



# HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont

## Múzeumi állomány védelme ionizáló sugárzás alkalmazásával

Nagy Hedvig Éva<sup>1</sup>, Tóth Tünde<sup>2</sup>, Kovács András<sup>3</sup>, Völgyesi Péter<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> HUN-REN EK Sugárbiztonsági Laboratórium

<sup>2</sup> HUN-REN EK Műszaki Tudományos Szakértői Szervezet

<sup>3</sup> HUN-REN EK Atomenergia Mérnökiroda Kft.

Kutatás. Innováció. Hatás.



- NAÜ koordinált kutatási program:  
„Kulturális örökség műtárgyainak kártevőmentesítése ionizáló sugárzás alkalmazásával (2023 – 2028)” a HUN-REN EK és 15 tagország részvételével.
- Célja: Gamma- és elektron besugárzási technológiák ismertetése, bevezetése, elterjesztése és rendszeres alkalmazása Magyarországon.

HUN-REN EK feladata a projekttel összefüggésben:

**Módszer hazai elterjesztése, rendszeres alkalmazása**

1. Nemzetközi irodalom, gyakorlat áttekintése
2. Műtárgyak kezelése ionizáló sugárzással
3. Ismeretterjesztő munka



*XVIII. Század végi Szent Mihály arkangyal szobor a besugárzóban (Izotóp Intézet Kft. félüzemi gamma besugárzó berendezése)*

IAEA RADIATION TECHNOLOGY SERIES No. 6



Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation

2017



Alapismeretek az ionizáló sugárzások állományvédelmi alkalmazásával kapcsolatban (felhasználási területek, kezelési dózisosok, stb.)

Ionizáló sugárzás gyakorlati alkalmazásának bemutatása, konkrét javaslatok, szakértői útmutatás, átfogó tanulmány.



Esettanulmányok, nemzetközi példák:

- Románia (Horia Hulubei National Institute for Physics and Nuclear Engineering)
- Franciaország (ARC-Nucléart) ,
- Horvátország (Ruđer Bošković Institute)
- Brazília (Nuclear and Energy Research Institute — IPEN)
- Stb.



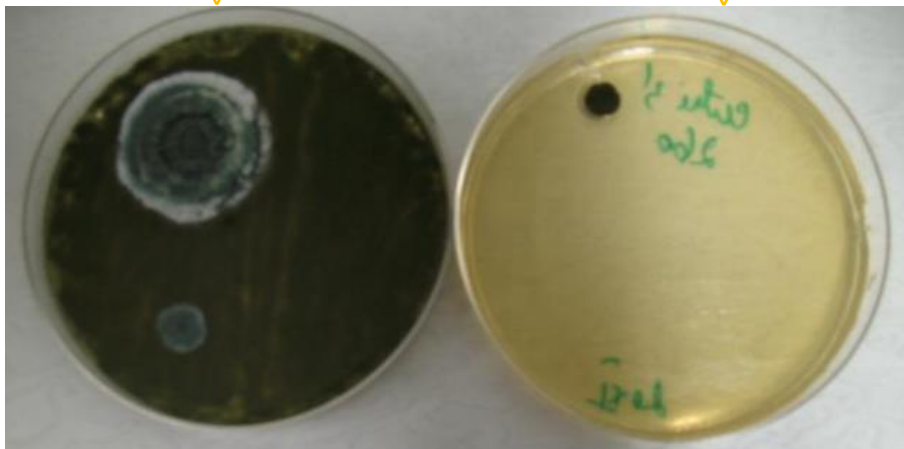
Best Practices in the Disinfection of Cultural Heritage Artefacts and Archives Using Ionizing Radiation



