

lések az Ősrobbanást követő századmásodpercig vissza bennünket; az azt megelőző időszakra csak különböző elméleti becsléseink vagy spekulációink vannak.

A gyorsító részecskefizika segítségével elvben közelebb mehetünk az Ősrobbanáshoz, amikor megpróbáljuk laboratóriumi körülmények között rekonstruálni az Ősrobbanást közvetlenül követő anyagállapotot, ez most mintegy milliomod másodpercre megközelíti az Ősrobbanást. Ebben is áttörést várunk a CERN Nagy Hadronütköztetőjétől, az LHC-től, ahol négy óriási kísérletben is működnek magyarok: az ólom-atommagok ütköztetése az anyag Ősrobbanás-közeli állapotát próbálja rekonstruálni, a proton-proton ütközésekben pedig, más témák mellett, a sötét anyag mibenlétére próbálunk rákérdezni.

Irodalom

1. Patkós A., Frei Zs.: *Inflációs kozmológia*. Typotex, 2005.
2. Feltárul a Világegyetem. *Természet Világa* különszáma, 2009 (szerk.: Szabados L.).
3. G. H. J. E. Lemaître: The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory. *Nature* 127(1931) 706.
4. E. Komatsu és társai: 7-year WMAP Observations: Cosmological Interpretation, arXiv:1001.4538 (*Astrophys. J.* 2010).
5. D. Teresi: *Lost Discoveries: The Ancient Roots of Modern Science – from the Babylonians to the Maya*. Simon & Schuster, 2002.
6. R. A. S. Kocha: *The Big Bang and the Bhagavad Gita*. Bharatiya Vidya Bhavan, Mumbai, 1991.
7. XII. Pius pápa: *The proofs for the existence of God in the light of modern natural science*. Address of Pope Pius XII to the Pontifical Academy of Sciences, November 22, 1951. <http://www.papalencyclicals.net/Pius12/P12EXIST.HTM>
8. M. T. Ahmad: *The Quran and Cosmology*. http://www.alislam.org/library/books/revelation/part\4_section_5.html
9. *Szent Ágoston vallomásai*. (Vass József fordítása) <http://vmek.niif.hu/04100/04187/04187.htm>

A HOLT-TENGERI TEKERCSEK ÉS A FIZIKA

Balla Márta, Szatmáry Zoltán
BME Nukleáris Technikai Intézet

Korunkban divatosak az interdiszciplináris tudományok. Kezdetben – például – ilyennek minősült az orvostudomány és a magfizika határterületén a dozimetria, amely ma már önálló tudomány. Cikkünkben két olyan tudományról szólunk, amelyek egymással még csak nem is határosak, nevezetesen a történettudományról és a fizikáról. A radiokarbon kormeghatározás ugyan már évtizedek óta segíti a régészeket, de a két tudományterület együttműködése más vonatkozásban is szépen fejlődik, aminek érdekes és szép példája a holt-tengeri tekercsek vizsgálata.

Bevezetés

1947 kora tavaszán *Mohamed ed-Dib*, egy beduin pásztor megmászta a Holt tenger feletti meredek sziklafalat, és követ dobott az egyik barlangba. Mint később állította, elbitangolt kecskáját kívánta így felriasztani, de lehet, hogy csak alkalmas rejtékhelyet keresett a csempészárúja számára, ki tudja? Hallotta, hogy kövével eltört egy kerámiakorsót, amelyben három csúnyán összeragadt vászonba csavart bőrtekercset talált. Sem ő, sem a többi beduin nem sejtette, milyen érték került a kezükbe. Elvitték Betlehembe egy *Kando* nevű cipészhez, hátha a bőrt fel tudja használni szíjak készítésére. Kando látta, hogy a bőrtekercsek túlságosan töredezetek ehhez, viszont jártas volt az illegális műkincs-kereskedelemben, így rögtön üzletet szimatolt. Rávette a beduinokat, hogy hagyjanak nála néhány tekercset, amelyeket elvitt Jeruzsálemben egyháza, a szír-ortodox egyház püspökéhez, *Athanasziusz Jesua Szamuél*hez. Az egyik tekercsből letört egy darabot, majd elégette. Mivel égéskor a bőr erősen defor-

málódott, látta, hogy az iratok nagyon régiek lehetnek. Ismerte a régi kéziratokat, így egy másik, nem sokkal tudományosabb „próbát” is elvégzett: egy letört darabot az ujjai között szét tudott morzsolni, ami szintén a tekercs rendkívüli régiségére utalt. Megbízta Kandót, hogy vásároljon meg további tekercseket a beduinoktól. Már csak néhányat tudott megszerezni. A Szamuél püspök által felkeresett tudósok középkorinak tartották a tekercseket, de a püspök nem hitt nekik. Végül eljutott a ma Albright Intézetnek nevezett intézmény fiatal tudósához, *John C. Trever*hez, aki azonnal felismerte a tekercsek magas korát és óriási történelmi jelentőségét. Innentől a történet valóságos krimi, de nincs helyünk tovább mesélni.

Amit a beduin Mohamed talált, az a 20. század egyik legnagyobb régészeti felfedezése: megtalálta a legrégebbi bibliai kéziratokat. A barlangban több hasonló korszak is volt, továbbá később egyéb barlangokban is találtak kerámiakorsókat szintén papiruszra, pergamenre és rézre írt tekercsekkel. Szép kézírással, héber és arámi nyelven írt könyvekről van szó, amelyek különösebb nehézség nélkül olvashatók – már azok számára, akik ismerik ezeket a nyelveket. Az írás alapján a szakértők megállapították, hogy a Krisztus előtti 1–2. és utáni 1. évszázadban keletkeztek. Mintegy negyedrészükből bibliai szöveg, a többi szektáriánus és a világ végével foglalkozó írás. Érthető, hogy mind a zsidók, mind a keresztények számára életbevágóan fontos volt a természetesen felmerülő kérdés megválaszolása: a talált tekercsek fényében mennyire hiteles a ma olvasott Biblia?

