

A textíliák károsodását okozó tényezők a hosszútávú múzeumi megőrzés szempontjából

Mátyás Eszter^{1,2}, Halász Marianna^{1,3}

¹Óbudai Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Doktori Iskola

²Magyar Nemzeti Múzeum

³Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

Kulcsszavak/Keywords: Természetes szálak, Mesterséges szálak, Károsító tényezők, Lebomlási folyamatok, Hosszútávú viselkedés
Natural fibres, Man made fibres, Damage factors, Degradation processes, Long-term behaviour

Kivonat

A múzeumi megőrzésre és kiállításra kerülő tárgyak használt, gyakran elhasznált darabok, amelyek már a múzeumba kerülésük előtt is sok károsító környezeti hatásnak ki voltak téve. A restaurálás-konzerválás feladata ezeknek a műtárgyaknak a hosszú távú megőrzése. Ehhez el kell távolítani minden, a tárgy öregedését felgyorsító károsító tényezőt, valamint statikai állapotukat konzerválással, restaurálással meg kell erősíteni. Nagyon fontos továbbá a tárolás és a kiállítás megfelelő körülményeinek kialakítása, hiszen a műtárgyak csak megfelelő környezetben őrzik meg állapotukat.

A múzeumba kerülő textil műtárgyak, amelyek hagyományos, cellulóz és fehérje alapú természetes, valamint modern, természetes és szintetikus alapú mesterséges szálakból épülnek fel, nagyon érzékenyek számos károsító hatásra. Hosszútávú viselkedésüket fizikai és kémiai tulajdonságaik határozzák meg, a bekövetkező károsodás a textilszálak és a környezetük közötti fizikai, kémiai és biológiai kölcsönhatásokból ered. Ezeknek a folyamatoknak a megismerése rendkívül fontos a múzeumi műtárgyak restaurálása és állapotuk hosszútávú megőrzése, azaz konzerválása érdekében.

Ebben a cikkben rövid áttekintést adunk a legfontosabb károsító tényezőkről és azok textíliákra gyakorolt hatásairól, amelyeket a restaurálás, majd a múzeumi tárolás és kiállítás során figyelembe kell venni.

1. Bevezetés

Minden szerves anyagú tárgy, de különösen a textil alapú műtárgyak nagyon érzékenyek a környezetükre. Könnyen károsodnak, ezért megőrzésükre különös gondot kell fordítani. A múzeumi gyűjteményben tárolt textiltárgyak fokozott védelmet igényelnek, mivel ezek a legtöbb esetben már a beszerzés előtt fénykárosodást és más jellegű sérüléseket szenvedtek, így még inkább érzékenyek a környezeti hatásokra. A megfelelő értékű, stabil relatív páratartalom, hőmérséklet és megvilágítás fenntartása, a levegőszűrés, a por-, rezgés- és ütésvédelem biztosítása, a kezelési előírások betartása és az integrált kártevőmentesítés kulcsfontosságú ezen műtárgyak hosszú távú megőrzésében. A tárolás, szállítás és kiállítás során különböző tényezőket kell figyelembe venni. A különböző kárforrások egymást erősítik, a hatások megsokszorozódnak. Ennek ellenére a károsodás megfelelő környezeti feltételek, megfelelő anyagok, technikák és be rendezések alkalmazásával jelentősen csökkenthető vagy minimalizálható. Ebben a cikkben rövid áttekintést adunk a legfontosabb károsító tényezőkről és azok textíliákra gyakorolt hatásairól, amelyeket a múzeumi tárolás és a kiállítás során figyelembe kell venni.

2. Károsodást okozó tényezők

A „műtárgykörnyezet” szó a tárgyat körülvevő feltételek sorozatára, a természet és az ember által létrehozott

Abstract

The objects to be preserved and exhibited in the museum are used, often worn-out pieces that have been exposed to many damaging environmental influences even before they enter the museum. The task of restoration-conservation is the long-term preservation of these artefacts. To do this, all the damaging factors that accelerate the aging of the object must be removed, and their static condition must be strengthened by conservation and restoration. It is also very important to create the right conditions for storage and exhibition, as artefacts only retain their condition under the right environment conditions.

