

KÜLÖNBÖZŐ KORÚ ZSOLNAY ÉPÜLETKERÁMIÁK ÖSSZEHASONLÍTÓ ANYAGTANI VIZSGÁLATA

COMPARATIVE MATERIAL EXAMINATION OF ZSOLNAY ARCHITECTURAL CERAMICS OF DIFFERENT AGE

BARICZA ÁGNES¹, BAJNÓCZI BERNADETT¹, SZABÓ MÁTÉ², SZABÓ CSABA¹,
TÓTH MÁRIA²

¹ELTE TTK Közöttani és Geokémiai Tanszék, Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium, 1117 Budapest,
Pázmány Péter sétány 1/C

²MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézet, 1112 Budapest, Budaörsi u. 45.

E-mail: baricza.agnes@gmail.com

Abstract

The Zsolnay factory in Pécs is one of the few factories which are well-known not only in Hungary but also in other European countries due to their quality and unique ceramic products. Despite the fact that the Zsolnay ceramics are considered as traditional Hungarian items, we have deficient and partial knowledge about the material characteristics of the products in many aspects.

The aim of this study is to carry out material examination on Zsolnay architectural ceramics (glazed roof tiles) from two buildings in Budapest: Museum of Applied Arts and Geological and Geophysical Institute of Hungary. The collected complete and broken glazed tiles originate from three different periods of the life of the buildings: the building and two renovation periods. The phase composition of the ceramics was determined by X-ray diffraction (XRD) analysis. The texture and the non-plastic components of the ceramics were examined by polarizing and scanning electron microscopy. The microstructure (texture) and chemical composition of the glaze were studied by scanning electron microscope and electron microprobe equipped with energy dispersive X-ray spectrometer (EDS).

The ceramics were covered by lead and alkali glazes, which were coloured with iron (yellow glaze) or chromium/copper/iron (green glazes) in the case of the Museum, whereas for the ceramics of the Institute cobalt was applied as colorant in the blue glaze. In addition tin oxide was used as opacifier in the glaze of the tiles of the Institute. The main phases of the ceramic body are quartz, cristobalite, mullite and K-feldspar/plagioclase and hematite in variable amount. The phase composition of the ceramics refers to the application of kaolinite-bearing (kaolin) raw material.

The preliminary grouping of the samples, based on previous information about the ceramic material gained during sampling, was confirmed by the analogies in the material characteristics of the objects. All these information together served as a basis for the final grouping and correct age determination of the ceramics. Other characteristics of the distinguished groups, like differences in the ceramic raw material and in the glaze pigments, provide additional information about the production technology of the objects.

Kivonat

A pécsi Zsolnay manufaktúra egy a magyar kerámiaipar területén kiemelkedő teljesítményt nyújtó gyárak közül, amelyek nemcsak Magyarországon, hanem Európa szerte is ismertek, mint színvonalas és egyedi termékek készítői. A gyár által forgalmazott, „hungarikumként” számon tartott kerámiák anyagtudományi vizsgálata mégis részleges, illetve hiányos sok tekintetben.

Jelen tanulmány célja két budapesti épületről, az Iparművészeti Múzeumról és a Magyar Földtani és Geofizikai Intézeztől származó Zsolnay mázas tetőcserepek anyagtani vizsgálata. A cseréptöredékek és egész cserepek három különböző - építési és két felújítási - időszakból származnak. A kerámiák fázisösszetételét röntgenpordiffrakciós technikával határoztuk meg, míg a szövetet és a nem plasztikus elegyrészeket polarizációs mikroszkóppal és pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk. A mázak mikroszerkezetét (szövetét) és kémiai összetételét pásztázó elektronmikroszkóppal és energiadiszperzív röntgenspektrométerrel felszerelt elektronmikroszondával tanulmányoztuk.