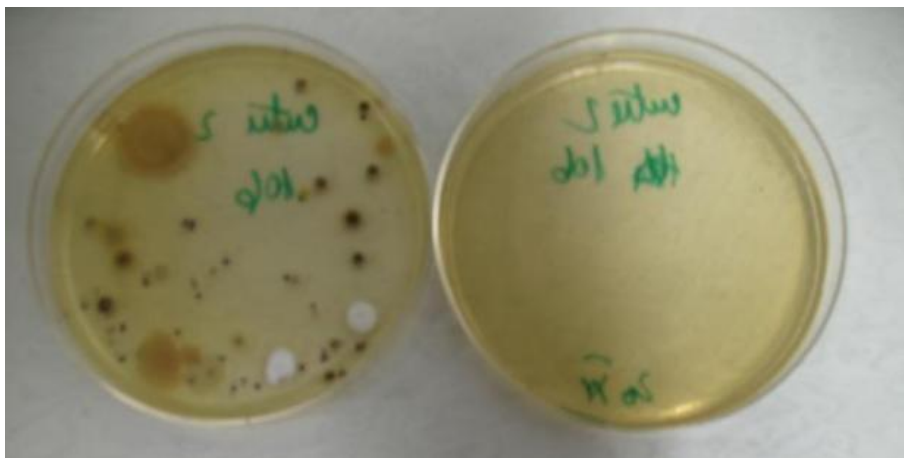
2025

## Ionizáló sugárzás biocid hatású

Besugárzás előtt

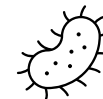


Besugárzás után



### Leggyakoribb növényi és állati kártevők:

- Mikroorganizmusok
- Penészgomba fajok (pl.: *Aspergillus*, *Penicillium* fajok)
- Rovarok: fatetvek (pl.: portetű, könyvtetű), porvák (pl.: múzeumbogarak), álszúk (pl.: bútorbogarak), ruhamoly



### Ionizáló sugárzással kezelhető anyagok:

- Papír, pergamen (pl.: penésszel fertőzött archív levéltári könyvek, folyóiratok)
- Fa (pl.: szú által megrongált múzeumi műtárgyak, bútorok, szobrok, hangszerek, ikonok)
- Textil, bőr, prém (pl.: szőnyegek, történelmi ruhák)



Elszíneződés miatt nem kezelhető: üveg, borostyán, drágakövek, elefántcsont, márvány

2 kGy



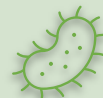
rovarok

4-10 kGy



gombák (penész)

5-20 kGy



mikroorganizmusok

Kezelési dózis megválasztását befolyásolhatja:

- Fertőzés, szennyezés mértéke
- Műtárgy anyaga, kora, állapota

Alkalmazott kezelési dózis: 3-5 kGy

*Sterilezés: 25 kGy*

*Ember félhalálos dózisa (LD50/30): 4-5 Gy*

Dozimetriai ellenőrzés: alkoholos klórbenzol oldattal

*Oltárkövek fa keretben a Boldog Gizella Főegyházmegyei Gyűjteményből*



Előnyök:

- Gyors, tömeges kezelés.
- Körültekintően megválasztott kezelési dózis mellett széleskörű felhasználás.
- A jelenleg leggyakrabban alkalmazott gázzal történő fertőtlenítő módszerekkel (etilén-oxid, formaldehid) szemben kevésbé káros a környezetre.
- Rendelkezésre álló tapasztalat (egészségügyi sterilizálás gamma sugárzással több, mint 50 éve, kulturális örökség megőrzése pár évtizede).

Korlátok:

- Szállítás
- Méret (nem szabvány formák)
- Kezelés utáni tárolási körülmények



*Evangélikus Országos  
Gyűjtemény Múzeum könyvei a  
besugárzóban  
(Izotóp Intézet Kft. félüzemi  
gamma besugárzó berendezése)*



*Boldog Gizella  
Főegyházmegyei Gyűjtemény  
szobrának szállítása*

## Gamma besugárzó (Co-60) Izotóp Intézet Kft.

- Nagy áthatolóképesség (szobrok, nagy tárgyak kezelésére is alkalmas)
- Kisebb dózisteljesítmény, hosszabb besugárzási idő



*Pécsi Püspökségről származó textilek kezelése a besugárzóban (dobozokban)  
(Izotóp Intézet Kft. félüzemi gamma besugárzó berendezése)*



*Pécsi Püspökség milleniumi stólájának kezelése az elektrongyorsítóban (HUN-REN EK 4 MeV energiájú lineáris elektronbesugárzó berendezése)*