Textile artefacts obtained by museums are made up of traditional, cellulose- and protein-based natural fibres as well as modern, natural and synthetic-based artificial fibres. Therefore they are very sensitive to a number of damaging effects. Their long-term behaviour is determined by their physical and chemical properties, and by the damage that results from the physical, chemical and biological interactions between the textile fibres and their environment. Understanding these processes is extremely important for the restoration and long-term preservation of museum artefacts.

In this article, we provide a brief overview of the most important damaging factors and their effects on textiles that should be considered during restoration and during museum storage and exhibition.

hatások összegére utal, amely hatások lassíthatják vagy felgyorsíthatják az anyag fizikai és kémiai változásait.

Ezek a változások a műtárgy esztétikai megjelenésében és anyagának fizikai és kémiai tulajdonságaiban egyaránt megmutatkoznak. A textilszálak károsodását számos tényező okozza, amelyek egymás hatását befolyásolva, egymással párhuzamosan és egymással versengve hatnak. Hatásmechanizmusuk szerint három nagy csoportra oszthatók: biológiai, fizikai (mechanikai) és kémiai hatású tényezőkre. Az alábbiakban bemutatjuk ezeket a károsító tényezőket és hatásait a láthatóaktól a mikroszkopikus méretűekig.

2.1. Biológiai tényezők

A gyűjteménykezelés egyik fő kérdése a múzeumokban a biológiai kártevők két fő típusa, a rovarok és gombák elleni hatékony védekezés kialakítása. Mivel a textíliák maguk is szerves anyagok, és gyakran kombinálják őket más szerves anyagokkal is (mint például bőr, papír, szerves eredetű festékek, állati és egyéb eredetű ragasztók, keményítő stb.), szinte minden típusú biológiai kártevő veszélyének ki vannak téve, amelyek közül a textíliák leginkább a moly- és penészfertőzésre érzékenyek.

Körülbelül 160 000 lepkefaj létezik, de csak két faj tekint a textíliát táplálékforrásnak: a *szűcsmoly* (*Tineella pellionella*) és a *ruhamoly* (*Tineola bisselliella*). Kifejlett állapotban mindkettő körülbelül 1 cm hosszú, sárga vagy szürkés színű. Lárva állapotukban milliméterről milliméterre eszik meg magát a tárgyat. A molylepkék a magas



1. ábra. Molyfertőzés textíliával kárpitozott karosszéken

páratartalmat és magas hőmérsékletet kedvelik, és petéik lerakásához zárt vagy nehezen hozzáférhető helyeket, többnyire ritkán tisztított területeket választanak. A petékből két hét alatt kelnek ki a lárvák, amelyek fejlődése 3 hónaptól évekig is eltarthat. Ezért ezekben az esetekben a fertőzés minden nyilvánvaló jelét a lehető leghamarabb el kell távolítani, azaz le kell kefélni, vagy ki kell porszívózni és fertőtleníteni kell a tárgyat. A fertőtlenítést többször ismételni kell, mivel a speciális fertőtlenítő gázok csak a kifejlett kártevőt vagy a lárvát tudják elpusztítani, a kifejletlen peték ezekre immunisak (1. ábra).

Az élő *penészt* a dohos szagról és a felszíni növekedés háromdimenziós jellegéről lehet felismerni. A penész számos típusa a szálak elszíneződését, meggyengülését vagy teljes pusztulását okozhatja. A penészgombák táplálkozásukkor megemészti az anyagot, amelyen nőnek. A cellulóz anyagú szálak, rostok, azaz a pamut és a len különösen sérülékenyek, de a fehérje alapúak, azaz a gyapjú és a selyem is ki vannak téve a penészedés veszélyének. A penészgomba még a szintetikus szálakon, például a nejlonon és a poliészteren is megnő, ha szennyezett a textília felülete [1]. A gombák spórái nagyon hosszú ideig, akár évekig is megbújhatnak az anyagban, amíg a környezet páratartalma megfelelő nem lesz a regenerálódásukhoz. A legtöbb gombának legalább 70%-os relatív páratartalomra van szüksége ahhoz, hogy létfontosságú tevékenységét kifejtse. A gombák számára az optimális hőmérséklet 20 és 30 °C között van, de előfordulhatnak alacsonyabb hőmérsékleten fejlődő fajok is (2. ábra).

