

Járó Márta

A legfontosabb műtárgykörnyezeti paraméterek mérése

Budapest
2005



Múzeumi állományvédelmi füzetek, 1.

A Múzeumi Állományvédelmi Program koordinátora:
 Holport Ágnes
 Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma
 Múzeumi Főosztály
 1077 Budapest, Wesselényi utca 20–22.
 Telefon: (06 1) 484–7337
 Fax: (06 1) 484–7126

A programról további információk kérhetők:

a múzeumi állományvédelmi program irodáján
 Néprajzi Múzeum
 1055 Budapest, Kossuth L. tér 12.
 Telefon: (06 1) 473–2410
 Fax: (06 1) 473–2411
 E-mail: allomanyvedelem@neprajz.hu

Felelős kiadó: Fejős Zoltán, a Múzeumi Állományvédelmi Bizottság vezetője

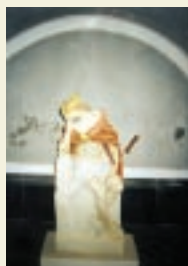
Grafikai tervezés és kivitelezés: Studio1 Kft.
 ISBN: 963 86521 0 1
 ISSN: 1786–8181

TARTALOMJEGYZÉK

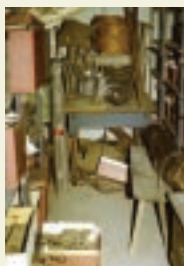
BEVEZETÉS.....	4
A LEVEGŐ NEDVESSÉGTARTALMA (PÁRATARTALMA) ÉS HŐMÉRSÉHLETE	6
Mi a légnedvesség, és milyen számadatokkal jellemezhetjük?.....	6
Abszolút páratartalom	6
Relatív páratartalom	7
Mi tulajdonképpen a hőmérséklet?.....	7
A légnedvesség és a hőmérséklet mérése, regisztrálása.....	7
Hitelesítést nem igénylő műszerek	8
Hitelesítést igénylő műszerek - működésük és kalibrálásuk	8
Mechanikus mérőeszközök.....	9
Elektronikus mérőeszközök.....	11
Mit tegyünk régi műszereinkkel?	12
A légnedvesség és a hőmérséklet mérésének megtervezése és kivitelezése	12
Felmérés, adatgyűjtés	13
A mérőműszer elhelyezése	13
Folyamatos ellenőrzés	14
Esetenkénti ellenőrzés.....	14
Milyen károsodásokat okozhat a nem megfelelő légnedvesség?.....	15
Milyen károsodásokat okozhat a nem megfelelő hőmérséklet?	16
A FÉNY, AZ ULTRAIBOLYA ÉS AZ INFRAVÖRÖS SUGARAK	18
Miből áll a fényforrásokból jövő „fény”?.....	18
A fény.....	18
Az ultraibolya sugárzás	18
Az infravörös sugárzás	18
Fényforrások a múzeumban	19
A napfény	19
Izzólámpák.....	19
Fénycsövek.....	19
Egyéb fényforrások	20
A fény, az ultraibolya és az infravörös sugárzások tárgyat érő mennyiségének mérése ..	20
Fénymérés	20
Az ultraibolya sugárzás mérése.....	21
Az infravörös sugárzás mérése.....	21
A fénymérés megtervezése és kivitelezése	21
Tárlók világításának ellenőrzése	21
Kiállítótermek, raktárak világításának ellenőrzése.....	22
A fény, az ultraibolya és az infravörös sugarak káros hatása a műtárgyakra.....	22
A műtárgyalkotó anyagok besorolása fényérzékenység szempontjából	23

BEVEZETÉS

A műtárgy környezetén az azt körülvevő légkört, a fényt (és az egyéb, nem látható, elektromágneses sugárzásokat), valamint az élőlényeket (növények, állatok, ember), vagyis az élettelen és élő környezeti tényezőket együttesen értjük.



„Rendezett” és „rendezetlen”
műtárgykörnyezet kiállításon



Rendezett és rendezetlen
műtárgykörnyezet raktárban

A légkör hőmérséklete, páratartalma, szennyezői éppúgy, mint a fénysugarak (és más sugárzások), valamint az élő környezet hatnak a műtárgyra. E hatások, sajnálatos módon, általában károsak a tárgyakat alkotó anyagokra nézve.

A műtárgyak anyaguktól függően természetesen különbözőképp reagálnak a környezeti hatásokra. Pl. száraz levegőn a fémnek nem lesz semmi baja, a fa viszont megrepedezik. Ugyanabban a tárlóban, azonos megvilágítás mellett a kerámia változatlan marad, míg a színes textil kifakul. A műtárgyat alkotó anyagok tehát kölcsönhatásba léphetnek a környezettel. Ennek a folyamatnak az eredménye a műtárgy fizikai, kémiai vagy biológiai károsodása. A legtöbb esetben a különféle károsodások együttesen lépnek fel.



Fény hatására kifakult himzés egy kiállítási tárlóból (a textilja jobb oldali része be volt hajtva)



Száraz levegőjű raktárban
megrepedt faszobor

A környezet káros hatásainak elhárítására irányuló intézkedéseket *megelőző műtárgyvédelemnek*, vagy a napjainkban divatos, idegen szóval *preventív konzerválásnak* nevezzük.

A preventív konzerválás csak akkor lehet eredményes, ha a múzeum illetékes munkatársai együttesen kidolgoznak egy stratégiát, a műtárgykörnyezet jobbítására vonatkozó, rövid- és hosszú távú tervet. Mind a rövid, mind pedig a hosszú távú tervek esetében célszerű egy kisebb, illetve nagyobb költségfordítással megvalósítható változatot összeállítani - és ez utóbbi keretében akár az álmokat is körvonalazni. Mindezen tervek azonban csak akkor készíthetők el korrekt módon, ha az adott helyzet ismeretén alapulnak. A helyzetelemzés egyik legfontosabb kiindulópontja a múzeum-épületben uralkodó légállapot és fényviszonyok ismerete.

Ez a füzet a méréshez alapvetően fontos elméleti tudnivalókat foglalja össze, és gyakorlati útmutatót próbál adni azok kivitelezéséhez.¹ Nem térünk ki a megfelelő hőmérséklet és páratartalom beállításának, valamint a műtárgyak helyes megvilágításának lehetőségeire, ezek meghaladnák e tájékoztató füzet kereteit.

¹ Az összefoglalás alapjául Járó Márta: *Klimatizáció, világítás és raktározás a múzeumokban* című általános jegyzete (Budapest, 1991) második, átdolgozott, kibővített változatának kézírata, Cassar, M. és Hutchings, J.: *Relative Humidity and Temperature Pattern Book* (The Museums & Galleries Commission, London, 2000) című kiadványa, valamint a *Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation*, (CIE Technical Report, 2003) című anyag szolgált. A rajzot Járó Ildikó, a műszerfotókat Nyíri Gábor készítette. A fentiekkel kapcsolatban további ismereteket szerezhetnek a Néprajzi Múzeum honlapján (www.neprajz.hu).

