selgesti näha juhul, kui eseme mingi osa on olnud valgusele kättesaamatu.

Valgusele kõige tundlikum plastik on vahtpolüuretaan. Lisaks kollakaks muutumisele, põhjustab valguskahjustus pinna kleepuvust ning materjali murenemist. Ülejäänud plast-

¹⁴³ Edwards, Benj. „Why Super Nintendos Lose Their Color: Plastic Discoloration in Classic Machines“. – <http://www.vintagecomputing.com/index.php/archives/189>, vaadatud 05.03.13.

¹⁴⁴ Vaba radikaal on aatom või aatomite rühm, millel on paaritu arv elektrone. Need on tavaliselt väga suure reaktsioonivõimega, reageerides kiiresti teiste radikaalide või molekulidega. Vabad radikaalid moodustuvad põlemis-, polümerisatsiooni-, pürolüüsi, biokeemilistes jt reaktsioonides.

¹⁴⁵ Samas.

masside puhul võib valguskahjustusena märgata kollast tooni ning haprust. Vaid akrüülplastikud on sellele vastupidavad, mistõttu neid kasutataksegi tihti välitingimustes (nt autotuled).¹⁴⁶

5.2.3.2. Oksüdatsioon

Väga oluline plastikute kahjustaja on hapnik. Tugevaks oksüdeerijaks on hapniku ja UV-kiirguse reageerimisel tekkiv osoon. Kuna 21% meie atmosfäärist moodustab hapnik, on plastikute kokkupuude sellega peaaegu vältimatu. Esimene kahjustus toimub juba tootmishetkel, mil polümeerid on vedelad ning hapnik pääseb lihtsasti nendega reageerima. Reaktsiooni soodustavad metallvormidest eralduvad katalüsaatoritena toimivad metalliosakesed. Selleks et hapnik saaks plastikut tootmis-



Joonis 5.8: Oksüdatsiooni tagajärjel kõvaks ja hapraks muutunud vulkaniseeritud kummi. Kuna metall on kummist kõvem, on esemesse tekkinud lõhed. (TMMM 4945, autori foto)

järgselt vanandada, peab see tungima polümeeri struktuuri. Kristallilise struktuuriga plastmassid on hapnikule tunduvalt vastupidavamad kui amorfed. Samuti on vähemohustatud kõva pinnaga esemed. Oksüdatsiooni kiirust mõjutavad temperatuur, valgus ja metalliioonide olemasolu.

Reaktsiooni tulemusena halvenevad plastiku mehaanilised ja füüsikalised omadused. Toimub molekulahelate rist-sildamine. Plastik muutub jäigaks, hapraks ja kõvaks (joonis 5.8). Vähenevad tõmbetugevus ja paindumus, tekib killustatus, värvus muutub kollakaks (joonis 5.9). Seetõttu võibki märgata plastikesemete selliste piirkondade kollaseks tõmbumist, mis ei ole UV-kiirgusele kättesaadavad olnud, näiteks mingisuguse korpuse siseküljed. Oksüdatsiooni tulemusena tekivad plastiku pinnale mikropraod, mis loovad soodsaid tingimusi hüdrolüüsiks.¹⁴⁷



Joonis 5.9: Oksüdatsiooni tulemusel kollaseks ja rabedaks muutunud vahtkumm. (TMMM 5932, autori foto)

¹⁴⁶ Williams, Scott. „Care of Plastics: Malignant Plastics“. – *WAAC Newsletter*, New York: Western Association for Art Conservation, Vol. 24 Nr. 1, January 2002, <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn24/wn24-1/wn24-102.html>, vaadatud 13.02.14.

¹⁴⁷ Shashoua, *Conservation Of Plastics*, lk. 171 – 175.

5.2.3.3. Kuldplastiku sündroom

Oksüdatsioon on ühe spetsiifilise kahjustuse esilekutsujaks. Kui meil on näiteks ABS-ist valmistatud kullatooni *Transformers*-i mänguasi, siis võib esineda olukordi, kus ese võetakse originaalpakendist esmakordselt välja ning see puruneb juba kergemal pigistusel (joonis 5.10). Tegemist on nn „kuldplastiku sündroomiga“ (*Gold Plastic Syndrome – GPS*), mida esineb metallitooni plastikutel. Neis sisalduv metallipigment seob end polümeeriahelaga vaid nõrkade sidemetega ning oksüdatsiooni tulemusel toimub materjalis struktuurimuutus. Esemel metalliläikelised osad muutuvad rabedaks ja purunevad mehaanilise jõu avaldamisel.¹⁴⁸



Joonis 5.10: Kuldplastiku sündroom. Terve lelu puruneb pärast üht pigistust.

GPS-kahjustuse tunneb ära eset ümbritseva metallipuuru ja plastikukillukeste järgi. Purunenud materjali ääred on krobeldised ja karedad, mõrade ja kriimudeta.

Lihtne moodus kinnituseks, et tegu on GPS-kahjustusega, mitte tavalise plastiku purunemisega, on murdunud tükki proovida uuesti murda. Kui tükk hakkab painduma ega purune, on tegu tavalise mehaanilise kahjustusega ning tükki võib proovida esemega taasühendada. Kui aga tükk murdub pooleks, on tegu GPS-kahjustusega ning taastada seda enam ei saa. Lisaks aitab kaasa teadmine, et seda esineb enam mänguasjadel, mis valmistati aastatel 1989 – 1998.¹⁴⁹

5.2.3.4. Hüdroolüüs

Vesi mõjutab polümeeride koostist kahel viisil. Osad polümeerid liidavad omavahel neid monomeere, mis jäävad alles pärast vee aurustumist polümeerahelatest. Sellist protsessi nimetatakse kondensatsioonipolümerisatsiooniks. Teine võimalus on hüdroolüüs, kus molekulaarhela sidemed katkevad vee mõjul.

¹⁴⁸ **Transformers Wiki.** Gold Plastic Syndrome. http://tfwiki.net/wiki/Gold_Plastic_Syndrome, vaadatud 29.01.13.

¹⁴⁹ Samas.

Hüdrolüüs tekib enamasti siis, kui ese on happelises või aluselises keskkonnas. Sellele kõige tundlikumad plastmassid on tselluloosestrid, polüestrid ja polüuretaanid, kõige vastupidavamad aga hüdrofoobsed polüetüleen ja polüpropeen. Hüdrolüüsi protsess on kumulatiivne, s.t mida enam vee molekulid polümeeri ahelasse seotakse, seda enam on plastik veele tundlik. Vesi lõhub polümeerahelat, mistõttu molekulaarmass väheneb. Tulemuseks on mehaaniliste omaduste halvenemine ning materjali struktuuri nõrgenemine.¹⁵⁰

Tselluloosatsetaadi puhul moodustub hüdrolüüsi tulemusel äädikhape ning pinnale võivad tekkida pehmed tilgakesed. Ka nitrotselluloosist eralduvad happed ning oksüdeerivad lämmastikoksiidi gaasid. Polüuretaan muutub kollakaks, hapraks, kleepuvaks ning mureneb. Kummist eraldub vesiniksulfiid ning teised gaasid, pinnale tekib väävelhape.¹⁵¹

5.2.3.5. Termolüüs

Termolüüsiks nimetatakse protsessi, kus liigse kuumuse mõjul plastmassi füüsikalised, keemilised ning mehaanilised omadused halvenevad. Toimub molekulaarsidete katkemine ning polümeeri molekulaarmassi alanemine. Lisaks mõjutab temperatuur sarnaselt valgusele ja hapnikule plastikute värvust, mis muutub valgest kollaseks, seejärel oranžiks, punaseks, pruuniks ning lõpuks mustaks.¹⁵² Kuumus mõjutab kõiki plastikuide, kuid eelkõige neid, mille sulamistemperatuur on madal. Kõva PVC hakkab pigmente kaotama ning luituma 70 °C juures, samas osad plastikud peavad vastu kuni 500 °C kuumuses.

5.2.4. Füüsikalised-keemilised kahjustused

Tihti peale on plastikute puhul keeruline eristada füüsikalisi ja keemilisi kahjustusi. Füüsikaliste kahjustustegurite toime võib väljenduda keemilises kahjustuses. Samas võib olla keemilise kahjustusteguri tulemuseks jällegi füüsikaline vananemine. Selliseid kahjustusi tuntakse füüsikalise-keemiliste kahjustustena.

¹⁵⁰ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 175

¹⁵¹ **Williams**, Scott. „Care of Plastics: Malignant Plastics“. – *WAAC Newsletter*, New York: Western Association for Art Conservation, Vol. 24 Nr. 1, January 2002, <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn24/wn24-1/wn24-102.html>, vaadatud 13.02.14

¹⁵² **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 168 – 170.

5.2.4.1. Pehmendite ja lisaainete migratsioon

Sageli esinev plastikute füüsikalise-keemilise vananemise põhjuseks on pehmendajate ja lisaainete migreerumine materjali pinnale ning sellest tulenev plastiku molekulaarkoostise muutumine. Üks esimesi pehmendajaid, kamper, mida kasutati nitrotselluloosi lisaainena kuni 1930ndateni, muutub toatemperatuuril aja jooksul gaasiks ning eraldub sellest märkimisväärse kiirusega, põhjustades plastiku kokkutõmbumist ning hapraks muutumist. Pehmendid, mis ei eraldu plastmassist gaasi, vaid vedelikuna, jätavad eseme pinna kleepuvaks ja vastuvõtlikumaks mustusele,



Joonis 5.11: Eraldunud DEHP on PPVC-st mänguasja kleepuvaks muutnud. (Autori foto)

niiskusele ning kahjulikele ühenditele. Üks selline pehmendi on alates 1950ndatest kasutusele võetud di(2-etiülheksüül)ftalaat (DEHP), mida lisatakse PVC-le (joonis 5.11).¹⁵³ Kuna DEHP suudab PVC molekulaarstruktuuri liituda vaid nõrkade sekundaarsete sidemetega, hakkab see kahjustavate tegurite tagajärjel polümeerisegust eralduma. Eraldunud pehmendile on omane „pastellkriidi“ lõhn. Kui selline PPVC-st valmistatud ese on pikka aega ekspositsioonis täpselt samas asendis olnud, võib märgata selle alla tilkunud pehmendi loigukesi.

Lisaks pehmenditele võivad plastiku pinnale migreeruda ka libestajad ja täiteained. Näiteks PPVC tootmise hõlbustamiseks enamkasutatud libestaja steariinhape, mis jääb tootmisjärgsel siiski mingil määral plastikusegusse, migreerub sellest ajapikku materjali pinnale, kattes selle hallikas-valge kihiga (joonis 5.12). Sellist kihti võib lihtsasti segamini ajada hallitusega. Õrnalt kuiva lapiga pühkides on see küllalt lihtsasti eemaldatav.



Joonis 5.12: PPVC-st eraldunud steariinhape. (Autori foto)

Migratsioon ei tarvitse alati toimuda seestpoolt välja-poolle. Plastikute säilitamisel on oluline jälgida, milline on neid ümbritsev keskkond ning milliste materjalide ja ainetega võivad need kokku puutuda. Polüetüleen ja polüpropeen imavad endasse näiteks õlisid, mis põhjustavad nende värvuse muutusi ja välimuse kvaliteedi alanemist. Seetõttu võibki märgata polüetüleenist toidusäilituskarpide muutumist „rasvaseks“

¹⁵³ Shashoua, *Conservation Of Plastics*, lk 159 – 161.

pärast pikemaajalist kasutamist. „Rasvaseid“ polüetüleenesemeid võib kergesti segamini ajada PPVC-ga, mille pinnale on migreerunud pehmendusained. Plastikute värvimuutusi võivad põhjustada ka kokkupuuted teiste plastikesemete ja materjalidega.

5.2.4.2. Polümeeride lahustuvus

Polümeeride lahustuvust on eelkõige oluline mõista nende puhastamisel konserveerimistöõde käigus. Just siis võib tekkida vale lahusti tõttu oht materjali kahjustamiseks. Näiteks ei tohi nitrotselluloosist eseme pinnalt pasta-pliiaatsi triipu atsetooniga eemaldada, kuna tselluloid lahustub väga tugevalt atsetoonis ning pinnakahjustus on vältimatu. Osadele plastikutele mõjub ka vesi lahustina, mis võib õhuniiskuse või veekahjustuse tagajärjel eseme degradatsiooni põhjustada. Inventarinumbrimärkimine otse museaalile mingisuguse tindipliiaatsiga (mida ei tohiks otse materjalile kanda!) on väga riskante ettevõtmine. Ei ole sugugi harv juhus, et selline tähis laiali valgub ning kirjutusvahendi koostises olev lahusti plastikut kahjustab (joonis 5.13).



Joonis 5.13: Sobimatu kirjutusvahendi kasutamisest tekkinud kahjustus vahtkummist mänguasjal. (Autori foto)

Polümeeride lahustumine on kahes astmes toimuv protsess. Esmalt toimub lahusti molekulide difundeerumine polümeeri, mille tulemusel muutub plastik pundunud geeliks. Alles siis, kui inframolekulaarsed jõud polümeeri ületatakse lahusti ja polümeeri vahel tekkiva koosmõju poolt, toimub geeli lagunemine ja polümeeri lahustumine lahusesse.¹⁵⁴ Lahusti valimisel tuleb meeles pidada, et sarnased lahustavad sarnaseid ehk polaarsed lahustid lahustavad polaarseid polümeere ja mittepolaarsed mittepolaarseid. Näiteks polüvinüülalkohol lahustub vees ja polüstüreen tolueenis. Samas vastupidiselt asi ei toimi, mis on hea uudis kohvisõpradele, kes joovad ergutusjooki vahtpolüstüreenist topsidest.

Molekulmassi kasvades polümeeri lahustuvus väheneb. Seega suure molekulaarmassiga rist-sillatud polümeerid ei lahustu. Oluline on meeles pidada, et vananedes oksüdatsiooni tulemusel toimuv molekulahelate ristsildamine põhjustab polümeeri molekulaarmassi kasvamist. Seda tähelepanekut tuleb arvestada eelnevate konserveerimistöõde eemaldamisel ning materjalide valikul. Valides näiteks maali lakkimiseks polümeeri, peame arvestama, et

¹⁵⁴ Christjanson, *Polümeeriteaduse alused*, lk. 74.

tehtavad tööd oleksid ka 50 aasta pärast eemaldatavad. Küll ja küll on juhtumeid, mil eelnevaid parandusi/viimistlusi ei ole võimalik eemaldada. Ka polümeeri struktuuri pakkimistihedus on oluline. Amorfsed polümeerid lahustuvad kristallilistest paremini. Kristallilised lahustuvad siis, kui neid kuumutada sulamispunktini. Näiteks polüetüleen ei lahustu toatemperatuuril üheski lahustis, 100 °C juures lahustub see aga mitmes.¹⁵⁵

Polümeeride lahustuvust peab teadma, kui soovitakse tekitada samast plastikust valmistatud tükide ühendust, näiteks purunenud tüki „tagasiliimimist“. Sobiva lahusti abil loodud ühendus on piisavalt tugev, et vastu pidada nõrgemale stressile ning on sobilik meetod arvestades konserveerimiseetikat, mille puhul peavad tehtud tööd olema pööratavad. Lahustiga ühenduse loomisest on pikemalt juttu 6. peatükis. Lisaks on uurimustöö lisades kättesaadav tabel populaarsemate plastikute lahustumise kohta (vt Lisa 10).

5.2.5. Bioloogilised kahjustused

Bioloogilisteks kahjustusteks loetakse igasugust materjaliomaduse muutust, mis on ilmnunud elusorganismide tegevuse tulemusel. Kuigi enamasti on polümeerid bioloogilistele organismidele vastupidavamad kui näiteks puit, paber ja nahk, ei tähenda see, et plastikud täiesti puutumatud on. Kahjuks ei ole seda teemat polümeeride puhul kuigi palju uuritud.¹⁵⁶

Selleks et kindlaks teha, kuidas ning mil määral võib teatud esemetel bioloogilisi kahjustusi tekkida, tuleb esmalt määrata plastiku tüüp. Näiteks looduslik kummi on biolagundajatele vastuvõtlik materjal. Seda eriti algses töötlemata olekus (lateksina), mil selle koostises olevad valgud (2 – 3,5%) ja süsivesikud on vedelad. Lisaks on kummi niiskust imav materjal. Oluline on teada, missuguseid lisaaineid on plastikusegusse lisatud. Polüestri puhul tuleb arvestada, mis hapet selle valmistamiseks on kasutatud. Näiteks ftalaate, toluensulfoonhapet või aromaatsid süsivesinikke sisaldavad polüestrid on mikroorganismidele vastupidavad.¹⁵⁷

Biolagundajad ründavad pigem poolsünteetilisi plastikuks kui täissünteetilisi. Näiteks piimavalgul põhinev kaseiin-formaldehüüd või tselluloosist valmistatud nitrotselluloos on kahjurite poolt tunduvalt enam ohustatud. Sünteetiliste plastikute osas meelitavad bio-

¹⁵⁵ Rosen, *Fundamental Principles Of ...*, lk. 84.

¹⁵⁶ Allsopp, Dennis; Gaylarde, Christine. C; Seal, Kenneth. J. *Introduction to Biodeterioration. Second Edition.* Cambridge: Cambridge University Press, 2004, lk. 62.

¹⁵⁷ Samas, lk. 68.

kahjureid neisse lisatud libestajad ja täiteained. Tehtud katses, kus raioni¹⁵⁸ (*Rayon*®) ribad maeti mikrobioloogiliselt aktiivsesse mulda üheks kuuks, selgus et kangaribad olid kaotanud oma vastupanu tõmbejõule.¹⁵⁹

Enamik libestajatena kasutatavaid aineid on naftaproduktid. Mikroobid muutuvad näiteks petrooleumist valmistatud libestusainetele ohtlikuks vaid juhul, kui ese asub niiskes keskkonnas. Hallituse ja bakterite vohamiseks piisab ka väikesest niiskusprotsendist materjalis. Seega hüdrofiilsed polüamiidid ja kaseiin-formaldehüüd on hallituse tekkeks sobivad. Õnneks on plastikud suures jaos siiski hüdrofoobsed materjalid. Eriti heas eelises on sileda viimistlusega plastikesemed. Kare ja kriimustatud pind seob endaga hõlpsalt niiskust ning nõnda on loodud ka soodsad tingimused bakterite ja hallitusseente kasvuks.¹⁶⁰

Vananenud plastikud on kahjuritele vähem vastupanuvõimelised. Seda tõestab muidu bio-kahjuritele väga vastupidava HDPE vananemine. Nimelt on selle polümeerahelal põhimõtteliselt hargnevusteta „selgroog“, mistõttu on see biokahjustajatele väga vastupidav. Kui aga polüetüleen tükki eelnevalt kahjustada keemilise oksüdatsiooniga ning alles seejärel viia see mingiks ajavahemikuks bioaktiivsesse keskkonda, on näha paariprotsendilist biokahjustuse kasvu. Biolagundajad mõjutavad juba eelnevalt kahjustatud polümeerahelatega plastikut oluliselt rohkem. Vähemate polümeerahela hargnevustega ja kristallilised polümeerid on biokahjustustele vastupidavamad, kuna need on vastupidavamad mehaanilistele, füüsikalistele ja keemilistele kahjustustele.¹⁶¹

Lisaainetest on enim uuritud pehmendeid, eelkõige PVC-le lisatavaid. Pehmendid on estrid, mis on seentele väga vastuvõtlikud. Seenkahjustus jätab esimese märgina esemele pleki. Enamlevinud PPVC-d kahjustav hallitusseen on *Streptomyces rubrreticuli*, mis jätab endast plastiku pinnale roosa pleki. Seetõttu nimetatakse sellist kahjustust „roosa pleki tekkeks“. Roosaka plekina jääb lisaks PVC-le ka nailonite pinnale hallituskahjustus, mispuhul on tegemist *Penicillium janthinellum*’iga.¹⁶²

¹⁵⁸ Raion – viskooskiu kaubanduslik nimi, regenereeritud tsellulooskiud. Poolsünteetiline.

¹⁵⁹ **Allsopp**, *Introduction to Biodeterioration. Second Edition*, lk. 65.

¹⁶⁰ Samas, lk. 62 – 65.

¹⁶¹ Samas, lk. 70.

¹⁶² **Allsopp**, *Introduction to Biodeterioration. Second Edition*, lk. 77.

Näriliste ja putukate eest on loomulikult kõvast plastikust valmistatud esemed enam kaitstud. Näriliste puhul on oluliseks veel ka eseme kuju, kuna neil on ikkagi tarvis seda närida. Suurediaameetrilised torud ja kaablid on näriliste eest seega rohkem kaitstud.

5.3. Erilist tähelepanu nõudvad plastikud

Kõige kergemini kahjustuvad plastikud on nitrotselluloos, tselluloosatsetaat, pehmendatud PVC, PU-vahud ja vulkaniseeritud kummi (ka vahtkumm). Nimetatud plastmassidele tuleb erilist tähelepanu pöörata lisaks nende kiirele vananemisele ka põhjusel, et need on n-ö „paha-tahtlikud plastikud“ (*malignant plastics*), mis on nii inimestele kui ka juurespaiknevatele esemetele kahjulikud, eritades happelisi gaase või kattudes ohtlike mürgiste lisaainete kihiga.

5.3.1. Nitrotselluloos

Nitrotselluloos on vastuvõtlik nii keemilistele kui ka füüsikalistele kahjustustele. Pehmendite kao tagajärjel tõmbub ese kokku ning praguneb. Pehmendajana kasutatud kampri probleem seisneb selles, et see ei taha plastikus püsida ning aurustub juba toatemperatuuril sealt välja. Pehmendid toimivad nitrotselluloosis ka stabilisaatoritena, imades endasse happelisi ühendeid, mis plastiku vananedes tekivad. Kui aga kamper plastikust välja aurustub, ohustab seda üha enam keemiline vananemine. Sellises varajases vananemisstaadiumis on nitrotselluloos väga kergesti süttiv ning selle leegi kuumus on 15 korda kõrgem kui paberi põlemisel.¹⁶³ Seetõttu on eriti oluline säilitada nitrotselluloosist valmistatud vananevaid esemeid eritingimustel, kus on tagatud tuleohutus. Siinkohal on selgelt näha, kui võrd tähtis on plastikute identifitseerimine õigete säilitustingimuste valimiseks.

Nitrotselluloosi ohtlikkusest tuleb mainida veel, et sellest eralduvate gaaside sissehingamine võib ärritada nina ja kõri. Kokkupuude materjaliga võib ärritada ka nahka ja silmi. Nitrotselluloosile enamasti lisatud isopropüülalkohol eritab mürgiseid lenduvaid ühendeid, mis võivad samuti silmi ja nahka ärritada. Suuremas koguses sissehingatuna võivad sellised gaasid tekitada peapööritust, hingamisraskusi ja raskemal juhul ka teadvusekaotust. Pikaajaline lähikokkupuude nitrotselluloosiga võib põhjustada neerude ja maksakahjustust,

¹⁶³ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 177.

kesknärvisüsteemi häireid ja silmakahjustusi.¹⁶⁴ Lisaks inimtervisele, kahjustab nitrotselluloos ka seda ümbritsevaid esemeid. Eralduvad happelised gaasid muudavad plastiku pinna tugevalt happeliseks, mistõttu tuleb ese teistest materjalidest eraldada.

Nitrotselluloos laguneb kõige tugevamalt termolüüsi, hüdrolyüüsi ning fotokeemilise vananemise tagajärjel. Seega vananemist kiirendavad kõrge temperatuur, niiskus ja happelised ühendid. Tselluloosnitraadi vananemisprotsessid on autokatalüütilised, s.t kui vananemisprotsess on käivitunud, siis lagunemisel tekkinud saadused vanandavad eset üha kiiremini ja tugevamini. Nitrotselluloosesemeid ei tohi hoida ventileerimata kinnises keskkonnas (karbis, kastis, sahtlis). Termolüüsi tulemusel eraldub lämmastikdioksiid, mis moodustab reageerides õhus oleva niiskusega lämmastikhappe. Viimane lagundab eset väga kiiresti. Nitrotselluloosist aurustunud kamper jätab eseme pinnale mikromõrad, mille kaudu niiskus materjali sisse pääseb. Lämmastikhape tekib seega lisaks eset ümbritsevatele keskkonnale ka selle sees. Hape ründab polümeerahelaid ning lõhub neid, muutes eseme hapraks ja nõrgaks. Kuna polümeerahelate lagundamine toimub juba plastiku sees, tekivad esemesse läbivad mõrad (joonis 5.14).¹⁶⁵ Siinkohal võib meeles pidada, et elevandiluu imiteeriv nitrotselluloos on stabiilsem kui kilpkonnakilbi imitatsioon, kuna esimene sisaldab tsinkoksiidi, mis lämmastikuga reageerides moodustab tsinknitraadi ning stabiliseerib materjali.

Osad metallid (eriti vask) kiirendavad nitrotselluloosi vananemist. Vananemisel eralduv lämmastikhape korrodeerib metalli. Juhul kui metall on plastikeseme osa (nt noatera), võib korrosiooni mõjul selle sabaosa kahjustuda: korrosioon katab plastiku ja toimib barjäärina, mis takistab nitrotselluloosist eralduvat lämmastikhappel sellest väljapääsemist.

Joonis 5.14: Nitrotselluloosist prillid. Eesti Rahvamuuseumi kogusse kuuluvate prillide pinda katavad mõrad ning ese on muutunud hapraks, mistõttu on üks sang ka ära murdunud. Prille säilitati sahtlis paberi sisse mähituna. Eemaldanud paberi, selgus et esemest eralduv lämmastikhape oli seesmised paberikihid peaaegu täielikult ära „söönud“. (ERM A816:6)



¹⁶⁴ **Ministry of Manpower.** Occupational Safety & Health Circular Safe Use, Handling and Storage of Nitrocellulose, PDF: [https://www.wshc.sg/wps/themes/html/upload/cms/file/2000-07%20Safe%20Use%20Handling%20and%20Storage%20of%20Nitrocellulose%20\(2\).pdf](https://www.wshc.sg/wps/themes/html/upload/cms/file/2000-07%20Safe%20Use%20Handling%20and%20Storage%20of%20Nitrocellulose%20(2).pdf), vaadatud 13.02.14.

¹⁶⁵ **Shashoua,** *Conservation Of Plastics*, lk. 179.

5.3.2. Tselluloosatsetaataat

Tselluloosatsetaataat vananeb mõnevõrra sarnaselt nitrotselluloosile. Selle vananemisreaktsioonid on samuti keemilised ja füüsikalised, kusjuures viimased on põhjustatud pehmendajate kao tõttu. Pehmendite (20 – 40%) kadu põhjustab plastiku kokkutõmbumist, kleepuvust ning haprust. Mõningal juhul võib eseme pinnalt leida isegi pehmendite tilgakesi. Hüdroolüüs lõhub polümeerahelad ning materjali molekulaarmass alaneb. Tselluloosatsetaataadist eralduv äädikhape on äädikalõhnaline, millest tulenevalt nimetatakse tselluloosatsetaadi vananemist „äädikhappe sündroomiks“.¹⁶⁶ Lisaks eset ümbritsevale keskkonnale muudavad happelised gaasid ka neid eritava eseme happeliseks.

Tselluloosatsetaataadist esemeid ei tohi hoida kinnises keskkonnas. Äädikhape ründab nii plastiku pinda kui ka selle sisemust pinnale tekkinud pragude kaudu. Lisaks plastikosadele ründab hape ka seda ümbritsevaid materjale. Eriti ohtlik on see metallidele, tekstiilidele ja peberile. Samas on metallid omakorda ohtlikud tselluloosatsetaataadile, toimides happe eraldumise katalüsaatoritena.¹⁶⁷

Sarnaselt nitrotselluloosile jääb peale pikaajalist vananemisprotsessi tselluloosatsetaataadist eseme olemus põhimõtteliselt vaid tselluloosiks, kust atsetaataat on välja aurustunud. Ese on tugevalt kokku tõmbunud ning kaotanud oma igasuguse vastupidavuse ning esialgse välimuse (värvuselt tuhm ja koltunud, pragunenud, kokkutõmbunud, lakkiv).¹⁶⁸

5.3.3. Pehmendatud PVC

Pehmendatud PVC ehk plastisool on muuseumide üks suurimaid probleeme, mis puutub plastikute säilitamisse. Kuna see oli populaarne materjal, millest valmistati jalanõusid, majapidamistarbeid, mänguasju ja pakendeid, on PPVC üks enamlevinud plastikuid museaalide seas. Kahjuks on see ka üks ebastabiilsemaid plastikuid, mille keemilised ja füüsikalised kahjustused on väliselt nähtavad. Nimelt muutub PPVC vananedes kleepuvaks, värvuselt tumedamaks ning mõnikord ilmub eseme pinnale hallikas-valge kiht (tootmisprotsesside hõlbustamiseks lisatud libestusained, mis on ajapikku materjali pinnale migreerunud).

¹⁶⁶ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 180 – 184.

¹⁶⁷ Samas, lk. 179.

¹⁶⁸ Samas, lk. 180 – 184.

Pehmendatud PVC vananemine on seotud sinna lisatud pehmendajate ja lisaainete vananemisega (joonis 5.15). Enamlevinud pehendid on ftalaadid, mis on polümeeriga seotud nõrkade sidemetega. Seetõttu on neil lihtne end ahelast lahti rebida ning eseme pinnale migreeruda, moodustades kleepuva kile, mis seob endaga mustust, keemilisi ühendeid ja niiskust. Toatemperatuuril aurustub DEHP eseme pinnalt väga aeglaselt. Seetõttu võib pehendit pinnale lõpuks nii palju koguneda, et see hakkab esemelt tilkuma.¹⁶⁹



Joonis 5.15: PPVC pinnale migreerunud DEHP. (TMMM 7004, autori foto)

PPVC pinnale võib tekkida ka tahke kristalja aine kiht, mille põhjustajaks võivad olla tootmise lihtsustamiseks lisatud libestusained (nt steariinhape) või ka hüdrolüüsi tulemusena kristalleerunud ftalaadid. Moodustunud kihti nimetatakse materjali „õitsemiseks“ (*bloom*). PPVC-le endale tekkinud kiht kuigi kahjulik ei ole. Küll aga võivad pinnale migreerunud materjalid kahjustada vastupuutuvaid esemeid, põhjustades plekke või korrosiooni.¹⁷⁰

Lisaks vedelatele ja tahketele ainetele, eraldub PPVC-st molekulahelas moodustuv HCl, värvitu vees lahustuv gaas, mis õhuniiskusega kokkupuutel moodustab soolhappe. Kui PPVC-st valmistatud eset säilitada suletud keskkonnas (karbis, sahtlis jms), hakkab eralduv HCl eseme vananemist kiirendama. Lenduva gaasi näol polümeeriahelast lahkunud HCl jätab endast maha lahtised sidemed, millest moodustuvad kaksiksidemeid, muutes polümeeri struktuuri. Tekkinud paarissüsteemid neelavad nähtavat valgust ja peegeldavad seda esemelt tagasi madalamatel lainepikkustel, mistõttu ese võtab kollaka kahma ning tumeneb ajapikku peaaegu mustaks.¹⁷¹ Sellist ebastabiilsust püütakse stabilisaatoritega takistada. Seega võib PVC küllalt pikka aega valgusele hästi vastu pidada. Ühel hetkel aga ei suuda stabilisaatorid endasse moodustunud ühendeid enam koguda ning siis toimub väga kiire plastiku värvi muutus ja polümeeri lagunemine. Näiteks võib tuua kabriolettautode vinüülkatused.¹⁷²

¹⁶⁹ Shashoua, *Conservation Of Plastics*, lk. 188.

¹⁷⁰ Williams, „Care of Plastics: Malignant Plastics“, <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn24/wn24-1/wn24-102.html>, vaadatud 13.02.14.

¹⁷¹ RSC, „Plastics conservation - Barbie™ and friends.“ - <http://www.rsc.org/learnchemistry/resource/res00000302/plastics-conservation-barbie-and-friends?cmpid=CMP00000349>, vaadatud 15.05.13.

¹⁷² Williams, „Care of Plastics: Malignant Plastics“, <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn24/wn24-1/wn24-102.html>, vaadatud 13.02.14.

5.3.4. Vahtpolüuretaan

Polüuretaanvahu (porolooni) vananemine on seotud foto- ja termooksüdatsiooni ning hüdrolüüsiga. Kuna PU-vaht on avatud pooridega materjal, on see kergesti kahjustatav hapniku, valguse ning niiskuse poolt. Selle vananemine algab juba tootmisel, mil vahu valmistamiseks puhutakse vedelasse polümeerisegusse hapnikku ning luuakse nõnda soodsad tingimused materjali oksüdatsiooniks.

PU-vaht on väga valguskartlik. UV-kiirguse mõjul toimuv fotoooksüdatsioon lagundab polümeeriahelaid ning muudab materjali hapraks. Katmata ning valgusele, niiskusele ja soojusele avatud PU-vahu tugev vananemine on näha juba 10 – 15 aasta järel pärast eseme valmistamist.¹⁷³ Sagedased kahjustused on eseme lõssivajumine, murenemine, kleepuvus ja värvimuutus (tumedamaks).

Vahtpolüuretaan (nt *Makroflex*®) on tänapäeval ehitustööstuses väga laialdaselt kasutatav materjal, millega fikseeritakse aknaid või täidetakse avausi. Väga tihti juhtub aga nii, et vahtmaterjal jääb katmata ja seega kahjustavate tegurite otsesesse meelevalda. Selline olukord näitab meile väga selgelt, kui kiiresti ja mismoodi PU-vaht vananeb. Juba paari kuu pärast on materjal muutunud pudedaks ning tumedaks, purunedes veidi tugevamalt sellele surudes. Kui aga vahtpolüuretaan on nõndaviisi kahjustustele avatud olnud juba pikemat aega, toimub selle pudenemine isegi ilma puudutuseta – materjal laguneb omaenda raskuse tõttu.

Polüuretaanvahu „pahatahtlikkus“ seisneb selle kleepuvuses. Kes vähegi on kokku puutunud vananenud poroloonpolstri vahetamisega, on näinud, mil viisil see kanga külge kleepunud on. Seetõttu tuleb väga tähelepanelik olla ning PU-vahu vastu toetavad materjalid silikon- või teflonkattega eraldada.

5.3.5. Vulkaniseeritud kummi

Kummist esemeid leidub muuseumides palju. Tartu Mänguasjamuuseumis on see üks populaarsemaid plastikmaterjale. Seda esineb nn piuksumänguasjadena, täispuhutavate karvastatud või karvkatteta mänguasjadena või vahtkumm-mänguasjadena. Kummi on väga omapärane materjal, mis reageerib keskkonnateguritega teistest plastmaterjalidest pisut

¹⁷³ RSC, „Plastics conservation - Barbie™ and friends.“ - <http://www.rsc.org/learnchemistry/resource/res00000302/plastics-conservation-barbie-and-friends?cmpid=CMP00000349>, vaadatud 15.05.13.

erinevalt. See on väga tundlik oksüdatsioonile ning ka hüdroolüüs on selle tugevaks kahjustusprotsessiks. Kuna enamasti toodetakse pehmest kummist õõnsaid esemeid, siis on mehaanilised deformatsioonid samuti sagedad. Tegu on vägagi probleemse materjaliga. Samas ei ole plastikute konserveerimist käsitlevas kirjanduses kummi vananemisest ja säilitamisest kuigivõrd juttu olnud. Ka 2012. aasta POPART-i konverentsil¹⁷⁴ mainiti, et kummist esemetele on liiga vähe tähelepanu pööratud.