A penész az emberre is nagyon ártalmas: allergén, irritáló és esetenként mérgező is lehet. A penészgombák spóráinak belélegzése vagy megérintése allergiás reakciót, például tüsszögést, orrfolyást, vörös szemeket és



2. ábra. Penészfertőzés fémfonalas dekoráción

bőrkiütést okozhat. A penészgombák asztmás rohamokat is okozhatnak. Éppen ezért egy penészes tárgy fertőtlenítésére és kezelésére szigorú előírások vonatkoznak [2].

A restaurálás során feladat ezeknek a kártevőknek és hatásuknak az eltávolítása, a tárolás során pedig cél ezeknek a veszélyes biológiai fertőzéseknek az elkerülése. E cél érdekében a múzeumi állományvédelmi protokoll az alábbi főbb pontokat kombinálja:

- alacsony hőmérséklet és páratartalom fenntartása és hőszabályozás,
- minden évben teljes gyűjtemény/raktár fertőtlenítő kezelés,
- rovar- és kisállat- (rágcsáló-) csapdák állítása,
- az elkülönítési protokoll betartása,
- szükség esetén széndioxiddal vagy nitrogénnel történő kezelés és gázfertőtlenítés (pl. etilén-oxiddal).

2.2. Fizikai tényezők

Bármilyen meglepő is, a legtöbb textil műtárgy – legyen az egy viselet vagy egy sík textília – mechanikai sérülése a helytelen kezelés miatt következik be, hiszen ezek a műtárgyak nem kortárs darabok, a múltban, már a múzeumba kerülésük előtt is sok károsító környezeti hatásnak ki voltak téve, amelyek következtében mechanikai szilárdságuk jelentősen csökkent. A sérülések forrása lehetünk mi magunk is, véletlenszerű káros fizikai mozdulatok révén, de sérülést okozhatnak például azok a rezgések is, amelyeket egy mobil polcrendszer gördülőszerkezete vagy egy épületen kívüli tényező okoz. A vibráció gyakori jelenség városi környezetben, amelynek kiváltó okai lehetnek például a gépjárműforgalom, a metró vagy a múzeum közelében lévő építkezések is.

A műtárgy helytelen vagy akár kismértékű mozgatása is mechanikai igénybevételt okoz. Ez a feszültség úgynevezett „aktivált kötéseket” hoz létre a műtárgy polimer anyagában, amely kötések rendkívül érzékenyek az újabb behatásokra (pl. hő/fény), még alacsony kinetikus energiával is felszakíthatóak (pl. könnyű ütés). Az „aktivált kötések” kevesebb fény- vagy hőenergiát igényelnek a különféle kémiai lebomlási folyamatokban való részvételhez, mint a nem aktivált kötések. A kötés által



3. ábra. A 18. század végéről származó frakk jobb ujjának állapotfelmérő rajza



4. ábra. Egy festett vászon erősen rossz állapota

képződött gyökök azonnal felszakadnak, és spontán kémiai reakciókon mennek keresztül, amelyek a polimer lebomlását okozhatják [3]. Ez a magyarázata annak, hogy például egy korábban befoltzott szövet miért sérülékenyebb, mint az ép anyag. Ez a való életben azt jelenti, hogy a szálak rendkívül törékennyé válnak, a textil pedig kopottnak és elöregedettnek tűnik. A konzerválás-restaurálás során ezeket a fizikai elváltozásokat alaposan felméri: a műtárgy minden részéről állapotfelmérő rajzokat készítenek, amelyeken a sérülések helyét és jellegét pontosan megjelölik. A 3. ábra – egy a 18. század végéről származó frakk jobb ujjának állapotfelmérő rajza – jól mutatja, hogy még megfelelő körülmények között tárolva is, mennyire törékeny lehet egy műtárgy.

Egy másik feltűnő, mechanikai igénybevételek okozta károsodás figyelhető meg festett vásznan, ahol a különböző rétegek (feszített vászon, alapozó-, festék-, lakkreteg stb.) mind eltérően viselkednek a hőmérséklet és a relatív páratartalom változásainak hatására. Ezek a hatások a rétegek felhasadásához, vetemedéséhez vagy a festett rétegek felválásához vezetnek (4. ábra).

