

Kastaly Beatrix

MÚZEUMI GYŰJTEMÉNYEK ANYAGAIT KÁROSÍTÓ MIKROORGANIZMUSOK

Hogyan előzhető meg a „fertőzés”, és gátolható meg a „járvány”?

Múzeumi Állományvédelmi Program

Budapest

2010



NEMZETI
ERŐFORRÁS
MINISZTERIUM



Múzeumi állományvédelmi füzetek, 7.

A Múzeumi Állományvédelmi Program koordinátora

Holport Ágnes

Nemzeti Erőforrás Minisztérium

1055 Budapest, Szalay utca 10-14.

Telefon: 06 (1) 795-4078

Fax: 06 (1) 331-9508

A programról további információk kérhetők a Múzeumi Állományvédelmi Program
irodáján

Néprajzi Múzeum

1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 12.

Postacím: 1363 Budapest, Pf. 55

Telefon: 06 (1) 473-2410

Fax: 06 (1) 473-2411

e-mail: allomanyvedelem@neprajz.hu

www.allomanyvedelem.hu

Felelős kiadó: Fejős Zoltán, a Múzeumi Állományvédelmi Bizottság elnöke

Grafikai tervezés és kivitelezés: Studio1 Kft.

ISBN: 978-963-9540-62-0

ISSN: 1786-8181

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	5
A MIKROORGANIZMUSOK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI	6
BAKTÉRIUMOK, SUGÁRGOMBÁK (ACTINOMYCETALES) ÉS MOSZATOK (ALGÁK).....	9
JELLEMZŐK, AZ ÉLETMŰKÖDÉS ÉS A SZAPORODÁS MÓDJA ÉS FELTÉTELEI, BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK ...	9
BAKTÉRIUMOK	9
SUGÁRGOMBÁK	10
MOSZATOK.....	11
BAKTÉRIUMOK, SUGÁRGOMBÁK ÉS MOSZATOK (ALGÁK) KÁRTÉTELE MŰTÁRGYAK ÉS DOKUMENTUMOK ANYAGAIN.....	12
FA-, PAPIR-, TEXTIL- ÉS BŐRANYAGOK BAKTÉRIUM ÉS SUGÁRGOMBA ÁLTALI LEBONTÁSA	12
BAKTÉRIUMOK KÁRTÉTELE EGYÉB ANYAGOKON	15
ALGÁK OKOZTA KÁROSODÁS	15
GOMBÁK (FUNGI, MYCETES, MYCOTA)	16
JELLEMZŐK, AZ ÉLETMŰKÖDÉS ÉS SZAPORODÁS MÓDJA ÉS FELTÉTELEI, BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK....	16
KÁROSÍTÓ GOMBÁK KÜLÖNFÉLE ANYAGOKON; KÁROSÍTÁSUK JELLEGE	19
A CELLULÓZT, LIGNINT, FÁT, PAPIRT, NÖVÉNYI ALAPANYAGÚ TEXTÍLIÁKAT (VÁSZNAKAT) KÁROSÍTÓ GOMBÁK. A KÁROSODÁSOK.....	20
A BŐRT, PERGAMENT, GYAPJÚT, SELYMET KÁROSÍTÓ GOMBÁK. A KÁROSODÁSOK	23
NÖVÉNYI ÉS ÁLLATI EREDETŰ, VALAMINT SZINTETIKUS RAGASZTÓ- ÉS KÖTŐANYAGOK; VIASZOK, TINTÁK, FESZTEK ÉS LAKKOK KÁROSODÁSA PENÉSZGOMBÁK HATÁSÁRA	25
SZERVETLEN (ÁSVÁNYI) ANYAGOK KÁROSODÁSA PENÉSZGOMBÁK HATÁSÁRA.....	29
EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSOK, HOCHÁZATOK. A VESZÉLYEK CSÖHMENTÉSE	30
KÓROKOZÓK ÉS BETEGSÉGEK	30
MI A PENÉSZFERTŐZÉS?	31
VEDEKEZÉS A PENÉSZFERTŐZÉS ELLEN	32
A MIKROBIOLÓGIAI HÁR- ÉS HŐROKHOZÓK VIZSGÁLATA (KIMUTATÁS, AZONOSÍTÁS)	33
A LEVEGŐ RELATÍV NEDVESSÉGTARTALMÁNAK NÖVEKEDÉSE, A VÍZ BEJUTÁSA A GYŰJTEMÉNYENBE ÉS A MŰTÁRGYAKBA: OKOK ÉS MÓDOK	36
A „MINDENNAPOS, HÉTKÖZNAPI” NEDVESEDÉS, LÉGNEDVESSÉG-NÖVEKEDÉS OKAI	36
A SZÁLLÍTÁS ÉS A HASZNÁLAT NEM MEGFELELŐ KÖRÜLMÉNYEI.....	38
KÜLÖNBÖZŐ OKOKBÓL NEDVESEDŐ PINCE(RAKTÁR).....	38
BEKÖLTÖZÉS KI NEM SZÁRADT ÉPÜLETBE; FESZTÉS, ÁTÉPÍTÉS, HELYREÁLLÍTÁS A GYŰJTEMÉNY JELENLÉTÉBEN.....	39
VÍZ JUT AZ ÉPÜLETBE	40
TERMÉSZETI VAGY EMBER OKOZTA KATASZTRÓFÁK	24
TÖBB HÁTRÁNYOS TÉNYEZŐ EGYIDEJŰ JELENTKEZÉSE	44
NEDVESEN KERÜL ELŐ A MŰTÁRGY (RÉGESZETI FELTÁRÁS SORÁN, PÉLDÁUL TALAJBÓL, KÜTBŐL)	45
A MŰTÁRGYAK TÚLZOTT NEDVESEDÉSE.....	46
VEDEKEZÉS A MIKROBIOLÓGIAI KÁROSODÁSOK ELLEN	47
MEGELŐZÉS.....	47
A MIKROBIOLÓGIAILAG BIZTONSÁGOS MŰTÁRGYKÖRNYEZET FELTÉTELEI, KIALAKÍTÁSA ÉS FENNTARTÁSA	47
NÉHÁNY MÓDSZER A KÍVÁNATOSNÁL NAGYOBB RELATÍV LÉGNEDVESSÉG MEGSZÜNTETÉSÉRE	52

KATASZTRÓFÁK; KATASZTRÓFATERV KÉSZÍTÉSE A FERTŐZÉS MEGELŐZÉSE ÉS A KÁROK CSÖKKENTÉSE ÉRDEKÉBEN	54
TEENDŐK VIZES KATASZTRÓFA ESETÉN; MIT KELL, ÉS MIT NEM SZABAD TENNI?	55
TEENDŐK ÉLŐ PENÉSZ MEGJELENÉSE ESETÉN.....	57
A PENÉSZFERTŐZÉS ÉS A FERTŐTLENÍTÉS	57
TEENDŐK ÉLŐ PENÉSZFERTŐZÉS ESETÉN	57
TÖMEGES FERTŐTLENÍTÉSRE HASZNÁLHATÓ (?) ANYAGOK ÉS ELJÁRÁSOK	60
NEM HELL MINDIG, MINDENT FERTŐTLENÍTENI!.....	62
ÖSSZEGZÉS: INTEGRÁLT VÉDEKEZÉS A PENÉSZ ELLEN.....	64
AZ INTEGRÁLT VÉDEKEZÉS LÉPÉSEI.....	65
1. A PENÉSZGOMBÁK NÖVEKEDÉSE SZÁMÁRA KEDVEZŐTLEN KÖRNYEZET KIALAKÍTÁSA.....	65
2. A PENÉSZGOMBÁK KIZÁRÁSA (ANNAK MEGAKADÁLYOZÁSA, HOGY PENÉSZ KERÜLJÖN A HELYSÉGBE) ...	65
3. A FERTŐZÖTTSG MEGÁLLAPÍTÁSA	66
4. A SZÉTERJEDÉS MEGAKADÁLYOZÁSA ÉS A FERTŐTLENÍTÉS	66
5. A FERTŐZÉS LEKÜZDÉSE	67
VÁLOGATOTT IRODALOM.....	68
ON-LINE FORRÁSOK ÉS LINKEK	70
AMOVÁ SZÜKSÉG ESETÉN FORDULNI LEHET	71
ESZKÖZÖK, ANYAGOK	72
HŐSZÖNETNYILVÁNTÁS	72
ILLUSZTRÁCIÓK JEGYZÉKE	73

BEVEZETÉS

A múzeum épületében (elsősorban a raktárakban) és a műtárgyakon valószínűleg mindenki tapasztalta már a *mikroorganizmusok fokozott jelenléte*re utaló jeleket, és az *életműködésük* okozta károkkal is találkozott már. Emlékeztetőül néhány jel és károsodás:

- az érzékelhetően nagy nedvességtartalmú, dohos vagy egyes baktériumok esetében talaj-, esetleg rothadásszagú *levegő*;
- a víz- és színes foltos, „salétromos”, lepergő *fal*;
- a gyakran színes - sárgás, barnás, rózsaszín, lilás, zöldes, szürkés, feketés - foltokat hordozó, elvékonyodott, málló, hiányossá korhadt, foszlott vagy tört *műtárgyalkotó anyagok*.

A „tetteseket” viszont nem látjuk, és azt gondolhatjuk, a láthatatlan kórokozók valami ismeretlen okból éppen most (vagy ki tudja, mikor), éppen nálunk „megfertőzték” a levegőt és féltett műtárgyainkat.

Az valószínűleg kevésbé közismert, mi vezetett idáig, és melyek ilyenkor a legcélravezetőbb, legkevésbé káros, hatékony, hosszú távra szóló teendők, megoldások.

Ismerkedjünk meg a láthatatlan kár- és kórokozók jellemzőivel, életmódjával, a táplálkozásukat, növekedésüket, szaporodásukat befolyásoló tényezőkkel, és - ezekből következően - a módszerekkel, amelyekkel gyűjteményeinket megvéldhetjük a mikroorga-

nizmusok kártételétől, és megelőzhetjük, hogy a műtárgyak és dokumentumok csak restaurálással helyrehozható vagy pótolhatatlan hiányokat szenvedjenek!



1. Szellőzetlen múzeumi alagsorban, bútór felületén fellépő nyálkás pincegomba-fertőzés (Nagykanizsa)



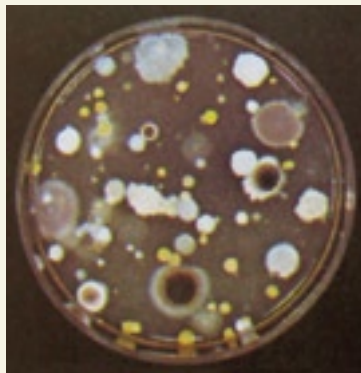
2. Penészgombák okozta károsodás az EU-delegáció irattárában (Budapest)

A MIKROORGANIZMUSOK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI

A MIKROORGANIZMUSOK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI

A *mikroorganizmusok* (mikroszervezetek, mikrobák) egy- vagy többsejtű, vagy sejtjes szerkezet nélküli élőlények, amelyeknek kutatásával a *mikrobiológia* foglalkozik. A moszatok és gombák egy részének (illetve azok bizonyos fejlődési szakaszainak) kivételével csak mikroszkóppal, megfelelő (több százszoros-több ezerszeres) nagyítás mellett láthatók. A szűkebb értelemben vett mikroorganizmusok közé a *vírusok*, a *baktériumok* (ideértve az *Actinomycet*est vagy *sugárgombákat* is), a *kékmoszatok* és a *gombák* tartoznak. Tágabb értelemben idesorolják a *moszatokat* és az *egysejtűeket* is. Műtárgyak károsodásával ezek közül baktériumok, sugárgombák, gombák és - ritkán - moszatok (algák) hozhatók összefüggésbe.

A mikroorganizmusok 3,5-4 milliárd évvel ezelőtt az élet megjelenését jelentették a Földön. Valamilyen formában *mindenhol és minden körülmények között találkozhatunk velük*: a levegőben, a szárazföldön, különböző magasságokban (hideg!) és mélységekben (meleg!), a talajban, édes és sós vizekben vagy extrém száraz viszonyok között egyaránt. A *baktériumok* - szerkezetük egyszerűségének és a gyors táplálékfelszívásnak köszönhetően - igen gyorsan szorozódnak, a gyakori mutáció folytán pedig egyre újabb, nagyobb ellenálló képességű változataik alakulhatnak ki. A *gombaspórák*



3. Levegőből agar táptalajra hullott spórákból tizenöt perc alatt képződött baktérium- és gombatelepek

pedig - a légáramok és a víz útján - a legnagyobb távolságokra is eljutnak.

Alaktanilag igen nagy változatosságot mutatnak: a baktériumok egyszerű, de elég változatos alakzatok; a gombákra jellemző a hifafonalakból kialakuló micéliumszerkezet. Szilárd táptalaj felszínén a baktériumok és a gombák különböző színű, alakú és nagyságú telepeket hoznak létre.

A mikrobák *tápanyagigénye* változatos: alapvető a víz, a nitrogén- és szénforrás, az ásványi sók és gyakran bizonyos vitaminok jelenléte. A fejlődést és szaporodást *befolyásoló* legfontosabb *tényezők és körülmények*: (aerob mikrobák számára) a levegő oxigénje, a hőmérséklet és a környezet kémhatása (pH-értéke). A pH-optimum az a pH-érték, amely mellett a

mikroorganizmus maximális növekedést mutat, és a legjobban szaporodik. Ez fajonként változhat, és egyéb tényezők (például a hőmérséklet) is befolyásolhatják. Jó alkalmazkodóképességük lehetővé teszi, hogy olyan populációk is kialakuljanak, amelyek a nehezen szétbomló vagy a más szervezetek számára mérgező anyagokat is hasznosítani tudják.

A műtárgyak és megőrzendő dokumentumok elhelyezésére szolgáló épületek és helyiségek egyes összetevőinek (például fa szerkezeti elemek) és berendezési tárgyainak, valamint a *műtárgyaknak és dokumentumoknak az anyagai egyes mikroorganizmusok tápanyagául* szolgálhatnak. A kémiai lebontás útján, tápanyagként való hasznosítás ezen anyagok fizikai meggyengüléséhez, hosszabb idő alatt pedig teljes pusztulásához vezethet. A műtárgyalakító szerves anyagok mindegyike (fa, kérgek, hancs, bambusz, papirusz, papír, textíliák, csont, bőr, pergamen, viasz, ragasztó- és kötőanyagok, lakkok, műanyagok stb.), de sok szervesetlen anyag is (például mész, fémek, agyag) érzékeny lehet egyes mikrobiológiai hatásokra. Az érzékenységi sok esetben nemcsak az anyagok lebomlását, hanem - a mikroorganizmusok által előállított savak és színes pigmentek okozta - tartós elszíneződését vagy korrózióját is jelentheti.

A mikroorganizmusok - közülük is első sorban egyes baktériumok és gombák - tehát igen fontos szerepet játszhatnak majdnem minden természetes és szintetikus műtárgyalakító anyag károsodásában, lebomlásában és pusztulásában.

Az épület anyagain és a műtárgyakon kifejlődő károsító mikroorganizmusok a termelt (toxikus és egyéb) anyagok és telepeik - esetleg már kiszáradt - maradványai révén az *emberi egészségre is veszélyt* jelenthetnek.

A mikroorganizmusok *jelenléte ellen* a gyűjtemények átlagos raktározási és kiállítási körülményei között a tisztaság fenntartásával - még optimális esetben is - *csak bizonyos mértékig*



4. Templom tetőszerkezetéből származó, gombakárt szenvedett fa, a korhadásra jellemző, „kockás” repedésekkel



5. Vegyes penészgombák anyagcseréje által okozott elszíneződések falikép hátsó kartonján. A fekete pontokból álló telepek az *Aspergillus niger* foltjai

lehet védekezni. A műtárgyakat károsító és nem károsító baktériumok és gombák szaporítóképletei (spórák, konídiumok) rendszeres portalanítás, takarítás mellett is jelen vannak minden légtérben és a tárgyakon is, legfeljebb mennyiségük csökkenthető a helyiség, a berendezés és a műtárgyak megfelelő tisztításával és a műtárgyak becsomagolva történő tárolásával. A műtárgyak és az emberi egészség védelme érdekében ismerünk kell a károsító és/vagy kórokozó mikroflórába tartozó szervezetek életműködésének, növekedésének és szaporodásának módját, valamint azokat a tényezőket, körülményeket is, amelyek ezt az élettevékenységet lehetővé teszik, és elő is segíthetik. Mindennek ismeretében a tárolási és kiállítási körülményeket kell úgy kialakítani és fenntartani, hogy azok a mikroorganizmusok számára ne legyenek megfelelőek, vagyis gátolják életműködésüket és szaporodásukat. A mikroorganizmusok élettevékenysége megindulásának, táplálkozásának és növekedésének legfontosabb előfel-

tétele a víz. Ebből következik, hogy a későbbiekben tápanyagul szolgáló anyagok (a műtárgyak fa-, papír-, bőr-, pergamen-, ragasztó- stb. anyagai) víztartalmának kell valamely jelen lévő faj számára optimálisnak lennie. Emellett természetesen egyéb tényezők (például oxigén, hő, kémhatás) is szerepet játszanak, de a szükséges víztartalom megléte nélkül nem indul meg a csírázás. A mikrobák élettevékenységének sarkalatos pontja tehát a tápanyagok nedvességtartalma. Ennélfogva az élettevékenység gátlásának is legfontosabb lehetősége a levegő relatív páratartalmának (RH)¹, ezáltal a tápanyagként szóba jöhető műtárgyakotó anyagok nedvességtartalmának² megfelelően alacsony értéken tartása, szabályozása és a nemkívánatos nedvesség, nedvesedés meggátlása, elkerülése, kizárása.

A fertőtlenítés ugyanis sok esetben kétes hatású, és a legtöbbször nem nyújt preventív védelmet az újabb csírázás > táplálkozás > növekedés > szaporodás ellen.

¹ A légnedvesség értéke a levegőben lévő vízgőz tömegét jelenti. Abszolút légnedvességérték: az egy bizonyos hőmérsékleten, 1 m³ levegőben ténylegesen jelen lévő vízgőz mennyisége (gramm). Relatív légnedvességérték (relative humidity, RH): kifejezi, hogy a levegő az adott hőmérsékleten maximálisan felvehető vízgőz mennyiségének aktuálisan hány százalékát tartalmazza (százalék). A gyakorlatban a klíma jellemzésére inkább az RH-t, mint az abszolút értéket használják.

² A műtárgyak és dokumentumok szerves anyagai mindig tartalmazznak vizet; a „normális” (ötven százalék körüli) RH-val például a papírok 6-9, a bőrök 12-20 százalékos víztartalma van egyensúlyban.

BAKTÉRIUMOK, SUGÁRGOMBÁK (ACTINOMYCETALES) ÉS MOSZATOK (ALGÁK)

JELLEMZŐK. AZ ÉLETMŰKÖDÉS ÉS A SZAPORODÁS MÓDJA ÉS FELTÉTELEI. A BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

Baktériumok

A baktériumok tipikus sejtmag nélküli, önálló anyagcserével rendelkező, mesterséges körülmények között tenyésztethető, egyséjtű szervezetek, amelyek a növényi élet legalacsonyabb formájának tekinthetők. Méretük körülbelül 0,0001 és 0,1 mm (0,1-100 mikrométer) között van; a 0,1-1 mikrométer közötti tartományban csak elektronmikroszkóppal vizsgálhatók. A *sejtek formája*: gömb (coccus) és annak osztódás utáni, különböző formájú csoportjai, hengeres, pálcika (bacillus), görbült pálca, spirális vagy elágazó fonalas (ami a sugárgombákra jellemző). Az önálló mozgással rendelkező baktériumok (sejtek) jellemzője az egy vagy több, finom protoplazmaostor (csilló), ami néha többször olyan hosszú, mint maga a sejt, és hajtóműként működik.

Táplálkozásukat az anyagok lebontása teszi lehetővé; ezt a baktériumok a termelt *enzimek* (katalizátorfehérjék) segítségével végzik (enzimrendszerük variábilisabb, mint a magasabb rendű szervezeteké). Ezzel függ össze a *légi körü oxigén* iránti igényük nagymértékű változatossága is: vannak, amelyek csak oxigén jelenlétében, mások anélkül is tudnak növekedni (aerob, illetve anaerob mikroorganizmusok), míg olyanok is vannak, amelyek mindkét



6. *Staphylococcus aureus* (baktérium) mikroszkópi képe

módon tudnak élni és fejlődni. Az *autotróf* baktériumok összes szerves anyag-szükségletüket szervesetlen anyagok átalakításával nyerik (képesek például ásványi sók felvételére és felhasználására), külső fény- és kémiai energia fölhasználásával. Ebbe a csoportba tartoznak a követ, fémeket és egyes szerves anyagokat is károsító vagy pusztító baktériumok. A *heterotróf* baktériumok (a baktériumok zöme) saját szerves- és vázanyagaik képzéséhez szerves tápanyagokat igényelnek: táplálék gyanánt nagymolekulájú vegyületeket (például cellulóz, keményítő, fehérje) bontanak le és „fogyasztanak” el; így ezeknek eshet áldozatul fa, papír, papirusz, vászon vagy bőr, de bármilyen, keményítő- és gáztartalmú tárgy is.

A baktériumok *szaporodása* rendszerint *osztódással* történik. Fontos jellemzőjük *növekedési és szaporodási sebességük*. Élénk anyag- és energiacseréjük következtében fajtól és a környezeti körülményektől függően húsz perc-több óra alatt tömegük megduplázódik, és hasonló sebességgel ketté is osztódnak, így egyetlen egyedből rövid idő alatt néhány millió új szervezet jöhet létre.

A baktériumspóra nem ivaros, vagyis szaporító-, hanem úgynevezett endospóra („belső” spóra, funkciójáról elnevezve: *kitartóspóra*): sejtneként egyetlen, a sejtben keletkező, gömbölyű vagy ovális képződmény, amely lehetővé teszi a baktériumnak, hogy szélsőséges környezeti viszonyok között is megőrizze életképességét. A kitartóspórák minden, a vegetatív sejtte visszaalakuláshoz szükséges anyagot tartalmaznak, ugyanakkor víztartalmuk és anyagcseréjük majdnem nulla. Különösen nagy e spórák *hőállósága*: teljes biztonsággal két atmoszféra túlnyomású gőzben (körülbelül 133 °C-on), harmincperces kezeléssel pusztíthatók el.

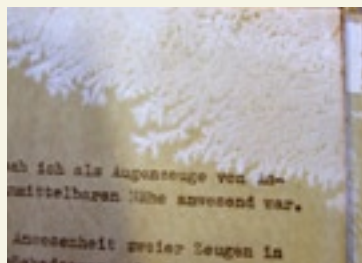
Kedvező környezeti feltételek között az „alvó” baktériumspórák vegetatív sejtte alakulnak, a spórából egy csíratömlő lép ki. Az új vegetatív sejt már nem hőálló.