Enamik kummidest sisaldab olulise struktuurielemendina kaksiksidemeid ning nendega toimuvad reaktsioonid on kummi vananemise peamiseks põhjuseks.¹⁷⁵ Kummide vananemise üheks võimaluseks on nn kummide „väsimine“, mis sõltub mehaanilistest mõjutustest. Levinuim muutus on kõrgmolekulaarse elastomeeri lagunemine väiksemateks molekulideks või molekulahelate ristsildamine, mille tagajärjel muutub kumm kõvaks ja rabedaks. Sellist olukorda esineb erinevas ulatuses paljudel kummist museaalidel. Kummieseme tahenemine toimub enamasti ääresast keskele liikudes. Kui meil on näiteks kummist seisev jännes, siis selle kõvenemine algab kõrvadest ja jalgadest, liikudes kõhu poole. Nii võivad olla selle varbad elastsuse kaotanud, kuid kõht endiselt pehme (joonis 5.16).



Joonis 5.16: Oksüdatsiooni tulemusel on kummi-jänese kõrvad ja varbad tahenenud. (TMMM 4945, autori foto)

Kui kummist ese on oksüdatsiooni ja hüdroolüüsi mõjul kahjustunud, on selle mehaanilised omadused oluliselt muutunud. Nagu eelpool mainitud, on põhiline vananemistunnus kummieseme tahenemine. Kui algselt pehmena mõeldud ese on muutunud ajapikku tahkeks, võib juhtuda, et käsitsemise seda endiselt kui elastset objekti, st me pigistame seda, sest see on esemele loomuomane. Tahkunud kumm on väga habras. Ese võib olla vaid vähesel määral oma elastsust kaotanud, kuid sellegi poolest tekivad haprasse materjali mikromõrad. Esemehõvenemise jätkudes hakkab materjal sellesse tekkinud mõrasid sügavamaks ja laiali tirima. Seetõttu võib puutumata esemesse tekkida läbiv lõhe, mis ajapikku edasi jookseb. Kummi tahenemisele aitab kaasa ka see, kui eset kattev värvikiht alusmaterjali mikromõrade tõttu kraklesse läheb ja kooruma hakkab. Kaitsefiltrina

¹⁷⁴ POPART – *Preservation Of Plastic Artefacts in museum collections* – mitmeaastane erinevaid riike kaasav projekt, mille käigus teostati mitmete muuseumide plastikmuseaalide seisundihinnanguid ning püüti välja töötada toimivaid konserveerimismeetodeid. POPART-i konverentsist saab rohkem infot järgnevalt aadressilt: <http://popart-highlights.mnhn.fr/index.html>.

¹⁷⁵ Christjanson, *Elastomeerid ja kummid*, lk. 68.

toimiv värvikiht takistab valgusel, niiskusel ja hapnikul kummini jõudmist. Seega on äärmiselt oluline vananevaid kummiesemeid suure ettevaatlikkuse ja tähelepanuga kohelda.

Kui kummiesemed puutuvad kokku temperatuuriga, mis on lähedane nende deformatsiooni-temperatuurile, toimub materjali sulamine ning jahtumisel tahenemine. Esemed võivad deformeeruda äratundmatuseni ning päästa neid enam ei anna (joonis 5.17). Antud olukord tekib enamasti ettevaatamatusest. Ese võib olla paigutatud küttemehhanismile liiga lähedale või asetseda ka otsese päikesevalguse käes. Kuigi on kindlaks tehtud, et naturaalse kummi kõrgeim kasutustemperatuur on ~150 °C, alaneb see materjali vananemisel.

Vulkaniseeritud kõva kummi võib olla ümbritsevatele esemetele kahjulik. Vulkaniseerimisprotsessis kummile lisatud suur väävlkogus hakkab ajapikku materjalist gaasi näol eralduma. Vulkaniidi pind muutub äärmiselt happeliseks ning sellelt võib leida isegi väävelhappe tilgakesi. Vanemate vulkaniidist esemete (eelkõige tumedate) puhul võib nende pakkematerjalidel märgata kollakaid tilgakesi. Tegemist on antioksidantidega, mis on materjali pinnale kogunenud ning määrivad kokkupuutel teisi materjale.¹⁷⁶



Joonis 5.17: Tugeva termokahjustusega vulkaniseeritud kummist orav. (TMMM 2701, autori foto)

Vahtkumm

Polüuretaanvahule mõnevõrra sarnane materjal on vahtkumm, millest valmistatud mänguasju leidub Tartu Mänguasjamuuseumis suures koguses. Nõukogude Liidu ajal oli see populaarne materjal, millest valmistati pehmeid mänguasju ning mis tihti kaeti sünteetilise karvaga (karvastatud vahtkumm). Lisaks esteetilisele välimusele pakkus karvakiht materjalile kaitset UV-kiirguse eest. Niiviisi kaetud materjal säilib kontrollitud tingimustel tõesti üsna hästi. Muret tekitavad aga need kohad, kust karv on maha kulunud. Karvkate on plastiku pinnale liimitud. Adhesiivid aga vananevad ja kaotavad oma nakkuvuse. Ka mehaanilised kahjustused

¹⁷⁶ Williams, „Care of Plastics: Malignant Plastics“, <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn24/wn24-1/wn24-102.html>, vaadatud 13.02.14.

jätavad plastiku pinna karvatuks. UV-kiirgus kahjustab kaitseta materjal väga kiiresti. Kogu protsess on kumulatiivne, mis tähendab, et kahjustunud koht ümbert hakkab üha enam karvu pudenema (joonis 5.18).



Vahtkummist mänguasjade säilitamisel on väga sage mehaaniline kahjustus toepinna lõssivajumine. Lisaks on probleemiks fotooksidatsiooni ja termolüüsi tulemusel

hapraks muutunud kohtade lõhenemine, eriti nendes piirkondades, kus materjali on õhemalt kasutatud ning

Joonis 5.18: Karvkatte kulumine vahtkummilt. (TMMM 9188, autori foto)

sellele avaldub mehaaniline jõud (nt suurema kehaosa raskus). Nii võivad lõheneda mänguasja kael, käte ja jalgade ühenduskohad, kõrvade ja pea ühenduskohad jms. Tekkinud lõhe kaudu pääsevad materjali sisse kõik teised vananemistegurid.

Valmistati ka karvkatteta vahtkumm-mänguasju ning nende säilitamine on oluliselt probleemsem. Miski ei kaitse poorset materjali niiskuse, hapniku, valguse ja saasteainete eest. Toimub oksüdatsioon, mille tulemusel ese muutub rabedaks ja õrnaks. Tooni poolest oleksid kahjustunud piirkonnad justkui söestunud. Teise võimalusena toimub materjali hüdrolyüs, mille tulemusel muutub ese väga pehmeks ning selle rebimisvastupidavus alaneb märgatavalt.

Plastikust valmistatud esemete kahjustuste kiiremaks mõistmiseks on järgnevalt koostatud tabel, milles on klasside kaupa kirjeldatud plastikute levinumaid kahjustusi. Ühtlasi on juhitud tähelepanu nendele kahjustustele, mis on plastikeseme seisundihinnangu määramisel suurema kaaluga, kuna mõjutavad selle vananemiskiirust ja degradatsiooni teistest enam.

Tabel 5.1. Plastikute kahjustused

Mehaanilised kahjustused

- **Määrduvus** – Eset katab kas üleni või mingis ulatuses tolmu- või olmemustusekiht. Määrduvus võib avalduda ka mingisuguse aine plekina. Kõik plastikud määrduvad, eelkõige sidudes endaga tolmu elektrostaatiliste omaduste tõttu. Ilmselt määrduvad rohkem karedapinnalised ning õnarustega plastikesemed.

Joonisel 5.19 oleva eseme pind on väga vastuvõtlik mustusele ning pinna iseärasuse tõttu on selle eemaldamine keeruline. Joonisel 5.20 on näha materjali sisse imbunud mustust. Tegemist on pehmetele plastikutele omase vananemisega, mida nimetatakse külmvoolamiseks – plastik on sellele pidama jäänud mustuse enda alla matnud. Pöördumatu kahjustuse vältimiseks tuleb mustus võimalikult kiiresti pinnalt eemaldada.

Määrduvad pind seob endaga niiskust, mistõttu tuleks eseme konserveerimisel püüda leida sobivad meetodid mustuse eemaldamiseks ning selle ladestumise takistamiseks eseme pinnale. Määrduvuse hinnangu andmisel tuleb lähtuda sellest, kas mustust on võimalik eemaldada.



Joonis 5.19: Pindmine mustus. (Autori foto)



Joonis 5.20: PPVC-sse imbunud mustus. (TMMM 8691, autori foto)

- **Kriimustused, hõõrdumine** – Pisikeste kriimude grupid eseme pinnal või materjali kulumine. Põhjuseks on mehaanilised kahjustused. Selline pinnakahjustus võib esineda kõikidel plastikutüüpidel. Joonisel 5.21 on näha, et nuku parempoolne jalg on mehaaniliselt kahjustatud. Kulunud kohad on tunduvalt enam vananenud. Näha on värvikadu, rabedust ning seda, kuidas kahjustus kannatada saanud kohast levib.

Tegemist on tavalise kahjustusega, mis võib tekkida ka ettevaatlikust katsest eset mehaaniliselt puhastada. Kuna kriimude kaudu pääsevad materjali sisse kahjustustegurid, on oluline eseme käsitsemisel püüda seda võimalikult vähe kriimustada. Kriimude ja hõõrdumise hindamisel tuleb arvestada kriimude sügavust, ulatust ning neisse takerdunud mustuse hulka.



Joonis 5.21: Hõõrdumiskahjustus. (TMMM 7932, autori foto)

- **Mõranemine, lõhenemine** – Plastiku pindmistes kihtides, aga ka juba sügavamal esinevad kahjustused. Mõranemist võib soodustada materjali kehv tootmiskvaliteet, kus valmistamisprotsessi ajal on materjali sisse jäänud pinged, mis ei suuda kasutamisel avalduvale mehaanilisele jõule vastu panna. Joonisel 5.22 on näha polüetüleenist nuku kehal füüsilisest kahjustusest tekkinud mõra, mis jõu avaldamisel suureneb. Mõrade puhul tuleb jälgida, kas tegemist on mehaanilise või füüsikalise/keemilise kahjustusega. Kui eseme on rabe, kuiv, kokkutõmbunud ning sellel esineb rohkelt veel mõrasid, võib tegemist olla hüdrolyüüsi või oksüdatsiooni tulemusega. Kui mõra esineb heas seisukorras oleval esemel üksikuna või väikese grupina, on tõenäoline, et tegemist on mehaanilise kahjustusega, kus degradatsioon on lokaalne.



Joonis 5.22: Lõhenenud HDPE.
(Autori foto)

Mõranemine on kriimustustele sarnane olukord, kus kahjustuse kaudu pääsevad teised kahjustavad tegurid eseme sisse ning kogu vanemisprotsess saab kiirema hoo. Lõhenemise puhul on oluline keemiliste ja füüsikaliste vanemisprotsesside takistamine, kuna materjali struktuurimuutuse tagajärjel „kasvab“ kahjustus nii sügavusse kui pikkusesse. Võimaluse korral tuleb kaaluda kahjustuse konserveerimist.

- **Mõlgid ja deformatsioonid** – Mehaanilise jõu avaldamise, säilitustingimuste läbimõtlemituse või mehaanilise kahjustuse tulemusel tekkinud eseme kuju deformatsioon. Esineb pigem pehmematel plastikutel. Tuleb eristada keemiliselt ja füüsikalise toimunud kujumuutustest. Joonisel 5.23 jäädvustatud tselluloidist orava põsele on mehaanilise kahjustuse tagajärjel tekkinud mõlk. Tselluloidi puhul on mõlgid tavalised, kuna plastikulehe paksus on tihti õhuke ning see on küllalt pehme.



Joonis 5.23: Kahjustunud tselluloid. (TMMM 5022, autori foto)

Enamasti on deformatsioonid ja mõlgid pigem eseme esteetilist väljanägemist kahjustavad. Värskest deformeerunud pindasid on mõnikord võimalik taastada. Kui aga kahjustus on esemel juba pikemat aega, on materjal uue kujuga harjunud ning püüdes näiteks mõlki välja suruda, puruneb materjal suure tõenäosusega.

- **Puuduvad osad ja augud** – Ulatuslikud eseme füüsilised kahjustused, mille puhul on esemesse tekkinud lõõkaug või on mõni detail puudu. Joonisel 5.24 kujutatud tselluloidist luik on deformeerunud ning selles on märgatavad augud. Tegemist on õhukeseseinalise esemega.



Joonis 5.24: Tselluloidist luik.
(TMMM 9215, autori foto)

Kahjustuste tõsiduse määrab see, kas neid on võimalik taastada ning kas puuduvad osad on säilinud. Samuti on määrav aukude ulatus ning puuduvate osade asukoht. Kahjustuste tähtsus varieerub plastmassiti. Vahtkummist esemete puhul on kahjustus kõvade plastide omast tõsisem. Murdunud koht jääb avatuks kahjustusteguritele.

Füüsikalised ja keemilised kahjustused

- **Termokahjustused** – Järskude temperatuurikõikumiste tõttu tekkinud polümeerahelate struktuurimuutused, mis väljenduvad nii materjali sulamises kui tahkumises. Liiga kõrge temperatuuri korral toimub materjali pöördumatu deformatsioon. Juhul kui ese koosneb mitmest materjalist, võivad temperatuurilangusel kokkutõmbumise tõttu tekkida ühenduskohtades pinged, mille tulemuseks on purunemine.

Olenevalt kahjustuse ulatusest ning plastikust, võib tegu olla väga tõsise degradatsiooniga, mis võib muuta eseme algset välimust äratundmatuseni. Näiteks sulanud vulkaniseeritud kummist ese vajub lössi ning muutub sulamisjärgselt kõvaks (joonis 5.25). Algset vormi ei ole enam võimalik taastada.



Joonis 5.25: Vulkaniseeritud kummist nukk. (PE 669, autori foto)

- **Valguskahjustused** – UV-kiirguse põhjustatud polümeeri keemiliste sidemete katkemine (fotooksüdatsioon) ning pigmentide kahjustumine. Valguskahjustus on nähtav pigmendi luitumisena, eseme muutumisena kollakaks või värvi tumenemisena.

Joonisel 5.26 olev PPVC-st karu kannatab tugeva valguskahjustuse all. Värvus on muutunud heledast kreemitoonist kollaseks.

Plastikutüübist olenevalt võib valguskahjustus olla esteetiline probleem (nt PE, PS) või väga tõsine mehaanilisi, keemilisi ja füüsikalisi omadusi mõjutav kahjustus (nt PPVC, PU-vaht, vulkaniseeritud kummi ja vahtkumm).

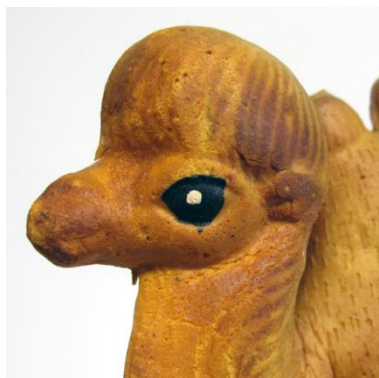


Joonis 5.26: PPVC-st karu. (TMMM 7207, autori foto)

- **Oksüdatsioon** – Hapniku ja UV-kiirguse tulemusel moodustunud osooni mõjul tekkinud kahjustus, mille tulemusena halvenevad plastiku mehaanilised ja füüsikalised omadused ning välimus. Toimub molekulaarsidemete ristsildamine. Plastik muutub jäigaks, hapraks ja kõvaks. Vähenevad tõmbetugevus ja paindumus ning tekib killustatus, värvus muutub kollakast järk-järgult pruuni toonini (mitte segamini ajada valguskahjustusega).

Joonisel 5.27 kujutatud vahtkummist kaamel on väga tugevalt oksüdeerunud. Selle värvus on kohati pruuniks tõmbunud ning materjal on tahenenud ja rabe.

Oksüdatsioon on plastikute vananemise juures üks tõsisem ja olulisem vananemisprotsess. Seda eelkõige seetõttu, et hapniku täielik eemaldamine plastikesemete säilituskeskkonnast on keeruline. Enamus plastiku on oksüdatsiooni suhtes väga haavatavad. Oksüdatsioonikahjustusega esemetele tuleb kindlasti tõsiselt tähelepanu pöörata ning paigutada need erisäilitustingimustele hapnikuvaeses keskkonnas.



Joonis 5.27: Vahtkummist kaamel. (TMMM 5932, autori foto)

- **Hüdrolüüs** – Polümeeri molekulsidemete katkemine vee mõjul happelises või aluselises keskkonnas. Kõige tundlikumad plastmassid on tselluloosestrid, polüestrid, polüuretaanid ja vahtplastid. Kõige vastupidavamad on polüolefiinid. Hüdrolüüsi tulemuseks on mehaaniliste omaduste halvenemine ning materjali vastupidavuse, elastsuse ja struktuuri nõrgenemine.

Joonisele 5.28 jäädvustatud vahtkummist mänguasi on rebimisele väga nõrga vastupanuga. Mänguasja pinda katavad korrosioonitäpid, mis on tõestuseks, et ese on viibinud mingil perioodil niiskes keskkonnas.



Foto 5.28: Vahtkummist part. (TMMM 11960, autori foto)

Hüdrolüüs on oksüdatsiooni kõrval teine peamine plastikute vananemisprotsess. Seda eelkõige põhjusel, et plastikuid peetakse veekindlateks materjalideks. Kahjustus võib tekkida näiteks niiske lapiga puhastamisest, olgu see siis otse eseme pinnalt või riulilt. Oluline on teada, et osad plastikud muutuvad aja jooksul tugevalt happelisteks ning neist eralduvad lenduvad happelised ühendid võivad juurespaiknevaid esemeid kahjustada.

- **Murenemine** - Materjali sidususe kadumine, mille tagajärjel ese muutub pudedaks. Murenemine on tingitud molekulsidemete katkemisest (hüdrolüüs), mille tulemusena polümeeri molekulmass alaneb. Selline vananemine puudutab eelkõige polümeervahtusid.

Joonisel 5.29 kujutatud vahtkummist jänese kõrvad on murenenud ning neisse on tekkinud rohkelt pragusid. Materjal on nõrk ega suuda enam painutustele vastu panna.



Joonis 5.29: Karvastatud vahtkummist jänese. (TMMM 6680, autori foto)

Murenemine on selge märk materjali keemilisest vananemisest ning tegemist on tõsise kahjustusega. Murenenud esemeid tuleb käsitseda äärmise hoolikusega ning need tuleb paigutada säilituskarpidesse toestatult ja eraldatult.

- **Kuldplastiku sündroom** – Metallipigmenti sisaldavate plastikute oksüdatsioon, mille tulemusena muutuvad eseme metalliläikelised plastikosad väga rabedaks ning purunevad mehaanilise jõu avaldamisel. Selline kahjustus võib tekkida ka veel pakendis olevale esemele. Polümeeris sisalduv metallipigment ei suuda ennast polümeeriahelaga piisavalt tugevalt siduda ning oksüdatsiooni tulemusel toimub materjalis struktuurimuutus. Esineb enamasti metalliläikelisel ABS-plastikul.

Joonisel 5.30 olev *Transformers®*'i mänguasi kannatab tugeva kuldplastiku sündroomi all.



Joonis 5.30: Kuldplastiku sündroom.

Harva esinev, kuid tõsine kahjustus, mille pidurdamine on keeruline.

- **Korrosioon** – Plastikeseemega ühenduses olevate metall-osade oksüdatsioon. Kuigi plastikud ise ei korrodeeru, siis nende loodud happeline või aluseline keskkond koos hapniku ja niiskusega võib siiski juuresolevaid metallmaterjale kahjustada. Kontaktkohas toimub plastiku värvi muutus roostetooni. Esineb kõikidel plastikutüüpidel. Ka tootmisel polümeerisegusse sattunud metallimolekulid võivad korrodeeruda, ilmnedes materjalil roostetäppidena (joonis 5.31).



Joonis 5.31: Vulkaniseeritud kummist mänguasi. (TMMM 6588, autori foto)

Korrosioon võib olla nii esteetiline kui ka väga tõsine kahjustus. Tõsine on see juhul, kui korrosioon katab plastiku (nt noateradelt sabadele liikuv korrosioon), millest eralduvad happelised ühendid (tselluloosestrid, PPVC). Sel juhul takistab moodustunud kiht hapetel materjalist väljapääsemist ning need hakkavad plastikut tugevalt seespoolselt kahjustama.

- **Pehmendite ja lisaainete migratsioon**

- „**Higistamine**“ – Esemepind muutub märjalt läikivaks ja kleepuvaks (joonis 5.32). Pinnale on migreerunud pehmendusained või teised vedelad lisaained, mis on polümeerahelatest eraldunud. Sellist vananemist esineb PPVC-l või tselluloosatsetaadil.



Joonis 5.32: PPVC-st kass. (TMMM 7004, autori foto)

Pehmendatud PVC puhul on tegemist ftalaatidega, mis on mürgised. Migreerunud eseme pinnale, muudvad need materjali kleepuvaks. Ese hakkab endaga siduma tolmu ja niiskust. Tegemist on väga olulise kahjustusprotsessiga, mida ei tohiks tähelepanuta jätta.

- **Kriidistumine** – Esemepinda katab piirkonniti või üleni valge puuderjas kiht, mis kergemal hõõrumisel on eemaldatav. Tegemist on pigmendi või täiteaine eraldumisega polümeerist. „Kriidikihti“ võib esineda kõikidel plastikutel. Kõige sagedamini leidub seda PPVC-l, mille puhul moodustab hallikas-valge kihi tootmiseks lisatud steariinhape.



Joonis 5.33: PPVC-st lepatriinu. (TMMM 4684, autori foto)

Joonisel 5.33 oleva PPVC-st valmistatud lepatriinu pinnal on selge näide kriidistumisest. Ei ole sugugi harv juhus, kui sellist kihti peetakse hallituseks või olmemustuseks. Tegemist on küllalt ohutu vananemisega, mille kahju on pigem esteetiline. Tekkinud kiht tuleks eemaldada.

- **Villikesed** – Lisaainete ja pehmendite migratsioonist tekkinud materjalisene või pindmine kahjustus. Villikesed võivad tekkida nii tootmisel kui ka kasutamisel. Sellist kahjustust võib esineda PPVC-l, epoksiididel või akrüülplastidel. Joonisel 5.34 on näha PPVC-st valmistatud mänguasjal tootmisel tekkinud villikesed. Joonisel 5.35 on jäädvustatud ajapikku pehmendite kao tõttu tekkinud pindmised villikesed.

Lisaks sellele, et villikesed on esteetiliselt ebaatraktiivsed, muudavad need plastiku pinna mehaaniliselt nõrgaks. Villikeste purunedes tekivad materjali sisse augud, mille kaudu pääsevad kahjustavad tegurid ja mustus plastiku sisse.



Joonis 5.34: Villikesed PPVC-l
(Autori foto)



Joonis 5.35: Villikesed PPVC-l.
(Autori foto)

- **Lahustikahjustus** – Lahustiga (ka veega) kokkupuutel tekkinud kahjustus plastiku pinnal või läbinisti materjalis. Lahustikahjustus võib tekkida ka esemele tähise kirjutamiseks kasutatud kirjutusvahendi koostises olevast lahustist (joonis 5.36). Mõnikord võib lahustikahjustus ilmeda alles mõne aja pärast.

Tegemist on tõsise pöördumatu kahjustusega.

Joonis 5.36: Lahustikahjustus PPVC-l. (TMMM 9168, autori foto)



- **Kokkutõmbumine** - Esemel mõõtmete vähenemine, kilede lokkimine. Enamasti on põhjuseks pehmeni või mõne teise lisaaine kadu eseme materjalist või polümeeriahelate ristsildamine. Kõik plastikud võivad oma mõõtmetelt kokku tõmbuda, kuid kõige ulatuslikumalt esineb kokkutõmbumist kummide ja elastomeeride puhul.

Joonisel 5.37 kujutatud kummist mänguasja seljal olev metallist ventiil on takistanud materjali kokkutõmbumist, mistõttu kumm on lõhenenud.

Kokkutõmbumine on tõsine pöördumatu plastikute kahjustus, mille tulemuseks on eseme deformatsioon, mõranemine ning lõhenemine.



Joonis 5.37: Vulkaniseeritud kummist mänguasja. (TMMM 4945, autori foto)

Bioloogilised kahjustused

- **Närimisjäljed** – Plastikeseemel leiduvad enamasti näriliste poolt tekitatud närimisjäljed. Esineb pigem pehmematel plastikeseemetel, mis ei ole kuigi suured. Väga tihti võib leida ka koerte poolt tekitatud (joonis 5.38), aga ka inimlapse närimisjälgi.

Tegemist on pöördumatute mehaaniliste kahjustustega.

Joonis 5.38: PE-st mänguasi.
(PE 793, autori foto)



- **Seenkahjustused** – Mikrosete elutegevuse tulemusena tekkinud kahjustused. Seenkahjustustele on vastuvõtlikumad looduslikud ja poolsünteetilised plastikud (galaliit, tselluloid). Täissünteetilistest plastikutest võib seenkahjustusi esineda nendel, mis sisaldavad suures koguses pehmenteid või mingisugust sobivat täiteainet.

Harva esinev kahjustus.

- **Putukate kahjustused** – Putukate elutegevuse tulemusena tekkinud kahjustused. Putukad võivad plastikeseeme õõnsustesse ja õnarustesse pesakohti luua ning nõnda plastiku vananemiseks soodsat mikrokliimat tekitada. Samuti toimub eseme kahjustumine putukate väljaheidete tõttu, mis on esteetiliselt ebaatraktiivsed ning ka keemiliselt plastikutele kahjulikud.

6. Plastikartefaktide seisundihinnangu süsteem

Kolleksionääri, aga eelkõige muuseumi varahoidja üks tähtsamaid ülesandeid on otsustada, kas võtta plastikese kogusse või mitte. Loomulikult tuleb iga eseme puhul enne arvele võtmist põhjalikult uurida selle olukorda. Traditsiooniliste materjalide¹⁷⁷ puhul ei saa väita, et otsust on lihtne langetada, kuid kindlasti on see plastikute puhul keerulisem. Plastikese seisundihinnangu andmiseks tuleb tutvuda eelmise peatüki lõppu koostatud plastikute kahjustuste tabeliga, mis aitab hindajal mõista, missuguseid kahjustusi teatud plastikutel esineda võib, kuidas neid ära tunda ja kuivõrd ohtliku kahjustusega on tegemist.

6.1. Plastikartefaktide seisundihinnangu koostamine

20. sajandi poolsünteetilised ja sünteetilised polümeerid on keemilised ühendid, mida mõjutavad erinevad kahjustavad tegurid. Seetõttu on iseenesestmõistetav, et plastikute kahjustused on vägagi eripalgelised, samuti erinevad need polümeeri tüübiti. Plastikese seisundihinnangu andmiseks tuleb lähtuda kõigist neljast kahjustusteklassist (mehaaniline, füüsikaline, keemiline ja bioloogiline). Kuna iga klassi alla kuulub hulk kahjustusi, millel on erinev olulisus plastikese säilivuse koha pealt, tuleb neile kõigile hinnangu andmisel eraldi läheneda. Seetõttu on need seisundihinnangu süsteemis eri lahtrites välja toodud.

Hinnang tuleks anda vahemikus 1 – 7. Sellise suhteliselt laia hinnanguvahemiku põhjuseks on üleminekufaasides degradatsioonistmed (3 – hea ja rahuldava vahepealne; 5 – rahuldava ja halva vahepealne). Need on olulised astmed, kuna plastikute vananemine toimub kiiresti ning eseme seisund võib heast rahuldavaks ning rahuldavast halvaks muutuda ka lausa paarikuise (või isegi kiiremini!) ebasobivas säilituskeskkonnas säilitamise korral.

Eseme koondhinde moodustamisel tuleb lähtuda plastikese kahjustuste tabelis (Tabel 5.1. lk 88 – 94) välja toodud erinevate kahjustuste tõsidusest. Näiteks polüetüleenist valmistatud puuduva käega ja kriimustatud nukku, mille keemiline olukord on stabiilne, ei saa hinnata

¹⁷⁷ Traditsiooniliste materjalide all on mõeldud looduslikke ja inimese poolt töödeldud materjale, millest on valmistatud tarbeesemeid juba mitmeid sajandeid või isegi aastatuhandeid. Siia alla kuuluvad näiteks puit, kangas, savi, klaas ja metall.

puhtalt füüsilise kahjustuse tõttu hindele 6 (halb). Plastikese juures on selle keemiline stabiilsus väga tähtis ning olgugi et nukul esineb puuduvaid osasid ja selle esteetiline välimus ei ole enam originaalilähedane, ei ole selle säilitamisega kuigi suuri probleeme. Küll aga, kui meil on näiteks PPVC-st valmistatud nukk, mis on lausa originaalpakendis, võib vaatamata esteetilisele ideaalvälimusele nuku hinnanguks tulla 6 (halb), kuna sellest on pehmenusained ja täiteained pinnale migreerunud. Sellise nuku keemiline olukord on halb ning see kaalub füüsilise olukorra üle. Nukule tuleb rakendada erisäilitustingimused ning selle peab teistest esemetest eraldama. Just selliste olukordade objektiivseks lahendamiseks on oluline teada plastikute erinevaid kahjustusi ning nende mõju eseme säilivusele.

Seisundihinnangud

- 1 – VÄGA HEA** – Ese on uus (või näib uuena) ilma mingisuguste kahjustusteta või väga vähesel tolmu- ja olmekahjustusega, mis on kergesti kuivpuhastamisel eemaldatav.
- 2 – HEA** – Esemel on vähesed pinnakahjustused (kriimud, täkked), pind on pisut määrdunud ning esineb kergelt valguskahjustust (kollaseks muutumine või pleekimine). Esemel keemiline ning füüsikaline olukord on stabiilne ning pinnamustust on võimalik eemaldada. Ese on säilinud täielikult ning ei ole purunenud.
- 3 – HEA-RAHULDAVA vahepealne** – Esemel esineb pinnakahjustusi (kriimud, täkked, mustus) ning kerge valguskahjustus (kollaseks muutumine või pleekimine). Võivad ka olla mõned mõrad, praod, lõhed või kergem materjali deformatsiooni (nt eseme toepinna lohkuvajumine). Keemiline ning füüsikaline olukord on stabiilne.
- 4 – RAHULDAV** – Esemel esineb tugevamaid pinnakahjustusi (kriimud, täkked, mustus) ning suuremas ulatuses valguskahjustus (kollaseks muutumine või pleekimine). Esineb purunenud kohti (mõrad, praod, lõhed) ning kergemat deformatsiooni. Esemel on algstaadiumis keemilised ja füüsikalised, harvemal juhul bioloogilised kahjustused.
- 5 – RAHULDAVA – HALVA vahepealne** – Esemel esineb tugevaid mehaanilisi kahjustusi ning valguskahjustus on juba ulatuslik. Esineb purunenud ning deformeerunud piirkondi ning mõningaid puuduvaid osasid. Samas on ese säilitanud veel oma algse vormi. Keemiline, füüsikaline ning harvemal juhul ka bioloogiline vananemine on juba ulatuslikumalt toimunud ja toimumas. Esemel vananemist on võimalik veel kontrollida ning aeglustada õigeid konserveerimismeetodeid rakendades.
- 6 – HALB** – Ese on tugevalt mehaaniliselt, keemiliselt, füüsikaliselt ja/või bioloogiliselt vananenud. Esineb tugev valguskahjustus. Pigment on kas tuhmunud või läbipaistvus vähenenud. Esemel kuju on deformeerunud ning mõned osad võivad olla kadunud.

Vananemist on võimalik veel mõningal määral kontrolli alla saada, kuid ese ei ole enam eksponaadina kõlbulik. Olenevalt plastikutüübist võib ese olla teistele museaalidele kahjulik, mistõttu tuleb see neist eraldada ning paigutada erisäilitamistingimustele.

7 – VÄGA HALB – Ese on väga tugevalt mehaaniliselt, keemiliselt, füüsikaliselt ja/või bioloogiliselt vananenud. Selle kuju on tugevalt deformeerunud ning mõned osad on kadunud. Vananemine on juba nii kaugemale arenenud, et selle säilitamisesmärk tuleks läbi mõelda. Vananemine toimub nüüd juba väga kiiresti ning selle pidurdamine on keeruline.

Järgnevalt on välja toodud plastikmuseaali korrektse seisundihinnangu koostamise struktuur:

1. **Polümeeri identifitseerimine** - Plastikese seisundihinnangu andmisel tuleb alustada materjali identifitseerimisest (vt ptk „Plastmasside identifitseerimine“). See on väga oluline punkt, kuna erinevad plastikud vananevad eri kiirusel ja erineva ulatusega, kusjuures mõned plastikud on n-ö „pahatahtlikud“¹⁷⁸ ning kahjustavad vananemisel ka teisi kõrvalolevaid esemeid, mistõttu tuleb neid eraldi säilitada.
2. **Eseme terviklikkus ja füüsiline olukord** – Esimese välise vaatluse käigus võib märgata kriimustusi, mõlgikesi, purunemisi ja puuduvaid osasid ehk siis eseme mehaanilisi kahjustusi ja eseme terviklikkuse puudulikkust. Kui juba palja silmaga on sellised probleemid märgatavad, on kahjustuse hinnang kõrge. Seejärel tuleks luubi abil otsida paljale silmale nähtamatuks jäänud mehaanilisi kahjustusi. Osade plastikute pinnale tekivad kriimud väga kiiresti, mistõttu tuleb ka kriimude otsimisel pöörata tähelepanu nende juurdetekkimise vältimisele.
3. **Füüsikalised ja keemilised kahjustused** (vt ptk „Füüsikalised kahjustused“ ja „Keemilised kahjustused“)
4. **Bioloogilised kahjustused** (vt ptk „Bioloogilised kahjustused“)
5. **Hinnang ja otsus** – Kui seisundihinnang jääb vahemikku 1 – 3, ei ole põhjust muretsemiseks. Eseme võib arvele võtta, stabiilsetele tingimustele hoidlasse paigutada või eksponaadina kasutada.

Kui seisundihinnanguks on 4 või 5 võib eseme vastu võtta. Küll aga peab sel juhul arvestama, et sellele tuleb pöörata järjepidevat tähelepanu ning kahjustustega on tarvis kiiremas korras tegeleda (kas siis praktilise konserveerimise või erisäilitustingimuste

¹⁷⁸ „Pahatahtlikeks plastikuteks“ (ing. k. *malignant plastics*) loetakse nitrotselluloosi, tselluloosatsetaati, pehmendatud PVC-d, polüuretaanvahtu ning mingil määral ka vulkaniseeritud looduslikku kummit.

näol). Mõne ebastabiilsema polümeeri puhul on tõenäoline, et ka eksponeerimisel tuleb kasutada eritingimusi ning ese ei tarvitsegi püsieksponaadiks sobida.

Kui eseme seisundihinnang on 6 või isegi 7, ei tasu eset kollektsiooni lisada. Tegemist on tugevalt vananenud artefaktiga, mille säilitamine on keeruline. Hindele 7 vastav ese võib olla kaotanud täielikult oma esteetilise ja algse väärtuse ning funktsiooni.