A LEVEGŐ NEDVESSÉGTARTALMA (PÁRATARTALMA) ÉS HŐMÉRSÉKLETE

A raktárban apró rozsdacseppek jelennek meg a vastárgyak felületén, a textíliákon penészfoltok keletkeznek. Salétromosodik a fal, mállik a vakolat. A frissen festett kiállítóterem falán a grafikák, tájékoztató feliratok hullámossá válnak. A festmények repedeznek, lehull a pigmentréteg, a bútorok elgörbülnek, kipattog az intarzia, a papírok felpöndörödnek, „szakáll” nő a kerámián, lepotyog a máz stb. Mindezeket és számos más károsodást a levegő túlzott vagy nem elégséges nedvességtartalma, illetve a relatív páratartalom ingadozása okozza, amely szoros kapcsolatban áll a hőmérséklettel. A festett fémcégéren repedezik a festékréteg, a fotónegatív foltosodik, „csúszkál” rajta a zselatinréteg, a kis viasztárgyak rideggé, törékennyé vagy puhává, képlékennyé válnak, a műanyagok elvesztik eredeti tulajdonságaikat, porlékonyak, átlátszatlanok lesznek... E jelenségek egyik oka lehet, hogy e tárgyakat nem megfelelő hőmérsékleten tárolják vagy állítják ki.

Az alábbiakban – néhány fogalom tisztázása után – e két, igen fontos műtárgykörnyezeti tényező, a légnedvesség és a hőmérséklet okozta károsodásokat foglaljuk röviden össze, és ismertetjük a mérésükre vonatkozó tudnivalókat a tervezéstől a készülékek működésén kihelyezési módján keresztül a gyakorlati kivitelezésig.

Mi a légnedvesség, és milyen szám adatokkal jellemezhetjük?

A levegőbe a folyékony víz (tengerek, tavak, folyók, talajvíz stb.) párolgása során vízcseppek (molekulák) kerülnek. Ezek okozzák a légnedvességet.

A múzeum levegőjének nedvességtartalma sokféle forrásból származhat, például:

- kívülről, a nyílászárókon át a múzeumi térbe jutó levegőből,
- a rosszul vagy nem szigetelt falak hajszálrepedésein felhúzódó nedvesség elpárolgásából,
- a látogatók által kilélegzett párából,
- a takarítás során használt víz elpárolgásából,
- az esetleg hibás vízvezetékcsövek által nedvesített falakból stb.

A levegőben lévő, gáz halmazállapotú víz mennyiségét megadhatjuk gramm/köbméterben (abszolút páratartalom), illetve a telítettségi páratartalom százalékában (relatív páratartalom).

ABSZOLÚT PÁRATARTALOM

A levegőben a mérés pillanatában adott mennyiségű, gáz halmazállapotú víz van jelen. Ennek légköbméterenkénti, grammban kifejezett mennyiségét abszolút páratartalomnak nevezzük (g/m^3). Az abszolút páratartalom széles határok között független a hőmérséklettől.

RELATÍV PÁRATARTALOM

Az abszolút páratartalom nem eléggé szemléletes módon jellemzi a levegő páratartalmát, ezért helyette a relatív páratartalmat (Relative Humidity, rövidítve RH, %) szoktuk alkalmazni. A relatív páratartalom értéke megadja, hogy az adott hőmérsékleten a levegő hány százalékát tartalmazza annak a vízgázmennyiségnek, amennyit akkor tartalmazna, ha telített lenne:

$$\text{RELATÍV PÁRATARTALOM} = \frac{\text{abszolút páratartalom} (\text{g}/\text{m}^3) \times 100}{\text{telítettségi páratartalom} (\text{g}/\text{m}^3, \text{ az adott hőmérsékleten})}$$

Párával telítettnek mondjuk a levegőt, ha egy adott hőmérsékleten több vizet már nem tud felvenni. A telítettséget okozó, gáz halmazállapotú víz egy légköbméterre jutó, grammban kifejezett mennyiségét telítettségi páratartalomnak (g/m^3) nevezzük. A telítettségi páratartalom a hőmérséklet emelkedésével nő.

Fontos!

A fentiek értelmében tehát a relatív páratartalom értéke zárt térben fordítottan változik a hőmérséklettel, vagyis ha a hőmérséklet emelkedik, a relatív páratartalom értéke csökken és fordítva.

Mi tulajdonképpen a hőmérséklet?

A hő az energia egyik fajtája. A világon minden állandó mozgásban van, a mozgás az anyag egyik leglényegesebb tulajdonsága. Az anyagi részecskék szabálytalan ide-oda mozgása a hőmozgás. Minél gyors-

sabb a részecskék mozgása, annál magasabb a hőmérséklet (Temperature, T).

A meleg levegőben mozgó molekulák nekiütődve a tárgyat alkotó részecskéknél, azokat is gyorsabb mozgásra készítetik (energiaátadás), kitágul a rendszer (hőtágulás), felmelegszik a tárgy.

A hőmérséklet-ingadozás a múzeumon belül bekövetkezhet a külső hőmérséklet változásának hatására (például ahol nincs megfelelő hőszigetelés, fűtés), a fűtés ki-be kapcsolása következtében. Növekedhet a hőmérséklet egy műtárgy környezetében a rá sütő napsugaraktól, a spotlámpák kibocsátotta hőtől, a látogatók által leadott hőmennyiségtől stb.

Egy hazai múzeumban a hőmérséklet általában $1-2^\circ\text{C}$ (fűtetlen raktár télen) és 40°C (napsütötte helyiségek nyári kánikulában) között változik.

Ahogy azt az előzőekben láttuk, zárt térben a hőmérséklettől függ a relatív páratartalom, ha az utóbbit nem stabilizáljuk valamilyen módon, így függetlenné téve a hőmérséklet-változásoktól.

A hőmérséklet jellemzésére az európai országokban a Celsius-fokot ($^\circ\text{C}$) használják.

A légnedvesség és a hőmérséklet mérése, regisztrálása

Az RH és a hőmérséklet értékének figyelemmel kísérése, a mért értékek regisztrálása igen fontos annak eldöntéséhez, hogy egy épületen belül mely helyiségek milyen célra alkalmasak, mely gyűjteményeknek megfelelő, melyeknek nem az adott klíma, milyen elváltozások várhatók az egyes tárgyfajták esetében, hol a legszükségesebb a beavatkozás stb.

A méréshez rendelkezésre álló műszerek nagy része az RH-t és a hőmérsékletet egyaránt méri, vagy méri és regisztrálja, más részük csak az egyik vagy másik paraméter meghatározására alkalmas. Az alábbiakban a relatív páratartalom mérésére/registrálására szolgáló eszközöket, azok működését tekintjük át, minden esetben jelezve, hogy az adott műszerrel mérhető-e a hőmérséklet is. Amennyiben nem, a kiegészítő hőmérséklet méréseket egy közönséges szobai hőmérővel végezhetjük el.



Múzeumi célokra leggyakrabban alkalmazott relatív páratartalom, illetve relatív páratartalom és hőmérséklet mérő készülékek

A relatív páratartalom mérésére/registrálására szolgáló eszközöket két nagy csoportra lehet osztani:

- hitelesítést (kalibrálást) nem igénylő műszerek;
- hitelesítést igénylő műszerek (kalibrálásuk az első csoportba tartozó készülékekkel végezhető el); a digitális kijelzésű, elektronikus páramérők vagy kombinált műszerek (amelyek több paramétert is tudnak mérni, például az ELSEC 764-es kézi műszer), illetve a kis mechanikus páramérők egyaránt ebbe a kategóriába tartoznak.