## Lineáris elektrongyorsító HUN-REN EK (4 MeV)

- Kisebb behatolási mélység (textilek, papírok kezelése)
- Nagy dózisteljesítmény, rövidebb besugárzási idő

Az Izotóp Intézet Kft. gamma besugárzó berendezése  
Félüzemi Co-60 gamma besugárzó (3.7 TBq)

K+F tevékenység

- Környezetvédelmi eljárások (pl.: szennyvíz kezelés)
- Kulturális örökségvédelem
- Dozimetriai kutatások
- Műanyag hulladék hasznosítása

Dozimetriai fejlesztés

- Etanol-klórbenzol doziméter (gamma-/elektron-/röntgen sugárzás)
- Kiértékelési eljárások (vezetőképesség mérés, oszcillometria)
- NAÜ dozimetriai összemérési vizsgálatok

Besugárzási eljárások:

- Orvosi eszközök sugársterilizációja
- Élelmiszerek besugárzása
- Öregedésvizsgálatok

A HUN-REN EK lineáris elektrongyorsítója  
4 MeV

K+F tevékenység

- Környezetvédelmi eljárások (pl.: szennyvíz kezelés)
- Kulturális örökségvédelem
- Dozimetriai kutatások
- Műanyag hulladék hasznosítása

Dozimetriai fejlesztés

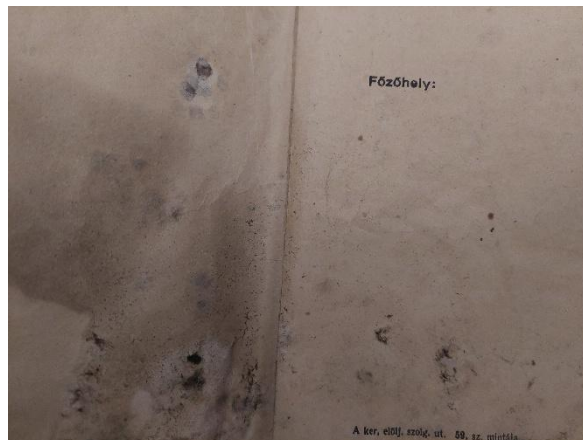
- Alanin vizes oldat (vezetőképesség mérési eljárás)
- Etanol-klórbenzol doziméter
- Besugárzási hőmérséklet hatásának vizsgálata – B3 film
- Kis energiájú polisztirol kaloriméterek alkalmazhatósága
- NAÜ dozimetriai összemérési vizsgálatok

- Heterotróf élőlények: más élő vagy elhalt szerves anyagokat enzimek segítségével lebontanak, és oldatok formájában veszik föl a tápanyagokat
- Gombák számára a legjobb szénforrást a szénhidrátok jelentik, pl. cellulóz - táplálékként való hasznosíthatóság érdekében le tudják bontani
- A gombák növekedéséhez legmegfelelőbb körülmények: 24–30 °C hőmérséklet, 65–80 % relatív légnedvesség-tartalom és enyhén savas, 5,5 körüli pH, de egyes fajok 0 °C alatt is növekedni kezdenek

Növekedésükkel közvetlenül és közvetetten is kárt okoznak a műtárgyakban



- Elfedhetik az alattuk lévő szöveget, rajzot, képet
- A gombafonalak az anyag szerkezetét is képesek károsítani

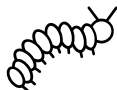


- Növekedésük során savas anyagcseretermékeket és színezékeket hagynak hátra az anyagon.

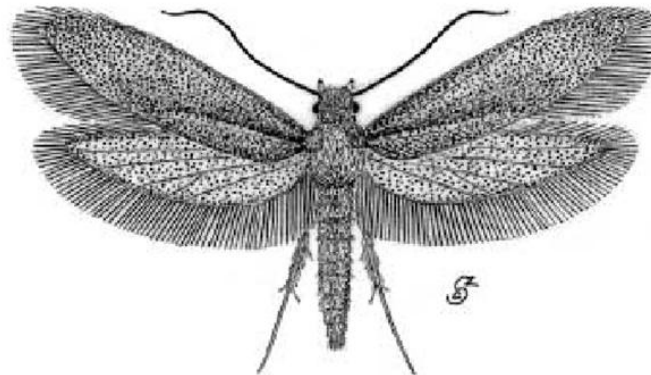


A hernyó (lárva) állati eredetű, keratint tartalmazó anyagokat károsít és a táplálékául szolgáló anyagból készített fonadékcsőben él.