Hinnangukontroll

Ideaalis oleksid kõikide muuseumis arvel olevate plastikesemete detailsed seisundikirjeldused ja -hinnangud muuseumi andmebaasis kirjas. Praktika on aga näidanud, et tegelikult on esemete seisundikirjeldused antud üsnagi nappiselt ning suhteliselt väheütlevalt eseme vananemisastme asjus. On arusaadav, et ka mõne väikese muuseumi plastikesemete detailsete seisundikirjelduste koostamine võtab tohutu aja, kuid selline info on esemete säilitamise koha pealt väga oluline. See annab varahoidjale ülevaate kogusse kuuluvate esemete olukorrast ja mahust ning seeläbi on võimalik kindlaks teha, missugused esemed vajavad enam tähelepanu.

Vananevate plastikesemete seisundikontrolli tuleks teha iga kuue kuu järel, mõningal juhul isegi tihedamini. Samas on vananeva eseme igasugune liigutamine ja puudutamine sellele kahjulik – karbi liigutamisel võivad esemed üksteise vastu põrkuda, mõnelt pudenenud mustus võib teisi kriimustada, hooletuse korral võib ese käest pudeneda ja puruneda. Seega, mida vähem plastikesemeid käsitseda, seda parem. Seetõttu ongi oluline teada, kus ja missuguses olukorras asuvad kontrollimist vajavad museaalid. Lisaks saab seisundihinnangu järgi jaotada erinevas vananemisastmes ja sarnasest materjalist plastikesemed vastavatesse karpidesse, mis hoiab ära kontrollimist mittevajavate esemete üleliigse käsitlemise.

Ükski plastikese ei säili igavesti. Seetõttu on tõenäoline, et aja jooksul ja piisava tähelepanuta halveneb ka muuseumi hoidlas oleva plastikeseme seisund. Ühe näitena võib tuua Tartu Mänguasjamuuseumis arvel oleva kummist mänguasjadega täidetud karbi, kuhu on koondatud täielikult deformeerunud museaalid. Nende hulka kuuluv helesinine orav (vt joonis 5.17, lk 86) oli muuseumisse vastu võetud aastal 2000 seisundikirjeldusega „pisut kulunud“. 2013. aasta jaanuaris tehtud seisundihinnangukontrolli käigus ilmnis, et tegu on hinnangule 7 vastava täielikult deformeerunud ning museaalse väärtuse kaotanud mänguasjaga.

Koostatud seisundihinnangute puhul on paratamatu küsimus hinnangu usaldusväärsus. Museaale peaks loomulikult hindama inimene, kes on kursis vastavat materjali puudutavate kahjustustega ning oskab nende põhjal korrektselt hinnata degradatsiooniaset. Seega keegi, kellel on kogemused ja teadmised. On aga pisut sinisilmne loota, et igal muuseumil on sellised spetsialistid käepärast. Tihti hindab esemeid varahoidja, kelle silmaring ning materjalide tundmine peab olema üüratu. Antud hinnang on enamasti ühe inimese arvamus ning on tõenäoline, et ka spetsialist võib mõnikord eksida. Kõige parem lahendus oleks see, kui hinnanguid koostaks mitu inimest. Seejärel on võimalik tulemusi omavahel võrrelda ning usaldusväärsuse indeksi abil leida sobivaim hinnang. Samas võib mitme spetsialisti tasustamine muuseumile olla liialt kulukas ning praktikantide hinnangud ei tarvitse alati olla kõige korrektsemad. Seega ei jää hindajal üle muud, kui anda endast parim ning selle hõlbustamiseks on koostatud järgnev plastikmuseaalide seisundihinnangu ankeet.

6.2. Plastikmuseaalide seisundihinnangu ankeet

Plastikmuseaalide seisundihinnangu koostamise laiendatud ankeet on väga detailne ning on mõeldamatu, et suure plastikesemete kollektsiooniga muuseumis kõikide museaalide kohta sellised täidetud materjalid koostatakse (olguigi et need oleks väga kasulikud). Antud tabel on pigem teejuht ja õpetus, et koostatud hinnang tuleks võimalikult korrektne ning ükski oluline kahjustus märkamata ei jääks. Täidetud tabelist saadud informatsiooni ning hinnangut on lihtne üle kanda muuseumis kasutusel olevasse andmebaasi. Piisava praktika ja kogemuse korral on hinnangute koostajal juba erinevad plastikute kahjustused teada ning siis võib koostada seisundihinnangu ka ilma ankeedita.

Detailsele seisundihinnangu ankeedile koostas lisaks lihtsustatud variandi, kus kõik võimalikud kahjustused ei ole enam eraldi välja toodud. Eraldatud on ainult kolm kahjustuste põhiklassi: mehaanilised, füüsikalised-keemilised ning bioloogilised kahjustused. Iga klassi alla on väikeses kirjas lisatud meeldetuletuseks võimalikud kahjustused ning hinnangu teostajale on jäetud kahjustuste kirjeldamiseks erinevalt esimesest detailsest tabelist ainult üks lahter. Sarnaselt detailsele tabelile antakse esmalt hinnang erinevate kahjustuste kohta ning seejärel moodustatakse koondhinne. Lihtsustatud tabel on tunduvalt kompaktsem ja mõnevõrra lihtsamini üles ehitatud. Seda võib vaadelda ka kui edasijõudnutele mõelduna. Mõlemad tabelid leiab magistritöö lisadest.

7. Plastikartefaktide konserveerimine

Täiesti uusi plastikartefakte võetakse muuseumidesse vastu küllalt harva. Enamasti on säilitatavatel plastikesemetel elatud kas üks või lausa mitu elu, mis on endast maha jätnud erinevas ulatuses kahjustusi. Seega tuleb konserveatoritel, varahoidjatel, kollektsionääridel jt plastikesemete säilitamisega tegelevatel inimestel arvestada sellega, et lisaks kahjustuste vältimisele eseme säilitamisel, tuleb tegeleda ka olemasolevate kahjustuste kontrolli alla võtmisega ning edasise vananemise aeglustamisega. Plastik on nimelt materjal, mille puhul ei ole võimalik vananemist täielikult peatada. Lisaks tuleb meeles pidada, et ka täiesti uus originaalpakendis plastikese võib vananeda teistest materjalidest kiiremini.

Esmalt pöörasid kollektsionäärid, kunstiajaloolased ja konserveatorid modernsetele teostele vähe tähelepanu. Neid vaadeldi kui kunstnike katsetusi erinevate materjalide ja vahenditega. See aga muutus, kui taieseid hakati mõtlematult konserveerima, näiteks kattes algselt mati pinna läikiva lakiga või asendades originaalmaterjale käepärastega. Modernse kunsteose konserveerimise olulisteks osadeks said intervjuud autoritega ning nende soovitud kasutatud materjalide säilitamiseks. Muidugi ei tarvitse iga kunstnik olla teadlik erinevate materjalide omadustest, mistõttu mõnikord minnakse kergema vastupanu teed (mis võib olla ühtlasi ka kunstniku enda soov) ning palutakse autoril asendada taies uuega. Samas on kunstnikke, kelle jaoks materjalide vananemine on loomingulise teose osa. Ja siit ilmneb paradoks: muuseum, võttes vastu esemeid, annab oma sõna nende säilitamiseks igavesest ajast igavesvti. Seega tuleb konserveatoritel toime tulla kõikvõimalike vimkadega, mida kunstnikud on kokku seadnud, arvestamata seejuures tihtilugu materjalide omavahelise reageerimise või kiire lagunemisega. Loomulikult ei ole muuseumide kollektsioonidesse kuuluvad plastikutest esemed kõik ainulaadsed autoriteosed. Plastik on materjal, mis tegi võimalikuks piiranguteta masstoodangu ning paljud museaalid ongi kommertsteoste näited.

Plastikute konserveerimine kui eraldi konserveerimisharu on eksisteerinud vaid paarkümmend aastat (al 1990ndatest). Selle aja jooksul on välja töötatud mitmeid säilitusvõtteid, mis pidurdavad plastikesemete vananemist ning on lihtsasti rakendatavad igas muuseumis. Muidugi mõnede meetodite (nt külmutamine) kasutamiseks on tarvis spetsiaalseid ruume ning seadmeid. Teadmine, kuidas teatud konserveerimisvõtted esemele pikemas perspektiivis mõjuvad, on tegelikult küllalt puudulik. Konserveerimisteadlased on viimastel aastatel viinud

läbi hulga kiirendatud vanandamiskatseid ning projekte. Üks tähtsamaid plastikute vananemist ja konserveerimisvõimalusi uuriv projekt oli POPART (*Preservation Of Plastic Artefacts in museum collections*), mille raames 42 kuu jooksul (2008 oktoober – 2012 märts) viidi läbi arvukalt rahvusvahelisi uuringuid. Näiteks üks POPART-i uuring seisnes erinevate plastikute vananemises eri keskkondades, mille jaoks valmistati üheteistkümnest plastikust koosnev nukk nimega Polly. Polly saadeti kõikidele projektis osalenud muuseumidele ja asutustele, kus võidi seda oma soovi järgi säilitada. Osad hoidsid Pollyt akna peal, teised ekspositsioonis, osad hoopis külmkambris. Katse kestis kolm aastat ning iga nuku puhul märgiti üles selle algseisund ja seisundimuutused kolme aasta järel.¹⁷⁹ Samas on tegu vaid kolme aastaga. Muuseumis säilitatava artefakti jaoks ei ole see kuigi pikk aeg. Arvestada tuleb aastakümnetes ja seda infot, kuidas mingisugune konserveerimismeetod aastate jooksul esemele mõjub, näitab ainult aeg. Tuleb usaldada siia maani välja töötatud säilituspraktikaid ning nende järgi võimalikult hoolsalt toimida.

Plastikesemete säilitamise juures võib rääkida kahest lähenemisest: passiivne ja aktiivne konserveerimine. Kuigi aktiivne konserveerimine annab koheseid nähtavaid tulemusi, on tegelikult plastikute puhul tunduvalt olulisem passiivne ehk ennetav säilitamine. Ennetav konserveerimine on degradatsiooni pidurdamine õigete säilitamistingimuste abil. See on meetod, mida rakendatakse kogu plastikeseme „eluea“ jooksul ning mida ei lõpetata ka aktiivse konserveerimise juurde liikudes. Praktiseerides ennetavat konserveerimist järjepidevalt, pikendab see eseme kasutuskõlblikku perioodi ning vähendab aktiivse sekkumise vajadust. Aktiivne konserveerimine tähendab plastikesemete otsesest mehaanilist või keemilist mõjutamist, mille käigus näiteks puhastatakse ja tugevdatakse pindasid ning parandatakse murdunud kohti. Aktiivse konserveerimise puhul tuleb lähtuda põhimõttest „tee nii palju, kui vaja ja nii vähe, kui võimalik“.

Käesolev peatükk keskendub esmalt ennetavale konserveerimisele – sellele, milliseid säilitustingimusi tuleks plastikutele rakendada. Lisaks on eraldi välja toodud alapeatükk, mis annab ülevaate plastikmuseaalide korrektsest tähistamisest. Seejärel liigub peatükk edasi plastikute aktiivse konserveerimise juurde. Välja on toodud erinevad puhastamis-, konsolideerimis- ja parandamisvõimalused. Eraldi alapeatükk tutvustab materjale, mida tohib plastikutega kokkupuutes kasutada (nii säilitamisel, konserveerimisel kui transportimisel).

¹⁷⁹ Polly ja POPART-i kohta on võimalik rohkem infot saada järgnevalt veebiaadressilt: <http://popart-highlights.mnhn.fr/collection-survey/polly-a-reference-object/index.html>.

7.1 Ennetav konserveerimine

Enne igasuguse konserveerimistegevuse juurde asumist, tuleb määrata plastikeseme valmistamiseks kasutatud polümeeri tüüp (vt ptk 3. „Plastmasside identifitseerimine“). Sellest oleneb kogu edasine säilitamisprotsess. Jättes plastiku identifitseerimata, võivad tulemuseks olla pöördumatud kahjustused nii säilitatavale artefaktile kui ka teistele esemetele, mis sellega ühises säilituskarbis või vitriinis asuvad. On mitmeid plastikuid, millest eraldub happelisi gaase, mis hakkavad suletud keskkonnas kogunema ning sealseid esemeid kahjustama. Erinevatel plastikutel on ka suhteliselt erinev vananemiskiirus, mistõttu neid ühtekokku pannes võib tekkida olukord, kus hapraks muutunud ese saab kõvemalt ja paremini säilinud esemetelt lisakahjustusi (nt säilituskarbi liigutamisel).

7.1.1. Käsitsemine

Igasugune plastikesemete käitsemine mõjub neile mingis mõttes kahjulikult. Näiteks seisundihinnangute koostamise hetkel võib juhtuda, et ese pudeneb käest, puruneb kättevõtmisel, hindaja küüned või ehted tekitavad sellele kriimustusi, paljaste kätega puudutamine jätab pinnale rasvaseid sõrmejälgi jms. Seetõttu tuleks plastikesemeid puutuda nii vähe, kui võimalik. Vananenud plastikud võivad olla väga rabedad ja õrnad. Kummist ese võib muutuda kõvaks ning igasugune sellise museaali pigistamine kahjustab arvestataval määral materjali pinda – kummissse tekivad mõradevõrgud, mis seda katva värvikihi kraklesse rebivad ning mille tagajärjel hakkab värvikihist tükke eralduma. Vahtpolüuretaanist esemed võivad hüdrolyüüsi tulemusel ajapikku seevastu väga pehmeteks muutuda, mistõttu lasub neil oht, et eseme tõstmisel käsitseja näpud materjali sisse vajutusi tekitavad. Seega on plastikesemete käitsemisel tarvis delikaatset haaret ja tähelepanelikku hoiakut eseme suhtes. Mõte purunematust materjalist tuleb kõrvale heita!

Plastikesemete puutumisel tuleb kindlasti kanda kindaid. Nagu eelnevas lõigus mainitud, jätab paljad käed esemetele rasuseid sõrmejälgi, mis hakkavad enda külge mustust koguma ning kahjustavat mikrokliimat eseme pinnale tekitama. Valides kindaid, on parem kasutada latekskindaid, kuna kangast valmistatud sõrmikute küljest võib kleepuvaks muutunud plastikeseme pinnale kiudusid rebeneda. Samuti on kangast kindad küllalt libeda pinnaga, mistõttu võib käsitsetav siledapinnaline plastikeseme käest pudeneda. Kui aga eseme puudutamisel kinnaste kasutamine ununes või ei ole seda mingisugusel põhjusel võimalik

teha, siis tuleks kindlasti pärast eseme käsitlemist käed hoolikalt pesta. Mitmete plastikute pinnale migreeruvad vananedes inimese tervist kahjustavad ained. Ühtlasi võib pesemata kätega ühelt museaalilt teisele kahjulikke ühendeid transportida. Kindlasti tuleks eemaldada sõrmused ja käevõrud. Paljude plastikute pind on küllalt pehme, et seda ehetega kriimustada. Samamoodi võivad küüned esemele füüsilisi kahjustusi tekitada. Eseme tõstmisel tuleb kasutada mõlemat kätt ning mitte kunagi ei tohiks objekti tõsta selle sangadest, mis võivad aja jooksul ühenduskohtadest või tervenisti olla muutunud rabedaks ja seetõttu puruneda.¹⁸⁰

7.1.2. Säilitamine ja säilitustingimused

Valgus, hapnik, õhus leiduvad saasteained, niiskus, happed, alused, temperatuur – plastikute säilitamisel on ülimalt oluline kõiki loetletud tegureid kontrolli all hoida. Lisaks välise keskkonna mõjutustele toimuvad materjali kahjustavad reaktsioonid ka molekulaarstruktuurist tingituna esemesiseselt. Näiteks tselluloosatsetaadist valmistatud sullepea, mis on oma originaalkarbis stabiilsetel tingimustel ja pimedas, võib ajapikku ikkagi tõsielt degradeeruda.

Ühtseid kindlaid säilitamisreegleid ei saa plastikesemetele määrata. Tegemist on vägagi eripalgeliste materjalidega, mis olenevalt polümeerist, eseme suuruselt, kahjustustest ning seisundist vajavad erinevat lähenemist. Muuseumides on tihtilugu nõnda, et plastikud jaotatakse mitte materjali järgi, vaid teemast lähtuvalt ühtekokku teiste museaalidega. Nii satuvad plastiksused ühele riiulile puidust valmistatuga, PPVC-st kingad nahkkingadega, plastikpanged tsinkplekist anumatega. Vaatamata sellele, et plastikud ei talu enda läheduses puitu, nahka ega metalle, on varahoidjad ruumipuuduse tõttu sunnitud neid niiviisi paigutama.

7.1.2.1. Hoidla säilitustingimused

Temperatuur

Üldiselt on plastikute puhul mitmed säilitustingimused sarnased traditsiooniliste materjalide säilitamisega. Hoidla õhutemperatuur ei tohiks ületada toatemperatuuri (20 °C). Parem oleks muidugi jahedam ruum (< 15 °C), kuna siis toimuvad keemilised vananemisreaktsioonid (nt lisaainete migratsioon) tunduvalt aeglasemalt. PPVC ja tselluloosestrite puhul oleks sobiv

¹⁸⁰ Rivers, S.; Umney, N. *Conservation Of Furniture*. Oxford: Butterworth Heinemann, 2003, lk. 330.

< 10 °C säilitustemperatuur. Plastikute jaoks on järsud temperatuurikõikumised väga ohtlikud, mistõttu tuleb säilituskeskkonna temperatuuri stabiilsusele suurt tähelepanu pöörata.

Juhul kui hoidlaruumides on aknad, tuleb plastikesemed nendest eemale paigutada. Klaas ei hoiu stabiilset temperatuuri ning seetõttu võivad selle läheduses toimuda temperatuurikõikumised. Ühtlasi peab äärmiselt tähelepanelik olema radiaatorite ja kuumaveetorude suhtes. Kuigi hoidla temperatuur võib vastata normidele, ei tarvitse see küttekeha läheduses nõnda olla. Kindlasti ei tohiks hoidla ust avatuks jätta, kuna sel juhul toimub temperatuurikõikumine ning ukse lähedal olevad esemed võivad selle tulemusel kahjustuda.

Suhteline õhuniiskus

Suhtelise õhuniiskuse puhul on keskmine sobiv väärtus vahemikus 35 – 45%. Siinkohal tuleb arvestada, et tselluloosestrid ja eboniit on niiskusele tundlikud ning nende puhul võiks RH jääda 30 – 40% vahemikku. Kaseiin ja mõned nailonid on seevastu aga hüdrofiilsed ning nende säilitamisel võiks RH olla lausa üle 50%, aga kindlasti mitte üle 65%, kuna sel juhul tekib mikroorganismide elutegevuse oht. Liiga madala RH korral võib juhtuda, et materjal hakkab liigkuivuse tõttu kokku tõmbuma ning sellesse tekivad mõrad. Madala RH puhul on lisaohu see, et plastikud muutuvad elektrostaatilisteks ning seovad enda külge enam tolmu.¹⁸¹ Väga ohtlikud on järsud niiskustaseme kõikumised, eelkõige hüdrofiilsetele plastmassidele ja vettimavaid täiteaineid sisaldavatele plastikutele (nt fenool-formaldehüüd). Järsk pundumine ja seejärel kahanemine võivad põhjustada plastiku mõranemist.

Ruumide niiskustaset tuleb järjepidevalt kontrollida. Igas ruumis peaks olema üleliigset niiskust imavad seadmed. Niiskuse vähendamiseks säilituskarpidest ja vitriinidest kasutatakse tihti materjali, mida võib leida padjakestena kinganinades ning mida kasutatakse ka näiteks kassiliivana – silikageeli (ränidioksiid). Tegemist on väga hästi niiskust imava korduvkasutatava materjaliga, mida on plastikesemete juures ohutu kasutada. Ühtlasi on sellel omadus ka niiskust eraldada, mistõttu saab silikageeli abil luua soovitud mikrokliima, muretsemata liigkuivuse või -niiskuse pärast. Tuleb arvestada, et silikageel toimib vaid tihedalt suletud mikrokeskkonnas. Välise õhu juurdepääsul ei suuda geel ühtlast niiskustaset hoida. Mikrokliimat tuleb regulaarselt niiskuskontrolli ribade või hügromeetriga kontrollida.

¹⁸¹ **Rivers**, *Conservation Of Furniture*, lk. 330.

Silikageelide valikus on piimjalt läbipaistvaid, aga ka indikaatorpigmente sisaldavaid geele. Viimaseid on kaht sorti: ühed muutuvad toonilt sinisest roosaks, kui materjal enam niiskust imada ei suuda (umbes 40% RH juures), teised oraanžist tumeroheliseks. Oraanžid geelid on silikageelidest kõige ohutumad, kuna ei sisalda mürgiseid aineid ning on tolmuwab. Uuemad värvi mittemuutvad geelid suudavad toimida üle 40% RH korral. Indikaatorgeelid on oluliselt kallimad, kuid segades neid tavalise geeli hulka, täidavad need ikkagi oma ülesannet.

Geeli kogus sõltub eseme niiskuskartlikkusest, soovitatavast RH-st, RH erinevusest suletud keskkonnas ja seda ümbritsevas ruumis, mahuti suurusest ja õhupidavusest, toatemperatuuri stabiilsusest ja loodava mikrokliima vajalikust ajalisest kestvusest. Kasutades hübriidgeele, on enamasti koguseks ~0,8 – 1,6 kg geeli 0,1 m³ ruumi kohta. Kõige lihtsam moodus geeli paigutamiseks mikrokliimasse on seda puistata kõrgemate servadega kandikule. Selline kasutamine võib aga muutuda museaalile kahjulikuks, kuna silikageel ei tohi kindlasti esemetega otsekontakti sattuda. Geeli jaoks on toodetud erinevas suuruses kotte ja karpe. Neid võib muidugi ka ise teha. Kangas peaks olema valmistatud polüestrist, nailonist või polüpropeenist. Põhiline on, et materjal ei oleks kootud, vaid kokku pressitud, õhku läbilaskev ja mitte väga paks. Kangemaid kotte/pakke saab valmistada akrüüllehtedest, mida kasutatakse valguse hajutamiseks. Need tuleb esmalt saega õigesse suurusesse lõigata ning seejärel üks pool katta kangaga (liimides akrüüllimiga), kuna geelikristallid võivad vastasel juhul akrüüllehe augukestest läbi pudeneda. Geeli mahutitesse puistamist tuleb teha hästiventileeritud ruumis või värske õhu käes. Kindlasti peab kandma tolmu maski ja lateks- või nitriilkindaid. Tolm võib põhjustada hingamisteede vaegusi ja kahjustada kopse.¹⁸²

Enne geeli kasutamist tuleb see ettevalmistada, s.t geelile tuleb anda mingisugune kindel niiskuse hulk, kas siis kuivatamise või niisutamise teel. Geeli niiskussisaldust saab teada seda kaaludes või RH mõõtmise teel geeli lähiümbrusest. Kaalumisel tuleb võtta teatud kogus geeli, see kaaluda ning võrrelda geelide standardkaalude ja RH-ga. Kui tootja ei ole sellist lehte kaasa andnud, tuleb seda neilt küsida. Kalibreeritud hügromeetriga saab mõõta silikageeli niiskussisaldust võttes umbes pool tassi geeli ning asetades see ühes mõõteriistaga õhukindlasse mahutisse (nt purki). Kindlasti tuleb jälgida, et hügromeeter ei puutuks vastu geeli. Kahe tunni möödudes peaks mõõteriist andma tulemsue.

¹⁸² **Bennett**, Karen L. „Using Silica Gel in Microenvironments“. - *Conserv O Gram*, Washington DC: National Park Service Nr. 1/8, September 1999, PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/01-08.pdf>, vaadatud 17.02.14.

Silikageeli niiskustaseme alandamiseks on mitu võimalust. Seda võib otsese kuumusega mõjutada, asetades geel maksimaalselt 1,5 cm paksuse kihina kuumakindlale pannile neljaks tunniks 65 C° juures ahju. Temperatuur ja aeg võivad olenevalt geeli niiskussisaldusest, soovitatavast RH-st ja geelitüübist kõikuda. Kuivatamist võib läbi viia ka mikrolaineahjus, mille puhul tuleb 1,5 cm paksune geelikiht puistata klaasist pannile ning seda kuumutada temperatuuriastme „High“ juures paar minutit. Seejärel tuleb geeli mõni minut jahutada ning kuumutamist korrata, kuni materjali kuivamiseni. Aeglasem meetod on geeli niiskussisaldus paika saada seda hoidas teatud niiskusega ruumis, mis võib aga võtta mitmeid nädalaid. Selleks peab geeli asetama soovitud RH-ga ruumi. Niiskustaseme tõstmiseks tuleb geel ühtlaselt jaotada alusele, mis paigutatakse kilekotti või mõnesse muusse mahutisse. Seejärel tuleb mahutisse panna märg käsnn või veeanum. Otse geelile vett valada ei tohi.¹⁸³

Valgus

Plastikud ei talu valgust, eelkõige UV-kiirgust. Enamasti on muuseumide hoidlad pimedad akendeta ruumid, mistõttu märkimisväärseid valguskahjustusi ei tohiks hoidlatingimustes esemetele tekkida. Küll aga tuleb valida hoidla valgustitesse pirnid, mis ei kiirgaks eriti kahjustavat UV-kiirgust (päevavalguslambid). Plastikesemetele langev valgustase ei tohiks olla kõrgem kui 50 luksit. Juhul kui hoidlaruumides on aknad, tuleb need kinni katta. Soovitatav on kasutada UV-filterkilesid, mis kleebitakse akende sisekülgedele (on ka väliskülgedele mõeldud kilesid) kahjuliku kiirguse takistamiseks. Aknakiled on lamineeritud polüesterkiled, mille kihid on modifitseeritud materjalidega, mis imavad, hajutavad või peegeldavad UV-kiirgust ja nähtavat valgust. Enamasti täidavad nimetatud ülesandeid süsiniku- või metalliosakesed (alumiinium). Viimaste tõttu on sellised kiled välisküljel peegeldavad, mistõttu ei sobi need kasutamiseks ajaloolistel hoonetel. Metalliosakesteta aknakiled sisaldavad orgaanilisi UV-kiirgust neelavaid molekule, mis eraldavad reaktsiooni käigus soojust. Pikaajalise toimimise tulemusena võib seespoolt eralduv soojus ja akna külm väliskülge klaasi sisse mõrasid tekitada. Kaitsekile toime kestab 10 – 15 aastat.¹⁸⁴

¹⁸³ **Bennett**, Karen L. „Using Silica Gel in Microenvironments“. - *Conserv O Gram*, Washington DC: National Park Service Nr. 1/8, September 1999, PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/01-08.pdf>, vaadatud 17.02.14.

¹⁸⁴ **Springer**, Samantha. „UV and Visible Light Filtering Window Films“. – *WAAC Newsletter*, New York: Western Association for Art Conservation, Vol. 30 Nr. 2, May 2008, <http://cool.conservationus.org/waac/wn/wn30/wn30-2/wn30-204.pdf>, vaadatud 17.02.14.

Ventilatsioon

Hoidlaruumidesse võivad saasteained sattuda mitmel viisil. Õuest sisselastav õhk sisaldab hulganisti ühendeid, millest mitmed on kahjulikud. Mürgiseid gaase võivad moodustada hoidla sisustus, viimistlusvahendid või konstruktsioonmaterjalid. Ka museaalid saastavad vananedes õhku. Plastikuid valmistatakse enamasti fosiilsetest kütustest, millel on väga suured molekulid. Pikapeale need lagunevad väiksemateks molekulideks, mis reageerivad õhus leiduva niiskusega, moondues hapeteks ja alkoholideks. Plastikutest eralduvad gaasiühendid eriti kiiresti kõrge temperatuuri ja niiskuse korral. Lisahoogu annavad oksüdatsioon ja hüdrolyüs. Hoidla ja näituseruumi saasteainete hulka tuleb kindlate ajavahemike järel kontrollida. Väga täpse tulemuse annavad analüütilised meetodid, mille puhul võetakse ruumi õhust mehaanilise pumbaga näidis ning uuritakse seda analüütiliste masinate abil (FTIR, MALDI, HPLC). Kasutatakse ka Dräger-torude (*Draegar tubes*) tüüpi passiivseid mõõtmisi, kus saasteainete kogust näitavad tooni muutvad indikaatormaterjalid.¹⁸⁵

Kui plastikesse eritab spetsiifilist lõhna, võib olla kindel, et sellest eralduvad gaasilised ühendid. ABS-i termolagunemisega seostatakse 92 lenduva ohtliku keemilise ühendi eraldumist, polüstüreeni puhul on ühendite arvuks lausa 190. Polüuretaanist eraldub toatemperatuuril orgaanilisi lämmastikühendeid, vulkaniidist väävlit sisaldavaid ühendeid. Tselluloosatsetaadist eralduvad äädik- ja väävelhape, nitrotselluloosist lämmastikhape ning PPVC-st ftalaadid ja vesinikkloriid.¹⁸⁶ Kaitsmaks museaalidega tegelevaid inimesi, aga ka museaale, on oluline hoidlaruumide piisav ventilatsioon. Ventilatsiooni puudulikkusest annavad märku PPVC pinnale tekkinud pehmenusaine tilgakesed. Parandades ventilatsiooni, peaks pehmendi migreerumine pinnale aeglustuma. Samas ei pruugi see probleemi lahendada. Piirkondadesse, mis ei saa ventileeritud õhku kätte, tekivad ikkagi pehmendi tilgad.

Juhul kui lenduvaid ühendeid eritavad museaalid on pakitud õhutihedalt ning pakendisse ei ole lisatud absorbente, tuleb pöörata suurt tähelepanu pakendisisesele õhuvahetusele. Vastasel juhul võivad näiteks tselluloosestrestest valmistatud museaalid neist eralduvate hapete poolt tugevalt kahjustatud saada. Näiteks võib tuua Eesti Spordimuseumi kollektsiooni kuulunud

¹⁸⁵ **Hatchfield**, P. „Pollutants in the Museum Environment: Practical Strategies for Problem Solving in Design, Exhibition and Storage“. – *WAAC Newsletter*, New York: Western Association for Art Conservation, Vol. 26, Nr.2, May 2004, PDF: <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn26/wn26-2/wn26-204.pdf>, vaadatud 17.02.14.

¹⁸⁶ **Tsang**, Jai-sun. „Safe Handling of Plastics in a Museum Environment“. – *WAAC Newsletter*, New York: Western Association for Art Conservation, Vol. 32, Nr. 2, May 2010, PDF: <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn32/wn32-2/wn32-204.pdf>, vaadatud 18.02.14.

nitrotselluloosist lauatenise pallid, mida eksponeeriti pakituna nende originaalkotti (polüetüleen). Kuna kotis õhuvahetust ei toimunud, kogunes sinna juba paari aastaga märkimisväärne kogus lämmastikhapet ning inventuuri käigus selgus, et pallidest oli järel vaid must pudi. Seetõttu tuleks säilituskarpides ja -kottides tagada õhuvahetus, avades näiteks kotisuu.

Järgnevalt on mõnede plastikute hoidla säilitustingimuste kohta koostatud ülevaatlik tabel:

Plastik	Temperatuur (°C)	RH (%)	Valgus (lux)	Lisamärkused
Tselluloosestrid	< 20	30 – 40%	50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hästi ventileeritud ruum ▪ Kuumakehadest eemal ▪ Kasutada gaasiabsorbente
Kaseiin, polüamiid	< 20	45 – 60%	50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mikroorganismide tekkekoht
Pehmendatud PVC	< 20	30 – 45%	50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Säilitada klaas- või polüestermahutis ▪ Kasutada hapnikuimureid ▪ Kasutada toeseid
Vahtpolüuretaan	< 20	30 – 40%	50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kasutada toeseid ▪ Kasutada hapnikuimureid
Kumm	< 20	30 – 45%	50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kuumakehadest ja soojusenergiat kiirgavatest valgustitest eemal

7.1.2.2. Museaalide paigutus hoidlates

Esimeseks reegliks on, et esemed ja nende originaalpakendid tuleb säilitada eraldi. Põhjuseks on võimalus, et pakend ja ese hakkavad vananedes üksteist kahjustama. Näiteks vanemad pappkarbid muutuvad ajapikku happelisteks ning võivad seesolevaid plastikuks kahjustada. Samas eritavad mitmed plastikud happelisi ühendeid ja kahjustavad seega omakorda pakendit. Kilepakendis plastikud kannatavad õhuvahetuse puudulikkuse tõttu ning auke selle parandamiseks originaalpakendisse lõikuda ei tasuks. Pakend võib olla ka mingisugusest muust materjalist, millele kehtivad teised säilitustingimused, näiteks tekstiilist või nahast. Teine reegel puudutab näiteks riietatud plastiknukke. Kindlasti tuleb rõivad säilitamisel eraldi pakendada. Vastasel juhul võivad need plastiku külge kleepuda, muutuda happeliseks, määrduda pehmed eraldumisel esemest või siis ise plastikut kahjustada, tekitades pehme materjali sisse kiumustri jäljendeid ning pärssides plastikutest erituvate gaaside väljapääsu.

¹⁸⁷ Pasiuk, J. „Care and Identification of Objects made from Plastic.“ - *Conserv O Gram*. Washington DC: National Park Service, No. 8/4, September 2010.

Suuremõdulisi plastikesemeid on hea säilitata ratastel riiulitel, mis muudavad nende liigutamise paremaks nii inimesele kui museaalidele. Riiulid ei tohiks olla puidust (kui on, siis peavad need kindlasti olema kaetud sobivate katetega) ning otsest kontakti metallriiulitega tuleb vältida. Ühtlasi peab museaalid paigutama inertsest materjalist karpidesse/ümbristesse, et takistada tolmu ladestumist esemetele ning võimalikku valguskahjustust. Säilituskarbid kaitsevad esemeid mingil määral ka järskude keskkonnatingimuste muutuste vastu.

Enamasti kasutavad muuseumid spetsiaalseid pappkarpe. Selliste karpide kasutamisel on muidugi teatavad miinused. Esiteks on need läbipaistmatud. Hea lähenemine on kleepida karpide peale seesolevatest esemetest pildid, mis hoiavad ära asjatu karpide liigutamise. Teiseks on karpides tekkiv suletud keskkond kahe teraga mõõk – pakkudes teatud määral kaitset väliste keskkonnategurite eest, tekib selle sisse mikrokliima, mis võib plastikute vananemise tõttu muutuda happeliseks. Selle vältimiseks tuleb kasutada gaasikogujaid (*gas scavengers*), mis reageerivad kinnises keskkonnas kuhjuvate keemiliste ühendite ja happeliste gaasidega. Suuremõdulisi plastikesemeid võib katta *Tyvek®* kangastega (polüesterkangas), mis on õhku läbilaskvad ning takistavad tolmul ja valgusel esemele ligipääsu. Loomulikult peab hoidlaruum sel juhul olema hästi ventileeritud. Mõnes olukorras võib säilitamiseks valida ka hapnikku mitteläbilaskvad vaakumkotid (nt *Cryovac BDF-200*). Kasutamisel tuleks enne sulgemist koti sisu töödelda kuiva lämmastikuga, eemaldamaks kotti jääva hapniku.¹⁸⁸

Ühte karpi ei tohiks olla kuhjatud liiga palju museaale – 2/3 karbi mahust võiks jääda vabaks. Samuti ei tohiks karpe üksteise otsa laduda. Selline olukord nõuab asjatut liigutamist, kui tahetakse alumises karbis olevale esemele ligi pääseda. Loomulikult on hoidlate ühine mure ruumipuudus, mistõttu tuleb paratamatult säilituskarpe siiski üksteise peale asetada. Sel juhul ei tasuks nende kuhjamisega liiale minna, vaid jääda paari-kolmekihilise virna juures pidama.

