

A BUDAPESTI NEUTRONKÖZPONT SZEREPE AZ EURÓPAI KULTURÁLIS ÖRÖKSÉG KUTATÁSÁBAN – CHARISMA

Kasztovszky Zsolt

PhD, tudományos főmunkatárs,
MTA Izotópkutató Intézet
kzsolt@iki.kfki.hu

Bevezetés

Kulturális örökségünk tárgyi emlékeinek (műemlék épületek, szobrok, festmények, régészeti leletek, történelmi kéziratok stb.) megóvása egyre nagyobb szerepet kap az alkalmazott kutatások körében, mind Európában, mind Európán kívül. A modern tudományok kísérleti vívmányait már az 1950-es évektől kezdve igyekeztek az ún. „humán” tudományok, például a régészet, a történettudományok szolgáltatásban is hasznosítani. Közismert példa erre a törekvésre a radiokarbon kormeghatározás, amelyet Willard F. Libby 1949-ben dolgozott ki, és amelyért 1960-ban kémiai Nobel-díjat kapott (Molnár, 2006). Ahogy az analitika eszköztára bővült, úgy gazdagodott az archeometriai kutatások palettája is. Napjainkban *archeometriának* nevezzük valamennyi, a kulturális örökség kutatásában alkalmazott természettudományos (fizikai, kémiai, biológiai, geológiai stb.) módszereket alkalmazó kutatást. Az archeometriában a fő kérdéseket általában a humán tudományok művelői, régészek, muzeológusok, restaurátorok, műgyűjtők teszik fel a természettudósoknak. A felvetett kérdések a

következő fő témakörökbe sorolhatók: kormeghatározás; leletek eredetének meghatározása, idegen szóval proveniencia-vizsgálat (ide tartozik a nyersanyag eredetének meghatározása vagy a készítés helyének, a műhelyeknek azonosítása); készítési technológiákra, illetve a tárgyak használatára vonatkozó vizsgálatok. Tágabb értelemben az archeometriához tartozik a műtárgyak eredetiségének megállapítása, valamint az állagmegóvást célzó kutatások. A vizsgált anyagok szerint megkülönböztetjük a kőszeközök, kerámiák, fémek, üvegek, valamint a „szerves anyagok” archeometriáját.

Az archeometria sajátossága, hogy a vizsgálat során nem szabad kárt tenni a vizsgálandó mintában, azok többnyire értékes, pótolhatatlan műkincsek, leletek. Ezért lehetőség szerint igyekszünk roncsolással nem járó elemzéseket végezni.

A neutronok

A kutatóreaktorokból kivezetett neutronnyalábok több szempontból alkalmasak roncsolásmentes anyagvizsgálatok elvégzésére. A anyagvizsgálat nukleáris módszereinek egy jelentős csoportja a neutronok különböző

kölcsönhatásait használja fel az anyag tulajdonságainak (összetételének, szerkezetének) megismerésére.

A neutronok – elektromosan semleges részecskék – mélyen be tudnak hatolni a vizsgálandó mintába, és útjuk során különböző kölcsönhatásokban vesznek részt. Ezek a magreakciók lehetnek befogás, illetve szórás jellegűek. A neutronnyalábok viszonylag kis (10^7 – 10^9 cm⁻²·s⁻¹) intenzitása miatt a mintákban keletkező indukált radioaktivitás kismértékű, és a legtöbb esetben néhány napon belül a kimutathatóság szintje alá csökken.

A hideg, termikus vagy rezonancia-neutronok befogódását követően az atommagok karakterisztikus gammasugárzást bocsátanak ki. A gamma-fotonok detektálásával következtethetünk a vizsgált minta elemi vagy izotópösszetételére, a neutronnyaláb méretétől függő mérettartományban.

A neutronszórás lehet rugalmas vagy rugalmatlan, és általában a minták kristályszerkezetéről, a mintában ébredő mechanikai feszültségekről, a különböző fázisokról, kiválásokról, pórusokról kaphatunk képet a segítségével.

A Budapesti Neutronközpontban évtizedes hagyományai vannak a neutronanalitikai módszerek alkalmazásának a kulturális örökség kutatásában. Már az 5., majd a 6. és 7. Keretprogramban fogadtunk európai vendégkutatókat. A Kutatóreaktor számos kísérleti állomása közül a prompt-gamma aktivációs analitikai (PGAA) berendezés elemösszetétel meghatározására, a kisszögű neutronszórás (Small Angle Neutron Scattering – SANS) és a repülési idő neutrondiffrakciós (Time of Flight Neutron Diffraction – TOF-ND) berendezés szerkezetvizsgálatra alkalmas (Kasztovszky – Belgya, 2006; Len, 2006; Sánta, 2006). Mindegyik módszer roncsolásmentes.

