

# Vízzel telített régészeti börtárgyak szárításának lehetőségei

Várhegyi Zsuzsanna – Kissné Bendefy Márta

## Bevezetés

A régészeti bőrök nagyobb része a feltárásokon nedves vagy vízzel telített állapotban kerül elő. Kezelésük során a legtöbb esetben nedves tisztítási és konzerválási eljárásokra van szükség, melyek végeztével kerülhet csak sor a szárítás kockázatos lépésére. A tanulmány áttekinti a vízzel telített bőrök szárításának lehetőségeit, ezen eljárások előnyeit és hátrányait, különös tekintettel a fagyasztott állapotban történő vízelvonásra, majd beszámol a szerzők fenti témában végzett kísérleteinek eredményeiről és tanulságairól.<sup>1</sup>

## A nedves régészeti börtárgyak konzerválása és szárítása során leggyakrabban alkalmazott eljárások

A bőrök a talajban jelentős változásokon mennek keresztül, a fizikai és kémiai hatások következtében anyaguk meggyengül, szervesen sók épülnek be rostjaik közé. A fehérje részleges lebomlása miatt csökken vízmegkötő képességük, a régészeti helyszíneken végzett feltárásokból származó bőröket ezért tisztítás után higroszkópos anyagok (glicerin vagy polietilén-glikol) oldatával kell kezelni ahhoz, hogy száradás után is képesek legyenek a szükséges mennyiségű, rugalmasságot biztosító vizet megőrizni. Ezen előkezelések után kerülhet sor a teljes szárításra, mely a konzerválás legkritikusabb lépése.<sup>2</sup>

Ha szobahőmérsékleten történik a szárítás, a cseppfolyós, nagy felületi feszültségű víz távozása során a kapillárisok falai egymáshoz közel húzódnak, a közöttük kialakuló erős másodlagos kötések hatására összetapadnak, ezáltal a bőr merevvé válik. Jelen ismereteink szerint a legjobb víztelenítési módszer a vákuumos fagyasztva szárítás (más néven liofilizálás<sup>3</sup>). Ennek során a megfagyott víz a folyadékfázis kihagyásával azonnal a gázfázisba lép, szublimál, amivel elkerülhető a rostok összetapadása. A bőr szerkezete így szárazon is nyitottabb, lazább marad.

A fenti eljárást liofilizáló készülékkel végzik<sup>4</sup>, ez viszont magas beszerzési és üzemeltetési költségei miatt a legtöbb közgyűjtemény számára nem hozzáférhető.

A beázás következtében elázott műtárgyak<sup>5</sup> és régészeti fatárgyak liofilizálásával kapcsolatban<sup>6</sup> vannak tapasztalatok Magyarországon, de annak ellenére, hogy Európa több országában már az 1980-as években rendszeresen ily módon szárították a nedves régészeti bőröket<sup>7</sup>, hazánkban erre a célra máig nem alkalmazzák a fenti eljárást. Feltehetően ennek egyrészt anyagi okai vannak, másrészt klimatikus- és talajviszonyainknak köszönhetően kevesebb helyszínen és kisebb mennyiségben tárnak fel bőrmaradványokat, mint Angliában, Németországban vagy Hollandiában.

Magyarországon jelenleg a leelterjedtebb eljárás az, hogy a konzerváló fürdőből kiemelt bőröket rövid szikkasztás, leitatás után 20 percig áztatják 1500 ml tercier-butilalkohol és 20 ml zsíralkohol<sup>8</sup> keverékében, ezzel a víz egy részét lecserélve kisebb felületi feszültségű vegyületekre, majd szobahőmérsékleten, egy-két naponta váltott szivópapírok között, fóliával takarva, lassan szárítják. Ez az eljárás meglehetősen hajlékony bőröket eredményez, de közben számos problémával is szembesülnek a restaurátorok. A tercier-butilalkohol és a zsíralkoholok költségesek és keverékükben kioldódhat a cserzőanyag egy része. A szárítást, melyhez nagy asztalfelületekre van szükség, a konzerválás után azonnal el kell végezni, nincs lehetőség az optimális ütemezésre (1. kép). A vastag, lassan száradó bőrökön minden óvintézkedés ellenére megindulhat a penészedés.

<sup>1</sup> Kissné Bendefy 2014. pp. 46-56. részletesen tárgyalja a bőrök tisztításának, konzerválásának és restaurálásának lehetőségeit, jelen tanulmány ezen belül csak a konzerválás végén elkerülhetetlen szárítás témakörével foglalkozik.

<sup>2</sup> Cameron, E. – Spriggs, J. – Wills, B. 2006. pp. 245-251.

<sup>3</sup> Angolul freeze-drying.

<sup>4</sup> Vákuumos fagyasztva szárító készülék: Karsten et al. 2012. <http://www.english-heritage.org.uk/publications/waterlogged-organic-artefacts/> p. 21. 56. kép.

<sup>5</sup> Amennyiben beázás következtében nedvesednek át könyvek, történeti börtárgyak, azokat glicerines előkezelés nélkül fagyasztják le. Kastaly 2007. pp. 239-240.

<sup>6</sup> 2015-ben a Magyar Képzőművészeti Egyetem Iparművészeti Restaurátor Specializációk hallgatója, Madarász Andrea diplomamunkájában, vízzel telített régészeti fatárgyak szárítását végezte el trehalózos előkezelés után liofilizálással, egy erre a kísérletre kölcsönkapott készülékkel. Témavezető Dr. Morgós András. Madarász 2015.

<sup>7</sup> David 1981., Ganiaris et al. 1982., Wouters 1984., Starling 1984., Mills Reid et al. 1984.

<sup>8</sup> Az elmúlt évtizedek során általában laurilalkoholt (C<sub>12</sub>H<sub>26</sub>O), cetilalkoholt (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>O) vagy mirisztalalkoholt (C<sub>14</sub>H<sub>30</sub>O) használtak, sok esetben további adalékokkal, Szalay Zoltán és Koncsánszky Irén által végzett kísérletek során készített receptek alapján. Szalay 1973.



1. kép. Lábbeli töredékek szobahőmérsékleten, szivópapírok között történő szárítás után.

A fenti nehézségek arra indítottak bennünket, hogy alternatív, költséghatékony megoldásokat keressünk, melyek közül a legígéretesebbet Karsten és társai 2010-ben megjelent tanulmányában találtuk meg, ezt az alábbiakban ismertetjük.<sup>9</sup>

### Az English Heritage és a Museum of London kísérletsorozata

Angliában, ahol gyakran és nagy mennyiségben kerülnek elő vízzel telített bőrök, szinte lehetetlen feladatnak érzik a teljes anyag konzerválását. A fagyasztva szárító berendezések használatát magas beszerzési és működtetési költségeik miatt a legtöbb intézmény ott sem engedheti meg magának, ezért a vízzel átitatott bőrök nagy része kezeletlen marad. Más, alternatív szárítási módszereket tapasztalatok hiánya miatt a restaurátorok nem szívesen alkalmaznak. 2009-ben az English Heritage és a Museum of London közös kísérletsorozatot indított, melynek célja a nedves régészeti bőrök kezelési módjainak, ezen belül a különböző szárítási eljárásoknak és hatékonyságuknak összehasonlítása volt. Tanulmányunkban ezek közül csak a szárítással kapcsolatos adatokat ismertetjük, majd bemutatjuk saját, témához kapcsolódó kísérleteinket is.

Az English Heritage munkatársai az előzetesen tisztított és 20%-os glicerinnel, illetve 20%-os polietilén-glikollal (továbbiakban PEG) 400 oldattal konzervált leleteket négy eljárással víztelenítették:<sup>10</sup>

1. *Vákuumos fagyasztva szárítás liofilizáló berendezéssel.* A fagyasztási és a liofilizálási hőmérsékletet nem közlik. A száradási idő 4,4 nap volt.

