

A PD 75740 számú OTKA pályázat zárójelentése

A 2009 – 2012 között eltelt időszakban történelmi bélyeges téglák archeometriai vizsgálatát végeztük megfelelően kiválasztott magyarországi mintákon. Ez a kutatás nagy és egyben hiánypótló munka, hiszen a hazánk területén fellelhető hatalmas régészeti anyag (durva és finom kerámiák) egyáltalán nem vagy csak szórványosan feldolgozott és nincs adatbázisba rendezve archeometriai szempontból, azaz anyagismereti, készítéstechnológiai, technológia történeti alapon való katalogizálásuk nem megoldott. A kézi, hordozható röntgenfluoreszcens spektrométer (továbbiakban XRF) lehetővé tette számunkra nagy számú minta roncsolásmentes kémiai elemzését, azaz a minták anyagösszetétel-meghatározását viszonylag rövid, de legalábbis belátható időn belül és mindezt a helyszínen elvégezve (múzeumok gyűjteményében, lerakataiban, ill. ásatási helyszíneken).

Az XRF technika ma már alapvető, gyors, megbízható és érzékeny módszer szilárd, esetenként folyékony minták kémiai elemzésében. Szilárd minták mind por, mind tömbi formában egyaránt elemezhetők minimális mintaelőkészítéssel vagy akár e nélkül. Ez a technika röntgen sugárzást használ a mérésnél, melynek hatására a minta atomjai gerjesztődnek, ionizálódnak (az atommaghoz legközelebb lévő, legbelső elektronpályákról elektronok lépnek ki) és az ezt követő relaxációs folyamatok eredményeként, melyben visszaáll az atom/ion az eredeti alapállapotba, karakterisztikus röntgen sugárzás keletkezik, melynek energiája, hullámhossza szigorúan az azt kibocsátó elemre jellemző, intenzitása pedig arányos a vizsgálandó elem koncentrációjával. A Niton gyártmányú XRF készülék lehetővé teszi a magnéziumtól az uránig terjedő elemek meghatározását a vizsgálandó mintában, ill. annak egy jól behatárolt felületén (térfogatában). Köszönhetően a gyárilag beépített kalibrációs, kiértékelő szoftvereknek, közel 40 elem minőségi és mennyiségi meghatározása egyaránt lehetséges. Az úgynevezett könnyű elemek méréséhez (Al, Si, Mg, P, S, Cl) hélium gázöblítést (hordozható és újra tölthető hélium palack kiegészítő tartozék ami az XRF készülékhez csatlakoztatható) használtunk, lehetővé téve a gép belső terének átöblítését ahol a detektor is található. Erre azért van szükség mert ezeknek az elemeknek a karakterisztikus röntgensugárzása, ami a mérés alapjául szolgál, kis energiájúak és elnyelődnek a levegőben, és ami gátolja pontos és érzékeny mérésüket, míg héliumos közegben ez a hatás minimális. A könnyű elemeken kívül az átlagos kimutatási határ ezzel a módszerrel pár tíz ppm (mg / kg) a többi elemre. A kerámia mintákban kis mennyiségben jelen lévő nyomelemeket is meg tudjuk határozni, ami azért fontos, mert a nyomelem tartalom (azok minősége, mennyisége, arányuk) ujjlenyomatként jellemzi a vizsgált anyagot. Az a kémiai információ, amit a helyszíni XRF elemzésekkel kapunk, alapvető fontosságú lehet egy tárgy, lelet eredetének (provenienciájának), funkciójának, valamint gyártási technológiájának meghatározásában, valamint az eltemetődési viszonyok, a talajban – a befoglaló közegben - végbemenő folyamatok, változások felderítésében. A kutatási időszak alatt több fejlesztést is elvégeztünk a kézi XRF készüléken a pontosabb és megbízhatóbb mérések érdekében, a régészeti durva- és finomkerámiák speciális vizsgálati igénye alapján. Az elvégzett nagy számú mérés és adatfeldolgozás során megtapasztaltuk a készülék és a módszer korlátait is, amit minden esetben szem előtt kell tartani. A fejlesztések között elsőként CCD kamerát építettünk a készülékbe a minta felületén történő mérés pontosabb pozicionálása érdekében. Ugyanezt a célt szolgálta egy a kisebb területű mérések elvégzését lehetővé tevő (a 8 mm átmérőjű körnek megfelelő mérési terület mellett 3 mm is választhatóvá vált (small spot)) szűkítő beépítése. Ehhez szükséges volt a mérő-, értékelő szoftverek teljes újrakalibrációja. Az utolsó évben tett fejlesztés gyanánt telepítettünk egy negyedik kalibrációs csomagot is ('talaj kalibráció') a meglévő három mellé, amivel lehetővé vált néhány további fontos elem

menyiségi meghatározása is (Au, Hg, U) és e mellett a többi mérési mód is finomabbá, kiegészíthetővé, ill. pontosabbá vált, valamint a hélium palack és a készülék összekapcsolását szolgáló csatlakozó is ki lett cserélve jóval biztosabb és hatékonyabb gázöblítést eredményezve, így a könnyű elemek mérése is még pontosabbá és megbízhatóbbá vált. Ez különösen a Si és Al mérésénél fontos. A téglák és kerámiák mérésénél nagyon fontos volt a megfelelő felületű és alakú, geometriájú mérési felület kérdése, hiszen a vizsgált anyagszoport (túlnyomórészt alumínium-szilikátok) alapvetően könnyű elemekből áll és ezek pontos mennyiségi méréséhez elengedhetetlen a sík, sima felület mert csak így tudjuk biztosítani, hogy az XRF készülék és a minta között az érintkezés hézagmentes legyen a mérés alatt, így minimalizálva a detektorba jutó jelek elnyelődését a levegőben. Mivel ez a módszer alapvetően felületanalitikai technika (néhány köbmiliméternyi információs térfogat), így szintén alapvető volt a mérendő felületek megtisztítása (a legfelső felület eltávolítása különböző, anyagfüggő technikákkal), hogy valóban a téglá- és kerámiaanyagot mérjük és ne a felületen lévő szennyeződést, talaj-, ill. habarcs maradványt, ami torzítaná, meghamisítaná az eredményeket. Az erősen görbült, főleg homorú felületek mérése így pontatlanná válik. Ezekről a technikai, kísérleti kérdésekről, korlátokról az Applied Clay Science folyóiratba beadott és jelenleg elbírálás alatt lévő publikáció készült.

Az XRF méréseket – tapasztalataink alapján - minden egyes tárgyon legalább három, de esetenként négy ponton végeztük, párhuzamos mérésekkel melyek egyenként 120-150 másodpercig tartottak. Minden esetben a 'Mining Cu/Zn' elnevezésű kalibrációs csomaggal mértük a következő elemeket: Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, K, P, S, Cl, Rb, Sr, Ba, Zr, Nb, V, Cr, Co, Ni, Zn, As, Pb, Sn, Sb, Ag, Mo, Bi. Az optimális gerjesztés érdekében a készülék ebben a módban négy szűrőt használ ('Main, Low, High, Light Filter'). Minden szűrővel 30 másodpercig mértük az adott felületet, az utolsó 'Light' szűrő esetében ez hosszabb idő is volt hiszen a készülék itt méri a hat könnyű elemet, így minél tovább mértünk, annál jobb lett a jel/zaj viszony, azaz pontosabb lett az eredmény, azaz kisebb hibával terhelt. Egy-egy szűrő egy adott elemcsoport mérését végzi a következő felosztásban.

- Main Filter: Sb, Sn, Ag, Mo, Nb, Zr, Sr, Rb, Bi, As, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti
- Low Filter: Cr, V, Ti, Ca, K
- High Filter: Ba, Sb, Sn, Ag
- Light Filter: Al, P, Si, Cl, S, Mg.

A mennyiségi kiértékelés az ún. sztenderdmentes alapvető paraméterek módszerével történik (fundamental parameters method), mely matematikai algoritmus gyárilag beépített az XRF készülékbe, a Compton-normalizációval együtt.

Az eszköz és a fejlesztések eredményes használatát – módszertani alkalmasságát – több, jelentősen különböző anyagféleségen (talajok, szállópor, stb.) „teszteltük”. Ennek az adott különös fontosságot, hogy ezekről az anyagokról más tömbi vizsgálat is készült, így a mért adatok alkalmazásán kívül, független ellenőrzési lehetőséghez is jutottunk. Különösen fontos volt a könnyűelemek megbízható meghatározásának tesztelése, egyidejűleg a téglá és kerámia vizsgálatokkal. Tapasztalataink beépültek több konferencia előadásba, illetve több publikációba. (ld.: megjelent publikációk)

Munkánkban elsődleges célunk volt a magyarországi történelmi téglák eredetének és gyártási technológiájának archeometriai alkalmazásban is jelentős vizsgálata modern analitikai kémiai és a fizikai tudományokból vett módszerekkel.

A magyarországi téglagyártás régóta kutatott mind szerkezetileg, mind kémiailag és jól feldolgozott. Ezzel szemben a *történelmi* téglákat, kerámiákat csak stílusosan dolgozták fel,

anyagtudományi szempontból pedig nem vagy csak szórványosan tanulmányozták. Ezért célul tűztük ki, hogy alapadatokat állítsunk elő a régészeti kerámiák és téglák proveniencia kutatásához.

Megkezdtük egy olyan könnyen kezelhető és hozzáférhető adatbázis létrehozását, amely további, újabb archeometriai kutatások alapjául szolgálhat. Jelenleg ilyen adatbázis ugyanis nem áll rendelkezésre. Ezen kutatási eredmények birtokában felállítanánk, ill. kiegészítenénk a magyarországi történelmi téglák katalógusát az ókortól kezdve az ipari forradalom kezdetéig (XIX.század). Ez az adatbázis abból a szempontból is jelentős, hogy egyúttal az agyagnyerőhelyek, agyagbányák anyagának jelenleg ugyancsak hiányzó, nem létező kémiai adatbázisául is szolgálhat. A régészeti leletek vizsgálatában nehézséget jelent az összehasonlításhoz elengedhetetlenül szükséges eredeti nyersanyagok hiánya – hacsak a feltárásban nem találunk feldolgozatlan nyersanyag maradványokat – más közelítéseket kell keresnünk. Jelentős segítség lenne, ha a potenciális nyersanyagforrások geológiai ismertségi szintje – különösen a geokémiai jellemzőké – olyan lenne, amiből követhető lenne a képződmények változékonysága, létezne részletes adatbázis, amelyből a rétegtani leírásokon kívül az ásványos- és kémiai összetételről tájékozódhatnánk. Sajnálatos módon nemcsak a figyelembeveendő geológiai formációkról – üledékes kőzetek – nincsenek ilyen adatbázisok, hanem a jelenleg (és történelmi időkben is) művelt bányák anyagáról sem, hiszen a gyártási minősítésükhöz más adatok szükségesek, mint a proveniencia kutatáshoz. Például a nyomelemeloszlás adatait nem szükséges ismerni ahhoz, hogy jó terméket gyártsunk. Sokkal fontosabbak a „makrokémiai” jellemzők, amelyek a fázisösszetételben – kristályos szerkezetekben, kolloid fázisokban – realizálódnak. A karbonáttartalom, az agyagásványok-, a földpátok fajtái, mennyiségi arányai, mennyiségi viszonyuk a kvarchoz a technológiailag értékes adatok. Ezek az adatok azonban alig különböznek az egymástól akár több száz kilométerre levő agyagbányák anyagaiban, amelyeket **alkalmasnak találtak** kerámia készítésére. A hangsúly az alkalmasságon van, jóllehet ez tág határok között változhat, de mégis egy jellegzetes összetételt igényel.