HITELESÍTÉST NEM IGÉNYLŐ MŰSZEREK

Kétféle típusuk használatos, a harmatpont meghatározásán alapuló műszerek és a pszichrométerek. Hazánkban a kalibrálást nem igénylő páramérő eszközök közül a legelterjedtebb az *Assman-féle pszichrométer*. A műszer leglényegesebb része az úgynevezett száraz és a nedves hőmérő. Ez utóbbi higanyzsákját desztillált vízzel nedvesíthető pamutzsák borítja. A hőmérők higanyzsákjának környezetében a légcserét mechanikus úton vagy elektromos árammal működtetett ventilátor biztosítja. A száraz hőmérőn olvasható le a helyiség hőmérséklete, és ennek az adatnak, illetve a nedves hőmérőn leolvasott, a párolgás mértékétől függő értéknek az ismeretében, táblázat segítségével határozható meg a relatív páratartalom.²

Figyelem!

A hitelesített elektronikus mérőműszerek is szolgálhatnak ellenőrzésre, kalibrálásra.

HITELESÍTÉST IGÉNYLŐ MŰSZEREK – MŰKÖDÉSÜK ÉS KALIBRÁLÁSUK

A hitelesítést igénylő műszerek működése azon alapul, hogy egyes anyagok bizonyos tulajdonságai (például színük, térfogatuk, elektromos vezetőképességük stb.) megváltozik nedvesség, illetve hő hatására. A változásokat mechanikus úton megfelelő skála előtt mozgó mutatóra viszik át, vagy elektronikus jellel alakítva, digitális kijelzőn jelennek meg a mérési eredmények.

Mechanikus mérőeszközök

A mechanikus páramérőkben (*higrométerekben*) nedvességre érzékeny anyagot (papír, bőr, hajszál stb.) helyeznek el. Ez az anyag a páratartalom növekedésekor megnyúlik, csökkenésekor zsugorodik. Az anyag mozgását megfelelő skála előtt mozgó mutatóra viszi át az érzékeny mechanikus szerkezet.

A legtöbb műszer a hőmérsékletet is mutatja, ezek hivatalos neve: *termo-higrométer*. A hőmérséklet-változásokat általában a fémszalag tekerescs vagy bimetall (két, különböző hőtágulási együtthatójú fémlap) érzékeli.



Higrométerek



Termo-higrométer

A higrométerek és *termo-higrométerek* legnagyobb előnye, hogy közvetlenül leolvasható róluk az RH, illetve a hőmérséklet, tárlókban is elhelyezhetők, nem túl drágák. Viszont nagyon „lomhák”, csak lassan követik a környezeti változásokat, nem túl pontosak (típustól függően), az alsó és felső mérési tartományban sok esetben nem mérnek, a nedvességérzékelő anyag hamar elszennyeződik, tönkremegy (különösen a papír). A hajszálas higrométerekben, illetve *termo-higrométerekben*, ahogyan az a nevükben is benne van, hajszál (esetleg műszál) érzékeli a relatív légnedvesség változásait. A tapasztalatok alapján ezek pontosabbak és élettartamuk hosszabb. A mérési eredmények csak úgy dokumentálhatók, hogy a leolvasást végző manuálisan, naplóban rögzíti az adatokat.

A műszereket rendszeres időközönként (igénybevételtől függően kéthavonta, fél-évente) kalibrálni kell. Az igénybevétel ebben az esetben azt jelenti, hogy a helyiségben milyen időközönként, milyen mértékű páratartalom-ingadozások vannak.

A kalibrálás menete:

- a kalibrálandó műszert körülbelül egy óra hosszat lehetőleg szabadban a helyiségben tartjuk, ahol a továbbiakban mérni akarunk vele. Amennyiben ez a térség huzatos, nem zárható rendesen, úgy egy közeli, lezárható helyiségben végezzük a műveletet.

Pszichrométerrel vagy kalibrált, digitális páramérővel megmérjük ugyanabban a térségben a relatív páratartalmat, és a kis műszer mutatóját megfelelő csavarhúzóval (általában a

² A műszer működéséről és a mérés menetéről részletesebben ld.: Járó Márta: Klimatizáció, világítás és raktározás a múzeumokban, általános jegyzet, Budapest, 1991, 32-36. o.

hátoldalon vagy a peremen lévő csavar elforgatásával) erre az értékre állítjuk.

Ha nem áll rendelkezésre pszichrométer vagy digitális mérő, letakarhatjuk fél-egy órára a műszert nedves ronggyal, vagy víz fölé helyezhetjük zárt térbe egy-két órára, és ezután körülbelül 95 százalékra állítjuk a mutatót.

Természetesen ebben az esetben a mérések kevésbé lesznek pontosak.

Figyelem!

Múzeumi célra csak kalibrálható, lehetőleg hajszálás higrométert vagy termo-higrométert érdemes beszerezni.

Azokat a mérőeszközöket, amelyek a higrométerekhez hasonló alapelven működnek, de egy adott ideig (műszertől függően) grafikonon rögzítik az adott légtér relatív páratartalmát, *higrográfoknak* nevezzük. Ha a higrográf egybe van építve a hőmérséklet mérésére és regisztrálására alkalmas egységgel termo-higrográfról beszélünk. Ezekben a készülékekben a nedvesség-, illetve a hőérzékelő anyag mozgását egy írófejben végződő karra viszik át. Az írófej egy előre (gyárilag) elkészített, hengerre kifeszített papíron mozog. A hengert motor forgatja, egy fordulatot – típustól függően – egy nap, egy hét stb. alatt tesz meg. Ezen idő alatt regisztrálja a papíron az írófej az adott helyiség RH-, illetve hőmérséklet-változásait.



Termo-higrográf



A termo-higrográf nedvesség-érzékelő (felül, szálak) és hőmérséklet-érzékelő (alul, bimetall) része

E műszerek előnye, hogy egy adott ideig folyamatosan rögzítik a mért értékeket (nem kell leolvasni őket, éjjel is működnek), a regisztrátumok dokumentumként eltehetők. Hátrányaik közé tartozik, hogy nem tehetők például tárlóba, rendszeresen cserélni kell bennük a papírt, karban kell tartani az írófejet, nem túl pontosak, érzékenyek a mozgásra, a nedvesség-érzékelő anyag viszonylag hamar tönkremegy, magas az áruk.

A higro- és a termo-higrográfokat is rendszeresen kell kalibrálni. Ez úgy történik, hogy a hiteles RH-, illetve hőmérséklet-értékeket a megfelelő csavarok elforgatásával beállítjuk a papíron.

Elektronikus mérőeszközök

Az elektronikus (elemmel vagy árammal működő) pára- és/vagy hőmérsékletmérők digitális kijelzésű, illetve az adatrögzítővel összekötött vagy egybeépített változatai („data-logger”) tulajdonképpen a higro- vagy termo-higrométerek, illetve a higro- vagy termo-higrográfok továbbfejlesztett változatainak tekinthetők.

A légnedvességet általában egy nedvszívó (higroszkópos) anyag érzékeli, amelynek az elektromos vezetőképessége változik a páratartalom függvényében.