A helyzetet bonyolítja, hogy a felfedezés idején a terület Jordániához tartozott. Ez a körülmény nem segítette a feltárást és a feldolgozást. A munkát kez-

detben *Roland de Vaux* atya irányította. Ásatásokat végzett a barlangok közelében fekvő márgateraszon, és további tekerceket keresett. 1952-ben katonai akciókkal igyekezett a különböző barlangokban levő leleteket megszerezni, de így sem tudta megakadályozni, hogy a tekercek az illegális műkincs-kereskedelem tárgyává váljanak: a beduinok jó pénzért árulták őket. A tekercek helyzete jelentősen megváltozott 1967-ben a hatnapos háború után, amikor a terület izraeli fennhatóság alá került. Ma Jeruzsálemben látogatható egy múzeum, amely bemutatja a tekercek egy részét (egyéb kumráni leletek társaságában). Mindenesetre hosszú évtizedek múltak el úgy, hogy a leletekkel kapcsolatban csak szórványos, ellenőrizetlen értesülések váltak nyilvánossá. Lassan az évszázad kulturális botrányáról beszéltek, a katolikus és protestáns felekezeteket a számukra kényelmetlen tények eltusolásával kezdték vádolni.¹ Könyvek, cikkek százai jelentek meg erről, miközben archeológusok, történészek és vallástörténészek csapatai dolgoztak a tekerceken. Napjainkban rendelkezésre áll a teljes talált anyag és annak számos nyelvre való fordítása.²

Mintegy 50 év telt el, miközben csak az említett tudósok foglalkoztak a holt-tengeri tekercekkel. Az irányukban való teljes tisztelettel is emlékeztetnünk kell azonban arra, hogy ez alatt az idő alatt a természettudományos vizsgálati módszerek óriási fejlődésen mentek keresztül. Közülük a ¹⁴C kormeghatározás csak az egyik, amelyet egyébként az említett 50 év vége felé már bekapcsoltak a vizsgálatokba. A többi módszert azonban nem vetették be. *Jan Gunneweg*, a Jeruzsálemi Héber Egyetem régésze erről panaszkodik egyik dolgozatában. Hivatkozik az ismert közmondásra: „a vakok országában félszeműek a királyok”. Ha csak egyik szemünket, a filológiai vizsgálódást használjuk, félszeműek vagyunk. Használunk kell másik szemünket, a természettudományos módszereket is, mert ezek más oldaláról világítják meg ugyanazt a valóságot. Írt Koppenhágába, Poznanba, Budapestre és az Egyesült Államokba, ahonnan pozitív válaszokat kapott. 1998 májusában döntés született, hogy a Jeruzsálemi Héber Egyetem és az École Biblique de Jérusalem³ irányítása alatt nemzetközi együttműködést szerveznek. Végül eredményben 19 egyetem és kutatóintézet együttműködése szerveződött a holt-tengeri leletek természettudományos vizsgálatára. Magyar részről a BME Nukleáris Technikai Intézete volt a résztvevő *Balla Márta* vezetésével. Az alábbiakban erről az együttműködésről adunk egy rövid beszámolót. A felvetett és vizsgált kérdések megértése érdekében előbb össze kell foglalnunk a történelmi és vallástörténeti hátteret. Természetesen nem térhetünk ki a történészek kételyeire, az összefoglalás a ma legvalószínűbbnek tekintett felfogáson alapul.

¹ Lásd például Michael Baigent és Richard Leigh: *Mi az igazság a holt-tengeri tekercek körül? Az évszázad botrányának vallási története*. Holnap Kiadó, 1994.

² A magyar fordítás elérhetősége: A kumráni szövegek magyarul, Pázmány Péter Katolikus Egyetem, 2000.

³ A Bibliai Tanulmányok Intézete Jeruzsálemben.

Történelmi háttér

A holt-tengeri leletek keletkezése idején a zsidóságon belül három jelentős szekta létezett: szadduceusok, farizeusok és esszénusok. A *szadduceusok* neve Szádok főpapra vezethető vissza, akinek a fiai a Második Templomban⁴ szolgáltak. A papságon kívül a gazdagok tartoztak hozzájuk. A mózesi törvényt szó szerint értelmezték, nem hittek a feltámadásban. A Második Templom lerombolása után jelentőségük megszűnt. A *farizeusok* a Makkabeus-felkelés (Kr. e. 165–160) után tűntek fel, de aktív hatásuk még három évszázadig tartott. A szadduceusoktól eltérően a vallási élet megerősítése volt a fő céljuk. Ragaszkodtak az előírások megtartásához, amiben néha túlzásokba estek, viszont maguk nem mindenben a saját elveik szerint éltek. Az Evangéliumok nyomán ezért vált a farizeus szó a vallási képmutatás szinonimájává. Tevékenységük eredménye – többek között – az országos bírói rendszer létrehozása, amelyet a 71 tagú főtanács, a Szanhedrin irányított.⁵ Az *esszénusok* a mózesi törvények betű szerinti végrehajtását vallották. A világtól elvonult csoportokban, saját szabályaik szerint éltek, elítélték az előbbi két szekta követőit. Tanításaik sokban hasonlítanak Jézus tanításaihoz, aki szintén sokszor került ellentmondásba a farizeusokkal. Ezért egyes nézetek szerint nemcsak maga Jézus, hanem Keresztelő Szent János és Szent Pál is esszénus volt. Így válik érthetővé, hogy a holt-tengeri tekercek tartalma befolyásolhatja a keresztény tanításokat is.