Nyilvánvaló, hogy az eltérések, amelyek a fejtett rétegek különbségeiből adódnak jelentkeznek a kiégetett termékek fázis- és kémiai összetételében is. A kerámiagyártáshoz alkalmas agyagok széles összetételi tartományt képviselnek, amelyekből alkalmas nyersanyag nyerhető. A minőséget – a gyártani kívánt termék felhasználási céljainak figyelembevételével - szelektív bányászattal, részben adalékanyagok- , részben az égetési technika megfelelő kialakításával lehet biztosítani. Az adalékanyagok használata nagy segítség a proveniencia kutatójának, hiszen a törmelékes elegyrészek sok többlet információt hordoznak a gyártás, illetve a lelet környezetéről. Hasonlóságok, eltérések lehetnek az első olyan adatok, amelyek arra utalhatnak, hogy helyi, vagy import terméket valószínűsítsünk.

A finomkerámiák kutatásában, a törmelékes elegyrészek gyakorlatilag hiányoznak, ezeknél a tárgyakkal ilyen fogódzóval nem rendelkezhetünk, hiszen a korábban kitermelt és feldolgozott nyersanyag - hacsak a már említett, a lelőhelyen feltárt nyersanyag maradványok is léteznek – nem kutatható, hiszen letermelték. „Kerámia centrumok” rendszerint ott alakulnak ki, működnek több évszázadon át, ahol, mint már említettük, nagy mennyiségben áll rendelkezésre nyersanyag.

A már letermelt nyersanyaglelőhelyek anyagáról a termékek „vallanak”. A relatíve legkevesebb átalakítást – adalékolást – a durva kerámia iparban hajtják, hajtották végre. Az építőanyagokat – téglá, tetőfedő cserép vagy tegula – felfoghatjuk úgy, hogy összetételükben mintegy leképezik a korabeli nyersanyagokat. Viszonylag nagy mennyiségük miatt statisztikai vizsgálatok tárgyainak is kiválóan alkalmasak, gyakorlatilag nincs mintavételi korlát. A kutatás során a téglavizsgálatok mintegy túlnőttek az eredeti célkitűzésen, nevezetesen az eredmények hasznosításában a geológiai formációk geokémiai jellemzésében, illetve a finomkerámia leletek proveniencia vizsgálatában. Ennek bemutatását ugyancsak aquincumi

mintákon tesszük meg, felhasználva az OTKA 100956 kutatási pályázat keretében kutatott finomkerámia mintákon mért fő- és nyomelem elemzési adatainkat, valamint az említett OTKA pályázat részét képező fázisanalízis eredményeit.

A nyomelem adatok mintegy geokémiai ujjlenyomatként szolgálnak a potenciális nyersanyagok meghatározásában. A kémiai vizsgálatokat szervesen egészíti ki a fázisanalítika, lévén a kerámia termékek tulajdonságait az a szerkezet határozza meg, amiben a kémiai összetétel realizálódik. A röntgen pordiffrakciós (XRD) elemzés segítségével a polikristályos anyagok fázisösszetételét (minőségi és mennyiségi), valamint kristályszerkezeti jellemzését adhatjuk meg. Ezek az adatok eredet, készítőstechnológia (égetési hőmérséklet), használat, eltemetődési viszonyok meghatározásához nélkülözhetetlenek. Az agyag – nyersanyag - kiégetésének hőfoka egyes diagnosztikus értékkel bíró fázisok meghatározásával (gehlenit, diopszid, wollastonit, hercinit, karbonátok) történik. Képet kapunk továbbá az égetés oxidatív vagy redukzív voltáról, a felfűtés sebességéről, a hőntartásról (égetési idő). A kerámia tárgyak használata során is változhat a fázisösszetétel – háztartási kerámiák nyílt tűzön történő használata felfogható utólagos hőkezelésként, hasonló folyamat téglák, tegulák átalakulásában például egy épülettűz - (mindkettő további fázis-átalakulásokat eredményez), Ez ugyan nehezítheti az égetési hőmérséklet pontosabb meghatározását, de hasznos információt hordozhat a használatról (funkció kérdése), történetiségről. A röntgen pordiffrakciós vizsgálatok az MTA CsFK Földtani és Geokémiai Intézetében készültek, az Aquincum polgár város keleti temetőjének régészeti anyagfeldolgozása című 100956 sz. OTKA pályázathoz kapcsolódva (Témavezető dr.Lassányi Gábor) .

Vizsgálataink nagyobb részét tehát Budapesten, Aquincumban végeztük. A Budapesti Történeti Múzeum Aquincumi Múzeuma bélyeges téglá raktárának darabjain, illetve finomkerámia termékeiken. A reprezentatív téglanyagot Havas Zoltán régész állította össze. A kerámia mintákat Vámos Péter régész válogatta ki a vizsgálat céljának megfelelő reprezentativitással. A téglanyag négy évszázadot fed le, egyben négy évszázad bányászott agyagos kőzetéről is információt adhat az előzőekben kifejtettek szerint. Ezen téglák és téglatöredékek nagyobb részt Hadriánusz császár helytartói palotájának falazó és tetőfedő elemei voltak, valamint falfűtő elemek is, de e mellett vannak ismeretlen lelőhelyű, valamint import áruk is, melyeket feltételezhetően Vindobonában, a mai Bécsben gyártottak. Az épületkomplexum egy 7 hektáros területen állt a mai Hajógyári szigeten, Budapest III. kerületében és Kr.u. 106 után épülhetett (ekkor lett Aquincum Pannonia Inferior helytartói székhelye), de a 3. század utolsó harmadában a palota rendeltetés szerű használata véget ért valószínűleg a Duna rendszeresebb áradásai miatt.

A vizsgálatok másik helyszíne (innen jóval kevesebb mérési adatunk van még) a győri Xantus János Múzeum téglagyűjteménye volt, az itteni anyagot Bíró Szilvia vezető régész bocsátotta rendelkezésünkre. Az itt található bélyeges téglák egy római kori, kőalapozású, vályogfalas, kevesebb mint 400 m² alapterületű utállandós tetőfedő téglái (tegulák és imbrexek, azaz kúpos cserepek) voltak. Az épület a római kori Pannonia északnyugati részén, Arrabona (Győr) és Brigetio (Komárom-Szöny) között található, az egykori felvonulási hadi- és kereskedelmi út, a limesút mentén, a mai Gönyűn. Az épület végleges formáját többszöri átépítés után a Kr.u. II. században nyerte el, majd a 230-as években hagyták el a területet.

Az Aquincumban és környékén készített téglák és kerámiák alapanyaga a Kiscelli Agyag Formációból való, mely agyagos képződmény már a történelmi időkben is hozzáférhető, termelhető volt, tehát várható, hogy a helyi nyersanyagból, helyben készült téglák és kerámiák kémiai összetétele utal az kiindulási nyersanyag összetételére, azzal nagy hasonlóságot mutat, mind a fő-, mind a nyomelemek tekintetében.

Az alábbi táblázatokban az Aquincumban és Győrben XRF módszerrel mért bélyeges téglamintákat soroljuk fel. Többségében katonai légiók ('leg'), gyalogos segédcsoportok ('cohors') által készített téglákról van szó, de bevontunk a vizsgáltba más, polgári műhelyekben készült darabokat is. A datálásban segít a téglabélyeg, hiszen ez egy márkajelzés, ami adott esetben egyértelműen utalhat a készítőre, időszakra. Ehhez viszont teljes, ép, sérülés nélküli bélyegek kellenek. A gyűjteményekben azonban számos töredék van, ahol a bélyeg nem olvasható, csak egy részlete. A kérdőjeles keltezésű téglák készítésének ideje kérdéses, pontosításra szorul. (Ezt a jövőben termolumineszcens vizsgálatokkal tervezzük elvégezni.)

1. Táblázat. XRF készülékkel, Aquincumban mért bélyeges téglák listája

Azonosító (Aquincum)	Bélyeg	Lelőhely, ásatás	Feltételezett készítési hely(ek)	Keltezés (Kr.u.)
74.9.48	leg ii ad pf d	Bp., III., Bécsi út 120.	Bp. Bécsi út 120-128	1. sz?
120	[L]XGPF ; [ua.]	Bp., III., Szél u.	Bp. Kiscelli u.	101-118
56.7.371	Chortis	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
2003.32.15	Chortis	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
2003.32.19	cohortis	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
56.7.370	chor	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
56.7.364	cohortis	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
56.7.350	coh	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
56.8.3	cohor vii br	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Dunaszekcső	119-198
56.8.20	leg ii / ad pf	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum	119-198
2003.32.42	chor	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
2003.32.44	leg ii had	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum	119-198
2003.32.71	cohortis	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
2003.32.91	cho	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
2003.32.118	chorti	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
2003.32.159	coh i ulp p	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum?	119-198
2003.32.184	chor	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
2003.32.182	leg ii had	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum	119-198
2003.32.229	coh i ulp p	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum?	119-198
2003.32.619	chort	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
2003.32.658	-	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum?	119-198
2003.32.663	cho	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
2003.32.724	leg ii had	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum	119-198
2003.32.786	chortis	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
2596	leg ii ad pf	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum	119-198
2003.32.875	cho	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	119-198
56.59.17	cohorti[s]	Bp., III., Kórház u-Szél u	Aquincum/Szentendre	119-198
57.64.24	LEG II IT[AL]	Albertfalva, 1956		160-199
56.7.357	[COHI]VLPPANT	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum?	198-222
2003.32.392	coh i ulp p ant	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum?	198-222
1279	leg iiadpf /pamfcit	Aquincum, ismeretlen	Bp. Kiscelli u.	2. sz.
1669	Igiia[dpf]	Bp., III., Majláth u.	Aquincum	2. sz. eleje?
3672	Atiliae Firmae	Aquincum, ismeretlen	Bécs	2. sz. 2. fele
70.8.19	leg ii ad	Bp., III., Bécsi út 126.	Bp. Bécsi út 120-128	2. sz. eleje?
3676	leg ii ad	Aquincum, ismeretlen	Bp. Kiscelli u.	2. sz. eleje?
67.8.34		Bp., III., Bécsi út 120-128	Bp. Bécsi út 120-128	2. sz.
68.1.445		Bp., III., Bécsi út 128.	Bp. Bécsi út 120-128	2. sz.
1136	legiadi	Bp., III., Majláth u.	Bp. Kiscelli u.	2. sz. eleje?