2. *Vákuum nélküli fagyasztva szárítás (a szerzők megfogalmazása szerint).* Ezt egy háztartási fagyasztóládában végezték, melyben konzerválás után, a -20 °C alatti

hőmérsékleten hirtelen lefagyasztott bőrmintákat nyitott rácsokra helyezték. A leletekben lévő jég szublimációját vákuum helyett azzal szándékozták gyorsítani, hogy a rácsok között, laza szövésű nylon szövetből készült zsákokban előkondicionált szilikagél is elhelyeztek, ami megkötötte a légtérbe kerülő vízgőz egy részét. A levegő mozgását ventilátorral segítették a zárt térben. A szilikagél előkondicionálásának körülményeire, illetve arra, hogy cserélték-e szárítás közben, nem térnek ki.<sup>11</sup> A száradási idő 9,1 nap volt.

3. *Szobahőmérsékleten végzett szárítás, zárt térben, telített sóoldatokkal szabályozott körülmények között.* A relatív légnedvességet (továbbiakban RH) 55% körül tartották. A száradási idő 8,2 nap volt.

4. *Szobahőmérsékleten végzett szárítás, szabályozás nélkül, csak vékony, perforált fóliával letakarva.* A száradási idő 5,6 nap volt.

Az eljárások összehasonlításánál figyelembe vették az átlagos száradási időt, a zsugorodás mértékét, a minták rugalmasságát és általános megjelenésüket. Azt találták, hogy a leggyorsabb száradást a vákuumos liofilizálással lehetett elérni (4,4 nap), ezt követte a szobahőmérsékleten, szabadon szárítás (5,6 nap). A vákuum nélküli fagyasztva szárítás igényelte a legtöbb időt (9,1 nap), a szobahőmérsékleten, ellenőrzött körülmények között végzett ennél egy nappal rövidebb volt (8,2). Az általános megjelenés mindegyik módszernél megfelelő volt. A rugalmasság – ahogy az várható volt – minden esetben csökkent a nedves állapothoz képest. A zsugorodás csak a szobahőmérsékleten, ellenőrzött körülmények között történt szárítás után lett nagyobb (8,43%) a nedves régészeti bőrök esetén széles körben elfogadott 7,37%-os értéknél.<sup>12</sup>

A minták keresztmetszetének pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata megerősítette a feltételezést, miszerint fagyott állapotban történő vízelvonással vákuum nélkül is lazább, nyitottabb rostszerkezetet lehet biztosítani a bőröknek, mint szobahőmérsékleten, akár ellenőrzött körülmények mellett is.<sup>13</sup>

Ezt követően a Museum of London kísérletsorozatában a fentiek közül konzerválószerként már csak a 20%-os glicerinnel alkalmazták. Szárításkor viszont az ideális körülmények („best case scenario”) mellett a való életben várható helyzeteket is modellezték („real life scenario”), mint például évtizedekkel korábban kiasott leletek kezelése, nagy mennyiségű bőr felhalmozása egy fagyasztóládában egymásra rétegezve, a fagyasztó gyakori nyitogatása, stb. Itt a mintákat nem rácsokra, hanem tálcákra helyezték.

Mindkét kísérletet nagyon értékesnek találtuk, mert eredményeik segítséget adhatnak az alkalmazható kezelé-

<sup>9</sup> Karsten et al. 2010. pp. 595-610. A kísérletekről részletesebb jelentést közöl Karsten – Graham 2011.

<sup>10</sup> Karsten et al. 2010. pp. 596-598.

<sup>11</sup> Karsten et al. 2012 <http://www.english-heritage.org.uk/publications/waterlogged-organic-artefacts/> p. 21. 55. kép.

<sup>12</sup> A bőrök a föld vagy víz alatti nedves körülmények között megduzzadnak, tehát a leletek feltárás utáni mérete nem felel meg eredeti dimenzióiknak. Szárításuk után ezért elfogadható korlátozott mértékű zsugorodás.

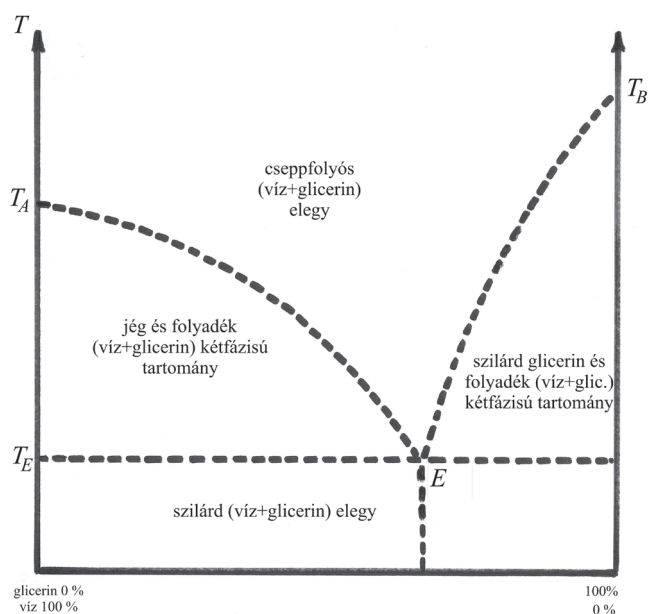
<sup>13</sup> Karsten – Graham 2011. pp. 31-33.

sek és szárítási eljárások megfelelő kiválasztásához, szélesítik a választási és döntési lehetőségeket a különféle típusú és minőségű, vízzel átitatott bőrök esetében.

A fenti módszerek közül különösen a szilikagéllel, háztartási fagyasztókészülékben végzett liofilizálás tűnt vonzónak, mert a vákuumos fagyasztva szárításhoz hasonló eredményt adott, kedvezőbb áron. Az eljárást szívesen alkalmaztuk volna hazai körülmények között is. Mivel az angol tanulmányban sok gyakorlati részletre nem tértek ki, kiegészítő kísérleteket terveztünk, mielőtt nagy mennyiségű régészeti leleten alkalmaztuk volna az új szárítási módszert. Ezek célja az volt, hogy a lehető legtöbb adatot összegyűjtsük a folyamat során zajló változásokkal kapcsolatban, ellenőrizzük a publikációban leírt technikai részleteket és saját igényeinkhez igazodva módosításokat vezessünk be.

### A száradás mechanizmusának kérdései

Annak érdekében, hogy meg tudjuk választani a szárításhoz az ideális hőfokot, meg kell néznünk, hogy viselkedik a glicerinnel 0 °C alatti hőmérsékleten. A kétkomponensű elegyek fagyáspont-görbéje eltér az egykomponensű, tiszta anyagokétól. Utóbbiak (például víz) esetében a fagyás folyamatos hűtés közben is ugyanazon a hőmérsékleten történik, s e hőmérséklet állandó marad mindaddig, amíg a teljes vízmennyiség megszilárdul. Az állandó összetételű, kétkomponensű elegy (pl. glicerinnel + víz) esetében a folyadékállapotból lassan lehűtve akkor érjük el a fagyáspontot, amikor az első kristályok megjelennek benne. A hűtést tovább folytatva a hőmérséklet azonban már nem marad állandó, hanem csökken. A kifagyott kristályok az oldószerből (vízből) keletkeznek, ezért a megmaradó folyadékfázis nemcsak egyre hidegebb, hanem egyre töményebb is lesz.



1. ábra. A glicerinnel-víz elegy fagyáspont-görbéje.