Egy műtárgy restaurálásának célja a tárgy szerkezetének megerősítése és állapotának megőrzése. Mindazonáltal kulcsfontosságú a tárgyak mechanikai védelme a konzerválás után is, és nem csak az optimális hőmérséklet és páratartalom biztosítása. Hatékony fizikai védelemre szolgálnak a különböző, károsanyag-kibocsátástól mentes szivacsok, speciális textiliák és egyéb savmentes pufferanyagok. Ha a tárgyakat nyitott polcokon tárolják, akkor azokat le kell takarni vagy be kell csomagolni ún. VOC-mentes (Volatile Organic Compound, azaz illékony szerves vegyület) anyagokba, mint például fehérítetlen és festetlen pamutvászonba vagy polietilénfóliába, zacskókba, dobozokba. A Tyvek (polietilén alapú puha, nem-szőtt kelme antisztatikus bevonattal), a Hollytex (nem-szőtt, savmentes csomagolóanyag 100% poliszterből) vagy a savmentes, nem pufferolt selyempapír szintén használatos csomagolóanyagok.

2.3. Kémiai hatású tényezők

Minden természetes vagy szintetikus anyagú textil-szál és színezék kémiai értelemben szénvegyületnek, azaz szerves anyagnak számít. Egy vegyület lebomlási sebessége számos tényezőtől függ, különösen a fény, a páratartalom, más légköri gázok, savak és lúgok jelenlététől és a hőmérséklettől. Ezek a tényezők nemcsak



5. ábra. Alacsony páratartalom következtében megsérült damasztszövet

önmagukban, hanem bonyolult, egymással való kölcsönhatásokon keresztül is hatással vannak a tárgyak állapotára [4].

A műtárgy biztonságos, hosszútávú megőrzéséhez szükséges megfelelő környezeti feltételek tárgyként eltérőek lehetnek, attól függően, hogy a tárgy milyen környezeti körülmények közül került elő.

A hazai és nyugat-európai gyűjteményekben a tárolás általános irányelvei a következők:

- relatív páratartalom: 45–55%
- hőmérséklet: 18–22 °C
- megvilágítás: 0 lux raktárban, max. 50 lux kiállításon
- UV: 0 μW /lumen

2.3.1. Páratartalom

Szakértők szerint a szerves anyagok bomlásának legfőbb oka a nedvességtartalmuk, amely szoros összefüggésben van a levegő relatív páratartalmával. A „relatív páratartalom” (RH) a környezeti levegő pontos páratartalmának kifejezésére szolgál az adott hőmérsékleten elérhető telítettség értékhez viszonyítva. A szerves anyagoknak az RH változása által kiváltott változásait három nagy csoportba soroljuk: 1) alak- és méretváltozás, 2) kémiai reakció előfordulása és 3) biológiai lebomlás. A szerves polimerekben a víz „lágyítószerként” működik, a megfelelő nedvességtartalom hajlékonyságot és rugalmasságot biztosít az anyagoknak. Alacsony relatív páratartalom esetén a szerkezeti vizet veszített textiliák merevek, törékenyek lesznek (5. ábra), túl magas relatív páratartalom esetén a szálak megduzzadnak, és káros deformáció léphet fel, pl. a színezett textiliák megrepednek és felhasadnak. Ezen kívül a megduzzadt szálak könnyebben megkötik a káros kémiai reagenseket, légköri szennyeződések. A gombák és baktériumok szaporodásának a 65% feletti relatív páratartalom kedvez, ugyanakkor a szerves anyagok 40% relatív páratartalom alatt kiszáradnak.

A textiliák számára leginkább az RH ingadozása káros. Ez a váltakozás az anyag ciklikus megduzzadását és zsugorodását okozza, amely belső feszültséget és ezáltal deformációt okoz. Ugyanakkor az anyag kémiai lebomlásra való érzékenysége is megnő. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a páratartalom gyakori, hirtelen változása nagyobb kockázatot jelent, mint egy adott tartományon belüli, de állandó relatív páratartalom, még

akkor is, ha az nem éppen optimális. A 45–55% közötti relatív páratartalom általában alkalmas a szerves anyagok állapotának megőrzésére stabil hőmérséklet mellett [3].