74.9.38	imp	Bp., III., Bécsi út 120.	Bp. Bécsi út 120-128	2. sz.
2001.17.288		Bp., III., Kiscelli u. 75.	Bp. Kiscelli u.	2. sz.
2001.17.300		Bp., III., Kiscelli u. 75.	Bp. Kiscelli u.	2. sz.
2001.17.301		Bp., III., Kiscelli u. 75.	Bp. Kiscelli u.	2. sz.
2001.17.293		Bp., III., Kiscelli u. 75.	Bp. Kiscelli u.	2. sz.
2001.17.60-61		Bp., III., Kiscelli u. 75.	Bp. Kiscelli u.	2. sz.
56.7.337	coh r	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	2-3. sz.
56.8.19	exupe/ratus/cohii a/fecit	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	2-3. sz.
2003.32.47	aurelius vitalis corialis fecit	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum	2-3. sz.
2003.32.132	coh r	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	2-3. sz.
2003.32.267	xva	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum?	2-3. sz.
2003.32.343	xva	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum?	2-3. sz.
2003.32.515	le ii ad	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum	2-3. sz.
2800	aurelius vitalis corialis fecit	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum	2-3. sz.
2823	coh feci/ratus/exupe	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	2-3. sz.
2947	xva	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum?	2-3. sz.
3018	leg ii ad isaeus	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum	2-3. sz.
3266	leg ii ad	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum	2-3. sz.
78.19.5	cohprt?	Bp., III., Kórház u 37.	Aquincum/Szentendre	2-3. sz.
2505	coh pr t ?	Aquincum, ismeretlen	Aquincum/Szentendre	2-3. sz.
56.7.360	cohviibran	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Dunaszekcső	204-222
2003.32.51	cohviibran	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Dunaszekcső	204-222
2003.32.53	cohviibran	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Dunaszekcső	204-222
2003.32.609	cohviibran	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Dunaszekcső	204-222
2003.32.874	cohviibran	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Dunaszekcső	204-222
97.28.18	cohviibrant	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Dunaszekcső	204-222
2480	C&NSANT	Aquincum, ismeretlen	Szentendre?	214-222
2520	C&NSANT	Aquincum, ismeretlen	Szentendre?	214-222
56.8.2	coha	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	222-299
2003.32.457	coha	Bp., III., Hajógyári-sziget	Aquincum/Szentendre	222-299
56.59.19	[COH]VIIBREMA X	Aquincum, ismeretlen	Aquincum/Dunaszekcső	235-238
58453	COH VII BR GOR[D]	Bp., III., Kórház u. 22.	Aquincum/Dunaszekcső	238-244
2003.32.199	(exerpaninf)	Bp., III., Hajógyári-sziget	Pannonia Inferior	3. sz. eleje
2003.32.862	exerpaninf	Bp., III., Hajógyári-sziget	Pannonia inferior	3. sz. eleje
1576	[C]&NSNTSS	Aquincum, ismeretlen	Aquincum/Szentendre	3. sz.?
2397	CNSSS	Aquincum, ismeretlen	Szentendre?	3. sz.?
2578	C&NSS	Aquincum, ismeretlen	Szentendre?	3. sz.?
3432	CNSSS	Aquincum, ismeretlen	Szentendre?	3. sz.?
2653	OF ARN MAXENTI A VIN	Aquincum, ismeretlen	Bécs	351-361
2928	OF ARN MAXENTI A VIN	Aquincum, ismeretlen	Bécs	351-361
862	[frigerid]us vp dux [ap valen]	Budakalász-Luppa csárda	Aquincum?	371-374
1182	[frig]eridus vp dux ap v[alen]	Aquincum, ismeretlen	Aquincum?	371-374
1272	FRIGERID[US VP DUX AP	Budakalász-Luppa csárda	Aquincum?	371-374

	VALEN]			
137	OF ARN MAXENTI A RP	Aquincum, ismeretlen	Bécs ?	4. sz.?
1267	leg ii ad	Bp., III., Szentlélek tér	Aquincum	4. sz.?
1268	leg ii ad	Bp., III., Szentlélek tér	Aquincum	4. sz.?
1647	Quadr[iburg]	Aquincum, ismeretlen		4. sz.?
2526	[Quadr]iburg	Aquincum, ismeretlen		4. sz.?
1869	Ap Valentini	Bp., III., Csillaghegy, burgus	Aquincum?	4. sz.?
2088	leg ii ad	Aquincum, ismeretlen	Aquincum	4. sz.?
2092	leg ii ad	Aquincum, ismeretlen	Aquincum	4. sz.?
2104	leg ii ad	Aquincum, ismeretlen	Aquincum	4. sz.?
2152	leg ii ad	Bp., III., Szentlélek tér	Aquincum	4. sz.?
2161	leg ii ad	Bp., III., Szentlélek tér	Aquincum	4. sz.?
2518	APIOVINI	Aquincum, ismeretlen	Aquincum?	4. sz.?
2788	Quadr[iburg]	Aquincum, ismeretlen		4. sz.?
2837	leg ii ad	Bp., III., Szentlélek tér	Aquincum	4. sz.
2838	leg ii ad	Aquincum, ismeretlen	Aquincum	4. sz.
3152	leg ii ad	Bp., III., Szentlélek tér	Aquincum	4. sz.
3405	leg x g ursicini cent	Aquincum, ismeretlen	Bécs?	4. sz.?
3410	leg x g mag saturninus	Aquincum, ismeretlen	Bécs?	4. sz.?
3430	[...]VPPIANOOR D	Aquincum, ismeretlen	Aquincum?	4. sz.?

2. Táblázat. XRF készülékkel, Győrben mért bélyeges téglák listája

2009.19-sorozat (Győr)	Bélyeg	Típus
3	C]A	tegula
29	C]A + kutyalábnyom	tegula
30	CXA ??	tegula
80	LEGI[a..	tegula
84	LEGIAD	tegula
85	olvashatatlan (légiós)	imbrex
86	leg]IADPF	imbrex
88	leg]APF	tegula
109	legi]ADP[	imbrex
115	LEGIAD	tegula
120	olvashatatlan (légiós)	tegula
121	legla]DPF	imbrex
124	le]GI[a	tegula
125	I]EGIA[	tegula
130	leg I].A.PF	tegula
131	]PF	tegula
133	LEGIADP[	imbrex
134	LEG[	tegula
135	leg]IAP[	imbrex
136	Iu]CBAR[aq	tegula
137	LVCBAR[aq	tegula

Az Aquincumban és Győrben mért bélyeges téglák mérési eredményei

Az alábbi táblázatban a téglák XRF módszerrel mért és oxid formára átszámított főelemeit tüntettük fel m/m %-ban kifejezve. (k.h.: kimutatási határ, n.a.: nincs adat)

3. Táblázat. Az Aquincumban mért téglák főelem összetétele (XRF)

Azonosító (Aquincum)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O
56.7.350	50,60	0,67	10,74	7,12	0,07	< k.h.	12,44	3,23
56.8.3	44,07	0,77	17,80	7,96	0,12	< k.h.	11,45	3,54
56.8.20	42,94	0,74	17,08	7,52	0,07	< k.h.	10,61	3,59
2003.32.42	42,83	0,74	17,61	7,54	0,08	< k.h.	11,75	3,62
2003.32.44	45,66	0,75	15,97	8,03	0,07	< k.h.	9,35	3,47
2003.32.47	45,05	0,77	17,88	8,04	0,08	< k.h.	9,45	4,09
2003.32.51	42,38	0,74	15,54	7,67	0,10	< k.h.	14,80	3,19
2003.32.53	41,67	0,72	16,78	7,52	0,10	< k.h.	13,05	3,10
2003.32.71	41,00	0,77	15,36	7,89	0,08	< k.h.	11,70	4,03
2003.32.91	38,22	0,75	14,50	7,74	0,07	< k.h.	11,80	3,41
2003.32.118	39,94	0,77	15,06	7,99	0,07	< k.h.	10,94	3,27
2003.32.132	42,49	0,80	15,79	7,89	0,07	< k.h.	10,24	3,53
2003.32.159	41,34	0,71	13,05	7,63	0,16	< k.h.	12,98	3,00
2003.32.184	41,08	0,77	15,11	7,79	0,06	< k.h.	10,95	3,46
2003.32.182	38,12	0,63	13,46	6,54	0,06	< k.h.	9,49	3,39
2003.32.199	35,83	0,56	12,76	5,92	0,12	2,00	11,03	2,91
2003.32.229	37,60	0,66	12,83	6,87	0,20	0,00	8,73	2,70
2003.32.267	39,19	0,69	15,57	6,82	0,08	0,00	10,28	3,35
2003.32.343	33,20	0,59	12,08	6,44	0,07	0,00	11,20	2,60
2003.32.392	36,09	0,58	12,38	6,11	0,13	1,95	10,54	2,62
2003.32.457	41,54	0,66	15,56	6,70	0,08	1,65	9,64	2,85
2003.32.515	55,60	0,61	11,88	6,47	0,10	< k.h.	8,65	2,71
2003.32.609	40,08	0,62	14,36	6,32	0,09	3,13	12,68	2,27
2003.32.619	39,12	0,66	14,34	6,47	0,08	< k.h.	11,59	2,94
2003.32.658	37,86	0,64	13,55	6,41	0,16	< k.h.	9,83	2,91
2003.32.663	35,14	0,69	12,95	7,08	0,08	< k.h.	7,96	3,12
2003.32.724	36,20	0,66	13,32	6,95	0,06	1,58	9,25	2,96
2003.32.786	35,64	0,69	13,48	7,00	0,07	1,51	8,72	3,04
2596	36,91	0,73	13,55	6,94	0,08	< k.h.	7,43	2,75
2800	33,43	0,65	12,09	6,59	0,08	< k.h.	9,82	2,79
2823	34,94	0,65	12,70	6,84	0,09	< k.h.	8,99	2,84
2947	38,68	0,70	14,89	6,89	0,08	< k.h.	9,39	3,14
3018	38,84	0,61	12,21	5,75	0,07	< k.h.	11,79	3,21
3266	35,49	0,54	10,75	5,84	0,07	< k.h.	10,22	2,70
2003.32.862	43,87	0,64	14,37	6,70	0,10	2,40	8,80	2,67
2003.32.874	42,38	0,58	12,87	6,02	0,21	2,24	10,80	2,59
2003.32.875	40,11	0,64	13,19	6,38	0,08	< k.h.	9,89	2,87
97.28.18	40,97	0,59	11,72	6,25	0,15	1,81	12,88	1,78
137	38,36	0,59	9,99	5,24	0,13	< k.h.	7,22	2,07
862	36,93	0,69	13,51	6,22	0,06	< k.h.	9,76	2,98
1182	38,28	0,74	14,45	6,73	0,06	< k.h.	7,43	3,08
1267	43,56	0,59	10,94	5,88	0,08	< k.h.	9,90	2,61

1268	38,46	0,62	13,71	6,43	0,10	< k.h.	12,31	2,83
1279	38,85	0,72	13,68	6,92	0,06	< k.h.	9,01	2,32
3672	40,68	0,61	13,50	6,77	0,16	< k.h.	9,39	2,79
1647-2526	39,47	0,68	15,10	7,44	0,15	< k.h.	9,54	3,24
1869	39,69	0,75	13,82	6,94	0,06	< k.h.	6,80	2,92
2088	38,79	0,66	15,16	6,92	0,09	< k.h.	10,54	3,18
2092	36,95	0,61	12,60	6,46	0,09	< k.h.	12,05	2,91
2104	37,49	0,65	13,35	6,76	0,10	< k.h.	10,38	2,94
2152	42,06	0,63	13,55	6,73	0,07	< k.h.	10,21	2,68
2161	36,80	0,61	12,44	6,57	0,09	< k.h.	11,59	2,77
2397	41,34	0,66	12,85	6,36	0,06	< k.h.	8,23	2,86
2505	35,53	0,63	12,80	6,16	0,07	< k.h.	10,19	2,90
2518	37,43	0,80	15,52	7,80	0,06	< k.h.	6,27	2,68
2578	39,59	0,65	13,42	6,39	0,06	< k.h.	9,96	2,96
2653	34,81	0,59	8,61	5,39	0,18	< k.h.	7,90	1,88
2788	38,02	0,68	13,99	7,25	0,21	< k.h.	9,70	3,07
2837	34,61	0,60	11,74	6,20	0,07	< k.h.	11,62	2,88
2838	39,80	0,64	14,56	6,56	0,08	< k.h.	11,85	3,10
1576	46,89	0,66	13,71	6,44	0,08	< k.h.	8,41	3,01
1669	42,34	0,75	16,07	6,91	0,06	1,55	7,51	3,19
2520	44,50	0,61	13,47	5,95	0,05	< k.h.	9,61	2,79
3152	41,19	0,65	15,06	7,00	0,08	< k.h.	10,72	2,61
3405	49,67	0,64	13,64	5,36	0,07	1,61	4,77	2,38
3410	50,20	0,73	16,03	6,10	0,05	< k.h.	2,74	2,61
3430	32,82	0,69	11,34	6,31	0,05	< k.h.	8,55	2,80
3432	40,94	0,69	16,48	6,52	0,05	< k.h.	7,40	2,92
70.8.19	43,45	0,74	17,56	7,12	0,07	< k.h.	7,50	2,86
3676	39,86	0,72	16,33	7,05	0,06	< k.h.	6,94	2,86
1136	43,29	0,66	15,11	6,81	0,10	< k.h.	9,93	3,21
2001.17.288	41,05	0,78	16,49	6,99	0,07	2,72	5,12	3,44
2001.17.300	37,75	0,90	18,57	8,02	0,09	1,83	7,99	2,09
2001.17.301	42,95	0,75	17,95	6,88	0,06	1,82	5,52	4,36
2001.17.293	44,42	0,79	18,01	7,07	0,06	2,10	8,10	3,23
2001.17.60-61	37,42	0,70	15,45	7,18	0,11	2,42	8,51	3,40
74.9.38	40,44	0,75	13,87	7,19	0,08	1,98	6,43	3,51
74.9.48	39,70	0,72	14,31	7,07	0,09	< k.h.	6,75	3,04
78.19.5	38,99	0,68	13,46	6,81	0,08	< k.h.	8,54	3,12
56.59.17	39,73	0,68	16,36	6,87	0,09	< k.h.	9,51	3,10
56.59.19	40,77	0,61	14,19	6,38	0,12	2,60	11,45	2,51
2480	42,72	0,71	14,61	6,77	0,05	< k.h.	6,35	2,93
58453	38,90	0,63	12,12	6,73	0,12	2,29	10,96	2,78
120	43,00	0,71	15,28	6,92	0,07	1,48	6,94	2,81
57.64.24	42,86	1,02	15,56	6,52	0,05	< k.h.	1,32	2,38
2003.32.303	36,95	0,61	13,12	6,26	0,08	< k.h.	10,81	3,05
1272	38,82	0,74	13,65	6,82	0,06	< k.h.	7,79	2,87
2530	40,84	0,66	14,58	6,54	0,11	1,83	10,48	2,95
2928	40,48	0,64	11,29	5,51	0,14	< k.h.	6,69	2,15