Bár a baktériumok a növekedésükhöz és a szaporodásukhoz nem igényelnek olyan szigorú feltételeket, mint a magasabb rendű szervezetek, mégis meghatározott *környezeti tényezők* jelenléte és mértéke számukra is szükséges, különösen a *hőmérséklet* tekintetében. Ez a hőmérséklet-tar-

tomány 0-45 °C; ezen belül a fajtól függ az optimális érték. Ugyanakkor jól bírják a tartós hideget, azonban érzékenyek a magas hőmérsékletre; egyes szervezetek már 40 °C fölött elpusztulnak. Növekedésüknek további fontos feltétele annak az *anyagnak* a szokásosnál *nagyobb nedvességtartalma*, amelyen élnek. Azonos relatív légnedvesség esetén a higroszkóposabb (jobb nedvességfelvívó képességű) anyag több vizet tud magába szívni, mint a kevésbé higroszkópos, ezért az előbbi alacsonyabb (más esetben veszélytelen) RH-érték mellett is elég nedvességet köthet meg ahhoz, hogy a baktériumok növekedjenek, és anyagcserét folytassanak rajta. Baktériumok számára az *RH-optimum száz százalék közelében* van (mivel ilyenkor tudják az anyagok a legtöbb vizet fölvenni a levegőből), a *cseppfolyós víz* pedig kimondottan *elősegíti* a baktériumok növekedését és szaporodását. Növekedés nélkül azonban sok faj túléli még az évekig tartó teljes szárazságot is. Az *anyag pH-értéke* szintén lényeges a baktérium növekedése szempontjából annak ellenére, hogy ennek optimuma - fajtól függően - tág határok között változhat. A *legtöbb baktérium legjobban enyhén lúgos körülmények között* (pH = 7,2-7,5) fejlődik.

Sugárgombák

A baktériumokkal közeli rokonságban álló *sugárgombák* (*Actinomycetales*) rendjébe az elágazó egysejtű szervezetek egyik csoportja tartozik. A sugárgombákat az különbözteti meg a baktériumoktól - és teszi őket a gom-



7. Sugárgomba-micéliumok facellulózsból készült papíron

bákhoz is hasonlóvá -, hogy osztódással vagy speciális *konidiumspórákkal* szaporodnak, és *micéliumokat* is képeznek. A sugárgombák hifái vékonyabbak, mint a gombahifák, átmérőjük ritkán nagyobb két mikronnál. A baktériumoknál kissé lúgosabb (pH = 5-8) közeget igényelnek, növekedésükhöz szükséges a légköri oxigén, a 18-38 °C hőmérséklet és a 65-80 százalékos relatív páratartalom. Agar-agar táptalajon bőr- vagy porszerű, függő micéliumok formájában, fehér, szürke, sárga, zöld, narancs, vörös, kék és fekete színben növekednek. Jelenlétüket jellegzetes talajszag jelzi.



8. Moszat ostonnal

Moszatok

Latin, illetve olasz eredetű, népies elnevezésük, az *alga* eredetileg minden vízben élő növényt magában foglalt. Valódi sejtmaggal rendelkező, elsődlegesen *autotróf*, azaz klorofillt tartalmazó, egy- és többsejtű élőlények. Fő jellemzőjük, hogy változatos kialakulású és formájú *ostorral* rendelkeznek, valamint az, hogy a *fotoszintézissel* létrehozott elsődleges tápanyagaikon kívül (gyakran keményítőféle) *tartalék-tápanyagokkal* is rendelkeznek. Egyes tulajdonságaik (például a sejtfal összetétele) a baktériumokhoz, mások (például a klorofill zöld pigmentjének jelenléte) a magasabb rendű növényekhez teszik hasonlóvá az algákat. Sejtfaluk külső rétege gyakran elnyálkásodik, vagy vastag, kocsonyás burkot hoz létre (az algáknak ezt a jellegét a falakon, nedves köveken látottak alapján ismerjük). A moszatok körében három, a fotoszintézisben részt vevő *pigment* (festékanyag) fordul elő: a zsírokban oldódó (zöld színeket adó) *klorofillok* és a (narancssárga színeket adó) *karotinoidok*, valamint a vízben oldódó (vöröses színeket adó) *fikobilinek* (biliproteinek). Ezek a festékek változó mennyiségben és minőségben adják az egyes moszatcsoportok jellemző színét, amelyek alapján a fő moszatcsoportokat elnevezték (*kék-, zöld-, vörös-, barna- és sárgamoszatok*) és rendszerezték.

A természetben és az emberi környezetben elsősorban édes és sós vizekben (tavak, források, folyók, tenger, víztározók, pocsolyák, iszap, szenny-

víz stb.), tőzeglápon, korhadt fán, sziklák, kövek és falak felületén és néha a talajban is találhatók. A moszatokra jellemző a rendkívüli (több-milliós) fajgazdagság, tulajdonságaik különleges sokfélesége és nagyfokú tűrőképességük a nedvesség-szárazság és a hőmérséklet terén.

BAKTÉRIUMOK, SUGÁRGOMBÁK ÉS MOSZATOK (ALGÁK) KÁRTÉTELE MŰTÁRGYAK ÉS DOKUMENTUMOK ANYAGAIN

A baktériumok és sugárgombák a legbonyolultabb rendszerben valószínűleg a *talajban* fordulnak elő: más mikroorganizmusokkal, alacsonyabb rendű állatokkal és gyakran a magasabb rendű növények gyökérzetével együtt képeznek dinamikusan működő szerveszetet. Ebben a már jelen lévő és az újonnan megjelenő, lebontható anyagok is fontos szerepet játszanak; minden kémiai lebontható, módosítható anyag (így a *talajba* kerülő *fa*-, *textil*-, *bőr*-, *fém*- stb. *tárgyak anyaga* is) bizonyos baktériumcsoportok fellépését és fejlődését befolyásolja. Néhány - a mi szempontunkból fontos - anyag lebontási folyamatáról esik szó röviden a következőkben.

Fa-, papír-, textil- és bőryanagok baktérium és sugárgomba általi lebontása

A rostok vízzel való telítettsége esetén fennáll a baktériumos károsodás lehetősége. Műtárgyaknál ennek a feltételnek leginkább a hosszú ideig *nedves földben* lévő tárgyak felelhet-



9. Még nem azonosított mikroorganizmus okozta sárgásbarna, úgynevezett foxingfoltok pamuttextilián

nek meg. A nedves földben található vagy más okból tartósan nedvesen maradt *növényi eredetű* anyagok (gyapot/pamut, len, kender, fa, papír, ragasztók) cellulóz-, lignin-, keményítő- és más szénhidráttartalmát egyes (talaj-) baktériumok a penészgombákkal közösen támadják meg (például a *lignin* lebontását elsősorban gombák végzik, de különböző baktériumfajok - *Pseudomonas*, *Agrobacterium* - is részt vesznek benne). Sok aerob és anaerob *cellulóz*bontó baktérium és sugárgomba azonban önállóan is képes (színes) *foltok képződésével* vagy/és (cellobiózza vagy szőlőcukorrá váló) *lebontással* károsítani a cellulózt. A lebontást az általuk kiválasztott, specifikusan ható hidrolizáló enzim, a celluláz segítségével végzik. Néhány ilyen baktérium és sugárgomba: *Cytophaga*, *Cellvibrio*, *Clostridium*, *Cellulomonas*, *Bacillus cellulosae-disolvens*, *Streptomyces cellulosa*.

A keményítő (mint ragasztóanyag) enzimatis leontását több baktérium (például *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*) könnyen elvégezheti; különleges keményítőleontó flóra - az eddigi észlelések szerint - nem alakult ki.

Az állati és emberi eredetű anyagok (bőr, pergamen, gyapjú, selyem, csont, szőr, haj, ragasztók) fehérjetartalmát aerob és anaerob (talaj) baktériumok egyaránt megtámadhatják. Fehérjebontó enzimjeikkel a fehérjék peptidkötéseit hidrolizálják; a létrejövő peptideket a sejtek felveszik, és könnyen asszimilálható aminosavakká bontják tovább őket. Néhány a legfontosabb fehérjebontó baktériumok közül: *Bacillus putidus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas*, *Clostridium*.

Megfigyelték, hogy a gyapjút gyakrabban érik baktériumos fertőzések, mint a selymet. A fehérjebontó enzimek csak a gyapjúszőr amorf anyagát bontják le. A gyapjúszőr szétesését az okozza, hogy végül a pikkelysejtek és az orsósejtek izolálódnak.

A boldvai református templom 16. századi sírleletének, egy tizenhat éves lány ruhájának selyem szoknyarésze combközéptől a lábszárcsontig - valószínűleg talajbaktériumok tevékenysége következtében - teljesen elpusztult.

A baktériumok jellegzetes lebontótevékenysége az úgynevezett rothasztás. Ez szerves (főleg fehérjékben gazdag állati eredetű) anyagok lebontását jelenti, és - az anyag nagy nedvességtartalma esetén - levegőtlen (kevésbé szellőzőtt) környezetben megy végbe. A rothadás során a fehérjékből bűzös bomlási termékek (aminok) keletkeznek.

A bőrt alkotó legfontosabb fehérjét, a kollagént - bonyolult, háromszorosan spirális - szerkezetének köszönhetően csak a kevés, kollagenáz enzimet termelő mikroorganizmus képes lebontani. Ilyen két anaerob (*Clostridium histolyticum* és *Clostridium capitovale*) és egy aerob (*Achromobacter iophagus*) kollagénbontó baktérium. Azonban ezek növekedése is inkább kivételesen fordul csak elő, mivel ehhez százszázalékoshoz közeli relatív páratartalmi érték szükséges, és a bőrök három-öt körüli pH-értéke sem igazán alkalmas a baktériumok szaporodásához.

Bőr- és pergamentárgyakon a baktériumok és sugárgombák akkor szaporodnak és károsítanak, ha a bőr átnedvesedik, és nem tud gyorsan kiszáradni, vagy hosszabb ideig vízben marad (részben a levegő-víz határfelület közelében, úgy hogy a levegővel is érintkezik). Szükséges a magasabb hőmérséklet is (szobahőmérséklet már megfelelő, de például hűtőszekrényben a nedves bőr is hosszú ideig rothadás nélkül eltartható). Az említett kedvező körülmények között egy-két hét alatt kezdenek működni a rothasztóbaktériumok.



10. *Streptomyces fimicarius* sugárgomba kártétele a Dante-kódex pergamenlapjain

Az 1980-as évek első felében az ELTE Mikrobiológiai Tanszékén vizsgáltak súlyos mikrobiológiai károsodást szenvedett, 14-15. századi pergamenkódexeket (köztük több corvinát). A kódexeket Budavár 1541-es elfoglalása után a törökök elszállították Isztambulba, ahonnan a 19. század utolsó harmadában kerültek vissza, a budapesti Egyetemi Könyvtárba és az Országos Széchényi Könyvtárba. A mikrobiológusok véleménye szerint a tárolóhelyeken - elsősorban a török „fogságban” - a levegő relatív nedvességtartalma tartósan magas lehetett, és az is előfordulhatott, hogy a lapok helyileg át- nedvesedtek, és egy ideig nem tudtak kiszáradni. Ilyen körülmények között a pergamenlapokon inaktív állapotban lévő baktérium- és sugárgombasejtek és -spórák, valamint hifadarabok aktiválódhattak (csírázásnak és fejlődésnek

indultak), és élő telepek jöttek létre, melyek életműködése különböző természetű elváltozásokat és károkat idézett elő. A károsodások egyik nagy csoportját a többféle színű (különféle pigmenteket tartalmazó) telepek alkotják. A kártétel másik fajtája a pergamen anyagának lebontása, elroncsolása, hiányok előidézése. A 14. századból származó Dante- és Albucasis-kódexekben egyaránt megfigyelhető, hogy a *Streptomyces fimicarius* sugárgomba több helyen teljesen megsemmisítette az üres pergamenanyagot, és vörös pigmentje sok helyen erősen elszínezte az írás sorai közötti pergamen középső részét és a margókat, de a - vasgubacs tintával írt - sorokat érintetlenül és sértetlenül hagyta. A gátló hatás valószínűleg a tintát alkotó anyagok (arab mézga, lámpakorom, galluszsav) valamelyikének tulajdonítható.

Baktériumok kártétele egyéb anyagokon

A baktériumok károkat okozhatnak fémből, üvegből, gumiból, műanyagokból készült tárgyakon és ipari létesítményekben is, különösen trópusi vagy tengeri viszonyok között. A károsodás anyagoként más-más jellegű lehet, és részben az általuk termelt különböző szerves savaknak (salétrom-, kén- és kénessav) tulajdonítható. Hatalmas károk keletkezhetnek például vas- és kénbaktériumok életműködése következtében vascsövekben és más készülékekben. A korrózió általában a képződő vas-hidroxid miatt jön létre, de a vezetékeket a baktériumok sejtömege el is tömheti. A gumi elszíneződhet mikobaktériumok és *Streptomyces* fajok hatására. A *Pseudomonadales* rendhez tartozó és más talajbaktériumok is lebonthatnak különböző műanyagokat. A műanyag ragasztókon fejlődő és szaporodó baktériumok például: *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus vulgaris*.

Algák okozta károsodás

A moszatok ritkán jelennek meg épületek (templomok, múzeumok, könyvtárak stb.) belső tereiben, de megáradt folyó vizével vagy a lezúduló esővel bemosott szennyvízzel és más, hasonló módon bekerülhetnek, és egy darabig - amíg nedves a felület, és süti a nap - életben is maradhatnak. Bár a műtárgyak károsodásának okozójaként ritkán szerepelnek, kiszáradt maradványaik okozhatnak nemkívánatos, színes elváltozásokat fa-, kö- és falfelületeken.



11. Templombelső algás-penészes fala
(Magyarszarkend, Erdély)

GOMBÁK (FUNGI, MYCETES, MYCOTA)

JELLEMZŐK. AZ ÉLETMŰKÖDÉS ÉS SZAPORODÁS MÓDJA ÉS FELTÉTELEI, BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A gombák a múzeumok, könyvtárak, levéltárak számára sokkal ismerősebbek, mint más mikrobiológiai tényezők, mivel itt a körülmények általában kedvezőbbek a gombák, mint a baktériumok növekedéséhez.

„A gombák valódi sejtmaggal bíró, klorofill nélküli, szerves anyagokkal táplálkozó (heterotróf), spórákkal szaporodó növények.” (Straub, főszerk. 1987: II. kötet, 76. o.) Az újabb rendszertani besorolás szerint a gombák nem tartoznak sem a növény-, sem az állatvilágba, hanem önálló fejlődési vonallal *külön világot* alkotnak (Florian 2002). A baktériumoktól típusos sejtmagjuk, a moszatoktól a klorofill hiánya különbözteti meg őket.

Származásuk vitatott, közvetlen őseik ismeretlenek. Nagyon heterogén csoport; felépítésük, szaporodásuk változatos. Ez tükröződik rendszerezésükben is, amely ellentmondásos, és időről időre változik. Korábban főleg alakítani (morfológiai) sajátságok alapján rendszerezték a gombákat; az újabb, széteágazó kutatások más szempontokat is bevezetnek a rendszerezésbe. A *műtárgykárosítók* a valódi gombák *világába* (Eumycota) tartoznak.

Ezen belül két törzs (korábban: osztály) van: *Zygomycota* és *Dikaryomycota*.

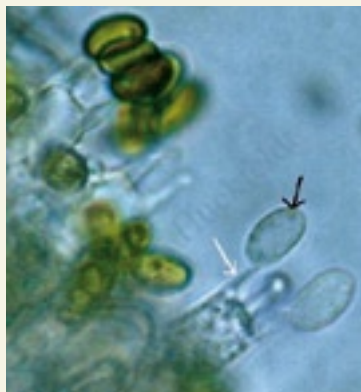
Az utóbbiba két altörzs tartozik:

1. *Ascomycotina* és 2. *Basidiomycotina*.

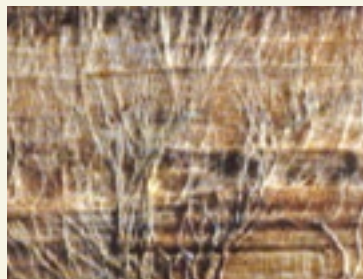
A rendszertani szintek és elnevezések további szemléltetésére néhány példa:

- az 1. altörzsbe például az *Ascomycetes* osztály;
- az *Ascomycetes* osztályba például az *Aspergillus* és *Penicillium* nemzetségek (Genus);
- ezekbe a nemzetségekbe pedig például az *Aspergillus flavus* és a *Penicillium chrysogenum* faj (*Species*, sp.) tartozik.

Testüket - kevés kivételtől eltekintve - (kitinből és hemicellulózokból álló) *szilárd sejtfalú sejtek* alkotják. A sejtek megnyúltak, egy irányban osztódnak, specializálódnak, és egymás mögött elhelyezkedve fonalakat (*hifákat*) alkotnak. A hifaszövedékek, -telepek lehetnek vattaszerű, mülékony *micéliumok* vagy kemény, tartós képződmények.



12. Pincegomba bazídiumai spórával



13. Pincegomba micéliumai fán

A gombák ivaros szaporodása egysejtű spórákkal, ivartalan szaporodása pedig konídiumokkal történik. A fertőzött, károsított műtárgyakról vett mintákból meghatározott gombafajok többsége ivartalanul, konídiumokkal szaporodó gomba. A konídium = ivartalan, vékony falú szaporítósejt, amely a gombahífn kívül, annak csúcán, oldalágán vagy jellegzetes konídiumtartón termelődik. A konídiumtartó alakja, színe, a konídiumok termelődésének módja jellemző az egyes fajokra, és meghatározásuk egyik alapja. A micéliumok kevésbé, a spórák és a konídiumok viszont nagyon ellenállóak a hővel és a szárazsággal szemben: sok spóra huszonöt évig elviseli a száz Celsius-fokos hőmérsékletet is, és a gombák az alacsony hőmérsékletet is jól tűrik (bizonyos mértékű anyagcserét már 0 °C körül is folytatnak).

Sok fontos, a fát pusztító gomba tartozik a *Basidiomycotina* altörzsbe, amelyek kisebb mértékben az egyéb, cellulóztartalmú anyagokat - textilt, papírt és papiruszt - is elbontják. Ezek

a gombák a *basidium* nevű részükön hordják a spóráikat. A legtöbb olyan gomba, amely a világos színű fákön és cellulózanyagokon a sok gondot okozó sötét foltokat okozza, az *Ascomycotina* altörzsbe tartozik. Ezek spórái egy bunkó alakú tartóban (tömlőben, az úgynevezett *aszkus*ban) képződnek.

A régebbi rendszertanban volt egy külön, bár mesterséges osztály (*Deuteromycetes*) a konídiumos gombák számára, amelyeket *Fungi imperfecti*nek, azaz tökéletlen gombáknak is nevezték. Az ide tartozó fajok általában ivartalanul, konídiumokkal szaporodnak. (Egyeseknél a konídium is hiányzik, csak steril micéliumuk van.) Bár az újabb kutatások megállapították, hogy ezek többsége az *Ascomycotina* és a *Basidiomycotina* altörzsek egyikéhez tartozik, a konídiumos gombák csoportjának külön megjelölésére - gyakorlati okokból - továbbra is használják a *Deuteromycetes* elnevezést. A legtöbb cellulózalapú műtárgyat súlyosan károsító gomba ide tartozik. Itt találhatók azok is, amelyek műanyagokat, sőt - a szerves szennyezéseken megtelepedve - még egyes szervesetlen anyagokat is képesek lebontani.

A gombák táplálkozásmódja *heterotróf*: más élő vagy elhalt szerves anyagokat enzimek segítségével lebontanak, és oldatok formájában veszik föl a tápanyagokat (szén, hidrogén, oxigén, nitrogén, kén, kálium, magnézium, foszfor és - nyomelemként - vas, cink, réz, mangán és néha kalcium). Nehéz olyan széntartalmú vegyületet találni, amelyet valamilyen gomba ne

tudna hasznosítani. A gombák számára a legjobb szénforrást a szénhidrátok (mint a cellulóz vagy a keményítő) jelentik, amelyek a penészgombák által termelt enzimek segítségével egyszerű, vízben oldódó vegyületekre - például cukrokra - esnek szét. Egyes anyagok egészen szén-dioxidig és vízig lebomolhatnak, így a gombák maguk biztosítani tudják a számukra szükséges nedvességtartalmat is.

Miután a micéliumnak bármely része átkerül egy alkalmas anyagra, megindulhat a gomba növekedése, fejlődése. Ez a megnyúlt hifák csúcsnövekedésével történik, vagy - még gyakrabban - egy spóra vagy konídium kicsírázásával indul meg. Ahhoz, hogy a csírázás elinduljon, az anyagnak megfelelő nedvességtartalommal kell rendelkeznie. Csírázáskor a spóra fala megreped, egy csírcső nő ki, ami meghosszabbodva hifává alakul.

A gombák növekedéséhez legmegfelelőbb körülmények: 24-30 °C-os hőmérséklet, 65-80 százalékos relatív légnedvesség-tartalom (illetve az anyagoknak ezzel egyensúlyban lévő nedvességtartalma) és enyhén savas, 5,5 körüli pH-érték. Ugyanakkor pufferrendszerük segítségével meg is tudják változtatni a számukra túlságosan savas vagy lúgos körülményeket.

Egyes gombafajok számára az anyagok kisebb nedvességtartalma is elegendő lehet: egyes *Aspergillus*- és *Penicillium*-fajok már 8-9 százalékos nedvességtartalmú papíron csírázni tudnak (míg a gombák többsége 12-13 százaléknyi vizet igényel). Ezek szálláscsinálói lehetnek más mikroorganizmusoknak,

amelyek viszont enzimekben gazdagabbak. Így a társult mikroorganizmusok le tudják bontani a cellulózt, fehérjevegyületeket és más anyagokat is. A csírázás megindulása nagymértékben függ a levegő relatív nedvességtartalmától is: az *Aspergillus* és a *Penicillium* nemzetség gombáinak konídiumai alacsony RH-val is beérik, például az *Aspergillus chevalieri* spórái 65-73 százalékos relatív légnedvesség mellett csírázni kezdenek, a növekedés 65 százalékos RH mellett történik, az *Aspergillus echinulatus* pedig már 62 százalékos RH mellett növekedik. A gombák más fajtái nyolcvanszázalékos RH fölött fejlődnek. Hetvenöt százalékos relatív páratartalom körül az anyagok intenzív pusztulása általában még nem kezdődik el, de nagyon veszélyes lehet, ha rövid időre (például esős napokon) az RH eléri a 90 százalékot, vagy e fölé emelkedik, főleg, ha a hőmérséklet 25 °C vagy annál is több.

A gombák nagy toleranciát mutatnak a hőmérséklettel szemben is: egyes fajok például 0 °C alatt is növekedni kezhetnek (a *Cladosporium herbarum* -7 °C-on, a *Penicillium* -4 °C-on).

Jellegzetes hőmérséklet- és RH-mérési eredmények október második felében egy budapesti egyetemi épület körül a szabadban, és az épület különböző részein. A penészgombák életműködése számára kedvező körülményeket az alagsori könyvraktárban találjuk (lásd 1. táblázat).

	A kertben	Az I. emeleti folyosón	Az alagsori könyvtárban		
			A helyiség közepén, polcok között	penészes könyvgerincektől 5 cm-re	az ablak alatt jobbra, a sarokban
Hőmérséklet (°C)	22-23	22,5	20	20	21
Relatív lég-nedvesség(%)	65	65-66	78!	80-82!	87!