Az 1. ábrán<sup>14</sup> a grafikon függőleges tengelyén a hőmérsékletet, míg a vízszintesen a koncentrációt ábrázolták glicerinnel-víz elegy esetén. A fagyáspont görbék feletti területen a keverék folyékony halmazállapotban van. A bal oldali görbén a víz fagyását követhetjük nyomon különböző hőmérsékleteken és koncentrációk mellett. Megfigyelhető, hogy ahogy nő a glicerinnel koncentrációja, a víz fagyáspontja egyre jobban csökken. Az a hőmérséklet (TE), ahol az elegy alkotórészei együtt, úgynevezett eutektikum formájában szilárdulnak meg, -46,5 °C, az ehhez tartozó koncentráció (XE) 67% glicerinnel, 33% vízzel.<sup>15</sup>

A fenti adatok ismeretében megállapíthatjuk, hogy a különböző töménységű glicerinnel oldatokkal kezelt bőrök esetében ahhoz, hogy vákuum nélkül valóban szublimáció menjen végbe, a szárítás során a leleteket -46,5 °C alatt kell tartani. Az English Heritage és a Museum of London munkatársai arról számolnak be, hogy mind 20%-os glicerinnel, mind 20%-os PEG 400 oldattal impregnált leleteken kipróbálták a fagyott állapotban, szilikagéllel végzett szárítási módszert, melynek során szerintük a víz szublimáció útján távozott a bőrökből. A leletek fagyasztása -25 °C-on történt, és a szárítás -24,3 °C és -26 °C tartományban zajlott, háztartási fagyasztószekrényben. Ezek egyike sem érte el a glicerinnel-víz elegy eutektikus hőmérsékletét (-46,5 °C), sem a PEG 400 esetében a kísérletileg kimért eutektikus hőmérsékletet (-40 °C)<sup>16</sup> ezért véleményünk szerint nem szublimáció, hanem a tömény oldatból a víz párolgása történt, miközben a jégkristályok olvadásával pótlódott az elpárolgott víz. Az ideális körülményeket reprezentáló kísérletben („best case scenario”) ugyan -40 °C-on fagyasztottak, majd elkezdték -40 °C-on a bőrök szárítását (egy fagyasztós rovarirtáshoz használt készülékben), de olyan lassú volt a folyamat, hogy becsléseik szerint 6 hónapra lett volna szükség a befejezéshez. A folyamatot ezért megszakították, és a leleteket áttették a háztartási fagyasztóba, ahol -25 °C-on fejezték be a szárítást. A kísérlet résztvevőit meglepő módon ez az eset sem ingatta meg abban a meggyőződésükben, hogy a háztartási fagyasztóban szublimálás zajlik.<sup>17</sup>

A vízzel telített régészeti bőrök kezelésével foglalkozó szakirodalomban a bőrök vákuumos liofilizálásának ismertetése során is ritkán adják meg részletesen a fagyasztás hőmérsékletét, a liofilizálás hőmérsékletét és a közben alkalmazott vákuum mértékét. Ahol viszont közlik az adatokat, azok gyakran eltérnek egymástól.<sup>18</sup> Sok esetben valószínűnek tartjuk, hogy valójában ott sem szublimálással távozott a víz a bőrökből.

<sup>14</sup> Radnai 2004. p. 4.

<sup>15</sup> Radnai 2004. pp. 1-4.

<sup>16</sup> Wouters – Chaidron 1988. pp. 24-25.

<sup>17</sup> Megjegyezzük, hogy háztartási célra (tehát kedvező áron) nem gyártanak -25 °C alatti fagyasztást garantáló készüléket, mert az élelmiszerek biztonságos tárolásához ez a hőmérséklet elegendő.

<sup>18</sup> David 1981., Ganiaris et al. 1982., Mills Reid et al. 1984., Starling 1984., Chahine – Leon-Bavi 1988., Wouters – Chaidron 1988., Peacock 2001., Grant 2010., Lefranc 2010., Wiesner – Beirowski 2010.

Függetlenül attól, hogy az English Heritage és a Museum of London kísérlet-sorozatának közölt adatai alapján úgy láttuk, a fagyott állapotban, szilikagéllal elősegített száradás során nem szublimálás, hanem párolgás történik, úgy gondoltuk, érdemes folytatni a tervezett kísérleteket, mert az eljárás sok szempontból eredményekkel kecsegtetett. A jelentések szerint az ily módon víztelenített bőrök rugalmasságuk lették, rostszerkezetük kevésbé volt zárt, mint a szabad levegőn, ellenőrzött körülmények között szárított mintáké (ezt elektronmikroszkópos felvételekkel igazolták)<sup>19</sup>, a penészedés veszélye minimálisra csökkent, és nem utolsósorban a konzerválási-restaurálási munka egyes lépéseit jobban lehetett ütemezni.

### Szerzők fagyasztási és szárítási kísérletei

Kísérleteink célja az volt, hogy a lehető legtöbb adatot összegyűjtsük a folyamat során zajló változásokkal kapcsolatban, ellenőrizzük a publikációban leírt technikai részleteket és szükség esetén saját igényeinkhez igazodva módosításokat vezessünk be. A folyamat megismerése érdekében először új (vékony timsós cserzésű, vékony növényi cserzésű, valamint vastag növényi cserzésű) bőrök szárítását terveztük csak vizes áztatás után, majd vizes és glicerines kezelés után. Utóbbival modellezni lehet a régészeti bőrök szárítását. Ezt követően glicerines kezelésű régészeti bőroket is be akartunk vonni a kísérletbe. Egy jelentős módosítást is terveztünk: a fagyasztóba a minták egy részét nem egyszerűen nyitott rácsokra vagy tálcákra akartuk elhelyezni, ahogy az Karsten és társai kísérletében történt, hanem az előkondicionált szilikagéllal együtt zárt műanyag dobozokban. Azt reméltük, hogy így a kisebb térben kialakuló mikroklíma kevésbé változik, gyorsíthatjuk, illetve jobban ellenőrizhetjük a szárítást. Arra is számítottunk, hogy ily módon ugyanabban a fagyasztóban különböző időben behelyezett leletek fagyasztása és szárítása is elvégezhető párhuzamosan úgy, hogy az újonnan berakott bőrokből elpárolgó víz, illetve a fagyasztó nyitogatása nem zavarja a régebbiek vízleadását.

A munkához Zanussi ZFU 19400 WA típusú, 165 literes, 4+1 tárolóval rendelkező fagyasztószelekrényt használtunk. Bár az angol kísérletben fekvő fagyasztóládát alkalmaztunk, könnyebben kezelhetőnek találtuk az álló típust, ahol a minták behelyezése és kivétele gyorsabban végrehajtható. Itt hívjuk fel a figyelmet, hogy a fagyasztószelekrény külső szabályozó gombján szereplő hőfokok (esetünkben -16, -18, -20, -22 és -24 °C) csak a hűtés intenzitásának beállítására szolgálnak, ezért a belső tér hőmérsékletének nyomon követésére ajánlott a bőr-



2. kép. Voltcraft DL-121 TH klíma adatgyűjtő.

minták közelében elhelyezett adatrögzítő mérőműszert alkalmazni.<sup>20</sup> Továbbiakban a kísérletek leírásában mindig az általunk mért valós, belső hőmérsékletet közöljük.

A relatív légnedvesség és a hőmérséklet ellenőrzéséhez fagyponthoz alatti is működő mérőeszközre volt szükségünk. Erre alkalmas volt a Voltcraft DL-121 TH klíma adatgyűjtő készülék (2. kép), mely -40 °C és +70 °C között üzemképes. A gyűjtött adatokat USB csatlakozóval számítógépre lehet tölteni.<sup>21</sup>

Az angol tanulmány nem tért ki arra, hogy melyik cég által forgalmazott szilikagélt használták, hogyan szárították, mennyire száraz állapotban tették be a fagyasztóládába, milyen gyakran cserélték, illetve hogy cserélték-e egyáltalán, így ezekben a kérdésekben saját kísérletekre volt szükségünk.