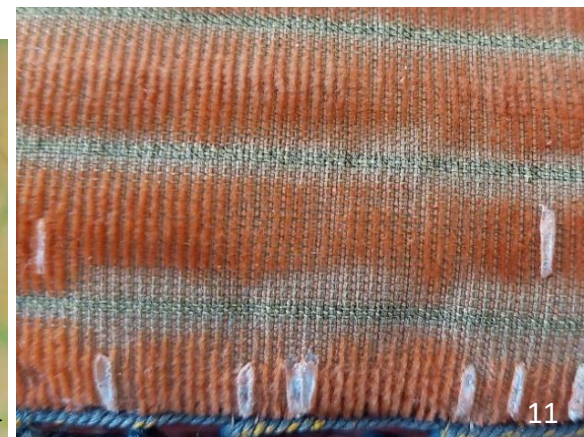
Az ionizáló sugárzás minden fejlettségi állapotban elpusztítja a molyokat.



Ruhamoly  
*Tineola bisselliella* (Hummel, 1823)



Szárnyfesztávolság: 12–16 mm



1. Műtárgyak kicsomagolása, szemrevételezése, fertőzöttség vizuális megfigyelése, dokumentálás (fényképek készítése, leltári számok egyeztetése);
2. Műtárgyak átcsomagolása (minél jobban kitöltse a rendelkezésre álló teret, sűrűség), azonos kezelési dózist igénylő anyagok, feliratozás;
3. Szállítás, doziméterek elhelyezése;
4. Kezelés – besugárzás( 3-5 kGy);
5. Ideiglenes tárolás, megfigyelés;
6. Szállítás, végleges tárolás (megfelelő tárolási körülmények!!!)

Palástok, vánkосok, stólák, szőnyegek,  
függönyök stb.  
selyem, gyapjú, pamut, fémfonal,  
szalma, hermelin...

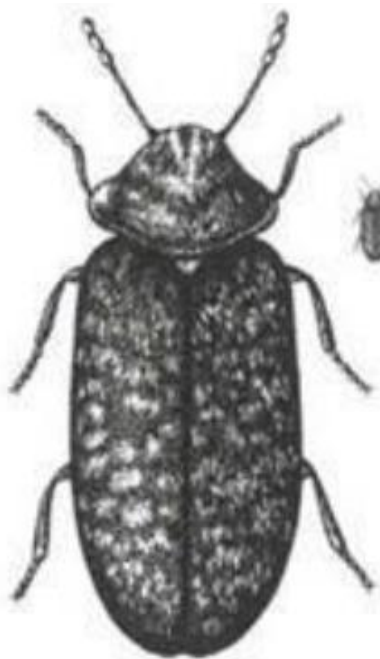


Optikai mikroszkóppal készített felvétel, gyapjú stóla



David Pinniger: Integrált kártevő-mentesítés  
(IPM) a kulturális örökségben,  
Néprajzi Múzeum, 2022

Actual size



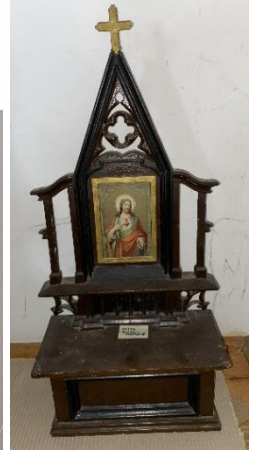
## Kis kopogóbogár

- 3-5 mm hosszú sötétbarna bogarak
- a tavaszi-nyári hónapokban az általuk kirágott kicsi, köralakú (1,5-2 mm átmérőjű) kirepülőnyílásokból bújnak elő
- Ahogy kirepülnek vagy kimásznak, furatliszt és lárvaürülék potyoghat ki a lyukakból
- A lárvák teljes kifejlődése két-három év alatt megy végbe, a fa típusától, a hőmérséklettől és a nedvességtartalomtól függően