A beduin Mohamed által felfedezett barlang a ma Hirbet Kumránnak nevezett márgaterasz felett található. Kumránban régóta ismertek romokat, sokáig egy római villa maradványainak gondolták őket. Kiderült, hogy egy ősi szekta követői laktak itt, az ő maradványaikat rejtje a márgateraszon talált temető is. Általánosan elfogadják, hogy ők helyezték el a közeli barlangokban az újkorban felfedezett kerámiakorsókat és a bennük talált tekerceket. Mai ismereteink rájuk vonatkozóan jórészt a feltárt leleteken alapulnak. Kumrán lakói buzgón másolták a szent könyveket és saját viselkedési törvénytárait. Főleg az utóbbiakon alapul, hogy őket esszénusként azonosította a történettudomány. A talált tekercek között szerepelnek eszkatológiával (a végső dolgokkal) foglalkozó iratok. Szerintük a közeli világ végén ki fog törni a jók és gonoszok háborúja, amelyben a jók fognak győzni. Az iratokban szerepel egy Jó Pap és egy Gonosz Pap, akik személye homályos. Az előbbi nyilván a kumráni közösség valamelyik, az írások keletkezésekor élő vagy holt vezetője, az utóbbi pedig feltehetően a Templom valamelyik (szadduceus) vezetője.

A talált iratok alapján ismerjük a kumráni esszénus közösség vallási tanítását. Ebből nyilvánvaló, hogy sem Jézus, sem Szent Pál nem lehetett esszénus. Jézus

⁴ Az Első Templomot Salamon király építette, a Második Templom a zsidóknak a babiloni fogságból való visszatérése után épült.

⁵ Mellékesen megjegyezzük, hogy ez ítélte el Jézust istenkáromlásért.

perét részleteiben ismerjük, ennek alapján kizárhatjuk, hogy esszénus lett volna.⁶ Keresztelő Szent János esetében más a helyzet, ő lehetett esszénus, sőt éppen a kumráni közösség tagja is. A Krisztus utáni 1. században a római légiók a későbbi Vespasianus császár vezetésével támadást indítottak Júdea ellen. Elpusztították a Kumránhoz közeli Jerikót, majd Kr. u. 69-ben elpusztították Kumránt. Északnak fordulva egyéves tragikus és véres ostrom után elfoglalták Massadát, végül feldúlták Jeruzsálemet, és elpusztították a Második Templomot.⁷ A kumráni közösség előre sejtette a kikerülhetetlen véget, ezért szent irataikat még időben elrejtették a közeli barlangokban, majd elmenekültek.

A kumráni leletek értékelése szempontjából érdemes kitérni a jelenlegi bibliai szövegek eredetére. A zsidó Biblia ma ismert szövege a *maszoréták* (átörökítők) nevéhez fűződik. Ők a Kr. u. 750 és 1000 között működő tudósok voltak, akik az ősi bibliai szöveg leírásával, őrzésével és rekonstruálásával foglalkoztak. Munkájukban a Kr. u. 500 és 750 között működő írnokok kézírataira támaszkodtak. A modern héber írásjelek kialakulása szintén az ő nevékhöz fűződik. A zsinagógákban ma olvasott bibliai szövegek tehát legalább ezer évre mennek vissza. Az ősi bibliai szöveg alapján készült Alexandriában egy görög nyelvű fordítás, a *Septuaginta*. A név eredete, hogy hetven tudós készítette. A munka száz évig tartott, és Kr. e. 150-ben készült el. A fordítás célja az volt, hogy a héber szövegeket elérhetővé tegye a diaszpórában élő, görög nyelven beszélő zsidók számára. Időközben kiegészült néhány irattal, de ezeket sem a zsidóság, sem évszázadokkal később a reformáció nem ismerte el. A keresztény Biblia szempontjából a zsidó Biblia az Ószövetség 45 könyve, amelyet az Újszövetség 27 könyve tesz teljessé. A mai szöveg alapja a *Vulgata*: a teljes Biblia latin nyelvű fordítása, amelyet Szent Jeromos készített el Kr. u. 383 és 410 között. Az Újszövetség forrását zömében görög nyelvű szövegek alkották, az Ószövetségét pedig héber és arameus szövegek. A hagyomány szerint az utóbbiakat Betlehemben tudós rabbik segítségével fordította le. A talált szövegek nyelvéből következik, hogy a holt-tengeri tekercsek szempontjából elsősorban a maszoréták szövegeivel való összevetés érdekes. Mivel a legrégibb fennmaradt maszoréta másolat ezer éves, a holt-tengeri tekercsek további ezer évvel vezetnek vissza a múltba.

A bibliatudósok már régen letettek arról, hogy a maszoréták szövegeinél régebbi szöveget találunk. Még 1939-ben is ezt írta *Sir Frederick Kenyon*, az ismert bibliatudós: „Nincs semmi valószínűsége annak, hogy valaha találni fogunk olyan héber kéziratokat, amelyek a maszorétikus szöveg keletkezésénél korábbra nyúlnak vissza.” Nagy öröme még megérhette, hogy tévedése kiderült, hiszen a holt-tengeri tekercsek még halála előtt csaknem kétszáz bibliai kézirat-

tal ajándékozták meg a bibliatudósokat. Végre választ lehetett kapni arra a kérdésre, hogy az évszázadokon keresztül újra és újra való másolás mennyiben torzította el az eredeti szövegeket.