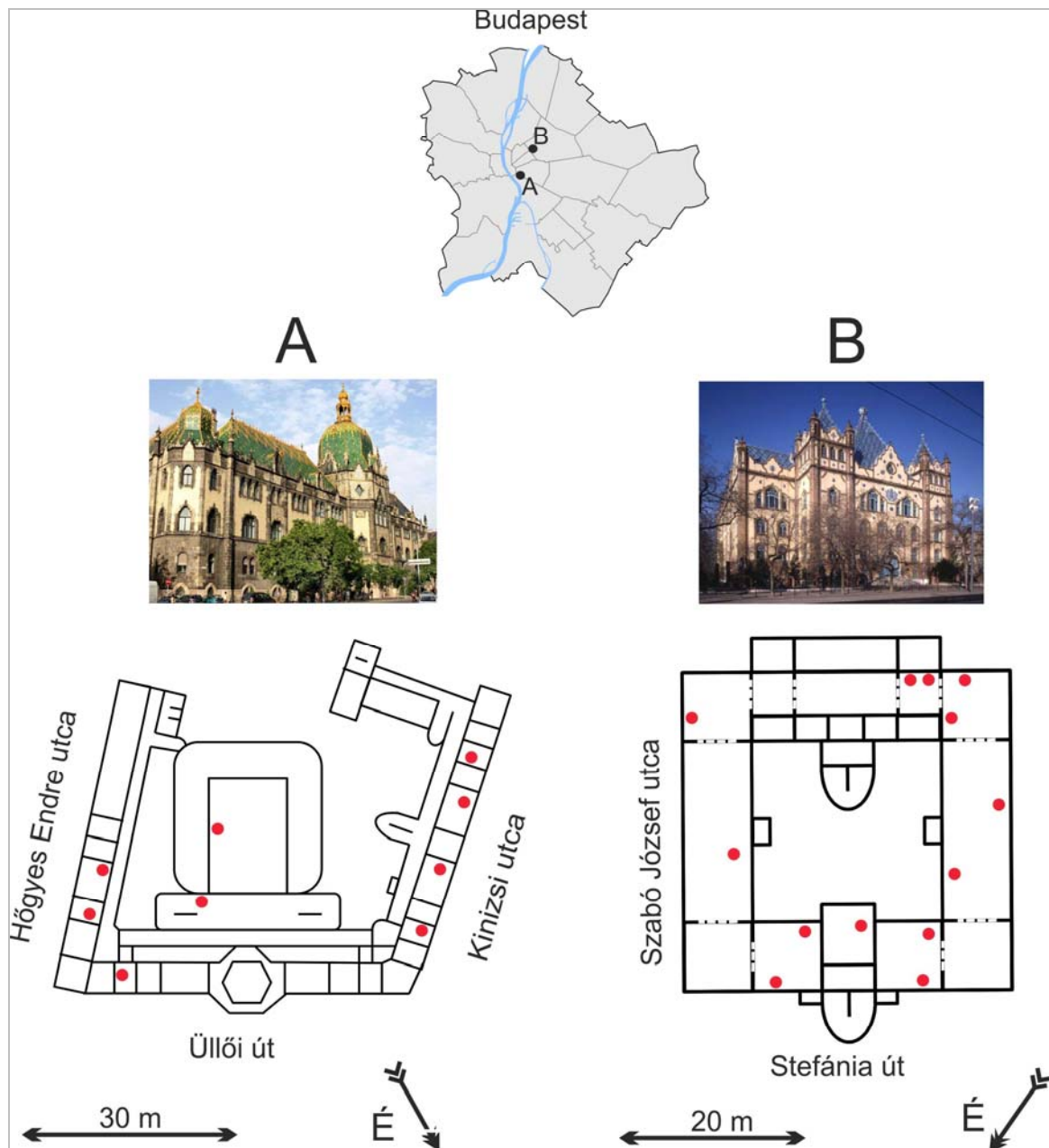
A kerámiák ólom- és alkáli mázakkal borítottak, amely a múzeumi tetőcserepek esetében vassal (sárga máz) és krómmal/rézszel/vassal (zöld máz) színezett, míg a Földtani Intézet kék máza kobalttal színezett, az utóbbihoz ön-

oxid homályosítót is adagoltak. A kerámia-alaptestek fő fázisai a kvarc cristobalit, mullit, változó mértékben a kálicföldpát/plagioklász és hematit; a fázisösszetétel kaolinites nyersanyag (kaolin) felhasználására utal.

A mintázás során kapott információk alapján kidolgoztuk az épületkerámiák előzetes csoportosítását, amelyet az egyes elemek anyagtani jellegzetességei (kerámia nyersanyag, kerámia-máz határa) közti analógiák is megerősítettek. Az összegzett információk így együttesen szolgáltak alapul a kerámiák csoportba rendezéséhez és gyártási korhoz kötéséhez. A megkülönböztetett csoportok további vizsgálata során fellelt egyedi jellegek (nyersanyagbeli különbségek, eltérő mázszínezés) a készítés módjáról adnak bővebb információt.