CHARISMA

A CHARISMA (Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures: Synergy for a Multi-disciplinary Approach to Conservation/Restoration) az Európai Unió 7. Keretprogramja (FP7) által támogatott együttműködési kezdeményezés (Integrated Infrastructure Initiative), melynek célja, hogy biztosítsa – nemzetközi együttműködés keretében – a kutatók, konzervátorok, restaurátorok hozzáférést a nagy európai kutatóközpontok által kínált műszeres vizsgálati lehetőségekhez (nagyberendezésekhez, illetve hordozható laboratóriumokhoz), továbbá kutatási adatárakhoz.

A projekt hivatalosan 2009 októberében indult huszonegy európai kutatóintézet, egyetem és múzeum részvételével. A projekt, melynek futamideje négy év, támogatja a nemzetközi bírálóbizottságok által kiválasztott nyertes pályázók nemzetközi együttműködéssel kapcsolatos utazásainak, illetve kísérleti munkáinak költségeit.

A nemzetközi együttműködés (transnational access) a kutatás jellegétől függően három fő módon lehetséges:

Az *ARCHLAB* keretében lehetőség adódik Európa legnevesebb múzeumai és restaurátor intézetei (National Gallery London, British Museum, Laboratoire du Centre de recherche et de restauration des musées de France [Palais du Louvre], Museo Nacional del Prado, Opificio delle Pietre Dure, Instituut Collectie Nederland) által gondozott archívumok, gyűjtemények, analitikai adatbázisok tanulmányozására.

A *MOLAB* keretében különböző hordozható berendezések vehetők igénybe, melyekkel a szakértők a pályázó kutatókkal együttműködve helyszíni analitikai/képpalkotási stb.

feladatokat látnak el például régészeti ásatásokon vagy a kulturális örökség nem mobilizálható emlékein. Az ún. „European Mobile Laboratory” üzemeltetői az UNIPG-Centro SMAArt, CNR-INOA Olaszországból és a CNRS-LC₂RMF Franciaországból.

A *FIXLAB* keretében a kulturális örökség szakemberei franciaországi és magyarországi „nagyberendezésekhez” – részecskegyorsítókhoz, illetve kutatóreaktorhoz juthatnak el, hogy kutatásaikhoz hasznosítsák a nagyberendezések által nyújtott anyagvizsgálati lehetőségeket. Hazánkból két intézet – az MTA debreceni Atommagkutató Intézete (ATOMKI) és budapesti Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézete – vesz részt szolgáltatóként a CHARISMA, benne a *FIXLAB* projektben.

A *FIXLAB* pályázati rendszerén keresztül négy nagyberendezés által biztosított számos analitikai szolgáltatás vehető igénybe. A négy laboratórium és az analitikai módszerek:

- CNRS-LC₂RMF AGLAE (Accélérateur Grand Louvre d'analyse élémentaire), a Louvre laboratóriumaihoz tartozó gyorsító – Párizs, Franciaország, ahol nagyobb tárgyak (átlagos) elemösszetételét lehet meghatározni ionnyalábot alkalmazó technikákkal. A módszer kiegészíthető egyéb technikákkal, például mikro-XRD, mikro-FTIR, ICP-MS.
- IPANEMA a Párizs melletti SOLEIL szinkrotron – Franciaország, ahol szinkrotronsugárzáson alapuló röntgen-, UV- és FTIR-spektrometriai vizsgálatok végezhetők.
- MTA ATOMKI Ionnyaláb-alkalmazások Laboratóriuma – Debrecen, Magyarország, ahol mikrométer felbontású elemanalízist lehet végezni nagyobb tárgyak felszínközeli részein, vákuumban vezetett ionnyalábbal. Az elemanalitikán túlmenő-

en felületi topográfiai és 2D tomográfiai információt is nyújthatnak a mérések.

- MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet (közös az MTA Izotópkutató Intézettel és az MTA Részecske- és Magfizikai Kutatóintézettel), ahol különböző „neutronos” vizsgálati módszerek végezhetőek, pl. prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA) átlagos „bulk” elemösszetétel meghatározására; kisszögű neutronsórás (SANS), repülési idő neutrondiffrakció (TOF-ND) fázis- és ásványszerkezet-meghatározásra. Kiegészítő módszerként a KFKI-RMKI-ban kivezetett nyalábos milli-PIXE-, illetve izotópos/röntgen-gépjesztésű XRF-vizsgálatok végezhetőek.