A hőmérséklet mérésére bimetall vagy más, a hőmérséklet-változásokra ellenállással vagy egyéb változással reagáló egység szolgál.



Különböző elektronikus mérőeszközök

Az adatrögzítővel egybeépített műszerek a mérést meghatározott időközönként elvégzik, tárolják az eredményeket, és azok számítását segítségével értékelhetők.



Adatrögzítővel (data-logger) egybeépített, digitális RH, T, fény és ultrabolya sugárzás mérő

Az elektronikus mérőműszerek előnye, hogy könnyen kezelhetők, tárlók és helyiségek légköri viszonyainak ellenőrzésére egyaránt alkalmasak, kézi műszerként is használhatók, nem érzékenyek annyira a mozgásra, mint a mechanikus műszerek. Az adatrögzítő műszerek igény szerint programozhatók, a bennük tárolt adatok többféle módon feldolgozhatók (táblázat, görbe stb.), archiválhatók. Hátrányuk, hogy magas az áruk, az adatrögzítő műszerekhez megfelelő számítógép és szoftver szükséges. Rendszeresen ellenőrizni, szükség esetén kalibrálni kell őket.

Kalibrálásukhoz – típustól függően – megfelelő lehet egy pszichrométer vagy a műszerhez mellékelt kalibrálókészlet. A kalibrálás menetét a használati utasítás ismerteti.

Figyelem!

Múzeumi célra ebben az esetben is csak kalibrálható műszert érdemes beszerezni. Ez különösen a kisméretű, tárlóba helyezhető mérőkre vonatkozik.

MIT TEGYÜNK RÉGI MŰSZEREINKKEL?

Sok múzeum birtokában vannak már „muzeális értékűnek” tekinthető higro- és termo-higrométerek. Ezek nagyon sokszor félrevezetik az ellenőrzést végzőket, mivel hamis értékeket mutatnak. A bennük lévő, nedvességre érzékeny anyag ugyanis vagy elpiszkolódott, vagy „elfáradt”. Méretnövekedést esetleg még tud produkálni (ha rálehelünk, jelzi, hogy megnőtt az RH), de a zsgorodásra képtelen, így tehát használhatatlan. A múzeumi mérések tervezésekor célszerű ezeket a műszereket összegyűjteni és átvizsgálni.

Amennyiben kis higrométerünkön vagy termohigrométerünkön nincs jelezve, hogy hajszállal (vagy műszállal) működik (például az angolzász területekről származókon „hair”, a német nyelvterületről származókon „Haar jelzés), nagy valószínűséggel egy benne lévő kis papírtekercs érzékeli az RH-változásokat. Amennyiben papírral működik, öt évnél régebben vetjük, és használatban volt raktárban vagy kiállításon, valószínűleg már használhatatlan.

A hajszálás mérők ennyi idő elteltével is még esetleg működőképesek. Próbáljuk meg ennek ellenére mindkét típust kalibrálni (lásd fentebb), majd néhány óra elteltével, esetleg egy nap múlva helyezük jóval szárazabb környezetbe, és vizsgáljuk meg, milyen érték olvasható le róluk. A szárazabb környezet lehet egy melegebb szoba, amelynek RH-ját elő-

zetesen ellenőriztük, vagy egy jól zárható üveg-, illetve műanyag doboz, amelyben száraz szilikagéllel csökkentettük az RH-t. Ha a mutató nem vagy csak kismértékben mozdult el, a továbbiakban ne használjuk a műszert. Ugyanez vonatkozik a higrográfokra és a termo-higrográfokra is.

A légnedvesség és a hőmérséklet mérésének megtervezése és kivitelezése

(Mikor, hányszor mérjük, milyen műszert használjunk, hova helyezzük?)

Működő páramérőinket számba véve tervezhetjük meg a múzeumban a légnedvesség és a hőmérséklet mérését/ellenőrzését, az adatgyűjtést. A tervezés természetesen a múzeum munkatársainak együttes feladata a műtárgyvédelmi felelős előterjesztése alapján.

Néhány szempont a tervezéshez:

1. Mely tárgyak (kiemelt jelentőségű, környezeti hatásokra érzékeny vagy nagyon rossz állapotú stb.) környezetét kívánjuk folyamatosan ellenőrizni?
2. Mely helyiségben/helyiségekben tapasztaltunk a nem megfelelő RH-nak, illetve hőmérsékletnek tulajdonítható műtárgykárosodásokat?
3. Mely helyiségben akarunk a közeljövőben raktárt kialakítani, kiállítást rendezni?
4. Mely kiállítóterembe, -helyre várunk más gyűjteményből RH-, illetve hőmérséklet-érzékeny anyagot?
5. Át akarunk-e költöztetni egy vagy több gyűjteményt egyik helyről a másikra?

6. Mely helyiségbe kívánunk (esetleg pályázat útján) párasító- vagy páramentesítő készüléket beszerezni?
7. Mely helyiségekben kívánjuk az ott elhelyezett berendezések, esetleg a központi klimatizáció működését ellenőrizni stb.

A tervezés során mérlegetlünk, hogy felmérés-adatgyűjtés, folyamatos vagy esetenkénti ellenőrzés-e a feladat, és azt milyen helyiségben, esetleg tárlóban, műtárgyszállító ládában kívánjuk végezni. Ennek függvényében válasszuk ki a legmegfelelőbb műszerfajtát, és tervezzük a mérési időszakokat. Amennyiben nincs elegendő műszerünk, természetesen fontossági sorrendet kell felállítanunk.

FELMÉRÉS, ADATGYŪJTÉS

Amennyiben egy üres múzeumi helyiség vagy raktár (ahol rendszeres, egész napos munka nem folyik és nincsenek nagy hőingadozások) vagy egy tárló, műtárgyszállító láda légköri viszonyait kívánjuk felmérni, vegyük figyelembe, hogy „egy mérés nem mérés”, sőt tíz adatból is csak nagyon kevés információ nyerhető. Ezért szükséges, hogy az adott helyen hónapokon (ha van rá lehetőség, legalább hat hónap) keresztül mérjük *folyamatosan* (adatrögzítő műszer vagy termo-higrográf használatával), vagy *naponta* legalább egyszer (de inkább kétszer), lehetőség szerint mindig ugyanabban az időben - ebben az esetben használható a kihelyezett higrométer és hőmérő, vagy termohigrométer, illetve a digitális kézi páramérő is. A mérési időszak foglaljon magában minimum egy nyári és egy-két téli hónapot és egy fűtés nélküli, esősebb

időszakot (tavasz vagy ősz). A legkorrektebb eredményeket az egy éven keresztül, folyamatosan vagy rendszeresen végzett mérés eredményei adják. Ekkor képet kaphatunk az adott helyiségben az egyes évszakokban uralkodó légköri viszonyokról, és eldönthetjük, hogy alkalmas-e a hely jelenlegi funkciójára vagy a tervezett feladatra, illetve mikor milyen beavatkozások szükségesek.

Ideálisnak akkor lehetne tekinteni a mérősort, ha össze lehetne hasonlítani az épület környezetében mért értékekkel. Ha megfelelő műszerparkkal rendelkezünk, és van olyan mérőnk, amely kihelyezhető szabad térbe, végezzünk párhuzamos mérést. Amennyiben tárlóban mérünk, könnyebb a helyzet, hiszen a tárló környezetében, belső térben mérhetünk egy másik, akár nagyon érzékeny műszerrel.