A textil műtárgyak megfelelő és stabil nedvességtartalmának biztosítása kulcsfontosságú állapotuk hosszútávú megőrzése szempontjából. Ehhez a levegő optimális relatív páratartalmának fenntartása szükséges, amelynek többféle módja van. A HVAC (fűtés, szellőztetés és légkondicionálás) rendszereket olyan légáramlás biztosítására használják, amely kültéri friss levegő felhasználásával, levegőszűréssel, páratartalom- és hőmérsékletszabályozással megakadályozza a beltéri levegő befűledését. Ez a központi rendszer a páratartalmat helyi érzékelők segítségével szabályozza. A hordozható párasítók központi páratartalom-szabályozás nélkül is képesek stabil páratartalmat fenntartani az épületekben, míg a beépített páratlanítók szükség esetén hatékonyan csökkenthetik a levegő nedvességtartalmát, amelynek főként a penészedésre hajlamos, nedves raktárápületekben van nagy jelentősége.

2.3.2. Hőmérséklet

Termodinamikai értelemben a hő az az energia, amely a hőmérséklet-különbség következtében egyik helyről a másikra vándorol. A hőátadás történhet hőáramlással, hővezetéssel vagy hősugárzással. A múzeumi körülmények között fellépő hőmérséklet a szerves vegyületekben csak nagyon alacsony energiájú kötések bomlását okozza, így például kiválthatja a mechanikai igénybevételek kapcsán említett aktivált kötések felbomlását. Ezen túlmenően a hőmérséklet az atomok és a molekulák mozgását is előidézi az anyagokban, minél magasabb a hőmérséklet, annál intenzívebb ez a mozgás. A kémiai reakciók sebessége minden 10 °C-os hőmérséklet-emelkedéssel általában megduplázódik. Sok szerves anyag magasabb hőmérsékleten kitágul és meglágyul, ami növeli a kémiai lebomló anyagok felszívódásának mértékét vagy megkötését. Továbbá növekszik a reakcióban részt vevő anyagok oldhatósága vagy disszociációja is, ami megkönnyíti a kémiai reakciók beindulását és felgyorsítja azok lefolyását.

A relatív páratartalomhoz hasonlóan itt is az ingadozások a legveszélyesebbek. Az anyagok melegítéskor általában kitágulnak, lehűléskor pedig összehúzódnak. A jelentős hőmérséklet-ingadozások feszültséget okozhatnak a szerves vegyületekben, és a molekulák fizikai átrendeződését okozzák. A környezeti hőmérséklet befolyásolja a szerves vegyületek nedvességfelvételét és -leadását. A hőmérséklet és a relatív páratartalom mennyisége szorosan összefügg, változásaik kölcsönösen elválaszthatatlanok egymástól. A hőmérséklet emelkedése egy ideig kedvez a vízfelvételnek, ugyanakkor a levegőből felvett nedvesség mennyisége általában csökken magas hőmérsékleten [3].

Összességében elmondható, hogy a magasabb hőmérséklet gyorsítja a lebomlási folyamatokat a műtárgyban, hosszú távon pedig az eredeti műtárgy és a restauráláshoz használt anyagok tulajdonságainak megváltozását is előidézhetheti.

A fent említett HVAC rendszert és/vagy központi fűtési rendszert általában a múzeumi épületek hőmérsékletének szabályozására használják. A polcrendszer elhelyezését a tárolás során gondosan meg kell választani, mert súlyos sérülések, például zsugorodás, repedés, hasadás vagy elszíneződés, színlevérzés léphet fel, ha a tárgyakat a fűtőegység közelében helyezik el. A hordozható klímaberendezések segíthetnek csökkenteni a hőmérsék-



6. ábra. Pamutszövet elszíneződése fotooksidáció következtében

letet a túlzottan meleg helyeken, ami rendkívül fontos, különösen a nyári szezonban. A készülékek elhelyezését gondosan meg kell tervezni, mert például a hideg légáram sem érheti közvetlenül a tárgyakat.