Valamennyi módszer roncsolásmentes, azaz nem szükséges a műtárgyból mintát venni, illetve maga a vizsgálat (besugárzás) sem okoz károsodást a tárgyban. A felsorolt berendezések, illetve módszerek egymást jól kiegészítik, segítségükkel széleskörű archeometriai információ nyerhető egy jól kiválasztott probléma, illetve mintasorozat esetén. A *FIXLAB* keretében lehetőség van egy-egy laboratóriumban (például BNC vagy ATOMKI) végzendő (single), illetve több laboratóriumban (BNC és ATOMKI) végzendő, egymást kiegészítő (multiple) vizsgálatokra pályázni.

A pályázatot kutatócsoportok is beadhatják, egy alkalommal legfeljebb két fő utazása (útiköltség, szállás, napidíj) támogatható a projektből. A külföldi tartózkodás ideje *single* pályázat esetén legfeljebb hat nap lehet, amely magában foglalhat egy napot az eredmények megbeszélésére. *Multiple* pályázat esetén a maximálisan igénybe vehető tartózkodási idő két hét, amelyből a két mérési helyszínen összesen tíz mérési napot lehet felhasználni.

Lényeges, hogy a pályázó csoport vezetője, illetve a tagok többsége a pályázásra joga-

sult országok egyikéből érkezzen, és ne olyan berendezéshez pályázzon, amely saját hazájában működik. Praktikusán tehát magyar kutatók nem pályázhatnak az ATOMKI-ba vagy a Budapesti Neutronközponthoz, viszont pályázhatnak a francia intézetekhez.

Természetesen a kulturális örökség kutatóitól nem várható el, hogy tudják, problémájukra mely módszer, illetve módszerek adják a legmegfelelőbb választ. A pályázat benyújtásában segíti őket az ún. „Welcome Desk”, ahol egy e-mail vagy absztrakt formájában jelezhetik igényeiket – még a pályázat benyújtását megelőzően. 2010-től bárki számára elérhető a CHARISMA projekt honlapja (<http://www.charismaproject.eu>), melynek tartalmát rendszeresen frissítik.

A FIXLAB-programra évente kétszer lehet pályázatot beadni. A pályázatokat nemzetközi bírálóbizottság értékeli, és pozitív döntés esetén meghatározza az igénybe vehető mérési napok számát, illetve javaslatot tehet eredetileg nem tervezett mérési módszerek alkalmazására. Az elnyert pályázatok mindig a beadást követő félév mérési időszakára vonatkoznak.

A pályázat elbírálásánál lényeges szempont a megpályázott kutatási téma eredetisége, a megválaszolandó kérdések világos megfogalmazása (milyen módszerekkel mit szeretnének vizsgálni, és a mérésekből milyen kérdésekre várnak választ), valamint a mérések technikai kivitelezhetősége.

A projekt első tizennyolc hónapja múltán kedvezőek a tapasztalataink a Budapesti Neutronközponthoz érkező pályázatokról. A kezdeti „felfutási” időszak után egyre nagyobb érdeklődés mutatkozik az igénybe vehető mérési lehetőségek iránt. A pályázó országok között megtalálhatók mind a nagy archeometriai hagyományokkal rendelkező nyugat-

európai országok (Nagy-Britannia, Németország, Olaszország, Görögország, Ausztria), mind a pályázati rendszerben kevésbé járatos, de hasonlóan gazdag kultúrkinccsel bíró kelet-európai országok (Horvátország, Szerbia, Románia, Bulgária). A második pályázati felhívásra öt, a harmadikra három, a negyedikre nyolc pályázat érkezett, valamennyi tudományos szempontból igen érdekes kérdést kíván megoldani. A tervezett kutatások tárgyai között szerepel különböző történelmi korok kő-, kerámia-, fém- és üveganyaga is. Az igénybe veendő mérési módszerekkel mind a leletek elemösszetételéről (PGAA; ionnyaláb-módszerek – PIXE, PIGE; XRF), mind a kristályos, ásványi szerkezetéről kívánunk információt nyerni. Eddig két olyan pályázat is érkezett, amelynek során mind a debreceni Atommagkutató Intézetben, mind a Budapesti Neutronközpontban végeztek méréseket a vendégkutatók.