A mérőműszer elhelyezése

A műszert/műszereket lehetőség szerint középen, körülbelül másfél méter magasságban, egy levegő által szabadon átvárt helyen (tehát nem egy polcon két tárgy közé fektetve) kell elhelyezni, például egy polc szélére felfüggeszteni, üres helyiségben például egy ruhafogasra felakasztani.



Példa a higrográf helyes kihelyezésére

A falon, a szekrény oldalán, a fűtőtest, rosszul záró ablak vagy ajtó közelében, napsütötte helyen vagy a földön lévő műszerek nem adnak megbízható adatokat az egész helyiség átlagos RH-járól, illetve hőmérsékletéről.



Termo-higrográfok rossz kihelyezési módja

Nagyobb terekben, ha van mód rá, kívánatos két vagy több mérőhely kialakítása. Tárlóban legjobb, ha középtábjában helyezük el a műszert, de erre az esetek többségében nincs lehetőség, így a tárló alaplapján, esetleg egy polcon, tárgy mellé tehetjük.



Példa a higrométer helyes kihelyezéséhez

FOLYAMATOS ELLENŐRZÉS

Amennyiben egy kiállítóhelyiségben vagy folyamatos munkavégzésre is használt raktárban rendszeresen ellenőrizni akarjuk a műtárgykörnyezeti paramétereket, a mérés történhet folyamatosan (adatrögzítő mérővel vagy termohigrográffal) vagy naponta egyszer-kétszer (például nyitáskor és kora délután), ugyanazon időben (higrométerrel és hőmérővel vagy termo-higrométerrel, illetve digitális kézi páramérővel), de időkorlát nélkül (például amíg áll a kiállítás). Amennyiben nincsenek nagy ingadozások, a napi leolvasás helyett a heti egy-kétszeri ellenőrzés is elegendő lehet. A műszerek elhelyezésével kapcsolatban lásd az előző részt.

Ha egy tárlóban akarunk folyamatos ellenőrzést végezni, higrométert és hőmérőt vagy termo-higrométert, illetve adatrögzítő műszert használhatunk. A leolvasás gyakorisága megegyezik a kiállítóhelyiségben végzett mérésekével. Mechanikus szerkezetek elhelyezésénél az esztétikai szempontok mellett vegyük figyelembe, hogy a tárló kinyitása nélkül kell az értékeket leolvasni!

Műtárgyszállítás során a ládába, a műtárgy mellé adatrögzítő mérőt helyezhetünk.

ESETENKÉNTI ELLENŐRZÉS

Értelemszerűen ebben az esetben olyankor mérünk, amikor változás következik be, például megindul a fűtés, beázik a helyiség stb. Az esetenkénti ellenőrzésre legalkalmasabb a kézi, digitális páramérő, illetve a kihelyezett higrométer és hőmérő vagy termo-higrométer, amelyekről az adott időben leolvashatók az értékek.

Milyen károsodásokat okozhat a nem megfelelő légnedvesség?

Egy-egy gyűjtemény tárgyai különböző módon és gyorsasággal „válaszolnak” a relatív páratartalom magas vagy alacsony voltára, illetve annak ingadozásaira.

A nem megfelelő légnedvesség káros hatásait az egyes műtárgyalkotó anyagokra vonatkozólag itt nem részletezzük, csak egy vázlatos összefoglalót adunk.

Az RH, illetve annak ingadozása – anyagtól függően – fizikai (például méret- és alakváltozás), kémiai (korrózió) és biológiai (általában fizikai és kémiai változások együtt) károsodást egyaránt okozhat.

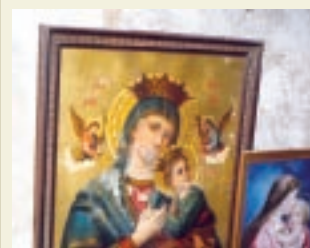
A tartósan magas (60–65 százalékos vagy a fölötti) páratartalom:

- Elősegíti a biológiai kártevők (algák,

gombák, baktériumok) megtelepedését és szaporodását, elsősorban a szerves anyagokon (papír, textil, fa stb.), de a helyiségek falán, a kőtárgyak felületén is.

- A víz felvétele duzzadást, méretnövekedést, deformációt, például hullámosodást, görbülést okoz a növényi vagy állati eredetű anyagokból készült tárgyakban (cellulóz- és fehérjetartalmú anyagok, például papír, fa, bőr stb.).
- Különböző szerves anyagokból felépülő tárgyak esetében – mivel azok különböző mértékben veszik fel a vizet – belső feszültségnövekedést, deformációt, szétesést eredményezhet.
- Réteges szerkezetű anyagok, például furnérozott bútor, elefántcsont esetében a rétegek szétválásához vezethet.

Néhány jellegzetes, magas RH mellett bekövetkező károsodás



Nedves falon, üveg alatt megpenészedett kép



Biológiai károsodás falfestményen



Penészfoltok régészeti vaskésen



Meghullámosodott oklevél



Rozsdafoltos vasbalta



„kivirágzott” bronzedény

- Elősegíti a fémek korrózióját.
- Feloldja (mobilizálja) a vízoldható sókat a falakban, valamint kő- és kerámiatárgyakban, azok pórusaiban.
- Elősegíti a régi üvegtárgyak átlátszatlanná válását.

A tartósan alacsony (30–35 százalékos vagy az alatti) páratartalom:

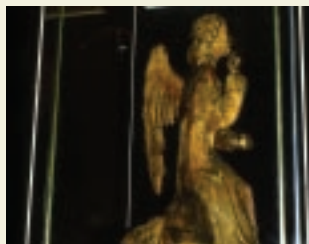
- Elősegíti a cellulózból, fehérjéből felépülő anyagok kiszáradását és törékennyé válását, zsugorodást idéz elő.
- Elősegíti a sók felületre vándorlását (ha azok nedvesség hatására, előzetesen feloldódtak a pórusokban) és sókivirágzást, „salétromosodást” okoz a falakban, a kő- és kerámiatárgyaknál, ez szerkezetgyengülést, a vakolat- vagy mázréteg leválását eredményezheti stb.

- A fa zsugorodásához, a fa szerkezetek elgörbüléséhez vezet.
- Előidézi a ragasztó- és kötőanyagok kiszáradását (ezáltal a ragasztás elenged, a festett rétegek leperegnek stb.).

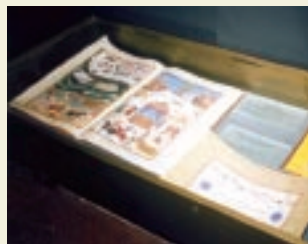
A relatív páratartalom ingadozása, különös tekintettel a gyors változásokra (például ötszázalékos RH-változás egy órán belül):

- Térfogat-növekedést, majd térfogatsökkenést okoz a nedvességre érzékeny anyagoknál (elgörbülés, megpedezés, díszítőrétegek leválása stb.).
- Korróziót idéz elő egyes fémek esetében, ha a páratartalom növekedésekor telítetté válik a környező levegő, és páralecsapódás, kondenzáció következik be.