Az alábbi táblázatban a téglák XRF módszerrel mért nyomelemeit tüntettük fel ppm-ben (mg / kg) kifejezve.

4. Táblázat. Az Aquincumban mért téglák nyomelem összetétele (XRF)

Azonosító (Aquincum)	Rb	Sr	Ba	Zr	Nb	Cr	Zn	As	Pb
56.7.350	93	403	513	170	20	195	237	40	33
56.8.3	113	173	710	133	20	263	263	< k.h.	43
56.8.20	93	343	587	170	20	190	243	< k.h.	27
2003.32.42	95	351	586	169	19	206	225	< k.h.	23
2003.32.44	100	332	545	173	23	235	328	< k.h.	40
2003.32.47	103	317	568	176	21	233	347	< k.h.	52
2003.32.51	107	199	635	139	22	230	261	< k.h.	34
2003.32.53	98	195	636	152	23	242	259	< k.h.	44
2003.32.71	89	377	544	185	22	203	291	< k.h.	26
2003.32.91	97	402	560	167	24	239	369	< k.h.	31
2003.32.118	99	361	584	190	22	197	234	< k.h.	38
2003.32.132	105	318	568	181	23	255	247	< k.h.	30
2003.32.159	96	323	557	150	21	228	246	< k.h.	25
2003.32.184	103	312	600	167	21	199	231	46	35
2003.32.182	98	360	573	168	21	205	171	< k.h.	26
2003.32.199	90	428	558	107	18	304	138	< k.h.	29
2003.32.229	90	296	515	151	20	257	157	< k.h.	41
2003.32.267	104	367	598	180	22	193	147	< k.h.	32
2003.32.343	96	333	529	165	19	183	132	< k.h.	31
2003.32.392	94	347	526	148	20	179	134	35	29
2003.32.457	95	387	596	178	23	177	145	< k.h.	30
2003.32.515	102	373	556	173	19	251	169	19	25
2003.32.609	100	195	658	131	19	212	141	< k.h.	36
2003.32.619	82	371	607	163	21	202	111	< k.h.	26
2003.32.658	88	297	508	142	19	211	481	< k.h.	25
2003.32.663	94	361	584	176	20	232	157	< k.h.	37
2003.32.724	95	348	572	170	21	214	177	< k.h.	28
2003.32.786	100	357	613	181	22	190	256	< k.h.	46
2596	94	270	570	198	20	253	124	< k.h.	30
2800	99	364	529	172	20	210	146	43	27
2823	95	373	574	172	21	197	177	< k.h.	58
2947	107	352	574	179	24	226	142	< k.h.	27
3018	81	378	582	176	19	195	140	< k.h.	24
3266	76	310	560	175	21	166	206	36	55
2003.32.862	97	195	635	145	22	216	222	< k.h.	43
2003.32.874	88	217	557	149	23	206	377	40	30
2003.32.875	96	337	601	251	22	217	110	< k.h.	29
97.28.18	97	211	622	218	23	203	131	< k.h.	30
137	70	159	515	249	20	131	199	< k.h.	25
862	86	249	587	280	25	213	162	< k.h.	35
1182	95	246	606	295	26	244	129	< k.h.	43
1267	99	343	540	246	25	224	169	< k.h.	132
1268	101	376	559	241	25	206	214	48	28

1279	88	272	590	268	24	210	191	< k.h.	41
3672	107	332	532	200	20	260	835	< k.h.	84
1647-2526	105	281	549	219	23	236	158	< k.h.	37
1869	97	230	592	267	25	210	176	< k.h.	23
2088	107	398	581	231	25	227	154	< k.h.	31
2092	99	386	520	198	24	216	211	< k.h.	37
2104	95	399	555	195	21	254	145	< k.h.	32
2152	122	393	559	197	21	234	169	< k.h.	113
2161	102	369	538	191	22	218	224	35	44
2397	99	241	568	220	24	255	160	< k.h.	32
2505	86	330	619	186	23	196	136	< k.h.	28
2518	98	231	652	245	21	236	181	< k.h.	40
2578	96	306	606	210	25	245	226	< k.h.	39
2653	79	150	460	227	21	187	180	< k.h.	28
2788	87	298	547	176	22	216	147	< k.h.	32
2837	84	367	546	181	21	239	151	< k.h.	29
2838	98	403	529	202	22	269	155	32	< k.h.
1576	90	295	570	204	21	263	171	< k.h.	69
1669	95	269	598	222	22	229	163	< k.h.	36
2520	92	297	550	206	20	249	150	40	29
3152	123	373	604	200	22	235	289	< k.h.	38
3405	86	141	479	250	19	162	350	< k.h.	27
3410	99	124	537	250	21	231	200	< k.h.	55
3430	90	296	566	229	25	220	143	< k.h.	26
3432	93	209	659	206	21	227	131	< k.h.	31
70.8.19	99	317	582	229	26	251	138	< k.h.	35
3676	92	251	582	208	24	206	119	< k.h.	33
1136	108	384	611	195	20	205	164	< k.h.	35
2001.17.288	92	268	613	205	23	217	254	< k.h.	28
2001.17.300	67	379	651	206	27	244	250	38	35
2001.17.301	91	233	543	208	23	230	312	< k.h.	37
2001.17.293	93	292	580	219	22	206	235	< k.h.	< k.h.
2001.17.60-61	106	401	623	196	22	215	328	49	21
74.9.38	110	328	546	200	20	219	252	< k.h.	28
74.9.48	104	311	485	206	22	197	228	< k.h.	27
78.19.5	100	323	617	177	20	230	113	60	37
56.59.17	100	357	577	180	20	173	140	< k.h.	37
56.59.19	100	223	558	140	25	240	293	< k.h.	58
2480	100	263	607	190	20	207	140	< k.h.	33
58453	97	207	637	123	20	230	137	< k.h.	50
120	93	243	597	177	20	217	107	< k.h.	30
57.64.24	93	50	635	518	30	198	105	< k.h.	33
2003.32.303	97	393	567	163	20	215	373	< k.h.	40
1272	97	237	587	223	23	213	123	40	37
2530	105	180	620	133	20	218	140	< k.h.	45
2928	80	150	465	215	20	195	125	< k.h.	20

Az alábbi táblázatban a téglák XRF módszerrel mért és oxid formára átszámított főelemeit tüntettük fel m/m %-ban kifejezve.

5. Táblázat. A Győrben mért téglák főelem összetétele (XRF)

Azonosító (Győr)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O
137	48,67	1,11	18,68	5,99	0,07	< k.h.	1,86	< k.h.
134	55,30	0,79	16,61	7,81	0,09	< k.h.	5,70	< k.h.
130	54,93	0,68	14,25	6,34	0,09	< k.h.	4,52	< k.h.
120	38,48	0,61	10,04	5,09	0,11	< k.h.	13,44	< k.h.
115	42,97	0,68	11,61	6,69	0,06	< k.h.	4,92	< k.h.
109	50,06	0,76	13,23	6,63	0,07	< k.h.	4,01	< k.h.
80	50,81	0,73	13,91	6,68	0,08	< k.h.	5,28	< k.h.
86	51,87	0,74	14,90	7,06	0,08	< k.h.	4,29	< k.h.
88	49,56	0,69	13,24	6,52	0,09	< k.h.	5,61	< k.h.
29	56,41	1,25	28,80	8,19	0,04	< k.h.	1,02	< k.h.
3	39,58	0,95	15,02	6,88	0,03	< k.h.	3,16	< k.h.
30	49,21	1,22	27,16	7,32	0,03	< k.h.	1,08	< k.h.
137	47,93	1,07	16,36	6,14	0,08	< k.h.	2,46	< k.h.
133	54,31	0,67	16,02	6,64	0,09	< k.h.	8,08	< k.h.
121	49,66	0,79	15,42	7,76	0,09	< k.h.	3,36	< k.h.
125	50,93	0,67	13,54	7,00	0,11	< k.h.	4,64	< k.h.
131	50,08	0,63	15,23	6,21	0,08	< k.h.	6,05	< k.h.
136	47,65	0,94	13,52	5,34	0,09	< k.h.	2,35	< k.h.
124	51,68	0,72	16,38	7,54	0,09	< k.h.	5,44	< k.h.
135	48,08	0,71	14,17	6,95	0,08	< k.h.	4,90	< k.h.
84	45,78	0,67	13,99	6,96	0,08	< k.h.	7,68	< k.h.
85	53,32	0,69	17,54	6,62	0,10	< k.h.	5,02	< k.h.

Az alábbi táblázatban a téglák XRF módszerrel mért nyomelemeit tüntettük fel ppm-ben (mg / kg) kifejezve.