Megvan Mózes öt könyve közül három töredéke (Teremtés könyve, Exodus, Leviták könyve). Kiemelkedő jelentősége van az úgynevezett *nagy Ézsaiás tekercs*nek. A találtak közül ez a leghosszabb, és Ézsaiás próféta Bibliához tartozó könyvét tartalmazza. A többi irat töredékesebb, némelyik rekonstruálása valóságos puzzle-játék, amelyben szavakból, néha betűkből kell visszaállítani az eredeti tekercset. Többen – főleg laikus újságírók – felvetették: vajon most az egész Bibliát át kell írni? Ezzel szemben a holt-tengeri tekercsek vizsgálata kimutatta, hogy a maszoréták másolatai a szöveget hihetetlen gondossággal örökítették át. Csak egy példát hozunk a talált kis számú eltérés jellegére és mértékére. A nagy Ézsaiás-tekercs egy helyén (21,8) majd őrszemről van szó, aki egy küldött után kémlél: „Majd felkiáltott, aki ezt látta: Uram, őrhelyemen állok ...” A maszoréták szövegében ez áll: „Majd felkiáltott egy oroszlán ...”. A Luther-féle fordításban „Majd felkiáltott, mint oroszlán ...”. Régóta nem volt érthető, mit keres itt egy oroszlán. Az „oroszlán” és az „aki ezt látta” héber szavak betűalakra és hangzásra hasonlóak. A kumráni lelet alapján a betűcserét korigálni lehetett, és a szövegből eltűnt az oroszlán. A lényeg nem változott, teológiai következmények nincsenek.

Problémák és módszerek

Bár a régészeti és vallástörténeti vonatkozások önmagukban is érdekesek, ideje áttérnünk a természettudományos vizsgálatokra. Mindenekelőtt a vizsgált kérdéseket tekintjük át. Hasonló vizsgálatokban ugyanis a helyesen feltett kérdés már fél siker, illetve megoldódva: egy rosszul feltett kérdés általában kudarchoz vezet. A legfontosabb kérdések:

- Helyesek a paleográfiai kormeghatározások?
- Hol készültek a tekercset rejtő kerámiakorsók?

Fontos tisztázni, hogy ugyanazok helyezték-e el őket a barlangokban, akik a kumráni márgateraszon laktak.

• Kik voltak Kumrán lakói? Hogyan éltek, mivel táplálkoztak?

- Kikkel tartottak kapcsolatot?

Ha ugyanis nincs meg a kapcsolat Kumrán lakói és a barlangokban talált tárgyak között, kérdéses, hogy a római légiók elől menekülve valóban ők próbálták kimenteni szent irataikat.

A természettudományos módszerekkel vizsgálható leletanyag sokféle: a korsók (tárolóedények), továbbá egyéb agyagtárgyak maradványai; a kumráni településhez tartozó temetőben talált sírokban levő személyek maradványai, testalkata, antropológiai adatai, csontjaik összetétele; a tekercsek anyaga; az őket tartalmazó, továbbá az egyéb helyeken (például a sírokban) talált szövetek; a használt festékek és tinta anya-

⁶ Alexander Schick: *Csodálatos Kumrán*. Ethos, 1998.

⁷ Azóta sem építették újjá.

ga stb. A vizsgálatokban felhasználták a fizikai módszerek széles körét: ^{14}C kormeghatározás, neutronaktivációs analízis, ásványtan, mikroszkóp, pásztázó elektronmikroszkóp, mágnesség mérése, röntgendiffrakció, termolumineszcencia. E módszerek számos kérdés tekintetében csak együttesen képesek megfelelő választ adni. Meg kell azonban jegyezni, hogy a nemzetközi tudóskollektíva még nem tudta a vizsgálatokat minden tekintetben megnyugtató módon lezárni. Egyes kutatók egyelőre csak újabb kérdések megfogalmazásához jutottak el, illetve további vizsgálatokat sürgetnek. A kutatók már csak ilyenek. Nem lehet tehát cikkünk célja, hogy az összes logikus és jogos kérdésre végleges választ adjon, de – reméljük – jelenlegi formájában is bemutatja, hova képes a történettudomány eljutni, ha figyelembe veszi a természet-tudományos vizsgálatok eredményeit is.

Az alábbiak a 2003-ban megjelent kutatási jelentésen⁸ alapulnak. Megjelenése után számos konferenciát tartottak, a legutóbbi éppen 2010 májusában volt.

Az agyagtárgyak eredete

A régész számára a legsokatmondóbbak az agyagtárgyak (1. ábra). Formájuk és felirataik, meg díszítésük önmagukban szolgálnak információval a származási helyükről. Ez azonban – sajnos – nem mindig megbízható. Például találtak olyan tárgyakat, amelyek formájuk és díszítésük szerint Mükénéből származnak, de kiderült, hogy a mai Izrael területén készültek. Az agyagtárgyakat ezért a következő vizsgálatoknak vették alá: az ásványos összetétel meghatározása a kerámiákból vett vékonycsiszolatok optikai vizsgálatával, mágneses szuszeptibilitás mérése (az agyagban levő vasvegyületek meghatározására), termolumineszcencia (az égetési hőmérséklet és a kor meghatározására), végül a neutronaktivációs analízis (NAA). A fő cél a származási hely meghatározása.