Néhány jellegzetes, alacsony RH mellett bekövetkező károsodás



Megpedezett fa szobor



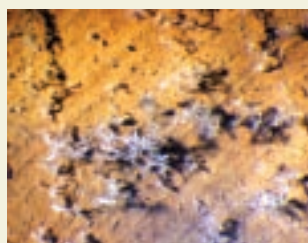
Elgörbült papír lapok



Eltöredezett selyem



Megpedezett festékréteg



Sókiválás mázatlan kerámián



Sókiválás és mázleválás mázas kerámián

Milyen károsodásokat okozhat a nem megfelelő hőmérséklet?

A hőmérséklet változása, amennyiben az az RH-ra nem gyakorol hatást (például egy nedves pincében, ahol biztosított a „víz-utánpótlás” vagy egy párasítóval vagy légszárítóval RH-stabilizált teremben, puffertolt tárlóban) közvetlenül csak kevés tárgyalkotó anyagot károsít, közvetve azonban igen nagy veszélyforrás lehet.

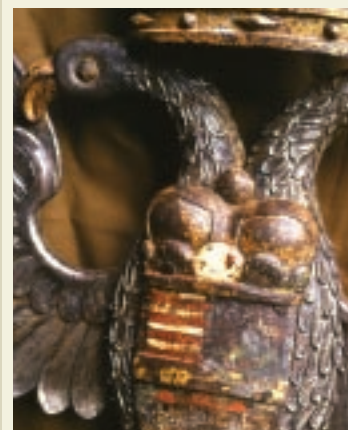
A hőmérséklet emelkedése elsősorban fizikai változásokat eredményez, a hőtágulás következtében nő az anyag térfogata, fajtánként más és más mértékben. Ez az egymástól nagyon eltérő mértékben táguló anyagokból összetett tárgyaknál okozhat károsodást, például festett fémtárgyaknál, fémhordozóra készült festményeknél, ahol a fém térfogata jóval nagyobb mértékben változik a hőmérséklet emelkedésekor,

mint a festékrétegé, ezért ez utóbbi megpedezik.

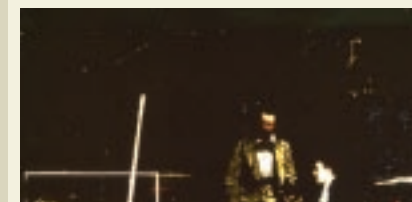
Egyes anyagok esetében (például viasz, zselatinréteg fotónegatívokon stb.) halmazállapot-változás is bekövetkezhet magasabb hőmérsékleten, az anyagok „megpuhulnak”. Hideg helyen viszont ugyanezek az anyagok törékennyé válnak, megpedeznek. A hőmérséklet emelkedése következtében képlékennyé válhat a bitumenes kötőanyag, ami mozgást eredményez a festékrétegben.

A legnagyobb problémát a hőmérséklettel kapcsolatban az okozza, hogy a hőmérséklet-növekedés elindíthat vagy meggyorsíthat különböző kémiai folyamatokat, így például a szerves anyagok (tárgyalkotók, kötőanyagok, lakkok stb.) öregedését, a celluloidfilmek bomlását, a tárgyak restaurálása során a kiegészítéshez, ragasztáshoz, bevonáshoz, átitatáshoz használt műanyagok öregedését stb.

Néhány hőmérséklet által okozott károsodás



Pergő festékréteg fémcégre



Megsötétedett Munkácsy festmény



Rideggé vált viasztárgyak

A FÉNY, AZ ULTRAIBOLYA ÉS AZ INFRAVÖRÖS SUGARAK

A világos, napsütötte kiállítóteremben a selyemzástlók töredeznék, a faliszőnyeg színei szemlátomást fakulnak, sötétedik a festmények lakkrétege. A fénycsövekkel megvilágított tárlóban elhalványul a tinta a kéziratokon, a papír barnulni kezd, a színpompás toll, himzés fokozatosan színt veszti.

Mindezeket a károsodásokat elsősorban a helytelen megvilágítás eredményezi.

Miből áll a fényforrásokból jövő „fény”?

A fényforrások (Nap, lámpák, fénycsövek stb.) úgynevezett elektromágneses sugarakat bocsátanak ki magukból. Ezen sugárzásoknak csak egy része maga a fény (látható elektromágneses sugárzás), más része az ultraibolya (Ultra Violet, rövidítve UV-), illetve az infravörös (Infra Red, rövidítve IR-) sugárzás (láthatatlan elektromágneses sugárzástípusok). Az elektromágneses sugarak „viselkedhetnek” hullámként és a térben terjedő részecskéként (idegen szóval korpuszkulákként) is. E sugárzások tehát energiát képviselnek. Minél nagyobb egy sugárzás hullámhossza, annál kisebb az energiája.

A FÉNY

A fény az emberi szem által érzékelhető elektromágneses sugarakból áll. Ezek hullámhossza színtől függően 400 és 750 nanométer között van. Az úgynevezett fehér fény a különböző színű fény sugarak keve-

réke (például a napfény). A különböző színű fény sugarak hullámhossza, következésképp energiája is különböző, a legnagyobb az ibolya, a legkisebb a vörös sugarak esetében.

Fontos!

Egy fényforrásból a műtárgyra jutó fény mennyisége a fényforrás és a műtárgy közötti távolság négyzetével arányosan csökken (reciprocitási törvény); tehát például ha a tárgyat a fényforrástól egy méter helyett két méterre helyezzük el, negyedannyi fényenergia jut a tárgy felületére.

AZ ULTRAIBOLYA SUGÁRZÁS

A szem által nem érzékelhető (láthatatlan) UV-sugarak hullámhossza körülbelül 10 és 400 nanométer között van. A fényforrások általában 200 és 400 nanométer közötti hullámhosszúságú UV-sugarakat bocsátanak ki (fényforrástípustól függően). Mivel e sugarak hullámhossza kisebb, energiájuk nagyobb a fény sugarakénál, ezért a fényérzékeny műtárgyak (lásd később) elsősorban az UV-sugárzás hatására károsodnak. A fényforrásokból jövő UV-sugárzás – a fény sugaraktól eltérően – nem veszít intenzitásából a fényforrástól távolodva.

AZ INFRAVÖRÖS SUGÁRZÁS

A fényforrások által keltett hőérzetet főként az infravörös sugarak okozzák. Az UV-sugarakhoz hasonlóan láthatatlan IR-sugarak hullámhossza széles tartományban, 750 és 100 000 nanométer között lehet.

A fényforrások (típustól függően) általában a közeli IR-tartományban, 750 és 3000 nanométer közötti hullámhosszú IR-sugarakat bocsátanak ki. Az IR-sugarak hullámhossza nagyobb, mint a fény sugaraké, ezért kisebb energiájúak. Elsősorban a hőre érzékeny műtárgyakat károsítják, illetve zárt térben (például egy tárlóban) befolyásolják az RH-t.

Fényforrások a múzeumban

Múzeumi helyiségek megvilágítására természetes és mesterséges fényforrások szolgálnak. Természetes fényforrás a Nap, amelynek sugarai közvetlenül vagy az égboltról, a felhőkről visszaverődve a különböző nyílászárókon át jutnak be a múzeum belső terébe. A mesterséges fényforrások az izzólámpák, fénycsövek, reflektorok, üvegszálóoptika stb., amelyek a raktárak, kiállítótermek, tárlók megvilágítására szolgálnak. Ebbe a csoportba tartoznak a műtárgyak fotózásakor, filmezésekor használatos villanók, halogénlámpák stb. is.