Az eddigi sikeres kutatások közül egyet ismertetek példaként, amelynek fő célkitűzése lapis lazuli nyersanyagok lelőhely szerinti elkülönítése, valamint műtárgyak eredetének meghatározása volt.

Lapis lazuli – az „égszínű kő”

A *lapis lazuli* az ókori Keleten már a Kr. e. IV. évezredtől kezdve ismert és nagy becsben tartott, gyönyörű égszínkék drágakő. Nevének jelentése is *égszínű kő* – a latin *lapis* (kő) és a perzsa *lazavard* (ég) szavakból. Királyok, arisztokraták számára készítettek belőle ékszereket, pecséteteket és kisebb díszítőelemeket (*i. abra*). Az ókori Görögországban, Rómában, Egyiptomban, majd később a középkorban az örleményéből készült ultramarin az egyik legkedveltebb, legmagasztosabb hatást keltő festék volt. Nagy értéke miatt a lapis lazulit már az ókorban megpróbálták mester-



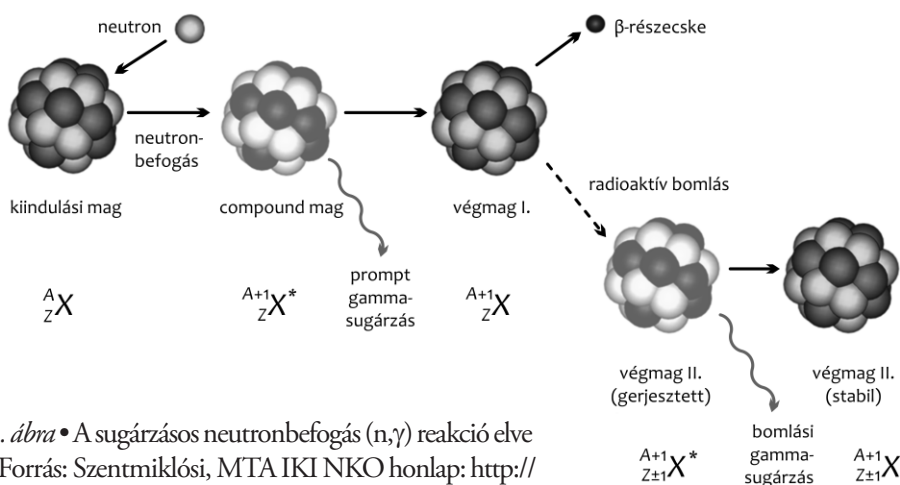
1. ábra • Lapis lazuli ékszer
(Forrás: Zöldföldi et al., beküldve)

ségesen előállítani, és természetesen a hamisítási próbálkozások a modern korban sem hagytak alább.

Egy korábbi együttműködés során a Tübingeni Egyetemmel már vizsgáltuk, hogyan lehet az egyes geológiai lelőhelyekről származó lapis lazulikat egymástól roncsolásmentes módszerekkel megkülönböztetni. E cél elérése szempontjából szerencsés, hogy a világon csak kevés előfordulása, azaz kitermelésre alkalmas lelőhelye ismert. A legfontosabbak Afganisztán, az Urál hegység, Szibériában a Bajkál-tó környéke, valamint Chile.

A lapis lazuli fő alkotórésze a lazurit ásvány, a szodalitcsoport tagja, képlete $(\text{Na,Ca})_4(\text{Cl,SO}_4,\text{S})(\text{AlSiO}_4)_3$. A lazurit mellett kísérő ásványokként pirit (FeS_2) és kalcit (CaCO_3), valamint kis mennyiségben piroxének, amfibolok és csillámok fordulhatnak benne elő. Előtanulmányaink során azt vizsgáltuk, hogy a tömbi elemi összetétel (fő összetevők és esetleges nyomelemek) alapján tudunk-e különbséget kimutatni az egyes földrajzi lelőhelyek között. Vizsgálati módszerként prompt-gamma aktivációs analízist (PGAA) alkalmaztunk. A PGAA segítségével valamennyi fő geológiai összetevőt (H, Na, Mg, Al, Si, Ti, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, esetenként P) és néhány nyomelemet (B, Sm, Gd, esetenként Sc és V) is ki tudtunk mutatni.