Mivel az NAA-vizsgálatok a BME Nukleáris Technikai Intézetében történtek, annyi részrehajlást megengedünk magunknak, hogy ezeket a többenél részletesebben ismertessük. Az agyag kémiai összetételét jelentő elemek egy részének aránya többé-kevésbé megfelel a sztöchiometriának, más részük viszont nagyon kis arányban előforduló nyomelem. Az előbbiek aránya meglehetősen kötött, így lényegében független a származási helytől, de a nyomelemek mennyisége helyről helyre változhat, viszont az azonos helyről származó agyagokban bizonyos mértékű állandóságot mutat. Találó hasonlattal úgy szokták mondani, hogy az agyagtárgyak nyomelem-összetétele a származási hely (kerámiaműhely) *ujjlenyomatának* tekinthető. Ha tehát vannak ismert származási helyű tárgyak, ezek nyomelem-összetételét egy ismeretlen eredetű tárgyéval összehasonlítva jó valószínűséggel ki tudjuk választani a származási helyet, illetve



1. ábra. Néhány kumráni kerámiaedény.

kijelenthetjük, hogy a származási hely ismeretlen. A kutatásnak tehát két problémát kell megoldania: a nyomelem-összetétel mérése és a származási hely kiválasztása.

Nem csak agyagtárgyak esetében, hanem egyébként is a legérzékenyebb analitikai módszer az NAA. Lényege a következő. A vizsgált mintát polietilén⁹ tokokban bejuttatjuk a reaktorba, ott neutronokkal besugározzuk. Ennek hatására a mintában található izotópok egy része felaktiválódik. Az így keletkező radioaktív izotópok γ -spektrumát félvezető detektorokkal megmérjük: a spektrumban található csúcsok energiája és az izotópok felezési ideje jellemző a fajtájukra, a csúcsok alatti terület pedig arányos az izotópok mennyiségével. Ahhoz, hogy ne csak relatív anyagmennyiségeket kapjunk, a vizsgált mintával egyidejűleg besugárzunk ismert összetételű és tömegű fóliákat: 0,1%-os aranyat és tiszta cirkóniumot. E fóliák aktivitásának a mérése nem csak az abszolútizálást, hanem a termikus és epitermikus neutronok arányának meghatározását is lehetővé teszi.¹⁰ A minták besugárzási ideje 8 óra volt. Az a körülmény, hogy az aktivitások mérése a BME oktatóreaktor épületében történt, lehetővé tette a rövid felezési idejű izotópok aktivitásának a mérését is. Ezzel a szokásosnál 5–7-tel több elem koncentrációját tudtuk meghatározni. A közepes (hét-hónap nagyságrendű) felezési idejű elemek As, Ca, La, Lu, Sb, Sm, U és Yb, a hosszabb felezési idejűek pedig Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Rb, Sc, Se, Sr, Ta, Tb, Th és Zn. Ez összesen 24 elem.

A BME NTI Radiokémiai Laboratóriuma az NAA területén nemzetközileg akkreditált laboratórium. Ennek ellenére szükséges volt a laboratórium validá-

⁸ J.-B. Humbert, J. Gunneweg: *Khirbet Qumrân et 'Ain Feshkha*. Academic Press, Fribourg, 2003.

⁹ Tiszta $(\text{CH}_2)_n$ polimer, amely nem tartalmaz aktiválódó izotópokat.

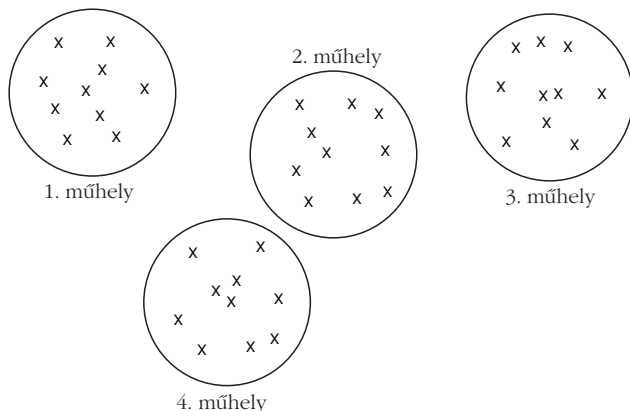
¹⁰ Erre az arányra a mért aktivitások kiértékeléséhez van szükség.

lása: tanúsított anyagmintákat (köztük egy régészeti mintát is) több laboratóriumban analizáltak, és nemzetközi összehasonlítással ellenőrizték, azonos eredményt szolgáltatnak-e. A kapott egyezésnek az adott együttműködésben az volt a jelentősége, hogy igazolta: a Jeruzsálemi Héber Egyetem birtokában levő, korábban mért analitikai adatok halmaza egyesíthető a BME által mért adatokkal. A vizsgálatok során mintegy 200 anyagminta analízisét végeztük el a BME-n.

A különböző mintákról kapott kémiai „ujjlenyomatok” összehasonlítása a matematikai statisztika ismert, de nem könnyű problémája: az *alakfelismerés*. Az összehasonlítás azt jelenti, hogy a mért 24 nyomelem koncentrációjából képzett vektorok által meghatározott pontok helyzetét vizsgáljuk a 24-dimenziós térben. Ha a mért nyomelem-koncentrációk szigorúan azonosak lennének az azonos műhelyből származó minták esetében, akkor a kapott pontok annyi pontnak felelőnének meg, ahány műhellyel dolgozunk van. Mivel azonban a nyomelemek koncentrációi még azonos műhely esetében is mutatnak véletlen ingadozásokat, továbbá a koncentrációk mérésének statisztikus hibája is van, csak abban reménykedhetünk, hogy az azonos műhelyekhez tartozó pontok egymás közelében fognak sűrűsödni – valahogy úgy, ahogy ezt a 2. ábrán szematikusan bemutatjuk (a papíron való ábrázolhatóság kedvéért 24 helyett két dimenzióban). Szép lenne, ha így lenne, vagyis egymástól ilyen világosan elkülöníthető ponthalmazok jelennének meg, de a gyakorlatban ezek rendszerint át is hatnak egymásba. 24 dimenzióban – egyszerű szemléltetés hiányában – persze már azt az ideális esetet is nehéz felismerni, amikor nincsenek áthatások.