A NAPFÉNY

A Nap tulajdonképpen egy izzó anyagtömeg, amelynek belső hőmérséklete körülbelül 11 millió Celsius-fok, látható felületén körülbelül 6000 Celsius-fok. Az izzó anyag energiát bocsát ki magából, amely elektromágneses sugárzás formájában jut el a Föld felszínére. A Földre érkező nap-sugárzásnak körülbelül a fele látható, a többi infravörös és ultraibolya sugárzás. A Napból eredő sugárzás összetétele nagymértékben függ az évszaktól, a napszaktól, a magasságtól, a levegő páratartalmától és szennyezettségétől.

Figyelem!

A Nap a műtárgyakra nézve a legveszélyesebb fényforrás, mivel mindhárom elektromágneses sugárzástípusból nagyon nagy mennyiséget bocsát ki.

IZZÓLÁMPÁK

Az izzólámpában az elektromos áram nagy ellenállású fémhuzalon (általában wolframszál) halad át, és eközben felmelegíti, felizzítja azt. Az izzó fémszál a felvett energiát elektromágneses sugárzás formájában bocsátja ki. Az izzólámpa által kibocsátott összes energia nagyjából IR-sugárzás (hő), a többi fény, illetve UV-sugárzás – típustól függően más és más mennyiségben. A hagyományos „villanykörték” UV-kibocsátás szempontjából műtárgybaráttnak mondhatók, de halogén izzók használata esetén már gondoskodni kell a nagyon káros UV-sugárzás kiszűréséről. Az úgynevezett UV-stoppos változataik értelem szerűen csak kis mennyiségű – de esetenként a műtárgyra még káros – UV-sugárzást bocsátanak ki.

Figyelem!

Az izzólámpák erősen felmelegítik környezetük levegőjét, így ha például zárt térben (tárlóban) működtetjük őket, akár 15-20 százalékos RH-csökkenést is eredményezhetnek!

FÉNYCSÖVEK

A fénycső két végében elhelyezett wolframszál a rajta áthaladó elektromos áram hatására felizzik, részecskéket bocsát ki, amelyek a csőben lévő fémgőz részecskéivel ütközve azoknak energiát adnak át, gerjesztik azokat. A gerjesztett részecskék

az energiát UV-sugárzás formájában adják le. Ezt az UV-sugárzást alakítja át fénné a cső belső bevonata. A fénycsövek által kibocsátott összes energia (típustól függő arányban) fény, illetve IR- és nagyobb mennyiségű UV-sugárzás. A fénycsöveknél is ismeretes már UV-stoppos változat.

Figyelem!

A hagyományos fénycsövek tekinthetők az egyik legveszélyesebb mesterséges fényforrásnak UV-kibocsátás szempontjából.

EGYÉB FÉNYFORRÁSOK

A műtárgyak fotózásakor, a múzeumi filmezések során, televíziós felvételek készítésekor villanót (vaku), reflektorokat stb. használnak a műtárgyak megvilágítására. Ezekkel részletesen nem foglalkozunk, csak arra hívjuk fel a figyelmet, hogy e fényforrások a nagy mennyiségű fény mellett általában sok (a műtárgyak szempontjából nagyon veszélyes) UV-sugárzást is kibocsátanak.

A fény, az ultraibolya és az infravörös sugárzások tárgyat érő mennyiségének mérése

A műtárgyra jutó elektromágneses sugárzások összességének károsító hatására kaphatunk felvilágosítást az úgynevezett „kék skála” (Blue Wool) teszt elvégzésével. A vizsgálat azon alapul, hogy a megvilágított helyre (például tárlóba, falra) a fényforrásból jövő elektromágneses sugárzás hatására fakuló, kék színezékekkel színezett gyapjúszövet csíkokat helyezünk, amelyeknek egy részét letakarjuk.

A megvilágított terület fakulásából lehet következtetni arra, hogy milyen károsodást okozhat egyes anyagokban a fény, az UV- és az IR-sugárzás, ha az adott helyen az adott körülmények között állítjuk ki. Magyarországon, múzeumi területen ezt a módszert nemigen használjuk, inkább műszeres méréseket végzünk. Ennek során a három, a műtárgyakat különböző mértékben károsító sugárzást más-más eszközzel mérjük.

FÉNYMÉRÉS

A fényforrásból a mérés helyére jutó fény mennyiségét luxmérővel mérjük. Ez régi mértékegységben, lumen/négyzetméterben (lm/m^2), azaz luxban adja meg a megvilágítás mértékét. A luxmérő lehet önálló műszer, de forgalmazzák egybeépítve az UV-, illetve az IR-sugárzás (hőmérséklet) mérésére alkalmas egységekkel is. A mérés során a készülék fotocellájának (érzékelőrésszékének) a műtárgy síkjában, a fényforrás felé kell elhelyezkednie.



Hagyományos luxmérő

A luxmérőket – típustól függően – hosszabb-rövidebb időszakonként ellenőriztetni, szükség szerint kalibráltatni kell. Erre vonatkozólag a készülékekhez mellékelt használati utasítás tartalmaz információt.

AZ ULTRAIBOLYA SUGÁRZÁS MÉRÉSE

Az UV-mérők milliwatt/négyzetméterben (mW/m^2) adják meg a sugárzás mennyiségét. A múzeumi célra kifejlesztett műszerek ezt – a gyorsabb és egyszerűbb ellenőrzés végett a fényre vonatkoztatva adják meg, mikrowatt/lumenben ($\mu\text{W}/\text{lm}$). Van olyan műszer, amely mindkét értéket kijelzi. Az UV-mérő – a fény mérésére alkalmas luxmérőhöz hasonlóan – lehet önálló műszer, de ismeretesebb fény- és IR-mérővel egybeépített változatai is. A mérés módja megegyezik a fény mérésénél leírtakkal.

Ellenőrzésükre-kalibrálásukra ugyanaz vonatkozik, mint a luxmérőkére.



Múzeumi célra gyártott UV-mérő

Kombinált mérő (UV-mérési üzemmódban)

AZ INFRAVÖRÖS SUGÁRZÁS MÉRÉSE

Az IR-sugárzás mérésére közönséges hőmérőt (vagy digitális kézi műszert) használunk.

A fénymérés megtervezése és kivitelezése

(Mikor, hol és mivel mérjük?)

Egy új kiállítás, raktárhelyiség vagy tártó műtárgyvédelmi szempontból megfelelő világításának megtervezését általában erre szakosodott szakember végzi. A már meglévő világítási rendszerek ellenőrzése azonban a múzeumi dolgozók feladata lehet, amennyiben erre megvan a megfelelő műszer.

TÁRLÓK VILÁGÍTÁSÁNAK ELLENŐRZÉSE

A fényre és UV-sugárzásra érzékeny műtárgyakat (lásd 1. táblázat) bemutató kiállítási tárlóinkba, a tárgy helyére tesszük a mérőműszert/mérőműszereket, és ellenőrizzük, hogy a mesterséges és/vagy természetes fényforrásokból a felületre jutó energia nem haladja-e meg az előírt értékeket (ezeket szintén az 1. táblázatban adjuk meg). Elektronikus kézi műszer (luxmérő és UV-mérő vagy kombinált mérő) alkalmas a feladat elvégzésére.