KEYWORDS: ZSOLNAY, ARCHITECTURAL CERAMIC, ROOF TILE, LEAD GLAZE, ALKALI GLAZE

KULCSSZAVAK: ZSOLNAY, ÉPÜLETKERÁMIA, TETŐCSERÉP, ÓLOMMÁZ, ALKÁLI MÁZ



1. ábra: Az Iparművészeti Múzeum (A) és a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (B) fényképe a sematikus alaprajzokkal, amelyek mutatják a kerámiák mintavételi helyeit (piros pontok)

Fig. 1.: Photos of the Museum of Applied Arts (A) and the Geological and Geophysical Institute of Hungary (B) with their schematic layouts showing the sampling sites of ceramics (red dots)

Bevezetés

A pécsi Zsolnay gyár 1853-ban kezdte meg működését, miután a létesítmény alapítója, Zsolnay Miklós felvásárolt egy akkoriban veszteséges keménycserép üzemet. Termékeik sorában egyaránt szerepeltek háztartási és díszítő célú porcelántermékek – az utóbbiakkal az 1878-as párizsi vilákiállításon nagy sikert értek el –, de hétköznapi terrakotta készítmények, szigetelő elemek és épületkerámiák is (Gerelyes & Kovács, 1999). A manufaktúra sikerének alapját az általuk alkalmazott újítások jelentették. Ilyen korszerű újítás volt a fagy- és saválló kőagyagáru terméként bevezetett építészeti finomkerámia, a pirogránit és az 1896-ban bemutatott „eosin” máz (Rúzsás, 1954). Az utóbbi elnevezés a máz fémesen csillogó jellegére utal, a görög „eos” (hajnal) szó után. Zsolnay Vilmos ezt a fémes lüszter¹ technikát alkalmazva összesen 58 különféle színárnyalatú festéket kísérletezett ki (Brestyánszky, 1971). Az üzem népszerűsége az évek során egyre növekedett, ami maga után vonta, hogy a magyar köztudat egyre inkább „hungarikumként” kezdte azonosítani a Zsolnay nevet. A kiemelkedő színvonalat képviselő termékek hazánk határain túl is kezdtek elterjedni, ugyanakkor az anyagi tulajdonságaikat, anyagösszetételüket feltáró tudományos kutatás a mai napig alig történt (Czifrák, 2008, Nagy, 2008). Ma már csak találgatni lehet az egyes tárgyak anyagi összetételét, a készítésükhöz alkalmazott különböző technológiai eljárásokat. Biztos támpontot még a Zsolnay família által hátrahagyott, kézzel írt feljegyzések sem adnak több okból kifolyólag: a feljegyzések jó része szinte olvashatatlan és csak részben érthető. A mázkészítésről szóló fejezetek jó része ma már hozzáférhetetlen vagy ismeretlen összetevőről számol be (pl. niagulspát); nem tartalmaznak pontos leírást azok felhasználásáról (pl. a kiegészítő hőmérséklete, felvitel módja); nincs utalás az alkalmazás utáni tapasztalatokról; követhetetlen a mázleírásokhoz alkalmazott többszörös hivatkozások jegyzéke, stb. (Halmos Ferenc közöletlen feljegyzései a Zsolnay kerámiákról).

Az épületkerámiák (tetőcserepek, díszelemek) használata hazánkban az 1880-as évektől kezdett elterjedni, amit a millenniumi építkezések nagymértékben segítettek. A kor híres építészei, köztük Ybl Miklós, Hauszmann Alajos és Lechner Ödön sokszor alkalmazták ezt a burkolásmódot az épületek minél látványosabb megjelenítéséhez. Az 1890-es évek végén szecessziós stílusban épült Magyar Királyi Földtani Intézet (mai nevén Magyar Földtani és Geofizikai Intézet) és az Iparművészeti Múzeum is a Zsolnay mázas kerámiaburkolattal rendelkező épületek sorába tartozik (1. ábra). Az előbbi épület Lechner Ödön tervei alapján épült, míg az utóbbi épület szellemi kivitelezői közt Lechner mellett Pártos Gyula is szerepelt.