6. Táblázat. A Győrben mért téglák nyomelem összetétele (XRF)

Azonosító (Győr)	Rb	Sr	Ba	Zr	Nb	Cr	Zn	As	Pb
137	50	567	n.a.	220	n.a.	410	110	n.a.	73
134	120	1505	n.a.	173	n.a.	335	128	n.a.	38
130	103	1380	n.a.	170	n.a.	330	133	n.a.	30
120	80	1730	n.a.	150	n.a.	303	120	n.a.	40
115	100	1485	n.a.	150	n.a.	285	130	n.a.	40
109	97	1753	n.a.	153	n.a.	293	110	n.a.	37
80	107	1487	n.a.	143	n.a.	320	140	n.a.	33
86	107	1663	n.a.	140	n.a.	363	107	n.a.	43
88	97	2150	n.a.	153	n.a.	310	113	n.a.	33
29	90	683	n.a.	383	n.a.	447	157	n.a.	43

3	70	485	n.a.	315	n.a.	340	105	n.a.	30
30	80	590	n.a.	347	n.a.	370	120	n.a.	53
137	47	557	n.a.	230	n.a.	400	113	n.a.	47
133	100	1913	n.a.	150	n.a.	350	117	n.a.	43
121	113	1290	n.a.	167	n.a.	363	127	n.a.	53
125	103	2093	n.a.	170	n.a.	307	113	n.a.	40
131	110	1597	n.a.	140	n.a.	327	107	n.a.	35
136	50	763	n.a.	227	n.a.	433	100	n.a.	40
124	110	1418	n.a.	165	n.a.	360	155	n.a.	35
135	97	1627	n.a.	147	n.a.	303	130	n.a.	47
84	103	1793	n.a.	153	n.a.	310	117	n.a.	43
85	103	1985	n.a.	158	n.a.	333	118	n.a.	40

XRF mellett XRD-vel is mért minták listája a következő:

7-8. Táblázat. XRD módszerrel vizsgált aquincumi téglák listája

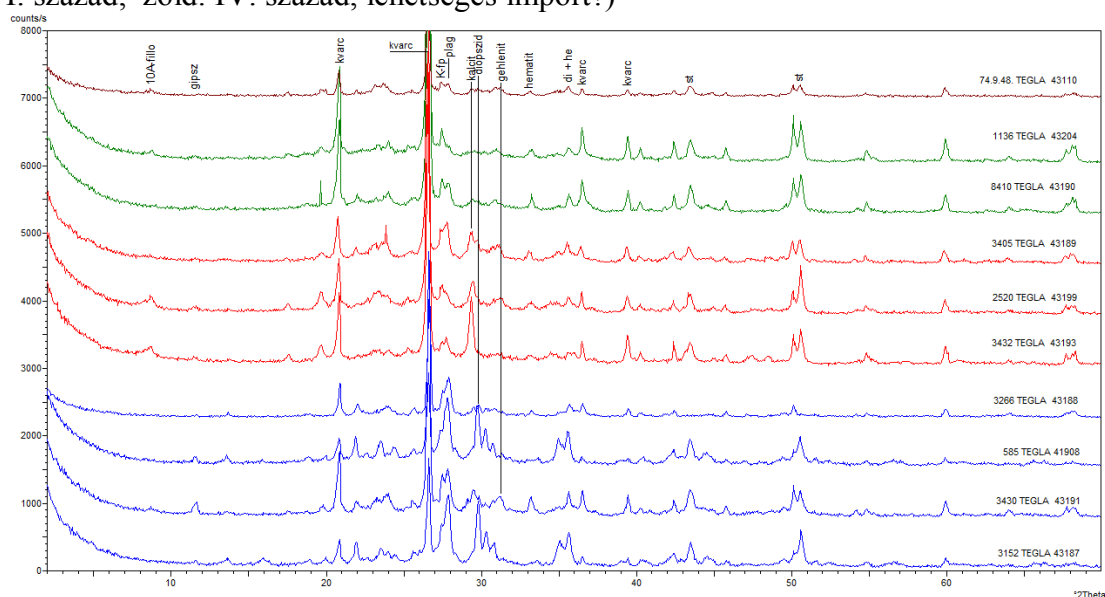
Azonosító (Aquincum)	Keltezés (Kr.u.)	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO2	MgO	CaO	K2O
74.9.48	I-II. század	39,70	0,72	14,31	7,07	0,09	<k.h.	6,75	3,04
120	I-II. század	43,00	0,71	15,28	6,92	0,07	1,48	6,94	2,81
57.64.24	I-II. század	42,86	1,02	15,56	6,52	0,05	<k.h.	1,32	2,38
3266	I-II. század	35,49	0,54	10,75	5,84	0,07	<k.h.	10,22	2,70
1279	I-II. század	38,85	0,72	13,68	6,92	0,06	<k.h.	9,01	2,32
1669	I-II. század	42,34	0,75	16,07	6,91	0,06	1,55	7,51	3,19
3676	I-II. század	39,86	0,72	16,33	7,05	0,06	<k.h.	6,94	2,86
1136	I-II. század	43,29	0,66	15,11	6,81	0,10	<k.h.	9,93	3,21
2001.17.300	I-II. század	37,75	0,90	18,57	8,02	0,09	1,83	7,99	2,09
2001.17.301	I-II. század	42,95	0,75	17,95	6,88	0,06	1,82	5,52	4,36
2001.17.293	I-II. század	44,42	0,79	18,01	7,07	0,06	2,10	8,10	3,23
74.9.38	I-II. század	40,44	0,75	13,87	7,19	0,08	1,98	6,43	3,51
2480	III. század	42,72	0,71	14,61	6,77	0,05	<k.h.	6,35	2,93
58453	III. század	38,90	0,63	12,12	6,73	0,12	2,29	10,96	2,78
2530	III. század	40,84	0,66	14,58	6,54	0,11	1,83	10,48	2,95
1576	III. század	46,89	0,66	13,71	6,44	0,08	<k.h.	8,41	3,01
2520	III. század	44,50	0,61	13,47	5,95	0,05	<k.h.	9,61	2,79
3432	III. század	40,94	0,69	16,48	6,52	0,05	<k.h.	7,40	2,92
1272	IV. század	38,82	0,74	13,65	6,82	0,06	<k.h.	7,79	2,87
2928	IV. század	40,48	0,64	11,29	5,51	0,14	<k.h.	6,69	2,15
137	IV. század	38,36	0,59	9,99	5,24	0,13	<k.h.	7,22	2,07
862	IV. század	36,93	0,69	13,51	6,22	0,06	<k.h.	9,76	2,98
1182	IV. század	38,28	0,74	14,45	6,73	0,06	<k.h.	7,43	3,08
1267	IV. század	43,56	0,59	10,94	5,88	0,08	<k.h.	9,90	2,61
1268	IV. század	38,46	0,62	13,71	6,43	0,10	<k.h.	12,31	2,83
1647-2526	IV. század	39,47	0,68	15,10	7,44	0,15	<k.h.	9,54	3,24
2088	IV. század	38,79	0,66	15,16	6,92	0,09	<k.h.	10,54	3,18
2092	IV. század	36,95	0,61	12,60	6,46	0,09	<k.h.	12,05	2,91
2104	IV. század	37,49	0,65	13,35	6,76	0,10	<k.h.	10,38	2,94
2152	IV. század	42,06	0,63	13,55	6,73	0,07	<k.h.	10,21	2,68
3152	IV. század	41,19	0,65	15,06	7,00	0,08	<k.h.	10,72	2,61

3405	IV. század	49,67	0,64	13,64	5,36	0,07	1,61	4,77	2,38
3410	IV. század	50,20	0,73	16,03	6,10	0,05	<k.h.	2,74	2,61
3430	IV. század	32,82	0,69	11,34	6,31	0,05	<k.h.	8,55	2,80

Azonosító (Aquincum)	Keltezés (Kr.u.)	Rb	Sr	Ba	Zr	Nb	Cr	Zn	Pb
74.9.48	I-II. század	104	311	541	206	22	197	228	27
120	I-II. század	93	243	666	177	20	217	107	30
57.64.24	I-II. század	93	50	709	518	30	198	105	33
3266	I-II. század	76	310	625	175	21	166	206	55
1279	I-II. század	88	272	659	268	24	210	191	41
1669	I-II. század	95	269	667	222	22	229	163	36
3676	I-II. század	92	251	649	208	24	206	119	33
1136	I-II. század	108	384	682	195	20	205	164	35
2001.17.300	I-II. század	67	379	726	206	27	244	250	35
2001.17.301	I-II. század	91	233	606	208	23	230	312	37
2001.17.293	I-II. század	93	292	647	219	22	206	235	20
74.9.38	I-II. század	110	328	609	200	20	219	252	28
2480	III. század	100	263	677	190	20	207	140	33
58453	III. század	97	207	711	123	20	230	137	50
2530	III. század	105	180	692	133	20	218	140	45
1576	III. század	90	295	636	204	21	263	171	69
2520	III. század	92	297	614	206	20	249	150	29
3432	III. század	93	209	735	206	21	227	131	31
1272	IV. század	97	237	655	223	23	213	123	37
2928	IV. század	80	150	519	215	20	195	125	20
137	IV. század	70	159	574	249	20	131	199	25
862	IV. század	86	249	655	280	25	213	162	35
1182	IV. század	95	246	676	295	26	244	129	43
1267	IV. század	99	343	602	246	25	224	169	132
1268	IV. század	101	376	624	241	25	206	214	28
1647-2526	IV. század	105	281	612	219	23	236	158	37
2088	IV. század	107	398	648	231	25	227	154	31
2092	IV. század	99	386	581	198	24	216	211	37
2104	IV. század	95	399	620	195	21	254	145	32
2152	IV. század	122	393	624	197	21	234	169	113
3152	IV. század	123	373	674	200	22	235	289	38
3405	IV. század	86	141	534	250	19	162	350	27
3410	IV. század	99	124	599	250	21	231	200	55

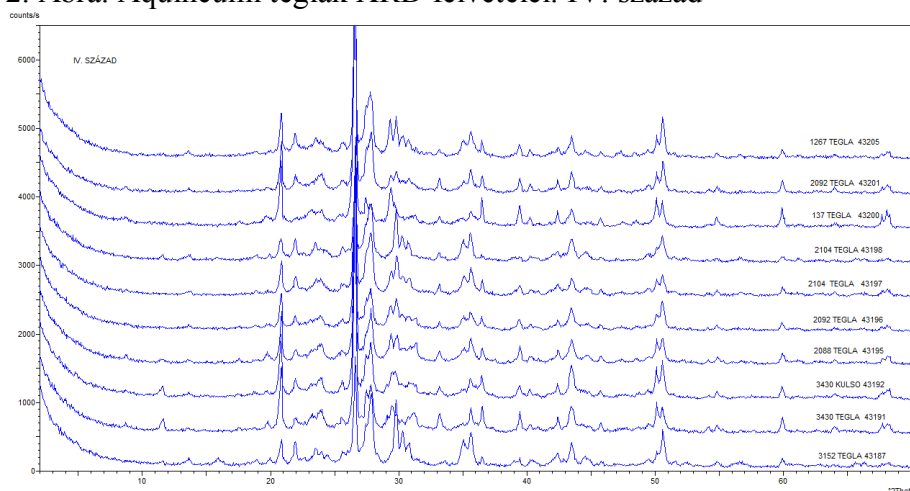
Az aquincumi téglák, tegulák korábbi és jelen kutatási eredményeit megkíséreljük felhasználni a korabeli nyersanyagok jellemzésére, illetve a kerámiák adatainak értelmezésére.

1. Ábra. Aquincumi téglaminták XRD felvételei (kék: IV. század.; piros: II-III. század. barna: I. század; zöld: IV. század, lehetséges import?)

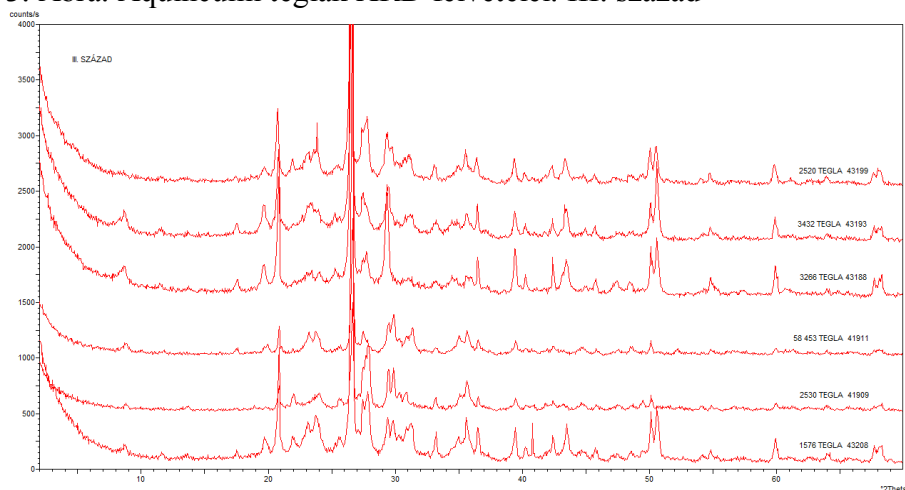


A plagioklász: káliföldpát arány a különösen a IV. sz.-ra datált mintákban nagyon hasonló a finomkerámiákban megszokottakhoz, de gyakorlatilag a korábbi időkből származó mintákról is megállapítható ugyanez (külön csoportosítva, nagyobb mintaszámon mutatjuk be ezt a 2-4. ábrákon). A kvarc mennyisége kisebb a földpátokhoz viszonyítva, mint a kerámiákban megfigyelhető. A karbonát fázisok közül a dolomit majd minden mintában lebomlott, viszont a kalcit majd minden mintában kisebb-nagyobb mértékben kimutatható. Ez azt mutatja, hogy az égetési hőmérséklet meghaladta a $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, de nem sokkal haladta meg a $750\text{--}800\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. Az égetés során képződött diopszid az általános átalakulási termék, hercinit a mintákban nem mutatható ki. A plagioklász mennyisége rendre nagyobb, mint a káliföldpáté. A vasásványok közül hematit a jellemző, ez csak részben magasabb hőmérsékleten képződött termék, részben a nyersanyag piritjének oxidációs terméke, illetve az eredetileg is meglevő hematit maradványa.