A szilikagélt<sup>22</sup> előre kimért kisebb, 50 és 100 gramm adagokban, Agro-fátyolfóliából<sup>23</sup> készült zsákokban helyeztük el, ami könnyebbé tette a regenerálást és a minták melletti elhelyezést. A szintetikus anyagok alkalmasabbak a tárolásra, mint a természetes textilek, melyek vízfelvétele zavarhatja a kísérlet eredményeit. Az Agro-fólia további előnye, hogy a sűrű szövődék szálai között nem tudtak kihullani a kisebb szemcsésű kristályok sem. A szilikagél regenerálása szárítással történt, digitálisan programozható termosztátban, 70 °C-on, szellőző üzemmódban.<sup>24</sup>

A szilikagél vízmegkötő kapacitásával kapcsolatban a gyártók által közzétett adatok<sup>25</sup> kizárólag 25 °C-os körülményekre vonatkoznak. Ezen a hőmérsékleten 20% RH mellett súlyának 11%-át, 60% RH-n 32%-át, 80% RH-n 35%-át képes felvenni.

Fagyponthoz alatti mért adatokat nem találtunk, ezért saját méréseket végeztünk. Ezek során azt tapasztaltuk, hogy a szilikagél -25 °C-on 60-80% RH mellett súlyának körülbelül 3%-át köti meg, a szárítási folyamat tehát lassabb, mint szobahőmérsékleten. Méréseink idején a fagyasztóban az RH 60 ± 10% körül ingadozott.

A szárításhoz különböző méretű, zárható polipropilén műanyag dobozokat használtunk. A zsákokban elhelyezett kiszáritott szilikagél fölé merev műanyag szitaszövet-

<sup>20</sup> Későbbi tapasztalataink szerint, a külső szabályozó-gomb -22 °C-ra történő beállítása mellett belső térben a hőmérséklet akár -31 °C-ig is csökkenhetett, ha az ajtót hosszabb ideig zárva tartottuk.

<sup>21</sup> Conrad elektronikai szaküzlet, [www.conrad.hu](http://www.conrad.hu).

<sup>22</sup> Szilikagél: SiO<sub>2</sub>, Reanal Laborvegyszer Kereskedelmi Kft. (Kísérletképpen a valamivel olcsóbb LongFeng macskaalmot is kipróbáltuk. Ez hasonló szárítási eredményeket adott, de porlékonyabb volt, ezért használatát elvetettük.

<sup>23</sup> Polipropilén szövődék.

<sup>24</sup> Termosztát, Labor Műszeripari Művek, utód: Labor-Mix, Fűtés max: 80 °C, jó szellőzés.

<sup>25</sup> <http://www.szkarabeusz.hu/Szilikagel.htm>.

<sup>19</sup> Karsten – Graham 2011. pp. 31-33.



3. kép. A szilikagél és a minták elhelyezése a dobozokban.

ből elválasztó rács került, erre tettük a bőrmintákat, hogy ne érintkezzenek közvetlenül a szárítóanyaggal (3. kép).

### Kísérletek új bőrökön

Első kísérletünk során új, eltérő tulajdonságú anyagokat választottunk: vékony timsós-, továbbá vékony és vastag növényi cserzésű bőröket (4. kép). Mindegyik típusból 2 db, azonos méretű, 10x10 cm-es mintadarabot vágunk ki. Minden mintát szárazon körülrajzoltunk, súlyukat lemértük<sup>26</sup>, 24 órára csapvízbe áztattunk, majd kiemelve szivópapíron pihentettünk 10 percig.

Ezek közül az egyik sorozat darabjait pihentetés után nyirkosan újra lemértük, majd fagyasztás nélkül, szobahőmérsékleten szárítottuk. A szárítás végén a vékonyabb bőrök jelentősen hullámosabbá váltak, méretük átlagosan 2%-kal csökkent (5. kép). A vastagabb minták zsugorodása 0,5% volt.

A másik sorozat darabjait nyirkosan megmértük, majd szabadon a gyorsfagyasztó üzemmódra állított fagyasztóberendezés legfelső polcára helyeztük, ahol  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt. A minták alatt vastagabb polipropilén szúnyogháló szolgált elválasztó-réteggént. A bőrök vastagságtól függően 1-2 nap alatt keményre fagytak. Ezután súlyukat lemértük, majd a szárításhoz műanyag dobozokba helyeztük őket a fent leírt módon, 100 g szilikagéllal együtt (3. kép). A lezárt dobozokat a fagyasztószekrénybe helyeztük. A szárításhoz energiát szeretnénk volna közölni a mintákkal, ezért a hőszabályozóval magasabb értéket állítottunk be ( $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os belső hőmérsékletig), hogy a párolgást gyors-



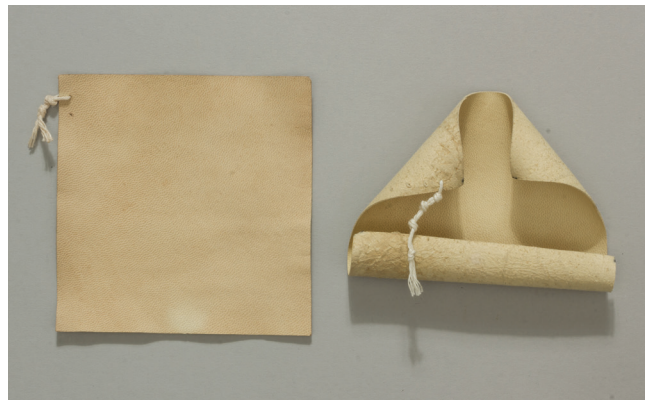
4. kép. A bőrminták balról jobbra: timsós-, vékony növényi- és vastag növényi cserzésű bőrök.

<sup>26</sup> RADWAG WLC 0,6/B1 típusú, két tizedesig mérő digitális laboratóriumi mérleggel.

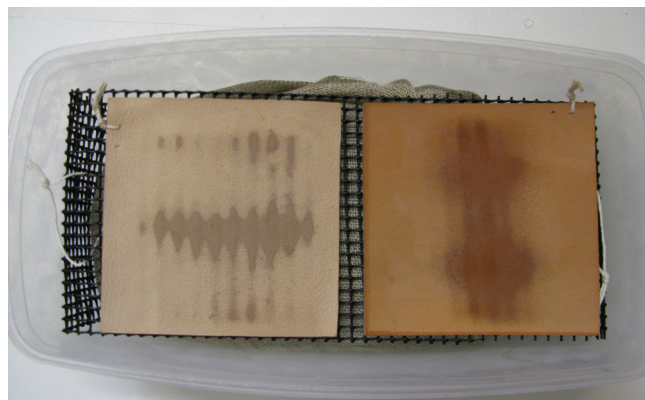
sítsuk. Szerettük volna később fokozatosan tovább emelni a hőmérsékletet, de a szabályozó rendszer ezt nem tette lehetővé, magasabb hőmérsékleten bekapcsolt a vészriasztó.<sup>27</sup>

A minták súlyát naponta mértük, mert a száradást a kiindulási súly eléréséig terveztük végezni. A száradási folyamat szabad szemmel is követhető volt. A vékonyabb bőrök széle már két nap után kivilágosodott és hajlékonyná vált (6. kép). A vékony bőrök teljes száradása 11, a vastagoké 13 napot vett igénybe.