A prompt-gamma aktivációs analízis a termikus vagy hideg neutronok sugárzásos befogódását – az (n,γ) reakciót – követően az atommagból kibocsátott karakterisztikus (prompt) gamma-fotonok detektálásán alapul (2. ábra). A prompt-gamma-spektrum csúcsait energia szerint azonosítva meghatározhatjuk az összetevő kémiai elemeket (izotó-



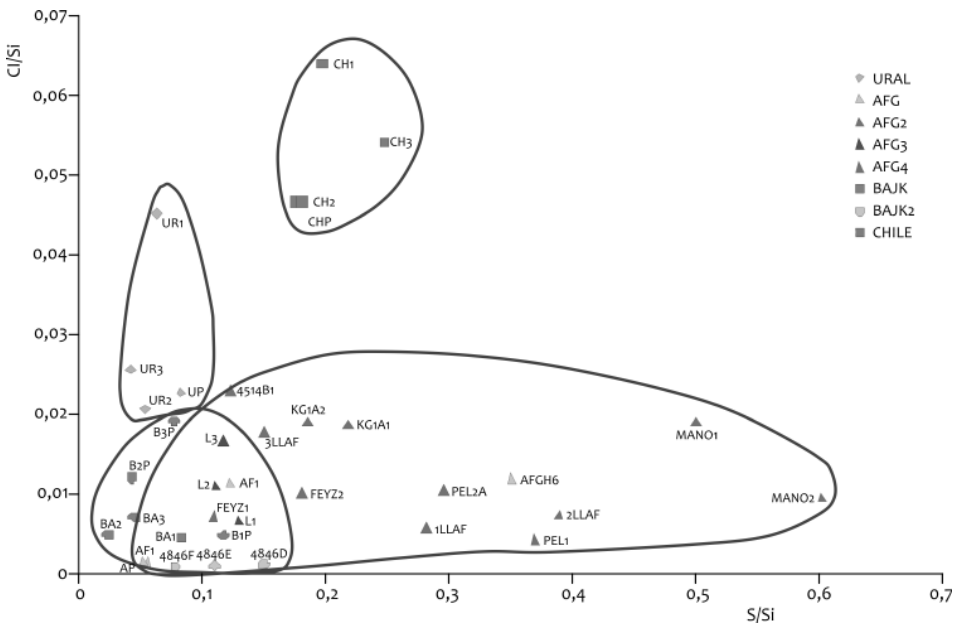
2. ábra • A sugárzásos neutronbefogás (n,γ) reakció elve
(Forrás: Szentmiklósi, MTA IKI NKO honlap: http://www.iki.kfki.hu/nuclear/research/index_hu.shtml)

pokat), a csúcsok nagysága pedig az adott összetevő mennyiségére ad információt. A Budapesti Neutronközpontban egy vízszintesen kivezetett, változtatható ($5 \text{ mm}^2 - 4 \text{ cm}^2$) keresztmetszetű nyalábbal sugározzuk be a mintákat, és a besugárzással egy időben Compton-elynyomásos HPGe-detektorrendszerrel vesszük fel a spektrumot. A spektrumokat Hypermet-PC programmal illesztjük, az elemazonosítás és a koncentrációk számítása saját PGAA-könyvtárunk segítségével történik (Révay – Belgya, 2004).