2.3.3. Fény

A fény minden formája károsítja a textiliákat. A fényenergia által kiváltott fotokémiai reakciók az alapvetően szerves textilkomponensek károsodásához vezethetnek. A látható és láthatatlan sugárzás okozta szövetkárosodás kumulatív és visszafordíthatatlan. Bár a napsugárzás hullámhosszai jóval 200 nm alatt indulnak, a magasabb légrétegekben előforduló oxigén, nitrogén-dioxid, vízgőz és ozon jelenléte miatt a 286 nm alatti hullámhosszú sugarak többsége nem hatol be az alacsonyabb légrétegbe. Bár a felszint erő, a látható fény hullámhossza alatti, 286–400 nm közötti hullámhosszú UV-sugárzás valójában csak 5%-a a Nap által kibocsátott teljes sugárzásnak, ez elegendő a szerves anyagok kémiai kötéseinek lebontásához [5]. Ezért az UV-sugárzás hatását teljes mértékben ki kell küszöbölni. Minél rövidebb a hullámhossz, annál jelentősebb az okozott károsodás. Emiatt a szerves tárgyak fotodegradációja 400 nm hullámhossz alatt felgyorsul.

Az elektromágneses sugárzás UV és látható tartománya a szerves anyagok fotolízisét (kémiai kötések felszakadását) és fotokémiai bomlását (kémiai reakciók az anyag által elnyelt sugárzás energiáját felhasználva) okozhatja. Az egyik legkárosabb bomlási folyamat a fotooksidáció, amely a textília sárgulását, színváltozását (6. ábra) és mechanikai szilárdságának csökkenését eredményezi. Ezek nem mindig jelennek meg azonnal a textilián, mert a folyamat autokatalitikus gyökös láncreakció, amely akkor is folytatódik az anyagban, ha a besugárzás megszűnik. Ez az oka annak, hogy a szerves anyagok UV-sugárzás vagy fény miatti károsodása gyakran csak a kiállítás végén vagy néhány hónappal azután jelentkezik [3]. Ezen kívül az infravörös sugárzás, amely hőenergiát jelent, szintén káros, mert az anyag termikus bomlását idézheti elő, és további termokémiai reakciókat okozhat.

A fény a textil alapú műtárgyak számára a legkárosabb lebomlást okozó tényező. Ezért a raktárakban a fényexpozíciót minimálisra kell csökkenteni. Munkavégzés, konzerválás-restaurálás, kezelés és csomagolás idején az általános megvilágítás nem lehet nagyobb 150 luxnál. Vizsgálati és kutatási célokra intenzívebb fényforrásokat használnak, de ezek alkalmazását meghatározott időkeretre kell korlátozni. A fény elleni védelem érdekében a tárgyakat le kell takarni, fiókokban vagy fedett, mobil polcrendszerekben kell tartani.

2.3.4. Légszennyező anyagok

A hőmérséklet, a páratartalom és a fény mellett a légszennyező anyagok is károsíthatják a textiliákat, hatásuk erőssége függ a koncentrációjuktól. Ezek a légszennyező anyagok különféle forrásokból származhatnak, nevezetesen:

- a közlekedésből és égésből származó légszennyező anyagok, finom por, ember által kibocsátott légnemű szennyező anyagok (NO_x , SO_2 , szénhidrogének, ózon, korom, por és egyéb aeroszolok);
- a műtárgy környezetében lévő különböző installációs elemek és tárolóanyagok (bútorok, polcok, padlóburkolatok, csomagolóanyagok) által kibocsátott anyagok;
- a műtárgyak által kibocsátott illékony szerves vegyületek (VOC), különösen ecetsav és hangyasav, hidrogén-szulfid stb. anyagok.