Oluline on jälgida, missugused esemed paigutatakse ühtekokku. Ideaalis oleksid kõik plastikutüübid paigutatud eraldi. Teemade järgi museaalide jaotamine on plastikartefakti seisukohast kehv variant. Kindlasti ei tohiks plastik olla paigutatud metalli (eriti hõbeda ja vase), puidu või pargitud naha kõrvale. Kui ese koosneb omavahel reageerivatest materjalidest (nt tselluloosatsetaadist käepidemega nuga või kaseiinpandlaga nahkrihm), tuleb need üksteisest vahematerjalidega eraldada. Metallosad tuleks katta polüestrist kilega (nt *Mylar®*), kusjuures plastik peab jääma avatuks.

¹⁸⁸ **Quye**, *Plastics. Collecting and Conserving*, lk. 106.

7.1.2.3. Happelisi lenduvaid ühendeid eraldavate museaalide kindlakstegemine

Säilitamisel on nii eseme seisukohalt kui ka seda ümbritsevate museaalide jaoks oluline kindlaks teha, kas plastik on gaasieritav või mitte. Sel juhul saab kasutusele võtta kindlad säilitamismeetmed, olgu nendeks siis ventilatsioonisüsteemide muutmine, absorbentide kasutamine või ohtlike esemete eraldamine teistest museaalidest.

Probleemi avastamiseks kasutatakse kaht võimalust: A-D ribad või metallkuppe. A-D ribad (*acid detecting strips*) on indikaatorpaberiribad, mis muudavad lenduva happega reageerimisel värvuselt sinisest kollaseks. Mida kollasem on värvus ning mida kiiremini riba värvi muudab, seda enam esineb lenduvaid happeühendeid. A-D ribad töötati välja tselluloosatsetaafilmide jaoks, kuid peale äädikhappe suudavad need näidata ka teiste happeliste ühendite olemasolu. Ese tuleb kindlasti eraldada, vastasel juhul võib tulemus olla mõne teise objekti happelisuse kohta. Oluline on meeles pidada, et A-D ribad on mõeldud lühiajaliseks kasutamiseks. Seetõttu tuleb neid täpsete andmete saamiseks perioodiliselt vahetada.¹⁸⁹

Mõõtmiseks paigutatakse plastikese koos A-D ribaga suletud anumasse (nt polüetüleenkarpi), kusjuures riba ei tohi esemega otseses kontaktis olla. 24h pärast võib riba kontrollida. Kui see on muutunud roheliseks või kollaseks, on teada, et ese eritab jõudsalt happeid. Jälgimist võiks teostada vähemalt nädal, kuna hapete eritamine võib võtta mõnede esemete puhul rohkem aega. Seejärel tuleb reageerinud riba võrrelda selle originaaltooniga ning tulemus jäädvustada. Andmed peab üles märkima koheselt. Kui katseriba on avatud keskkonnas, muutub selle värvus kiiresti ning tulemus ei ole enam korrektne. A-D ribad on mõeldud ühekordseks kasutamiseks. Detektorribad on valgustundlikud, mistõttu tuleb neid säilitada pimedas. Järgmist katset ei tohi samas anumasse teha, kuna selle seintesse on teatud määral happeid imunud.¹⁹⁰

Lisaks A-D ribale on võimalik erituvate hapete olemasolu tuvastada metallkupongide abil, kuna metallid korrodeeruvad hapete juuresolul. Selline meetod on hea pikemaajalisel katsetusel, sest metalliosad reageerivad hapetega aeglasemini kui A-D ribad. Ühtlasi võib neid kasutada eset isoleerimata. Hõbe, tina ja vask on enamlevinud ja head metallid testi läbi viimiseks.¹⁹¹

¹⁸⁹ Goughlin, M. „Monitoring Acidic Off-Gassing of Plastics.“ - *Conserv O Gram*. Washington DC: National Park Service, No. 8/5, September 2011. PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoegram/08-05.pdf>, vaadatud 01.12.13.

¹⁹⁰ Samas.

¹⁹¹ Samas.

Mõõtmiseks tuleb valitud metallileht lõigata sobivasse suurusesse, kusjuures testide läbi- viimiseks kasutatud suurus peaks alati olema sama. Seejärel tuleb metall-leht hoolikalt puhastada. Vaske ja hõbedat võib poleerida ringjate liigutustega metallipoleeriga ja vilditükiga. Kindlasti peab kasutama kindlaid ja kaitseprille. Tinaplaate ei tohi poleerida. Kui poleerpasta on plaatide pindadelt eemaldatud, tuleb metalli pind destilleeritud veega üle loputada. Metallilehtede puhastamiseks võib kasutada ka atsetooni, kasutades vatitikke või -patju. Puhastusjärgselt ei tohi plaati enam sõrmedega puudutada. Liigutamiseks ning museaali kõrvale asetamiseks tuleb kasutada pintsette. Esmalt jälgitakse katse protsessi iga- nädalaselt. Kui muutusi ei ole märgata, võib jälgida protsessi kulgu kord kuus. Reageerinud metallileht tuleb jäädvustada ja dokumenteerida. Reageerinud hõbeplaati katab tumehall kiht, tina muutub hallikas-valgeks ning vask rohekaks, pruuniks või mustaks.¹⁹²

Kui testist ilmneb, et museaalist eralduvad lenduvad happed, tuleb ese tingimata teistest museaalidest eraldada ning paigutada hästiventileeritud ruumi. Esemee säilituskarpi tuleks võimaluse korral lisada happeid koguvaid ühendeid.

7.1.2.4. Kahjustavate ühendite kogujad

Oksüdatsioon, korrosioon, lisaainete migreerumine – kõik vajavad toimumiseks hapnikku. Plastikmuseaali paremaks säilimiseks tuleb hapnikutase võimalikult madalale viia. Selleks võib kasutada raudkarbonaati sisaldavaid pakikesi (nt *Ageless*®). Teadupoolest oksüdeerub raud hapniku ja niiskuse toimel ning muutub raud(III)oksiidiks ehk roosteks. Seda kinnitavad ka mõnda aega kasutuses olevate padjakeste sisse tekkivad rauaklombid. Samas tuleb meeles pidada, et *Ageless*® padjakesi ei tohi kasutada niiskustundlike ega ka aktiivselt vananevate plastikute puhul. Nimelt eraldub raua oksüdatsioonireaktsiooni tulemusena teatav kogus vett ja soojusenergiat.¹⁹³

Teiseks tähtsaks kahjustajaks on esemetest eralduvad lenduvad ühendid. Nende sidumiseks on võimalik kasutada mitmeid vahendeid. Aktiveeritud sütt (tekstiilmaterjalina, lehtedena või graanulitena) kasutatakse tselluloosestrite vananemise aeglustamiseks. Süsi seob endaga mittepolaarseid molekule nagu näiteks lenduvad orgaanilised happed ja alkoholid. Kuna nitro- tselluloosist eraldub vananedes lämmastikhape, on mõistlik sellised esemed pakkida söepaberi

¹⁹² **Goughlin**, „Monitoring Acidic Off-Gassing of Plastics.“, PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/08-05.pdf>, vaadatud 01.12.13.

¹⁹³ **Quye**, *Plastics. Collecting and Conserving*, lk. 107.

sisse. Kui söekanga leht kinnitada ruumi ventileeriva süsteemi filtri, seob see endaga 90% sealses keskkonnas lenduvast lämmastikhapest ning 95% lenduvast vääveldioksiidist. Söelehti ja –kangaid tuleks korrapäraselt ja sageli vahetada, kuna antud materjali puhul ei ole märgata, millal selle aktiivsus vähenenud on. Üks moodus aktiveeritud söe aktiivsuse vähenemise märkamiseks on lisaks söepurukotikesele lisada plastikeseme (eelkõige tselluloosatsetaadist) juurde lupja (kaltsiumoksiidi ja naatriumhüdroksiidi ühend) sisaldavad kotikesed. Lubi imab endasse süsinikdioksiidi, kuid mitte nii kiiresti kui aktiveeritud süsi. Seega esmalt töötab imajana süsi. Kui aga söe imamisvõime on ära kasutatud, tuleb mängu lubi, mis muudab süsinikdioksiidi imades oma valkja tooni roosakaslillaks. See toimib kui märguandja, et aktiveeritud süsi vajab väljavahetamist.¹⁹⁴ PVC juurde võib asetada anuma, kuhu on kallatud naatriumkarbonaati ehk söögisoodat, mis seob endaga PVC-st eralduvat vesinikkloriidi. Lämmastikhappe sidumiseks kasutatakse ka tseoliiti, mis on väga suure pooride hulgaga tehiskilumosiilikaat. Esmalt kasutati seda 1994. aastal nitrotselluloosist filminegatiivide säilitamiseks. Lisaks happetele seob aine endaga ka veemolekule, vähendades nõnda hüdrolyüsi tekkevõimalust.¹⁹⁵

7.1.2.5. Plastikmuseaalide külmutamine

Esemete külmutamise all mõistetakse nende paigutamist keskkonda, mille temperatuur jääb alla 12 °C, ulatudes kuni -18 °C-ni. Juba 10 °C säilituskeskkond aeglustab hüdrolyüsi, oksüdatsiooni ja lisaainete pinnale migreerumist, näiteks DEHP ja HCl eraldumist PPVC-st ning happeliste ühendite eraldumist tselluloosestritest.¹⁹⁶

Enne külmiku soetamist tuleb läbi mõelda, missuguseid esemeid seal säilitama hakatakse ning kui tihti soovitakse neile ligipääsu. Valmistatakse küll kalleid spetsiaalseid külmikuid, kuid plastikesemete säilitamiseks on sobivad ka tavalised kodudes kasutatavad külmkapid. Kirstu põhimõttel pealtavatav külmkapp mahutab suuremaid objekte. Samas on sellise külmiku probleemiks see, et esemed tuleb üksteise otsa kuhjata. Seega peavad alumised museaalid taluma enda peal lisaraskust ning nende kättesaamiseks tuleb pealmisi esemeid liigutada. Mõnevõrra parem lahendus on tavaline kapipõhimõttel külmik, kus on sees mitu riiulit, mis võtavad esemete raskuse enda kanda. Spetsiaalsed esemete säilitamiseks mõeldud külmkapid

¹⁹⁴ **Quye**, *Plastics. Collecting and Conserving*, lk. 107.

¹⁹⁵ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 196 – 197.

¹⁹⁶ **Voellinger**, Theresa A; **Wagner**, Sarah S. „Cold Storage for Photograph Collections – An Overview“ – *Conserv-O-gram*, August 2009, Nr. 14/10.

on suuremad ja mahutavad rohkem. Samas on sellise ühe suure külmiku kasutamine riskantsem kui mitme väiksema külmikapi. Juhul kui peaks tekkima mingisugune süsteemirike, on enam museaale ohus. Valitud külmik peaks olema *frost-free* ja *self-defrosting* ehk reguleerima ise oma temperatuuri nii, et sinna ei tekiks kondensvee külmumist. Külmikute puhul tuleb arvestada, et need toodavad soojust. Seega peab alati kontrollima, et nendest eralduva soojuste hulk oleks võimalikult väike. See on oluline, kui külmik paigutatakse hoidlaruumi. Eralduv soojus võib tõsta ruumi üldist temperatuuri ning mõjuda kahjulikult selle lähedal asuvatele esemetele.¹⁹⁷

Külmutamist ei tohi kasutada esemete puhul, mis on valmistatud mitmest erinevast plastikust. Iga polümeer tõmbub temperatuuri langemisel erinevalt kokku. Seetõttu tekivad materjalides pinged ning toatemperatuuril uuesti normaalmõõtmete taastades võivad pingete tõttu tekkida mõrad ja tõsisemad struktuursed kahjustused. Külmutamise juures on lisaohudeks niiskus ja kondensatsioon. Osad plastikud (nt kaseiin, polüamiidid, tselluloosatsetaat) on hüdrofiilsed, sidudes endaga vee molekulide ja tekitades soodsad tingimused hüdrofüüsiks.

Külmutamisel tuleb suurt tähelepanu pöörata esemete pakkimisele. Pakend kaitseb eset järsu temperatuurimuutuse tõttu tekkiva kondensvee eest. Samuti on pakend oluline säilitamiseks eseme ümber kindlat mikrokliimat, kuna külmikus võib RH järsult kõikuda (tunni aja vältel võib RH külmikus tõusta 65%-lt 85%-ni). Ese tuleb ümbristada topeltkilekottidega. Sisemine kott peab olema gaase mitteläbilaskev. Sellised kotid on valmistatud mitmekihiliselt polüpropeenist või polüetüleenist, mis on kaetud õhukese metall-lehe või metalli osakesi sisaldava dispersiooniga, näiteks *Marvelseal*®, *Dri-Shield*® ja *Static Shield*®. Viimane nimetatust on eelistatavam, kuna see on piisavalt läbipaistev, et näha, mis pakendisse täpsemalt paigutatud on. Välimiseks kotiks sobib paksemast polüetüleenikilest valmistatud nn mini-grip kott, mis kaitseb eset kondensvee eest, kui see külmikust toatemperatuurile tõstetakse. Samuti pakub väliskott kaitset seesmisele võimalike tekkivate kriimude ja lõhede eest, kui esemed külmikus üksteise vastu nihkuvad. Koti grip-osa tuleb teibiga igaks juhuks üle sulgeda.¹⁹⁸

Mida vähem pakendisse jääb õhku, seda parem, kuna jahutamisel kondenseerub õhus olev niiskus välja veena. Kottidesse jäänud õhk teeb ka pakendite mahu suuremaks. Seetõttu

¹⁹⁷ **Voellinger**, Theresa A; **Wagner**, Sarah S. „Cold Storage for Photograph Collections – Using Individual Freezer Units“ – *Conserv-O-gram*, August 2009, Nr. 14/11.

¹⁹⁸ **Voellinger**, Theresa A; **Wagner**, Sarah S. „Cold Storage for Photograph Collections – Vapor-Proof Packaging“ – *Conserv O Gram*, Washington DC: National Park Service, August 2009, Nr. 14/11.

peaksid kotid, millesse ese paigutatakse, olema võimalikult parajad. Esemete pakendamisel tuleb jälgida, et ruum, kus seda läbi viiakse, oleks küllalt madala suhtelise õhuniiskusega (kindlasti alla 50%). Sellest, kus esemed külmikus asuvad, oleks hea teha kaart. Niiviisi vähendatakse külmiku ukse lahtihoidmisaega, teades täpselt, kus otsitav ese asub.¹⁹⁹

Külmutades materjale, mille klaasiirdetemperatuur on madalam toatemperatuurist, tuleb arvestada, et neis tekivad tahenedes tugevad pinged ning need on külmana haprad. Sellised materjalid on näiteks PPVC, polüolefiinid ja vulkaniseeritud kummi. Külmutamine on ohutu õhukese seinapaksusega nitrotselluloosi, polüstüreeni ning polüestrite puhul.²⁰⁰

Külmutamismeetod on mõeldud eelkõige nendele esemetele, mille seisund on kriitiline ning mida pikema ajavahemiku jooksul kasutada tarvis ei ole. Järsud temperatuurimuutused eseme edasi-tagasi tõstmisel külmikust toatemperatuurile ning materjali võimalikud kahjustused selle rabeledas olekus, on liialt suur risk, et protseduuri läbi viia esemetega, mida kasutatakse mõnekuuse intervalliga. Enne külmutatud eseme käsitlemist, tuleb sel pakendit avamata lasta toatemperatuuril soojeneda (olenevalt suurusest 8 – 24h). Kindlasti ei tohi enne eseme ülessulamist seda kottidest eemaldada. Kuna pakendile tekib soojenemise käigus kondensvesi, on soovitatav eseme alla asetada vett imav rätik.

7.1.3. Plastikmuseaalide eksponeerimine

Kõige paremad säilitustingimused plastikesemetele on pime, jahe, kuiv, hapnikuvaene ja hästi ventileeritud keskkond – tingimused, mida esemete eksponeerimisel on küllalt keeruline või lausa võimatu saavutada. Muuseumikülastajaid oleks julm juhatada pimedasse külma ruumi. Õnneks on püsiekspositsioonis võimalik siiski luua tingimused, mille juures museaalide vananemine on kontrolli all.

Nagu ka hoidlatingimustes, ei tohiks plastikeksponaatidele langeda ei otsest ega ka hajuvat päikesevalgust. Kui ekspositsioonisaal on akendega, tuleb need kinni katta või kasutada spetsiaalseid UV-kiirgust filtreerivaid kaitsekilesid. Lambipirnid ei tohi kiirata päevavalgust. Eksponeeritavatele plastikutele langev valgus peaks jääma vahemikku 100 – 150 luksi. (soovitatavalt isegi < 100 luksi). Lisaks tuleb jälgida valgustuse kestvust. Väga valgustundlike

¹⁹⁹ Voellinger, Theresa A; Wagner, Sarah S. „Cold Storage for Photograph Collections – Using Individual Freezer Units“ – Conserv-O-gram, August 2009, Nr. 14/11.

²⁰⁰ Shashoua, *Conservation Of Plastics*, lk. 206.

plastikute (nt tselluloosestrid) puhul on lubatav valgustus 75 luksi ning ekspositsiooniaeg 4 nädalat (12 000 lxh). Enamike plastikute puhul on soovitatav 100 luksilise valgustatuse juures kümnenädalane eksponeerimine (42 000 lxh). Paljud plastikesemed on püsiekspositsioonides aga tunduvalt kauem, mistõttu vananevad need kiiremini kui hoidlaruumis.²⁰¹

Valgustite puhul on probleem neist eralduv soojusenergia. Muidu valgustuse jaoks head hõõglambid, millest kiirgava UV-kiirguse hulk on väga väike, on ekspositsioonivitriinides kasutamisel ohtlikud, kuna neist eraldub 90 – 93% soojuskiirgust.²⁰² On äärmiselt oluline jälgida, et valgustid ei oleks eksponeeritavate esemete riulitele liialt lähedal. Mitmete plastikute sulamistemperatuur on küllalt madal (vt Lisa 9) ning valgustist tekkiv lokaalne kuumus võib selle läheduses olevale plastikmuseaalile termokahjustusi tekitada.

Plastikmuseaale peaks eksponeerima suletud klaasvitriinides. Sel juhul on võimalik hoida eset ümbritsevad keskkonnatingimused stabiilsed ja sobivad. Teadupoolest eraldavad inimesed oma kehade ja hingamisega soojust ja niiskust. Lisaks võivad riietusel, jalanõudel aga ka ruumis olev mustus ja tolm elektrostaatilistele või kleepuvatele esemetele kinnituda. Suletud vitriinides saab kasutada lenduvaid ühendeid koguvaid absorbente, tagada stabiilne temperatuur ja õhuniiskus ning tolmutakistus. Lisaks toimib vitriiniklaas ka UV-kiirguse filtrina. Oluline on, et vitriinid oleksid õhukindlalt tihendatud. Ka see, millest on tihendid valmistatud, vajab kontrollimist. Kindlasti ei tohiks tihendid olla polüuretaanist, neopreenist või mõnest muust kummimaterjalist, kuna need on kiiresti vananevad materjalid ning eritavad happelisi ühendeid. Kummidest eraldub vananedes väävliühendeid. Vitriinkappide tihendid peavad olema valmistatud inertsetest ja vananemisele vastupidavatest materjalidest (nt silikoonist või etüleenvinüülatsetaadist).²⁰³

Eksponeeritavad plastikesemed peavad üldjuhul taluma hoidlatingimustest kõrgemat temperatuuri ja RH-d. Seetõttu tuleb valida eksponeerimiseks füüsikaliselt ja keemiliselt heas seisukorras esemed. Ekspositsioonivitriinide kujundamisel on oluline teada, missuguseid plastikuid tohib omavahel ühtekokku paigutada ning missuguseid materjale võib nende toestamiseks kasutada. Kui hoidlas on võimalik museaalide toestamiseks ja eraldamiseks kasutada erinevaid materjale, siis näitusesaalis on valik piiratud. Seda põhjusel, et ese peab olema vaadeldav ning toestusmaterjal ei tohiks seda takistada.

²⁰¹ **Konsa, K.** *Artefaktide säilitamine*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 2007, lk. 65.

²⁰² Samas.

²⁰³ Samas, lk. 94.

7.1.4. Plastikmuseaalide säilitamiseks ja eksponeerimiseks sobivad materjalid

Plastikesemete nagu ka teistest materjalidest valmistatud objektide säilitamiseks, konserveerimiseks ja eksponeerimiseks sobivate materjalide valikul tuleb lähtuda esemest ja materjali kasutamise vajadusest. Konservator peab kõigepealt identifitseerima polümeeri, koostama eseme seisundikirjelduse ja –hinnangu ning lähtuma otsuste langetamisel selle mehaanilisest, füüsilisest ja keemilisest olukorrast, eseme suurusest, konstruktsioonist ja pinnatekstuurst.

Eseme tekstuuri arvestades on võimalik ennetada tolmu ja olmemustuse kogunemist poorsetel pindadel, mille eemaldamine oleks tülikas või lausa võimatu. Mõõtmete arvestamine on oluline, kuna arhiivkvaliteediga materjalid on kallid ning mõnel juhul oleks otstarbekam kasutada odavamaid materjale (nt lühiajaliseks pakkimiseks ja toestamiseks transportimisel). Andes eseme seisundile põhjaliku hinnangu, hoiab konservator ära kahjustused, mis võivad tekkida näiteks ebapiisava toestamise tõttu transportimisel või hoidlates säilitamisel. Lisaks võivad mõned esemed olla muutunud happeliseks, hapraks, kleepuvaks või eritada ohtlikke lenduvaid ühendeid. Juhul kui ese koosneb mitmest erinevast materjalist, tuleb leida kompromiss, mis sobiks kõikide materjalide säilitamiseks.²⁰⁴

Seda, kas parem oleks kasutada looduslikke materjale või inimlooduid, aitab kindlaks teha erinevate materjalide omaduste tundmine. Tuleb arvestada materjalide füüsilisi ja keemilisi omadusi, nende tekstuuri, õhu läbilaskvust, vastupidavust, staatilise laengu olemasolu, säilimisaega, kvaliteeti ja välimust. Arhiivkvaliteediga materjalid on füüsiliselt ja keemiliselt stabiilsed ja inertsed ega erita vananemisel gaase, mis võiksid olla artefaktidele kahjulikud. Oluline on jälgida, et kollektsioonide juures ei kasutataks plastiku, mis sisaldavad pehmenteid või ohtlikke lisandeid. Samuti tuleb vältida materjale, mille koostises on kloori või väävlit. Sellised plastikud võivad eraldada lenduvaid happeid ning kahjustada teisi kollektsiooni kuuluvaid esemeid. Pikaajaliselt säilitatava või eksponeeritava eseme konserveerimisel ei tohi otsekontaktis kasutada PPVC-d, tselluloosestreid, polüuretaanvahtusid ning karbamiid-formaldehüüdmaterjale. Otseselt võivad omavahel ja ka teiste materjalidega kokku puutuda polüolefiinid, akrüül ning polüesterkiled.²⁰⁵

²⁰⁴ Pasiuk, Janet. „Safe Plastics and Fabrics For Exhibit and Storage“. - *Conserv O Gram*, Washington DC: National Park Service, nr. 18/2, August 2004, <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/18-02.pdf>, vaadatud 22.10.12.

²⁰⁵ Samas.

Säilituskarpide puhul võib tekitada segadust, kas valida puhverdatud (*buffered*) või puhverdamata (*unbuffered*) papist karp. Alates 1850ndatest hakati tootma paberit varasema linaste või puuvillaste kaltsude asemel puidukiududest, mis sisaldavad ligniini. Vananemisel muutub ligniin happeliseks ning kahjustab paberit. Lisaks paberile kahjustavad happed ka paberiga kokkupuutes olevaid objekte. Keemiliselt on võimalik paberist happeliseks muutuvad osad eemaldada, kuid sel juhul võivad just need puhastavad keemilised ühendid, mis paratamatult mingil määral paberi sisse jäävad (nt valgendid), ajapikku degradeeruda ning samuti happeliseks muutuda. Puhverdatud paberi sisse on valmistamisel lisatud aluselisi ühendeid, mis mõjutavad paberi pH-d (nt kaltsium- või magneesiumkarbonaat). Nõnda võib puhverdatud pappkarbi pH olla näiteks 8,5 – 9,5. Ajapikku aga aluseline puhver ammendub, mistõttu paber muutub ikkagi happeliseks. Seetõttu soovitatakse konserveerimises pigem kasutada puhverdamata paberit, mis on neutraalne või kergelt aluseline (pH on 7 – 7,5) ega sisalda ligniini. Happelisi ühendeid eritavad plastikesemed (nt tselluloosestrid) tuleks paigutada jällegi puhverdatud pappkarpi. Uute lahendustena on müüki ilmunud puhverdatud pappkarbid, mis on ligniinivabad ning sisaldavad lisaks zeoliite.²⁰⁶

Polüetüleenist, polüpropeenist, akrüülist jt lenduvaid kahjustavaid ühendeid mitteeritavatest plastikutest museaale võib pakkida polüetüleenkottidesse. Kindlasti peavad kottides olema õhuavad, vältimaks tekkivat kondensatsiooni. Kahjulikke gaase eritavate esemete säilitamisel polüetüleenkottides tuleb neisse kindlasti lisada ka vastavaid ühendeid koguvaid aineid. Esemete toestamiseks sobib polüetüleenvaht (nt *Ethafoam*®), mida toodetakse paksudest tihedatest plokkidest õhukeste painduvate lehtedeni või erineva diameetriga varrastena.

7.1.5. Plastikmuseaalide märgistamine

Plastikesemete tähistamine on mitmeid küsimusi tekitav teema. Kirjutades eseme pinnale tindipliiatsi või veekindla markeriga numbri, võib see imbuda materjali sisse ning laiali valguda. Markerit koostises olev lahusti võib plastikule lahustikahjustuse tekitada. Lisandub veel märgistuse eemaldamise probleem. Hoiduda tuleks kleplintidest ja liimidest, kuna need jätavad eseme pinnale raskesti eemaldatavaid liimiplekke. Kleplintide adhesiivne polümeer

²⁰⁶ Kilby, Virginia. „Buffered And Unbuffered Storage Materials“. – *Conserv O Gram*, Washington DC: National Park Service, Nr. 4/9, July 1995, PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/04-09.pdf>, vaadatud 19.02.14.

võib plastikuga reageerida. Alternatiivina on võimalik paelaga kinnitada eksponaatide külge paberist/kangast sildid. Selline meetod ei kahjusta plastikut ning tulevikus ei ilmne märkme muutmisele probleeme. Samas võib tekkida olukordi, kus silt on kinnitusest lahti tulnud ning esemest eraldunud. Nõndaviisi eraldi sildi kinnitamisel tuleb jälgida, et kasutatud materjalid vananedes kleepuvaks muutunud plastiku külge kiudusid või pudemeid ei jäta.

Kui muuseum eraldi siltide kinnitamist ei poolda, saab eseme numbrisiiski ka selle pinnale märkida. Selleks tuleb esmalt plastikule kanda kaitsev lahjendatud akrüüllaki kiht. Seejärel kirjutada sellele märke, mille võib uuesti kaitsva lakikihi katta. Nii takistatakse tindi migreerumine plastikusse, samas on märke tulevikus võimalik eseme pinnalt eemaldada. Enne kaitsva lakikihi pealekandmist tuleb kindlaks teha ega laki koostises olevalahustid plastikut lahusta. Kindlasti ei tohi nitrotselluloosi puhul kasutada konserveerimistöödel populaarset *Acryloid B72* ja atsetooni segu.²⁰⁷ Polüeteenile ning PVC-le võib märkeid teha 2B – 4B harilike pliiatsitega.²⁰⁸

7.2. Aktiivne konserveerimine

Aktiivse konserveerimise eesmärgiks on esemete vananemise pidurdamine puhastamise, konsolideerimise ja hädavajalike paranduste teel. Konsolidante, adhesiive, augutäiteid ning pinnaviimistlusi tuleks kasutada vaid juhul, kui need on eseme säilitamiseks hädavajalikud. Neid ei tohiks kasutada kui kiiret ja lihtsat varianti. Polümeeride eemaldamine plastikesemelt on keeruline ning tihti lausa võimatu, kuna selleks vajaminevad lahustid võivad kahjustada eseme valmistamiseks kasutatud polümeere. Kasutamishetkel lahustuvad polümeerid võivad molekulahelate ristsildamise tõttu muutuda lahustumatuks. Sel juhul tuleb need eemaldada mehaaniliselt või plasmapuhastusega, mille puhul toimub puhastamine ergastatud gaaside abil (nt argooni ja hapniku või vesiniku ja lämmastikuga).²⁰⁹

Konserveerimismaterjalide valimisel tuleb arvestada, et enamik kaubanduslikest plastikutest ei sobi konserveerimiseesmärgil kasutamiseks, kuna nende „eluiga“ on liialt üürrike. Toote-pakenditele märgitakse küll teatav info polümeeri kohta, kuid enamuse detailidest jätab tootja

²⁰⁷ **Cumberland**, Donald R. Jr, **Sullivan**, Brigid. „Use of Acryloid B72 Lacquer for Labeling Museum Objects“. – *Conserv O Gram*. Washington DC: National Park Service, Nr. 1/4, Juuli 1993. PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/01-04.pdf>, vaadatud 14.10.13.

²⁰⁸ **Shashoua**, *Conservation of Plastics*, lk. 221.

²⁰⁹ **Horie**, *Materials for Conservation*, lk. 7.

enda teada. See aga takistab konservaatori tööd, kuna materjalide valikul peab teadma nende täpset koostist. Konserveerimismaterjale on soovitatav tellida turustajatelt, kes müüvad arhiivkvaliteediga tooteid. Supermarketist ostetud superliim (PMMA) võib esmalt oma ülesannet täita, kuid ajapikku muutuda hapraks ja lahustumatuks. Mitmeid plastikuide, näiteks polüolefiine ei ole võimalik ilma eeltötluseta liimida ega katta.

Polümeermaterjalide valikul tuleb meeles pidada, et tardumisel ei tohi need eset füüsiliselt ega keemiliselt muuta. Ühtlasi peavad need olema keemiliselt stabiilsed ning pika säilivusajaga. Oluline on jälgida konserveerimismaterjalide lahustuvusparameetreid ning klaasisiirde-temperatuure. Viimaste puhul on huvitav tähelepanek, et T_g ja selle mõõtmisperioodi vahel on teatav seos. Enamik materjali andmelehele kantavatest mõõtmistest tehakse ühe minuti jooksul. Kui aga mõõtmise ajavahemik on 10 minutit, langeb T_g 3 °C. Kui aga mõõtmisaeg on vaid 6 sekundit, siis T_g hoopis tõuseb 3 °C. Väga oluline on see seos toatemperatuuril. Materjal, mille T_g on 30 °C (mõõdetud ühe minuti vältel), omab objektil kasutatuna T_g -d 12 °C, kui seda kasutada 14 kuud. Seega võib pikema aja vältel muidu sobiva klaasisiirde-temperatuuriga adhesiiv või lakk muutuda toatemperatuuril pehmeks. Kui tolmuosake langeb pinnale, võib pehme polümeer sellest üle voolata ning mustuse materjali sisse lukustada.²¹⁰

7.2.1. Puhastamine

Sageli on esmaseks aktiivseks konserveerimiseks esemete puhastamine. Mõnikord on parem ese rahule jätta ja seda ka muuseumides tihtipeale plastikutega tehakse. Nimelt on plastmasside mehaanilist puhastamist alles hiljuti põhjalikult uuritud ning konservaatorid ei ole veel sugugi kindlad väljatöötatud meetodite ohutuses esemele. Ka lapiga pühkimine võib eseme pinda kahjustada. Eriti riskantne on märgpuhastus, mille puhul võivad objektile tekkida niiskus- või lahustikahjustused.

PPVC puhastamine eemaldab pinnalt ka pehmenusaine, mis materjali seest uuesti pinnale migreerub. Selline protsess muudab plastiku jäigemaks ning seetõttu ei ole PPVC sagedane puhastamine soovitatav. Samas on pehmenatud PVC puhul oluline pinnamustus võimalikult kiiresti eemaldada, kuna see imbib vastasel juhul materjali sisse. Kui mustus on olnud esemel rohkem kui kuu, on tõenäoline, et seda ei olegi võimalik täies ulatuses enam eemaldada.

²¹⁰ Horie, *Materials for Conservation*, lk. 19 – 20.

Järgneva plastikesemete puhastamist käsitleva alapeatüki materjal põhineb hiljuti (2012) läbiviidud POPART-i uurimusprojektil²¹¹, mille raames tehti põhjalikke plastikute mehaaniliste puhastusmeetodite katseid. Keskenduti sellele, kui palju ja kuidas mehaaniline puhastamine plastiku pinda kahjustab ning kas ja kuidas see kiirendab plastiku vananemist. Katsetamisel kasutati nii ametlikest kui ka mitteametlikest katsetest esiletõusnud puhastusprotsesse ja -vahendid, mis kandsid kõige enam vilja ning mille kasutamisele järgnes kõige vähem pinnakahjustusi. Lahustitega puhastamise ja keemilise töötuse baasandmed valiti aga välja just sellised, mida konservaatid üldjuhul ei soovita, kuid mida kollektsionäärid kasutavad. Puhastusmaterjalideks valiti kaubanduslikult kättesaadavad vahendid, mida kõigepealt prooviti kuivpuhastamisel. Kui juba esimeses etapis materjalid plastikut liigselt kahjustasid, eemaldati need edasistest katsetest. Teiste materjalidega jätkati erinevate lahustitega puhastamist ning lõpuks katsetati ka keemilist töötlust. Puhastatud plastiku näidised asetati kunstlikult vanandava valguse kätte (*Xenotest*), nägemaks, kas puhastusmeetod ja -vahendid mõjutasid materjali degradatsiooni.

Kuivpuhastus

Kuivpuhastus on eseme mehaaniline puhastamine kuiva lapi, pehme pintsliga, spetsiaalse kustummi või surveõhujoaga. Pintsliga eemaldatavat tolmu imetakse peeneotsalisse tolmuimejasse. Kuivpuhastusel tuleb olla tähelepanelik eriti nende plastikute suhtes, mille klaasi-siirdetemperatuur on toatemperatuurist madalam ehk siis nende plastikutega, mis on elastsed ja pehmed. Puhastamisel lapi ja plastiku vahel tekkiv hõõrdejõud tõstab pinna temperatuuri, mistõttu see veelgi pehmemaks muutub ja seega kriimustustele vastuvõtlikum on. Lisaprobleemiks on plastiku pinna elektrostaatilisus, mis soodustab tolmu külgetõmmet. Näiteks lõögikindla polüstüreeni elektrostaatilisus normaliseerus POPART-i katsetes alles 24 tunni pärast, vahtpolüstüreenil lausa nädalaid hiljem.