Az alakfelismerésnek több módszere ismeretes. A legegyszerűbb a *legközelebbi szomszéd* módszere: kiszámítjuk az ismeretlen mintának megfelelő pont és az ismert származási helyű mintákat ábrázoló pontok közötti (euklideszi) távolságot a 24-dimenziós térben, és a mellett a származási hely mellett döntünk, amelyre a legkisebb távolságokat kapjuk. A régészetben az ezen alapuló technikát *klaszterezésnek* nevezik. Az adott munkában nem ezt, hanem egy másik módszert alkalmaztunk. Alapgondolata az, hogy az egyes min-

2. ábra. A különböző műhelyekből származó kerámiaminták nyomelem-összetételét ábrázoló pontok idealizáltan elképzelt helyzete.



tákból származó pontok valószínűségi eloszlásfüggvényét kell tanulmányozni. Minden származási hely esetében a pontok valószínűségi sűrűségfüggvénye várhatóan egy-egy lokális maximumot (csúcspot) fog mutatni a 24-dimenziós térben. Ha egy ismeretlen eredetű pont valamelyik csúcs közelében van, kielégítő biztonsággal meg tudjuk határozni a származási helyet. Ha azonban a csúcsok részben áthatnak egymásba, az áthatási tartományba eső pontok eredete bizonytalan. Ez a módszer tehát elsősorban annak vizsgálatára alkalmas, hogy nagy számú ismeretlen mintán belül egyáltalán hány származási hely fordul elő. Ha ezt eldöntöttük, az egyes minták esetében bizonyos valószínűséggel meg tudjuk adni a hovatarozásukat. Mivel az általunk vizsgált 200 körüli mintán felül egyéb adatokat is fel tudunk dolgozni, az adathalmaz elég számosnak tűnt a valószínűségi sűrűségfüggvény becslésére.

A gyakorlatban természetesen körülményes a 24-dimenziós térben dolgozni, ezért elkerülhetetlen az adathalmaz bizonyos tömörítése. Erre szolgál a *főkomponens-analízis*. A munkát Balázs László¹¹ végezte. Nyilván feltehetjük, hogy a mért adatok Gauss-eloszlásúak. Az adatokból becslést adhatunk **B** kovarianciamátrixukra. Ehhez ismerni kellett a valószínűségi sűrűségfüggvény csúcsainak helyét, ami csak a végeredményből olvasható ki. Ezért egy iterációra volt szükség, de ennek részleteibe nem mehetünk bele.¹² Így egy 24×24-es pozitív definit szimmetrikus mátrixot kapunk, amelynek a sajátértékei legyenek $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_{24}$. Ha a λ_i -nek megfelelő sajátvektor \mathbf{C}_i , akkor a kovarianciamátrix ezekkel a

$$\mathbf{B} = \sum_{i=1}^{24} \lambda_i \mathbf{C}_i \mathbf{C}_i^T \approx \lambda_1 \mathbf{C}_1 \mathbf{C}_1^T + \lambda_2 \mathbf{C}_2 \mathbf{C}_2^T + \dots$$

alakban fejezhető ki. (A T felső index a transzponálás műveletét jelenti. A művelet egy oszlopvektort sorvektorra változtat.) Ha egy \mathbf{x} mért összetételvektort tekintünk, akkor az szintén sorba fejthető a sajátvektorok szerint:

$$\mathbf{x} = \sum_{i=1}^{24} a_i \mathbf{C}_i \approx a_1 \mathbf{C}_1 + a_2 \mathbf{C}_2 + \dots,$$

ahol

$$a_i = \mathbf{C}_i^T \mathbf{x}, \quad i = 1, 2, \dots, 24.$$

A \mathbf{C}_1 és \mathbf{C}_2 vektorokat a két főkomponensnek nevezzük.¹³ Esetünkben ezek már jó közelítéssel elégségesek mind a kovarianciamátrix, mind a mért \mathbf{x} vektorok közelítésére, tehát a 24-dimenziós pontok valószínűségi sűrűségfüggvénye velük kielégítően jellemezhető. Ebből következik, hogy elegendő az a_1 és

¹¹ A ismertetett munka idején a BME, jelenleg az ELTE tanára.

¹² A módszeren belül az iteráció ötlete és alkalmazása Balázs hozzájárulása.

¹³ Más adathalmaz esetében előfordulhat, hogy kettőnél több főkomponenssel kell dolgozni.

a_2 együtthatók statisztikai viselkedését megvizsgálja. E két súlyfaktor (immár kétváltozós) valószínűségi sűrűségfüggvényének szintvonalait a 3. ábrán mutatjuk be. Az ábrán jól láthatók a fentiekben említett csúcsok.