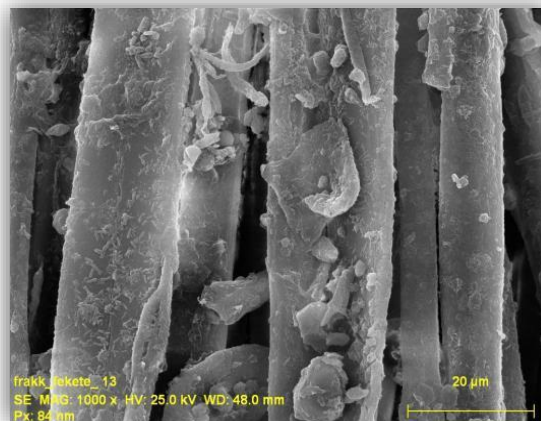
Az összes fent említett szennyezőanyag jelentősen felgyorsítja a lebomlást.

A szintetikus anyagból készült kortárs tárgyak különösen érzékenyek a légszennyező anyagokra, mivel ezeknek a felülete gyakran elektrosztatikusan vonzza a port és a különböző szennyeződések. A felülethez kötött porszemcsék és a tárgyból kipárolgó ragacsos lágyítók együtt egy nagyon nehezen eltávolítható szennyeződéssréteget képeznek. Az ilyen típusú szennyeződés miatt sok tárgy elveszti szép esztétikai megjelenését és ezzel jelentőségét is.

A leggyakoribb VOC gázok: a NO_x , ózon, PM (szemcsés anyag), SO_2 , H_2S , szénvegyületek, kloridok és az ammónia. Ezek a szennyezőanyagok városi környezetben kisebb-nagyobb koncentrációban mindig jelen vannak, de speciális időjárási viszonyok ezek felhalmozódását okozhatják. Városi környezetben a por is jelentős légszennyező anyag. A por finom, száraz, levegőben szálló, nagy fajlagos felületű részecske, amely képes gázokat, szilárd vagy folyékony részecskéket, vagy biológiai anyagokat adszorbeálni, ami által számos közvetett kárt okozhat a tárgyakban.

Mint fentebb említettük, az installációs anyagok is kipárolgathatnak magukból káros VOC gázokat. Ezért raktározási területeken lehetőség szerint kerülnünk kell ezek használatát. Forgácslemez, MDF-et (közepes sűrűségű farostlemez), rétegelt lemezt gyakran használnak szekrények, fiókok vagy állványok készítésére. Ezek különféle szintetikus ragasztókat tartalmaznak, mint például karbamid-formaldehid, fenol-formaldehid, melamin-formaldehid gyantákat stb., amelyek folyamatos károsanyag-kibocsátás forrásai. A természetes fák, mint a tölgy, bükk, fenyő, különböző savakat, például ecetsavat, hangyasavat, propionsavat és vajsavat bocsátanak ki. Mindezek miatt a műtárgyak tárolására porszóró acélból vagy eloxált alumíniumból készült polcrendszerek használata ajánlatos.

A fent említett VOC gázok széles körben fejtik ki közvetlen és közvetett káros hatásukat, ezért ezeket el kell távolítani a műtárgyak környezetéből. Hatékony légszűrés érhető el a HVAC-rendszerekbe épített szűrőmodulokkal, továbbá mobil légtisztító egységek is kiegészíthetik a központi rendszerek funkcióját. A VOC gázok okozta károsodások elkerülhetők VCI (Volatile Corrosion Inhibitor, azaz illékony korróziógátló anyagú) technológia alkalmazásával. Ez a technológia olyan anyagokon alapul, amelyek elpárolognak vagy szublimálódnak. Ezek az elpárolgó vagy szublimáló molekulák a tárgy felületén kondenzálódva egy védőréteget képeznek, amely megvédi



7. ábra. Károsodott fekete selyemfonal szálairól készült, ezerszeres nagyítású elektronmikroszkópos (SEM) kép

a tárgyat a savas komponensektől, a reaktív korrozív gázoktól stb.

3. Károsodott szálak vizsgálata

A fent említett összes károsító tényező együttes hatásának bemutatására jó példa a károsodott selyemfonal, mivel a selyem a legérzékenyebb a környezeti hatásokra.