Puhastamisel tuleks kasutada sirgeid ühesuunalisi tõmbeid või lükkeid. Ringjad liigutused kahjustavad pinda rohkem ning pinnapealne lahtine mustus jääb nõndaviisi puhastusmaterjali alla kriime tõmbama. Mehaanilise kuivpuhastuse katsest selgus, et kõige enam kahjustavad

²¹¹ **Balcar**, Natalie; **Barabant**, Gilles; **Bollard**, Clémentine; **Kuperholc**, Sara; **Keneghan**, Brenda; **Lagunà**, Anna; **van Oosten**, Thea; **Segel**, Kathrine; **Shashoua**, Yvonne. „Studies in cleaning plastics“. – *Preservation Of Plastic Artefacts in Museum Collections*. Editors: **Bertrand**, Lavedrine; **Fournier**, Alban; **Martin**, Grahm, Pariis: CTHS, 2012, lk. 225 – 252.

pinda *Duzzit*, *Latex*, *Scotch Brite* ja *Akapad* käsna. Kõige vähemkahjustavad olid sünteetiline seemisnahk, vatitups, jaanalinnu sulg, sünteetiline sulg, prillide puhastuslapp, seemisnahk, sooblikarvapintsel, paberrätik, puuvillane kangas, suruõhk ja mikrofiiberlapp.²¹²

Märgpuhastus

Kui kuivpuhastus ei anna tulemust, tuleb mustuse eemaldamist proovida märgpuhastusega. Selleks kasutatakse destilleeritud vett ning spetsiaalseid puhastusvahendeid, mis tuleb kindlasti materjali pinnalt destilleeritud veega maha pesta. Tegemist on riskantse tehnikaga, kuna vananenud plastikud võivad ka veega omamoodi käituda ning mõnede pinna viimistluste iseärasuste tõttu on keeruline niiskeks tehtud pinda kuivatada. Pragudesse või mikromõrdesse jäänud niiskus võib soodustada keemilisi ja füüsikalisi vananemisprotsesse. Seega tuleb olenevalt eseme kujust, pinnaiseärasustest, mustusest ja selle ulatusest tõsiselt kaaluda, kas eseme märgpuhastamine on piisavalt ohutu lähenemine. Mõnikord on targem esemelt suurem mustus kuivpuhastuse teel eemaldada ning kangekaelsem mustus jätta puutumata. Kui aga eseme puhastamine on möödapääsmatu, tuleb seda teha ettevaatusega. Kindlasti peab teadma, kas materjal on niiskustundlik või mitte. Kasutatav puhastusmaterjal peab olema kergelt niisutatud – pigistamisel või väänamisel ei tohi sellest vedelikku tilkuda. Kui soovitatav koht on puhastatud, peab selle kiiresti kuivatama.

Kuigi kuivpuhastus on märgpuhastusest mõnevõrra ohutum võib see mõningal juhul pindasid isegi enam kahjustada, seda eelpool mainitud hõõrdejõu tulemusel soojusenergia tekkimise tõttu. Tselluloosnitraadi puhul oli POPART-i katsetes märgpuhastus pinda vähemkahjustav.²¹³

Lahustitega puhastamine

Tihti peale esineb plastikute pindadel mustusi, mida ei saa vee ja seebiga eemaldada. Sel juhul tuleb appi võtta lahustid. Lahustitega puhastamisel peab olema ülimalt ettevaatlik. Kindlasti tuleb eelnevalt kindlaks teha, missugustele lahustitele on puhastatav plastik tundlik. Vale lahusti valikul võib konservator tekitada museaalile pöördumatuid ja ulatuslikke kahjustusi. Mõnikord võivad lahustikahjustused ilmnedas alles mitme päeva pärast, hetkel, mil ese on turvaliselt hoidlariiuulitele või ekspositsioonisaali paigutatud.

²¹² Lavédrine, *Preservation Of Plastic...*, lk. 234.

²¹³ Samas, lk. 237.

POPART-i katsetes kasutati atsetooni, etanooli, isopropanooli, lakibensiini (*white spirit*), ksüleeni ja kemikaali *Surfynol 61*. Katseplastikuid (va tselluloosatsetaati) prooviti puhastada ka CO₂-ga, mis on sama tehnika, mida kasutatakse keemilistes puhastustes. Atsetoon ja *Surfynol 61* eemaldati peagi katsetest, kuna need lahustasid plastikuid ning tekitasid pindmisi mõrasid. Lisaks aurustub atsetoon väga kiiresti ega suuda seetõttu mustust eemaldada.

Keemiline puhastamine

Keemiline puhastamine on pinnamustuse eemaldamine keemiliste vahenditega. Puhastamine võib toimuda kuivalt või märjalt. Kumba meetodit kasutada, sõltub mustusest ning plastiku pinnaomadustest. Poolsünteetilisi plastikuid ei tohiks märjalt puhastada, sest need on väga tundlikud hüdrolüüsile.

Kuna plastikud on erineval määral keemiliselt mõjutatavad ning üsnagi ebastabiilseks muutuvad materjalid, väldivad konservaatorid üldiselt plastikute keemilist puhastamist. Küll aga meeldib seda meetodit kasutada kolleksionääridele, kes soovivad saada kiiresti silmatorkavaid muutusi eseme välimuses. POPART-i konservaatorid katsetasid kaht populaarset meetodit. Esimese puhul kasutati vesinikperoksiidi ABS plastikult kollase valguskahjustuse eemaldamiseks. Teise võimalusena katsetati ainesegu *RetroBright* (valmistamiseks kasutati 30%-list peroksiidi ja 10%-list sidrunhapet), mille tulemusel tekkisid tselluloosatsetaadi ja PMMA pindadele nähtavad mikromõrad. Sidrunhape muutis tselluloosatsetaadi matiks. Mõlemad vahendid kahjustasid plastikuid ning ei ole konservaatoritele vastuvõetavad.²¹⁴

Veel üks kolleksionääride seas levinud puhastusvõte puudutab PPVC-st valmistatud vanemate *Barbie*® nukkude kõrvade juurest vase oksüdeerumise tulemusena tekkinud roheliste plekkide eemaldamist. Selleks kasutatakse kaubanduslikku akneravivahendit. Vahend kantakse rohelsele plekile ning seejärel asetatakse nuku pea 8 – 12 tunniks protsessi kiirendamiseks otsese päikesevalguse kätte. Seejärel pestakse vahend, mis seob endaga vaske, nuku pealt destilleeritud veega maha ning järgmisel päeval kantakse raviaine uuesti plekile. Protseduuri korratakse mitme nädala jooksul või nii kaua, kui rohelised plekid on taandunud. Sellise meetodi kasutamine seab aga PPVC-st valmistatud nukupea tõsise fotooksüdatsiooni ohtu, mis muudab materjali tumedamaks.²¹⁵

²¹⁴ Lavédrine, *Preservation Of Plastic...*, lk. 250.

²¹⁵ Shashoua, *Conservation of Plastics*, lk. 213.

7.2.2. Konsolideerimine

Hapraks ning pudedaks muutunud materjalide säilitamiseks praktiseeritakse nende konsolideerimist – mingisuguste polümeeridega materjali struktuuri tugevdamist. Tegemist on pöördumatu töötlusega, mistõttu tuleb enne eseme konsolideerimist tõsiselt järele mõelda, kas ja kuidas seda teha. Väga oluline on valida pikka aega stabiilsena säiliv materjal, mis polümeeriga ei reageeri. Konsolidanti tuleb võimalikult väheses koguses kasutada ja ühtlaselt materjalile jaotada, tagamaks võrdse imendumise ning hoidmaks ära liidetes tekkivat stressi. Konsolidantide valimisel peab arvestama, et toatemperatuurist madalama klaasisiirde-temperatuuriga materjalid ei suuda objekti piisavalt toetada. Samas peaks nende T_g olema ligilähedane konsolideeritava materjali omale, lubamaks ühtset materjalide paisumiskahanemist säilitustingimuste muutuste korral. Plastikust on konsolideeritud eelkõige vahtmaterjale ja kiudusid/kangaid.

Vahtmaterjali tugevdamisel on valida kolme meetodi vahel: kas asendada plasti koostises olev õhk täitematerjaliga, kanda pinnale õhuke kilekiht või katta konsolideeriva ainega avade „seinakesed“. Esimese kahe meetodi tulemuseks on kõva paindumatu läikiv kiht, mis muudab materjali jäigaks. On olukordi, kus selline tulemus on rahuldav, kuid siiski tuleks eseme välimust algupärasest võimalikult vähe muuta. Kasutatud on nii looduslikke kui ka sünteetilisi konsolidante. Vahtpolüuretaani puhul sobivad tugevdamiseks näideks looduslikud kalaliim, želatiin ja metüülselluloos, aga ka *Plexton B-500*® (akrüülliim) ja *Impranil*® (polüuretaani dispersioon vees).

Hapet eritavaid plastikesemeid on võimalik konsolideerida immutades neid epoksüdeeritud sojaoa õlis (*epoxydized soybean oil – ESO*, nt *Vikoflex*®). See on viskoosne kollane vedelik, mida kasutatakse kaubandusliku antioksidandina, pehmendina ning happe retseptorina. Sojaoa õli takistab ühtlasi niiskusel ja hapnikul plastiku pooridesse pääsemist.²¹⁶

Polüuretaanvahu konsolideerimine

Kahjustavatele teguritele ühed tundlikumad plastikesemed on valmistatud polüuretaanvahust. Kui teiste plastikute puhul algab degradatsioon enamasti pindmistest kihtidest, siis vahtmaterjali puhul on hapnikul, niiskusel ja kahjulikel keemilistel ühenditel väga lihtne selle sisse pääseda. Seetõttu toimub PU-vahu vananemine väga kiiresti ja ulatuslikult. Esmalt

²¹⁶ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 219.

muutub selle värvus kollakamaks, seejärel hakkab materjal kaotama oma elastsust ning muutub lõpuks nii pudedaks, et vajub omaenda raskuse all kokku. Eelnevalt mainitud võimalikud lahendused polüuretaanvahu konsolideerimiseks pakkus välja Yvonne Shashoua 2008. aastal. Neli aastat hiljem avaldatud POPART-i raamatus võib leida uut infot polüuretaanvahu konsolideerimise kohta ja just sellele toetubki antud alapeatükk.²¹⁷

POPART-i uurimuse raames katsetati kuut konsolidanti: *Paraloid B-72* (etüülmetüülakrülaadi ja metüülakrülaadi kopolümeer), *Plexitol B500* (etüülakrülaadi ja metüülmetakrülaadi kopolümeer, 50% vesilahus), mooniseemneõli, 3-aminopropüülmetüüldietoksüsilaani, N-(2-aminoetüül)-3-aminopropüülmetüüldimetoksüsilaani ja *Beminguard MC*'d (silikon polümeer, vesibaasil dispersioon).

PU-vahtude konsolideerimiseks sobivad akrüülvaigud. Need on stabiilsed ja katvad. Lahustuvad etanoolis, atsetoonis ja etüülatsetaadis ning sobivad hästi uretaangruppidega. Vahu kärjestruktuuris moodustab akrüülilahus lahusti aurustumise järgselt õhukese kilekihi, mis kaitseb vahtu kahjustavate tegurite eest. *Paraloid B72* klaasisiirdetemperatuur on 40 °C, seega on see toatemperatuuril küllalt sitke, lahustudes mitmetes orgaanilistes lahustites. *Plexitol B500* T_g on 29 °C. *Paraloid B72* 10% lahust saab esemele kanda pihustiga. Lahustina võib kasutada atsetooni, etanooli ja etüülatsetaati. 10% *Paraloid B72* lahusega töödeldud PU-vaht jääb endiselt pehmeks, 20% lahuse kasutamisel muutub polümeer aga kõvaks.

Tugevalt vananenud polüuretaanvahtude puhul sobib kasutada *in situ* polümerisatsioonitöötlust kuivava õli abil. Õli jätab materjali pehmeks, kuid hoiab polümeeri ühes tükis peatades pudenemise. Sobivad õlid on linaseemneõli, kreeka pähkli õli ja mooniõli. Viimane nimetatuist on kõige heledam ning seega ka kõige sobivam, kuna ei muuda oluliselt materjali tooni. Samas kuivab see kõige aeglasemini. Kui PU-vahtu esemele katta värske mooniõliga, jääb eseme mitmeks nädalaks kuivama ja muutub kleepuvaks. Sel viisil hakkab eseme külge tolmu ja mustust kinnituma. Probleemi vältimiseks käivitati õli polümerisatsiooniprotsess enne vahtmaterjalile kandmist. Selleks kuumutati õli 100 °C juures 24h. Tahenema hakanud õli lahjendati atsetoonis (5% õli) ning vahutükk kasteti selle sisse 10 sekundiks. PU-vahtu tükk jäeti toatemperatuurile kuivama. 24h möödudes oli vahutükk kuivanud. Pärast mooniõliga töötlust peatus vahutüki murenemine. Mehaanilised omadused paranesid ning tükk säilitas

²¹⁷ Vt. Chaumat, Gilles; Tran, Khôï, Dekkers, Jan Matthijn; Pellizzi, Eleonora; Lattuati-Derieux, Agnès. Ongoing studies in consolidation of polyurethane (PUR) foams - *POPART: Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections*. lk. 271 – 293.

oma elastsuse. Siinkohal tasub mainimist, et väga tugevalt vananenud PU-vahtude puhul antud meetodit siiski kasutada ei saa. Minu läbiviidud katse tõestas, et vahutükk kukkus imendunud atsetooni-õli lahuse raskuse all kokku ja pudenes tükkideks.

7.2.3. Liimimine ja aukude täitmine

Liimide kasutamine plastikeseme konserveerimisel on riskantne lähenemine. Adhesiivid võivad esemetest kiiremini vananeda ning vaatamata algsele läbipaistvusele kollakaks või veelgi tumedamaks tõmbuda ning seega plastikeseme välimusele kehvasti mõjuda. Ühtlasi võivad liimid või lahustid polümeerahelat kahjustada ning muuta selle struktuuri (joonis 7.1). Lisaks võib vananenud liime olla keeruline või lausa võimatu esemelt eemaldada.



Joonis 7.1: Kasutatud atsetoon on plastiku muutnud valgustundlikumaks. (TMMM 9430)

Kui plastikeseme juures on siiski tarvis kasutada liimi, sobivad selliseid adhesiivid, mis keemilise koostise ning lahustuvuse poolest sarnanevad liimitavale plastikule. Selleks võivad sobida PVA, *Paraloid B72*, EVA, metüülselluloos ja kalaliim. Tselluloidesemeid saab hästi liimida nitroliimiga. Akrüülplastikuid on võimalik ühendada superliimidega, kuumutamisel või lahustitega. Õhukesi painduvast plastikust lehtesid saab ühendada õmmeldes, kasutades polüesterniiti.²¹⁸

Sobivate liimide valimisel tuleb lähtuda vajaminevast tulemusest. Kui on tarvis, et ühendus oleks koormusele vastupidav, kuumakindel, ilmastiku ning lahustikindel, tuleks valida adhesiivideks termoreaktiivsed polümeerid nagu näiteks epoksiidid, polüuretaanid ja akrüülid. Kui aga liimühendus on vajalik vaid plastiku osade kooshoidmiseks ning ei pea taluma koormuseid ega pingeid, sobivad kasutamiseks ka kuumad liimid. Lisaks tuleb arvestada, millistes tingimustes konserveeritud eset eksponeeritakse. Kui selleks on välitingimused, tuleb arvestada, et liimaine peaks sarnaselt liimitava materjaliga sellistes oludes vastu.²¹⁹

Termoplaste saab omavahel ühendada kuumakeevitusega. Loodud ühendus on peaaegu sama tugev kui plastik ise. Ühendamiseks võib kasutada plastikut ennast või siis sulatada samast plastikutüübist ühendus. Sarnane ühendus on saavutatav ka lahustite abil. Selleks sobivad

²¹⁸ **Rivers**, *Conservation Of Furniture*, lk. 720 – 721.

²¹⁹ **Shashoua**, *Conservation Of Plastics*, lk. 218.

lahustid, millel on ühendatava plastikuga samad lahustuvusparameetrid (vt Lisa 10). Lahusti kantakse pintsliga plastiku pinnale, oodatakse kuni plastik lahusti mõjul pehmeneb ning seejärel vajutatakse kaks tükki kokku. Tuleb aga meeles pidada, et kuumakeevitusega ja lahustiühendusega võivad kaasneda materjali kahjustused. Võib toimuda polümeerahelate lagunemine ning sellest tulenevalt plastiku kiirem vananemine.

Vahtmaterjali tekkinud rebendeid ja auke saab täita mitmel moodusel. Täitematerjali põhi-lahusti peab olema samane polümeeri keemilisse koostisesse kuuluvaga. Selliste polümeeridena on kasutatud EVA-d, silikoonkummisid, epoksiide ja polüestervaikusi.²²⁰ Aukude täitmiseks tuleb valida sarnase poorisuurusega vahtmaterjal, lõigata see väikesteks kuubikuteks või kasutada kindlate suurustega tükke. Täiteks kasutatav vahtmaterjal segatakse sooja liimiga *Beva 371* (akrüüli ja EVA segu) või *Lascaux 360 HV*-ga.²²¹

Järgnevad tabelid annavad ülevaate plastikute liimimisest ja sobivatest lahustitest:

Tabel 7.2. Plastikute liimimine ²²²

Liimitav plastik	Ettevalmistus liimimiseks	Liimid
Tselluloosestrid	Isopropanooliga puhastamine	Epoksiidid, polüuretaanid, akrüülid
Fenoplastid	Pinna karestamine ja lahustiga puhastamine	Epoksiidid, akrüülid, polüuretaanid
Pehmendatud PVC	Ketooniga (nt atsetoon) puhastamine	Epoksiidid, polüuretaanid, akrüülid
Polüolefiid	Leegi-või plasmatootlus pindade oksüdeerimiseks	Epoksiidid
Polüstüreen	Mehhaaniline puhastamine	Veebaasil ja kuumad liimid
Polükarbonaat	Mehhaaniline puhastamine	Epoksiidid, polüuretaanid
Polüamiidid	Niiskussisaldus alandada 0,5%-ni	Epoksiidid

Tabel 7.3. Mõnele plastikule sobivad lahustid ²²³

Lahusti	Polümeerid (temperatuuril 20 °C)
Atsetoon	Tselluloosestrid, akrüül, polüstüreen
Etanool	PVA
Tolueen, ksüleen	Polüetüleen (kuumutades), polüpropeen, polüstüreen, PMMA
Kloroform	Nitrotselluloos, PVC, polükarbonaat, akrüül, polüstüreen
Amüülatsetaat	Polüpropeen
Etüülatsetaat	Polüstüreen

²²⁰ Rivers, *Conservation Of Furniture*, lk. 721.

²²¹ Keneghan, B. „Plastics in collections“. [Esitlus] London: Victoria & Albert Museum, Conservation Department, 2007, lk. 58.

²²² Shashoua, *Conservation Of Plastics*, lk. 216.

²²³ Shashoua, *Conservation Of Plastics*, lk. 129 – 130.

Tetrahydrofuraan (THF)	Tselluloosestrid, PVC, polüstüreen, akrüül
Dimetüülformamiid	Nitrotselluloos, teflon, polükarbonaat, PVC
Vesi (paneb punduma)	PVC, kaseiin

Aukude täitmine

Plastikesemesse tekkinud tækete ja aukude täitmine on üldjuhul küllalt keeruline. Museaalide puhul võiks need puutumata jätta, seda muidugi juhul kui augud kuidagi eseme seisundi halvenemist ei soodusta. Kui aga aukude täitmine tuleb siiski ette võtta, peab kasutatava materjali väga hoolikalt valima. Sarnaselt liimimisele, võib plastiku madal pindaktiivsus takistada täitematerjali ja eseme vahelise tugeva ühenduse loomist. Peab arvestama, et kõik polümeerid tõmbuvad tahenedes mingil määral kokku. Seega võib täiteplomm ebapiisava sidususe tõttu august mõne aja möödudes lihtsalt välja kukkuda. Samas võib aset leida ka vastupidine tulemus, mille põhjuseks on täite liialt kõrge T_g . Nimelt juhul kui augutäide ei ole piisavalt elastne, et ühes esemega niiskuse ja temperatuuri mõjul paisuda või kahaneda, võib see end eseme paisudes augu seinte küljest lahti rebida ning nõnda auku suuremaks muuta. Seetõttu ei tohiks polümeere, mille T_g on üle $65\text{ }^\circ\text{C}$, täiteks kasutada.²²⁴

Enamasti tuleb aukude täitmist teostada suuremamõõdulistel plastikesemetel, mis on tihti valmistatud polüester- või epoksiidvaikudest. Polüeservaikude jaoks on müügilettidel lisaks täiteaineteta pahtlitele ka erinevaid täiteaineid (nt klaaskiude) sisaldavaid pahtleid, näiteks *MoTip®-i MoTip Fibre Putty Filled* – kahekomponentne (polüestervaik + bensoüülperoksiid) pahtel, mis on mõeldud lisaks polüestriile ka terase, alumiiniumi, puidu ja betooni augutäiteks.

7.2.4. Pinnakaitse võimalused

Materjalitehnoloogia suureks muusasaks on loodus. Üha enam otsitakse pinnakattematerjale, mis oleksid vetthülgavad ja isepuhastavad, just nagu lootoselehed. Sellised kaitsvad kihid sobiksid hästi plastikobjektidele, eriti välitingimustes olevatele, kuna paljud vananemisprotsessid saavad alguse materjali pinnalt. Madala pindaktiivsuse tõttu on plastikutele sobivaid viimistlusmaterjale keeruline leida. Pinnakatted tikuvad kiiresti maha kuluma ega täida oma eesmärki. Skulptuuridel on proovitud kasutada erinevaid emulsioone ja värve, mille

²²⁴ Horie, *Materials for Conservation*, lk. 76.

kasutamine mõnikord ka õnnestub. Näiteks Marta Pan'i *Sculpture flottante*, Otterlo (1960 – 1961) (joonis 7.2), mida juba 50 aastat on eksponeeritud Köller-Mülleri Muuseumi pargi tiigis Otterlos (Holland). Tohtu suurt vee pinnal ulpivat klaaskiudarmeeritud polüestrist skulptuuri kaeti iga paari aasta järel (al 1975) spetsiaalse polüvinüülbaasil värviseguga, mis nakkus plastikuga hästi ning on ilmastiku-



Joonis 7.2: Marta Pan'i *Sculpture flottante*, Otterlo (1960 – 1961).

tingimustele suurepäraselt vastu pidanud. Hiljuti tehtud uuringutest selgus, et kaetud plastik oli küllalt heas seisundis, vaatamata leketele ja mustusele. Eelnevaid kihte enne uue pealekandmist maha ei võetud ning sellest tulenevalt oli värvikiht kasvanud 10 – 12 mm paksuseks. Kunstnikule valmistas see kerget pahameelt, sest loodud konkreetseid skulptuuri ääred olid pehmenenud ning seega oli selle vorm muutunud.²²⁵ Oleks suurepärane, kui saaks plastikesemete säilitamiseks kasutada pinnakaitselahendust, millel oleks hea nakkuvus materjaliga, hea vastupidavus ilmastikutingimustele ning mis ei muudaks eseme välimust.

Plastikute vananemisel moodustuvad C – OH ühendid, mille tulemuseks on materjali hüdrolüüs. Selliste sidemete mõõtmisel nt FTIR-ga saame teada hüdroksüülindexi, mis näitab plastiku vananemise ulatust. Erinevaid kiirendatud vananemiskatseid läbinud proovitükke mõõtes, saab teada, mil viisil töödeldud plastik kahjustub kõige vähem. Populaarsed kiirvanandamise meetodid on valguskahjustuse uurimiseks kasutatav *Xenotest* ja hüdrolüüsi kiirendamiseks mõeldud kliimakambrid (nt *Vötsch Vc 0200*). *Xenotest* tehakse valguskambris, milles 300 tundi 50 °C temperatuuri ja 40% RH juures on samaväärne 1-aastase vananemisega välitingimustes või 75 aastaga siseruumis valgustasemega 200 luksit. Samas tuleb arvestada, et tegemist on vaid valguskahjustusega. Päril tingimustes toimub hulk teisigi vananemisprotsesse. Seetõttu võib välitingimustes 12 aastat kaitsmata polüestri hüdroksüülindex olla 5, number mida ei ole võimalik saavutada kunstliku valgusvanandamise tulemusel isegi pärast 300 tundi *Xenotest*is (index 2,9). Seega üksnes *Xenotest*’ist pinnakattematerjalide vastupidavuse kontrollimisel ei piisa. Tuleb kiirendatult simuleerida ka teisi vananemis-

²²⁵ **Bollard**, Clementine; de **Castro**, Cristina; **Fundeanu**, Irina; **Laganà**, Anna; van **Oosten**, Thea B. „Lights out! The conservation of polypropylene wall tapestries“. – *PLASTICS: Looking at the Future, Learning from the Past*. Toim. Keneghan, Brenda; Egan, Louise. London: Archetype Publications, 2009, lk. 97 – 105. PDF: http://www.incca.org/files/r2r/van_oosten_lights_out_2008.pdf, vaadatud 19.02.14.

protsesse. Selleks kasutatakse kliimakambreid, kus eset hoitakse pimedas, kõrge temperatuuri (nt 60 °C) ning kõrge RH juures, mis kiirete ajatsüklite vältel muutub.²²⁶

Siledapinnaliste plastikute pinda tuleks enne kaitsevahendi pealekandmist ettevalmistada. Vastasel juhul ei pruugi materjalid omavahel nakkuda ning kogu püüe on tulutu. Uueks ja edukaks meetodiks on plastikute plasmatöötlus ergastatud gaasidega, mille tulemusel moodustuvad pinnale polaarsed grupid (amiinid, karbonüülid, hüdroksüülid ja karboksüülid). Selline töötlemine kahjustab materjali. Seetõttu tuleb kohe pärast plasmatöötlust pind katta konsolideeriva vahendiga, näiteks *Plexitol D 498* (akrüülemulsioon) ja *Tinuvin B72* seguga. Pärast 1282 tundi kiirvalgusvanandamist, mis võrdub 300 aastaga 200 luksi juures normaalvananemisel, ei olnud katsetatud polüpropeenil näidisel oksüdatsiooni tekkinud. Seega kaitsevad plasmatöötlusel töödeldud pinnale kantud *Plexitol D 498* ja *Tinuvin B75* plastiku pinda edukalt. Polükarbonaadi, polüamiidide, polüestrite, PVC ja polüolefiinide pindadel on võimalik kasutada ka teisel printsiibil toimivat plasmatöötlust. PECVD (*Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition*) on protsess, mille kaudu kaetakse materjali pind gaasiolekus omavahel reageerivate ühenditega, mis katavad pinna õhukese kilena ning moodustavad sellele lõpuks tahke kaitsva kihi. Sellist plasma tehnoloogiat on edukat kasutatud tekstiili ja paberi konsolideerimiseks. Nõnda moodustunud kiled on isepuhastuvad, vastupidavad ning takistavad niiskusel ja hapnikul materjalini pääsemist.²²⁷ Mõnevõrra kehvemat tulemust annab plasmatöötamise alternatiivina kasutatav Corona-töötlus, mis seisneb materjali pinna töötlemises ioniseeritud õhuga, tõstmaks pindaktiivsust ning muutes pinna nõnda polarsemaks.

Rääkides käepärasematest materjalidest, tasuvad mainimist autode, paatide ja lennukite puhul kasutatavad vahad ja pinnakattevahendid. Näiteks *Car Lack 68* ja Teflonit sisaldav *Wax Sealer* kaitsevad tänu UV-filtrite sisaldusele polüestrid küllalt edukalt valguskahjustuse eest. Mingil määral muidugi plastik siiski tumeneb, kuid võrreldes katmata pinnaga oluliselt vähem. Pinnakaitsevahenditega kaetud polüestrite molekulahelates moodustub märgatavalt vähem C – OH ühendeid.²²⁸

²²⁶ Van **Keulen**, Henk; van **Oosten**, Thea B. „Between make-up and make over: protective layers on modern and contemporary art plastic objects“. –*15th Triennial Conference New Dehli, Preprint Volume 1*, India: Allied Publishing, 2008, lk. 505 – 514. PDF: http://www.incca.nl/files/r2r/van_oosten_between_make-up_and_make_over_2008.pdf, vaadatud 19.02.14.

²²⁷ Samas.

²²⁸ Samas.

Mõnikord tuleb ette juhuseid, mil on vajalik konserveeritud eseme pinda retušeerida. Siinkohal tuleb jällegi veenduda, et kasutatavas värvaines sisalduvad lahustid ei kahjustaks plastikut. Selleks sobivad akrüülvärvid, mis on pindadelt vajaduse korral eemaldatavad. Akrüülvärvide kasutamisel tuleb meeles pidada, et kuivades muutuvad need toonilt tumedamaks ja tuhmimaks. Ka plastiku toon muutub vananedes.²²⁹ Tagamaks kindlat tagasiteed, võib enne värvi pinnalekandmist sarnaselt inventarinumbrimisele katta plastik õhukese lakikihi, mis ühtlasi peaks välistama pigmendi imendumise materjali sisse.

²²⁹ **Rivers**, *Conservation Of Furniture*, lk. 721.

8. Kokkuvõte

Enne 1862. aastat olid plastsetest polümeerest materjalidest kasutusel vaid looduslikud plastikud. Tarbeesemete valmistamine oli aeganõudev ja küllalt keeruline. Lisaks olid mitmed materjalid väga eksklusiivsed, näiteks kilpkonna- ja elevantiluu. Uus poolsünteetiline materjal – nitrotselluloos – saavutas midagi, mida selle leiutaja tollal lootagi ei osanud: sellest algas uus ajastu materjalitehnoloogia arenguloos – plastikuajastu.

Plastikutest sai vähese vaevaga valmistada keerulise vormiga esemeid, kusjuures enam ei olnud selleks tarvis kogunud meistri kätt. Tootmismeetodite arenedes ning uute polümeeride ilmudes jäid looduslikud materjalid ja traditsioonilised tootmisviisid üha enam tagaplaanile. Kuna tootmine oli efektiivne ning toormaterjal odav (kuni 1973. aasta naftakriisini), sai võimalikuks masstoodangu valmistamine. Plastikud leidsid tee inimeste kodudesse tarbeesemete, kodutehnika, elektroonika, rõivaste, jalanõude, aksessuaaride, mänguasjade, mööbli aga ka interjöörielementide ja pinnakatete näol. Plastmassid parandasid oluliselt igapäeva elu kvaliteeti, edestades omadustelt paljusid seni kasutatud materjale.

Aja möödudes tuli aga ilmsiks, et tegelikult kahjustuvad plastikute omadused võrreldes näiteks pargitud naha, puidu ja metallidega tunduvalt kiiremini. Hapnik, niiskus, valgus, temperatuurikõikumised ning paljud keemilised ühendid mõjutavad polümeerahelate struktuuri ja koostist. Tihtilugu on toimunud muutused pöördumatud ning vananemisprotsessid kumulatiivsed. Seega ei tasu imestada, et 1960 – 70ndate Apollo kosmoseprojekti osalenud astronautide skafandrid on tänaseks tunduvalt enam vananenud kui keskaegsete rüütlite säilinud raudrüüd.

Kuigi Eesti muuesumide kogudes on plastikmuseaale võrreldes teistest materjalidest valmistatud esemetega vähem, esineb neid siiski tähelepanuväärne hulk. Oluline on see, et plastikukogud on üha kasvavad. Näiteks Eesti Tarbekunsti- ja Disainimuseumisse hakati plastikesemeid vastu võtma alles 2000. aastast. Selle ajaga on nende hulk kasvanud peaaegu sajani. Vaatamata väiksele arvule võrreldes ülejäänud muuseumikoguga (~15 000 eset), on mitmed esemed suuremõdulised. Ühtlasi mainis Kai Lobjakas intervjuus, et see on kõige intensiivsemalt kasvav kogu muuseumis. Tallinna Linnamuuseumi Lastemuuseumis on varahoidja Maris Rosenthali sõnul kuskil 3000st esemest umbes 2/3 plastikust valmistatud. Palju

plastikut leidub ka Eesti Rahva Muuseumi ja Eesti Spordimuuseumi kogudes. Isikliku kogemuse läbi tean, et Tartu Mänguasjamuuseumis on väga palju plastikmuseaale. Koostanud 2013. aasta jaanuari vältel plastikmuseaalide seisundihinnanguid, jõudsin üle vaadata ~2000 museaali. Samas olen teadlik, et väga paljud plastikmuseaalid jäid veel hindamata.

Plastikute konserveerimist ja restaureerimist on muuseumid praktiseerinud suuremal või vähemal määral alates 1970 – 80ndatest. Näiteks Marta Pan'i skulptuuri *Sculpture flottante, Otterlo* (1960 – 1961), mida alates 1961. aastast on Köller-Mülleri muuseumi pargi tiigis eksponeeritud, kaeti alates 1975. aastast iga paari aasta järel spetsiaalse polüvinüülibaasil värviseuga. Mitmel korral vajas kunstiteos ka restaureerimist (balansseerimist, vee väljalaskmist jms). Museaalide restaureerimistöid viisid tihtilugu läbi inimesed, kes tegelesid üldisemas mõistes polümeermaterjalidega või siis konservaatoreid, kes muidu olid spetsialiseerinud mingisuguse muu materjali säilitamisele. Mitmeid kordi tuli ette juhuseid, mil muuseumid tellisid kunstiteose autorilt ulatuslikult degradeerunud museaali vahetamiseks uue taiese või siis palusid kunstnikul seda omal käel uuendada. See eeldas muidugi, et kunstnik oli elus ning sellega nõus.

Eraldi konserveerimisharu kujunes plastikute säilitamiseks 1990ndate alguses. Alates sellest ajast on plastikmuseaalidele keskendunud keemia ja materjalitenhologia eriharidusega konservaatoreid, kes on arvukate uuringute ja katsetega püüdnud välja töötada meetodeid, kuidas saaks plastikesemeid kõige paremini originaalkujul säilitada. Tegemist on uue ja kiiresti areneva konserveerimissuunaga, mille puhul ei ole veel kindlaid meetodeid ja vahendeid välja töötatud. Liiga vähest aega on nende toimimist saadud jälgida. Me ei või olla kindlad, et täna suurepäraselt toimiv meetod ka 50 aasta pärast edukalt oma ülesannet täidab. On äärmiselt oluline olla väga täpselt kursis viimaste katsete tulemuste ja järeldustega.

Eestis plastikute konserveerimisharu puudub. Omakeelset teavet selle kohta leidub vaid napsõnaliselt. Plastikmuseaale säilitatakse ühes teiste esemetega, mis on valmistatud näiteks metallist, puidust või nahast, aimamata, et need materjalid toimivad mitme vananemisprotsessi katalüsaatoritena. Muuseumide konservaatoreid ja varahoidjad on märganud kogusse kuuluvate plastikesemete vananemist, kuid siiani on probleem enamjaolt lahenduseta jäänud. Võimaluse korral on kehvemas seisundis museaal parema vastu välja vahetatud või on kunstnikult uus taies tellitud. Tugevalt degradeerunud ainuexemplarid on nii mõnelgi juhul raske südamega hoidlaruumi riulitele „paremaid aegu“ ootama jäetud.

On viimane aeg alustada plastikute konserveerimise suuna arendamist Eestis. Selleks on tarvis teostada järgnevat:

- avardada plastikute säilitamisega tegelevate inimeste teadmisi seoses plastmasside kahjustajate ning vananemisega;
- tutvustada lihtsamaid identifitseerimismeetodeid ja konserveerimisstrateegiaid, mida konservaatorid ja varahoidjad saaksid iseseisvalt koheselt kasutada ja rakendada;
- selgitada konservaatoritele ja varahoidjatele plastikesemete korrektse seisundi-hinnangu olulisust ning tutvustada selle koostamismeetodit;
- koostada muuseumide kogudesse kuuluvate plastikesemete korrektsed seisundi-hinnangud;
- korraldada koolitusi, mille vahendusel tutvustatakse plastikute praktilisi konserveerimismeetodeid;
- tuua konserveerimist õpetavate kõrgkoolide õppekavasse plastikute säilitamist käsitlevad loengud;
- algatada projekte, mis soodustaks ja edendaks muuseumide ja spetsialistide vahelist koostööd seoses plastikute konserveerimisega;
- ühineda maailmas korraldatavate plastikute säilitamist arendavate projektidega.