Célszerű a méréseket napos és borult időben, különböző évszakokban is megismételni.

Ha a napközbeni változásokra is kíváncsiak vagyunk, használjunk adatrögzítő műszert, amelyet a tárgy elé vagy, ha lehetséges, a helyére rakjunk.

KIÁLLÍTÓTERMEK, RAKTÁRAK VILÁGÍTÁSÁNAK ELLENŐRZÉSE

Egy kiállításon célszerű elsősorban azokon a helyeken mérni, ahol fényérzékeny tárgyakat mutatunk be.

A raktárakban elsősorban a természetes fénynek kitett, nem letakart tárgyaknál, illetve a mesterséges fényforráshoz közel eső helyeken célszerű a megvilágítási szintet ellenőrizni.

A mérés módjára mindkét esetben ugyanazok vonatkoznak, mint azt a tárlóknál ismertettük.

A fény, az ultraibolya és az infravörös sugarak káros hatása a műtárgyakra

A különböző fényforrásokból – ahogyan az előzőekben láttuk – különböző mennyiségű fény, UV- és IR-sugárzás jut a műtárgyak felületére. A sugarak egy része visszaverődik, más része elnyelődik. Az elnyelt sugarak által képviselt energia okozza az úgynevezett fényérzékeny tárgyak károsodását. Az elektromágneses sugarakban terjedő energiát a tárgy anyagrészcskéi (az atomok vagy a molekulák) átveszik, azaz gerjesztődnek, majd a felvett energiát leadják. Ez három módon történhet: hőleadás, fénykibocsátás vagy úgynevezett fotokémiai reakció útján.

Az első esetben a tárgy felmelegszik a megvilágítás hatására. A hőmérséklet emelkedése, ahogy ezt korábban láttuk, a tárgy és környezete között lejátszódó kémiai folyamatokat felgyorsítja, illetve bizonyos esetekben halmazállapot-változást vagy egyéb fizikai károsodást okoz (lásd fentebb).

A második esetben, ha a felvett energiát az anyag egy másodpercnél rövidebb időn belül bocsátja ki fény formájában, fluoreszcenciáról (például a fénycsövek belső bevonata), ha a fénykibocsátás hosszabb ideig tart, foszforeszkálásról beszélünk. A tárgy anyagát a folyamat nem károsítja. A harmadik eset a legveszélyesebb a fényérzékeny anyagból készült tárgyakra nézve. Ha az elnyelt sugárzás energiája elég nagy (UV-, illetve kis hullámhosszú fény-sugarak esetén), az energiafelvétel a molekulákban az atomokat összetartó vagy a molekulák között lévő kötések felszakadásához vezethet. Kiseb energiájú sugárzás hatására az energiát felvett (gerjesztett) molekula környezetének anyagaival (oxigénnel, vízzel stb.) reakcióba léphet, új termék keletkezhet. Mind a kötések felbomlása, mind pedig a gerjesztett molekulák reakciói fotokémiai folyamatok, az UV-sugarak, illetve a fény hatására végbemenő kémiai változások.

Fontos!

A megvilágítás során a tárgyra jutó energia halmozódik (akkumulálódik) a műtárgy anyagában. Egyszeri, rövid ideig tartó, nagy energiájú (nagy intenzitású) megvilágítás okozhat ugyanolyan károsodást, mint egy hosszabb időtartamú, alacsony szintű megvilágítás; tehát például egy filmmezés során a félorás, reflektoros megvilágítás alatt akumulálódhat többheti megvilágításnak megfelelő energia egy műtárgyban.

Néhány jellegzetes, a rossz megvilágítás hatására bekövetkezett műtárgy-károsodás



Kifakult, egykor nemzeti színű zászló



Színét vesztett nyomtatás



Elhalványodott színesceruza-rajz, fény hatására megsárgult papíron, elsárgult, előregedett ragasztószalaggal rögzítve

A műtárgyalkotó anyagok besorolása fényérzékenységi szempontjából

A műtárgyalkotó anyagok különböző módon reagálnak a fényforrásokból rájuk jutó elektromágneses sugarakra.

A tárgyalkotó anyagok alapvetően három csoportba sorolhatók fényérzékenységi szem-

pontjából (lásd az 1. táblázatot). Az egyes kategóriákra vonatkozóan meghatározták, hogy mennyi az a maximális fényenergia-mennyiség, amely a megvilágítás által az anyagot érheti egy év alatt anélkül, hogy jelentősebb károsodást okozna. Ebből szármolták ki a megvilágítás mértékét, naponként maximum nyolc-kilenc órás megvilágítást véve alapul (lásd az 1. táblázatot).

1. táblázat

A leggyakoribb műtárgyalkotó anyagok besorolása fényérzékenységi szempontjából

Kategória	Anyagfajták	Évi megvilágítás (lux)	Megvilágítás mértéke (lux óra)
Igen fényérzékeny*	akvarellek, miniatúrák, kéziratok (tinták), nyomatok, rajzok, pasztellek, papirusz, toll, színes fotók, textiliák, festett bőr, pergamen stb.	maximum kb. 150 000	maximum kb. 50–60
Közepesen fényérzékeny**	festmények (tábla- és vászonképek, tempera-, illetve olaj), festett fa- és kőszobrok, fatárgyak, szaru, csont, elefántcsont, fekete-fehér fotók stb.	maximum kb. 600 000	maximum kb. 200–240
Fényre nem érzékeny	festetlen kő, kerámia, üveg, fém	elvileg korlátlan	elvileg korlátlan

* A nemzetközi szakirodalomban ezt a kategóriát tovább osztják, megkülönböztetve különösen érzékeny és nagyon érzékeny anyagfajtákat.

** Ebbe a kategóriába tartozik a restaurálásnál használt műanyagok, ragasztók stb. nagy része és a hasonló, kiállításépítésnél alkalmazott segédanyagok.

Fontos!

A táblázat adatai mindössze nyolc-kilenc óras, mesterséges megvilágítás esetén érvényesek! Amennyiben a kiállítóterem vagy raktár ablakán keresztül természetes fény jut a műtárgyra, figyelembe kell venni, hogy késő tavasszal, nyáron és kora ősszel a „világos” órák száma nagyon megnő, következésképp a megvilágítás mértéke csökkentendő.

Amennyiben egy fényre nem érzékeny tárgyat ragasztottak, kiegészítettek, bevontak, ez automatikusan egy kategóriával előbbre sorolódik, tehát fényre közepesen érzékenyé válik.

Általános alapelvként kimondható, hogy az első és második kategóriába tartozó anyagok az UV-sugárzásra fokozottan érzékenyek, tehát ezek környezetében az UV-sugárzást körülbelül 10 mW/m^2 (egyészakirodalmi források szerint 20 mW/m^2) alatti értékre vagy $75 \text{ } \mu\text{W/lm}$ (egyészakirodalmi források szerint $25 \text{ } \mu\text{W/lm}$) alá kell csökkenteni.

A megvilágítás során a fényforrást úgy kell elhelyezni, hogy a műtárgy felületén mért hőmérséklet ne emelkedjen, ha a világitást bekapcsoljuk.