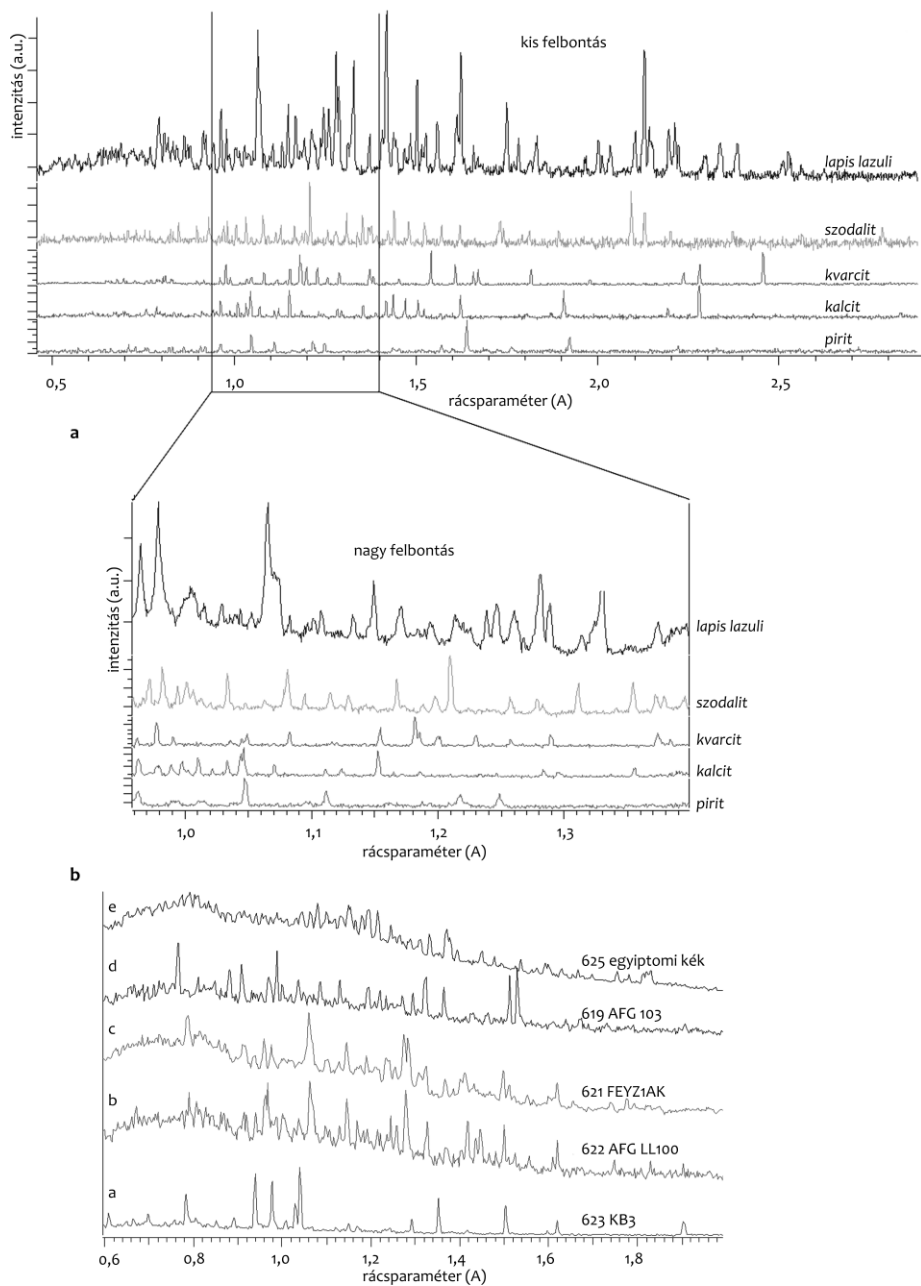
A kutatás során a fent említett legfontosabb geológiai lelőhelyekről származó lapislazuli-mintákat mértünk, majd a kapott koncentrációadatokról kétváltozós diagramokat, illetve statisztikai elemzéseket (főkomponensanalízis, faktoranalízis) készítettünk. Már a kezdeti mintasorozat PGAA-mérési eredményei azt mutatták, hogy a chilei és uráli lapis

lazuli nyersanyagok jól elkülönülnek egymástól, valamint a bajkái és afgán lapisoktól (3. ábra). Méréseink alapján a leginkább diszkriminatív összetevők a Cl, S, Mn és Fe (Zöldföldi et al., 2004). Ugyanakkor a bajkái és afgán lapisok az általunk mérhető összetevők alapján nagyon hasonlóak. A két csoport részben átfed egymással, aminek az is lehet az oka, hogy egy-egy vizsgált darabban az alkotó ásványok nem egyenletesen oszlanak el. A nagyobb, néhány cm^3 -es minta inhomogenitásából adódó hibák kiküszöbölhetők kisebb mintamennyiség nagymértékben leszűkített neutronnyalábbal való mérésével vagy kihozott nyalábos PIXE-mérésekkel.

Perspektivikusnak látszik az eredetmeghatározás neutrondiffrakciós ásványi elemzés segítségével is. A 4a. ábrán a lapis lazuli és alkotó ásványai neutrondiffrakciós spektrumi láthatók. Elképzelhető, hogy a diffrakció-



3. ábra • Lapis lazuli nyersanyagok csoportosítása PGAA-mérések alapján
(Forrás: Zöldföldi et al., 2004)



4. ábra • a: Lapis lazuli és alkotó ásványainak neutrondiffrakciós spektrumai (Forrás: Káli et al., CHARISMA Research Report) • b: „Egyiptomi kék” (e), lapis lazuli (a, b, d) és „hamis” lapis lazuli (c) neutrondiffrakciós spektrumai (Forrás: Káli et al., CHARISMA Research Report)