Usun, et kõike seda on võimalik saavutada ning olenevalt inimeste entusiasmist jõuab Eesti küllalt kiiresti plastikute konserveerimise osas Euroopale järele. Miks ei võiks ka meie järgmises POPART-i projektis osaleda või maailmas korraldatavatel plastikuteemalistel konverentsidel esitleda aastakümneid tagasi kohalike ettevõtete poolt valmistatud toodete näidetest, mil viisil me neid edukalt säilitada suudame? Loodan siiralt, et minu magistritöö annab lugejatele seniajani puudu jäänud vajaliku tõuke ja julguse hakata plastikute konserveerimisele mõtlema kui millelegi võimalikule.

Kasutatud kirjandus ja teised allikmaterjalid

Ametlikud määrused/dokumendid:

1. „Vinyl Chloride Monomer-Related Diseases“, 1992. – Department of Work And Pensions, Social Security Administration, PDF: <http://www.officialdocuments.gov.uk/document/cm66/6645/6645.pdf>, vaadatud 03.12.13.

Raamatud:

1. **Allsopp**, Dennis; **Gaylarde**, Christine C.; **Seal**, Kenneth J. *Introduction to Biodeterioration. Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
2. **Birley**, Arthur W.; **Heath**, Richard J.; **Scott**, Martyn J. *Plastics Materials. Properties and Applications. Second Edition*. Glasgow: Blackie Academic & Professional. 1988 [Esmatrükk 1982].
3. **Brydson**, John. A. *Plastics Materials. Sixth Edition*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999 [Esmatrükk 1966].
4. **Böckmann**, Friedrich. *Celluloid. Its Raw Material, Manufacture, Properties and Uses*. London: Scott, Greenwood & Son, 1921 [Esmatrükk 1907]. PDF: <http://ia600306.us.archive.org/5/items/celluloiditsrawm00bcuoft/celluloiditsrawm00bcuoft.pdf>, vaadatud 16.06.13.
5. **Christjanson**, Peep. *Elastomeerid ja kummid*. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2010.
6. **Christjanson**, Peep. *Polümeeriteadus*. Tallinn: OÜ Infotrükk, 2008.
7. **Christjanson**, Peep. *Polümeeriteaduse alused. Teine trükk*. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2003 [Esmatrükk 2001].
8. **Horie**, Charles Velson. *Materials for Conservation. Organic consolidants, adhesives and coating*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006 [Esmatrükk 1987].
9. **Konsa**, Kurmo. *Artefaktide säilitamine*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 2007.
10. **Kübar**, Harri; **Sepp**, Georg. *Võidetakse võisteldes*. Tallinn: Valgus, 1987.
11. **Lageda**, Peeter. **Kanne**, Leida. *Plastmassid Eesti NSV tööstuses*. Tallinn: Eesti Raamat, 1968.
12. **Lippmaa**, Helle. *Polümeerisõnastik. Polümeeride ja polümeerimaterjalide keemia, füüsika ja tehnoloogia*. Tallinn: Euroülikool, 2001.
13. **Mauring**, Tõnu. *Plastmassid ja plastmasstooted*. Tartu: Tartu Riiklik Ülikool, 1985.
14. **Mossman**, Susan. *Fantastic Plastic. Product Design + consumer culture*. London: Black Dog, 2008.
15. **Pickeral**, Tamsin. „Veekindel vihmamantel“. – *1001 leiutist, mis muutsid maailma [1001 Inventions That Changed the World]*. Peatoimetaja: Jack Challoner [Tõlkinud: Margus Elings, Andrus Maran, Urve Tammjärv; Tõlke toimetas: Eda Posti]. Tallinn: Varrak, 2010 [UK: Octopus Publishing Group Ltd, 2009].
16. **Piiraja**, E. „Plastmassid“. Tallinn: Valgus, 1975.
17. **Quye**, Anita, **Williamson**, Colin. *Plastics. Collecting and Conserving*, Edinburgh: NMS Publishing Limited, 1999.
18. **Rivers**, Susan; Umney, Nick. *Conservation Of Furniture*. Oxford: Butterworth Heinemann, 2003.
19. **Rosen**, Stephen L. *Fundamental Principles Of Polymeric Materials. Second Edition*. New York: A Wiley-Interscience Publication, 1993.
20. **Shashoua**, Yvonne. *Conservation of Plastics*. Oxford: Elsevier, 2008.

Kogumiku artiklid:

1. **Balcar**, Natalie; **Barabant**, Gilles; **Bollard**, Clémentine; **Kuperholc**, Sara; **Keneghan**, Brenda; **Laganà**, Anna; **van Oosten**, Thea; **Segel**, Kathrine; **Shashoua**, Yvonne. „Studies in cleaning plastics“. – *Preservation Of Plastic Artefacts in Museum Collections*. Editors: **Bertrand**, Lavedrine; **Fournier**, Alban; **Martin**, Graham, Pariis: CTHS, 2012, lk. 225 – 252.
2. **Bollard**, Clementine; de **Castro**, Cristina; **Fundeanu**, Irina; **Laganà**, Anna; **van Oosten**, Thea B. „Lights out! The conservation of polypropylene wall tapestries“. – *PLASTICS: Looking at the Future, Learning from the Past*. Toim. Keneghan, Brenda; Egan, Louise. London: Archetype Publications, 2009, lk. 97 – 105. PDF: http://www.incca.org/files/r2r/van_oosten_lights_out_2008.pdf, vaadatud 19.02.14.
3. **Chaumat**, Gilles; **Tran**, Khôï; **Dekkers**, Jan Matthijn; **Lattuati-Derieux**, Agnès; **Pellizzi**, Eleonora. „On-going studies in consolidation of polyurethane (PUR) foams“. - *POPART: Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections*. Editors: **Bertrand**, Lavedrine; **Fournier**, Alban; **Martin**, Graham, Pariis: CTHS, 2012, lk. 271 - 293.
4. **Van Keulen**, Henk; **van Oosten**, Thea B. „Between make-up and make over: protective layers on modern and contemporary art plastic objects“. – *15th Triennial Conference New Dehli, Preprint Volume 1*, India: Allied Publishing, 2008, lk. 505 – 514. PDF: http://www.incca.nl/files/r2r/van_oosten_between_make-up_and_make_over_2008.pdf, vaadatud 19.02.14.

Internetipõhise ajakirja/veebilehe artiklid:

1. **Acres**, John; **Hamotin**, John; Charles; **Morgan**. „Cellulosics - A Classic Centenary“. – *The Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=301>, vaadatud 12.12.13.
2. **Beall**, Glenn L. „Plastics Hall Of Fame: Posthumous Nomination of Alexander Parkes“. – *Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=434>, vaadatud 16.01.14.
3. **Bennett**, Karen L. „Using Silica Gel in Microenvironments“. - *Conserv O Gram*, Washington DC: National Park Service Nr. 1/8, September 1999, PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/01-08.pdf>, vaadatud 17.02.14.
4. **Brown**, David. „Plastics in Dentistry 1“. - *The Plastics Historical Society*, vaadatud 30.01.14.
5. **Chambers**, Richard H. „The Gutta Percha Story“. – *The Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=322>, vaadatud 19.01.14.
6. **Cumberland**, Donald R. Jr, **Sullivan**, Brigid. „Use of Acryloid B72 Lacquer for Labeling Museum Objects“. – *Conserv O Gram*. Washington DC: National Park Service, Nr. 1/4, Juuli 1993. PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/01-04.pdf>, vaadatud 14.10.13.
7. **Edwards**, Benj. „Why Super Nintendos Lose Their Color: Plastic Discoloration in Classic Machines“. – *Vintage Computing and Gaming/ The Retrogaming and Retrocomputing Blogazine*, 12.01.2007, <http://www.vintagecomputing.com/index.php/archives/189>, vaadatud 05.03.13.
8. **Forrest**, Martin J. Analysis of Plastics. Rapra Review Reports, Volume 13, Number 5, Rapra Technology Ltd, 2002 (PFD).
9. **Goughlin**, M. „Monitoring Acidic Off-Gassing of Plastics.“ - *Conserv O Gram*. Washington DC: National Park Service, No. 8/5, September 2011. PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/08-05.pdf>, vaadatud 01.12.13.
10. **Harding**, Colin. „Celluloid And Photography Part 4“. – *The Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=325>, vaadatud 11.12.13.

11. **Hatchfield**, Pamela. „Pollutants in the Museum Environment: Practical Strategies for Problem Solving in Design, Exhibition and Storage“. – *WAAC Newsletter*, New York: Western Association for Art Conservation, Vol. 26, Nr.2, May 2004, PDF: <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn26/wn26-2/wn26-204.pdf>, vaadatud 17.02.14.
12. **Janssen**, Sarah. „Congress Must Protect People from Toxic Chemicals Known to Cause Harm: Vinyl Chloride“. – *Natural Resources Defence Council*, July 2010, PDF: <http://www.saferchemicals.org/PDF/resources/vinyl-chloride-fs.pdf>, vaadatud 25.11.13.
13. **Katz**, Silvia. „Little White Plastic Collars“. – *Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=557>, vaadatud 30.01.14.
14. **Kilby**, Virginia. „Buffered And Unbuffered Storage Materials“. – *Conserv O Gram*, Washington DC: National Park Service, Nr. 4/9, July 1995, PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservogram/04-09.pdf>, vaadatud 19.02.14.
15. **Kruut**, Margus. „Estoplasti kadunud valgust meenutades“. – *Postimees*, 08.05.2011; <http://www.postimees.ee/430899/estoplasti-kadunud-valgust-meenutades>, vaadatud 23.11.11.
16. **Morgan**, John. „Plastics Processing Machinery - The Vital Partner“. – *Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=381>, vaadatud 28.03.14.
17. **Mossman**, Susan. „Synthetic Fibres, From Dreams To Reality“. – *Plastics Historical Society*, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=552>, vaadatud 30.01.14.
18. **Pasiuk**, Janet. „Care and Identification of Objects made from Plastic“. – *Conserv O Gram*. Washington DC: National Park Service, No. 8/4, September 2010. PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservogram/08-04.pdf>, vaadatud 13.10.13.
19. **Springer**, Samantha. „UV and Visible Light Filtering Window Films“. – *WAAC Newsletter*, New York: Western Association for Art Conservation, Vol. 30 Nr. 2, May 2008, <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn30/wn30-2/wn30-204.pdf>, vaadatud 17.02.14.
20. **Tsang**, Jai-sun. „Safe Handling of Plastics in a Museum Environment“. – *WAAC Newsletter*, New York: Western Association for Art Conservation, Vol. 32, Nr. 2, May 2010, PDF: <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn32/wn32-2/wn32-204.pdf>, vaadatud 18.02.14.
21. **Williams**, Scott. „Care of Plastics: Malignant Plastics“. – *WAAC Newsletter*, New York: Western Association for Art Conservation, Vol. 24 Nr. 1, January 2002, <http://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn24/wn24-1/wn24-102.html>, vaadatud 13.02.14.
22. **Voellinger**, Theresa A; **Wagner**, Sarah S. „Cold Storage for Photograph Collections – Using Individual Freezer Units“. – *Conserv O Gram*, Washington DC: National Park Service, Nr. 14/11, August 2009, PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservogram/14-11.pdf>, vaadatud 13.10.13.
23. **Voellinger**, Theresa A; **Wagner**, Sarah S. „Cold Storage for Photograph Collections – An Overview“. – *Conserv O Gram*, Washington DC: National Park Service, Nr. 14/10, August 2009, PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservogram/14-10.pdf>, vaadatud 13.10.13.
24. **Voellinger**, Theresa A; **Wagner**, Sarah S. „Cold Storage for Photograph Collections – Vapor-Proof Packaging“. – *Conserv O Gram*, Washington DC: National Park Service Nr. 14/11, August 2009, PDF: <http://www.nps.gov/museum/publications/conservogram/14-12.pdf>, vaadatud 13.10.13.

Esitlused:

1. **Keneghan**, B. „Plastics in collections“. [Powerpointi esitlus] London: Victoria & Albert Museum, Conservation Department, 2007, lk. 58.

Internetileheküljed:

1. **Catalin Radio.** Catalin Radio History, <http://catalinradio.com/p-2817-history.html>, vaadatud 25.11.13.
2. **Chemistry of Life.** Bakelite – First Synthetic Plastic, <http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/bakelite.html>, vaadatud 04.12.13.
3. **Encyclopedia Britannica,** Polyethylene terephthalate (PET ot PETE), <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/468536/polyethylene-terephthalate-PET-or-PETE>, vaadatud 04.02.14.
4. **Galalith History,** <http://www.galalith.eu/histoire%20A.htm>, vaadatud 01.10.13.
5. **History – PVC,** <http://www.pvc.org/en/p/history>, vaadatud 24.09.13.
6. **Ministry of Manpower.** Occupational Safety & Health Circular Safe Use, Handling and Storage of Nitrocellulose, PDF: [https://www.wshc.sg/wps/themes/html/upload/cms/file/2000-07%20Safe%20Use%20Handling%20and%20Storage%20of%20Nitrocellulose%20\(2\).pdf](https://www.wshc.sg/wps/themes/html/upload/cms/file/2000-07%20Safe%20Use%20Handling%20and%20Storage%20of%20Nitrocellulose%20(2).pdf), vaadatud 13.02.14.
7. **Museum of Design in Plastics.** Short Cuts, <http://www.modip.ac.uk/resources/toolkit/route-map/short-cuts>, vaadatud 25.11.13.
8. **Orto Ajalugu,** <http://orto.ee/ajalugu>, vaadatud 19.11.13.
9. **Plastipedia,** Nylons (Polyamides), <http://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Polymers/Polyamides.aspx>, vaadatud 04.02.14.
10. **Plastipedia,** Polycarbonate PC, <http://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Polymers/Polycarbonate.aspx>, vaadatud 05.02.14.
11. **Punase RETi ajalugu,** <http://ret.ee/index.php/ret/ajalugu>, vaadatud 18.11.13.
12. **Santa Clara University Engineering Design Center.** Air traps. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/airtraps/f1000001.htm, vaadatud 07.03.13.
13. **Santa Clara University Engineering Design Center.** Black specks/black streaks. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/black/f7000001.htm, vaadatud 07.03.13.
14. **Santa Clara University Engineering Design Center.** Delamination. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/delamin/fa000001.htm, vaadatud 08.03.13.
15. **Santa Clara University Engineering Design Center.** Flash. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/flash/fe000001.htm, vaadatud 09.03.13.
16. **Santa Clara University Engineering Design Center.** Flow Marks. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/flowmark/ff000001.htm, vaadatud 09.03.13.
17. **Santa Clara University Engineering Design Center.** Ripples. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/ripples/fg000001.htm, vaadatud 09.03.13.
18. **Santa Clara University Engineering Design Center.** Shrinkage and warpage. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/process/physics/b3500001.htm, vaadatud 07.03.13.
19. **Santa Clara University Engineering Design Center.** Sink marks. http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/sinkmark/f5000001.htm, vaadatud 07.03.13.
20. **Solvay Plastics.** Plastic Processing Techniques. <http://www.solvayplastics.com/sites/solvayplastics/EN/vinyls/processing/Pages/vinyls-processing.aspx>, vaadatud 16.03.13.
21. **The Plastics Collection,** White Collar Plastic, <http://plastics.syr.edu/page.php?id=/essays/white-collar-plastic>, vaadatud 11.12.13.

22. **The Plastics Historical Society.** The Identification of Plastics, <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=7&subid=128>, vaadatud 24.11.13.
23. **The Plastics Historical Society,** 1851: Ebonite, the birth of the plastics industry?, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=379>, vaadatud 11.12.13.
24. **The Plastics Historical Society,** A History Of The Golf Ball, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=388>, vaadatud 11.12.13.
25. **The Plastics Historical Society,** Cellulosics - A Classic Centenary, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=301>, vaadatud 11.12.13.
26. **The Plastics Historical Society,** Mass-produced Pens, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=304>, vaadatud 03.02.14.
27. **The Plastics Historical Society,** People and Polymers, <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=4&pcon=>, vaadatud 11.12.13.
28. **The Plastics Historical Society.** Vulcanite, <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=41>, vaadatud 09.09.13.
29. **The Plastics Historical Society.** A History of Rotational Moulding, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=327>, vaadatud 01.12.13.
30. **The Plastics Historical Society.** From Milk to Manicute Sets: The Casein Process, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=7>, vaadatud 31.01.14
31. **The Plastics Historical Society.** Parkesine and Celluloid: From Britain to America, <http://www.plastiquarian.com/index.php?articleid=539>, vaadatud 04.11.13.
32. **The Plastics Historical Society.** Polycarbonate, <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=109>, vaadatud 05.02.14.
33. **The Plastics Historical Society.** Trade Marks, <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=2&subid=32>, vaadatud 24.11.13.
34. **The Royal Society of Chemistry,** „Plastics conservation - Barbie™ and friends.“ - <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000302/plastics-conservation-barbie-and-friends>, vaadatud 15.05.13
35. **Transformers Wiki.** Gold Plastic Syndrome. http://tfwiki.net/wiki/Gold_Plastic_Syndrome, vaadatud 29.01.13.
36. **Wikipedia.** Camphor. <http://en.wikipedia.org/wiki/Camphor>, vaadatud 09.09.13.
37. **Wikipedia.** High-Density Polyethylene, http://en.wikipedia.org/wiki/High-density_polyethylene, vaadatud 07.01.12.
38. **Wikipedia.** Low-Density Polyethylene, http://en.wikipedia.org/wiki/Low_density_polyethylene. vaadatud 07.01.12.
39. **Wikipedia.** Polyurethane, <http://en.wikipedia.org/wiki/Polyurethane>, vaadatud 07.01.12.
40. **Wikipedia.** Polyvinyl Chloride, http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_chloride, vaadatud 07.01.12.

Illustratiivne materjal:

1. Joonis 1.1 - Kaader dokumentaalfilmist *Plastic Planet*. **Boote**, Werner. „Plastic Planet“. Austria/Saksamaa: Brandstorm Entertainment, Cine Cartoon Filmproduktion, Neue Sentimental Film Entertainment GmbH, Zuta Filmproduktion, 2009, 13:49.
2. Joonis 2.1 - **Šellak:** <http://www.classical-bicycles.com/images/tipspics/Flakes.JPG>; **Kilpkonnalu:** www.obxtradingroup.com/images/products/brown%20hawksbill.jpg; **Lehma sarv:** <http://kaufmann-mercantile.com/images/cow-horn.jpg>; **Merevaik:** <https://encryptedtbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSkwVBqdBIDqJLnZ7DJOYtoE58cp0y1rmevcFHToGS2XmLH37kO>; **Bituumen:** <http://www.micmore.com/wp-content/uploads/2013/05/bitumen1.jpg>, vaadatud 30.09.13.
3. Joonis 2.2 – Guttapertšist valmistatud golfipall, <http://www.golfmagic.com/news/100-year-old-ball-found-beside-links/4858.html>, vaadatud 11.12.13.

4. Joonis 2.3 – Bois Durcist valmistatud kandik, http://2.bp.blogspot.com/-LNfUhFByLo8/UbB_EIF_gwI/AAAAAAAAAHf8/Gn9Mc5qE39Q/s1600/bois+durci+tray.jpg, vaadatud 30.09.13.
5. Joonis 2.4 – *Hevea brasiliensis* 'elt piima kogumine, <http://cdn.c.photoshelter.com/imgget/I0000iTKS.Che.6w/s/600/600/3052145.jpg>, vaadatud 28.09.13.
6. Joonis 2.6 – Uus-Mehhikos asuv biljardisalong aastal 1883, <http://gclbilliards.com/wp-content/uploads/2013/06/old-western-billiardsaloon.jpg>, vaadatud 28.09.13.
7. Joonis 2.7 – Nitrotselluloosist särgikrae kuulutus aastast 1909, <http://superpupsays.typepad.com/.a/6a00d8345161d669e2010536a8cecd970c-pi>, vaadatud 30.01.14.
8. Joonis 2.9 – Galaliidist valmistatud nõöbid, <http://jewelhistory.com/2009/03/27/art-deco-galalith/>, vaadatud 01.10.13.
9. Joonis 2.10 – 50ndatel valmistatud bakeliidist telefon, <https://sites.google.com/site/antiquebakelitetelephones/>, vaadatud 01.10.13.
10. Joonis 2.11 - Catalinist raadio FADA 115 / 116 Bullet, <http://catalinradio.com/i-2885506-fada-115-116-bullet-blue-with-butterscotch-trim.html>, vaadatud 11.12.13.
11. Joonis 2.12 – 40ndatel karbamiid-formaldehüüdist valmistatud raadio, <http://www.fubiz.net/galleries/set/plastics-radios/photo/369920041/>, vaadatud 01.10.13.
12. Joonis 2.13 - MF-laminaadi reklaam 1950ndatest, <http://static.guim.co.uk/sys-images/Arts/Arts/Pictures/2013/1/16/1358348069470/Formica-kitchen-012.jpg>, vaadatud 31.01.14.
13. Joonis 2.14 – Polüstüreenist toodetud sööginõud, <http://www.biomasspackaging.com/brands/245192-bagasseware>, vaadatud 02.10.13.
14. Joonis 2.15 – Transformers'i mänguasi, <http://bontoys.com/transformers/38.jpg>, vaadatud 02.10.13.
15. Joonis 2.16 – Nailonsukkade imiteerimine, <http://1940s.org/fashion/the-great-nylon-depression-of-the-1940s/attachment/nylons-3/>, vaadatud 04.02.14.
16. Joonis 2.17 – PMMA-st valmistatud laud, <http://www.gordonengraving.co.uk/Perspex/furniture/pxclearable.jpg>, vaadatud 03.10.13.
17. Joonis 2.18 – PMMA-st ja hõbedast valmistatud modernne kaelaehe (Lua Lua, Tutti Frutti), <http://www.lualua.bigcartel.com/product/tutti-frutti-11>, vaadatud 03.10.13.
18. Joonis 2.19 – PVCst vinüülheliplaat, http://files.softicons.com/download/object-icons/vinyl-icons-by-pica-ae/png/512x512/Vinyl_Turquoise.png, vaadatud 27.09.13.
19. Joonis 2.20 – PVCst valmistatud mantel, <http://www.polyvore.com/cgi/img-thing?.out=jpg&size=l&tid=46509486>, vaadatud 27.09.13.
20. Joonis 2.21: Tupperware® säilituskarpide reklaam 1950ndatest, <http://kingygraphicdesignhistory.blogspot.com/2010/05/penny-post-4-tupperware.html>, vaadatud 03.02.14.
21. Joonis 2.23 – P. Starcki disainitud tugitool Richard III, mis on valmistatud jäigast polüuretaanvahust, http://www.cerrutibaleri.com/pdf/cerrutibaleri.com_richard-iii_data_sheet.pdf, vaadatud 03.10.13.
22. Joonis 2.24 - Kunstnik Markus Linnenbrink'i skulptuur „Save the Earth“, <http://www.escapeintolife.com/artist-watch/markus-linnenbrink/>, vaadatud 04.12.13.
23. Joonis 2.26: CD helikandja, http://1.bp.blogspot.com/-IS6pav2t3Rg/TafeMIJv6mI/AAAAAAAAAEQ/_-QfeZqj7sY/s0/cdrom%252BDisk.jpg, vaadatud 05.02.14.
24. Joonis 2.27: Ateena Olümpiastaadion, <http://www.icis.com/blogs/icis-chemicals-confidential/2008/01/architecture-review-fancy-pc-r/>, vaadatud 31.03.14.
25. Joonis 3.1 – Võltspärlnutrist söögitarvikud, [http://i.ebayimg.com/t/VINTAGE-SET-OF-TWELVE-FAUX-PEARL-HANDLED-FISH-EATERS-KNIVES-FORKS-/00/s/OTAwWDE2MDA=/z/ftoAAOxyUrZS7m9g/\\$_57.JPG](http://i.ebayimg.com/t/VINTAGE-SET-OF-TWELVE-FAUX-PEARL-HANDLED-FISH-EATERS-KNIVES-FORKS-/00/s/OTAwWDE2MDA=/z/ftoAAOxyUrZS7m9g/$_57.JPG), vaadatud 06.02.14.; Ehtsast pärlnutrist nuga, <http://www.liveauctioneers.com/item/8651756>, vaadatud 06.02.14.
26. Joonis 3.2 – Dolores del Rio portree, <http://www.allstarpics.net/0012584/015568907/dolores-del-rio-pic.html>, vaadatud 07.02.14.

27. Joonis 3.3 – Bissa merekilpkonn,
http://www.konicaminolta.com/kids/endangered_animals/library/sea/img/hawksbill-turtle_img01-1.jpg, vaadatud 06.02.14.
28. Joonis 3.4 – Kilpkonnaluu ja selle imitatsioonid: **kilpkonnaluu kamm**,
<http://www.ebay.com/gds/TORTOISESHELL-Real-or-fake-How-to-tell-the-difference-/10000000012067858/g.html>, vaadatud 07.02.14. ;**hele kilpkonnaluu**,
[http://i.ebayimg.com/12/!!d2coTgBHM~\\$\(KGrHgoOKjIEjlLmWpluBKEWnW\(Etw~~_32.JPG](http://i.ebayimg.com/12/!!d2coTgBHM~$(KGrHgoOKjIEjlLmWpluBKEWnW(Etw~~_32.JPG)
G, vaadatud 06.02.14.; **sulatatud kilpkonnaluu kamm**,
[http://i.ebayimg.com/02/!!d2codQBHM~\\$\(KGrHgoOKkMEjlLmV,uSBKEWwdW-Cg~~_32.JPG](http://i.ebayimg.com/02/!!d2codQBHM~$(KGrHgoOKkMEjlLmV,uSBKEWwdW-Cg~~_32.JPG), vaadatud 06.02.14.; **kilpkonnaluu imitatsioon sarvest**,
[http://i.ebayimg.com/04/!!d2cotg!\(M~\\$\(KGrHgoOKkYEjlLmbku,BKE\(CiY2V!~~_32.JPG](http://i.ebayimg.com/04/!!d2cotg!(M~$(KGrHgoOKkYEjlLmbku,BKE(CiY2V!~~_32.JPG),
vaadatud 06.02.14.; **nitrotselluloosist kamm**,
[http://i.ebayimg.com/00/s/MTYwMFg4MjI=/z/x3UAAOxyHQISEWOM/\\$T2eC16N,!EE9s2ufg46BSEWOL4p,w~~60_32.JPG?rt=nc](http://i.ebayimg.com/00/s/MTYwMFg4MjI=/z/x3UAAOxyHQISEWOM/$T2eC16N,!EE9s2ufg46BSEWOL4p,w~~60_32.JPG?rt=nc), vaadatud 06.02.14.
29. Joonis 4.1 – Erineva tootmiskvaliteediga plastikosad.
<http://www.vintagecomputing.com/index.php/archives/189>, vaadatud 26.03.13.
30. Joonis 4.12 – Kuldplastiku sündroom (pildid videost, luba küsitud),
<https://www.youtube.com/watch?v=qcjAUN5Ssj8>, vaadatud 29.01.13.
31. Joonis 6.2 – Marta Pan, *Sculpture flotante*, *Otterlo*,
https://math.temple.edu/~seibold/projects/art/fig_sculpture_flottante_2.jpg, vaadatud 31.03.14.

CONSERVATION OF PLASTIC ARTEFACTS

SUMMARY

Karoline Korol

Before 1862 the only polymeric plastic materials used were natural plastics. The most common ones were horn, tortoiseshell, ivory, shellac and natural rubber. Manufacturing everyday objects from those materials was time-consuming and difficult. The produced products tended to be brittle and dependent of the climate. For example natural rubber softens and becomes sticky in warm temperatures, on the contrary it stiffens in the cold. In addition to that, several materials were very exclusive, e.g. tortoiseshell and ivory. That did not suit the growing middle-class of the industrial revolution heyday, who wanted more than anything to differ considerably from the working-class and to look more like the rich people. So there was increasing demand for a new kind of material that would be easily processed, in plenty of supply, capable of imitating expensive materials and most importantly – would be cheap. The new semi-synthetic material – Parkesine (nitrocellulose) – achieved something its inventor could not even dream of. It was the beginning of a new era in material technology history – the plastics age.

The promises of forever lasting material were unfortunately broken. In nowadays chemistry industries the long-lasting plastics materials are considered to be the ones which maintain their mechanical, physical and chemical properties maximum of 15 – 25 years. Plastics degradation starts from the manufacturing point and cumulates during the whole exploitation time. Oxygen, humidity, temperature fluctuations, light and many chemical compounds decrease plastics properties. Even other materials, such as metals, leather and wood, act as catalysts for the aging processes. So one can imagine how difficult it is to preserve these fragile materials.

It was at the beginning of the 1990s when the conservators of Victoria&Albert museum noticed that there was something alarming going on with the plastic objects. Quickly they started to work out some conservation strategies and that was the beginning of plastics conservation. Since the end of the 90s four books have been written about the subject. The first was printed in 1999, the second in 2008, the third in 2009 and the latest in 2012. So the conservation of plastics is a relatively new field in the conservation world. There are lots of on-going studies to improve the preservation and conservation techniques, for example mechanical cleaning or consolidation. The problem is that the 20-year experience is not enough for confident conservation practice. Although it is possible to speed-age the samples,

the real degradation is somewhat different. Only time can show which decisions were right or wrong. Today's protective solution might be harmful tomorrow. That is why it is crucial to keep up with the results and discoveries of different on-going studies.

In Estonia no-one has actually ever gotten deeper into the conservation of plastics studies, which is why there is very little information about the subject in Estonian. Nevertheless, the plastics collections in our museums are quite numerous. Many of the artefacts are in critical condition. I know that because I have visited several local museums, examined the storage and exhibition conditions and interviewed treasurers and conservators. The interviewees were really worried about the plastic objects, but there is no-one to turn to with the problem. Due to the lack of information plastics are preserved together with other materials and in the same conditions, unknowingly that some materials might be harmful for plastics or the other way round. The more severely degraded objects are put into a box to "wait for better times" because nobody knows what to do with them.

The general goal of this research is to enrich readers' knowledge of plastics manufacture history and conservation methods and to point out the seriousness of the problem with plastics degradation. The written material can be considered as a handbook which suggests several easy to practice preservation methods. An important innovation among the study is a unique survey system for plastic objects that I developed during my internship at Tartu Toy Museum, where I did condition surveys of plastic objects. These detailed forms can be used as study materials where the most common damages of plastic artefacts are all shown separately, eliminating the possibility to overlook some of them. It is very important to value the condition of a plastic object correctly, because all the further conservation strategies and methods depend on it.

As I already wrote about plastics conservation in my Bachelor's thesis, I have used some of the written materials for this research as well. It was a great foundation for my Master's thesis. Just as an introduction I wrote two years ago about polymers and plastics composition, the identification of plastics, degradation and conservation. Now I have gone considerably deeper into the subject.

The first chapter explains what polymers are and what they consist of. It is important to know why different plastics have distinct mechanical, physical and chemical properties. Without the basic knowledge of polymers it would be difficult to understand their degradation and to

choose the right polymers for practical conservation. We need to know why some plastics are opaque, some crystal clear; what is molecular mass and how it influences the properties of the plastic; how the structure of molecular chains influences plastics' solubility and resistance to heat etc.

The second chapter introduces the most common plastics in museum collections. It is very interesting to follow the development of plastics from semi-synthetic unstable materials to synthetic easy to process massproduced materials. There are 17 different plastics described ordered by their discovering. Each subchapter contains historical information about the plastic, its development, properties, use and most popular products. Knowing the history, properties and most popular products made from certain plastics can be a big help in the identification of a polymer.

The third chapter teaches the reader how to identify plastics using simple and quick identification techniques. It is essential to know which polymer the object is made of. The conditions of preservation and exhibition, the conservation methods and materials – all hinge on the polymer type. Some plastics are “malignant”, meaning they are harmful to other materials (and also to themselves!), i.e. nitrocellulose, celluloseacetate, plasticized polyvinyl chloride, polyurethane and natural rubber. These plastics should always be preserved separately and in special conditions. There are undamaging as well as damaging techniques that do not need special equipment or facilities to be used. With sufficient experience several plastics can be identified just by their smell, looks or knowledge of processing and product history. For example, Bakelite is always in dark colour and very hard, nitrocellulose smells like pine resin (containing camphor) and polyethylene reminds candle wax when touched. So most of the time the damaging identification methods are not necessary which is good news for the museum objects that cannot be harmed.

The fourth chapter explains how and why plastics degrade. At the beginning of the chapter the most common processing methods of plastics are introduced. It is useful knowledge that can also help the identification of plastics, but more importantly it explains why different defects occur during processing. These imperfections can affect the exploitation time of the object causing the decline of its resistance to damaging factors. So that might sometimes be the reason why half of the object has yellowed half not, although both parts are exposed equally to sunlight and made of the same polymer at the same time in the same factory. After the processing defects, mechanical, physical, chemical and biological degradation processes and

factors are separately outlined. At the end of the chapter there is an exhaustive table of various aging possibilities of plastic objects that is needful for using the condition survey form introduced in the next chapter.

The fifth chapter explains how to evaluate the condition of plastic artefacts. The evaluation system is based on seven marks from 1 (very good) to 7 (very poor). The reason why there are seven not commonly used five marks, is the two transition-marks – 3 (between good and acceptable) and 5 (between acceptable and poor). During the condition surveys I did in Tartu Toy Museum I felt frequently that the object I was holding in my hand could not be evaluated as in good nor acceptable or acceptable nor poor condition. This is due to the fact that there are many different degradation types which have unequal part of the total grade of the object condition. For example, if we have an object that has lots of small scratches on the surface and its colour has slightly yellowed, its evaluation mark is neither good nor acceptable, because its chemical condition might be very good. On the other hand, there might be an object that seems to be in very good condition, but removed from the wrapping it is sticky and smelly. It means its chemical condition is poor and it cannot be evaluated as in acceptable condition, because the chemical degradation has a high proportion in the total grade. At the same time the general looks of the object has preserved and with the right preservation methods the chemical degradation can be hindered, so the object should not be rated to be in poor condition either.

The sixth chapter of the research focuses on the conservation of plastic artefacts. First, the preventive conservation methods are introduced – handling of the plastic objects, preservation conditions in storage rooms and exhibition, methods to monitor the off-gassing objects, materials to gather the harmful gases, cold storage and freezing of plastics, proper materials for exhibition and conservation. Then the active conservation methods are discussed – cleaning, consolidating, gluing, filling the holes and protective coating possibilities. There are lots of suitable conservation materials proposed for different conservation strategies. Some of them need more sophisticated equipment but most are quite simply practicable, so collectors can also use the methods in their homes.

At the end of the research paper, there is a considerable amount of extra information. The discoveries of different plastics and their introduction to the local industries, the methods of manufacture, mechanical and physical properties, additives – all can be found as tables in the appendix. There are also the plastic object survey forms with examples of their use and three

conservation documentations to illustrate the practical projects I have done during writing of this Master's thesis.

This independent research is the first profound material written in Estonian about plastics identification, degradation and conservation. It consists of information that is scientifically accurate but still simple enough that people who do not have considerable knowledge in material chemistry will cope with it. The research is meant for treasurers, conservators, conservation students, lecturers and collectors. Its aim is to show that the conservation of plastics is possible. There are many conservation methods which could be practiced immediately, not needing any expensive or sophisticated equipment. A lot can be achieved just with the change of attitude. The idea of forever lasting plastics must be put aside. I am hoping that my research is the first step towards the development of plastics conservation field in Estonia and that it is strong and confident enough to lose the 20-year gap between Europe and Estonia so we could join the projects and research giving us the latest and best solutions for preserving our heritage from the plastics age.