A fagyasztóban szárított vékony bőrökön egész enyhe hullámoság volt tapasztalható. Méretük kissé csökkent



5. kép. Timsós cserzésű új bőrminta fagyasztva szárítás (bal oldal) és szobahőmérsékleten, levegőn szárítás után.



6. kép. Vékony és vastag növényi cserzésű minták fagyasztva szárítás közben.

(0,5%), de kevésbé zsugorodtak, mint a szabad levegőn szárított kontrollminták. A vastagabb bőrök mérete változatlan maradt. A várakozásnak megfelelően a szobahőmérsékleten, levegőn szárított minták jobban zsugorodtak és deformálódtak, mint a liofilizált darabok.<sup>28</sup>

A vizes bőrök sikeres szárítása után glicerinnel átítított mintákon folytattuk a kísérleteinket, ezzel a régészeti bőrök szárításához gyűjtve tapasztalatokat. A mintákat

<sup>27</sup> Feltehetően a fagyasztott élelmiszerek felolvadásának megelőzése érdekében működik így a készülék.

<sup>28</sup> Ez esetben valóban liofilizálás történt, mert glicerinnel, csak vízzel itattuk át a mintákat.

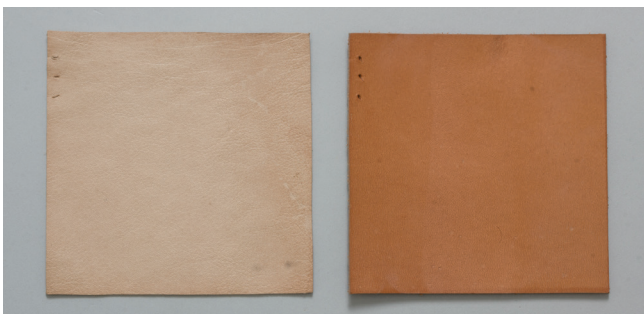


7. kép. A glicerinbe áztatott bőrminták és az adatrögzítő készülék fagyasztóba helyezése.

csapvízbe áztattuk 24 órára, majd kiemelés és 10 perces szívpapíron pihentetés után 20%-os glicerindatba áztattuk 5 napra. A glicerinnél kivéve leitatás után került sor a fagyasztásra, ami  $-28^{\circ}\text{C}$ -on történt, polipropilén szitászöveten, lefedés nélkül (7. kép).

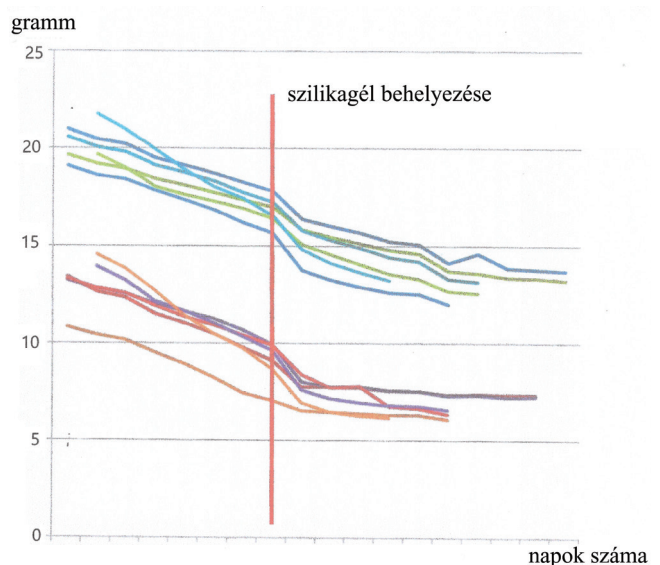
A szárítás során is ugyanazon a helyen maradtak, mint fagyasztás közben, de megemeltük a hőmérsékletet  $-20^{\circ}\text{C}$ -ra annak érdekében, hogy elősegítsük a víz távozását. A szilikagél tartalmazó zsákokat a fiók alatt (2000 g), és felette (1000 g) helyeztük el. A szárítás időtartama 12-18 nap volt. A mintákat mindennap lemértük, hogy nyomon követhessük a víz leadásának folyamatát. Akár a vízzel kezelt bőroknél, a változás itt is látható és tapintható volt. A száraz területek jelentősen kivilágosodtak, hajlékonyabbnak és kevésbé hidegnek érződtek. (Ez a tapasztalat nagyon hasznos lehet a régészeti leletek szárítása során, mert ott nem ismerjük a bőrök kiindulási súlyát, hisz nedvesen és számos szennyeződéssel átitatva érkeznek a restaurátor műhelybe). Igaz, hogy az új mintáknál a kiindulási, szárazon mért súlyt ismertük, de az időközben bevitt glicerindat miatt ezt nem tekinthettük mérvadónak, ezért a szárítást addig folytattuk, amíg két egymás után mért érték azonos volt (súlyállandóság) (8. kép).

A csak tiszta vízzel és a glicerinnel kezelt minták súlyváltozását az összehasonlítás megkönnyítése érdekében egy közös grafikonon rögzítettük (2. ábra). Fent a vastag, lent a vékony minták görbéi helyezkednek el.



8. kép. A bőrök szárítás után.

A vékony bőrök mindegyike gyorsabban száradt, mint a hasonlóan kezelt vastagok. Tanulságos volt látni, hogy az eltérő módon kezelt minták száradási üteme nagyon hasonló volt. A szilikagél behelyezése utáni napon mindegyik görbén megjelenik egy erőteljesebb súlycsökkenés, majd szinte párhuzamosan haladnak tovább. Annak ellenére, hogy a glicerinnel kezelt minták esetén valószínűleg nem liofilizálás történt, zsugorodásuk, rugalmasságuk nem tért el a többitől, az egyetlen jelentős különbség az volt, hogy száradási idejük hosszabb volt 4 nappal. Megjegyezzük, hogy a kísérlet nem adhatott tökéletes párhuzamot a valódi régészeti leletekkel, hisz azok erőteljesen lebomlott állapotúak. Esetükben feltétlenül szükség van higroszkópos anyagok bevitelére, a csak vízzel áztatás utáni szárítás nem ad megfelelő minőséget.



2. ábra. Az új bőrminták súlyának változása szárítás alatt.

Előfordul, hogy a konzervált régészeti bőrök raktározása során nem megfelelőek a klimatikus körülmények. Úgy véltük, hasznos megvizsgálni, hogy ha alacsony relatív légnedvességű térben kiszáradnak, van-e esély a folyamat visszafordítására. Ennek érdekében szándékosan túlszáritottunk új bőrmintákat, majd ezek ismételt vízfelvételi képességét hasonlítottuk össze, eltérő relatív légnedvességű környezetben. A kísérlet az alábbi módon zajlott. A fagyasztóban megszáritott, majd a bőrrestaurátor műhelyben két napig 41% RH-n kondicionált bőroket súlymérés után szobahőmérsékleten, zárt dobozokban, szilikagéllel 13% RH-n tovább szárítottuk, amennyire csak lehetett (súlyállandóságig). Ezután újranevesítés céljából pára kamrában 65% RH-n tartottuk azokat 3 napig, majd ismét elvégeztük a súlymérést. A vastag bőrök közül a csak vízzel kezeltnek nem volt elegendő a három nap arra, hogy ismét elérjék túlszáritás előtti súlyukat, a glicerinesek viszont meg is haladták azt. A vékony, lazább szerkezetű minták közül viszont mindegyik elérte a kezdő értéket. Az eredmény esélyt mutat a kiszáradt leletek újratezelésének sikerességére.



9. kép. Női cipőtalp tisztítás és konzerválás előtt.