A hasonló korban és stílusban készült, ugyanazon tervezőtől származó építményekről megalapozottan lehetne feltételezni, hogy ugyanolyan anyagú kerámiát használtak a nagyrészt egy időben készült épületekhez. Munkánk célja, hogy a két épületről származó Zsolnay mázas kerámiaelemek anyagának jellemzőit feltárjuk (pl. kerámia anyagösszetétele, szövete, a máz összetétele és zárványtartalma). Tesszük ezt azzal a szándékkal, hogy a Zsolnay termékcsaládról rendelkezésünkre álló ismereteket gazdagítsuk.

Minták és módszerek

Az épületek bejárása során törekedtünk arra, hogy a fellelhető összes típusú és mázú kerámiatermék egy-egy jellegzetes darabjából mintát vegyünk. Az Iparművészeti Múzeumból 26 db, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézetből 30 db kerámiaelemet (egész és töredék darabok) gyűjtöttünk (1. ábra). Első szemrevételezés után jól elkülöníthető volt - elsősorban a kerámiák színe és textúrája alapján – három különböző kerámiaanyag. Előzetes feltételezésünket helyszíni szóbeli közlések (Balla Gabriella, Hajtó Kornélia és Csontos Katalin szíves szóbeli közlései) és írott források (a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet 1895-1900-as, 1920-1935-ös, 1944-1947-es, 1957-1958-as és 1990-es évkönyveinek adatai) erősítették meg, amely szerint az összegyűjtött kerámiaelemek egy része az építési időszakból (1890-es évek), a II. világháború (a Földtani Intézet esetében) és az 1956-os forradalom (az Iparművészeti Múzeum esetében) után, illetve az 1990-es évekből maradtak vissza (1. táblázat). Az Iparművészeti Múzeumból származó minták vörös, fehér és sárga alaptestű kerámiák, amelyeket sárga és zöld máz borít. A Földtani Intézetben gyűjtött minták kerámiaanyaga szintén háromtípusú, vörös, fehér és sárga színű, amelyeket különböző árnyalatú kék mázzal fedtek be (a világos szürkéséktől a mélyebb tónusú sötétképig). A vörös kerámiák alapanyagába belenyomott Zsolnay címer több cserépen látható, míg a Földtani Intézet „fiatal” kerámiáinál az alaptestbe ütve „Pécs” címere ismerhető fel.

A kerámia-alaptest fázisösszetételének meghatározására röntgen-pordiffrakciós fázisanalízist végeztünk. A vizsgálathoz az MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézet PHILIPS PW 1730 típusú, Bragg-Brentano elrendezésű röntgendiffraktométerét használtuk. Felvételi körülmények: Cu K α sugárzás, 45 kV gyorsító feszültség, 35 mA áramerősség, 0.05°- 0.01° 2 θ léptetés, 1 sec időállandó, 1-1° detektor- és divergenciárés, PW-1050/25 típusú goniométer, grafit monokromátor, proporcionális számláló detektor.

1. táblázat: A két épület reprezentatív épületkerámiáinak leírása és csoportosítása**Table 1.:** Description and grouping of some selected ceramics of the two buildings

Mintaszám	Lelőhely	Felépítés	Feltételezett kor	Csoportosítás	Kép
IMM/6	Iparművészeti Múzeum	zöld mázas, vörös tetőcserép töredék	építés ideje, 1893-1896	1. csoport „idős” kerámiák	
IMM/12	Iparművészeti Múzeum	zöld mázas, vörös tetőcserép, Zsolnay címer látható	építés ideje, 1893-1896	1. csoport „idős” kerámiák	
IMM/2	Iparművészeti Múzeum	zöld mázas, fehér tetőcserép töredék	az 1956-os forradalom utáni felújítás	2. csoport „középkorú” kerámiák	
IMM/9	Iparművészeti Múzeum	zöld mázas, fehér tetőcserép töredék	az 1956-os forradalom utáni felújítás	2. csoport „középkorú” kerámiák	
IMM/7	Iparművészeti Múzeum	sárga mázas, fehér tetőcserép, nem volt használatban	az 1990-es évekbeli felújítás	3. csoport „fiatal” kerámiák	
IMM/8	Iparművészeti Múzeum	zöld mázas, fehér tetőcserép, nem volt használatban	az 1990-es évekbeli felújítás	3. csoport „fiatal” kerámiák	
MÁFI/9	Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	világoskék mázas, vörös tetőcserép, Zsolnay címer látható	építés ideje, 1898-1899	1. csoport „idős” kerámiák	
MÁFI/10	Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	sötétkék mázas, vörös tetőcserép, Zsolnay címer látható	építés ideje, 1898-1899	1. csoport „idős” kerámiák	
MÁFI/1	Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	világoskék mázas, fehér tetőcserép töredék	a II. világháború utáni felújítás	2. csoport „középkorú” kerámiák	
MÁFI/2	Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	világoskék mázas, fehér tetőcserép töredék	a II. világháború utáni felújítás	2. csoport „középkorú” kerámiák	
MÁFI/3	Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	világoskék mázas, fehér tetőcserép, nem volt használatban, „Pécs” címere látható	az 1990-es évekbeli felújítás	3. csoport „fiatal” kerámiák	
MÁFI/15	Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	sötétkék mázas, fehér tetőcserép, nem volt használatban, „Pécs” címere látható	az 1990-es évekbeli felújítás	3. csoport „fiatal” kerámiák	