Lisad

Lisa 1. Mõnede polümeeride nimetuste lühendid ²³⁰

Lühend	Materjal	Üldkasutatav nimi
ABS	Akrüülnitriil-butadieen-stüreen (<i>Acrylonitrile-butadiene-styrene polymer</i>)	ABS
CA	Tselluloosatsetaat või atsetaatselluloos (<i>Cellulose acetate</i>)	Atsetaat (<i>Acetate</i>)
CN / NC	Tselluloosnitraat või nitrotselluloos (<i>Cellulose nitrate</i>)	Tselluloid (<i>Celluloid</i>)
CS	Kaseiin (<i>Casein</i>)	Kaseiin
EP	Epoksüvaik (<i>Epoxide resin</i>)	Epoksiid (<i>Epoxy</i>)
HDPE	Kõrgtihe polüetüleen (<i>High-density polyethylene</i>)	-
HIPS	Löögikindel polüstüreen (polüstürool) (<i>High-impact polystyrene</i>)	-
LDPE	Madaltihe polüetüleen (<i>Low-density polyethylene</i>)	-
MF	Melamiin-formaldehüdvaik (<i>Melamine-formaldehyde</i>)	Melamiin (<i>Melamine</i>)
NR	Looduslik kummi (cis-1,4-polüisopreen) (<i>Natural rubber</i>)	Kummi
PA	Polüamiid (<i>Polyamide</i>)	Nailon (<i>Nylon</i>)
PC	Polükarbonaat (<i>Polycarbonate</i>)	Polükarbonaat
PET	Polüetüleen-tereftalaat (<i>Polyethylene terephthalate</i>)	Polüester (<i>Polyester</i>)
PE	Polüetüleen (<i>Polyethylene</i>)	Polüeteen
PF	Fenool-formaldehüdvaik (<i>Phenol-formaldehyde</i>)	Fenoplast (<i>Phenolic</i>)
PMMA	Polümetüülmetakrülaat (<i>Polymethyl methacrylate</i>)	Akrüül (<i>Acrylic</i>)
PP	Polüpropüleen (<i>Polypropylene</i>)	Polüpropeen
PS	Polüstüreen (polüstürool) (<i>Polystyrene</i>)	Stüreen (<i>Styrene</i>)
PUR	Polüuretaan (<i>Polyurethane</i>)	Poroloon (vahtplast)
PVAc	Polüvinüülatsetaat (<i>Polyvinyle acetate</i>)	PVA
PVAI	Polüvinüülalkohol (<i>Polyvinyl alcohol</i>)	-
PVC	Polüvinüülkloriid (<i>Polyvinyl chloride</i>)	Vinüül (<i>Vinyl</i>)
UF	Karbamiid-formaldehüdvaik (<i>Urea-formaldehyde</i>)	Aminoplast (<i>Urea</i>)
UP	Küllastumata polüester (<i>Unsaturated polyester</i>)	-
UPVC	Pehmendamata polüvinüülkloriid (<i>Unplasticised PVC</i>)	-
EPS	Vahtpolüstüreen (<i>Expanded polystyrene</i>)	Penoplast

²³⁰ Christjanson, *Polümeeriteaduse alused*, lk 113-115

Lisa 2. Tuntumate kohalike plastikutootjate logod ²³¹

Logo	Lisainfo	Materjal ²³²	Põhitoodang
	Estoplast – 1959 – 2003. (Elektrometall + Presto) 1960ndate keskel kujundati uus märk, mis oli punane ja sisaldas ettevõtte nime.	PF PE (al 1961) PS PMMA	Valgustid, installatsiooni-seadmed.
	Norma – al. 1946, plastikute tootmine 1950ndate lõpust.	PS PE	Erinevad mänguasjad (autod, kaatrid), turvavööd.
	Orto – al. 1932, plastikute tootmine alates aastast 1965.	Klaasplast PE	Tarbekeemia, kodukeemia, erinevad plastmass-pakendid, toolipõhjad ja seljatoed, merepoid.
	Salvo – 1948 – 1993. 1949 alustati plastmassesemete tootmist.	PF MF PE PS PC	Kiivrid, kelgud, suusad ja suusasaapad, korgid, kausid, mänguasjad, pandlad, kabenupud, lokirullid, fotonegatiivide karbid.
	Tartu Kammivabrik – 1918. Al. 1930- Eesti Kammivabrik. Al. 1972 – Tartu Plastmasstoodete Katsetehas, Al. 1991 – AS Estiko Plastar.	Sarv Galaliit CN Vulkaniit PE (al 1969) PS (al 70ndatest) PP (al 70ndatest)	Kammid, sulepead, hambaharjad, prilliraamid, suitsupitsid, juukseklambrid, lauatenise pallid, kõristid, kiigud, kiivrid, kilekotid ja pakendid.
	Punane RET – 1937, algse nimetusega OÜ Raadio-elektrotehnika tehas (RET).	PF PS (elevandiluu imitatsioon)	Raadio-, heliülekanne, kino ja kaugenägemise seadmed ning elektrotehnika aparaadid, mootor- ja jalgrattad, fototarbed.

²³¹ Estoplast - **Kruut**, M. 2011/05. *Estoplasti kadunud valgust meenutades*. Postimees; (WWW): <http://www.postimees.ee/430899/estoplasti-kadunud-valgust-meenutades>, vaadatud 23.11.11.

Norma - **Lageda**, P. **Kanne**, L. *Plastmassid Eesti NSV tööstuses*. Tallinn: Eesti Raamat, 1968, lk. 45.

Orto - **Lageda**, *Plastmassid Eesti NSV tööstuses*, lk. 56; <http://orto.ee/ajalugu>, vaadatud 19.11.13.







Salvo - **Lageda**, P; **Kanne**, L. *Plastmassid Eesti...*, lk. 24 – 30.

Tartu Kammivabrik - **Kübar**, H; **Sepp**, G. *Võidetakse võisteldes*. Tallinn: Valgus, 1987, lk. 3 – 9.

Punane RET - <http://ret.ee/index.php/ret/ajalugu>, vaadatud 18.11.13.

²³² Tegemist on enamjaolt kasutatud materaalidega, millele võib ka nimekirjaväliseid polümeere lisanduda.

Lisa 3. Mõnede tuntumate välismaiste tootjate logod ²³³

Logo	Lisainfo	Materjal
	Bakelite Limited – 1926 – 1998, Inglismaa	Enamjaolt PF
	Birkbys Plastics Ltd. – Plastikute tootmine alates 1920ndatest, Inglismaa	1920ndad – fenoplastid 1950ndad – akrüülplastikud ja fenoplastid
	Etablissements Ebena SA – 1921 – 1931, Belgia	<i>Bois durci</i>
	Elliott Ltd. – Logo pärineb 1935. aastast – 1982, Inglismaa	PF Kaseiin-formaldehüüd
	Xylonite Ltd. – 1869 – 1874, Inglismaa	CN
	Erinoid Limited – 1930ndatest, Inglismaa	Kaseiin-formaldehüüd

²³³ Trade Marks, Plastics Historical Society, (WWW): <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=2&subid=32>, vaadatud 24.11.13.

Lisa 4. Tuntumad plastikute kaubanduslikud nimed ²³⁴

Kaubanduslik nimetus	Eestikeelne nimetus	Keemiline nimetus
Bakelite	Bakeliit	Fenool-formaldehüüd (täiteainetega või ilma)
Beetle	-	Karbamiid-formaldehüüd
Bois Durci	Kõvendatud puit	Verest või kanamunast saadud valk + puidupuuder
Catalin	Kataliin	Fenool-formaldehüüd
Celluloid	Tselluloid	Nitrotselluloos
Ebena	-	Verest või kanamunast saadud valk + puidupuuder
Ebonite	Eboniit	Kõva vulkaniseeritud kummi
Erinoid	-	Kaseiin-formaldehüüd
Galalith	Galaliit	Kaseiin-formaldehüüd
Lucite	-	Polümetüülmetakrülaad
Melinex	-	Polüetüleentereftalaad
Mylar	-	Polüetüleentereftalaad
Nylon	Nailon	Polüamiid
Perspex	-	Polümetüülmetakrülaad
Plexiglass	Pleksiklaas	Polümetüülmetakrülaad
Polystyrol	Polüstürool	Polüstüreen
Styron	-	Polüstüreen
Tyvek	-	Madala tihedusega polüetüleen
Vulcanite	Vulkaniit	Kõva vulkaniseeritud kummi
Xylonite	Ksüloniit	Nitrotselluloos

²³⁴ **Short Cuts**, Museum of Design in Plastics (MoDiP), (WWW): <http://www.modip.ac.uk/resources/toolkit/route-map/short-cuts>, vaadatud 25.11.13.

Lisa 5. Mõnede plastikute avastamise ajajoon

Plastik	Aasta ja avastaja
Vulkaniseeritud kummi	1839, Charles Goodyear
Vulkaniit (kõva kummi)	1842, Thomas Hancock
Guttapertš	1843, William Montgomerie
Püroksüliin	1846, Christian Friedrich Schönbein
<i>Bois Durci</i>	1855, François Charles Lepage
Parkesiin	1862, Alexander Parkes
Tselluloid	1870, John Wesley Hyatt
Tselluloosatsetaat	1894, Charles Frederick Cross ja Edward John Bevan
Galaliit	1895, Wilhem B. Kricheldorf ja Adolf Spitteler
Bakeliit	1907, Leo Hendrik Baekeland
Polüvinüülatsetaat	1913, Fritz Klatte
Karbamiid-formaldehüüd	1918, Hanns John
Polüakrülaadid	1927, Otto Röhm ja Otto Haas
Kataliin	1927, American Catalin Corporation
Polüstüreen	1929, I.G. Farbenindustrie AG
Polüestrid ja polüamiidid	1930, Wallace Carothers
Polümetüülmetakrülaad	1932, John Crawford
Melamiin-formaldehüüd	1933, HENKEL
Polüvinüülkloriid	1933, Waldo Lonsbury Semon
Polüestervaik	1933, Carleton Ellis
Madaltihe polüetüleen	1933, Reginald Gibson ja Eric Fawcett
Nailon 66	1935, Julian Hill, DuPont
Polütetrafluoroetüleen	1938, Roy J. Plunkett, DuPont
Polüüretaan	1939, Otto Bayer
Epoksiidvaik	1939, Pierre Castan
Polüetüleentereftalaad	1941, JT Dickson ja Rex Whinfield
Silikoonid	1943, Frederick Kipping
Akrüülnitriilbutadienüstüreen	1948
Kõrgtihe polüetüleen	1953, Karl Ziegler
Polüpropeen	1954, Giulio Natta
Polükarbonaat	1958, General Electric Company

Lisa 6. Plastikute kasutamise kulgemine

Aasta	Avastus
1736	Charles Marie de La Condamine tutvustab Prantsusmaal Kuninglikus Teaduste Akadeemias (<i>Académie Royale des Sciences</i>) loodusliku kummi näidistükke.
1823	Charles Macintosh kasutab looduslikku kummit kanga veekindlaks muutmisel.
1848	Guttapertšist hakatakse valmistama golfipalle.
1849	Guttapertši, lubja, kvartsi ja päevakivi segust hakatakse valmistama hambaproteese ja plomme.
1851	Guttapertši kasutatakse telegraafikaablite isolatsiooniks Inglismaa ja Prantsusmaa vahel.
1854	USAs väljastatakse patent šellakist ja puidupuudrist pildiraamide valmistamiseks.
1862	Alexander Parkes esitleb Londoni Rahvusvahelisel Näitusel (<i>International Exhibition in London</i>) parkesiinist (nitrotselluloosist) valmistatud tooteid.
1872	USAs registreerivad vennad Hyattid Celluloidi nimetuse nitrotselluloosile.
1884	Comte Hilaire de Chardonnet valmistab nitrotsellulooskiududest kergesti-süttivat kunstiidi.
1888	George Estman Kodak tutvustab tselluloidist fotonegatiivfilmi, mis saavutab kiirelt kaubandusliku edu. John Boyd Dunlop leiutab jalgratastele õhukummi.
1890	Tutvustatakse termovormimist (<i>thermoforming</i>), mille teel valmistatakse nitrotselluloosist lastekõrsteid.
1892	Charles Frederick Cross patenteerib viskoosi (naatriumhüdroksiidi ja süsinik-disulfiidiga töödeldud tselluloos).
1895	Vennad Lumière'id jäädvustavad tselluloidist filmilindile maailma esimese filmi jaama saabuvast rongist.
1898	Šellakist valmistatakse masstoodanguna grammofoniplaate, mis püsivad populaarsetena kuni vinüülide ilmumiseni 1940ndatel.
1915	Alexander Graham Bell helistab Thomas Watsonile New Yorgist San Franciscosse.
1917	Valmib esimene tselluloidist valmistatud skulptuur - Naum Gabo „ <i>Woman's Head</i> “
1919	Frank Le Boeuf patenteerib tselluloidist sulepea valmistamise.
1920	Inglismaal esitab sopran Dame Nellie Melba esmakordselt raadio vahendusel kaks aariat.
1922	Hermann Staudinger avalikustab oma avastuse, et plastikud koosnevad polümeeridest.
1924	Hakatakse tootma raionit (<i>Rayon</i>) - tselluloosi baasil poolsünteesilistest kiududest valmistatud kangast.
1926	Philo Farnsworth konstrueerib maailma esimese täiselektronilise TV-süsteemi.
1930	Leiutatakse esimene läbipaistev kleeplint, Scotch Tape (tselluloosatsetaadist).
1936	Suurbritannias toodetakse esimene PMMA-st lennukikuppel.
1938	Valmib maailma esimene plastikharjastega hambahari (polüamiidist). Lazio Biro patenteerib kuulotsikuga pastapliiatsi tootmise (polüstüreenist).
1940	Suurbritannias alustatakse PVC tootmist.
1947	Esimene akrüülvärv (PMMA lahustatud tärpentiinis). Earl Tupperware patenteerib polüetüleenist karbikaaned. Suurbritannias tutvustatakse melamiin-formaldehüüdvaiguga immutatud dekoratiivplaate „Formica“.
1948	Vinüülist (PVC) grammofoniplaadid.

1949	Charles ja Ray Eames valmistavad klaasplastist tooli. Plastikut hakatakse kasutama mööblikonstruktsioonina. Algab löögikindla polüstireeni (HIPS) kaubanduslik kasutamine. DuPont tutvustab maailmale Lycrat (polüuretaan).
1950ndad	Ilmuvad esimesed polüetüleenist kilekotid ja pudelid.
1954	Polüstireenvahu tootmine.
1955	Suurbritannias algab HDPE tootmine.
1956	Eero Saarineni „Tulbitool“ (klaaskiudarmeeritud polüester).
1958	<i>American Express</i> annab välja esimese plastikust krediitkaardi USAs. LEGO valmistab tselluloosatsetaadist esmakordselt oma tuntud klotsid. Alates 1963. aastast hakkab LEGO neid valmistama ABS-plastikust.
1959	Valmistatakse esimene Barbie nukk (PVC) ja esimene Lycrast rinnahoidja.
1960ndad	60ndate alguses ilmuvad müügilettidele veebaasil akrüülvärvid.
1969	Neil Armstrong lööb Kuu maastiku sisse nailonist (polüamiid) valmistatud USA lipu. Ilmuvad esimesed ujumisprillid.
1973	Ilmuvad polüetüleentereftalaadist (PET) valmistatud joogipudelid.
1979	Esimeste mobiiltelefonide ilmumine.
1982	Esmakordselt opereeritakse inimesele kunstlik süda (peamiselt polüuretaanist).
1983	Steve Jobs paneb oma kodugaraažis kokku esimese Macintoshi.
1984	Valmistatakse esimene toimiv 3D printer (Chuck Hull). Müüki ilmub plastikkerega auto (Pontiac Fiero).
1988	Arendatakse välja plastikute taaskäitlussüsteemi sümbolid.
2012	Valmistatakse inimnahast inspireerituna iseparanev plastik.
2014	Hollandis, Utrechti siirdatakse inimesele esmakordselt 3D prinditud plastikkolju.

Lisa 7. Plastikute tötlusmeetodite areng ²³⁵

Aastad	Materjalid	Tootmismeetodid
1840 1880	– Bois durci, nitrotselluloos, guttapertš, parkesiin, šellak, vulkaniit	Pressimine
1880 1915	– Tselluloosnitraat Šellak Vulkaniit	Puhumisvormimine Kuumavormimine Pressimine
1915 1925	– Kaseiin Tselluloosnitraat Fenool-formaldehüüd Šellak Vulkaniit	Ekstrusioonvormimine Puhumisvormimine, kuumavormimine Pressimine, valamine Pressimine Pressimine
1925 1940	– Kaseiin Tselluloosatsetaat Tselluloosnitraat Fenool-formaldehüüd Karbamiid-aldehüüd Šellak	Ekstrusioonvormimine, kuumavormimine Pressimine, survevalu vormimine Puhumisvormimine Kuumavormimine Pressimine Pressimine
1940 1950	- Tselluloosatsetaat Fenool-formaldehüüd Polüamiidid Polümetüülmetakrülaat Polüetüleen Karbamiid-formaldehüüd	Survepitsvalu Pressimine, valamine Valamine, ekstrusioon, survepitsvalu Valamine, ekstrusioon, termovormimine Ekstrusioon, puhumisvormimine, survepitsvalu Pressimine
1950 1965	- ABS Klaasplastikud Melaniin-formaldehüüd Fenool-formaldehüüd Polüamiidid Polümetüülmetakrülaat Polüpropeen Polüstüreen Polüetüleen Polüuretaan Polüvinüülkloriid Silikoonid	Survepitsvalu Pressimine Pressimine Pressimine Valamine, ekstrusioon, survepitsvalu Valamine, ekstrusioon, survepitsvalu, termovormimine Puhumisvormimine, survepitsvalu, valamine Ekstrusioon, vahustamine, survepitsvalu Ekstrusioon, puhumisvormimine, rotovalu Puhumisvormimine, ekstrusioon, survepitsvalu, vahustamine Puhumisvormimine, ekstrusioon, survepitsvalu, vahustamine, rotovalu Survepitsvalu
1965 - ...	ABS	Survepitsvalu

²³⁵ The Plastics Historical Society. The identification of plastics, <http://www.plastiquarian.com/index.php?id=7&subid=128>, vaadatud 03.04.14.

Klaasplastid	Pressimine, lamineerimine
Polüemiidid	Valamine, ekstrusioon, survepitsvalu
Polükarbonaadid	Puhumisvormimine, survepitsvalu, ekstrusioon, vahustamine
Polüetüleen	Puhumisvormimine, survepitsvalu, ekstrusioon, rotovormimine
Polüpropeen	Puhumisvormimine, survepitsvalu, valamine (kile)
Polüeütleen tereftalaat	Puhumisvormimine, ekstrusioon, survepitsvalu
Polümetüülmetakrülaad	Valamine, ekstrusioon, survepitsvalu, kuumavormimine
Polüstüreen	Ekstrusioon, vahustamine, survepitsvalu
Polüuretaan	Puhumisvormimine, ekstrusioon, vahustamine, survepitsvalu
Polüvinüülkloriid	Puhumisvormimine, ekstrusioon, vahustamine, survepitsvalu, rotovormimine
Silikoonid	Survepitsvalu

Lisa 8. Plastmasside kohalik juurutamine

Aasta	Tegevus
1918	Tartu Kammivabriku (Estiko Plastar) asutamisaasta. 1922. aastal valmistas Tartus ühes väikeses kuuris koos kahe abilisega veiste sarvedest kamme Albert Laratei. Loomulikult valmistati kamme juba varemgi.
1920ndate keskpaik	Albert Laratei valmistas edukalt galaliidist ehk kunstsarvest kamme.
1920ndad	Tselluloidkammide tootmine.
1934	Asutati ettevõtte „Arba“ (armatuur + bakeliit). Esialgu oli sellel vaid üks käsipress, 1937. aastal muretseti esimene mehaaniline press. Valmistati lüliteid, seinakontakte, pistikuid, detaile tehasele „Punane Ret“, kõrge tehasele „Põhjala“, akuplaate tehasele „Avata“, detaile autode ja traktorite remondiks.
1941	Kartellis „Presto“ valmistati bakeliidist nõõpe, galanteriitooted ja mänguasju.
1952	Võeti tootmisesse esimene termoplastik – pehmendatud polüvinüülkloriid. Esmalt valmistati sellest kaablite isolatsioon. Hiljem hakati valmistama kunstnahka („Flora“) ja kilet (Kunstsarvetehased). 1968. aastal ei olnud veel kogemusi PVC-st valatud toodete valmistamisel. Materjal lagunes töötlemisel kiiresti survevalumasinate.
	Eesti Kammivabrikus alustatakse tselluloidist lauatennisepallide tootmist.
1959	Alustati polüetüleeni töötlemist. Esmalt valmistati sellest enamjaolt kaablite isolatsioon.
1950ndate lõpp	Tootmisesse võeti polüstüreen. Tartu Kammivabrikus võeti see kasutusele 1961, Kunstsarvetehastes 1963. aastal
	Tasapisi alustati ka orgaanilise klaasi tootmist. Kasutust leidis materjal vaid lehtedena. Ka 60ndate lõpus ei osatud akrüüli toota survevalu ega ekstrusiooni meetoditel.
1961	„Ortos“ valmistati puhumismasin plastmasspudelite tootmiseks.
1962	NLKP Keskkomitee 1962. aasta märtsi-pleenumil võeti vastu otsus vähendada tehnilistel aladel toidutooraine kasutamist. Selle otsuse alusel koostati ENSV MN määrus, mis nägi ette galaliidi tootmise lõpetamist kunstsarvetehastes ning üleminekut uuele toorainele.
	ENSV Kunstsarvetehased said esimestena endale tiguajamiga survevalumasinad, millega hakati nõõpe valmistama.
1963	Kunstsarvetehastes hakati valmistama polüstüreenist nõõpe. Polüstüreeni osatähtsus hakkas järk-järgult kasvama. Kui 1963. aastal toodeti Kunstsarvetehastes galaliidist nõõpe 151 mln tk ja polüstüreenist 16,8 mln tk, siis 1967. aastaks oli vahekord muutunud – galaliidist nõõpe valmistati 52 mln tk, polüstüreenist 140.
	„Orto“ muretsetes endale vaakumvormimise-masina, millel toodeti polüstüreenlehest kaupluste silte.
1964	Alustati polüpropeeni töötlemise katsetamisega. PP esemete tootmise juurutamine võttis omajagu aega. Esimesel aastal eraldati kohalikele

	<p>ettevõtetele vaid 100 kg polüpropeeni. Hiljem kogused suurenesid, näiteks 1967. aastal eraldati juba 37 tonni polümeeri. Uut materjali prooviti kasutada nende toodete valmistamiseks, mida muidu polüetüleenist toodeti. See aga ebaõnnestus, kuna PP vajab sulamiseks kõrgemat temperatuuri. Lisaks voolas see ka pisematest vormi ebatihedustest välja, tekitades tööruumis gaasi ning tootepinnale suuremat kraati, mida oli raskem ära lõigata kui polüetüleeni puhul.</p> <p>NL-s alustati motokiivrite kandmise kohustuslikuks määramist. „Salvo“ hakkas katsetama kiivrite valmistamist. Esmalt prooviti kiivreid toota lõögikindlast polüstüreenist vaakumvormimise teel. Paremaks osutusid survealuvormimisel saadud kiivrikoorikud.</p>
1960ndate teine pool	<p>Vahtplastide tootmine. Peamised vahtplastid olid vahtpolüüretaan ja vahtpolüstüreen.</p> <p>Püüti juurutada klaasplaste. Klaasplastide all mõeldi EPO või polüestervaiku, mis oli armeeritud klaaskiudude, -mati või -kangaga. EPO-vaigud andsid tugevama tulemuse, polüestervaigud olid aga odavamad ning nendega töötamine oli ohutum. Klaasplastist toolipõhjasid ja seljatugesid hakati valmistama „Ortos“. 1967. aastal toodeti juba 30 tuhat toolikomplekti.</p>
1969	Tartu Kammivabrik alustab polüetüleenkilede valmistamist
1979	Tartu Plastmasstoodete Katsetehases hakatakse kamme tootma polüpropeenist kraanulitest.
1981	Tartu Plastmasstoodete Katsetehases lõpetati tselluloidist kammide tootmine

Lisa 9. Mõnede plastikute klaasisiirde- ja sulamistemperatuurid ²³⁶

Polümeer	T _g °C	T _m °C
Polüetüleen	- 65...-125	108...137
Polüpropüleen	- 20	176 (165)
Naturaalne kummi (cis-1,4-polüisopreen)	-73 (-58)	28 (74)
Polüvinüülatsetaat	29	-
Polüvinüülkloriid	81	273
Polüstüreen	100	240...290
Polümetüülmetakrülaad	105	200... 290
Polüetüleentereftalaad	69	268 (245)
Polükarbonaad	149	230...270

Lisa 10. Mõnede polümeeride ja lahustite lahustuvusparameetrid ²³⁷

Polümeer	δ	Lahusti	δ
PTFE	6,2	Dietüüleeter	7,4
PE	8,0	Ksüleen	8,8
Polüisopreen	8,2	Tolueen	8,9
PP	8,7	Benseen	9,1
PS	9,3	Kloroform	9,2
PMMA	9,3	Atsetoon	10,0
PVAC	9,4	Etanool	12,7
PC	9,9	Metanool	14,5
PVC	10,1	Fenool	16,0
PET	10,2	Vesi	23,4

Lisa 11. Mõnede polümeeride tihedused ²³⁸

Polümeer	Kristallilisus %	Tüüpiline tihedus g/cm ³
CA		1,30
CN		1,35
HDPE	70...80	0,95
LDPE	45...55	0,92
PP	60...80	0,91
PTFE	60...80	2,2
PVC	<10	1,38...1,41
PMMA	0	1,17...1,20

²³⁶ Christjanson, Peep. *Polümeeriteadus*. Tallinn: OÜ Infotrükk, 2008, lk. 255.

²³⁷ Samas, lk. 277.

²³⁸ Samas, lk. 278.

PS	0	1,04...1,05
PC	0	1,2
PA 66, PA 6	35...45	1,14
PET	30...40	1,38

Lisa 12. Mõnede plastmasside täiteained ²³⁹

Täiteaine	Plastik	Sisaldus %	Parandatav omadus
Anorgaanilised			
Kriit	PE, PVC, UP	< 33	Hind, läige
Kaaliumnitraat	PA	40	Mõõtmepüsivus
Raskepagu (barüüt)	PVC, PU	< 25	Tihedus
Talk	PU, PVC, EPO, PE, PS, PP, UP		Valge pigment, löögitugevus, plastifikaatori sidumine
Vilk	PU, UP	< 25	Mõõtmepüsivus, jäikus
Kaoliin	UP, vinüülplastid	< 60	Vormist eraldamine
Klaaskuulid	Erinevad plastikud	< 40	Mahukahanemine, surve-tugevus, pinnaomadused
Klaaskiud	Erinevad plastikud	< 40	Purunemis- ja löögitugevus
Ränioksiid	Erinevad plastikud	< 3	Rebenevustugevus, viskoossuse tõstmine
Kvarts	PE, PMMA, EPO	< 45	Kulumis- ja purunemiskindlus
Liiv	EPO, UP, PF	< 60	Mahukahanemine
Al, Zn, Cu, Ni jt.	PA, PP	< 100	Elektri- ja soojusjuhtivus
MgO	UP	< 70	Jäikus, kõvadus
ZnO	PP, PU, UP, EPO	< 70	UV-stabiilsus, soojusjuhtivus
Orgaanilised			
Tahm	PVC, HDPE, PU, PE, elastomeerid	< 60	UV-stabiilsus, värvus, ristsildamine
Grafiit	EPO, MF, UP, PMMA, PTFE	< 50	Jäikus, roomekindlus
Puidujahu	PF, MF, UF, UP	< 50	Mahukahanemine, löögitugevus
Tärklis	PVAL, PE	< 7	Biolagunemine

²³⁹ Lippmaa, Helle. *Polümeerisõnastik*, lk. 214.

Lisa 13. Plastikmuseaalide seisundihinnangu laiendatud ankeet

Hindaja:	
Kuupäev:	
Asukoht/asutus:	

Eseme andmed:	
Objekti tähis:	
Objekti kirjeldus:	
Mõõtmed:	
Materjal(id):	
Varasemad parandused	
Valmimisaasta:	

Mehaanilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Määrdumus	
2. Kriimustused, hõõrdumine	
3. Mõrad, augud	
4. Mõlgid, deformatsioonid	
5. Puuduvad osad	
6. Muu	
Hinnang:	

Füüsikalised-keemilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Termokahjustus	
2. Valguskahjustused	
3. Oksüdatsioon	
4. Hüdroolüüs	
5. Korrosioon	
6. Pehmendite/lisaainete migratsioon	
7. Lahustikahjustus	
8. Kokkutõmbumine	
9. Muu	
Hinnang:	

Biokahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Närimisjäljed	
2. Seenkahjustused	
3. Putukate kahjustused	
4. Muu	
Hinnang:	

Eseme seisundi üldine hinnang:	
---------------------------------------	--

Lisa 14. Plastikmuseaalide seisundihinnangu lihtsustatud ankeet

Hindaja:	
Kuupäev:	
Asukoht/asutus:	

Eseme andmed:	
Objekti tähis:	
Objekti kirjeldus:	
Materjal(id):	
Mõõtmed (cm):	
Parandused/ restaureerimised:	
Valmimisaasta:	

Mehaanilised kahjustused (Määdumus, kriimustused, kulumine, praod, mõrad, augud, mõlgid, deformatsioonid, puuduvad osad jms.)	
Hinnang:	

Füüsikalised-keemilised kahjustused (Termokahjustused, valguskahjustused, oksüdatsioon (muutumine kõvaks, rabedaks, kollaseks), hüdroolüüs (muutumine pehmeks, pudedaks, pragunevaks), pehmedite ja lisaainete migratsioon (higistamine, kriidistumine, villid), lahustikahjustus, kokkutõmbumine jms.)	
Hinnang:	

Bioloogilised kahjustused (Närimisjäljed, seenkahjustused, putukate kahjustused jms.)	
Hinnang:	

Eseme seisundi üldine hinnang: (Hindaja järeldus vastavalt erinevate kahjustuste ulatusele ning nende tõsidusele vahemikus 1 - 7. Tuleb arvestada kahjustuste olulisuse varieerumist ning konserveerimise võimalikkust.)	
--	--

Lisa 15. Plastikmuseaalide näidishinnangud

Seisundihinnangule „1“ vastav museaal

Hindaja:	Karoliine Korol
Kuupäev:	13.05.13
Asukoht/asutus:	Tartu Mänguasjamuseum

Eseme andmed:	
Objekti tähis:	TMMM 10336
Objekti kirjeldus:	Oranž lamav tiiger, originaalpakendis.
Mõõtmed:	14,5 x 18 x 12,5 cm
Materjal(id):	Karvastatud vahtkumm
Parandused/restaureerimised:	Puuduvad
Valmimisaasta:	1985



Mehaanilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Määrdumus	-
2. Kriimustused, hõõrdumine	-
3. Mõrad, augud	-
4. Mõlgid ja deformatsioonid	-
5. Puuduvad osad	-
6. Muu	-
Hinnang:	1

Füüsikalised-keemilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Termokahjustus	-
2. Valguskahjustused	-
3. Oksüdatsioon	-
4. Hüdroolüüs	-
5. Murenemine	-
6. Kuldplastiku sündroom	-
7. Korrosioon	-
8. Pehmendite/ lisaainete migratsioon	-
9. Lahustikahjustus	-
10. Kokkutõmbumine	-
11. Muu	-
Hinnang:	1

Bioloogilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:

1. Närimisjäljed	-
2. Seenkahjustused	-
3. Putukate kahjustused	-
4. Muu	-
Hinnang:	1

Eseme seisundi üldine hinnang:	1
---------------------------------------	----------

Antud olukorras võib sellise mahuka ankeedi täitmine olla ebaefektiivne. Nagu juba eelnevalt mainitud, on tegemist õppe-eesmärgil koostatud tabeliga. Samas ei saa väita, et kõiki originaalpakendis museaale võiks hinnata kõige paremas seisundis olevatena. Mitmed plastikute kahjustused saavad alguse materjalisesest. Seetõttu peab ka otse tootmisest tulnud esemeid hinnangu andmisel tähelepanelikult uurima.

Seisundihinnangule „2“ vastav museaal

Hindaja:	Karoliine Korol
Kuupäev:	13.05.13
Asukoht/asutus:	Tartu Mänguasjamuseum



Eseme andmed:	
Objekti tähis:	TMMM 10512
Objekti kirjeldus:	Valge ja punaste silmadega jänes.
Mõõtmed:	15,5 x 9 x 8,5 cm
Materjal(id):	Polüetüleen
Parandused:	Puuduvad
Valmimisaasta:	-
Mehaanilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Määrdumus	-
2. Kriimustused, hõõrdumine	Mõned üksikud kriimud.
3. Mõrad, augud	-
4. Mõlgid ja deformatsioonid	-
5. Puuduvad osad	-
6. Muu	-
Hinnang:	2
Füüsikalised-keemilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:

1. Termokahjustus	-
2. Valguskahjustused	Kergelt kollakaks tõmbunud.
3. Oksüdatsioon	-
4. Hüdroolüüs	-
5. Murenemine	-
6. Kuldplastiku sündroom	-
7. Korrosioon	-
8. Pehmendite/lisaainete migratsioon	-
9. Lahustikahjustus	-
10. Kokkutõmbumine	-
11. Muu	Parema kõrva tipus, lõua all, rindmikul, paremal käel, sabal ja vasaku jala kannal on kollased laigud. Arvatavasti tootmisdefektist põhjustatud, mille tulemusena on need piirkonnad UV-kiirgusele tunduvalt vähem vastupanuvõimelised.
Hinnang:	3

Bioloogilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Närimisjäljed	-
2. Seenkahjustused	-
3. Putukate kahjustused	-
4. Muu	-
Hinnang:	1

Eseme seisundi üldine hinnang:	2
---------------------------------------	----------

Vaatamata kollaseks tõmbunud piirkondadele on eseme üldine seisund hea. Rakendades üldisi säilitustingimusi, mille juures takistatakse UV-kiirgusel, niiskusel ja hapnikul esemele ligipääs, ei ole kahjustunud piirkonnad museaali säilimise koha pealt ohtlikud.

Seisundihinnangule „3“ vastav museaal



Hindaja:	Karoliine Korol
Kuupäev:	13.05.13
Asukoht/asutus:	Tartu Mänguasjamuseum

Eseme andmed:	
Objekti tähis:	TMMM 9430
Objekti kirjeldus:	Kaks valget piuksuvat kassi helesinises korvis.
Mõõtmed:	9,5 x 11 x 7,5 cm
Materjal(id):	Tselluloid, polüstüreen, polüetüleen
Parandused/restaureerimised:	Puuduvad
Valmimisaasta:	-

Mehaanilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Määrdumus	-
2. Kriimustused, hõõrdumine	Kõrvade seest on dekoratiivvärv maha kulunud.
3. Mõrad, augud	-
4. Mõlgid ja deformatsioonid	-
5. Puuduvad osad	-
6. Muu	-
Hinnang:	2

Füüsikalised-keemilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Termokahjustus	-
2. Valguskahjustused	Tselluloidkasside kehapoolte ühenduseks kasutatud atsetoon on valgustundlikum kui tselluloid, mistõttu on see enam kollaseks tõmbunud. Ka kasside valged kehad on kollaka varjundi võtnud. Polüstüreenist helesinine korv on heleda briljantrohelise tooni.