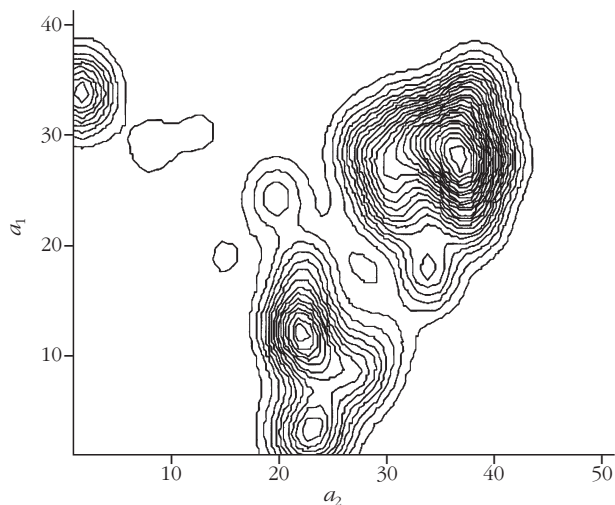
A 3. ábra egyértelműen mutatja, hogy a kerámiaminták több helyről származnak. Vizsgálataink előtt tartotta magát az a nézet, hogy a talált agyagtárgyak (korsók, cserepek, egyéb használati agyagtárgyak) helyben készültek. Ennek volt némi alapja, hiszen az ásatások két helyi fazekasműhelyt is feltártak. Adataink alapján azonban megdőlt ez a feltevés: a leleteknek csak mintegy 33%-a készült helyben, a többi származási helye más. Viszonylag nagy hányaduk a földrajzilag közel fekvő Jerikóból származik. Ezen a csoporton belül egymástól elkülönülni látszik két alcsoport. Egy kisebb csoport származási helye a Holt tenger keleti partja. Külön érdekesség, hogy ez a hely az ókorban nem tartozott Júdeához (ma sem tartozik Izraelhez). A minták nagy része Hebronból származik. Mindenképpen bebizonyosodott tehát, hogy a kumráni közösség nem elzártan élt, hanem kapcsolatot tartott fenn a Holt tenger környékének lakóival.

Külön figyelmet érdemel a tekerceket tartalmazó korsók eredetének kérdése. Ha ugyanis nem mutatható ki ezeknek a kumráni településsel való kapcsolata, akkor kérdéses a tekercek és a település kapcsolata is. A Kumránban talált cserepek között voltak olyanok, amelyeken levő (festett vagy karcolt) feliratok alapján biztosra lehet venni, hogy a településről származtak. A barlangokban találtak ezekkel azonos ujjlenyomatú tárolóedényeket. Vizsgálataink általában is megmutatták, hogy a már említett származási helyek mindegyikéről származó kerámiák egyaránt előfordultak a barlangokban és a településen. A tárolóedények közül kettő származott Jerikóból, de legnagyobb részük eredete Hebron. Itt van Ábrahám, Izsák és Jákob sírja, tehát ennek a körülménynek lehetnek vallástörténeti vonatkozásai is.

A temető

A kumráni márgateraszon van egy temető, amelyben 1200 sírt találtak. Közülük eddig mintegy 50-et tártak fel. A talált csontokat mindenekelett antropológiai szempontból tanulmányozták: nem, alkat, testméret stb. A csontokban talált nyomelemek felvilágosítást adnak az eltemetettek táplálkozásáról. Az utóbbiak lehetnek a Kumránban élő esszénusok, de lehetnek máshol élő, itt eltemetett személyek is.

A megvizsgált emberek nagy része fiatal korban halt meg, és csontjaik kimagaslóan nagy koncentrációban tartalmaztak ezüst-, bróm-, szelén- és krómvegyületeket. Tehát vagy ezektől a káros anyagoktól haltak meg, vagy táplálékuk tartalmazott valamilyen, ezekkel mérgezett szerves anyagot. E kérdés megválaszolásához érdemes megvizsgálni a Kumránban levő vízgyűjtő medencék falait, hátha ezekben fordultak elő ezek az egészségre káros anyagok.



3. ábra. Az a_1 és a_2 együtthatók kétdimenziós sűrűségfüggvényének szintvonalai.

Ezen túlmenően megmérték az épen maradt zománcú fogakban található ^{86}Sr és ^{87}Sr izotópok mennyiségének arányát, mert ebből – elegendően nagy számú adat birtokában – választ kaphatunk az eltemetett személyek származási helyére vonatkozóan. Ezek a fogak felhasználhatók egyrészt DNS-vizsgálatokra, másrészt ^{14}C -kormeghatározásra. Ez az utóbbi azért is jelentős, mert a csontmaradványok alig tartalmaznak értékelhető mennyiségben szenet és nitrogént (lásd még alább).

Az említett fizikai módszerek mellett természetesen megvizsgálták a temetők és sírok elrendezését, hiszen ezek a klasszikus régészeti módszerekkel felvilágosítást adnak a temetési szokásokról. Találtak továbbá ékszergyöngyöket, amelyekből talán felvilágosítást nyerhetünk az eltemetett esszénusok nőüléséről vagy nőtlenségéről. Természetesen az is lehet, hogy azok, akiknek sírjában ilyesmit találtak, más közösséghez tartoztak, vagy más korban éltek.

Textilek

A talált textileket alkotó szálak mikroszkópos vizsgálatán kívül megvizsgálták a textilek fonását, illetve szövését vagy kötését. Ez ugyanis felvilágosítást ad az alkalmazott technológiáról. Kumránban a tekercek csomagolásához használt len a legérdekesebb. Származási helyük esetleg visszakövethető abban az esetben, ha a szálakban találnak valami helyhez köthető jellegzetességet. A Kumránban talált textileket már a jelen együttműködést megelőzően is vizsgálni kezdték. A kutató (*M. Bélis*) az anyagot Franciaországba vitte, de ez jó részt visszatért Jeruzsálembe, amikor Bélis-t felkérték az együttműködésben való részvételre.