### Régészeti bőrökön végzett szárítási kísérlet

Az új bőrökön szerzett tapasztalatok alapján régészeti mintákra is kiterjesztettük a vizsgálódást. Négy egymást követő kísérletet végeztünk, ebből egyet ismertetünk részletesen tanulmányunkban.<sup>29</sup> Az ilyen típusú bőrtárgyakon is szeretnénk volna összehasonlítani a beborítás nélküli, illetve a dobozban történő szárítást, ezért egymáshoz nagyon hasonló állapotú, méretű, vastagságú és formájú talpak és sarokborítások közül válogattunk párokat, melléttük egy-egy különösen gyenge megtartású fejrész-törédket és sarokborítást is kiválasztottunk. Ügyeltünk arra, hogy a kezelésbe bevont minták között legyenek vastagabbak és vékonyabbak is.

A bőrök évekkal korábban már szinte száraz állapotban kerültek a műhelybe (9. kép), ezért a mechanikus tisztítást követően 1 napig pára kamrában kondicionáltuk azokat telített NaCl oldat felett, 75% relatív légnedvességű térben. Ezzel megelőztük a hirtelen duzzadást a soron következő vizes tisztítás során, ami 1 g/l nem-ionos felületaktív anyag (Prenol 10) oldatában való áztatással, kétszeri öblítéssel, majd 24 órás vizes áztatással történt. A vízből kivéve 10 perces leitatás után a leletek konzerválás céljából 20%-os glicerindoldatba kerültek 5 napra. Az oldatból kiemelt bőrokat lecsurgattuk és leitatuk (10. kép), ezt követően végeztük el fagyasztásukat.

A fagyasztás zárt dobozokban történt,  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on. Ezt követően a hasonló minták közül (talp, sarokborítás) az egyiket dobozban, a másikat szabadon szárítottuk,  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten. A 3 liter térfogatú dobozokban 500 g, zsákokba varrt szilikagél helyeztünk el, egyenletesen lefedve velük a  $300\text{ cm}^2$  alapterületet, erre kerültek merev, műanyag hálóra téve a leletek.

<sup>29</sup> A kísérletet a soproni Kecske-templom osszárúmarából kiemelt lábbeli-maradványok közül kiválasztott mintákon hajtottuk végre. A feltárásban Gabrieli Gabriella, Nemes András, Balassa Krisztina, Harasztovics Veronika, Oláh Rezső, (Soproni Múzeum), Kovács Melinda (Győr), dr. Molnár Erika, dr. Pálfi György (Szegedi Tudományegyetem Embertani Tanszék), Várfalvi Andrea, Czifrák László és dr. Kovács Petronella (MNM-ORRK) vettek részt. Gabrieli 2011. p. 32. Kovács 2017. pp. 37-39.

Az új bőrökön végzett kísérletek során megfigyelhető volt, hogy már fagyasztás közben is veszítettek súlyukból, de a szilikagél behelyezésével ez a folyamat felgyorsult. A régészeti leletcsoportnál is szeretnénk volna ellenőrizni a fenti jelenséget, ezért 9 napot hagytunk a fagyásra, csak azt követően indítottuk a szárítást. Az első 9 nap során valóban minden leletnél mérhető volt a lassú, egyenletes súlycsökkenés, mely aztán a szilikagél jelenlétében hirtelen gyorsabb iramú lett (3. ábra).

A fagyasztóban dobozokba zárva szárított és az ugyan-csak a fagyasztóban, de lefedés nélkül víztelenített mintákat összehasonlítva azt találtuk, hogy a száradás időtar-



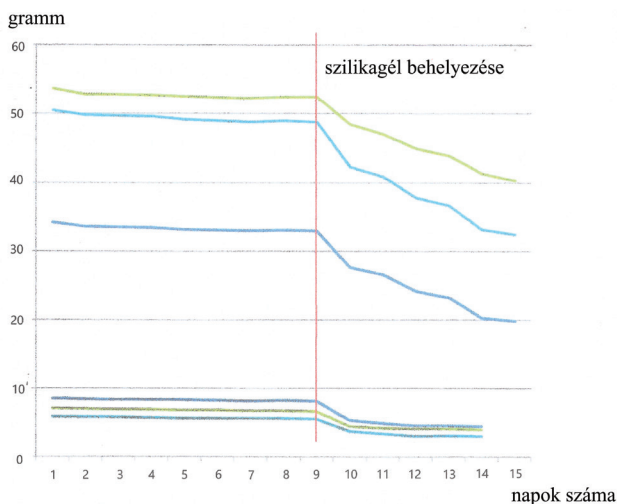
10. kép. A kísérletre kiválasztott leletek glicerines kezelés után, nedves állapotban.



11. kép. A leletek fagyasztószekrényben történt szárítás után.

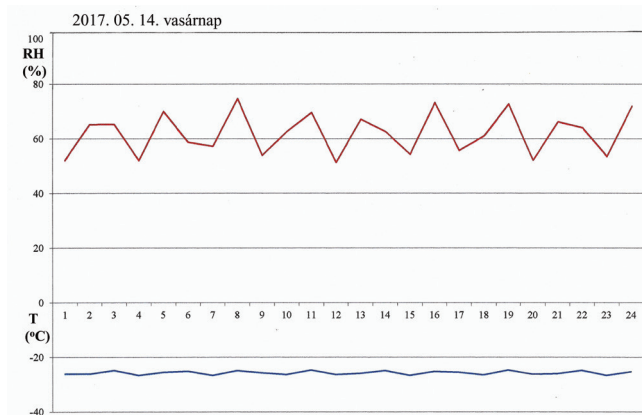


12. kép. Női cipőtalp konzerválás, formára igazítás és a szétvált rétegek ragasztása után.

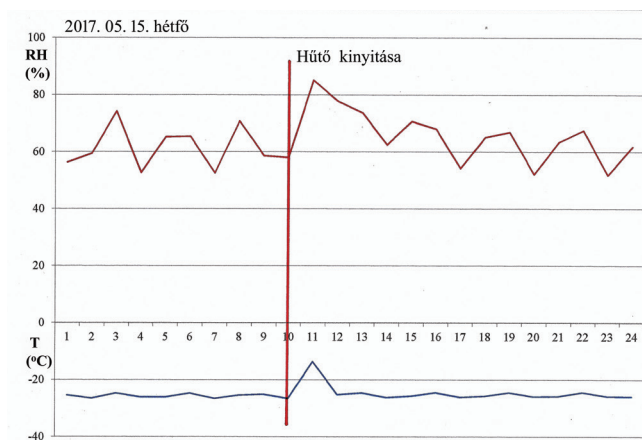


3. ábra. Régészeti bőrminták súlyváltozása fagyasztás és szárítás közben.

tamában, a bőrök méretváltozásában és hajlékonyságában nem mutatkozott jelentős eltérés. A vékonyabb sarokborítások teljes száradási ideje 6 nap, míg a vastagabb talpaké és a többrétegű felsőrész-törredéké 7 nap volt. A méretváltozás a vastagabb mintákon átlagosan 4%, a vékonyab-



4. ábra. A fagyasztó belsejében mért paraméterek régészeti bőrök fagyasztása közben (vasárnap).



5. ábra. A fagyasztó belsejében mért paraméterek régészeti bőrök fagyasztása közben (hétfő).

bakon 4,7% körüli volt. A leletek a fagyasztóból kivéve kissé merevek voltak, ezért a Museum of London kísérleteiben végzett módon két napig pára kamrában 65% RH mellett kondicionáltuk őket (11. kép). Ezek után került sor a bőrök féligáteresztő fóliával<sup>30</sup> történő további lágyítására és eredeti formára igazítására, majd a felválások viszaragasztására rizskeményítővel (12. kép).<sup>31</sup>

A kísérletek során a Voltcraft adatrögzítő mérőműszer segítségével arra is lehetőségünk nyílt, hogy ellenőrizzük és összehasonlítsuk, milyen mértékben változnak a zárt térben mért paraméterek olyan napokon, amikor nem kerül sor a fagyasztó kinyitására (például hétfőn); és hogy alakulnak, amikor egy alkalommal kinyitjuk azt a minták lemérése céljából (5-6. ábra).