	Polüetüleensang on välimisel küljel kahvatanud.
3. Oksüdatsioon	-
4. Hüdrolüüs	-
5. Murenemine	-
6. Kuldplastiku sündroom	-
7. Korrosioon	-
8. Pehmendite/lisaainete migratsioon	-
9. Lahustikahjustus	-
10. Kokkutõmbumine	-
11. Muu	-
Hinnang:	3

Bioloogilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Närimisjäljed	-
2. Seenkahjustused	-
3. Putukate kahjustused	-
4. Muu	-
Hinnang:	1

Eseme seisundi üldine hinnang:	3
---------------------------------------	----------

Esteetilisele puudusele vaatamata on museaal heas seisundis. Küll aga tuleb arvestada, et igasuguse valguskahjustuse juures on toimunud ühtlasi ka keemiline kahjustus. Võib arvata, et materjali omadused on kehvenenud, mistõttu hinnangut 2 (hea) sellele enam anda ei tohiks.

Seisundihinnangule „4“ vastav museaal

Hindaja:	Karoliine Korol
Kuupäev:	13.05.13
Asukoht/asutus:	Tartu Mänguasjamuseum

Eseme andmed:	
Objekti tähis:	TMMM 7004
Objekti kirjeldus:	Punane plastisoolist kass, kүүrus seljaga.
Mõõtmed:	9 x 5 x 15 cm
Materjal(id):	Pehmendatud PVC
Parandused:	Puuduvad
Valmimisaasta:	-



Mehaanilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Määrduvus	Kergelt tolmune.
2. Kriimustused, hõõrdumine	-
3. Mõrad, augud	-
4. Mõlgid ja deformatsioonid	-
5. Puuduvad osad	-
6. Muu	-
Hinnang:	2

Füüsikalised-keemilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Termokahjustus	-
2. Valguskahjustused	-
3. Oksüdatsioon	-
4. Hüdroolüüs	-
5. Murenemine	-
6. Kuldplastiku sündroom	-
7. Korrosioon	-
8. Pehmendite/lisaainete migratsioon	Materjalist eraldunud pehmenidid on katnud pinna kleepuva kihiga. On tunda tugevat ftalaatidele iseloomulikku lõhna.
9. Lahustikahjustus	-
10. Kokkutõmbumine	-
11. Muu	-
Hinnang:	4

Bioloogilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Närimisjäljed	-
2. Seenkahjustused	-
3. Putukate kahjustused	-
4. Muu	-
Hinnang:	1

Eseme seisundi üldine hinnang:	4
---------------------------------------	----------

Kuigi museaal näeb välja justkui uus, on selle keemiline seisund ebastabiilne. Plastikute puhul on just keemilised ja füüsikalised muutused suure tähtsusega, mistõttu ei saa eseme seisundit hinnata heaks. Arvatavasti on PPVC-st eralduma hakanud ka HCl ning teiste museaalidega üheskoos seda säilitada ei tohiks. Väga tähelepanelik tuleb olla mustuse suhtes, mis pinna külge kleepub. Nimelt on PPVC-l omadus külmvoolamise teel mustus materjali sisse lukustada. Selle eemaldamine on aga seejärel praktiliselt võimatu.

Seisundihinnangule „5“ vastav museaal



Hindaja:	Karoliine Korol
Kuupäev:	13.05.13
Asukoht/asutus:	Tartu Mänguasjamuseum

Eseme andmed:	
Objekti tähis:	TMMM 4945
Objekti kirjeldus:	Roosas riietuses püstiseisev jänes, porgand käes.
Mõõtmed:	14,5 x 6 x 5,5 cm
Materjal(id):	Kumm
Parandused:	Puuduvad
Valmimisaasta:	-

Mehaanilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Määrdumus	-
2. Kriimustused, hõõrdumine	Mitmest kohast on eseme värvikihist tükikesi puudu ja kõrvadel on värv tugevalt kulunud.
3. Mõrad, augud	Lõua all on ülevalt alla diagonaalne lõhe. Kuklas on praod. Ventili juures on horisontaalselt hulk sügavaid pragusid. Pahkludel esiküljel on sügav lõhe.
4. Mõlgid ja deformatsioonid	-
5. Puuduvad osad	-
6. Muu	-
Hinnang:	5

Füüsikalised-keemilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Termokahjustus	-
2. Valguskahjustused	Pükste värv on pleekinud. Jänese toon on valgest kollakamaks tõmbunud.
3. Oksüdatsioon	Kumm on muutunud hapraks ja kangeks. Peal, kaelal ja seljal on värv kraklees, mis kinnitab, et selle all olev kumm on mõranenud.
4. Hüdrolüüs	-
5. Murenemine	-
6. Kuldplastiku sündroom	-

7. Korrosioon	Ventiil on kergelt korrodeerunud.
8. Pehmendite/lisaainete migratsioon	-
9. Lahustikahjustus	-
10. Kokkutõmbumine	Ese on kokkutõmbunud.
11. Muu	-
Hinnang:	5

Bioloogilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Närimisjäljed	-
2. Seenkahjustused	-
3. Putukate kahjustused	-
4. Muu	-
Hinnang:	1

Eseme seisundi üldine hinnang:	5
---------------------------------------	----------

Museaal on peaaegu vastav hinnangule 6. Samas on selle tervikmulje veel piisavalt hea, et seda eksponeerida (lühiajaliselt!). Toimunud on ulatuslikud füüsikalise-keemilised kahjustused ning ese tuleks kiiremas korras konserveerida alustades korrektsete säilitustingimuste loomisega. Antud seisundis eseme vastuvõtmist kollektsiooni tuleks tõsiselt kaaluda.

Seisundihinnangule „6“ vastavad museaalid

Näide 1



Hindaja:	Karoliine Korol
Kuupäev:	13.05.13
Asukoht/asutus:	Tartu Mänguasjamuseum

Eseme andmed:	
Objekti tähis:	TMMM 5933
Objekti kirjeldus:	Üle vasaku õla vaatav oranž vasikas.
Mõõtmed:	7,5 x 12 x 4 cm
Materjal(id):	Vahtkumm
Parandused:	Puuduvad
Valmimisaasta:	-



Mehaanilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Määrdumus	-
2. Kriimustused, hõõrdumine	-
3. Mõrad, augud	Ese on tugevalt mõranenud ja selles on rohkelt augukesti.
4. Mõlgid ja deformatsioonid	Tagakülg on kergelt sisse vajunud, samuti nina.
5. Puuduvad osad	-
6. Muu	Ese on väga pude ja pudiseb igasugusel käsitlemise.
Hinnang:	6

Füüsikalised-keemilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Termokahjustus	-
2. Valguskahjustused	Ulatuslik fotoooksüdatsioon.
3. Oksüdatsioon	Ese on väga tugevalt oksüdeerunud ja läbivalt kõvaks ja rabadaks muutunud. Mitmes piirkonnas on vahtkumm toonilt peaaegu mustaks tõmbunud, justkui põletus.
4. Hüdrolüüs	Ese on väga mure ja pudeneb läbinisti.
5. Murenemine	Murenemine igal puudutusel.
6. Kuldplastiku sündroom	-
7. Korrosioon	Esineb mitmeid korrosioonitäpikisi.
8. Pehmendite/lisaainete migratsioon	-
9. Lahustikahjustus	-
10. Kokkutõmbumine	
11. Muu	Eseme keemiline olukord on väga halb.
Hinnang:	6

Bioloogilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Närimisjäljed	-
2. Seenkahjustused	-
3. Putukate kahjustused	-
4. Muu	-
Hinnang:	1

Eseme seisundi üldine hinnang:	6
---------------------------------------	----------

Esemele võiks anda ka hinnangu 7 (väga halb). Samas on selle üldmulje säilinud – on aru saada millega on tegemist. Eset ei tohiks eksponeerida ega üleliigselt käsitseda. Sellises vananemisastmes museaali säilimisaeg on üürrike.

Näide 2



Hindaja:	Karoliine Korol
Kuupäev:	13.05.13
Asukoht/asutus:	Tartu Mänguasjauuseum

Eseme andmed:	
Objekti tähis:	TMMM 12090
Objekti kirjeldus:	PPVC-st metsatroll-laps oranžikas-pruunide kunstkarvast juustega.
Mõõtmed:	22 x 16,5 x 7 cm
Materjal(id):	Pehmendatud PVC
Parandused:	Puuduvad
Valmimisaasta:	-

Mehaanilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Määrdumus	Ühtlaselt kergelt määrdunud. Vasaku talla all on pastapliiatsi triip.
2. Kriimustused, hõõrdumine	-
3. Mõrad, augud	Seljal ja otsaesisel on nõela sissetorkeaugud. Nuku keha mõlemal küljel kaenla alt jala ühenduskohani kehaga on vertikaalsed lõhed, mis on läbipaistva kleeplindiga kokku tõmmatud.
4. Mõlgid ja deformatsioonid	-
5. Puuduvad osad	-
6. Muu	Juuksed on äärttest liimühendusest lahti.
Hinnang:	5

Füüsikalis-keemilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Termokahjustus	-
2. Valguskahjustused	Kerge tumenemine.
3. Oksüdatsioon	-
4. Hüdrolüüs	-
5. Murenemine	-
6. Kuldplastiku sündroom	-
7. Korrosioon	-
8. Pehmendite/lisaainete migratsioon	Nuku kehal esineb rohkelt villikesi, mis on tingitud plastiku pehmendikao tõttu. Pehmendid on materjalist „välja tõmmanud“ külgedele kinnitatud kleeplint, mille all on kogunenud pehmendit vedelikuna näha. Pehmendikao tõttu on plastik muutunud kõvaks ja hapraks.
9. Lahustikahjustus	-
10. Kokkutõmbumine	Nuku keha on pehmendikao tõttu kokku tõmbunud.
11. Muu	-
Hinnang:	6

Bioloogilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Närimisjäljed	-
2. Seenkahjustused	-
3. Putukate kahjustused	-
4. Muu	-
Hinnang:	1

Eseme seisundi üldine hinnang:	6
---------------------------------------	----------

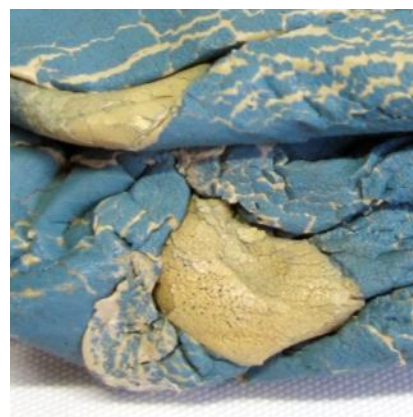
See küllalt terviklikuna mõjuv museaal on tugevalt füüsikalis-keemiliselt vananenud. On toimunud pöördumatu pindade deformatsioon. Tuleb arvestada, et kleeplindi alla kogunenud pehmenti võib olla mürgine! Mänguasi tuleb kindlasti teistest museaalidest eraldada. Kleeplindid tuleb viivitamatult eemaldada. Ese tuleks paigutada võimalikult jahedasse keskkonda.

Seisundihinnangule „7“ vastav museaal



Hindaja:	Karoliine Korol
Kuupäev:	13.05.13
Asukoht/asutus:	Tartu Mänguasjamuuseum

Eseme andmed:	
Objekti tähis:	TMMM 2701
Objekti kirjeldus:	Helesinine jooksvas asendis orav.
Mõõtmed:	7 x 5 x 23 cm
Materjal(id):	Kumm
Parandused:	Puuduvad
Valmimisaasta:	-



Mehaanilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Määrdumus	-
2. Kriimustused, hõõrdumine	-
3. Mõrad, augud	Väga ulatuslik kahjustus.
4. Mõlgid ja deformatsioonid	Ese on täielikult deformeerunud. Vaid kõrvad on säilitanud põhimõtteliselt oma algse kuju.
5. Puuduvad osad	-
6. Muu	-
Hinnang:	7

Füüsikalised-keemilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Termokahjustus	Väga ulatuslik termokahjustus, mille tulemusel on kumm hakanud mitmes osas sulama, kogu ese on kortsu tõmbunud ja jahtumisel kõvaks muutunud.
2. Valguskahjustused	-
3. Oksüdatsioon	-
4. Hüdrolüüs	-
5. Murenemine	-
6. Kuldplastiku sündroom	-
7. Korrosioon	-
8. Pehmendite/lisaainete migratsioon	-

9. Lahustikahjustus	-
10. Kokkutõmbumine	-
11. Muu	-
Hinnang:	7

Bioloogilised kahjustused:	Ulatus, kirjeldus:
1. Närimisjäljed	-
2. Seenkahjustused	-
3. Putukate kahjustused	-
4. Muu	-
Hinnang:	1

Eseme seisundi üldine hinnang:	7
---------------------------------------	----------

Eseme kahjustused on nõnda ulatuslikud, et selle originaalkuju on täielikult deformeerunud. Toimunud termokahjustuse tagajärgi ei ole võimalik pöörata. Museaal on eksponeerimiskõlbmatu (kui just termokahjustuste teemalist näitust ei korraldata).

Lisa 16. Konserveerimisprotokollid

Konserveerimisprotokoll 1

Teostaja	Karoliine Korol
Ametinimetus	Konservaator/restauraator

1. Objekti andmed

Nimetus	Mänguasi – prantsuse bulldog
Autor	Juno (Saksamaa)
Dateering	~1920ndate lõpp – 1930ndad
Materjal	Tselluloid , klaas (silmad), kumminöör, raudtraat
Valmistamismeetod	Survevalumeetod
Mõõtmed	10,5 x 5,5 x 5 cm
Omanik	Tartu Mänguasjauuseum
Tähis	TMMM 6494
Tööde teostamise aeg	16. juuni – 17. juuni 2013

2. Objekti kirjeldus



Joonis 1

Kirjeldus:

Tagakäppadele tõusnud prantsuse bulldogi kujutav liigutatavate jäsemetega plastikust mänguasi, musta-valge laiguline ja oranžide klaasist silmadega (Joonis 1).

Valmistatud Saksamaal, endise mänguasja-tootja Juno poolt. Juno tootis alates 1920ndate lõpust lisaks oma tavalisele müügiartiklile – nukkudele – ka erinevaid loomafiguure, millest „Õnnelik koer Bonzo“ (*Bonzo, the lucky dog*) oli kõige populaarsem. Samas oli ka prantsuse bulldog küllalt menukas mänguasi.

Autori/töökoja märgistus	Juno
Muud märgid, tekstid	Puuduvad
Andmed varasemate konserveerimistöde kohta	Esikäppade kumminöör on hiljuti vahetatud. Ka tagakäppasid ja pead ühendavat kummi on vahetatud.
Kirjandus- ja arhiiviallikad	Puuduvad

3. Objekti konserveerimiseelne seisund

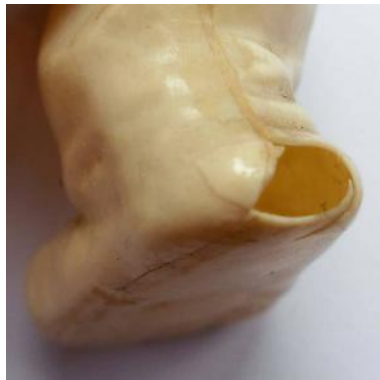
Mehaanilised kahjustused:

Ühtlane materjalisisene hallikas määrdumus eseme valgetel osadel. Musta pigmentiga toonitud piirkondades esineb tugevat kulumist (eriti parema kõrva tagaküljel ning kaelasoklisse toetaval peaosal). Materjali pind on kergelt kriimustatud.

Rindkerel on diagonaalne mõra (joonis 2). Parema jala kannas on auk (joonis 3) ning väliskülje varbaosas mõra. Kaelakonksu auk on suuremaks purunenud (joonis 4).



Joonis 2



Joonis 3



Joonis 4

Keemilis-füüsikalised kahjustused:

Ese on valguskahjustuse (fotooksüdatsiooni) tagajärjel tõmbunud kergelt kollakaks (eriti koonupiirkonnas). Oksüdatsiooni ja hüdro-lüüsi tagajärjel on ese väga hapraks muutunud. Pead ja tagakäppasid ühendav kumm on „surnud“, s.t. kaotanud oma elastsuse (joonis 5).



Joonis 5

Bioloogilised kahjustused:

Puuduvad

Objekti seisundihinnang

5 – RAHULDAV/HALB

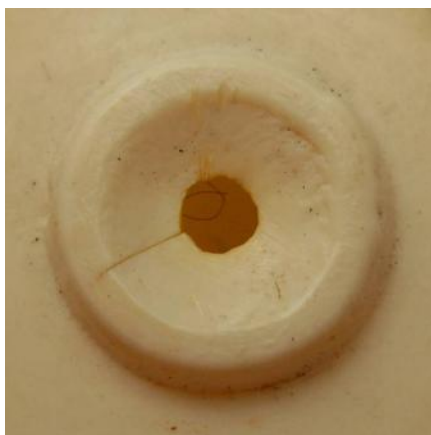
4. Konserveerimistöde kava

Tööde loetelu	Põhjendus
1. Pildistamine ja dokumentatsioon, eseme seisundihinnang	1. Eseme algse seisundi jäädvustamine
2. Pea ja tagakäppade demonteerimine keha küljest	2. Ettevalmistus pead ja tagakäppasid ühendava kummi asendamiseks ning rindkerel oleva mõra paranduseks
3. Mõrade parandus	3. Mõrade edasijooksu peatamine, eseme parema vastupidavuse tagamine
4. Pea ja tagakäppade ühendamine kehaga uue kummi abil	4. Eseme tervikvälimuse ennistamine
5. Pildistamine	5. Teostatud tööde ja eseme konserveeritud seisundi jäädvustamine

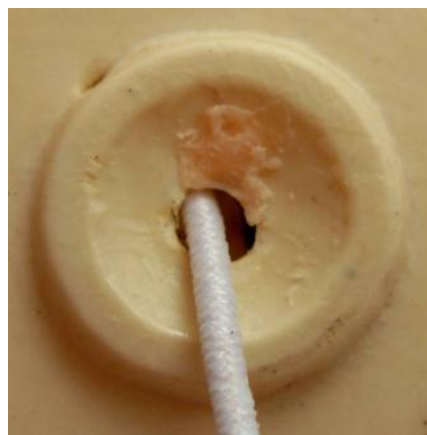
5. Konserveerimistöõde kirjeldus

Teostatud tööd	Kasutatud materjalid
<ol style="list-style-type: none">1. Pildistamine ja dokumentatsioon, eseme seisundihinnang2. Pea ja tagakäppade demonteerimine keha küljest3. Mõrade parandus<ul style="list-style-type: none">▪ Rindkerel diagonaalselt vasaku esikäpa õlale jooksev lõhe▪ Parema tagakäpa välisvarbast üle laba jooksev lõhe▪ Parema esikäpa õla kohal jooksev lõhe4. Pea ja tagakäppade ühendamine kehaga uue kummi abil<ul style="list-style-type: none">▪ Kummi kinnitamist alustati vasakust tagakäpast. Eelneva kummi kinnita-miseks tehtud sisselõikest (Joonis 6) kinnitusaugu juures ei olnud antud korras kasu, kuna materjal oli väga õrn ning seda ei tohtinud ega saanud painutada. Sisselõiget laiendati skalpelli abil, seejärel suruti õrnalt sisse sõlmega piirduv kumminõör ning sisselõige ahendati atsetoonis sulatatud ihutooni tselluloidpastaga (Joonis 7).▪ Järgmisena kinnitati pea.▪ Viimasena kinnitati kummi külge parem jalg. Selleks pingutati esmalt kumm ning fikseeriti pesulõksiga (Joonis 8). Kumminõör lõigati parajaks ning selle otsa seoti piisavalt suur sõlm, mis mahtus kerge surumise peale kinnitusaugust läbi. Enne sõlme läbisurumist pehmendati augu ümbrust atsetooniga. Lõpuks ahendati auk atsetoonis sulatatud tselluloidiga. Kummi pingul hoidev pesulõks eemaldati.5. Pildistamine	<ol style="list-style-type: none">1. Nikon Coolpix L52. Käärid, pintsetid3. Atsetoon, hambatikud, peenike oravasaba pintsel4. Kumm, kummipingutuskonks, atsetoon, tselluloid, skalpell, hambatikud, käärid, puidust pesulõks5. Nikon Coolpix L5

6. Illustratiivne materjal



Joonis 6 – Vasaku jala kinnitusaugust enne kumminõõri kinnitamist



Joonis 7 – Vasaku jala kinnitusaugust pärast kumminõõri kinnitamist

7. Teostatud tööde tulemus



Joonis 9 – Pärast konserveerimist (eest)



Joonis 10 – Pärast konserveerimist (tagant)



Joonis 11 – Pärast konserveerimist
(vasak külg)



Joonis 12 – Pärast konserveerimist
(poolvaade)



Joonis 13 – Pärast konserveerimist
(parem külg)

Mänguasja välimus ja funktsioon on ennistatud. Kriitilised mõrad on restaureeritud ning konsolideeritud, mis takistab nende edasijooksu. Tagakäppasid ja pead ühendav kumm on asendatud. Esemele on koostatud konserveerimiseelse seisundi detailne kirjeldus ja hinnang. Konserveerimistööde kohta on koostatud dokumentatsioon. Kuigi suured mõrad on kinnitatud ning kehaosad taasühendatud, ei saa mänguasja seisundhinnangut kuigi palju tõsta. Tegemist on rahuldavas (**hinne 4**) seisundis museaaliga, mille olukord võib väga kiiresti halveneda.

Konserveerimisprotokoll 2

Teostaja	Karoliine Korol
Ametinimetus	Konservaator/restauraator

1. Objekti andmed

Nimetus	Söögi- tool ELLAN
Autor	IKEA (disainer Chris Martin)
Dateering	2005 (tootmine lõpetatu 2009 oktoobris)
Materjal	Puitkiudarmeeritud polüpropeen
Valmistamismeetod	Pressimismeetod
Mõõtmed	82,5 (istmeosa 47) x 48 x 66 (istmeosa 42,5)
Omanik	Eraisik
Tähis	Puudub
Tööde teostamise aeg	1. juuli – 2. juuli 2013

2. Objekti kirjeldus

Kirjeldus:

Komposiitmaterjalist (polüpropeen ja saepuru) valmistatud kerge kiiktool (joonis 1). Tool koosneb kuuest osast: seljatoe horisontaalne toetusosa, istmeplaat, esi- ja tagapõhn, parema ja vasaku külje jalad, mis on valatud koos põhnade ja maapinnale toetuva kiikumist lubava tagaosas ülespoole kaarduva põhnaga. Mõlemad küljed ulatuvad seljatoe horisontaalse ülaosani. Seljatugi on kerge nurga all. Konstruktsioon on kinnitatud liimiga. Polüpropeen on musta tooni ning sellest kumavad läbi heledad puidukiud.



Joonis 1

Autori/töökoja märgistus	Põhja all on materjali valatud tooteleht
Muud märgid, tekstid	Puuduvad
Andmed varasemate konserveerimistöde kohta	Parema tagajala põhna tapipesa väliskülge on püütud liimainega parandada, kasutades selleks arvatavasti mingisugust super-liimi.
Kirjandus- ja arhiiviallikad	Puuduvad

3. Objekti restaureerimiseelne seisund

Mehaanilised kahjustused:

Tool on tugevalt määrdunud (tolm ja olmemustus). Põrandale toetuv põõn on alumisel küljel kriimustatud. Kõige olulisem füüsiline kahjustus on tagumisi jalgu ühendava põõna lahtimurdumine konstruktsioonist (olemas) (joonis 2; joonis 3; joonis 4). Parema tagajala põõna ühendava tapipesa väliskülgl on ära murdunud (joonis 3).



Joonis 2



Joonis 3



Joonis 4

Keemilis-füüsikalised kahjustused: Puuduvad

Bioloogilised kahjustused: Puuduvad

Objekti seisundihinnang

4 - RAHULDAV

4. Konserveerimistöõde kava

Tööde loetelu	Põhjendus
1. Pildistamine ja dokumentatsioon, eseme seisundihinnang	1. Eseme algse seisundi jäädvustamine
2. Pindade puhastus	2. Pinnale tekkinud mikrokliimat loov mustusekiht on plastikmaterjalile kahjulik. Esteetilise välimuse ennistamine.
3. Murdunud tagapõõna taasühendamine	3. Konstruktsiooni tugevuse taastamine
4. Pildistamine	4. Eseme restaureerimisjärgse seisundi jäädvustamine

5. Konserveerimistöõde kirjeldus

Teostatud tööd	Kasutatud materjalid
1. Pildistamine ja dokumentatsioon, eseme seisundihinnang	1. Nikon Coolpix L5
2. Pindade puhastus <ul style="list-style-type: none"> Puhastamiseks tehti nõrk neutraalse pesuvahendi ja vee lahus. Lahusesse kastetud ja välja väänatud karukeelega puhastati õrnalt tooli kõik pinnad. Puhastusainega kokku tehtud kohad loputati koheselt veega ning kuivatati. 	2. Neutraalne pesuvahend (lõhna- ja värvainevaba, sisaldab 5-15% anioonseid pindaktiivseid aineid, >5% mitteioonilisi pindaktiivseid aineid, >5% seepi), karukeel, vesi, švamm
3. Murdunud tagapõõna taasühendamine <ul style="list-style-type: none"> Esmalt liimiti põõnale tagasi äramurdunud tapikeel. Liimaine paremaks toimimiseks oksüdeeriti 	3. Moment Repair Epoxy (kahekomponentne epoksiidvaik), tikud, saag, puit, süs

<p>pindasid kerge põletamise teel. Liimimiseks kasutati kahekomponentset epoksiidvaiku.</p> <ul style="list-style-type: none"> Seejärel liimiti põõn toolijalgade külge. Kuna parema jala tapipesa väliskülg oli kadunud, täideti tühimik liimist, puidupuudrist ja söest moodustatud pastaga. <p>4. Pildistamine</p>	<p>4. Nikon Coolpix L5</p>
--	----------------------------

6. Illustratiivne materjal (fotod, skeemid jne)



Joonis 5 – Tooli istme all olev tooteleht kirjaga: IKEA / Design and Quality / IKEA of Sweden / Made in Sweden / 11666 / IKEA PS ELLAN / PP + WC. Kirjade all on kaks ringi, milles esimeses on kujutatud kuude numbrid, nool näitab 12. kuule. Alumisse ringi on kujutatud nool ja neli tähte A, B, C, D ning nool osutab B-le.



Joonis 6 – Tool Ellani osad (Foto Internetist: <http://mychair.tumblr.com/post/463196582/comfortable-pieces-chris-martin-ellan-flat>)

7. Teostatud tööde tulemus



Joonis 8 – Tool enne restaureerimist



Joonis 9 – Tool pärast restaureerimist

Konserveerimisprotokoll 3

Teostaja	Karoliine Korol
Ametinimetus	Restauraator

1. Objekti andmed

Nimetus	Suveniirnukk
Autor	Ettevõtte UKU
Dateering	1981. a
Materjal	Polüetüleen, PPVC, polüamiid, vill, puuvill, klaashelmed
Tehnika	Segatehnika
Mõõtmed	370 x 180 x 90 mm
Omanik	Eraisik
Tähis	Puudub
Tööde teostamise aeg	26.01.13 – 20.02.13 (26h)

2. Objekti kirjeldus

<p>Kirjeldus:</p>  <p>Joonis 1</p>	<p>Plastikust valmistatud suveniirnukk (joonis 1). Kingiti omanikule 16. mail 1981. Pea ja käed on valmistatud PPVC-st, keha ning jalad HDPE-st. Nuku juuksed on valmistatud polüamiidist. Jäsemed on liigutatavad ning ühendatud keha külge vintliigenditega. Silmad (sinised) käivad kinni-lahti. Silmadele on kinnitatud polüpropeenist mustad ripsmed.</p> <p>Nuku juurde kuulub viis riietuseset:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Puuvillane ristpistetikandiga kaunistatud valge pluus 2) Villane kollane seelik, mille alläares on helmestega tikitud muster 3) Helmestega tikitud punane põll 4) Villasest lõngast kootud kiripõlvikud (valge, roheline, punase, roosa, oranži ja sinise lõngaga) 5) Valged puuvillased püksikud <p>Nuku riided on valminud käsitööna ning on kõrgekvaliteetsed.</p>
Autori v töökoja märgistus, signatuur	Puudub
Muud pealdised, märgid, tekstid	Puuduvad
Andmed varasemate konserveerimis-restaureerimistööde teostamise kohta	Ei ole konserveeritud
Kirjandus- ja arhiiviallikad	Puuduvad

3. Objekti seisund enne konserveerimist

Mehaanilised kahjustused:

Suurim kahjustus on parema jala purunemine keermekoha juurest. Keerme osa on eraldi tükina säilinud, jala ülaosast on osa materjalist puudu (joonis 3; joonis 4). Paremäl tuharal on kaks mõra: ülemine pikem, alumine väiksem (joonis 5; joonis 6) ning selle keermeval on väike kild puudu (joonis 8). Vasaku jala ühendusaugu ülevalt jookseb kehal diagonaalne mõra (joonis 7). Ülahuulelt on huulevärv kergelt kulunud. Nuku püksikutel on jalgevahelt õmblus pisut lahti. Villane seelik on tagaosas vormist ära.



Füüsikalised-keemilised kahjustused:

Nuku labajalad on UV-valguse kahjustava toime tagajärjel valgeks pleekinud (joonis 2). Nuku keha on vaatamata pluusile siiski tugevalt pleekinud. Ainus originaaltoonid koht kehal on seeliku vööalune piirkond, kust valgus ei ole läbi tunginud. Nuku silmavalged on kollakaks tõmbunud.

Bioloogilised kahjustused: Puuduvad**Objekti seisundihinnang****4 – RAHULDAV****4. Konserveerimistöde kava**

Tööde loetelu	Põhjendus
1. Pildistamine ja dokumentatsioon	1. Eseme restaureerimiseelse seisundi jäädvustamine
2. Nuku riie eemaldamine	2. Juurdepääs eseme plastikosadele, saamaks ülevaadet nende seisundist.
3. Mõrade parandamine kehal	3. Mõrade edasijooksu pidurdamine
4. Purunenud jala rekonstruktsioon	4. Eseme esialgse välimuse ennistamine, funktsionaalsuse taastamine
5. Riie konserveerimine	5. Riie esialgse välimuse ennistamine. Plastiku vananemisel (PPVC) eraldunud lenduvate ühendite eemaldamine.
6. Riie selgaõmblemine	6. Esialgse välimuse ennistamine
7. Pildistamine	7. Eseme restaureerimisjärgse seisundi jäädvustamine

5. Konserveerimistöde kirjeldus

Teostatud tööd	Kasutatud materjalid
1. Pildistamine ja dokumentatsioon	1. Nikon Coolpix L5
2. Nuku riie eemaldamine <ul style="list-style-type: none"> Kuna nukule olid riided selga õmmeldud, oli tarvis mitmeid ühendusniite läbi lõigata. Kõikidest õmblustest tehti eelnevalt pilti, mis tagas hilisema korrektse tagasiõmblemise. 	2. Pinsetid, käärid, fotoaparaat
3. Mõrade parandamine kehal <ul style="list-style-type: none"> Polüetüleenil on peaaegu võimatu liimimise teel ühendada. Seepärast valiti kuumakeevituse meetod kuumaspaatliga. Kuna mõrad olid jalgade ühenduskohtades, oli võimalik neile ligi pääseda seest poolt. Mõranenud kohtade tagakülgedele sulatati polüetüleenilehed, takistamaks edasijooksu ning tugevdamiseks mõranenud kohti. 	3. Kuumaspaatel, LDPE, skalpell
4. Purunenud jala rekonstruktsioon <ul style="list-style-type: none"> Enne purunenud koha rekonstruktsiooni, katsetati erinevaid meetodeid polüetüleenil ühenduseks. Prooviti liimühendust, lahustiühendust ning lõpuks kuumakeevitust. Liimühendused ja lahustid ebaõnnestusid, kuumakeevitus jäi püsiv. Jala rekonstruktsiooniks kasutati sobiva suurusega teise nuku jalga. Värvil poolest jäi see küll erineva, kuna oli tunduvalt vähem valguskahjustuse mõjul pleekinud. Rekonstruktsioonijalaosa muudeti leegi kõrval kuumutades pehmeks ning sellele anti restaureeritava nuku jalaga sarnane kuju. Seejärel 	4. Kuumaspaatel, LDPE, skalpell, poleer-liivapaberid

<p>ühtlustati skalpelliga purunenud jala äärt ning lõigati varuosa alääär sellega klappivaks. Järgnes nende ühendamine kuumasplaatliga. Jala ühenduskeere kinnitati samuti rekonstruktsioonile kuuma-keevitusega.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kuumakeevitusega loodud ühenduskoha pealispind lõigati skalpelliga ühtlaseks. Seejärel liviti seda väga peene liivapaberiga, püüdes võimalikult vähe originaaljalaosa kahjustada. <p>5. Riiete konserveerimine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valge puuvillane särk ning aluspüksid pesti villasest seelikust ja põlvikutest eraldi leiges vees, millele oli väheses koguses lisatud pesuvahendit. Esmalt lasti riietel vees liguneda, seejärel pesti neid õrnalt ja loputati. Märjad riideesemed pressiti käterättide vahel liigest veest tühjaks ning asetati kuivama. • Aluspükste lahtitulnud õmblus taastati. <p>6. Riiete selgaõmblemine</p> <p>7. Pildistamine</p>	<p>5. Destilleeritud vesi, „Neutral“ vedel pesuvahend „FINE“ (sisaldab 5-15% anioonseid pindaktiivseid aineid, <5% mitteioonilisi pindaktiivseid aineid, <5% seepi), niit, nõel, käärid</p> <p>6. Puuvillane niit, nõel, käärid</p> <p>7. Nikon Coolpix L5</p>
---	--

6. Illustratiivne materjal



Joonis 9 – Kuumakeevitusega loodud ühendus proovitiikidel.



Joonis 10 – Puuvillaste püksikute purunenud õmblus.



Joonis 11 – Nuku seelik oli aastatepikkusest istuvast asendist tingituna vormist ära.

7. Teostatud tööde tulemus



Joonis 12 – Restaureeritud jalg (väliskülg)



Joonis 13– Restaureeritud jalg (sisekülg)



Joonis 14 – 16 – Purunenud osa rekonstruktsioon.



Joonis 17 – 18 – Nukk enne restaureerimist (vasakul) ja pärast (paremal).

Nuku algseisundi ning tehtud restaureerimistöde kohta on koostatud dokumentatsioon. Nuku parema jala purunenud osa on rekonstrueeritud, selle funktsioon on taastatud. Jalgade ühenduskohtadesse tekkinud mõrad on parandatud ning mõlemaid jalgu on võimalik liigutada, muutmaks nuku asendit. Nuku riided on konserveeritud. Loodud kuumaühendused on piisavalt vastupidavad. Sellele vaatamata ei tohiks nukku igapäevaseks mängimiseks kasutada. Keha valmistamiseks kasutatud polüetüleen on tugevalt fotoooksüdeerunud, mistõttu on materjal väga rabe. Kui just restaureeritud kohtades kahjustusi ei teki, võivad need tekkida teistes piirkondades.



Joonis 19