1. táblázat: Hőmérséklet- és RH-értékek egyetemi épületben

Minél nagyobb a relatív légnedvesség értéke, annál nagyobb lesz a szerves anyagok nedvességtartalma, és - 20-25° C fölötti hőmérséklet mellett - a növekedő nedvességtartalmú anyagokon (vázson, ragasztók, papír) egyre nő a penészgombaspórák kicsírázásának, majd növekedésének és szaporodásának esélye.

Nyáron, 25-30 °C nappali hőmérséklet mellett, átnedvesedett könyveken 48-72 óra elég a penészgombák kicsírázásához és növekedéséhez. A képen látható kötet körülbelül két hétig állt nedvesen, mielőtt a beázást észrevették.

A fény és egyes sugárzások szintén befolyással lehetnek a gombák növekedésének sebességére. A 310-400 Angström hullámhosszúságú UV-sugárzás például serkenti egyes gombák (*Alternaria*, *Aureobasidium*, *Fusarium*) konídiumainak megjelenését. Sok gombafaj spórái sejtfalának sötét színe miatt nagy ellenálló ké-

pességet mutat a napsugárzással szemben. A napsugárzás azonban általában nem kedvez a gombák életműködésének (szárító hatás).

KÁROSÍTÓ GOMBÁK KÜLÖNFÉLE ANYAGOKON; KÁROSÍTÁSUK JELLEGE

Elsősorban *közvetlen kárt* okoznak *növekedésükkkel*, a felületen *elfedhetik* az alattuk lévő szöveget, rajzot, képet, és olvashatatlanná tehetik a dokumentumot. Ezenkívül a gombafo-
nalak az *anyag szerkezetét* is képesek



14. Élő penészfertőzés fekete micéliumai könyvek metszésén

károsítani azáltal, hogy azon keresztül utat törnek maguknak. A penészgombák közvetett kárt is okozhatnak azzal, hogy növekedésük során *savas anyagcseretermékeket és színezékeket* hagynak hátra az anyagon. A gombák, hasonlóan a baktériumokhoz, a táplálékként való hasznosíthatóság érdekében *le tudják bontani* a szerves vegyületeket és az összetett anyagokat (például cellulóz, lignin, keményítő és más szénhidrátok, fehérjék, pigmentek és színezékek, viaszok és lakkok). Így pusztíthatják (el) a fát, a papírt, a papiruszt, a vásznakat, a keményítőt, a bőrt, a pergament vagy a selymet, a képalkotó festékeket, illetve az ezen anyagokra/anyagokból készült műtárgyakat és dokumentumokat is.

Ahhoz azonban, hogy a jelen lévő, kártevő gombák spórái vagy konídiumai az anyagokon csírázni, majd a hifák növekedni tudjanak, az anyagoknak a megszokott, ötven százalék körüli (vagy annál kisebb) RH-val egyensúlyban lévő nedvességtartalmuknál *nagyobb* (az aktuálisan szóba jöhető gombák számára *elegendő*) *nedvességgel* kell rendelkezniük. Ez - a legálább néhány napig - megemelkedett RH kisebb-nagyobb beázások, árvizek következtében alakulhat ki; a megfelelő nedvességtartalom mellett pedig a károsító gombák növekedését elősegítő, gyorsító *hőmérséklet* is fontos tényező.

A cellulózt, lignint, fát, papírt, növényi alapanyagú textíliákat (vásznakat) károsító gombák. A károsodások
Azok a mikroorganizmusok, amelyek

egyedül a cellulózt használják szénforrásként, lassan növekedő szervezetek, ezért ha csak ilyen fajok kerülnek fára, papírra, az csak néhány nap, hét vagy hónap után kezdene foltosodni, majd gyengülni. Ez azonban legfőljebb kísérleti körülmények között történik így. A valóságban mindig több gomba- és baktériumfajta fordul együtt elő, és a cellulóz szétbomlását okozó gombák egymás növekedését kölcsönösen elősegítik. Az alacsonyabb (63-65 százalékos) relatív páratartalmat igénylő szervezetek a szennyezéseket használják föl, és nedvesség előállításával készíthetik elő a fát és a papírt a cellulóz- és ligninbontó gombák számára.

Fa

Száraz körülmények között a fát többnyire rovarok, nedves környezetben pedig korhadást okozó gombák gyengítik meg, idézik elő a szétesését. *Korhadásnak* (revesedésnek) nevezik a farontó gombák sejtfalakat le- és szétbontó tevékenységét. A fa megtámadott alkotórésze és a károsodás tünetei alapján megkülönböztethető:

- *Barna- vagy vöröskorhadás*, *revesedés*: a sejtfal *cellulózvázáának bontása*, mind a fenyőfélék, mind a lombosfák szíjács- és gesztrészében (az elnevezés a visszamaradó lignin barna színéből ered). A korhadás kezdetén a fenyőfák szíjácsában vörös vagy kávészínű csíkok és foltok jelennek meg, a végén pedig a ligninváz sugár- és érintőirányban megrepedezik, majd a fa kockákra hullik szét. A barnakorhadást szenvedett fa fizikai-mechanikai tulajdonságai nagymérték-



15. Barna- és fehérkorhadás, valamint rovarkár egyidejű fellépése



16. Szürkésfehér pincegomba „kivirágzása” szellőztetlen kiállítótérben álló, korábban lenolajjal impregnált szőlőprés felületén

ben romlanak; a fa törékennyé válik, porlik, szétmorzsolható.

- Épületekben károsító, barna- vagy vöröskorhadást előidéző gombák: pincegomba (*Coniophoracerebella*), könnyező házigomba (*Merulius lacrymans*), házi kéreggomba (*Poria-vaporaria*).
- **Nedves korhadás:** tünetei hasonlítanak és megegyeznek a barnakorhadás tüneteivel; szinte kizárólag a pincegomba okozza.
- A **fehér- vagy marókorhadást** okozó gombák törzskorhadást okoznak, épületfákban nem fordulnak elő. A sejtfalak **ligninanyagát bontják** fokozatosan le, ami után fehéres, vattaszerű cellulóz marad meg.

A **pincegomba** termőtestének átmérője 4-30 cm, színe kezdetben fehér, majd fakósárga, barna; formája kerekded vagy hosszúkás, szétterülő. Micéliuma felületi, gyorsan fejlődik, nyalábjai legyezőalakot mutatnak, színük szürkésbarna. Vízigénye nagy (a faanyagnak ötven-hatvan százalék vizet kell tartalmaznia), ezért a száraz fát nem támadja meg. Hőérzékeny: 50 °C mellett tizenöt perc alatt elpusztul.

A **könnyező házigomba** a fából készült épület- és nyílászáró szerkezeteknek, valamint padlóburkolatoknak legveszedelmesebb károsítója. Igen nehéz védekezni ellene, mert micéliuma a falazatban is terjed, és több év után is fertőzőképes marad. Olyan ritka mikroorganizmus, amely a faanyagot légszáraz állapotban is meg tudja támadni, mert az életműködéséhez szükséges vizet a lebontott sejtfal cellulózvázából fedezi. A sejtfalak lebontásának előrehaladásával a barnakorhadás tipikus tüneteit idézi elő: a fa először törékeny lesz, csökken a súlya, végül barna színű porrá hullik szét.



17. Könnyező házigomba kártétele fáfödemen

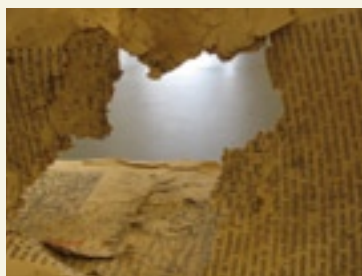
Termőteste lapos, lepényszerű, de a változó viszonyoknak megfelelően a legváltozatosabb - húsos, kúpos, tölcéses, konzol- és eltorzult - formákat mutathatja. Micéliuma hófehér, vattaszerű bevonatot képez a fa felületén; először megjelennek rajta a vízcseppek („könnyezik”), majd rózsaszínes-lilás foltok képződnek, néhol citromsárga elszíneződéssel. Mivel sötét, illetve fénysegény helyen fejlődik, ha micéliumát erős fény éri, megsárgul. E tulajdonságával könnyen meghatározható. Legjobban szellőzetlen helyen él meg, ahol a fa nedves, de nincs vízzel telítve.

A *házi kéreggomba* elsősorban a fenyőféléket károsítja barnakorhadással: épületekben, a talajszint közelében (például vakpadlók faanyagát) és a szabadban, nedvességnek tartósan kitett helyeken (mint a gerendavégek, ereszek). Micéliumnyalábja fehéres színű, és a fa belsejében is terjed. Termőteste lapos, szélesen elterülő; a szabad szemmel is látható csövecskék alapján könnyen felismerhető.

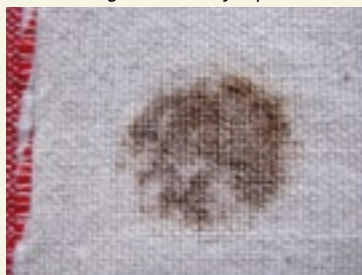
A fafajták közül a tölgy és a tikfa nagy mikrobiológiai ellenálló képességgel rendelkezik.

Papír, (len-, pamut-, kender-) vászon

Káros és nem káros mikroorganizmusok jelenhetnek meg a papírkészítés folyamatában a fa kivágásától, a gyapot és más növényi anyagok betakarításától a gyártáson és raktározáson keresztül a késztermék felhasználásáig. Baktériumok inkább a vizes cellulózpépben élnek meg; a készpapíron sugárgombák és gombák fordulnak



18. *Penészgomba pusztításától megcsonkult könyvlapok*



19. *Gomba okozta folt pamutvászonon*

elő. A cellulózon kívül a papírban - a facsiszólattal belekerülő - lignin, hemiacellulózok, pektinek, viaszok, cseranyagok, de fehérjék, keményítő, gyanta, festékek és ásványi alkotórészek is táplálékkul szolgálhatnak a mikroorganizmusoknak, éppúgy mint a rákerülő szerves szennyezések (például zsír, verejték). Vászonnak esetében a cellulóz mellett kikészítő, appretáló (szénhidrátféle) anyagok lehetnek jelen. A papírt és a vásznakat - összetételüktől, pH-értéküktől, nedvességtartalmuktól, a környezet RH-értékétől, hőmérsékletétől, a fénytől és a jelen lévő gombafajoktól függően - sokféle gomba pusztíthatja (a mi klímánkon körülbelül kétszáz cellulózbontó gom-

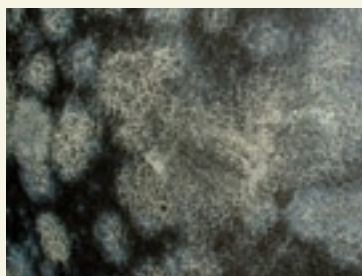
bafaj ismert). Négyes pH-érték alatt (ami erősen savas papírt jelent) a gombák az egyedüli cellulópusztítók, de a gombák növekedésének a legszélesebb pH-tartomány kedvez.

Néhány, papírt és vásznakat pusztító gombafaj: *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus flavus*, *Chaetomium globosum*, *Penicillium verniculaetum* és más *Penicillium* fajok, *Stachybotrys atra*, *Trichoderma viride*, *Fusarium*.

Talán a legközismertebb *penészgombakár* az anyagcseretermékek okozta színes (sárgás, barnás, lila, rózsaszín, zöldes, fekete, szürke) foltok képződése. Az *Aspergillus* szürke, fekete, barna, a *Penicillium* színes vagy fehér, a *Chaetomium* barna foltokat okoz a papíron. Hosszabb idő után a papírok és vásznak gyengülése, puhasága, mállása, esetleg merevsége, törékenysége, elvékonyodása is megjeleNIK; mindez szakadásokhoz, csonkuláshoz vezethet.

A bőrt, pergament, gyapjút, selymet károsító gombák. A károsodások **Bőr, pergamen**

A tárgyak és könyvkötések készítésére használt *bőrök* mikrobiológiai érzékenysége elsősorban a cserzés módjától függ, de a bőrtípus és a festékfajta is számít. Nyirkos, meleg, spórában gazdag környezetben a gyűjtemények bőránya is szenvedhet bizonyos típusú és mértékű mikrobiológiai károsodást, annak ellenére, hogy a bőrt elsősorban alkotó kollagén fehérje ellenáll a legtöbb aerob mikroorganizmusnak. A bőrtárgyak felületén azonban a kikészítő- és felületkezelő anyagok a gombák számára megfele-



20. Penészgombafonalak behatolása a tarisznya bőrébe



21. Beázás és penészedés miatt nagy foltban hiányossá vált könyvkötésborító bőr

lő, könnyen lebontható vegyületeket jelentenek. A különböző *lágylító- és zsírozóanyagokkal* kezelt, illetve a használat során (lanolinnal, zsírral, olajjal) gyakran kent, zsírozott bőrök több nedvességet is vesznek föl, és azt jobban meg is tartják, így könnyen válhatnak a penészgombák számára jó táptalajjá. A gombák által részben lebontott, meggyengített bőrt a rovarok is könnyebben tudják fogyasztani.

A gombák által a bőrön előidézett *változások* függenek a rendelkezésre álló szén- és nitrogénforrásoktól (cserzőanyagok, ragasztók, kenőanyagok és szennyeződések), vitaminoktól, a kis



22. Sugárgomba mellett penészgombák (valószínűleg *Alternaria* sp. és *Cladosporium* sp.) is károsították a pergamenködex lapjait

mennyiségben jelen lévő szervetlen sóktól, a levegő és a bőr nedvességtartalmától, a bőr pH-értékétől és a hőmérséklettől. A bőrkárosodást okozó gombák számára szükséges az oxigén jelenléte is.

A bőrön tenyésző gombák nagy része a konídiumokkal szaporodó, *Fungi Imperfecti* csoportba tartozó, *Aspergillus* és *Penicillium* nemzetségek tagja, melyek szaporodásához az alacsonyabb, 65 százalék körüli RH-érték is megfelelő lehet.

Penészgombák által bőrökön okozott károk:

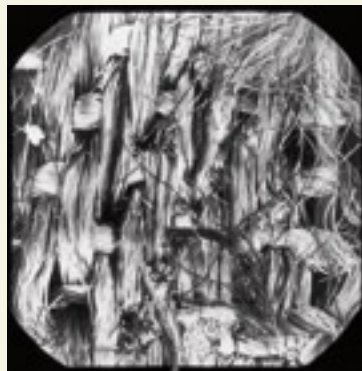
- a barka mattul;
- a gombafonalak mélyen behatolnak a bőrbe, nem távolíthatók onnan el;
- a színes foltok megmaradnak, nem távolíthatók el;
- elvékonyodás, mállékonyság, szakadások jelennek meg;
- a gombák anyagcseretermékei elősegítik a bőrben lévő triglicerid zsíradékok hidrolízisét is, glicerinné és szabad zsírsavakra (a glicerinné után sok nedvességet köthet meg).

A *pergamen* a kollagénen kívül más fehérjéket (keratin, elasztin, kevés albumin és globulin), kevés poliszacharidot, mézszappant és vitaminokat tartalmaz. Ezek az anyagok jó táptalajul szolgálhatnak a már említett baktériumok és sugárgombák mellett vagy azok után egyes penészgomba-nemzetségek - mint az *Aspergillus*, *Penicillium*, *Candida*, *Alternaria*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Ophiostoma*, *Scopulariopsis brevicaulis* - bizonyos fajainak is. Leginkább károsító hatása az utóbbi négy nemzetségbe tartozó fajoknak van, mivel például a *Cladosporium herbarum* és a *Cladosporium sporendonema* teljesen lebontja a pergament (csonkulás!), a *Fusarium orthoceras*, az *Ophiostoma* és a *Scopulariopsis brevicaulis* nemzetségbeliek pedig színes foltokat és a hártya elvékonyodását idézhetik elő.

Gyapjú, selyem

Ha a *gyapjút* penészgombák támadják meg, a gyapjútárgy alig veszélyeztetett, mivel a penészgombák főleg a rostidegen részekből és a gyapjűzsírból táplálkoznak. A bőr-, haj- és más gombák együttes jelenléte azonban nagyobb pusztítást idézhet elő, ami a gyapjút is teljesen lebonthatja.

A *koronázási palást* szerves anyagainak (többek között a *selyem-fehérje*) lebomlását, biológiai károsodását csak pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételekkel lehetett feltárni: az *Aspergillus glaucus*, valamint a *Cladosporium* és a *Stachybotris* nemzetségbe tartozó penészgombák hajdani jelenlétére utaló maradványokat mutattak ki.



23. A koronázási palást penészgombák által lebontott selymének elektronmikroszkópos képe

Növényi és állati eredetű, valamint szintetikus ragasztó- és kötőanyagok, viaszok, tinták, festékek és lakkok károsodása penészgombák hatására
Ragasztó- és kötőanyagok; viaszok és bevonatok

Mind a természetes, mind a szintetikus *ragasztó- és kötőanyagok* szolgálnak tápanyagnak a penészgombák számára; ezáltal károsodnak, és a ragasztott, illetve a hordozóhoz kötött

anyagok mikrobiológiai és fizikai károsodását is elősegíthetik. pH értéküket alapul véve a *növényi* ragasztók és kötőanyagok (szénhidrátok: keményítő, arab és tragant mézga) a baktériumok, míg az *állati* eredetűek (fehérjék: bőrenyv, csontenyv, zselatin, pergamenenyv, vízahólyagenyv, tojásfehérje, tojássárgája, kazein stb.) a gombák és élesztőgombák számára kellene hogy táplálékot jelentsenek. Ennek ellenére mind a szénhidrát-, mind a fehérjealapú ragasztóanyagokon találkozhatunk mind baktériumos, mind gombás lebontással, mivel egyéb okok is, például az RH és ennél fogva az anyagok nedvességtartalma is befolyásolja a biológiai hatás jellegét: míg a baktériumok száz százalék körüli RH-t igényelnek, a gombák már hetven százalék körüli RH mellett is növekedhetnek. A *szintetikus* („műanyag”) ragasztók (tisztá állapotban) kevésbé vagy egyáltalán nem érzékenyek a mikrobiológiai hatásokra. Egyes, kisebb molekulatömegű adalékok (kenőanyagok, stabilizátorok, lágyítók, oxidációgátlók) azonban tápanyagok lehetnek a mikrobák számára, és közismert az is, hogy a vizes diszperziós polivinil-acetát ragasztókhoz (mint a Planatol) gyakran kevernek más, könnyen „penészedő” ragasztóanyagot, például keményítőt is. A *cellulózalapú*, de tulajdonképpen szintetikus ragasztók (például metil-cellulóz) általában jó mikrobiológiai ellenálló képességgel rendelkeznek, mivel csak a cellulózbontó mikroorganizmusok tudják őket elbontani. Az esetleges adalékanyagok ebben az esetben is csökkentik az ellenálló képességet.

Néhány, állati eredetű ragasztó- és kötőanyagon fejlődő és szaporodó penészgombafaj: *Aspergillus flavus*, *A. terreus*, *A. candidus*, *Candida albicans*. Szintetikus ragasztókon is találunk például *Aspergillus terreus*-t és néhány *Penicillium* fajt; az egyik cellulózalapú ragasztóból pedig a *Trichoderma viride* és a *Cladosporium herbarum* fajt izolálták.

A mikroorganizmusok által termelt *enzimek* (a keményítőtörő *amiláz* és a fehérjebontó *proteázok*) *szétbontják* a ragasztó- és kötőanyagokat. Ennek következtében a koloid ragasztóoldatok hígulnak, savasabbak lesznek, és csökken a ragasztóképességük; színes foltok, micéliumtelepek és kellemetlen szag jelenhetnek meg. Ha a megszilárdult ragasztó-, illetve kötőanyagot részben vagy teljesen lebontják a mikrobák, a *tinta* és a *festék leválhat, lepereghet a papír-, pergamén-, fa-, vászonhordozóról* (következmény: halványodás, csonkulás); az összeragasztott *felületek szétválhatnak*, a ragasztott *szerkezetek* (például bútor, kötött könyv) *széteshetnek*.

Fényképek és filmek esetében egyes fehérjék (albumin, zselatin) a fényérzékeny anyag hordozójaként és kötőanyagaként jelennek meg, és penészgombák számára igen kedvező táplálékot nyújtanak.

A *viasz* egyes gombák számára szénforrás lehet (viaszon és paraffinon 22-féle gombát tenyésztettek ki). Néhány, műtárgyakon, műtárgyakban, dokumentumokon előforduló viasz:



24. Penészfertőzés mozgófilmtékercsen

• *növényi eredetű:*

- kandelillaviasz (műtárgyak, festmények festékeinek kötőanyaga),
- karnaubaviasz (a pecsétviasz tartalmazza);

• *állati eredetű:*

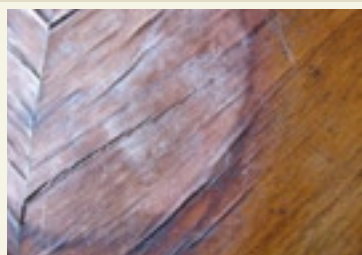
- méhviasz (az okleveleken, magánleveleken lévő viaszpecsétek fő alkotórésze),
- kínai viasz (kőrísfatetű anyagcsere-terméke),
- lanolin (gyapjúzsírból készül, bőrtárgyak puhítására használják).

A régi *viaszpecséteknek* az állati eredetű *méhviasz* volt a fő alkotóeleme, amelyhez gyantát, terpentint, karnaubaviaszt és egyéb anyagokat (például állati eredetű gyantát, sellakot) keverték. A méhviasznak csak kisebb, etilalkoholban oldódó része károsodhat, a karnaubaviasz, amelyben kis fakéregdarabkák is lehetnek, érzékenyebb a mikrobiológiai hatásokra.

A viaszpecséteket többféle penészgomba és sugárgombák egyaránt károsíthatták. Régi viaszpecsétek benzin oldatából, táptalajon sikerült *Streptomyces* sugárgombákat és pe-

nésgombákat (*Aspergillus fumigatus*, *Alternaria tenuis*, *Cladosporium herbarum*, *Gliomastix murorum*, *Paecilomyces varioti*, *Scopulariopsis brevicaulis* fajok és *Penicillium*, *Fusarium*, *Cephalosporium*, *Coprinus* nemzetségbeliek) kitenyésztteni.

A viaszok károsodásának módja: világos foltok képződése, repedezés.



25. Asztal politúr- (sellak-) vagy viaszos felületkezelő rétegének és fájának károsodása (mattulás, szürkülés, repedezés), penészgomba-növekedés hatására

Tinták, festékek; a festmény mint kompozit műtárgy

A tintát, elsősorban a vasgubacs (vasgallusz-) tintát savasan károsítják (halványítják) penészgombák, főleg *Penicillium* és *Aspergillus* fajok anyagcseretermékei. Töltőtolltintából *Paecilomyces* izoláltak.

A papír-, pergamenhordozóra készült, rajzolt, színezett, festett kéziratok, tervrajzok, grafikák, miniatúrák **rajz- és színezőanyagait** (pasztell, kréta, vízfesték) is károsíthatják mikroorganizmusok.