## Nagy álszú

- Faanyagok egyik legismertebb kártevője
- Főleg történelmi épületekben található, régi faanyagot kedveli
- A lárvák kifejlődése 5-10 évig tart, évekig folytatják az adott tárgy károsítását, egészen addig, amíg azt nem kezelik
- A felnőttek kirepülő nyílásai nagyok, átmérőjük 3 mm-ig terjedhet





- Műtárgyak és régészeti emlékek állagának megóvása ionizáló sugárzással
- Tudományos ülés a HUN-REN EK szervezésében
- 2023.11.21., HUN-REN EK telephely, Budapest



## MEGHÍVÓ

Tisztelettel meghívjuk a  
**Műtárgyak és régészeti tárgyak állagmegóvása ionizáló sugárzással**  
 c. tudományos ülésre, melyre  
 a Magyar Kutatási Hálózat Energiatudományi Kutatóközpontjában (HUN-REN EK) kerül sor  
**2023. november 21-én.**

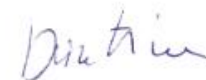
### Az ülés napirendje

- |               |  |
|---------------|--|
| 8.45 – 9.00   | Regisztráció   |
| 9.00 – 10.00  | Megnyitó: Dr. Horváth Ákos, Főigazgató   |
|               | A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Európai Regionális Sugártechnológiai Programjának bemutatása: Dr. Kovács András, (HUN-REN EK)             |
|               | Kulturális javak védelme Magyarországon: Dúzs Krisztina, (Magyar Nemzeti Múzeum)   |
| 10.00 – 10.15 | Kávészünet   |
| 10.15 – 12.15 | <b>Műtárgyak és régészeti emlékek állagának megóvása ionizáló sugárzás alkalmazásával: Dr. V. Moise, (IFIN-HH, IRASM, Bukarest, Románia)</b> |
| 12.15 – 14.00 | Ebédészünet  |
| 14.00 – 15.30 | Az Izotóp Intézet Kft. gamma besugárzó berendezésének és a HUN-REN EK lineáris elektrongyorsító berendezésének meglátogatása                 |
| 15.30 – 16.00 | Záró gondolatok: Dúzs Krisztina és Dr. Völgyesi Péter  |

Helyszín: Energiatudományi Kutatóközpont, (XIX. épület, fszt. konferencia terem)  
 1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.



Dr. Kovács András  
 tudományos tanácsadó  
 Energiatudományi Kutatóközpont



Dúzs Krisztina  
 főrestaurátor, állományvédelmi referens  
 Magyar Nemzeti Múzeum

1. Szakmai látogatások - restaurátorok, muzeológusok, állományvédelmi szakértők részvételével (folyamatosan).
2. Meghívott előadás az Egyházi Muzeológusok Egyesülete és a Magyar Egyházi Levéltárosok Egyesülete 2024. évi vándorgyűlésén.
3. Kamarakiállítás a Pécsi Püspökség ionizáló sugárzással kezelt műtárgyaival és a módszert bemutató poszterrel a Janus Pannonius Múzeum által szervezett Múzeumutca Plusz 2024 rendezvényen a Püspöki KincsTár-ban.
4. Ismertető tábla a módszerről egy ionizáló sugárzással kezelt és kiállított műtárgy mellett.