Az itt dolgozó nemzetközi csoport sokoldalúan újravizsgálta a leletanyagot, és nem elégedett meg *M. Bélis* korábbi jegyzeteinek értelmezésével. Ugyanakkor új kérdéseket is feltettek a textilek színezésére használt festékekről. Egyes esetekben a teljes szövetet megfestették, másokban csak festett csíkokat találtak.



4. ábra. Rituális fürdő Kumránban.

Négy kérdést tettek fel: 1. a szál anyaga; 2. a szövés vagy kötés technikája; 3. a használt szerves vagy szervetlen festék anyaga; 4. a textilek kora.

A fizikai módszerek gazdag fegyvertárát bevetették: típusvizsgálat optikai megfigyelés alapján; Raman-spektroszkópia; szinkrotronsugárzásból nyert röntgen-diffraktometria; pásztázó elektronmikroszkóppal történő fotográfia. A vizsgálatok során – sokak meglepetésére – kiderült, hogy már akkor (tehát a Krisztus előtti és utáni első évszázadokban) készítettek gyapotból szövetet. A vizsgálatok várhatóan érdekes adalékokkal fognak szolgálni az egész korabeli görög és római, valamint a közel-keleti technológiára vonatkozóan. Természetesen ezen belül egy értékes példát jelentenek a Kumránra vonatkozó eredmények.

A sírokban talált textilek némelyikének szövése eltér az ókori mintáktól, viszont közel áll a későbbi korok szövésmintáihoz. Ebből következik, hogy a kumráni márgaterasz sírjai között vannak olyanok is, amelyek később élt beduinokhoz rendelhetők.

A szerzők ugyanakkor figyelmeztetnek arra, hogy a kumráni leletek történelmi jelentősége bizonytalan. A kumráni közösségről ugyanis nincs történelmi adat. A modern kor emberei csak feltételezik, hogy az ott lakó és a római légiók elől menekülő esszénusok helyezték el a barlangokban a tekercseket. Persze sokan hajlanak erre a feltevésre. Viszont semmi tényszerűt sem tudunk arról, hogy a Krisztus utáni 1. századot követően tényleg a beduin Mohamed találta-e meg először a tekercseket.

Kormeghatározás

Nagy reményeket fűztek a ^{14}C -kormeghatározáshoz, mivel ez az adott néhány ezer éves időskálán ideális esz-köznek tekinthető.¹⁴ Értékelhető adatok nyilván a szerves anyagoktól remélhetők: textil-, csont-, fa- és gyümölcsmaradványok. A laboratóriumba küldött minták

¹⁴ A felezési idő 5730 év.

azonban csalódást okoztak. Egyrészt a textilminták ricinusolajjal szennyeződtek, így nem tekinthetők mérvadónak. Másrészt a csontok alig tartalmaztak ^{14}C -et, ezért nem adtak értékelhető eredményeket. Emiatt a korábban publikált koradatok értéke is megkérdőjeleződött.

A kutatók úgy tekintik, hogy a kérdésre még vissza kell térni évtizedenként legalább egyszer, mivel a kormeghatározás technikája jelentősen fejlődik. Sikerült már egy textilmintát a szennyezőktől megtisztítani. A sírokból származó adatok így kezdenek biztatóvá válni. Kiegészítést jelenthetnek a fogak már említett vizsgálatai. A jelenlegi vizsgálatok újabb iránya a kerámialeletek korának meghatározása a termolumineszcencia alapján.

Víztárolók

Kumránban találtak szögeket és egyéb fémtárgyakat, amelyek analizésének eredményei összekapcsolhatók a víztárolók vakolásának elemzésével. Számos vízmedencét találtak Kumránban, amelyek részben rituális tisztálkodásra (4. ábra), részben víztárolásra szolgáltak. Erre más zsidó településeken (Jerikó, Jeruzsálem stb.) megvizsgált medencékkel való összehasonlítások alapján következtettek: mindegyikben található egy lépcsős lejárát, ami arra utal, hogy csak egy tisztálkodási szertartás után lehetett bejutni a vallási rendeltetésű épületekbe. Megjegyzendő, hogy a kumráni medencék a szokásosnál nagyobbak.

Az elvégzett kémiai elemzés azt mutatta, hogy a kumráni vakolatok bizonyos nehéz fémekben szegényebbek, mint amilyeneket egyéb helyeken találtak. Ugyanakkor a kumráni vakolatok nagyobb koncentrációban tartalmaztak kadmiumot, szulfátokat, uránt, stronciumot és báriumot. Ennek feltehetően a környezetben talált építőanyag összetételében kereshetjük az okát. A kisebb mennyiségben talált nehéz fémek viszont azzal magyarázhatók, hogy a kumráni létesítmények sem ipari, sem katonai közösséget nem alkottak. Számos kumráni létesítményben találtak viszont rezet, ónt, kobaltot és cinket, ami az építéskor használt bronz, réz és ón szerszámokra vezethető vissza.

A kapott adatok özőne ellenére a kutatók egyelőre elégedetlenek, ugyanis még nem tudják értelmezni a vakolatokra vonatkozó kémiai elemzések eredményeit. Ehhez ugyanis nagy számú olyan létesítményre vonatkozó adatok kellenének, amelyek rendeltetése történelmi, régészeti vagy egyéb forrásból biztos.

Záró megjegyzések

Az alkalmazott fizikai módszerek több tekintetben is hozzá tudtak járulni a történészek által feltett kérdések megválaszolásához. Álszerénység lenne elhallgatni, hogy eddig a mi NAA-vizsgálataink adták a leghatározottabb válaszokat. A többi terület kutatói csak óvatosabb kijelentéseket tettek, viszont hasznos ötleteket adtak a régészeknek, hogy vizsgálataikat milyen irányban célszerű tovább folytatni.