A grafikák és a fára vagy vászonra festett **olajképek** festékrétegében vagy annak (gyakran repedezett) felületén

a következő anyagok lehetnek tápanyagok a baktériumok és gombák számára: növényi olajok, zsírsavak, glicerin, méz, tragantmézga (pasztellben), kazein, enyv, porszenyezés. A kötőanyagok - viaszok, fehérjék - és azokba szennyezésként bekerült idegen anyagok is tápláléklul szolgálhatnak.



26. Vasgubacs tinta halványodása (a kötőanyag lebomlása, a barna színanyag átalakulása) pergaménkódexben

Az **olajképek** mint több rétegből álló, sokféle anyagból összetett műtárgyak esetében a penész növekedése - a hátoldal átnedvesedése miatt - leggyakrabban a **hordozón** (enyves vászon, fa) **kezdődik el**. Az **átnedvesedés**, például pincében vagy egy hideg falhoz letámasztva (a helyileg kialakult páralecsapódás következtében), könnyen bekövetkezik, és a hátoldalon

kevésbé is vehető észre a penészedés. A festmények mindkét oldalán a felületen lerakódott (néha vastag) *porréteg* jelentős veszélyforrás, mivel a por erősen higroszkópos, és sok spórát is tartalmazhat. A lakkrétegbe beült por például, mivel megköti a nedvességet, és táptalajként szolgál a mikroorganizmusoknak, hosszú idő alatt a lakk mattulását, a festmény olvashatatlanóságát okozza.

Üvegezett képeknél veszélyt jelent a képfelület és az üveg között képződő

Trichoderma, *Aspergillus* és *Epicoccum* nemzetségbeli fajok.

Vászonhordozó esetén a gombák a vászon elszíneződését, foltosodását, valamint a cellulóz meggyengülését idézhetik elő, ami hosszú távon meghatározza a festmény gyenge pontjait, és szakadásokhoz vezet. Vékony vászon, világos alapozás és vékony, áttetsző festékrétegek esetén a penészgomba okozta foltok a hátoldal mellett a festett oldalon is esztétikai problémát jelenthetnek.



27. Penészgombáktól hiányossá vált, vászonra festett, dublázott olajkép

(lecsapódó) víz, amely a kép repedezett, szennyezett felületén elindíthatja a penészgomba növekedését. A festékeken leggyakrabban előforduló mikroorganizmusok: *Aureobasidium pullulans*, *Phoma pigmentivora*, valamint a *Cladosporium*, *Alternaria*,

Táblaképeknél a krétás alapozás sérülhet a mikroorganizmusok hatására; ilyenkor legalább kétféle károsodásra lehet számítani: az alapozás meggyengülése, porlása, illetve hólyagosodás, felemelkedés. Mindkettő a festékrétegek leválásával, azaz a műtárgy pusztulásával jár. Különösen gombákra jellemző, hogy a festékrétegek és az alapozás közé telepedve „lenyomják”, felszakítják a festett rétegeket.

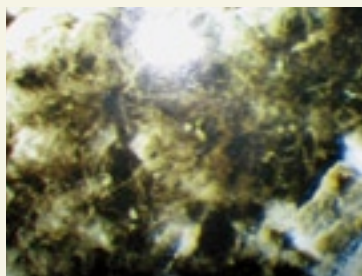
A grafikák és festmények *festék- és lakkrétegének* károsodása mikrobiológiai hatásra:

- a lakkréteg repedéseibe bejutó szennyezéseken megtelepedő mikroflóra feltöri a festékréteget;
- a festék színét, felületét egyes anyagcseretermékek - például savak, hidrogén-szulfid - megváltoztatják, elpusztítják;
- egyes szerves (növényi) festékek érzékenyek lehetnek a mikrobák által termelt enzimekre (a vízfestékek és pasztellok, gombák hatására néha teljesen kifakulnak).

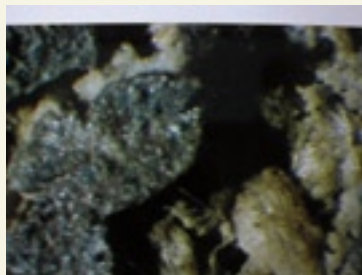
A fűtésrendszerből a raktárhelyiségbe bejutó *forró gőz* a festmény műtárgyakon *lecsapódott*. A képek a nedvességet anyaguk nedvesedésre való hajlama szerint különböző sebességgel fölvtették (sorrend: 1. enyvezés a fatáblán és vásznon, 2. enyves kötőanyagú alapozások, 3. temperarétegek, 4. olajos képrétegek; a hidrofób lakkozás szinte egyáltalán nem reagált a nedvesedésre). Ezáltal egyes anyagok alkalmassá váltak arra, hogy a gombaspórák csírázni, és a hifák növekedni kezdjenek rajtuk. A hifák hamarosan átszöttek a festményeket, kialakultak a micéliumtelepek, amelyek egyrészt lebontották a képek szerves (kötő)anyagait, másrészt a működésük során kiválasztott szerves savakkal feloldották a krétás alapozást. Ezáltal minden képréteg károsodott (Szépművészeti Múzeum, 1980-as évek; Szabó Zoltán leírása alapján).

Szervetlen (ásványi) anyagok károsodása penészgombák hatására

Vászonhordozón lévő falképen (Szépművészeti Múzeum) kalcium-oxalát képződött a vakolatban lévő mészkő (kalcium-karbonát) és a gomba által termelt oxálsav reakciójából. Mikroszkópos vizsgálat is kimutatta a penészgombák jelenlétét, amelyek a vásznon kezdtek növekedni, majd anyagcseréjük termékei eljutottak a falképhez.



28. Penészgomba-termőtestek a vásznon



29. Barnás kalcium-oxalát-réteg a kék festékpigmenten

EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSOK, HOCHÁZATOK. A VESZÉLYEK CSÖKKENTÉSE

KÓROKOZÓK ÉS BETEGSÉGEK

A levegőben mindig és mindenhol előfordulnak különböző gombaelemek, szaporítóképletek, hifatöredékek. A *levegő által szállított gombák* a környezet élőlényeihez képest *lehetnek* tápanyagfogyasztók, együtt élők és (állatokat és növényeket egyaránt megbetegítő) *kórokozók*. A növényekre nézve kórokozó gombák között számos, az emberi szervezetre is ártalmas faj található.

A levegő által szállított gombaelemek elsősorban a *légzőrendszerre* jelentenek veszélyt. A betegítő hatás kétféle lehet: *allergiás reakciók* és *gyulladást okozó fertőzések*. A nagyobb méretű gombaelemek a felsőbb légutakban az arra érzékenyekben allergiás reakciókat válthatnak ki, a kisebbek - mélyebbre jutva - a tüdőszövetet is megtámadhatják.

A gombás eredetű tüdőfertőzésekért elsősorban az *Aspergillus* nemzetség tagjai felelősek; ezen belül az *Aspergillus fumigatus* és az *A. niger* különösen fontos fajok (úgynevezett obligát kórokozók). A mikroszkopikus méretű spórák a tüdőcsúcsig be tudnak hatolni, ahol megtelepednek, és az *aspergillózis* nevű betegséget okozzák. Ennek figyelmeztető jelei: láz, levertség, gyengeség és gyakori köhögés. Ma már vannak célzott, fungicid gyógyszerek az aspergillózis leküzdésére, de a betegség nehezen diagnosztizálható, gyógyítása elhúzó-

dó és költséges. Egyes *Aspergillus* fajok megtámadhatják a belső fület, a hallójáratokat, az orrüreget, a szem szaruhártyáját, a központi idegrendszert és a májat is. Hasonlóképpen tüdő- és bőrelváltozásokat okozhatnak egyes *Penicillium* és *Mucor* fajok is. Gombák azonban csak annál okoznak tüdő- vagy egyéb fertőzést, aki az immunrendszer gyengébb működését előidéző, más betegségben is szenved, illetve akinek immunrendszere valamilyen okból jelentősen meggyengült.

A múzeumi, levéltári, könyvtári gyűjteményekben dolgozók között nagyobb valószínűséggel és gyakorisággal fordulhat elő a penészgombák okozta *allergizálódás* és a *légúti allergiás kórképek* valamelyike. Az allergén hatású penészgombafajok száma meghaladja a százat; a tapasztalatok szerint a sötét pigmenttel rendelkezők - mint a két leggyakoribb allergén gombanemzetség: a *Cladosporium* és az *Alternaria*, de az *Aspergillus* is - erősebben allergének. A *Penicillium*, *Candida*, *Mucor* fajok is a gyakori allergének közé tartoznak. Ha valaki ismételten hosszabb időt tölt gombaspórákkal erősebben szennyezett légtérben, allergiás reakciók léphetnek föl: tüsszögés, orrfolyás, köhögés, hasmenés, hányás, láz, légúti asztma, allergiás tüdőgyulladás. Körülbelül háromszáz penészgombafaj termel különböző mértékben mérgező *mikotoxint* (gombaméreganyagokat);

a penészgombákkal érintkezésbe kerülve erre a hatásra is számítani kell (a mikotoxinok a kimondottan egészséges szervezetre is allergizáló hatással lehetnek). Az *Aspergillus flavus* („fáraógomba”) mikotoxinja nagyobb dózisban karcinogén.

MI A PENÉSZFERTŐZÉS?

A szálló porral együtt a gombaelemek is kiülednek a tárgyak felszínére, és belőlük különböző számban, de mindig kitenyészthető gomba. Normál, ötvenszázalékos vagy annál kisebb RH-értékek mellett ezek a gombák nem szaporodnak, bár a megfelelő tápanyag általában rendelkezésükre áll. Ahhoz, hogy a tápanyagok a gombasejtek számára hasznosíthatók legyenek, vízre van szükség, mert a sejt csak a vízben oldott tápanyagokat

tudja fölvenni. Hűvös (vagy az előző hőmérsékletéhez képest lehűlt), nedves, (hatvan-hetven százalékos RH-nál nagyobb relatív légnedvességű), rosszul szellőztetett raktárhelyiségben a levegő páratartalmából nedvesség (víz) csapódik ki a tápanyagul szolgáló tárgyak felületére, amelyek egy idő után „megpenészednek”, azaz a penészgomba - szabad szemmel láthatóan - növekedni, szaporodni kezd rajtuk. Ilyenkor mondjuk azt, hogy *penészgomba-fertőzés* történt (valójában a jelen lévő penészgombaspórák aktivizálódtak). Ez a penészgomba-fertőzés mint szennyező forrás tovább fertőzi a levegőt (növeli a gombaelemek számát a levegőben), és a fertőzöttség akkor is megmarad, ha a helyiség kiszárad, vagy a tárgyakat száraz körülmények közé viszik át. Ilyenkor a gomba szaporodása ugyan



30. Mozgófilmtekercs megtisztítása a penészmaradványoktól ecsettel és porszívóval, egyéni védőfelszerelés használata mellett

leáll, de a potenciális veszélyforrás és a szennyezés lehetősége továbbra is fennáll, mivel a gombaelemek nem pusztultak el, csak inaktív állapotba kerültek.

VÉDEKEZÉS A PENÉSZFERTŐZÉS ELLEN

Az általában nem tudható, ki (lesz) fogékony a gombák okozta betegségekre, vagy hogy ki mennyire immunhiányos. Ezért kimondható, hogy a valamilyen okból az átlagosnál *több gombaelemet* tartalmazó levegőjű raktárhelyiségben való munkavégzés és az inaktív *penészmарadványokat* tartalmazó könyvek, iratok és egyéb tárgyak kezelése, használata *kockáza-*

tos a könyvtári, levéltári, múzeumi dolgozókra, restaurátorokra, olvasókra, kutatókra nézve egyaránt. A veszélyt megfelelő *egyéni védőfelszerelés* alkalmazásával (lásd később), illetve az újonnan vagy régebben láthatóan fertőzött *tárgyak elkülönítésével* (használatból való kivonásával) és szükség/lehetőség szerinti, szakszerű penészmentesítésével, megtisztításával lehet megszüntetni vagy csökkenteni. *Fokozott védelemben* kell részesíteni az egyéb allergiás megbetegedésekben szenvedőket, azokat pedig, akiknek valamilyen immunrendszeri zavara (más betegsége) ismert, *mentesíteni* kell a penészes tárgyakkal való munkavégzés alól.

A MIKROBIOLÓGIAI KÁR- ÉS HŐROKHOZÓK VIZSGÁLATA (HIMUTATÁS, AZONOSÍTÁS)

Pincéből vagy más helyről, dohos, néha nedves körülmények közül könyvtárba, múzeumba kerülő könyv- vagy más gyűjtemények (például hagyatékok) esetében érzékszervi vizsgálattal sokszor *nem lehet eldönteni* azt, hogy a tárgyak hordoznak-e a „normál”, mindenhol jelen lévő mennyiségnél nagyobb, az egészségre veszélyes mennyiségben és minőségben élő vagy életre kelthető penészsporákat, vagy sem. Ha a tárgyakon a penészedésnek nyomai (színes foltok, az anyagok meggyengülése) nem láthatók, de a hely, ahonnan a gyűjtemény bekerült, „gyanús”, mert alkalmasnak látszik a baktériumok vagy penészgombák szaporodására, a gyűjtemények kezelőiben gyakran felmerül a fertőtlenítés gondolata. Nagyobb mennyiségű könyv, irat, egyéb műtárgy esetében a fertőtlenítés általában csak tömegesen (gázzal, esetleg gamma-sugarakkal) oldható meg. A tömeges fertőtlenítés kérdéses volta és költségessége miatt ilyenkor - kompetens mikrobiológiai laboratóriumban - vizsgálatot kell végeztetni, hogy megállapítsák, szükséges-e egyáltalán a fertőtlenítés, vagy elegendő lehet az anyag kiszárítása és szellőztetése is. Természetesen az ilyen vizsgálat is tetemes költséggel járhat.

A vizsgálat indoka és célja ilyenkor: megállapítani, hogy

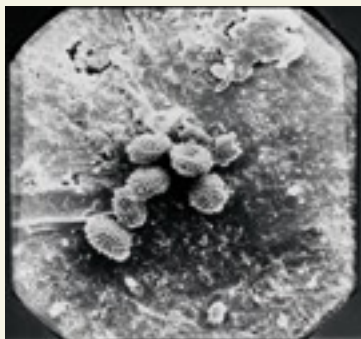
- a tárgyak hordoznak-e egészségügyi és műtárgyvédelmi szempontból kockázatot, azaz vannak-e jelen - fertőzésveszélyt jelentő, kór- és/ vagy károsító minőségű, állapotú és

mennyiségű - mikrobák;

- szükséges-e a tárgyak vagy/és a vele érintkezésbe kerülők érdekében azokat fertőtleníteni?

Sok esetben annak megállapítása is elegendő, hogy a műtárgyon szemmel látható károsodásokat okozó *penészgomba hifái élők*, vagyis növekednek-e. Az eredmény alapján lehet dönteni a kezelés módjáról, illetve arról, hogy kell-e egyáltalán valamilyen kezelést alkalmazni. Az ilyen jellegű (az élő és nem élő hifák festődése közötti különbségen alapuló) vizsgálatot - a szükséges technikai ismeretek, anyagok és egy (legalább 250-400-szoros nagyítású) mikroszkóp birtokában - *restaurátor is* el tudja végezni.

Értékes, esetleg nagyon rossz állapotban lévő, költséges restaurálást igénylő műtárgyak (például a koronázási



31. A koronázási palástban talált gombaspórák elektronmikroszkópos képe

palást, a corvinák és más értékes kódexek) esetében fontos lehet a károsodások pontos, a műtárgy történetéhez is tartozó *okainak felderítése és dokumentálása*. Az elvégzett vizsgálatok ilyenkor nemcsak a szemmel láthatóan mikrobiológiai károsodást (is) szenvedett műtárgyról és történetéről nyújthatnak számos új információt, hanem a vizsgálatok sikere, eredményei a mikrobiológusok ismereteit is értékes új elemekkel gazdagíthatják.

A koronázási palást vizsgálata során készített első pásztázó elektronmikroszkópos (SEM-) felvételek, amelyekén gombaspórákat lehetett látni, a keresztpánt passzomántja alól vett mintákról készültek. Ezután a palást több területéről vett mintákról készített SEM-felvételek is bizonyították a gombaspórák jelenlétét. A felvételeken *Aspergillus glaucus* fajú, valamint a *Cladosporium* és a *Stachybotris* nemzetségekbe tartozó penészgombák ivartalan szaporítóképletei (konídiumai) váltak láthatóvá.

A Törökországtól a 19. században, mikrobiológiailag erősen károsodott állapotban visszakapott pergamenkódexeink mikrobiológiai vizsgálata során megállapították, hogy a baktérium-, sugár- és penészgombatelepek fejlődése - a vízutánpótlás megszüntével - leállt, kiszáradtak, és sejtanyaguk is részben vagy teljesen tönkrement. A legtöbb esetben ezek

ből - az egykori, szabad szemmel is jól látható telepekből - már semmiféle mikrobát nem lehetett kitenyészteni. Az „életre keltési” kísérletek azonban egy esetben eredményre vezettek: a 14. század utolsó harmadában készült Dante-kódex jellegzetes vöröses elszíneződését okozó sugárgombatörzset, a *Streptomyces fimicariust* minden kétséget kizáróan sikerült azonosítani. Ezt az is bizonyította, hogy a kitenyészített törzsek - azokat új pergamenre oltva - 2-4 hetes, 28 °C -on való tenyésztés után a kísérleti (új) pergamencsíkokon ugyanolyan színű és tulajdonságú, vöröses elszíneződéseket hoztak létre, mint a kódex lapjain.

Ennek a vizsgálatnak, kitenyésztesi kísérletnek az eredménye alapján javasolta a mikrobiológus az összes (valószínűleg több baktérium-, sugár- és penészgombafaj által okozott) jelentős károsodást mutató kódex restaurálás előtti fertőtleníttetését, etilén-oxid-gázzal (1980-as évek, Országos Széchényi Könyvtár). Az tette indokoltta ezt, hogy ha egy esetben életre kelthető volt a „holtak” látszó spóra, ez más esetben is megtörténhet, és akkor újra káros lehet a kódexekre vagy az emberekre nézve.

A kiszáritás, tisztítás, esetleges vegyszeres - vagy más módon történt - fertőtlenítő *kezelés eredményességének ellenőrzése* céljából is szükséges lehet a tárgyról - a kezelés előtt és után

- vett mintából végzett tenyésztés annak megállapítására, hogy az alkalmazott kezelések megszüntették vagy legalább csökkentették-e a tárgy kár- vagy kórokozó mikroorganizmusokkal való fertőzöttségét.

Természetesen akkor is szükséges az egészségre káros mikroorganizmusok jelenlétének kimutatása és minél pontosabb azonosítása, ha a dokumentumokkal, könyvekkel, műtárgyakkal dolgozók vagy az azokat használók köréből valakinél - megbetegedése kapcsán - felmerül a *gyanú*, hogy a *betegséget* a műtárgyokról, dokumentumokról a szervezetre/szervezetbe kerülő *mikrobák* okozták. Ez lehet a következménye annak is, ha a gyűjteményi helyiségek levegője nagymértékben terhelt mikroorganizmusokkal. Ilyen esetben a közegészségügyi hatóságtól kell kérni a *levegő*, a *műtárgyak* és az *érintett személyek megfe-*

lelő mikrobiológiai vizsgálatát. Erre a betegség, a munkahely és a műtárgyak megfelelő kezelésének megválasztása érdekében egyaránt szükség van.

A *bőrből készült műtárgyak* esetében speciális, de egyszerű vizsgálatra lehet szükség. A bőr kezelésére, kenésére használt zsiradékokból szobahőmérsékleten egyes szabad zsírsavak (főleg a palmitinsav és a sztearinsav) fehér, penészfoltokra emlékeztető *zsírkiütést* okoznak a felszínen. Ezek szabad szemmel penészmicéliumnak látszanak, mikroszkóp alatt azonban lehetőség van a megkülönböztetésükre. Ha pedig egy meleg spatulát nyomunk a felületre, a zsírsavak megolvadva ismét a bőrbe szívódnak, a penész viszont változatlanul a felszínen marad.

A LEVEGŐ RELATÍV NEDVESSÉGTARTALMÁNAK NÖVEKEDÉSE, A VÍZ BEJUTÁSA A GYŰJTEMÉNYEKBE ÉS A MŰTÁRGYAKBA: OKOK ÉS MÓDOK

A „MINDENNAPOS, HÉTKÖZNAPI” NEDVESEDÉS, LÉGNEDVESSÉG-NÖVE- KEDÉS OKAI

A „mindennapos, hétköznapi” nedvesedés oka a gyűjtemény elhelyezésére vagy kiállítására szolgáló épület egészének vagy egyes helyiségeinek nem megfelelő építészeti vagy/és környezeti jellemzőiben keresendő. Ezt az alábbi néhány példa világítja meg.

- *Szellőzetlen vagy rossz szellőzésű, esetleg fűtetlen (ennélfogva gyakran magas RH-jú) raktár- vagy kiállítóhelyiségben, ahol a levegő mozgása elégtelen, a mikroorga-*

nizmusok számára kedvező (mikro) klíma alakulhat ki.

- *A (talaj)víz felszívódik a falba, a nedves fal megemeli a raktár levegőjének RH-értékét (ez nemcsak pincében, még emeleten is megtörténhet; ha nincs pince, akkor az alagsori vagy a földszinti helyiségeket veszélyezteti).*

„Az alagsorban lévő könyvraktár három fala alulról, a talaj felől átnedvesedett, és nagy mennyiségben fordul elő rajtuk élő (fehér és fekete színű) penész. Mind a falak közelében, mind a helyiség belső részében lévő polcokon sok olyan könyv található, amelyeknek vászonkötésén (a könyvgerincen) szintén élő (növekedő, táplálkozó és szaporodó) penész nyomai (fehéres foltjai) láthatók. A könyvtári dolgozók szerint a körülbelül másfél évvel ezelőtti beköltözés előtt a könyvek nem voltak penészesek, utána azonban hamarosan megjelent a könyveken a penész, ésszemmel láthatóan terjed. A falakon a nedvesedés alul látszik, tehát valószínű, hogy a nedvesség nem az építkezésből maradt vissza, hanem a talajból szivárog folyamatosan föl (az ablakon át az esővíz nem tud befolyani). A helyiség száradását a nyitva tartott ablak csak kismértékben



32. Ecsetpenész- (*Penicillium*-) telepek a szűk, nem szellőztetett, fűtetlen raktárban álló könyvszekrény ajtaján (Sopron)

és nem elégségesen tudja biztosítani, mivel a levegő mozgására (huzatra) nincs lehetőség.” (Részlet Kastaly Beatrix 2001. októberi szakvéleményéből egy budapesti egyetemi tanszék könyvtárának raktáráról.)

- A Néprajzi Múzeum épülete feltöltésre épült, az alagsori helyiségek falába a magas talajvíz fel tud szívódni (ehhez elég valamilyen rendkívüli időjárási helyzet, például sok eső), és megemeli az alagsori raktárakban az RH-t.