*A Pécsi Püspökség munkatársaival összeállított kamarakiállítás 2024-ben.*

**ÉRDEKESSÉG! GONDOLTA VOLNA?**

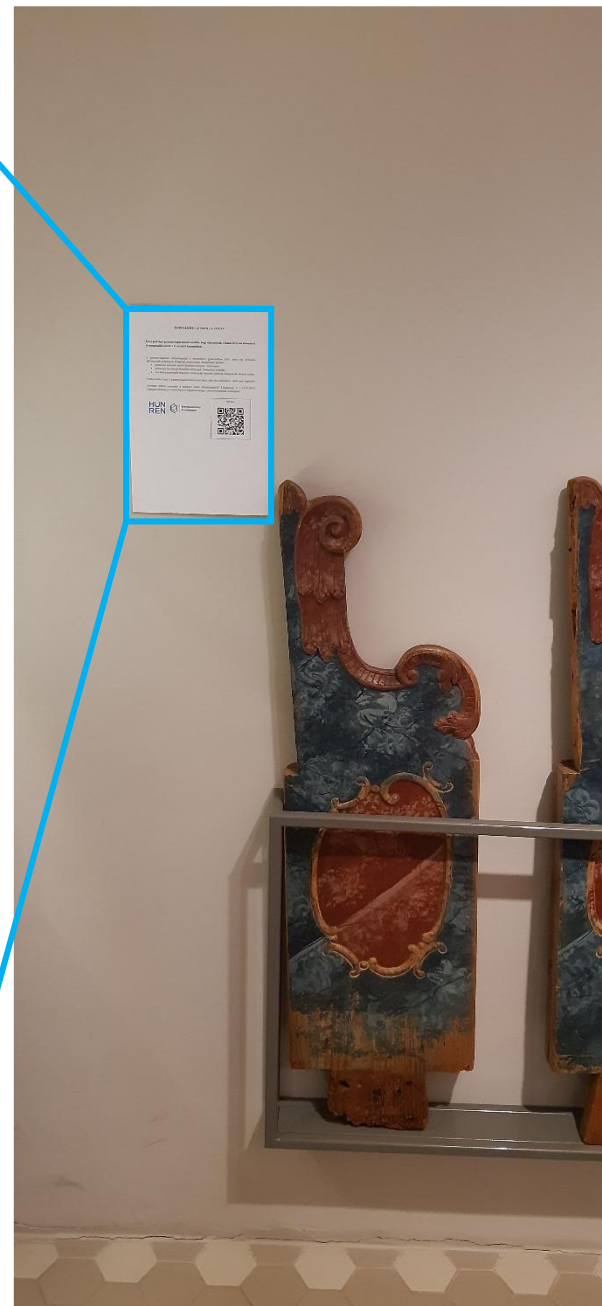
**Ezt a padvéget gamma-sugárzással kezelték, hogy elpusztítsák a benne lévő szú állományt és megakadályozzák a fa további károsodását.**

A gamma-sugárzás technológiáját a nemzetközi gyakorlatban több, mint egy évtizede alkalmazzák műtárgyak állagának megóvására, használható például:

- penésszel fertőzött archív levéltári könyvek, folyóiratok;
- ruhamoly lárvájával fertőzött szőnyegek, történelmi textíliák;
- szú által megrongált múzeumi műtárgyak, bútorok, szobrok, hangszerek, ikonok esetén.

Fontos tudni, hogy a gamma-sugárzással kezelt tárgy nem lesz radioaktív, tehát nem sugárzik!

Szeretne többet megtudni a módszer hazai alkalmazásáról? Látogasson el a HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont Sugárbiztonsági Laboratóriumának honlapjára!