A *vasárnapi* mérési eredmények alapján készített diagramról azt olvashatjuk le, hogy a hőmérséklet a nap folyamán átlagosan 2-3 óránként enyhén megemelkedett (kék görbe). Amikor elérte azt a hőfokot, amit a fagyasztókészülék ellenőrző rendszere már veszélyesnek talált<sup>32</sup>, automatikusan bekapcsolódott a hűtő funkció, amíg el nem érte ismét a biztonságosnak ítélt értéket. A hőmérséklet emelkedése, illetve csökkenése<sup>33</sup> maga után vonta a relatív légnedvesség változását is (vörös görbe). Az RH legalacsonyabb értéke az adott időszakban 51,3%, a legmagasabb pedig 74,7% volt (4. ábra).

A *hétfői* értékek a vasárnapi diagramon bemutatottaktól abban tértek el, hogy amikor mérés és ellenőrzés céljából kivettük a mintákat, nemcsak a hőmérséklet emelkedett, hanem a kinti 55% relatív légnedvességű levegőből is beáramlott valamennyi a fagyasztószekrénybe. Míg zárt állapotban -26,6 °C volt a hőmérséklet, ez a nyitás után -13,6 °C-ra, az RH pedig a korábbi 58%-ról 85,1%-ra növekedett. A diagramon megfigyelhető az is, hogy míg a hőmérséklet 1 óra múlva újra elérte a nyitás előtti értéket, a relatív légnedvesség csak 3 óra elteltével állt vissza (5. ábra).

## Összegzés

Az English Heritage és a Museum of London munkatársainak tanulmányában ismertetett szilikagéles szárítási eljárásról közölt adatok alapján úgy gondoljuk, hogy ott valószínűleg nem szublimálás, hanem párolgás történik, a módszer ennek ellenére ígéretes alternatívának látszik a költséges vákuumos liofilizálás helyett. A jelentések szerint az így módon kezelt bőrök rugalmasak lettek, rostszerkezetük kevésbé volt zárt, mint a szabad levegőn, ellenőrzött körülmények között szárított mintáké, a penészedés veszélye minimálisra csökkent, és a konzerválás egyes lépéseit jobban lehetett ütemezni.

<sup>30</sup> Sympatex poliészter féligáteresztő fólia.

<sup>31</sup> Ez esetben az eredeti forma visszaállítása nem volt nehéz, mert a női sarkos cipők talpa és sarokborítása nagyon jellegzetes, jól ismert alakú.

<sup>32</sup> Az ellenőrző és szabályozó mechanizmus célja egy háztartási fagyasztószekrényben az, hogy a benne tárolt élelmiszerekben ne indulhasson meg a felolvadás.

<sup>33</sup> A maximális érték a nap folyamán -24,7 °C, a minimális -26,6 °C volt.



Saját kísérleteket végeztünk új és régészeti bőrökön, hogy megismerkedjünk az eljárással, adatokat gyűjtünk a folyamat során zajló változásokkal kapcsolatban, ellenőrizzük a publikációban leírt technikai részleteket és saját igényeinkhez igazodva módosításokat vezetünk be.

Az új bőrös kísérletek során azt tapasztaltuk, hogy a glicerindattal kezelt bőrök tovább száradtak, mint a csak vízben áztatott darabok, viszont mikor egy mintacsoporthoz szándékosan túlszárazítottunk, majd a darabokat telített sóoldatok felett, zárt térben újrarázítottuk, előbbieket több nedvességet tudtak felvenni ugyanannyi idő alatt. A száradás sebességét és a túlszárazítás utáni nedveségfelvételt a glicerines és a csak vizes csoportokon belül legjobban az befolyásolta, hogy mennyire vastagok vagy vékonyak, illetve tömöttek vagy laza szerkezetűek voltak a minták, utóbbiak nedveségfelvétele mindkét csoportban nagyobb volt.

Az általunk bevezetett módosítás, miszerint nem csak szabadon, hanem zárt dobozokban is megkíséreltük a szárítást, sok tanulsággal járt. A kétféle eljárás hasonló bőrmintákon ugyanannyi időt vett igénybe, azonban a dobozokban egyedileg változtatni lehet a szilikagél mennyiségét, vékonyabb és vastagabb leletek esetén így „személyre szabott” szárítást téve lehetővé. A dobozok használatának további előnyei, hogy a fagyasztó belső terének páratartalom ingadozása nem érinti annyira a bennük lévő bőröket, és a hűtőrácsokon kicsapódó zúzmara nem befolyásolja a szilikagél vízmegkötő kapacitását.

A régészeti leletek kezelése során nem ismerjük a bőrök kiindulási súlyát, hisz nedvesen és számos szennyeződéssel átitatva érkeznek a restaurátor műhelybe, ezért esetükben súlyállandóságig szárítás alapján határozhatjuk meg a víz eltávozásának végpontját. Kísérleteink során azonban ezt elérve legtöbbször már kicsit túlszáradt a bőr. Tapasztalataink szerint a súlymérés mellett érdemes az érzékszervi megfigyelésekre is támaszkodni. A folyamat a végéhez közelít, ha a bőrök színe jelentősen világosabbá válik, rugalmasak és hidegen is száraz tapintásúak. Az ilyenkor kivett mintákon a telített sóoldatos párákamrában végzett kondicionálás során nem vettünk észre olvadás miatt bekövetkező nedvesedést.

Mind az új, mind a régészeti bőrökön megfigyelhető volt, hogy már fagyasztás közben is veszítettek súlyukból, de a szilikagél behelyezésével ez a folyamat felgyorsult. Ennek ismeretében érdemes hosszú időre tervezett fagyasztva tárolás esetén a leleteket akár csoportosan, légmentesen zárható, simítózáras műanyag zacskókban tartani, a levegőt vákuummal kiszívva. Ily módon a kontrollálatlan száradás és a zúzmara kialakulása is elkerülhető a fagyasztószelektben.

A kísérlethez választott eszközök megfelelően bizonyultak. Az álló fagyasztószelekt tartalmát a polcokon, fiókokban könnyen át lehetett tekinteni, a minták mozgathatóságához így viszonylag rövid időre volt szükség az ellenőrzések idején. A digitális Voltcraft adatrögzítő készülék is megfelelt céljainknak, segítségével képet kaphattunk a zárt fagyasztószelektben és a dobozokban végbemenő

hőmérséklet- és relatív légnedvesség változásokról is. További kísérleteinkhez tervezzük egy második mérőműszer beszerzését is, amivel egyszerűbbé válna a párhuzamosan végzett szárítások ellenőrzése.

A kísérletbe bevont régészeti bőrök szárítás utáni állapota reménykedésre ad okot a módszerrel kapcsolatban. Színük természetes árnyalatú, a mért zsugorodás elfogadható mértékű volt. Rugalmasságuk, melyet két napig párákamrában 65% RH mellett végzett kondicionálást követően 40-45% RH mellett megfelelőnek találtunk, fűtési időszakban sajnos elmaradt a várttól. Ismételt párázással ez orvosolható volt.