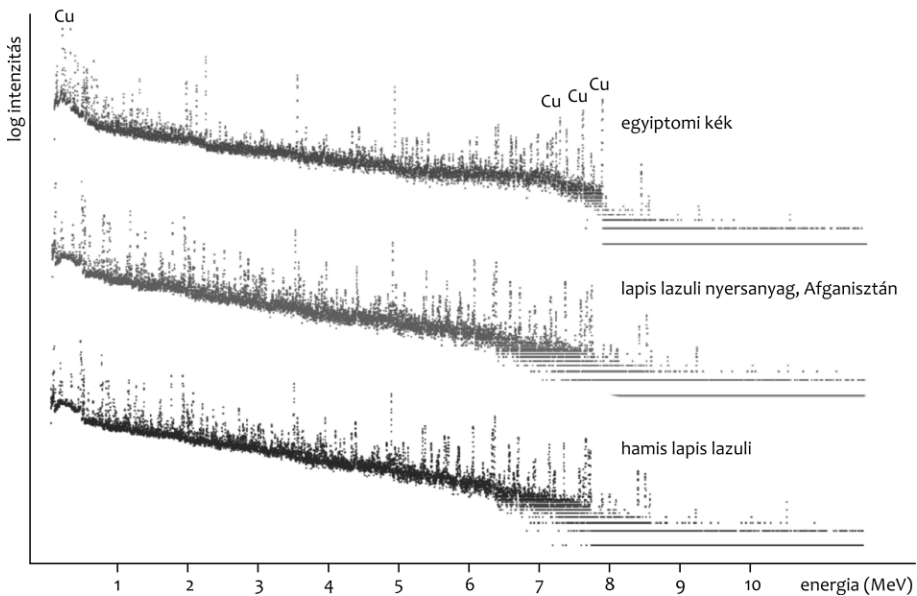
val meg lehet különböztetni olyan mintákat, amelyek elemösszetétel (PGAA) segítségével nem különíthetők el. Jelenleg a kísérleti eredmények kiértékelése folyik; megpróbáljuk néhány, régészeti leletekből származó minta nyersanyagának eredetét meghatározni.

Mind az elemi, mind az ásványos összetétel meghatározása alkalmas lehet a „hamis” lapis lazuli megtalálására, jelentse a „hamisítás” akár azt, hogy eredeti összetevőkből mesterségesen állították elő a lapis lazulit, akár azt, hogy más anyagokkal (például „egyiptomi kékkel”; $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ -val) helyettesítik.

A 4b. ábrán a hamisítványnak feltételezett feyzabadi lapis lazuli (c) nem különbözik lényegesen az eredeti afgán lapis lazuliktól (b, d), viszont az egyiptomi kék (e) diffrakciós spektruma teljesen eltér a lapisoktól. Az egyiptomi kék eltérő elemösszetétele – elsősorban a magas réztartalom miatt – jól látszik a prompt-gamma-spektrumokból is (5. ábra).

Záró gondolatok

A bemutatott példa jól szemlélteti, hogy a különböző roncsolásmentes, esetünkben „neutronos” mérés technikákon alapuló vizsgálati módszerek hogyan járulhatnak hozzá a kulturális örökség tárgyi emlékeinek kutatásához és megóvásához. A példából az is látszik, hogy az egyes módszerek önmagukban csak a legritkább esetben célravezetőek, tudományos igényű információkat legtöbbször az egymást kiegészítő módszerek egyidejű alkalmazásával nyerhetünk. Az archeometria definíció szerint multidiszciplináris tudomány, amelyben a természettudományos szakember igyekszik a legpontosabb választ adni a régész, muzeológus kérdéseire – ismeretve az alkalmazott módszerek korlátait. Az analitikai eredmények értelmezése szintén közös erőfeszítést kíván „humán” és „természettudományos” oldalról.



5. ábra • „Egyiptomi kék”, lapis lazuli és „hamis” lapis lazuli PGAA spektrumai
(Forrás: Kasztovszky et al., CHARISMA Research Report)

A 228330 számú CHARISMA-pályázatban Budapestről az MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet koordinálásával az MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, az MTA Izotópkutató Intézet és az MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet vesz részt. A PGAA-méréseket Kasztovszky Zsolt és Szilágyi Veronika (MTA IKI), a TOF-ND-méréseket Káli György és

Sánta Zsombor (MTA SzFKI) végezte. A lapis lazuli kutatás témavezetője Zöldföldi Judit (Tübingeni Egyetem, Németország). Köszönet a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásának.