Ez történt a táplálkozásgyűjteményben, ahol fából, vesszőből, háncsból és sásból készült tárgyak kezdtek (volna) hirtelen penészedni egy alulról bekövetkező faldnedvesedés miatt (az RH hetven-nyolcvan százalékra emelkedett). A raktárhelyiség szellőztetési lehetősége csekély volt.

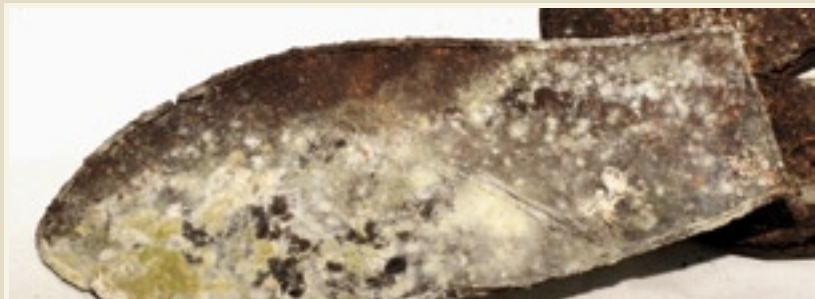
- Általános tapasztalat: a raktárnak a külvilággal vagy egy szomszédos hideg helyiséggel érintke-



33. Mikrofilmraktár penészes fala

ző fala és a fal közelében lévő bútorok (különösen a fémpolcok és szekrények) lehűlnek, a nedvesség kicsapódik a falon és a polcokon, megnő körülöttük az RH; az anyagok nedvességtartalma is nő; a penész kicsírázik és fejlődik, szaporodik.

Ha közvetlenül a falhoz támasztanak műtárgyakat, például képeket (festményeket), akkor a fal felé eső oldalon, ahol a lehűlt felületre nedvesség csapódik ki, ott könnyen „kivirágzik” a penész.



34. Bőr cipőtalp, színes penészfoltokkal

A SZÁLLÍTÁS ÉS A HASZNÁLAT NEM MEGFELELŐ KÖRÜLMÉNYEI

Mivel a melegebb levegő több vízgőzt tud felvenni, és gőz formájában megtartani, mint a hidegebb, a „fölösleges” vízgőzmennyiség a lehűlő levegőben vagy a hidegebb tárgyakon (kód, illetve víz formájában) kicsapódik: az alacsonyabb hőmérsékleten tárolt műtárgyak felületén - melegebb helyiségbe való átszállításkor - páralecsapódás következik be. Az így keletkezett víz a műtárgyak méretváltozása mellett azok penészedését is előidézhetheti.

KÜLÖNBÖZŐ OKOKBÓL NEDVESEDŐ PINCE(RAKTÁR)

Okok lehetnek: a raktár fűtetlen, hideg, szellőzetlen; a falak talajvíztől nedvesednek, a levegőben megnő az RH; csőtörés történik; a szomszédos helyiségben vagy folyosón emelkedik valamilyen, hasonló okból a nedveség szintje, és ez - a közös falon vagy a nyitott ajtón keresztül - hatással van a raktárra is, stb.

- Kriptából múzeumba bevitt bőr-, textil-, fatárgyak megpenészedtek, mert - a lassú kiszáradás érdekében - egy, a kellenél nedvesebb pincében helyezték el őket.
- Egy vidéki egyetem kari könyvtárában végzett mérések jelentős különbséget mutattak az iroda és a pinceraktár leve-

gőjének relatív nedvességtartalma között (34, illetve 43-50 százalék). Ennek oka az lehetett, hogy a pinceraktár állandó érintkezésben volt a pincefolyosó falával, és azon keresztül a pincefolyosóval, ahol rendkívül nagy (78 százalékos) volt az RH. Ennek következtében a folyosóval érintkező fal raktár felé eső oldalán tászkodás, vakolatleválás és penészedés volt tapasztalható.

A nedvesedés okai lehetnek:

- egy körülbelül tíz évvel korábbi, nagy eső után a pinceraktárban tíz centiméter magasan állt a víz;
- az épület alatt van egy vízer;
- néha kis vízfoltokat találtak a raktár padlóján;
- a pincefolyosón néha állt a víz (itt a szellőzőablak az utcára néz, és olyan magasságban helyezkedik el, hogy az esővíz befolyhatott rajta);
- csőtörés volt a pincefolyosó falában;
- az állandó nedvesség-utánpótlás miatt a tíz évvel korábbi beázás következtében átnedvesedett falak nem tudtak teljesen kiszáradni.

A - feltehetően - folyamatosan túl nagy relatív légnedvesség következtében az appetált (ragasztóanyaggal impregnált) könyvkötő vászonba kötött folyóiratok és könyvek kötésén - elsősorban a ge-

rincen, de néhol a táblák szélén és a könyvtest metszésein is - különböző színű (szürkés, fehéres, sárga, zöldessárga), valószínűleg élő penészfoltok és a penész pora voltak jelen. Különösen sok és virulens volt a zöldessárga penész a legnedvesebb (a folyosóval közös) fal közelében lévő könyveken, ahol az adott áprilisi napon a hőmérséklet $19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, az RH pedig 50-51 százalék volt (ezek „normális” értékek!)

BEKÖLTÖZÉS KI NEM SZÁRADT ÉPÜLETBE; FESTÉS, ÁTÉPÍTÉS, HELYREÁLLÍTÁS A GYŰJTEMÉNY JELENLÉTÉBEN

A nedves építőanyagokból - beton, vakolás, festés, meszelés stb. - kipárolgó víz megnöveli a levegő RH-ját, és ezzel az ott lévő anyagok nedvességtartalmát. Ez *rosszul szellőző, elégtelen légcserével* rendelkező helyiségben az évszaktól adódó *hőmérséklet-változásokkal* együtt a gyűjtemény anyagait károsító penészgombák életműködésének beindulásához vezethet.

- 1984-1985-ben, a budavári palotában a nemzeti könyvtár számára újonnan kialakított könyvtárépület új, betonból épített toronyraktárainak - még nem teljesen kiszáradt - betonfalai közé beköltöztették a könyvtár állományát, amelyen hamarosan csírázni, majd szaporodni kezdtek a penészgombák.



35. Élő penésztelepek könyvek vászonborítóján, a nedvessé vált pinceraktár polcain



36. Élő penésztelepek könyvek műanyag borítóján, a nedvessé vált pinceraktár polcain

- Az egyik fővárosi múzeum föld alatti könyvraktárában szeptemberben és október elején az RH 64-70 százalék között volt. Ez eléggnek bizonyult ahhoz, hogy a könyvkötő vászon (alatta ragasztóval) és a falak nedvességtartalma elérje a penészgomba életműködése számára megfelelő szintet. Ugyanakkor a penészgombák esetében optimális 20-25°C hőmérséklet is adott volt a raktárban. A falon és sok könyv gerincén penésztelepek jelentek meg. Mi okozhatta a szokatlanul magas, 64-70 százalékos RH-t? A nyári meleg levegő több nedvességet tud magában tartani, mint az őszi, hidegebb. A szeptemberi éjszakák, hajnalok hidege, ha kismértékben is, de lehűthette a falakat, amelyeken azután a raktár melegebb levegőjében lévő vízpára egy része lecsapódhatott, megnövelve a falak nedvességtartalmát. A raktár levegőjének nedvességtartalmát emelhetette az a vízpáramennyiség is, amely a raktár előterében, szeptemberben elévzett meszelés száradása során a raktár nyitott ajtaján keresztül bejutott. A befújó-elszívó rendszer szemmel láthatóan nem volt képes a nagyobb nedvességtartalmú levegőt - kellő sebességgel - szárazabbra cserélni. A nedvesebb falakból pedig tovább párologhatott a víz a levegőbe, ahonnan a kötések vászonanyaga is fölvehette a többletnedvességet.

VÍZ JUT AZ ÉPÜLETBE

A víz, alkalmasint a szennyvíz befolyik (tetőről, lyukas tetőn át, eltört/elrepedt, nyitva felejtett vizes vezetékekből, szennyvízcsatornából stb.), a forró víz vagy vízgőz kijut az elrepedt fűtőcsőből, fűtőtestből a raktári vagy kiállítótérbe (a hő és a víz egyszerre hat; ha időben megszáritják a műtárgyat, ami festmény is lehet, akkor „csak” a hő károsít).

- A Néprajzi Múzeum padlástérébe és a padlástér alatti helyiségekbe (nagy esők és hó esetén) gyakran befolyik a víz, mert a vízgyűjtő, vízelvezető csatornák a kellenél kisebb áteresztő képességűek, és el is dugulhatnak (levelek, galambtollak stb.). A 19-20. század fordulója körül épített (múzeum-) épületeknél gyakori az úgynevezett attikacsatorna: a falak belső oldalán, az épület belsejébe (a padlástérbe, a födémén lévő fedett vályúba) vezetik a vizet, majd innen jut a kivezetőcsatornába. Az eldugult attikacsatornában felgyülemelő víz túlfolyik annak szélén a tetőre, és átáztatja az alatta lévő szintet.
- Kutatóintézet laboratóriumában nyitva hagyott csapból lefolyt a víz az alatta lévő szintre, és befolyt a fából készült (nem üveges ajtajú) könyv-



37. Lemezből kialakított tetőösszefolyó



38. Deszkával borított vízelvezető/
attikacsatorna a padlástérben



39. Beázás nyomai a Néprajzi Múzeum
aulájában

szekrényekbe, ahol ezt körülbelül két hétig nem vették észre. Az eset nyáron, nagy melegben történt (nappal 25-30 °C volt), ilyenkor 48-72 óra elég a penészgombák kicsírázásához, növekedésük és szaporodásuk megindulásához.

- Az 1980-as években forró vízgőz jutott be a fűtőrendszerből a Szépművészeti Múzeum úgynevezett selejtraktárába, ahol festményeket is tároltak. Az egyébként fűtetlen raktárban (ahol télen jellemzően 5-10 °C és ötven-hatvan százalék körüli RH volt) hirtelen 10-15 °C-kal melegebb lett, az RH pedig százszázalékosra változott, így a jelen lévő gombaspórák számára rendkívül kedvező körülmények alakultak ki.
- 1998-ban, a gyöngyösi ferences rendház felújításakor egy korábban beboltozott és leburkolt lépcsőfordulóból előkerült



40. Könyvszekrény penészes belseje

az 1950 nyarán - a rendház és a szerzetesek fenyegettetésekor - elrejtett értékek tekintélyes része, köztük több mint négy köbméter könyv. A berakodás annak idején a zárókő kiemelésével, a boltozaton át, fölről történt. A közelmúlt történelmének iróniája, hogy később egy szolgálati mellékhelyiséget erre a zárókőre helyeztek. Az idevezető nyomócső éveken át folyamatosan szivárgott, és teljes keresztmetszetükben átázta az alatta lévő könyveket.



41. A zárókő fölemelésével láthatóvá váltak a rejtékhelyre befalazott könyvek

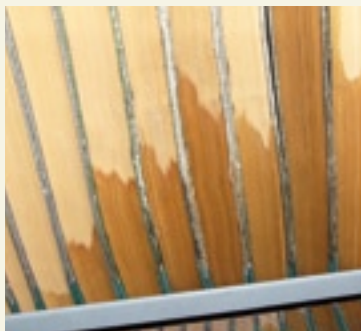


42. Az elfalazott könyvek állapota

A több mint háromszáz kötet papírkódex, kódextöredék és régi könyv, valamint a levéltári iratok anyagainak nagy része súlyos biológiai-kémiai károsodásokat szenvedett: a fa, a papír, a bőr és a fém a rovarok, a penész, a cserzőanyag kiázása és a korrózió következtében megsemmisült vagy összetapadt, mállékonnyá vált, vagy korróziós elváltozást mutatott.

- Egy januári reggel az Országos Széchényi Könyvtár törzsgyűjteményi könyv- és hírlapraktárainak két, egymás alatti szintjén a könyvtári raktárosok beázást fedeztek föl. A raktárak falán folyt le a víz, sok kötet részben vagy teljesen átázott, és a padlón is állt a víz. Honnan jött a víz? Az elemi csapások esetére készített felkészülési és cselekvési útmutatókban gyakran szerepel a következő mondat: „A víz minden elképzelhető és elképzelhetetlen módon bekerülhet a könyvtárak, levéltárak, múzeumok gyűjteményeibe.” E mondat igaza megint bebizonyosodott, a víz ugyanis egy szekrény mögül folyt ki. Kiderült, hogy a falban egy vízvezetékcső kivezetőnyílása van, amelyre eredetileg egy mosdókagylócsapot szereltek. Később a mosdókagylót és a csapot megszüntették, a cső végét bedugasztolták, és

elé egy szekrényt állítottak. Akik a szobában dolgoztak, minderről semmit sem tudtak, így azt sem láthatták, hogy a csövet bedugaszoló anyag tönkrement. Megtalálva a víz eredetét, a műszakiak megszüntették a kifolyás lehetőségét, de arra nem gondoltak, hogy a víz lefolyhatott a szoba alatti szinteken lévő könyv- és hírlapraktárakba is. Az eseményről senkinek sem szóltak, így a raktár beázására csak napokkal később derült fény.



43-44. A hírlapraktárban áll a víz a padlón, a kötetek átáztak

TERMÉSZETI VAGY EMBER OKOZTA KATASZTRÓFÁK

- *Folyók* - gyakran hirtelen, heves - *áradása* (Arno - Firenze, 1966; Elba - Drezda és Vltava - Prága, a 2000-es évek eleje); az áradások során a gyorsan mozgó víz a városok szennyező anyagait (például vegyszereket, olajokat, különböző mikroorganizmusokat tartalmazó szennyvizet) is magával viheti, és bejuttathatja azokat az elárasztott épületekbe. A baktériumok, gombák és algák a levegővel és tápanyaggal érintkezve gyorsan fejlődnek.
- *Hirtelen leeső nagy mennyiségű esővíz* az utca vagy a tető felől *befolyik* az épületbe; megduzzadt, lerohanó patakok, folyók betörnek pincékbe, alagsori, földszinti helyiségekbe (múzeumi, könyvtári, levéltári rak-tárakba; Edelény, 2010. május).

- *A tűzoltáshoz használt víz*, amely gyakran nagyobb kárt okoz, mint a tűz.
- *Földrengés* következtében eltörnek vízvezetékek, csatornák.
- *Az épület összeomlik*, súlyosan megsérül (például a kölni levéltár, metróépítés következtében), ezáltal a vízvezetékek is súlyos kárt szenvedhetnek. A romok között szabadba került dokumentumok ki vannak téve az időjárás viszontagságainak.

MTI, 2009. március 5.

„Szakértők szerint felbecsülhetetlen értékű dokumentumokat temettek be a romok a *kölni városi történeti levéltár összeomlása* (2009. márc. 3.) nyomán. Több évszázados oklevelek, testamentumok, pápai, illetve császári rendeletek, történelmi könyvek, filmek, levelek váltak minden valószínűség szerint a keddi - még mindig megmagyarázhatatlan - katasztrófa marta-lékává, bár halvány remény van arra, hogy egy részük a romok eltakarítása után még részben megmenthető, illetve restaurálható. [...] A hatóságok [...] igyekeznek menteni azt, ami menthető. A romok eltakarítását, illetve a kutatást nehezíti a két nap óta tartó szinte szakadatlan eső, ezért az épületmaradványokat hatalmas műanyag-ponyvák-kal takarták le.”



45. A szikszói kórház a 2010. májusi esőzések okozta árvízben



46. A kölni városi levéltár az összeomlás után

TÖBB HÁTRÁNYOS TÉNYEZŐ EGYIDETŐ JELENTKEZÉSE

Egy ideiglenesnek szánt (korábban levéltári) raktárban az egyik megyei múzeum néprajzi gyűjteményének bőr-, fa- és textilanyagait helyezték el, majd ebben a helyiségben is (mikrobiológiai szennyezéssel is járó) felújítási munkákat végeztek: felbontották a padlót, átépítették az ott futó szennyvízcsatornát, az ablakokat tokkal együtt kicserélték, a körülöttük lévő falrészt újravakolták. Közben a nyitott polcokon lévő - elsősorban fa- - tárgyakat műanyag fóliával takarták le, a bőr- és textilanyagokat gondosan becsomagolva, faládákban és szekrényekben helyezték el. A relatív légnedvesség az építkezések alatt és később is hetven százalék körül volt a helyiségben. Ez, valamint a penészgombaspórák számának valószínű megemelkedése a tárgyakon, legnagyobb mértékben

a bőrtárgyakon penésztelepek, -foltok megjelenéséhez vezetett (a bőrtárgyakhoz használt kezelőszerek zsíros anyagai kiváló táplálékot biztosítottak a mikroorganizmusoknak, a nedvszívó alkotórészek - glicerin, lanolin - pedig hozzájárultak a bőr nedvességtartalmának növekedéséhez).



47. Penészfertőzés nyomai cipőn (textil)



48. Penészfertőzés nyomai táskán (bőr)



49. Penészfertőzés nyomai széken (fa)

NEDVESEN KERÜL ELŐ A MŰTÁRGY (RÉGÉSZETI FELTÁRÁS SORÁN, PÉLDÁUL TALAJBÓL, KÚTBÓL)

A gyors száradás következtében a *textil-, bőr- vagy fatárgy* károsodna, esetleg tönkremenne, ezért a kiemelés alatt és után, a szállítás során és később is, mindaddig amíg a konzerválásra-restaurálásra sor kerül, lehe-

tőleg meg kell őrizni az eredeti nedvességtartalom nagy részét. Ez viszont ahhoz vezethet, hogy a talajból származó, károsító baktériumok és a penészgombák elszaporodnak a tárgyon. Ha a restaurálást azonnal meg lehet kezdeni, nem kell egyidejűleg megoldani azt, hogy nedvesen is tartsák a műtárgyat, és ne is penészedjék meg.

A MŰTÁRGYAK TÚLZOTT NEDVESEDÉSE

A műtárgyak túlzott nedvesedése következhet be akkor is, ha a raktárban (különösen, ha nagy relatív nedvességtartalmú pincében) védeni akarják a tárgyakat az építkezés, helyreállítás, festés veszélyeitől, és *polietilénfóliával takarják le*. Ez alatt nem szellőznek, nem tudnak száradni, a nedvesség lecsapódhat rájuk, és megpenészednek.

VÉDEKEZÉS A MIKROBIOLÓGIAI KÁROSODÁSOK ELLEN

Bár a megfelelő tápanyag általában rendelkezésükre áll, a tárgyak felületére a levegőből kiüledett *gomba*-*elemek* nem kezdenek növekedni és szaporodni normál, ötven százalék körüli vagy annál kisebb RH-értékek mellett, mert alacsony relatív páratartalom esetén az anyagok nem tudnak annyi nedvességet fölvenni, amennyi a mikroorganizmus-sejtek táplálkozásához szükséges.

MEGELŐZÉS

Mint annyi más területen, a múzeumi állományvédelemben is a védekezés leghatékonyabb - és hosszabb távon biztosan legolcsóbb - módszere és eszköze a megelőzés.

A károkozó mikroorganizmusok esetében a megelőzés, a mikrobák

1. „életre kelésének” (kicsírázásának), vagyis az úgynevezett fertőzésnek,

2. az élő mikrobák szaporodásának, elterjedésének és a károsító hatás hosszú ideig való fennmaradásának megelőzését jelenti.

A fertőzés elleni megelőző védekezés leghatékonyabb eszköze a károsító mikrobiológiai ágensek növekedéséhez és szaporodásához szükséges feltételek megvonása. Ezek közül, mint azt korábban már többször hangsúlyoztuk, a kulcsfontosságú (*sine qua non*) feltétel: a szükséges mennyiségű víz jelenléte, a műtárgyak - mikrobák számára tápanyagul szolgáló - anyagaiban és a levegőben.

A mikroorganizmusok csírázása és életműködése nem indul el, ha állandó, 21 ± 3 °C hőmérsékletet és $50 \pm 5\%$ relatív légnedvességet tartanak fenn a műtárgyakat, dokumentumokat őrző vagy kiállító helyiségekben.

A megelőzés eszközeivel ezek a körülmények - legalább megközelítően - biztosíthatók és fenn tarthatók.

A megelőzés eszközei = adminisztratív intézkedések és technikai megoldások alkalmazása annak érdekében, hogy a „hétköznapi” nedvességnövekedést és a kisebb-nagyobb „vizes katasztrófákat” elkerüljék; ha pedig nem kerülhető el, akkor a károsodást megelőzzék, vagy a lehető legkisebbre mérsékeljék.

A mikrobiológiailag biztonságos műtárgykörnyezet feltételei, kialakítása és fenntartása

Védelem a tűz és a víz ellen

A tűz következményeit súlyosbíthatja az oltásra használt sok víz. Vízalapú tűzoltó rendszer tervezésénél olyan szakértő véleményét is ki kell kérni, akinek tapasztalata van a sprinkleres múzeumi, könyvtári vagy levéltári alkalmazásban. A teljes védelem érdekében a gyűjteménybe olyan, automatikusan működő tűzoltó rendszert kell telepíteni, amely működése során minimális kárt okoz a tárolt dokumentumokban. A vizes

rendszernek rendelkeznie kell egy, a víz indokolatlan kifolyására működésbe lépő riasztórendszerrel, és a kritikus pontokon szelepeket kell elhelyezni, amelyek a tűz eloltása után leállítják a víz kibocsátását.

Új épületet úgy kell terveznünk, és a kivitelezéshez az anyagokat úgy kell megválasztanunk, hogy a műtárgyakat víz ne károsíthassa. Ha a körülmények folytán a gyűjtemény vagy annak egy része alagsorba kerül, akkor például vizgátat képező terület kialakításával meg kell akadályoznunk a víz behatolását. A raktárakban (az automatikus tűzoltó rendszer vezetékének kivételével) egyáltalán nem lehet vízvezeték. Ha mégis van, csőtörés esetére a polcállványok fölött haladó vezetékek alatt helyezünk el a víz felfogására alkalmas edényeket. A szivárgás vagy a vízbefolyás megelőzésére rendszeresen *ellenőrizzünk* minden olyan helyet az épületben, ahol víz juthat ki a rendszerből, vagy bejuthat az épületbe (fűtőtestek, vízvezetékek, tetőborítás, ereszcatornák). Az állványok legalsó polca a padlótól legalább 10-15 centiméterre legyen, és nem szabad - átmenetileg sem - műtárgyakat, dokumentumokat a padlón tárolni.

A műtárgykörnyezet minőségét - összefüggésben az *épület* hőfelvételi és -leadási tulajdonságaival - objektíven mérhető, egymástól is kölcsönösen függő tényezők határozzák meg: hőmérséklet, nedvesség, megvilágítás, a belső levegő minősége. A műtárgyak tárolására alkalmas környezetről általánosságban kimondható, hogy előnyös a lehető legalacsonyabb hőmérséklet (annak megfelelő, a mikrobák

számára előnytelen RH-val), és szükséges a légcseré és a légmozgás is.

A raktár

A gyűjteményi raktárak kiválasztásánál gyakran csak az adott helyiség nagyságát veszik figyelembe, de azt nem vizsgálják, hogy a preventív állományvédelem alapvető követelményeinek megfelel-e. A mikrobiológiai biztonság szempontjából „ideális” gyűjteményi raktár fő jellemzői a következők.