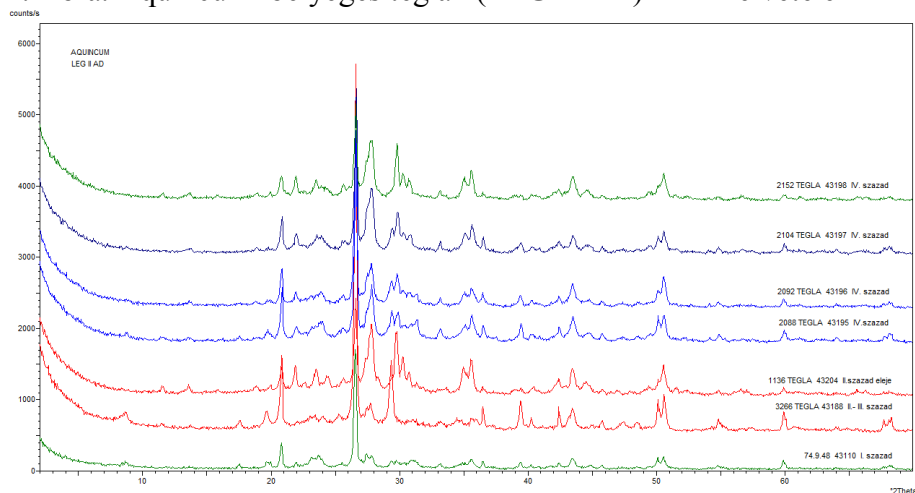
2. Ábra. Aquincumi téglák XRD felvételei: IV. század



3. Ábra. Aquincumi téglák XRD felvételei: III. század



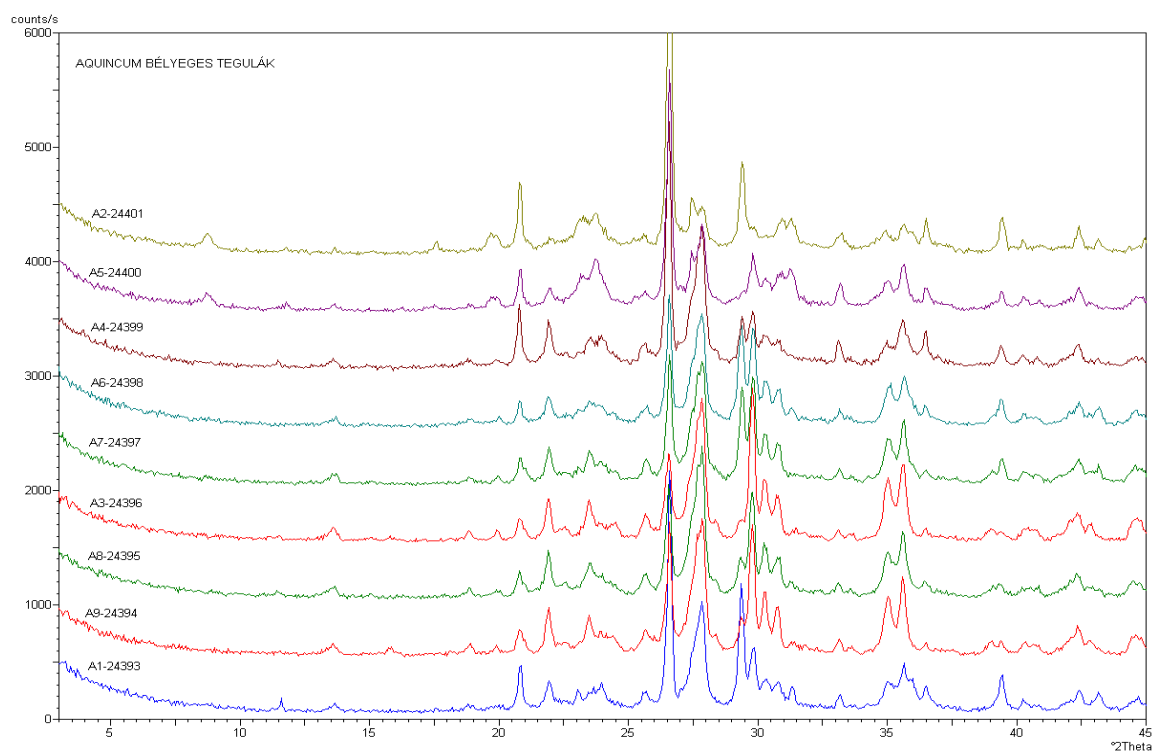
4. Ábra. Aquincumi bélyeges téglák (LEG II AD) XRD felvételei



A bélyeges téglákban is a fent vázolt összetételi trend figyelhető meg.

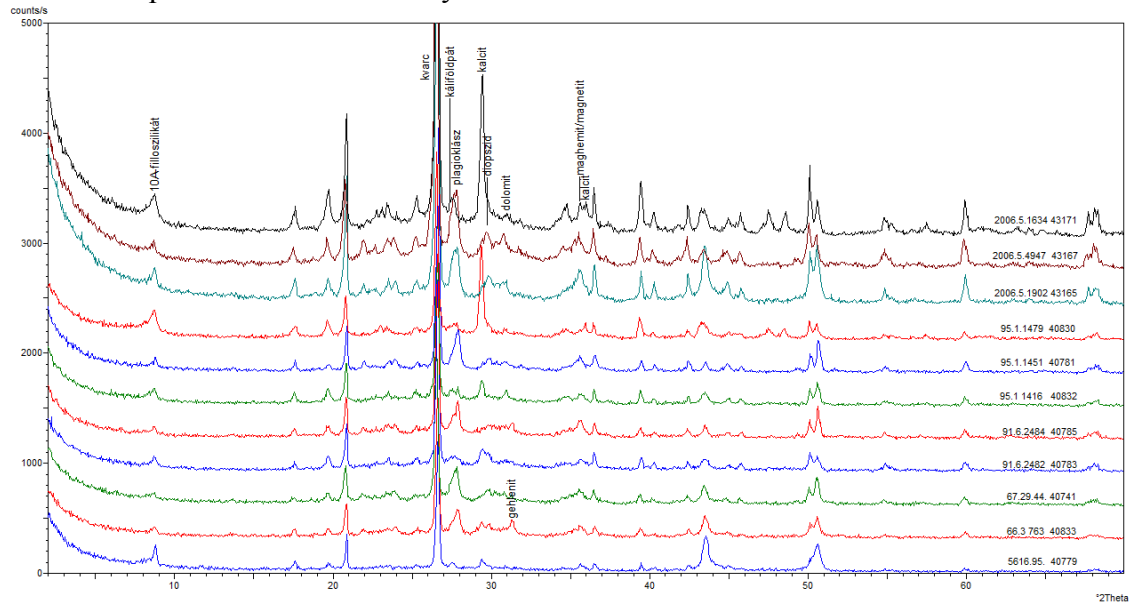
Összehasonlításképpen egy korábbi kutatásban vizsgált, szintén Aquincumból származó bélyeges téglák diffraktogramjai láthatóak az alábbi ábrán, ahol a hasonló nyersanyag-felhasználást figyelhetjük meg. Az összetétel ingadozása leginkább az égetési hőmérséklet változó, eltérő voltának tulajdonítható, ami egy kemencerakaton belül is fennállhat, ugyanis a kemencék hőtere nem volt homogén. Ezen korábbi vizsgálatok azt mutatták, hogy a plagioklász túlsúly a kálföldpáthoz viszonyítva egyértelmű jellemzőként határozható meg.

5. Ábra. Aquincumi bélyeges téglák XRD felvételei



A tégl- és kerámia vizsgálatokkal alátámasztott nyersanyag azonosítási eredményeket felhasználjuk további kerámia leletek provenienciá kutatásában.

6. Ábra. Aquincumi kerámia edények és töredékek XRD felvételei



9. Táblázat. Aquincumi kerámia edények és töredékek főelem összetétele XRF mérések alapján

m/m (%)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅
67.29.44	47,74	0,96	18,97	7,62	0,07	1,29	7,08	3,15	0,25
66.3.763	51,42	0,77	16,85	6,85	0,07	1,91	10,42	3,87	0,83
56.16.95	46,76	0,75	14,22	6,06	0,08	1,34	12,41	3,39	0,18
95.1.1451	47,34	0,97	16,79	7,85	0,09	1,86	8,18	2,83	1,16
91.6.2482	48,64	0,82	13,79	6,61	0,09	1,56	9,51	3,59	0,48
91.6.2484	42,67	0,65	13,51	6,01	0,1	1,99	16,97	3	0,78
95.1.1479	42,61	0,65	13,02	5,94	0,13	1,69	14,06	2,81	0,28
95.1.1416	47,06	0,9	14,62	7,72	0,19	2,07	8,34	3,49	1,28
2006.5.1634	50,41	1	15,41	7,45	0,05	1,66	3,57	4,07	1,92
2006.5.1902	39,14	0,85	12,43	7,64	0,03	1,26	5,89	7,63	1,51
2006.5.4947	43,53	0,77	14,38	7,24	1,21	1,56	7,09	2,89	2,25

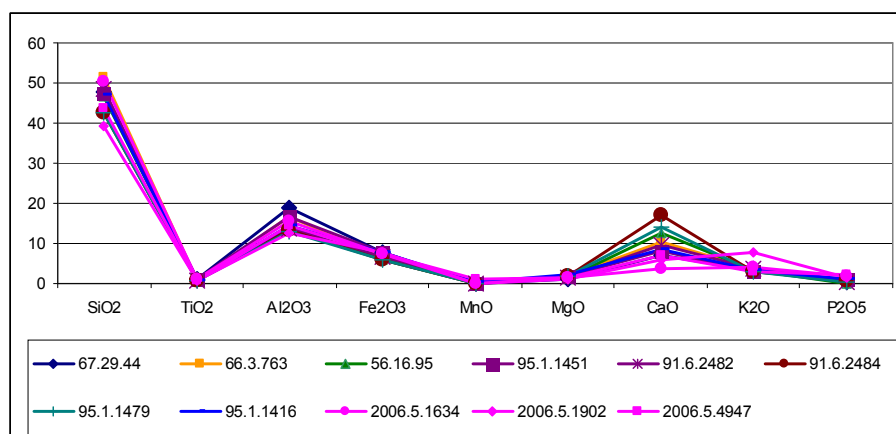
10. Táblázat. Aquincumi kerámia edények és töredékek nyomelem összetétele XRF mérések alapján

ppm (mg / kg)	Rb	Sr	Ba	Zr	Nb	V	Cr	Ni	Zn	Pb
67.29.44	90	290	590	160	20	260	260	10	90	30
66.3.763	90	280	770	160	20	290	240	10	100	40
56.16.95	80	380	640	130	20	210	210	10	180	40
95.1.1451	80	280	460	160	20	270	310	10	130	40
91.6.2482	90	300	700	150	20	230	180	110	130	70
91.6.2484	80	360	660	140	10	180	220	10	100	40
95.1.1479	70	400	400	110	10	190	180	10	100	20
95.1.1416	80	350	570	150	20	250	280	70	100	30