A fekete selyemfonal szálairól készült, ezerszeres nagyítású elektronmikroszkópos felvétel (7. ábra) jól mutatja a szálak erősen sérült, lebomlott állapotát. A gyors lebomlás a selyemszálak magas tirozin- és triptofán-tartalma miatt következik be, mivel ezek a fehérjeláncban UV-sugárzás hatására könnyen oxidálódnak. Ezek az összetevők az oxidáció hatására sárga/barna színű kromofor csoportokká alakulnak, miközben a fehérjék peptidkötései felbomlanak [3]. Az elektromágneses sugárzás által okozott lebomlás mértéke nagymértékben függ a pH-értéktől. A peptidkötések felbomlása és a láncrövidülés következtében a szövet merevvé, törékennyé válik, és elszíneződik [3].

4. Összegezés

A múzeumi megőrzésre és kiállításra kerülő tárgyak használt, gyakran elhasznált darabok, amelyek már a múzeumba kerülésük előtt is sok károsító környezeti hatásnak ki voltak téve. A restaurálás-konzerválás feladata ezeknek a műtárgyaknak a hosszú távú megőrzése. Ehhez el kell távolítani minden, a tárgy öregedését felgyorsító károsító tényezőt, valamint statikai állapotukat meg kell erősíteni konzerválással-restaurálással. Annak érdekében, hogy a restaurátor ezeket a feladatokat maradéktalanul elvégezhesse, alaposan ismernie kell a textiliák károsodását okozó tényezőket.

A természetes és mesterséges szálak fizikai és kémiai tulajdonságai meghatározzák viselkedésüket a különböző környezeti feltételek között. Károsodásuk a tárgy és azok környezete közötti fizikai, kémiai és biológiai kölcsönhatásokból adódik. A textilműtárgyak állagának megőrzése érdekében azonban a környezeti paraméterek (hőmérséklet, páratartalom, megvilágítás, kártevők elleni védelem, légszennyezés elleni védelem, mechanikai védelem) optimális határon tartása mellett feltétlenül szükséges az is, hogy a raktár és a kiállítótér épülete megfelelő állapotú legyen (ne legyenek a falak salétromosak és penészesek, ne hiányozzon a szigetelés az ablakoknál, UV védő fólia legyen az ablakokon stb.).

Mindezen feladatok megoldása érdekében számos tudományos kutatás foglalkozik a természetes szálak

károsodását okozó tényezők kimutatásával, de egyértelmű bizonyítékok vannak a mesterséges szálak károsodási folyamataira is. A huszadik századi tárgyakat gyakran mondják „időzített bombáknak”, amelyek felfedésre várnak a múzeumi gyűjteményekben. Nyilvánvaló, hogy ezek a modern anyagok néha drámaian gyorsan mutatják a megsemmisülés jeleit. Mivel alig százévesek, viselkedésükről csak kevés gyakorlati tapasztalat áll rendelkezésre, hosszú távú jövőbeli viselkedésükről sincs elegendő tudományos adat. A restaurálás-konzerválásban azonban égető szükség van arra, hogy megvizsgáljuk a mesterséges szálak különböző degradációs tényezőit is, azért, hogy minél jobban tudjunk védekezni ellenük, és ezáltal az ilyen szálasanyagokból készült műtárgyakat is minél jobb állapotban tudjuk megőrizni az utókor számára. Éppen ezért további tudományos munkánk célja a szintetikus szálak hosszútávú viselkedésének vizsgálata.

5. Felhasznált irodalom

- [1] *Mould Growth on Textiles – Canadian Conservation Institute (CCI) Notes 13/15*, <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/mould-growth-textiles.html>. Letöltve: 2021. szeptember 12.
- [2] *Technical Bulletin N° 26 Mould Prevention and Collection Recovery: Guidelines for Heritage Collections*, Canadian Conservation Institute, OTTAWA, 2020.
- [3] Timárné Balázs Ágnes: *Műtárgyak szerves anyagainak felépítése és lebomlása*, MNM Nyomda, BUDAPEST, 1993, P.58.
- [4] Sheila Landi: *The Textile Conservator's Manual*, Routledge, 2nd edition Butterworth-Heinemann, EASTBOURNE, 1998. P.19.
- [5] Hon, D.N.-S.: *Yellowing of Modern Papers; Preservation of Paper and Textiles of Historical and Artistic Values II.*, in *Advances in Chemistry Series 193*, American Chemical Society, WASHINGTON 1981, PP.120-138.