- A nagyobb gyűjtemény és raktára *kisebbsé, elkülönített részekből áll*, mert így a környezeti feltételek jobban szabályozhatók. A környezeti viszonyok *szabályozását* főleg a megfelelő *építészeti tervezéssel* biztosítják, azt szükség szerinti *berendezésekkel* (kisebbsé, egy-egy helyiség légkörét szabályozó eszközökkel vagy komplett légkondicionáló rendszerrel) kiegészítve. A berendezés meghibásodását jelző riasztórendszert is alkalmaznak, mert a leállás következtében hirtelen megváltozó körülmények igen ártalmasak lehetnek. A por és a penészspórák beáramlásának megakadályozására a légkondicionált *hepaszűrőkkel* látják el.
- Vegyes anyagú gyűjtemények esetében a raktárban a hőmérséklet 20 ± 2 (18-22) °C, az RH-érték pedig 50 ± 5 (45-55) *százalék*. Hidegebb raktárban őrzött anyag esetében a raktár és a használati (kiállítás) terek közé akklimatizációs helyiség illeszkedik. Megelőzik a rövid időn belül bekövetkező nagyobb klimatikus változásokat.

- *Mérő-regisztráló eszközöket* (termohigrográfokat, adatrögzítő mérőműszereket - úgynevezett dataloggerek - vagy közvetlenül az épület számítógépes irányítórendszeréhez csatlakozó érzékelőket) helyeznek el és működtetnek, az elhelyezésnél figyelembe véve a szélsőséges pontokat (például közeli külső falak, hő- vagy ventilációs források) is.
- A raktár *berendezése* célszerű, és jól takarítható. Az állványok nincsenek közvetlenül a falak mellett. A legalsó polc a padló fölött 10-15 centiméter magasan van. Az akár rögzített, akár mozgatható raktári állványok kialakítása biztosítja a levegő szabad áramlását. Mozdítható (úgynevezett tömör raktározási) állványrendszer esetén - álló helyzetben - a levegő áramlásához öt centiméteres rést hagynak két-két állvány között, hogy közöttük ne alakuljon ki veszélyes mikroklima.
- Alkalmaznak *védő tárolóeszközöket* (például zárt mappák, tokok, dobozok, huzatok, zacskók), amelyek védik a műtárgyakat és dokumentumokat a raktározás, a használat és a szállítás során - egyéb ártalmak mellett - a porszenyezéstől, és bizonyos mértékig kiegyenlítik a változó klimatikus viszonyokat is.
- A káros mikroorganizmusok elleni védekezésésként a raktárak rendszeres *takarításával* csökkentik a mikroorganizmusok táplálékát. (A por a levegőből magába szívja, és megtartja a nedvességet, ami az anyagok nedvességtartalmát, így a penészfertőzés esélyét is növelheti.)

- Rendszeresen *ellenőrzik* az egész gyűjteményt a penészfertőzés tekintetében, a következő szempontok szerint: ha van, jól működik-e a légkondicionálás? Van-e élő penészfertőzés? (Ha kedvező a klíma és a táplálék, a penész gyorsan terjed. Sokkal gyorsabban szaporodik, mint az állati kártevők, ezért lényeges megelőzni a fölfedezését.) Megfelelő-e a tárolás? (Rendezetlen tárolás esetén sok zugban gyűlhet meg a por.)

A kiállítás

A tárlókat stabil hőmérsékletű, víztől (nedvességtől) nem veszélyeztetett helyre kell állítani. A vitrinek szigetelése biztosítsa és tartsa fenn a megfelelő környezeti körülményeket. Ha a helyiség hőmérséklete és relatív nedvességtartalma nem kielégítő, nedvességekienlítő anyagot (például előre kondicionált szilikagél) lehet benne elhelyezni.

Némi találatkónysággal és nagy szorgalommal a legtöbb esetben megfelelő körülményeket lehet teremteni a hőmérséklet, az RH és a műtárgyakat érintő higiénia területén.

- Kevésbé költségesen, központi klíma-berendezés nélkül is befolyásolhatjuk a klímát, valamint a raktári levegő cseréjét és mozgását. Például:
 - *Légcsereelő berendezéssel* az összes helyiségben biztosítható a *beállított hőmérséklet* és - a rendszer megfelelő kialakításával - a kívántos *levegőelosztás* és -mozgás. A levegő mozgásával megakadályozható, hogy egyes,

Tényező	Következmény	Teendő
Savas pH-érték, huzattal bekerülő spórák	Előmozdítják a penészfertőzés fellobbanását	A környezet savasságának csökkentése; a huzat kerülése
Fény	Függ a penész fajtájától, de általában kicsi a jelentősége	Nincs
Nedvesség (a táptalajul szolgáló anyagokban)	Ha a levegő és ennek következtében az anyagok is elég (sokáig) nedvesek, kicsíráznak a spórák. A növekedésnek már nem feltétele a nagyobb nedvesség	Az RH megengedhető felső határa 55%. Szellőztetni lehet, de figyeljünk a huzatra (spórák szétszórása!)
Hőmérséklet	Minden fajta számára megvan az ideális hőmérséklet	Amennyire lehet, alacsony hőmérséklet fenntartása
Táptalaj	A különféle szerves anyagokból álló tárgyak sokfajta penészgombának jó táptalajul szolgálnak	Az „érzékeny” tárgyak rendszeres ellenőrzése

2. táblázat: A penészgombák elleni védekezés

rosszul szellőző helyeken - az úgynevezett légszákokban - lokálisan nagyobb RH alakuljon ki. A légbefújási helyeket gondosan kell megválasztani, mivel a megakart polcok a légáram számára akadályt jelentenek. A levegő szabad mozgása érdekében az állványok oldala, teteje és háta nyitott legyen, a padló és a legalsó polc, illetve a mennyezet és a felső polcon tárolt anyag teteje között legalább 10-15 centiméter távolság legyen, a polcokon lévő tárgyak teteje és a fölöttük lévő polcok között pedig legalább öt centiméter távolság szükséges.

- A kívánatos, 45-55 százalékos relatív légnedvesség a hőmérséklet

változtatásával is elérhető: *hűtés hatására emelkedik, fűtés hatására csökken az RH-érték.*

- Ahol szükséges, egy-egy, higrosztáttal ellátott, megfelelő kapacitású párasító- és páramentesítő készüléket lehet elhelyezni: a párasítókészüléket 50 százalékra, a páramentesítőt pedig 55 százalékra beállítva, így biztosítható az 50-55 százalék közötti RH (a beállított értékek alatt és fölött a gépek ki-, bekapcsolnak).
- *Hasznos* a helyiségek minél gyakoribb és hosszabb ideig tartó *szellőztetése*, kivéve, amíg esik. Nagy nyári esők után egy-két napig nem tanácsos szellőztetni, mert akkor a külső relatív lég-

nedvesség nyolcvan-kilencven százalékos is lehet.

- *Higiénia, rend, takarítás:* a higiénia fogalmába sok minden beletartozik a raktárakkal és a kiállítóterekkel kapcsolatban: a padló, a polcok, a műtárgyak, a levegő tisztasága; a hőmérséklet, a helyiségek műszaki állapota, sőt még az épület külső falára futó növények is. Ha a klimatizáció rossz, vagy időben nem javítják ki a hibákat (például egy fűtésű apró repedését), megemelkedhet a levegő relatív nedvességtartalma. Kis nedvességemelkedés elég ahhoz, hogy elszaporodjanak a gombák, majd nyomukban a rovarok és a rágcsálók is.

A *por eltávolításával* visszahúzódnak a kártevők, ellenkező esetben egyre nagyobb számban bukkannak elő. Az állomány és a raktár portalanítására használt porszívó fordulatszáma állítható, filtere pedig úgynevezett hepaszűrő legyen, amely a 0,5-10 mikrométer méretű részecskék, így a por és a penészgombaspórák 99,9 százalékát kiszűri. Ha lehet, restaurátorral kell megbeszélni a portalanítás módját. Először a raktárhelyiség, a bútorok és a polcok portalanítását kell elvégezni. A polcok vizes tisztítására általában nincs szükség, sőt káros lehet, mert a bevitt nedvesség megemeli a relatív légnedvességet (ha szükséges, a polcok baktérium és penész elleni, semleges kémhatású fertőtlenítőszerbe mártott, enyhén nedves szivaccsal törölhetők le). Különösen nagy gondot jelenthet az

időjárás viszontagságainak kitett, fűtetlen, talajvíztől gyakran fenyegetett épületekben - például *tájházakban* - elhelyezett műtárgyak esetében a penészfertőzés megelőzése. A lehetőségek bemutatására álljon itt néhány idézet az *Alapelvek a tájházakban elhelyezett műtárgyak kezelésében* című oktatási anyagból (Gombás-Hugyecsek 2009).

„A megelőzés érdekében, a tájházakban különös figyelmet kell fordítani a fából készült épület-elemekre és a műtárgyakon kialakuló aktív károsodásokra utaló jelekre. [...] A farontó gombáknál a fiatal, fejlődő micéliumok színe általában fehér, és a gombaforma jelenléte minden esetben aktív károsodást mutat. A károsítás feltétlenül azonnali kezelést igényel, egyedi szakvélemény alapján, hogy a fertőzés ne terjedjen szét.”

„Az aktív rovar- és gombafertőzés megfigyelésének nagy szerepe van a tájházba újonnan bekerült szerves alapú műtárgyak esetében is. Fontos, hogy a fertőzött darabokat az erre a célra kialakított helyiségben azonnal elkülönítsük a többitől, és mielőbb kezdjük el a fertőtlenítésüket. Szükség esetén képzett szakember segítségét kell kérni a rovarkártevő- vagy a gombakártevő meghatározására, és a védekezés módszereinek kidolgozására.”

„Műtárgyvédelmi szabályok a tájházak takarítása és őrzése során

- Az épületen belül szűrőkkel felszerelt porszívóval, lehetőleg seprű mellőzésével kell takarítani. A porzsákokat rendszeresen üríteni, a szűrőket tisztítani és cserélni kell. Ügyelni kell rá, hogy fertőzések már korábban használt porszívókkal ne terjedjenek az éppen takarítandó területekre.
- A műtárgyak portalanítását pammútrólóval, és semmilyen esetben sem nedves ruhával végezzük!
- A földpadlós házak változó páratartalma nagy veszélyforrást jelent a műtárgyakra, ezért kerüljük a locsolást [...].
- [...] Ne nyomjuk a bútorokat közvetlenül a nedves fal mellé, és a döngölt földre helyezett bútorok alá fakockákat helyezünk, biztosítva szellőzésüket!
- A padló nedves tisztítása komoly problémákat okozhat a helyiség páratartalmában és a bútorok lábainak kopásában, nagy gondossággal kell végezni, sőt jobb teljes mértékben mellőzni. Indokolt esetben a padlótisztításnál egy jól kicsavart nedves ruhát lehet alkalmazni.
- Napos, tiszta időben gondoskodni kell a lakóházak rendszeres szellőztetéséről!”

Néhány módszer a kívánatosnál nagyobb relatív légnedvesség megszüntetésére

- *Eszközök a valamilyen okból veszélyesen megemelkedett RH-jú raktár- és egyéb helyiségek szárítására, az RH ötven százalék körüli értéken tartására, nedves helyiségek kiszárítására:*
 - páraelszívó berendezések; előnyös, ha a helyiségen kívülre lehet vezetni az elszívott párárt; egyébként állandóan gondoskodni kell a lecsapott víz ürítéséről;
 - légszárítók, amelyekkel különböző légterű, 60-80 százalékos RH-jú raktárterekben tartósan ötven százalék körüli RH-értékeket érhetünk el és tarthatunk fenn.
- *Ajánlott teendők új építésű vagy teljesen felújított épület, illetve kiszáritott vagy új raktárba (viszsa-, be-) költöztetendő gyűjtemény esetén:*
 - A gyűjtemény be-, illetve visszaköltöztetése előtt az épület, illetve a raktár teljes kiszárítása (légszárítókkal gyorsítható).
 - A hőmérséklet és az RH stabilizálódásának ellenőrzése egy hónapig végzett mérésekkel (az eredmények rögzítésével és megőrzésével) a raktár több „kritikus” pontján.
 - A beköltözés után egy éven át az értékek leolvasása és rögzítése naponta legalább egyszer az összes mérőhelyen (kényelmesebb és megbízhatóbb, ha adattároló műszereket helyezhetünk ki). Ezzel egyidejűleg figyeljük a falak állapotát (az esetleges nedvese-

désre utaló jelek - foltok, lemálás, penész - megjelenését), valamint - hatvan százalék fölötti RH és 23 °C fölötti hőmérséklet néhány, egymás utáni napon való együttes előfordulása esetén - a tárgyakat a penészfoltok megjelenése szempontjából!

- Néhány lehetőség meglévő helyiségek felújítása esetén a száradás és a száraz állapot fenntartásának elősegítésére:

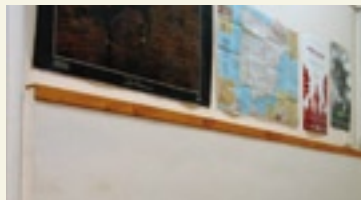
- A beton - a benne lévő cement révén - elzárja a nedvesség útját, és nem tud kiszáradni, ha alatta nedvesedés történik. A padló újrabetonozása esetén jó megoldás, ha a beton nem ér a falig, hanem a fal és a betonpadló között egy betonozatlan sávot hagynak, amit légáteresztő kavicsal szórnak föl.
- A vakolatban is cement van, ami vízzáró; ezért a falról le lehet verni a vakolatot, és nem vakolni újra, csak lemeszelní (a mész azért is előnyös, mert megköti a savas gázokat).
- A nedves falfelület és az elé épített gipszkarton fal közötti légáramlás elpárologhat a káros, főleg nedvesség (a fal így anélkül tud kiszáradni, hogy megpenészedne).

- Utólagos falszigetelés

A talajvíztől nedvesedő (gyakran alagsori) helyiségek nem alkalmasak műtárgyak és dokumentumok raktározására. A helyiség tartós (végleges) kiszáritása csak akkor lehetséges, ha a falakban a nedvesség utánpótlása megszűnik, azaz ha



50. Alagsori raktár vakolatlan, meszelt fala (Néprajzi Múzeum)



51. Légrés a nedves falfelület és a gipszkarton fal között (Néprajzi Múzeum, fotólabor)

elszigetelik a talajvíztől a falakat, melyek megfelelő technológia alkalmazásával utólag is szigetelhetők. Ennek megtörténtével a helyiség szellőztetéssel kiszáritható (ha van megfelelő számú és elhelyezkedésű, nyitható ablak). Ha a szellőztetés nem lehetséges vagy nem elegendő, akkor bérelhető szárítóberendezést lehet beállítani.

Figyelem! Védőtakaráshoz, -csomagoláshoz (akár alkalmilag a raktárban, akár szállításhoz) - ha nem kimondottan a levegőtől való elszigetelés, a száradás késleltetése a cél - nem ajánlott a levegőt át nem eresztő műanyag - például polietilén- - fólia használata.

„Lélegző” és lélegezni hagyó anyagok, például agrofólia, vetex, egyéb nem szőtt polieszterszövetek használhatók, vagy - egyes esetekben - megfelelő vastagságú és erősségű papír.

Katasztrófák; katasztrófaterv készítése a fertőzés megelőzése és a károk csökkentése érdekében

Váratlan, a gyűjteményt káros hatással fenyegető kisebb-nagyobb eseményekre való gyors és hatékony reagálás, valamint a bekövetkező károk csökkentése érdekében ajánlatos úgynevezett katasztrófaterv készítése. A katasztrófaterv három, jól megkülönböztethető szakaszban követendő eljárásokat határoz meg:

- teendők és intézkedések egyes, váratlan események bekövetkezésének megelőzésére;
- rendelkezések, amelyek a gyűjtemények lehető legjobb védelmét biztosítják abban az esetben, ha mégis bekövetkezik az elemi csapás vagy más katasztrófa;
- teendők és intézkedések arra, hogy a károsodott dokumentumok - állapotuk stabilizálása érdekében - a lehető leggyorsabban a megfelelő kezelésben részesüljenek.

A katasztrófaterv elkészítése előtt, a különböző katasztrófa-lehetőségek *kockázatának vizsgálata és értékelése* során tekintsük át, milyen elemi csapások mekkora valószínűséggel következhetnek be, és becsüljük meg, hogy ezek milyen következményekkel járhatnak az intézményre nézve!

Valószínűleg sokféle szerencsétlenség, elemi csapás és kár lehetségre merül

föl. Egy nagyobb földrengés például súlyos következményekkel járhat bármely gyűjteményre nézve. Annak valószínűsége azonban, hogy egy nagyobb földrengés Magyarországon bekövetkezik, elég csekély, ezért ezt a veszélyt csak kismértékben kell figyelembe vennünk. Annak lehetősége viszont, hogy erős fagy esetén a vízvezetékek elfagynak és megrepednek, és ezáltal vízkár keletkezik, meglehetősen nagy, következményei is súlyosak lehetnek. A kockázatvizsgálat eredményei alapján meghatározhatók azok az intézkedések, amelyekkel a kockázat a lehető legkisebbre csökkenthető, és így megakadályozható a katasztrófa, vagy mérsékelhető annak nagysága. Az említett esetben például szigetelhetik az épületet, hogy ezáltal csökkenjen a vezetékek elfagyásának kockázata. Érzékelőberendezések felszerelésével, az épület állapotát felmérő, rendszeres bejárásokkal, a szükséges karbantartás elvégzésével és a veszély esetén használható anyag- és eszközkészlet beszerzésével tehetünk eleget a megelőzés követelményeinek.

A kockázati tényezők minimalizálása mellett átgondolandó, mi történik, ha mégis bekövetkezik egy katasztrófa. A katasztrófaterv rögzítse, kit kell értesíteni, ki az, aki megállapítja, mi történt, valamint világos és áttekinthető utasítás legyen a tervben arra nézve, hogy milyen katasztrófahelyzetben kit kell értesíteni (például az intézmény vagy a válságstáb vezetőjét), és hol lehet őt elérni. A katasztrófaterv második része meghatározza, mi a teendője a riasztáskor értesített személyeknek. *Nemcsak azt kell megadni,*

amit meg kell tenni, hanem azt is, amit semmiképpen sem szabad, sőt tanácsos ez utóbbiakkal kezdeni, mert az emberek általában nem olvassák végig az utasításokat. Készüljön jegyzék azoknak a külső személyeknek és eszközökölcsönző, költöztető-, mélyhűtő stb. cégeknek a címéről és telefonszámáról, amelyek katasztrófa-helyzetben segítséget nyújthatnak.

Teendők vizes katasztrófa esetén; mit kell, és mit nem szabad tenni?

Ahhoz, hogy katasztrófa-helyzetben hatékonyan járassunk el, célszerű az azonnal szükséges *eszközöket és anyagokat* egy vagy több, könnyen megközelíthető helyen, *készenléten* tartani. A készlet megléte védelmet biztosít, és gyors beavatkozást tesz lehetővé, valamint arra is szolgál, hogy a műtárgyakat gyorsan lehessen menekíteni, vagy átszállítani oda, ahol a kezelésre sor kerül. Néhány szükséges eszköz és anyag: műanyag rekeszek, a szállításhoz dobozok és kocsik, takaró fólia, ragasztószalag, vízálló tollak, gumikesztyűk, szájmaszkok, vödörök és felmosóeszközök, ventilátorok, szárításra alkalmas, szívóképes anyagok.



52. Szívóanyag behelyezése műnyomó papírra nyomott kötetbe

Szárítás

Vízkar esetében *gyors* cselekvéssel, *szárítással elejét lehet venni* a penészgombák és baktériumok miatt fellépő károsodásnak.

- Az átázott, nedves anyagot tartalmazó *helyiségben* minden eszközzel (szellőztetés, ventiláció + szellőztetés, nedvességszívó anyagok és berendezések alkalmazása) törekedjünk arra, hogy az RH értéke ne emelkedjék ötven százalék fölé, és a hőmérséklet ne legyen 20 °C-nál magasabb. Fűteni csak kimondottan hideg helyiségben, állandó légkeverés és szellőztetés mellett szabad!
- A *nedves tárgyak* hőmérséklete polietilénzacskóban közéjük helyezett jéggel vagy szárazjéggel közvetlenül is csökkenthető. A nedves anyagokból a vizet kézzel nyomjuk ki, de ha lehet, ne tegyük őket egymásra, és az esetleges penészt ne próbáljuk meg eltávolítani róluk, mert a porózus anyagokba beledörzsölhetjük. A *vizes könyvek* kinyitását nem szabad erőltetni; a *műnyomó papíron* lévő folyóiratot, könyvet azonban meg kell kísérelni lapjaira kinyitni, és a lapok közé helyezett szívóképes anyaggal megszárítani, mert ha ez időben nem történik meg, akkor az ilyen kötet lapjai végérvényesen összetapadnak.
- A *szárítást* lehetőleg külön erre a célra kiszárított helyiségben végezzük; a tárgyak anyaga, szerkezete és formája szabja meg a szárítás módját és kívánatos sebességét. *Kötött könyveket* például célszerű táblájuk alsó élére állítani, a könyvtestet pedig legeztesen kinyitni; puha fedelű könyveket lefektetve vagy megtámasztva

lehet kezelni. A szárítás alatt a helyiségben állandó szellőztetésre vagy nedvesség elszívásra, ventilációra és - ősztől tavaszig - fűtésre van szükség, valamint mérni kell a hőmérséklet és az RH értékét. A szárítófelületeket polietilénfóliával és (például Preventol ON) fertőtlenítőszerrel át-itatott itatós- vagy (nyomatlan) újságpapírral kell bevonni, hogy száradás közben ne induljon meg a penészedés. Amikor már csak kissé nedvesek a lapok, tíz-húsz laponként egy-egy szívópapírt vagy -kendőt tegyünk a könyvekbe, és enyhe súllyal lennehezítve, a szárítópapírokat és elhelyezésüket szükség szerint cserélve szárítsuk ki a lapokat.



53. Nedves könyvek szárítása

Fagyasztás, fagyasztva szárítás

A nedves anyag mennyiségének és a szárítókapacitásnak (a szárítás sebességének) arányban kell állnia egymással, mivel az élő penész - a körülményektől függően - kettő-négy nap múlva megjelenhet a nedves anyagokon. Ha előre látható, hogy ennyi idő alatt nem lehet megszáritani a nagyobb mennyiségű anyagot vagy egy részét, akkor a penész csírázását és

növekedését a nedves anyag *gyorsfagyasztásával* lehet *megelőzni*, amennyiben az illető anyagot nem vagy csak kismértékben károsítják a keletkező apró jégkristályok. Ha a fagyasztás $-30-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ közé, hirtelen lehűtessel történik, akkor apró jégkristályok keletkeznek, amelyek nem károsítják a papírban lévő cellulózt és a bőrféhréjk szerkezetét; ugyanakkor például a fát rongálják. Az átázott vagy nedves tárgyakat egyenként, külön-külön műanyag mélyhűtő zacskókba tesszük (ha szükséges és lehet, a deformáció elkerülésére lássuk el megfelelő rögzítéssel), és minél gyorsabban szállítsuk el mélyhűtésre. Ahol a mélyhűtést végzik, ott gyakran vállalják a fagyasztott anyag bértárolását is addig, amíg sor kerülhet az úgynevezett *fagyasztva szárításra*. Ennek során a jégkristályok közvetlenül vízgőzzé alakulnak (szublimáció); a vízgőzt eltávolítják a környezetből. Az eljárás hátránya, hogy az anyagok természetes víztartalmát is elvonja; ezt azonban a szárítás után, normális nedvességtartalmú helyiségben való akklimatizációval újra visszanyerik.