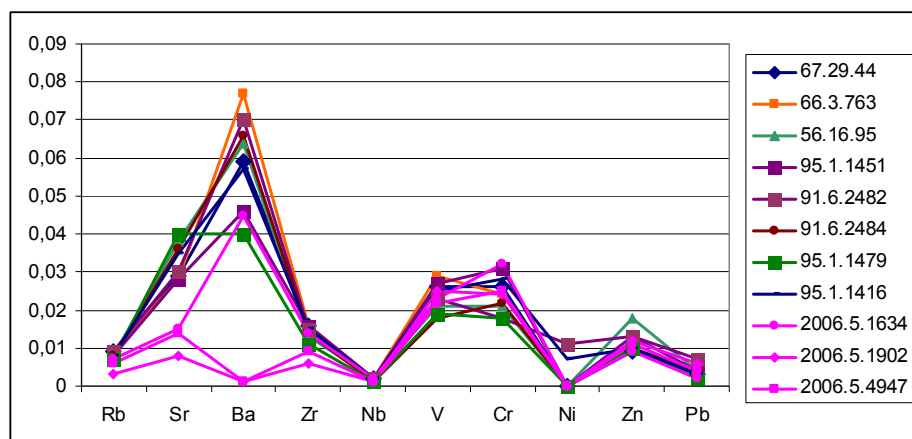
2006.5.1634	70	150	450	140	20	230	320	10	90	20
2006.5.1902	30	80	10	60	10	250	240	10	120	60
2006.5.4947	60	140	10	90	10	220	250	10	110	40

A mért adatokat sokelemes gyakorisági diagramokon, úgynevezett spider diagramokon ábrázoljuk. Ezen túlmenően a sokelemes gyakorisági diagramokban a mért kémiai elemzési adatokat az úgynevezett PAAS (Post-Archaean Australian Shale, Taylor-McLennan, 1995), tehát az archaikum utáni átlagos agyagpala összetételével normálva is megadjuk, biztosítva a különböző laboratóriumi elemzések összehasonlíthatóságát. A PAAS az átlagos finomszemcsés (agyagos-homokos) sziliciklasztos üledékeket reprezentáló referencia anyag.

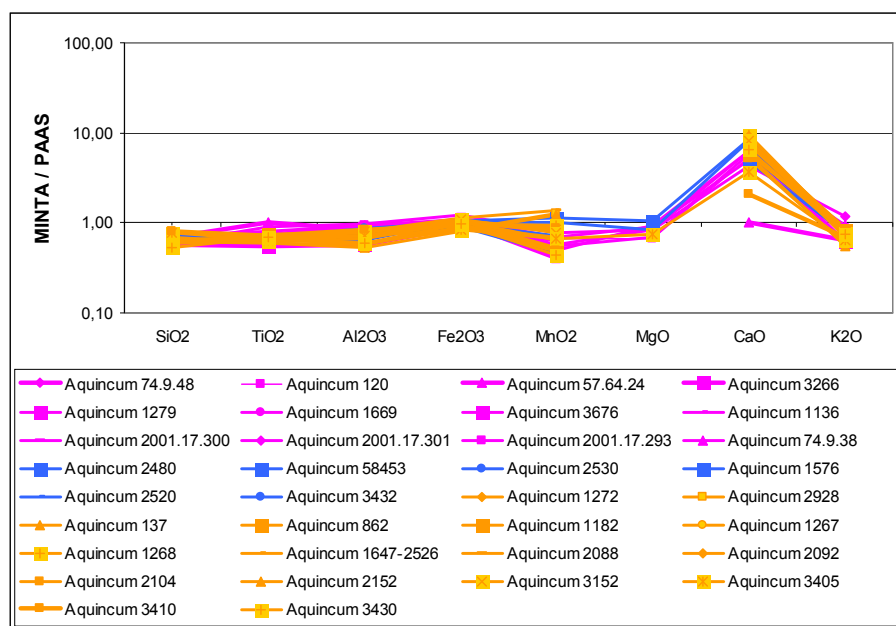
7. Ábra. Aquincumi kerámiák főelem eloszlása (XRF)



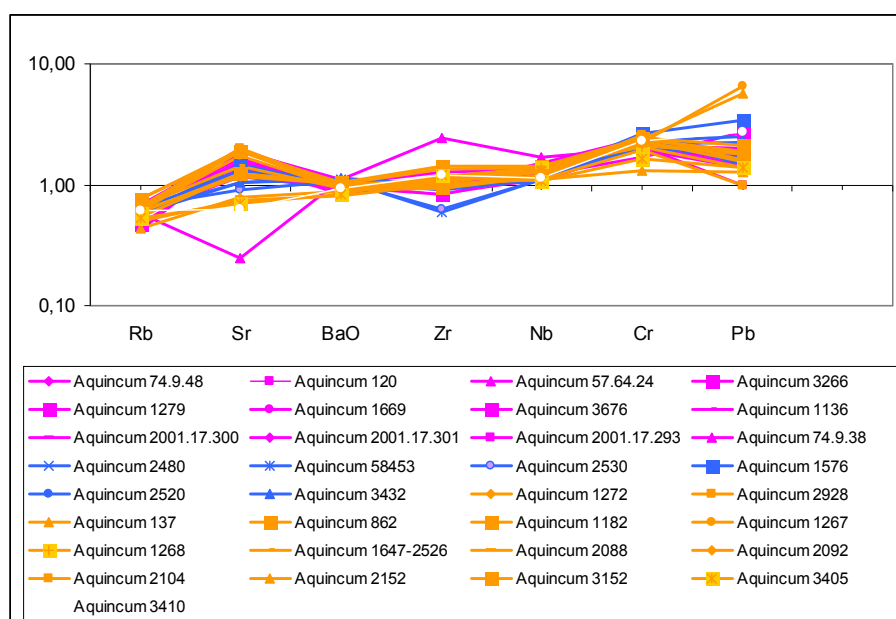
8. Ábra. Aquincumi kerámiák nyomelem eloszlása (XRF)



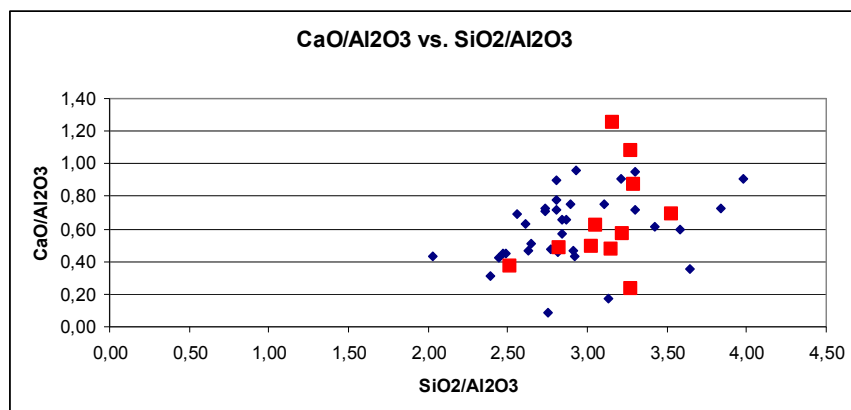
9. Ábra. Aquincumi téglák főelem összetétele PAAS-ra normálva (XRF)



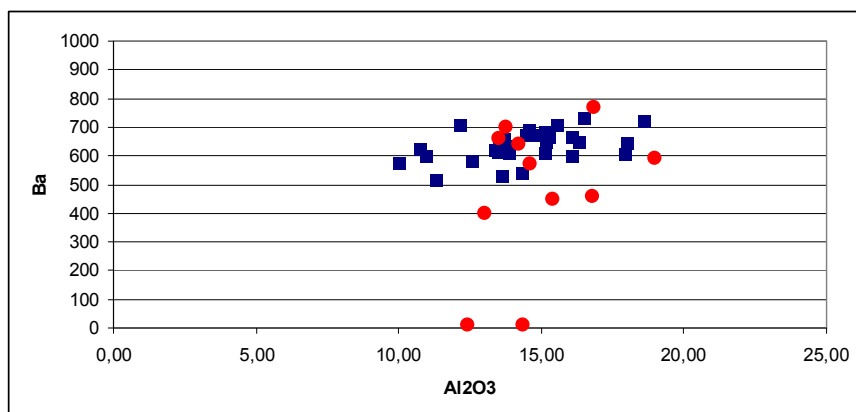
10. Ábra. Aquincumi téglák nyomelem összetétele PAAS-ra normálva (XRF)



11. Ábra. A vizsgált aquincumi kerámiák és téglák kémiai összetétele a $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ – $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ diagramon (piros: kerámia; kék: téglák)



12. Ábra. A vizsgált aquincumi kerámiák és téglák kémiai összetétele a $\text{Ba}/\text{Al}_2\text{O}_3$ diagramon (piros: kerámia; kék: téglák)



Az XRF mérések adataiból látszik, hogy az aquincumi és környéki agyagból készült téglák Ca tartalma magas, azaz meszes alapanyagúak. Látszik az is, hogy azon esetekben ahol alacsony Ca tartalmat mértünk (5-6 vagy annál kisebb m/m %), azoknak a tégláknak az alapanyaga és így eredete eltér, ill. kérdéses. Ilyenek lehetnek a Bécsből (Vindobona) származó import téglák. A kalcium mellett a mangán tartalom is fontos jel, hiszen az XRF mérésekből az látszik, hogy egyes téglák esetében kiugróan magas ez az érték az átlaghoz viszonyítva, ami szintén arra utalhat, hogy vagy nem helyi alapanyagból készült a tárgy, vagy adalékot tartalmaz. Összevetve a győri és aquincumi XRF adatokat, látszik a nyersanyagok jelentős különbsége.

A pályázat kiterjesztéseképpen nemcsak aquincumi kerámiákat, hanem későközépkori mázas kerámia tárgyakat és régészeti feltárásból származó töredékeket is vizsgáltunk. A legnagyobb tárgycsoportot ezek közül az úgynevezett habán kerámiák képezték. A 16. században Svájcban alakult egy új, protestáns vallási csoport, akiket üldöztek hitük miatt és akiket habánoknak neveznek (a haushaben – házközösség szó után, mivel szigorú, zárt vagyonszervezetekben, éltek). A habánok mesterei voltak a fazekasságnak és az ön-ólomázás kerámia, azaz fajansz készítés titkait ők ismerték akkoriban itt Európában és ők terjesztették el ezt a technikát itt Közép-Európában. Jellegzetesek a színes mázas kerámiáik, fajanszaik, de a különböző színű mázak készítésének és a mázazás technológiájának pontos recepturáját sajnos nem ismerjük, mivel nagyon kevés írott forrás maradt fenn ezzel kapcsolatban. Ezért indult egy nagyobb lélegzetű kutatás (OTKA 81201, 91077), aminek célja megismerni a Kárpát-medencében fellelhető habán kerámiák készítmény technológiáját, melynek keretében számos elemzési (anyagvizsgálati) módszert használtak (XRF, XRD, SEM-EDS, CL, TL/OSL). A gyors kémiai elemzéseket lehetővé tevő XRF technikával kapcsolódva a konzorcium munkájához, számos tárgyat (legtöbbjük ép, restaurált) vizsgáltunk meg, aminek során az alap kerámián kívül a különböző színű, motívumú mázakat elemeztük. Ennek keretében kb. 200 darab tárgyat elemeztünk roncsolásmentesen a helyszíneken (Magyar Nemzeti Múzeum, Iparművészeti Múzeum, Néprajzi Múzeum, bécsi Népművészeti múzeum kerámia gyűjteményei, valamint hazai és csehországi magángyűjtemények). A vizsgálatok eredményeiről hazai és nemzetközi konferenciákon számoltunk be. Az eredmények egy részéről már publikáció is megjelent, illetve elkészült azok kézírata, amelyeknek megjelentetése folyamatban van.