A jövőben további kísérleteket tervezünk régészeti mintákon, hogy választ találjunk a fagyasztóba nem dobozba zártan behelyezett szilikagél szükséges mennyiségével és elhelyezésével, a túlszárazítás kockázatával, továbbá a szárítás utáni kondicionálás paramétereivel kapcsolatban fennmaradt kérdésekre. Hosszú távú terveink közé tartozik a folyamat költséghatékony megvalósítása múzeumi körülmények között. A cél két kívánalom közötti egyensúly optimalizálása. Az egyik elvárás az, hogy a bőrök mechanikai tulajdonságai (szilárdság, rugalmasság, hajlékonyság) a legkedvezőbbek legyenek, a másik, hogy a költségeket és a ráfordított munkaidőt a közgyűjtemények számára megfelelő szinten lehessen tartani.

## Köszönetnyilvánítás

A szerzők hálával tartoznak Nyíri Gábornak, a Magyar Nemzeti Múzeum fotósának a képek többségének elkészítéséért, Dr. Kiss György István vegyész mérnöknek a szakmai konzultációkért, Havasi Dóra és Dankóné Németh Erika restaurátoroknak, továbbá Moór Anikó iparművészeti restaurátor hallgatónak a kísérletek során a régészeti leletek konzerválásában való részvételükért. Köszönet illeti a Jóna András Múzeumot, valamint a Soproni Múzeumot, amiért hozzájárultak, hogy a gyűjteményükbe tartozó bőr lábbeli töredékek közül néhányat bevonjunk a kísérletbe.

## IRODALOM

- BAKAYNÉ PERJÉS J. (2003): Régészeti bőrtárgyak restaurálása. In: ISIS Erdélyi Magyar Restaurátor Füzetek 3. (Szerk.: Kovács P.), Haáz Rezső Múzeum, Székelyudvarhely, pp. 39-50.
- CAMERON, E. – SPRIGGS, J. – WILLS, B. (2006): The conservation of archaeological leather. In: Conservation of leather and related materials. (Ed.: Kite, M. – Thomson, R.) Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 244-263.
- CHAHINE, C. – LEON BAVI, L. (1988): Vízrel átitatott bőrök szárítása. In: Műtárgyvédelem 19. Központi Múzeumi Igazgatóság, Budapest, pp. 11-22.

- DAVID, A. (1981): Freeze-drying leather with Glycerol. In: Museums Journal, Vol. 81 No.2, The Museums Association, London, pp.103-104.
- GABRIELI Gabriella (2011): A soproni Kecské-templom feltárásai. In: Műtárgyvédelem 36. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, pp. 13-20.
- GRANT, T. (2010): The conservation of Thule skin clothing from the Sanirajak site Nunavut. In: Proceedings of the 11th ICOM-CC Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference. Greenville, pp. 623-632.
- H. GANIARIS – S. KEENE – K. STARLING (1982): A comparison of some treatments for excavated leather. In: The Conservator No. 6, London, pp. 12-23.
- KARSTEN, A. – GRAHAM, K. – GOODMAN, L. – GANIARIS, H. – DOMONEY, K. (2010): A comparative study of various impregnation and drying methods for waterlogged archaeological leather. In: Proceedings of the 11th ICOM-CC group on Wet Organic Archaeological Materials Conference. Greenville, pp. 595-610.
- KARSTEN, A. – GRAHAM, K. – JONES, J. – MOULD, Q. – WALTON ROGERS, P. (2012): Waterlogged Organic Artefacts. Guidelines on their Recovery, Analysis and Conservation. (Ed.: David M Jones) English Heritage <http://www.english-heritage.org.uk/publications/waterlogged-organic-artefacts/> (2013.10.02.)
- KARSTEN, A. – GRAHAM, K. (2011): Leather drying trial. A comparative study to evaluate different treatment and drying techniques for wet, archaeological leather. Research Report Series 70-2011, English Heritage.
- KASTALY, B. (2007): Beázás a Nemzeti Könyvtárban; lehetőségek a károsodott kötetek megmentésére (esetanulmány). In: Műtárgyvédelem 32. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, pp. 235-243.
- KISSNÉ BENDEFY, M. (2014): Régészeti bőrtárgyak leletmentésének és konzerválásának nehézségei. In: ISIS Erdélyi Magyar Restaurátor Füzetek 14. (Szerk.: Kovács P.), Haáz Rezső Múzeum, Székelyudvarhely, pp. 46-56.
- KOVÁCS, P. (2017): Kriptafeltárások restaurátor szemmel. In: Isis Erdélyi Magyar Restaurátor Füzetek 17. (Szerk.: Kovács P.), Haáz Rezső Múzeum, Székelyudvarhely, pp. 22-43.
- LAFRANCE, J. (2010): Efficiency and quality in a batch treatment: The conservation of over a hundred leather shoes and fragments. In: Proceedings of the 11th ICOM-CC Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference. Greenville, pp. 611-621.
- MADARÁSZ, A. (2015): Vízrel telített, régészeti fa leletek konzerválása. Diplomadolgozat. Magyar Képzőművészeti Egyetem, Restaurátor Szak, Iparművészeti Restaurátor Szakirány. (Témavezető: Dr. Morgós András).
- MILLS REID, N. K. – MACLEOD, I. D. – SANDER, N. (1984): Conservation of waterlogged organic materials: Comments on the analysis of polyethylene glycol and the treatment of leather and rope. In: Preprints for the ICOM CC 7th Triennial Meeting, Copenhagen. pp. 16-20.
- PEACOCK, E. (2001): Water-degraded archaeological leather: an overview of treatments used at Vitenskapsmuseum (Trondheim). In: Leather wet and dry. Current treatments in the conservation of waterlogged and desiccated archaeological leather. (Ed.: Wills, B.) Archetype Publications for The Archaeological Leather Group. London, pp. 11-25.
- RADNAI, GY. (2004): Érdekességek a glicerin fagyásáról. In: Középiskolai matematikai és fizikai lapok. 2004/január. pp. 46-49. <http://db.komal.hu/KomalHU/index.phtml> 2004. (2016.09.10.)
- STARLING, K. (1984): The freeze-drying of leather pre-treated with glycerol. In: Preprints for the ICOM CC 7th Triennial Meeting, Copenhagen. pp. 19-21.
- SZALAY, Z. (1973): Régészeti és történeti eredetű bőr lábbelik konzerválása. In: Múzeumi Műtárgyvédelem 1. kötet. Központi Múzeumi Igazgatóság, Budapest, pp. 128-168.
- WIESNER, I. (2010): A neolithic shoe from Sipplingen – Technological examination and conservation. In: Proceedings of the 11th ICOM-CC Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference, Greenville, pp. 531-542.
- WOUTERS, J. (1984): A comparative investigation of methods for the consolidation of wet archaeological leather. Application of a PEG-impregnation to a shoe from the 13th century. In: Preprints for the ICOM CC 7th Triennial Meeting, Copenhagen. pp. 29-32.
- WOUTERS, J. – CHAIDRON, T. (1988): Vízrel átitatott bőrök konzerválása impregnálással és liofilizálással. In: Műtárgyvédelem 19. Központi Múzeumi Igazgatóság, Budapest, pp. 23-30.

*Várhegyi Zsuzsanna*

Okl. papír-bőrrestaurátor művész

Magyar Nemzeti Múzeum

Országos Restaurátor és Restaurátorképző Központ  
1088 Budapest, Múzeum krt. 14-16.

Tel:+36-1-323-1416/173

E-mail: [varhegyizsu@gmail.com](mailto:varhegyizsu@gmail.com)

*Kissné Bendefy Márta*

Okl. vegyész-üzemmérnök, bőr szakrestaurátor

E-mail: [kissne.bendefy@gmail.com](mailto:kissne.bendefy@gmail.com)