54. Elázott, gyorsfagyasztott újságkötetek behelyezése a fagyasztva szárító berendezésbe

TEENDŐK ÉLŐ PENÉSZ MEGJELENÉSE ESETÉN

A penészfertőzés és a fertőtlenítés
A nagyszámú penészgombafajjal szemben a penészedés megelőzésére *nincs egyféle optimális klíma*. Ennek oka az is, hogy a penészcspórák hosszú ideig képesek „nyugalmi állapotban” lenni anélkül, hogy életképességüket elveszítenék; a levegőben könnyen változtatják helyüket, így a huzattal sok spóra kerülhet be. A penészgombák többsége *hetvenszázalékos RH fölött* kezd kicsírázni: ilyen relatív páratartalom mellett lehet annyi nedvesség a műtárgyak anyagaiban, amennyire a penészgombáknak szükségük van. A mikroorganizmusok 5-60 °C között képesek fejlődni; *optimális a 15-30 °C*. A kicsírázott spórából a szálas hifa nő ki, a hifák alkotják a többnyire szintelen, nehezen észrevehető micéliumot, amelyen már egy nap elteltével *változatos színű és formájú termőtestek* kezdenek képződni. A termőtestek is hifákat, azok ismét spórákat hoznak létre, és folytatódik a gyors szaporodás és növekedés.

Teendők élő penészfertőzés esetén

Az újonnan beérkező műtárgyakat gondosan vizsgáljuk át, nincs-e rajtuk friss rovar- és penészfertőzés! Ehhez egy külön e célra állandó jelleggel kijelölt, az állománytól biztonságos távolságban lévő helyiségre van szükség.

Néha lehetőség van arra, hogy a *raktárban* végezzék el a kezdődő penészgomba-fertőzés megállításához szükséges teendőket. Ennek hosszabb

távon csak akkor van értelme, ha egyidejűleg az RH megnövekedéséhez vezető okot is megszüntetik.

A Néprajzi Múzeum alagsori raktárában a talajvíz felszivódása a falban magas (70-80 százalék közti) RH-értékeket hozott létre. A kezdődő penészfertőzés megállítására és a további penészedés megelőzésére *víz-etanol-timol tartalmú oldatot* permeteztek a *fa-, háncs-, vessző- és sástárgyakra*, valamint a *falra*, illetve letörölték a tárgyakat ezzel az oldattal. A helyiséget páraelszívóval kiszáritották, a talajvíz-utánpótlás később megszűnt.

A penészgombával *fertőzött anyagot*, amilyen gyorsan csak lehet, *el kell távolítani a raktárból*, hogy a fertőzés - a spórák szétszóródása által - ne terjedhessen tovább. A penészgombák a legyengült immunrendszerű ember számára is veszélyt jelentenek, ezért a penészes anyaggal nagyon körültekintően kell bánni. A fertőzött tárgya(ka)t nem szabad sokat mozgatni, hanem fehér pamut *védőruhát, gumikesztyűt* és az igen finom port és a penészcspórákat is szűrő, *P3 jelű szájmaszkot* viselve, ott helyben, óvatosan, lassú mozdulatokkal dolgozva, polietilénzacskóba, zsákba kell tenni.

A *fertőzött tárgyak egyedi kezelését* - a tárgy állapotától függően - *restaurátor* vagy restaurátor által *betanított kezelő* végezheti.

Az élő penészmicéliumokat, termőtesteket hordozó tárgyat száraz levegőjű, elkülönített, nyugodt helyen (például vegyi fülkében) először hagyjuk kiszáradni. A nedvességtartalom csökkenésével a penészgomba növekedése megáll, a telep „kiszárad”, és mechanikus úton *eltávolítható*. Erre a célra legcélszerűbb és legbiztonságosabb a hepaszűrős porszívó használata. Ha ez a tárgy jellege, mérete, állapota miatt nem lehetséges, akkor lehet ecsettel lesöpörni, vigyázva arra, hogy a penészmaradványok ne kerüljenek a helyiség levegőjébe (lehetőleg elszívó-, vegyi fülkében végezzük ezt a munkát). Ha erre nincs mód, például néprajzi, történeti tárgybegyűjtéskor, vagy ha elhanyagolt kiállítóterek, raktárak rendezésekor nincs lehetőség kereszthuzatra, helyi elszívásra, akkor különösen fontos az egyéni védőeszközök, maszkok alkalmazása. Jó megoldás, ha a szabadban felállított munkasztalokon végzik a fertőzött tárgyak tisztogatását, fertőtlenítését.

A *kötött könyvek* penészedése gyakran a természetes ragasztótartalmú kötéselemeknél és anyagokon, például az enyvvel kent gerincen vagy a keményítős kikészítésű könyvkötő vászonnál kezdődik. Vászonnkötésű könyvek gerincét - látható penészmaradványok, foltok esetén - *hetven-százalékos etilalkoholba mártott és kicsavart vattával* töröljük át fertőtlenítés és tisztítás céljából. Ennek elvégzése esztétikai és egészségvédelmi célból egyaránt tanácsos. *Papírhoz, pergamenhez, bőrhöz, könyv-*



55. Könyvekből penészmaradványok eltávolítása söprésrel, a formaldehides fertőtlenítés után



56. Bútorok fertőtlenítése a szabadban, 0,5 százalékos Nipagin (p-oxi-benzoészav-metilészter) oldattal és etilalkoholos áttöréssel

kötő vászonhoz és más textíliákhoz használható a vízben rosszabbul, etanolban és izopropanolban jól oldódó, *Preventol ON extra* nevű anyag (nátrium-ortofenil-fenolát) is, amely baktérium-, sugárgomba- és penészölő, és megelőző védelmet is nyújt.

Fa, kerámia és minden más olyan anyag esetén, amelyek elviselik, ha lúgos kémhatású szerrel kezelik, lehet fertőtlenítésre kvaterner ammónium-sók igen híg (1000-2000-szeres hígítású, vizes vagy alkoholos) oldatát használni. Ilyen például a *Sterogenol* (cetil-piridinium-bromid), a *Nitrogenol* (hexadecil-piridinium-bromid) vagy az *Incidin* (glucoprotamin).

Bőrtárgyak fertőtlenítésére lúgos oldat nem használható. Kíméletes kiszáritás után a szilárd maradékok eltávolítása hepaszűrős porszívóval, ecsettel történik. Ezt követi az áttörítés hetven-

százalékos etanolal; ha pedig - első sorban régészeti bőrök esetében - a bőrből higroszkópos kezelőanyag is kerül, akkor megelőzőképpen Preventol ON-t lehet az etanolhoz tenni.

Festmények esetében sem használnak általában vegyszereket; az alkalmazott módszer a kiszáritást és a penésztelepek maradványainak fizikai eltávolítását (söprés, porszívózás) foglalja magában.

Teendők nagyobb mennyiségű könyv vagy egyéb műtárgy fertőzése esetén

- Ha van, a légkondicionálás leállítását mindaddig, amíg a raktárhelyiség fertőzött.
- A fertőzés kiterjedésének meghatározása és korlátozása. Ha lokális problémáról van szó, akkor a gócot és fertőzött környékét el kell szigetelni. A lezárás a padlótól a mennyezetig lehetőleg légmentesen kifestített és rögzített műanyag fóliával történjék.
- Ha szükséges, a fertőzött anyag előkészítése szállításra.
- A fertőzött anyag elszállítása, fertőtlenítés, közben a raktár fertőtlenítése és takarítása. Az épületből kivezető út a lehető legrövidebb és mindig ugyanaz legyen. Célszerű az egész belső szállítási utat műanyag fóliával elszigetelni a környezetétől.
- A fertőzést előidéző nedvességnövekedés okának megkeresése és elhárítása; szükség esetén a raktár kiszáritása.
- A visszaérkezett anyag szellőztetése, tisztítása és visszahelyezése a polcokra.



57-58. Penészkárt szenvedett tarisznya fertőtlenítés-tisztítás előtt és után

- A légkondicionáló fertőtlenítése és beüzemelése.

Tömeges fertőtlenítésre használható (?) anyagok és eljárások

A micélium a tárgy letörlésével eltávolítható, a tárgyak belsejébe is behatoló hifák azonban nem; ezért sokszor nem elég, ha a tárgyat letörlük. A spórák elpusztítására néhány módszer ismeretes, azonban - részben egészségügyi okokból, részben műtárgykárosító hatásuk miatt - egyik sem teljesen biztonságos.

- Régebben a gáznemű *formaldehidet* használták; spóraölő képessége azonban nem százszázalékos, egyes anyagokba nem hatol eléggé be, árt a pergamennek, és karcinogénnek találták; (élelmiszeripari) növények fertőtlenítésére már nem is lehet használni. Ennek ellenére zárt műanyag zacskókban elhelyezett paraformaldehid tabletták formájában még használják műtárgyak és dokumentumok fertőtlenítésére. A tablettákból felszabadul a formaldehid; több napig hagyják hatni, majd ki-

szellőztetik, és esetleg egyéb, alkoholos vagy Preventol oldatos kezelést is alkalmaznak.

- Az *etilén-oxid*-gáz (szén-dioxiddal keverve) nagyon hatásos, és nem vagy alig károsítja a műtárgyak anyagait. Hátránya azonban, hogy a különböző anyagok az etilén-oxidot magukba szívják, megkötik, és néha több hónapig tart, amíg leadják. Tömeges kezelés esetén ez azt jelenti, hogy kisebb-nagyobb mennyiségben hónapokig terjenghet a raktárban az etilén-oxid. Mivel ez a gáz rákkeltő, csak szigorú óvintézkedések mellett lehet alkalmazni (az USA-ban és egyes nyugat-európai országokban használatát be is tiltották). *Fertőtlenítés után* az anyagot még a gázkamrában *több-
ször át kell szellőztetni, majd hosszabb időre, jól szellőztethető helyiségben kell elhelyezni*. Az ÁNTSZ-szel elvégzett vizsgálat eredménye azt mutatta, hogy az így fertőtlenített könyvek hat hónap után gyakorlatilag már nem bocsátottak ki etilén-oxidot.

- Több országban (például Hollandia) a spórákat *gamma-sugarakkal* való besugárzással pusztítják el. A gamma-sugarak kisebb-nagyobb mértékben károsíthatják a kezelt anyagokat is.

A gamma-sugarak nagyenergiájú elektromágneses sugarak, nagy áthatoló-képességgel, amelyek alkalmasak arra, hogy a mikroorganizmusokat, így a penészgombákat és a baktériumokat elpusztítsák azáltal, hogy megsemmisítik az életfontosságú molekulákat.



59. Fertőtlenítés formaldehiddel

Hasonlóak az UV-sugarakhoz, de sokkal nagyobb energiával rendelkeznek. A sugarakat többnyire kobaltforrás (^{60}Co) bocsátja ki, amely habár maga radioaktív, a sugárkezelt anyagot nem teszi radioaktívvá. A gamma-sugárzással való kezelést külső iparvállalatok végzik; többek között kórházi és laboratóriumi berendezések sterilizálására és kozmetikai cikkek, mezőgazdasági termékek, valamint bizonyos élelmiszerek fertőtlenítésére használják. Mivel a gamma-sugarak nagy áthatolóképesseggel rendelkeznek, egyidejűleg nagy mennyiségű anyagot lehet saját csomagolóanyagában fertőtleníteni. Ezáltal a kezelés költségei viszonylag alacsonyak. A kezelés nagyon hatékony, kevés időt vesz igénybe, és - amennyire ez ismeretes - nem marad vissza káros anyag a kezelt tárgyakban. Egy nagy hátránya van: kísérlet igazolta, hogy a papír nagyon érzékeny a gamma-sugarakra. A cellulóz kötése felszakadnak, ami a

papír öregedését gyorsítja (egy 10 kGy [kiloGray] sugárzással végrehajtott kezelés legalább ötven százalékkal meggyorsítja az öregedési folyamatot). Ezenkívül a károsító hatások összeadódnak, és minden következő kezelés tovább gyorsítja az öregedési folyamatot. Ezért a gamma-sugárzást csak végső megoldásként és egyetlen egyszer alkalmazhatjuk.

A tömeges fertőtlenítés után a penészmaradványoktól *meg kell tisztítani* a műtárgyakat, köteteket, dobozokat, éppen úgy, mintha egyedileg kezelték volna őket.

Sem az etilén-oxid-gáz, sem a besugárzás nem biztosít tartós védelmet. Ezért, valamint az egészségügyi és műtárgykárosító kockázatok miatt *a penész elleni védekezés legfontosabb eszköze az, ha a gyűjteményeket olyan klimatikus és higiénés körülmények között tárolják, hogy lehetetlen legyen a penészgombák csírázása, életműködése és elterjedése.*

NEM HELL MINDIG, MINDENT FERTŐTLENÍTENI!

Az 1990-es évek első felében, a Magyar Országos Levéltár egyik alagsori raktárában körülbelül tízezer mikrofilmtekercsből 308 tekercs nagymértékű penészkárt szenvedett. A többi tekercs dobozán is megjelentek a penészfertőzés jelei, és feltételezhető volt, hogy a filmekben is a szokásosnál több spóra van. A penészgombák csak azokon a polcokon keltek életre, amelyeket egy nedves fal közelében helyeztek el.

A fertőzés észlelése után megtett intézkedéseknek két célja volt:

- a falnedvesedés pontos okának megállapítása, majd a veszélyforrás megszüntetése;
- a mikrofilmek további károsodásának megelőzése, és állapotuk javítása oly mértékben, amennyire lehetséges.

Megállapították, hogy a fal nedvesedését egy megrepedt, föld alatti esővízelvezető csatorna okozta, amelyből a víz be tudott szivárogni a falba. A raktárban nem volt sem szellőzés, sem mérőműszerek. Az RH - valószínűleg tartósan - nyolcvan százalék fölé emelkedett, a penészfertőzést pedig csak hosszabb idő után vették észre.

A teendők meghatározása során a legnagyobb gondot a „fertőtleníteni vagy nem fertőtleníteni?” dilemma okozta. A szakirodalomból, elismert bel- és külföldi restaurátorműhelyektől, kutatóktól és filmmegőrzéssel foglalkozó intézményektől összegyűjtött információk és tanácsok alapján a levéltár állományvédelmi szakemberei úgy döntöttek, hogy a filmeket semmilyen fertőtlenítőszerrel nem kezelik. Döntésük legfőbb indoka az volt, hogy a szoba jöhető fertőtlenítő- és/vagy tisztítószeres és -módszerek mindegyike károsíthatja a filmet vagy/és az emberi egészséget, ugyanakkor nem nyújtanak védelmet újabb fertőzéssel szemben, sőt - a sterilítás miatt - növelik a könnyű újrafertőződés esélyét. A kétségtelenül leghatékonyabb etilén-oxid-gáz a film anyagaihoz különösen erősen kötődik, ezért - alkalmazása esetén - a tekercek rendkívül hosszú ideig bocsátottak volna ki magukból rákkeltő hatásúnak tartott etilén-oxidot.

A penészfertőzés megállítására alkalmazott módszer a következő volt. A fertőzés észlelése után az összes mikrofilmet kivették a raktárból; a körülbelül tízezer filmtekercs penészes dobozait -

másik, száraz helyiségbe való átszállítással egyidejűleg - új dobozokra cserélték. A repedt csöveket kicserélték, a falat a vakolathoz kevert speciális szigetelőanyaggal kezelték, a polcokat pedig áthelyezték a faltól távolabbra. Fertőtlenítőszeres tisztítás után a raktárt és a polcokat teljesen kiszárították, majd a klímát hosszabb ideig ellenőrizték.

Ezalatt a komolyan károsodott 308 tekercset átmásolták, és megsemmisítették. A többi tekercset a dobozokban egymáson lazán elhelyezve, állandó ventiláció és ellenőrzés mellett, szobahőmérsékleten, lassan (két hónap alatt) kiszárították. A filmtekercseket csak akkor tették vissza a raktárban a polcokra, amikor a klíma teljesen stabilnak mutatkozott. Arról is gondoskodtak, hogy ezek után már folyamatosan mérjék a hőmérséklet- és relatívleghétnedvesség-értékeket, hogy azonnal észleljék, ha ismét rendellenesség mutatkozná.

(Összefoglalás Albrechtné Kunsze-ri Gabriella előadása alapján.)

„Mivel a szakemberek a koronázási paláston tényleges gombanövekedést nem észleltek, fungicid anyaggal vagy gázzal végzett csíramentesítést nem tartottak szükségesnek. A biológiai korrózió elkerülésére a megfelelő klimatikus feltételek szigorú betartását javasolták. A munkacsoport megkönnyebbüléssel vette a biológus szakemberek véleményét és tanácsát, hogy a spórák kicsírázásának elkerülésére az állandó, 15-18 °C hőmérséklet és az 55-60% közötti relatív léghétnedvesség biztosítása elegendő védelmet nyújt.”

(Eckné Nagy Katalin)

ÖSSZEGZÉS: INTEGRÁLT VÉDEKEZÉS A PENÉSZ ELLEN

A nemzeti közgyűjteményeket (MNM, OSZK, MOL), a Múzeumi Állományvédelmi Bizottságot és a fertőtlenítéssel, restaurálással foglalkozó vállalkozásokat rendszeresen megkeresik a gyűjteményekben előforduló penész-problémákkal. A fenntartóknak egyszerű fertőtlenítési módszerre volna szükségük. Az ajánlott megoldások azonban többnyire sok időt és pénzt emésztene fel. A rendelkezésünkre álló tömeges fertőtlenítési eljárások (etilén-oxid, esetleg a gamma-sugárzás) károsak lehetnek az egészségre és/vagy a műtárgyak anyagaira nézve. A tüneti kezelés tehát hibás megoldás. A penésszel kapcsolatos gondok szinte minden esetben a rossz tárolási körülményekkel, valamilyen váratlan, vizes „balesettel” vagy elemi csapással függenek össze. A fertőtlenítés mint a penészfertőzés ellen alkalmazott módszer helyett a tárolási körülményeken kell javítani annak megakadályozására, hogy a fertőzés rövid időn belül ismét jelentkezzen. Ha az ezzel kapcsolatos rendszabályokat idejében bevezetnék, valószínűleg fel sem merülne a probléma.

A penész észlelése gyakran pánikot vált ki a gyűjtemények fenntartóiban, és azt a reakciót, hogy amilyen gyorsan csak lehet, fertőtlenítsék az egész állományt. Ez azonban számos nehézségbe ütközik. Először is az egész gyűjtemény fertőtlenítése nagyon sok munkát jelent, aminek egy része fölösleges, mert legtöbbször nem fertő-

zódott meg az összes műtárgy és dokumentum. Másodszor nem sok módszer van a penészes műtárgyak általános fertőtlenítésére (ráadásul a különböző anyagok és tárgyak számára más-más anyag vagy eljárás lehet károsító vagy használható). Vannak olyan, takarító- és fertőtlenítővállalatok által használt gázok, amelyek a rovarokat és a baktériumokat ugyan elpusztítják, de a penészgombákat nem. Végül egy fertőtlenítő kezelés összköltsége (becsomagolás, szállítás, kezelés, tisztítás, visszahelyezés) jelentős.

A műtárgyak és dokumentumok penésztől való megszabadítására a legalkalmasabb módszer a penész szárazon, mechanikus úton történő eltávolítása. Ezáltal ugyan nem pusztulnak el a penészpórák, de a maradványok eltávolításával minimálisra csökkenthető egy újabb penésznövekedés lehetősége, amennyiben megfelelő tárolási körülmények közé helyezik vissza a tárgyakat. Ennek a módszernek alig vannak negatív hatásai az anyagra nézve, és a kezelés házon belül elvégezhető. Az eljárás munkaigényesnek tűnik ugyan, de mindent összevéve ez csak kis részét teszi ki annak a folyamatnak, amit egy, a penészt elpusztító fertőtlenítő kezelés jelent. A penész elpusztítása után a kezelt műtárgyakat és dokumentumokat éppúgy meg kell tisztítani, vagyis a mechanikus módszer nem igényel extra munkát. Ráadásul

csak azokat a darabokat kell megtisztítani a penésztől, amelyek valóban fertőzöttek.

A penészfertőzés előfordulási kockázatának minimálisra csökkentése érdekében a *penész elleni integrált védekezés* módszerét alkalmazhatjuk. Ha az összes megelőző módszer alkalmazása ellenére valahol mégis penészfertőzés lépne fel, akkor az anyag számára biztonságos kezelés elvégzését javasolhatjuk. A radikális (tömeges) kezelés mint végső megoldás jöhet csak szóba.

Az integrált védekezés öt, egymást logikusan követő *lépésből* áll. Az integrált eljárás sikeres alkalmazása érdekében fontos, hogy a *koordinálás* feladata *egyetlen személy* kezében legyen, aki jogosult arra, hogy rendszabályokat állapítson meg. Ezenkívül mindenkinek, aki a gyűjtemény gondozásáért és használatáért felelős, tisztában kell lennie a követendő munkamódszerrel. Ugyancsak szükség van arra, hogy a személyzet többi tagjával és a külső partnerekkel is - mint például a takarítók és a karbantartók - egyértelműen megállapodjanak. Először azt gondolhatják, hogy a penész elleni integrált védekezés többletmunkát jelent. A gyakorlatban azonban azt a munkát lehet csökkenteni, amelyre szükség volna egy penésszel fertőzött gyűjtemény fertőtlenítése esetén, és amit annak érdekében végeznének, hogy a személyzet számára egészségesebb munkakörülményeket teremtsenek. Ugyanakkor a gyűjtemény sem károsodik (a/z esetleg több-

ször megismételt) fertőtlenítés következtében.

Az integrált védekezés alapja az a megállapítás, hogy a hatvanszázalékosnál kisebb relatív légnedvesség fenntartása a legeredményesebb módszer a penésznövekedés megakadályozására.

AZ INTEGRÁLT VÉDEKEZÉS LÉPÉSEI

1. A penészgombák növekedése számára kedvezőtlen környezet kialakítása

Tartsa a relatív páratartalmat hatvan százalék alatt! Folyamatosan mérje, és - valamilyen módon - regisztrálja a páratartalmat és a hőmérsékletet! Gondoskodjék megfelelő légmozgásról és levegőcseréről.

Fontos annak megakadályozása, hogy a raktár bármely részében káros mikroklíma alakulhasson ki.

Tartsa a helyiséget tisztán és pormentesen!

2. A penészgombák kizárása (annak megakadályozása, hogy penész kerüljön a helyiségbe)

Állapítsa meg, hogy hol kerülhet penész az épületbe, és hozza meg a megfelelő ellenintézkedéseket!

Ellenőrizze és cserélje rendszeresen a szellőzőberendezések szűrőit!

Tisztítsa rendszeresen a szellőzőberendezések csöveit, hőcserélőit és cseptálcáit!