Eredmények:

Négy évszázadból származó aquincumi bélyeges téglák anyagát vizsgáltuk röntgendiffrakcióval (XRD), valamint meghatároztuk a jellemző geokémiai bélyegeket kézi, hordozható röntgenfluoreszcens elemző készülékkel (XRF).

Kimutattuk, hogy a tegulák nyersanyagaként a környező nyersanyaglelőhelyek anyagából azt fejtették, ami a legjobban szolgálta az elérendő technológiai eredményt. Nagyfokú homogenitás jellemzi a tegulák kémiai összetételét. A kiugróan eltérő értékek idegen származásra utalhatnak.

A fázisösszetételbeli különbségek az eltérő égetési hőmérsékleteknek, kemencehasználatnak tulajdoníthatók.

Megmutattuk, hogy a tegulák anyagvizsgálati eredményei felhasználhatók a korabeli és jelenlegi agyaggyártóhelyek jellemzésére, így az azonos időben keletkezett egyéb kerámia termékek potenciális nyersanyagaként történő értelmezésére, a helyi- és az import termékek megkülönböztetésére.

Létrehoztuk egy többfunkciós agyag- és kerámia adatbázis alapjait, amelynek folyamatos bővítésével az archeometriai kutatás új lehetőségeit alapoztuk meg.

Az alkalmazott ásvány-közzettani-geokémiai kutatás megbízható eszköztárát kibővítettük a hordozható XRF készülék lehetőségeinek és korlátainak tesztelésével, pontosságának növelésével.

Jelen OTKA pályázat rendkívül fontos eredményének tartjuk továbbá, hogy be tudtuk mutatni az XRF technika (és ezen felül a kémia) szerepének jelentőségét a hazai régészetben, művészettörténetben, restaurálásban, archeometriai kutatásokban. Fontos eredménynek tartjuk a hazai és külföldi intézményekkel, szakemberekkel (múzeumok, gyűjtemények, restaurátorok, régészek, történészek) való párbeszéd kialakítását. Számos vidéki és fővárosi rendezvényen tudtuk népszerűsíteni a kémiát, a természettudományt és kapcsolatukat a társadalomtudományokkal, ezzel bemutatva és kiemelve az archeometria tudományának jelentőségét, fontosságát (Lángész program, Magyar Tudomány Ünnepe, Kutatók Éjszakája, tudományt népszerűsítő gimnáziumi előadások – Veszprémi, Jászberény).

További folyománya a pályázatnak, hogy a projekt témájához szorosan kapcsolódó munkák mellett számos felkérés érkezett egyéb, hasonló archeometriai feladatokban (XRF mérések) való rendszeres részvételre, oktatásra (Magyar Képzőművészeti Egyetem, Szilikát Restaurátor Szak). Elmondhatjuk, hogy igen jelentős érdeklődés és igény tapasztalható a hordozható XRF technika iránt, melyeknek maximálisan próbáltunk (és próbálunk most is) eleget tenni a pályázat jóvoltából. A jövőben tervezzük a vizsgálatok kiterjesztését, az eddigiek további finomítását, aktív részvételünket a magyarországi archeometriai kutatásokban.

További igényként merült fel a dél-Alföldi, valamint Dunántúli középkori (Árpád kori) téglák hasonlóan komplex archeometriai vizsgálata, valamint további hazai gyűjtemények tárgyainak, leleteinek bevonása a vizsgálatokba.

Megjelent publikációk:

May Z; Tóth M; Szépvölgyi J

Application of a portable and handheld Niton XRF analyzer in studying of ceramics and historical bricks in Hungary

European Meeting on Ancient Ceramics EMAC 2011 September 29th-October 1st 2011

Vienna, Austria

Abstract

Z. MAY and M. TÓTH

Application of portable (handheld) niton xrf analyser in some archaeometry projects

Technart 2009 Athens, Greece 27-30 April

Abstract

Horvath T, Sipos Gy, May Z, Toth M

The date of the late copper age ritual mask from Balatonőszöd-temetői-dűlő

ANTAEUS: COMMUNICATIONES EX INSTITUTO ARCHAEOLOGICO ACADEMIAE SCIENTIARUM HUNGARICAE 31-32: pp. 499-512.(2010)

Bajnóczi B, Nagy G, May Z, Tóth M

Adalékok a szászkézdí kerámiák készítése technikájához anyagvizsgálatok alapján

NÉPRAJZI ÉRTESÍTŐ 93: pp. 95-109. (2011)

Sipos Gy, Horváth T, May Z, Tóth M

Adatok Balatonőszöd – Temetői-dűlő, késő rézkori rituális álarc keltezéséhez

In: Kreiter Attila, Pető Ákos, Tugya Beáta (szerk.)

Környezet – Ember – Kultúra: Az alkalmazott természettudományok és a régészet párbeszéde
[Environment – Human – Culture: Dialogue between applied sciences and archaeology]

Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2010.10.06-2010.10.08.

Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ, 2012. pp. 373-384.
(ISBN:978-963-88584-8-1)

Lakatos Sz, May Z, Tóth M

Egy bronz Venus szobor vizsgálata régészeti és természettudományos módszerek együttes alkalmazásával

In: Kreiter Attila, Pető Ákos, Tugya Beáta (szerk.)

Környezet – Ember – Kultúra: Az alkalmazott természettudományok és a régészet párbeszéde
[Environment – Human – Culture: Dialogue between applied sciences and archaeology]

Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2010.10.06-2010.10.08.

Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ, 2012. pp. 335-342.
(ISBN:978-963-88584-8-1)

Bajnóczi B, Nagy G, Tóth M, May Z, Pajer J, Ridovics A

Mineralogy and microstructure of „glaze residues” and/or „glaze raw materials” from
Anabaptist pottery production centres in Moravia

In: Friedl G, Steyrer H (szerk.)

Pangeo Austria 2012: Abstracts.

Konferencia helye, ideje: Salzburg, Ausztria, 2012.09.15-2012.09.20.

Salzburg: pp. 19-20.

Bajnóczi B, Tóth M, Nagy G, May Z

Archaeometric characterization of 17th century tin-glazed Anabaptist (Haban) faience from
NE-Hungary

In: EMAC 2011 - 11th European Meeting on Ancient Ceramics: Conference program and
Abstracts.

Konferencia helye, ideje: Vienna, Ausztria, 2011.09.29-2011.10.01.

Vienna: p. 35.

Sipos P, Kovács Kis V, Márton E, Németh T, May Z, Szalai Z

Lead and Zinc in the suspended particulate matter and settled dust in Budapest, Hungary
EUROPEAN CHEMICAL BULLETIN 1:(11) pp. 449-454. (2012)

Sipos P, Németh T, May Z, Szalai Z

Accumulation of trace elements in the Fe-rich nodules in a neutral-slightly alkaline floodplain
soil

CARPATHIAN JOURNAL OF EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES 6:(1) pp.
13-22. (2011)

IF: 1.450

Balázs R, May Z, Németh T

Az amorf vas-oxidok oldódásának kinetikai vizsgálata egy barna erdőtalajon

In: Bertóti Réka Diána, Dobos Endre (szerk.)

Talajtani Vándorgyűlés: talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás
szolgálatában.

Konferencia helye, ideje: Miskolc, Magyarország, 2012.08.23-2012.08.25.

Balázs B R, Németh T, Sipos P, Szalai Z, May Z
A réz megkötődésének vizsgálata egy agyagbemosódásos barna erdőtalaj akkumulációs és
kilúgozódási szintjein
TALAJVÉDELEM (különszám) pp. 315-322. (2011)

Márton E, Sipos P, Németh T, May Z
Transport of pollutants around a high building: integrated magnetic, mineralogical and
geochemical study.
Conference Proceedings, 6th Congress of the Balkan Geophysical Society
Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2011.10.03-2011.10.06.
Budapest: European Association of Geoscientists and Engineers, 2011. pp. 1-6.
(ISBN:978-90-73834-16-3)

Horváth E, May Z, Kovács SJ, Tóth M
Egy kora középkori cloisonné díszes övcsat: A műhelykörzet lokalizálása archeometriai
módszerekkel
ARCHEOMETRIAI MŰHELY 6:(4) pp. 15-29. (2009)

Sipos P, Németh T, May Z
Association of trace elements with Fe-rich nodules in an alluvial soil
MITTEILUNGEN DER ÖSTERREICHISCHEN MINERALOGISCHEN
GESELLSCHAFT 155: p. 146. (2009)

Sipos P, Németh T, May Z
Vasas kiválások ásványos összetétele egy Ipoly-menti réti talajban
AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN 58:(1) pp. 27-44. (2009)

Előkészületben levő publikációk:

May Z; Tóth M; Szépvölgyi J
Application of a portable and handheld Niton XRF analyzer in studying of ceramics and
historical bricks in Hungary
Applied Clay Science

Kelemen Éva – Tóth Mária – May Zoltán - Kristály Ferenc– Rózsa Péter– Nyilas István
Összehasonlító archeometriai téglavizsgálatok a dél-Alföldön
Studia Archeologica

Kelemen Éva - Tóth Mária - May Zoltán - Kristály Ferenc- Rózsa Péter - Bajnóczi Bernadett -
Nyilas István - Papp István
Archeometriai vizsgálatok Békés megyei középkori templomok építőanyagain
Archeometriai Értesítő

May Zoltán, Tóth Mária, Szépvölgyi János
Kémia és régészet
Magyar Kémikusok Lapja

Előadások, poszterek:

Z. MAY and M. TÓTH

Application of portable (handheld) niton xrf analyser in some archaeometry projects

Technart 2009 Athens, Greece 27-30 April

Poszter

May Zoltán

Kémia a történelem szolgálatában, Hordozható XRF készülék bemutatása és alkalmazása archeometriai kutatásokban

MTA Kémiai Kutatóközpont, AKI Szeminárium, 2009

Előadás

May Zoltán, Bajnóczi Bernadett, Bíró Szilvia, Havas Zoltán, Tóth Mária

A hordozható XRF technika alkalmazásának lehetőségei és korlátai az archeometriában, különös tekintettel a kerámiákra

MTA Geokémiai Kutatóintézet, 2009

Előadás

May Zoltán, Bíró Szilvia, Havas Zoltán, Tóth Mária, Szépvölgyi János

A hordozható XRF technika alkalmazásának lehetőségei és korlátai az archeometriában, különös tekintettel a kerámiákra

MTA Kémiai Kutatóközpont, AKI Szeminárium, 2010

Előadás

May Zoltán

Hordozható XRF készülék bemutatása és alkalmazása archeometriai kutatásokban

XIII. MTA KK, Doki Suli, Balatonkenese 2010

Előadás

May Zoltán

Régészeti kutatások a kémia eszközeivel

TudományNap, Hunyadi Mátyás Gimnázium, Budapest, 2010

TudományNap, Szent István Egyetem Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Jászberény, 2011

TudományNap, Lovassy László Gimnázium, Veszprém, 2011

Lángész Zárófesztivál, II. Rákóczi Ferenc Gimnázium, Budapest 2011

Előadások

Zoltán May, Mária Tóth, János Szépvölgyi

Facilities of a portable Niton XL3t XRF analyzer in archaeometry. Metal objects and historical bricks.

ECERS 12. Stockholm, Sweden, 2011

Poszter

Z. MAY and M. TÓTH

Application of portable (handheld) niton xrf analyser in some archaeometry projects

Nemzetközi Restaurátor Konferencia, Magyar Nemzeti Múzeum, 2011

Poszter

May Zoltán
Kémia és Régészet
Magyar Tudomány Ünnepe, MTA TTK, 2012
Előadás