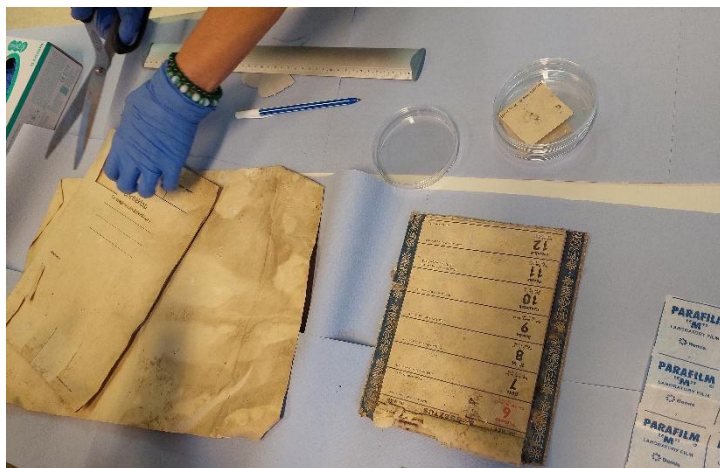


XVIII. századi templomi padvég  
(Evangélikus Országos Gyűjtemény Múzeum)



- Kezelés hatékonyságának vizsgálata
  - Együttműködés az ELTE TTK Mikrobiológiai Tanszékével
  - Az eddigi penészes papírokról vett mintákból gombát kitenyészteni nem sikerült, valószínűleg a sejtek/penész-spórák már nem voltak életképesek, a baktériumok száma egyértelműen (kb. a felére) csökkent 5 kGy hatására, 8 és 10 kGy után nem voltak élő sejtek.
  - Rovarfertőzés esetén a hatékonyság ellenőrzésére röntgen illetve CT vizsgálatok (pl.: kirepülő nyílás kezelés előtt, kezelés után).
- Ionizáló sugárzás hatásainak vizsgálata az anyagban
  - Lehetséges színváltozások vizsgálata
  - Papírok szerkezetében bekövetkező változások vizsgálata (FTIR, EPR, polimerizációs fok)

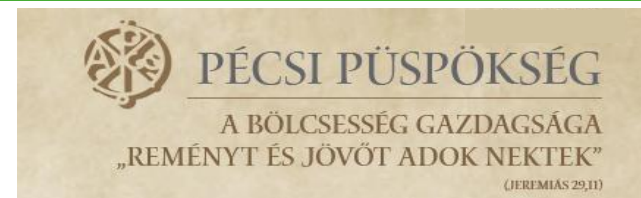
*Destruktív mintavétel  
mikrobiológiai vizsgálathoz*



*Photobox alkalmazása  
esetleges színváltozás  
vizsgálatához*



1. Pécsi Egyházmegye, Pécsi Püspökség
2. Budapest Főváros Levéltára
3. Budapesti Történeti Múzeum (Kiscelli Múzeum)
4. Székesfehérvári Egyházmegyei Múzeum
5. Székesfehérvári Püspöki Könyvtár
6. Evangélikus Országos Gyűjtemény Múzeum
7. Duna Múzeum Magyar Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeum
8. Veszprémi Érsekség, Boldog Gizella Főegyházmegyei Gyűjtemény
9. Siklói vár



Székesfehérvári Egyházmegye



VESZPRÉMI ÉRSEKSÉG  
*Őseink hite a jövő reménye*



SIKLÓSI VÁR  
Történelmi élmények a várfalak között

- A programhoz való csatlakozásunk (2023) óta több, mint száz műtárgy ionizáló sugárzással történő kezelését végeztük el:
  - Szúval fertőzött fa tárgyak a 18. 19. és 20. századból (templomi padok, szobrok, házioltár, zászlórúd, mosóteknő, mosódeszka, képkeret stb.)
  - moly által károsított textilek a 19. és a 20. századból (függöny, vánkos, szőnyeg, palást, stóla stb.),
  - penésszel szennyezett archív dokumentumok, könyvek a 19. és a 20. századból (köztük bársony- és bőrkötéses, csonttal díszített példányok).
- Az ionizáló sugárzással történő kártevőmentesítés gyors, a rovarokat minden fejlettségi állapotban elpusztítja és megfelelően megválasztott kezelési körülmények mellett széleskörű felhasználásra alkalmas (fa, textil, bőr, kerámia, papír, pergamen stb.).
- A kezelések mellett ismeretterjesztő munkát végzünk, hogy a módszer lehetősége minél több érintetthez (restaurátorok, állományvédelemmel foglalkozó szakemberek) eljusson.



# Köszönjük a figyelmet!

Együttműködő partnereinknek köszönjük  
a lehetőséget és a bizalmat!

A gamma-besugárzásokat köszönjük  
Papp Zoltánnak!

*nagy.hedvig.eva@ek.hun-ren.hu*

*toth.tunde@ek.hun-ren.hu*

*akovacs.iki@gmail.com*

*volgyesi.peter@ek.hun-ren.hu*