Kulcsszavak: *kulturális örökség, archeometria, neutronanalitika, Budapesti Neutronközpont, lapis lazuli*

IRODALOM

- Kasztovszky Zsolt – Belgya Tamás (2006): Non-Destructive Investigations of Cultural Heritage Objects with Guided Neutrons: The Ancient Charm Collaboration. *Archeometriai Műhely*. III, 1, 12–17. • <http://www.ace.hu/am/>
- Len Adél (2006): A kisszögű neutronszórás archeometriai alkalmazási lehetőségei. *Archeometriai Műhely*. III, 2, 27–31. • <http://www.ace.hu/am/>
- Molnár Mihály: A szén és az idő: radiokarbon kormeghatározás. *Fizikai Szemle*. 6, 181–184. • <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fszo606/molnar0606.html>
- Révay Zsolt – Belgya Tamás (2004): Principles of PGAA method. In: Molnár Gábor L. (ed.): *Handbook of Prompt Gamma Activation Analysis with*

Neutron Beams. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht–Boston–New York, 1–30. • <http://books.google.com>

Sánta Zsombor (2006): Nagyfelbontású repülési idő diffraktométer a Budapesti Neutron Kutatóközpontban. *Archeometriai Műhely*. III, 2, 22–26. • <http://www.ace.hu/am/>

Zöldföldi Judit – Kasztovszky Zs. – Mihály J. – Richter, S. (2004): Honnan származik a lapis lazuli? Roncsolásmentes eredetvizsgálat prompt gamma aktivációs analízis segítségével. *Archeometriai Műhely*. I, 1, 16–22. • <http://www.ace.hu/am/>

Zöldföldi Judit – Nakai, I. – Suzuki, S. et al.: Identification of the Coloured Gemstones in the Royal Tomb of Qatna (Syria). Benyújtva az *Analytical and Bioanalytical Chemistry*-hez



DETONÁCIÓS NANOGYÉMÁNTOK TITKOSÍTOTT FELFEDEZÉSE

Braun Tibor

a kémiai tudományok doktora, c. egyetemi tanár,
ELTE Kémiai Intézet
braun@mail.iif.hu

„Diamonds are forever
They won't leave in the night
Have no fear that they might
Desert me”

Don Black: *Diamonds are Forever*, 1971
(A Gyémántok az örökkévalóságnak
című James Bond-film címadó dala)

Előszó

Bármennyire is szeretnénk, nem tudjuk elkerülni a gyémántnak mint szónak és fogalomnak azt a mitikus, szimbolikus, különleges jellegét, vonzatát, amit óhatatlanul előidéz. Mindezek nyomán felvethetjük, hogy tulajdonképpen mi is a gyémánt. Kő? Vagy hatalmi eszköz? Esetleg minden gazdagság alapja? A természetes gyémánt a drágakövek királya, a természet egyik csodája? Valójában a gyémánt évmilliókkal ezelőtt a föld mélyén keletkezett kristályos szén. Az ember körülbelül négyezer évvel ezelőtt fedezte fel Indiában, szimbóluma volt a villámnak és a sebezhetetlenségnek. A gyémánt ógörög neve *adamas*, a szó jelentése: legyőzhetetlen.

Szinte áttekinthetetlen lírai és prózai irodalmán túl nem hagyhatjuk említés nélkül ékszerként és befektetési értékén alapuló vonzerején túl olyan eszközként való értékét és

hasznát, amely a történelem során csaknem felfedezése óta szolgálta az emberiséget. És ehhez persze hozzájárult az is, hogy az ősidők óta jobb megismerése, alkalmazása során nem maradt el tudományos vizsgálata, tanulmányozása sem (Hazen, 1999; Harlov, 1998; Hershey, 2004; Field, 1979, 1992).

Mindezek fényében nyugodtan állíthatjuk, hogy a természetes gyémántról mint a szén egyik kristályos allotrópjáról, szerkezetéről, fizikai és kémiai tulajdonságairól, geológiájáról, feldolgozásáról a tudomány átfogó ismerettel rendelkezik (Hazen, 1999; Harlov, 1998; Hershey, 2004; Field, 1979, 1992). Ehhez a történelmi időket is belevonva még azt is hozzátehetjük, hogy ami az aranycsinálási vágyak, próbálkozások terén az alkímianak nem sikerült, azt a gyémánt esetében siker koronázta, a mesterséges gyémánt előállítását, sőt ipari arányokban való gyártását a tudomány és technológia – úgy, ahogy – már 1953-ban megoldotta (Wikipedia: Synthetic Diamond).

Bevezetés

Mint azt ennek az írásnak a címe is jelzi, jelen munkánk kizárólag a mesterséges gyémántok egyik válfajának, a detonációs nanogyémánt rendhagyónak nevezhető felfedezésével fog-