Ellenőrizze a beérkező tárgyakat és dokumentumokat a penészfertőzöttség szempontjából.

Helyezze a gyanús anyagot karanténba (zárt dobozba, műanyag zacskóba); különítse el és kezelje a fertőzött anyagot!

Ellenőrizze, hogy a gyanús anyagon mutatkozik-e penésznövekedés; ha nem: tisztítsa meg, és helyezze el a gyűjteményben; ha igen: különítse el, és kezelje!

3. A fertőzöttség megállapítása

Vizsgálja meg szűrőpróba-szerűen a penészfertőzés jelei szempontjából a raktárban található műtárgyakat és dokumentumokat!

Vizsgálja meg a kutatóknak, olvasóknak, más használóknak kiadott tárgyakat és dokumentumokat; kérje meg a felhasználókat, jelezzék, ha szokatlan foltokat észlelnek!

Ellenőrizze rendszeresen a gyűjtemény őrzőhelyét!

Állapítsa meg, hogy a talált károsodás, „bolyhos” elváltozás vagy foltok penésztől származnak-e; ha nem: tisztítsa meg, és helyezze vissza az anyagot a gyűjteménybe; ha igen: vegyen mintát a penészből, és különítse el a tárgyat!

Minden észrevételt jegyezzen fel egy esetenaplóban!

4. A szétterjedés megakadályozása és a fertőtlenítés

Ha szükséges, kapcsolja ki a szellőzőberendezést!

Határozza meg az összes fertőzött tárgy/dokumentum helyét!

Vegyen mintát a penészből egy alka-

lomadtán elvégzendő fajtameghatározás végett!

Különítse el a fertőzött tárgyakat!

- Elemi csapás esetén bizonyos nedves anyagokat (például papírt) lehűthet -20°C -ra. Ez fékezi a penésznövekedést, de nem pusztítja el a spórákat.
- Nagy fertőzés esetén a raktár egy részét léckeretre feszített mezőgazdasági műanyag fóliából készült sátorral elzárhatja a gyűjtemény többi részétől.

Szállítsa át a fertőzött tárgyakat a kezelőhelyiségbe!

- Vegye elejét annak, hogy a penésspórák a kezelőhelyiségbe való szállítás során szétterjedjenek!

Ellenőrizze, hogy a penész aktív-e!

- Az aktívan növekvő penész feltja általában lágy és nedves küllemű, eltérően az inaktív penésztől, amely gyakran száraz és porszerű. Az aktív penész ellen azonnal védekezni kell; annak veszélye, hogy a fertőzés szétterjed a levéltár többi részében, inaktív penész esetében sokkal kisebb.

Állapítsa meg a penészedés okát, és szüntesse meg!

- Állapítsa meg, hogy van-e valahol nedvességforrás! Túl magas a relatív páratartalom, vagy emelkedett a közelmúltban? Szivárgás van? Mikroklíma alakult ki? Kívülről jött a fertőzés? Ha a penészfertőzésnek nem lehet okát találni, akkor a penész fajtájának meghatározása az, ami felvilágosítást adhat a körülményekről és a probléma okáról.

5. A fertőzés leküzdése

Egy fertőzés leküzdése során mind a tárgyakat, mind a helyiséget kezelni kell. Az észlelt fertőzést el kell távolítani, másként nem lehet leküzdeni. A gyűjteményi anyag számára a legegyszerűbb és legkevésbé károsító eljárás a penészmaradványok porszívózással, ecsettel végzett mechanikus eltávolítása. Ezt esetleg meg kell hogy előzze a penész elpusztítása etilén-oxid-gázzal vagy gamma-sugárzással. Mielőtt a fertőtlenített anyag visszakerülne a helyére, meg kell szüntetni a penészfertőzést előidéző okokat, és a helyiséget fertőtlenítőszerrel végzett alapos takarítással meg kell tisztítani. *Penészes anyaggal végzett munkához mindig gondoskodni kell a megfelelő személyi védelemről!* Csomagolja ki az elkülönített anyagot, és amennyiben nedves, szárítsa meg! Állapítsa meg, hogy a penészfertőzés nyomai mechanikus úton eltávolíthatók-e!

Ha mechanikusan nem távolíthatók el, küzdje le a fertőzést etilén-oxid-gázzal (betartva a szükséges kiszellőzési időt) vagy gamma-sugárral való kezelés útján, majd távolítsa el az elpusztult maradványokat!

Fertőtlenítsa a környezetet, folyékony fertőtlenítőszerrel használva a takarításhoz!

Térjen vissza az első lépéshez: tegyen eleget a tárolási követelményeknek, majd helyezze vissza a tárgyakat/dokumentumokat!

A penészfertőzés gyakran egy baleset következménye, melynek során víz folyt be a helyiségbe. Egy baleset után a gyors beavatkozás erősen csökkentheti a penészproblémákat. Ezért fontos, hogy az intézmény mentési tervvel rendelkezzen, amelyben benne áll, hogy ki mit csinál, hogyan és mikor.

VÁLOGATOTT IRODALOM

ADELSTEIN, PETER Z.

- 1991 Guide to Environmental Protection of Collections.
Madison, Sound View Press.

BENEDEK ÉVA - BÍRÓ EMESE - BARABÁS KIS ANNA

- 2007 Elnéptelenedő egyházközségekből összegyűjtött könyv és levéltári anyag állománymegőrző munkálatai a marosvásárhelyi római katolikus Keresztelő Szent János Plébánián.
ISIS Erdélyi Magyar Restaurátor Füzetek 6:40-45.

BEÖTHY-NÉ KOZOCSA ILDIKÓ

- 1992 Középkori pergamen kéziratok konzerválási eljárásainak kutatása és fejlesztése.
Budapest, Országos Széchényi Könyvtár.
/Az Országos Széchényi Könyvtár füzetek, 3./

BEÖTHY-NÉ KOZOCSA ILDIKÓ - KASTALY BEATRIX

- 2000 Bevezetés a restaurálásba; a restaurálási dokumentáció. A papír, a pergamen és a bőr fertőtlenítése és száraz tisztítása. A könyv- és papírrestaurátor tanfolyam jegyzetei. Budapest: Országos Széchényi Könyvtár.

BRILL, HOLGER

- 1995 Mikrobielle Materialzerstörung und Materialschutz. Jena-Stuttgart: Gustav Fischer.
(A Magyar Képzőművészeti Egyetem könyvtárában megtalálható.)

FLORIAN, MARY-LOU E.

- 2002 Fungal Facts. Solving fungal problems in heritage collections. Archetype Publications. London: Archetype Publications.
(A Magyar Képzőművészeti Egyetem könyvtárában megtalálható.)

GOMBÁS ÁGNES - HUGYECSEK BALÁZS

- 2009 Alapelvek a tájházakban elhelyezett műtárgyak kezelésében.
Internet cím: http://skanzen.hu/files/25_gombas_agnes_-_hugyecsek_balazs_-_alapelvek.pdf.

HERKLI ÁKOS

- 2008a Tömeges könyvmentés - fagyasztva szárítás, otthon. 1. Papíripar 1:24-27.
2008b Tömeges könyvmentés - fagyasztva szárítás, otthon. 2. Papíripar 2:60-62.

KASTALY BEATRIX

- 2000 Állományvédelmi alapismeretek. Budapest: Országos Széchényi Könyvtár.
 2002 A könyvtári állomány megőrzése és védelme. In Könyvtárosok kézikönyve. Horváth Tibor - Papp István, szerk. 195-262. Budapest: Osiris.
 2007 Beázás a Nemzeti Könyvtárban; lehetőségek a károsodott kötetek megmentésére (esettanulmány). Műtárgyvédelem 32:235-243.

KASTALY BEATRIX - SCHRAMKÓ PÉTER

- 2000 Vizsgálatok a gyöngyösi könyvlelet etilén-oxidos fertőtlenítése után.
 Műtárgyvédelem 27:129-135.

KOWALIK, ROMUALD

- 1980a Microbiodeterioration of library materials. 1/ 1-3.
 Restaurator 4(2):99-114.
 1980b Microbiodeterioration of library materials. 2/4.
 Restaurator 4(3-4):135-220.
 1984 Microbiodeterioration of library materials. 2/5-9.
 Restaurator 6(1-2):61-115. (A cikkek egyes részletei rövidített fordításban megjelentek a Papír- és Nyomdaipari Műszaki Egyesület restaurátor szakosztályának kiadásában, a Tájékoztató [Papír- és Könyvrestaurálás] 1986. évi 5. és 1987. évi 6. számában.)

NÖVÉNYVILÁG

- 1982 Növényvilág. Alacsonyabbrendű növények.
 Budapest: Gondolat./Urania./

OROSZ KATALIN

- 2008 Kockázatbecslés és kockázatkezelés a közgyűjteményekben.
 Internetcím: http://www.mol.gov.hu/bal_menusor/szakembereknek/allomanyvedelem/tevekenyseg/megelozes_konzervalas.html.
 (Megjelenése CD-n folyamatban van.)

STRANG, THOMAS J. K. - DAWSON, JOHN E.

- 1991 Controlling Museum Fungal Problems. / Le contrôle des moisissures dans les musées. Ottawa: Canadian Conservation Institute. /Technical Bulletin, 12./

STRAUB F. BRUNÓ, FÖSZERK.

- 1987 Biológiai lexikon. 1-3. Budapest: Akadémiai Kiadó.

SZENDRŐDINÉ GOMBÁS ÁGNES

- 2004 Gyakorlati és preventív konzerválási eljárások a szentendrei Szabadtéri Néprajzi Múzeum-ban. ISIS Erdélyi Magyar Restaurátor Füzetek 4:49-56.

Bővebb irodalom található a Múzeumi Állományvédelmi Bizottság honlapján:
www.allomanyvedelem.hu.

ON-LINE FORRÁSOK, LINKEK

Kenőpapír -a Papír-és Nyomdaipari Műszaki Egyesület restaurátor-szakosztályának hírlevele. Állományvédelmi és restaurálóanyagok és -eszközök beszerzési forrásait közli.

Pdf formátumban letölthető a www.pnyme.hu és a www.arsalba.hu oldalakról.

Gombás Ágnes - Hugyecsek Balázs:
Alapelvek a tájházakban elhelyezett műtárgyak kezelésében. Tájházi akadémia 2009. Oktatási anyag. 6 p.
http://skanzen.hu/files/25_gombas_agnes_-_hugyecsek_balazs_-_alapelvek.pdf

British Library (Collection Care, Preservation Advisory Centre): www.bl.uk

British Library kiadványa: <http://www.bl.uk/np0/pdf/damaged.pdf>

<http://www.bcin.ca>
Conservation Information Network.
Angol és francia nyelven; az állományvédelem, konzerválás és restaurálás irodalmának legteljesebb bibliográfiai forrása, minden anyagfélésegre vonatkozóan.

<http://palimpsest.stanford.edu>
(CoOL=Conservation OnLine, az IADA, IFLA, ICCROM, ICOM stb. is elérhető róla; nem kell regisztrálni a használatához; különböző keresőlinkek vannak rajta.)
A keresőszavakkal megtalált cikkeket teljes szöveggel közli.

<http://www.iccrom.org/library>
Az ICCROM-mal kapcsolatos témák érhetők el.

<http://aata.getty.edu>

AATA Online: Abstracts of International Conservation Literature (tömörítvények a restaurálás nemzetközi irodalmából, anyagfajták és általánosabb témák szerinti csoportosításban).

Az e-mail címet kell megadni, jelszó nem kell.

www.fungionline.org.uk vagy
www.fungionline.com

Minden, ami a gombokkal kapcsolatban lehet...

<http://www.doctorfungus.org/imageban>
Penészgombok képe; (választhatóan) táptalajon kitenyésztett forma (makro-) és mikroszkópos felvételek is, a pontos megnevezésekkel együtt.

http://faanyag.fmk.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/fmk/faanyag/segedanyag/fontosabb_faronto_gombok.pdf

A Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Karának Faanyag-tudományi Intézetében készült összeállítás a fontosabb farontó gombok mikro- és makroszkópos képéről.

Rhová szükség esetén fordulni lehet

- Levegőszárítás raktárakban és egyéb helyiségekben; mentés, mélyfagyasztás, fagyasztva szárítás, fertőtlenítés (árvizek és egyéb vizes „katasztrófák” esetén).
 - Falazatok utólagos vízszigetelése; épületszáritáshoz páramentesítő bérlése; falszáritás.
 - Fertőtlenítés, fertőtlenítettetés.
- Cégek neve, címe a MÁB honlapján www.allomanyvedelem.hu

• Szaktanácsadás, fertőtlenítés, tisztítás, restaurálás:
Múzeumi Állományvédelmi Bizottság (MÁB)
Fejős Zoltán, a MÁB vezetője
Néprajzi Múzeum
1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 12.
Telefon: 06 (1) 473-2410

Magyar Nemzeti Múzeum műtárgyvédelmi főosztály
Földessy Péter főosztályvezető
1088 Budapest, Múzeum krt. 14-16.
Telefon: 06 (1) 327-7742

Könyv, papír, pergamen, fotó:

Országos Széchényi Könyvtár restaurátor- és kötészeti osztály
Érdi Marianne osztályvezető
erdima@oszk.hu
1827 Budapest, Budavári palota F épület
Telefon: 06 (1) 224-3897

Magyar Országos Levéltár állományvédelmi főosztály
Dr. Körmendy Lajos főosztályvezető
kormendy.lajos@mol.gov.hu; www.mol.gov.hu
1014 Budapest, Úri u. 54-56.

Eszközök, anyagok

Nedvességszabályozás, párasító- és/vagy páramentesítő készülékek; szelepes orr- és szájmaszkok (3M 9332 és 8835 jelű, P3 kategóriájú; finom por, penészpóra szűrésére); szívópapírok; szívóképes, nem szőtt textilanyag (ofszettörölő kendő); nem

szőtt polipropilén-, poliészterszövet (szellőzővédő takaró); fertőtlenítőszer. Beszerzési címek: a Múzeumi Állományvédelmi Bizottság honlapján, **www.allomanyvedelem.hu**

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond a tanácsokért, valamint tapasztalatok, szakirodalom és fotók átadásáért a restaurátor kollégáknak: Albrechtné dr. Kunszeri Gabriella, Beöthyne Kozocsa Ildikó, Dicső Ágnes,

Eckné Nagy Katalin, Fábíán Mária, Görbe Katalin DLA, habil., Kissné Bendefy Márta, Koncz Pál, Marton Klára, Orosz Katalin DLA, Papp Judit, Schramkó Péter, Torma László, Tóth Zsuzsanna.

ILLUSZTRÁCIÓK JEGYZÉKE

- Borító - Ecsetpenész- (Penicillium-) telepek nyirkos, szellőzetlen térben tárolt kromolitográfia felületén.
Koncz Pál felvétele
1. kép Szellőzetlen múzeumi alagsorban, bútor felületén fellépő nyálkás pincegomba-fertőzés (Nagykanizsa)
Koncz Pál felvétele
 2. kép Penészgombák okozta károsodás az EU-delegáció irattárában (Budapest)
Kastaly Beatrix felvétele
 3. kép Levegőből agar táptalajra hullott spórákból tizenöt perc alatt képződött baktérium- és gombatelepek
Forrás: Straub, főszerk. 1987:3/96-97 közötti képtábla, 5. kép
 4. kép Templom tetőszerkezetéből származó, gombakárt szenvedett fa, a korhadásra jellemző, „kockás” repedésekkel.
Tóth Zsuzsanna felvétele
 5. kép Vegyes penészgombák anyagcseréje által okozott elszíneződések falikép hátsó kartonján. A fekete pontokból álló telepek az *Aspergillus niger* foltjai
Koncz Pál felvétele
 6. kép *Staphylococcus aureus* (baktérium) mikroszkópi képe
Forrás: Straub, főszerk. 1987:1/224-225 közötti képtábla, 2. kép
 7. kép Sugárgomba-micéliumok facellulózsból készült papíron
Albrechtné Kunszeri Gabriella felvétele
 8. kép Moszat ostorral
Forrás: <http://www.tankonyvtar.hu/konyvek/novenytan/novenytan-3-ostoros>
 9. kép Még nem azonosított mikroorganizmus okozta sárgásbarna, úgynevezett foxingfoltok pamuttextílián
Kastaly Beatrix felvétele
 10. kép *Streptomyces fomicarius* sugárgomba kártétele a Dante-kódex pergamenlapjain
Az Országos Széchényi Könyvtár felvétele
 11. kép Templombelső algás-penészes fala (Magyarszarkend, Erdély)
Orosz Katalin felvétele
 12. kép Pincegomba bazídiumai spórával
Forrás: http://faanyag.fmk.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/fmk/faanyag/segedanyag/fontosabb_faronto_gombak.pdf.
(Válogatta és feltette: Csupor Károly, Nyugat-magyarországi Egyetem)

13. kép Pincegomba micéliumai fán
Forrás: http://faanyag.fmk.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/fmk/faanyag/segedanyag/fontosabb_faronto_gombak.pdf.
(Válogatta és feltette: Csupor Károly, Nyugat-magyarországi Egyetem)
14. kép Élő penészfertőzés fekete micéliumai könyvek metszésén
Kastaly Beatrix felvétele
15. kép Barna- és fehérkorhadás, valamint rovarkár egyidejű fellépése
Forrás: http://faanyag.fmk.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/fmk/faanyag/segedanyag/fontosabb_faronto_gombak.pdf.
(Válogatta és feltette: Csupor Károly, Nyugat-magyarországi Egyetem)
16. kép Szürkésfehér pincegomba „kivirágzása” szellőztetlen kiállítótérben álló, korábban lenolajjal impregnált szőlőprés felületén
Koncz Pál felvétele
17. kép Könnyező házigomba kártétele fafödemen
Forrás: http://faanyag.fmk.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/fmk/faanyag/segedanyag/fontosabb_faronto_gombak.pdf.
(Válogatta és feltette: Csupor Károly, Nyugat-magyarországi Egyetem)
18. kép Penészgomba pusztításától megcsonkult könyvlapok
Kastaly Beatrix felvétele
19. kép Gomba okozta folt pamutvászonon
Kastaly Beatrix felvétele
20. kép Penészgombafonalak behatolása a tarisznya bőrébe
Marton Klára felvétele
21. kép Beázás és penészedés miatt nagy foltban hiányossá vált könyvkötésborító bőr
Kastaly Beatrix felvétele
22. kép Sugárgomba mellett penészgombák (valószínűleg *Alternaria* sp. és *Cladosporium* sp.) is károsították a pergamenkódex lapjait
Az Országos Széchényi Könyvtár felvétele
23. kép A koronázási palást penészgombák által lebontott selymének elektronmikroszkópos képe
Vörös József és Gönczöl János felvétele
24. kép Penészfertőzés mozgófilmtékercsen
Albrechtné Kunszeri Gabriella felvétele
25. kép Asztal politúr- (sellak-) vagy viaszos felületkezelő rétegének és fájának károsodása (mattulás, szürkülés, repedezés), penészgomba-növekedés hatására
Kastaly Beatrix felvétele
26. kép Vasgubacs tinta halványodása (a kötőanyag lebomlása, a barna színanyag átalakulása) pergamenkódexben
Az Országos Széchényi Könyvtár felvétele

27. kép Penészgombáktól hiányossá vált, vászonra festett, dublázott olajkép
Korényi János felvétele, Magyar Képzőművészeti Egyetem
28. kép Penészgomba-termőtestek a vásznon
Nemessányi Klára felvétele, Magyar Képzőművészeti Egyetem
29. kép Barnás kalcium-oxalát-réteg a kék festékpigmenten
Nemessányi Klára felvétele, Magyar Képzőművészeti Egyetem
30. kép Mozgófilmtetekercs megtisztítása a penészmaradványoktól ecsettel és porszívóval, egyéni védőfelszerelés használata mellett
Albrechtné Kunszeri Gabriella felvétele
31. kép A koronázási palástban talált gombaspórák elektronmikroszkópos képe
Vörös József és Gönczöl János felvétele
32. kép Ecsetpenész- (Penicillium-) telepek a szűk, nem szellőztetett, fűtetlen raktárban álló könyvszekrény ajtaján (Sopron)
Koncz Pál felvétele
33. kép Mikrofilmraktár penészes fala
Kastaly Beatrix felvétele
34. kép Bőr cipőtalp, színes penészfoltokkal
Nyíri Gábor felvétele
35. kép Élő penésztelepek könyvek vászonborítóján, a nedvessé vált pinceraktár polcain
Kastaly Beatrix felvétele
36. kép Élő penésztelepek könyvek műanyag borítóján, a nedvessé vált pinceraktár polcain
Kastaly Beatrix felvétele
37. kép Lemezből kialakított tetőösszefolyó
Torma László felvétele
38. kép Deszkával borított vízelvezető/attikacsatorna a padlástérben
Torma László felvétele
39. kép Beázás nyomai a Néprajzi Múzeum aulájában
Torma László felvétele
40. kép Könyvszekrény penészes belseje
Kastaly Beatrix felvétele
41. kép A zárókő fölemelésével láthatóvá váltak a rejtekhelyre befalazott könyvek
Schramkó Péter felvétele
42. kép Az elfalazott könyvek állapota
Schramkó Péter felvétele

- 43-44. kép A hírlapraktárban áll a víz a padlón, a kötetek átáztak
Az Országos Széchényi Könyvtár felvétele
45. kép A szikszói kórház a 2010. májusi esőzések okozta árvízben
Forrás: <http://index.hu>
46. kép A kölni városi levéltár az összeomlás után
Forrás: <http://www.habostorta.hu/hu/habostorta/cikkek/mindenmas/dolgok/tragedia-kolnben-osszeomlott-a-leveltar-epulete>
47. kép Penészfertőzés nyomai cipőn (textil)
Marton Klára felvétele
48. kép Penészfertőzés nyomai táskán (bőr)
Marton Klára felvétele
49. kép Penészfertőzés nyomai széken (fa)
Marton Klára felvétele
50. kép Alagsori raktár vakolatlan, meszelt fala (Néprajzi Múzeum)
Torma László felvétele
51. kép Légrés a nedves falfelület és a gipsz-karton fal között (Néprajzi Múzeum, fotólabor)
Torma László felvétele
52. kép Szívóanyag behelyezése műnyomó papírra nyomott kötetbe
Az Országos Széchényi Könyvtár felvétele
53. kép Nedves könyvek szárítása
Az Országos Széchényi Könyvtár felvétele
54. kép Elázott, gyorsfagyasztott újsággötetek behelyezése a fagyasztva szárító berendezésbe
Kastaly Beatrix felvétele
55. kép Könyvekből penészmарadványok eltávolítása söpréssel, a formaldehides fertőtlenítés után
Bíró Emese felvétele
56. kép Bútorok fertőtlenítése a szabadban, 0,5 százalékos Nipagin (p-oxi-benzoészav-metilészter) oldattal és etilalkoholos áttörléssel
Koncz Pál felvétele
- 57-58. kép Penészkárt szenvedett tarisznya fertőtlenítés-tisztítás előtt és után
Marton Klára felvétele
59. kép Fertőtlenítés formaldehiddel
Bíró Emese felvétele
1. táblázat. Hőmérséklet- és RH-értékek egyetemi épületben
2. táblázat. A penészgombák elleni védekezés