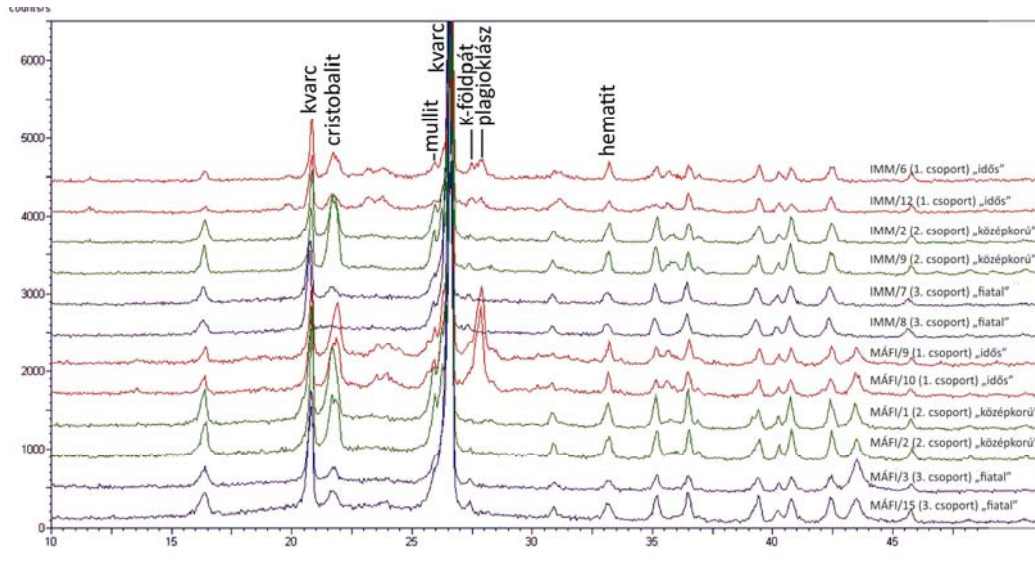
A petrográfiai elemzésekhez 30 µm vastagságú vékonycsiszolatot készítettünk, hogy a kerámia-alaptestek nem plasztikus elegyrészeiről (ásványairól) és szövetéről bővebb ismeretet szerezzünk. A petrográfiai vizsgálatot az ELTE Közettani és Geokémiai Tanszékén működő Litoszféra Fluidum Kutató Laboratóriumában elhelyezett NIKON E600 polarizációs mikroszkóppal végeztük.

A kerámia és a máz szövetének/mikroszerkezetének nagy felbontású vizsgálatához a máz-kerámia felületre merőleges, polírozott vékonycsiszolatokat és beágyazott metszeteket készítettünk. A vizsgálat két készülékkel történt: az ELTE Közettani és Geokémiai Tanszékén működő Amray 1830 I/T6 típusú pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM, 20 kV gyorsító feszültség, az energiadiszipatív röntgenspektrumok mérési ideje 100 másodperc), valamint az MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézetében lévő Oxford Instruments INCA Energy 200 típusú energiadiszipatív röntgenspektrométerrel (EDS) felszerelt, JEOL Superprobe-733 típusú elektron-mikroszondával (20 kV gyorsító feszültség és 6 nA mintaáram).

A mázak zárványokkal (pl. káliföldpát vagy ón-oxid kristallitok) együtt mért átlagos kémiai összetételét elektron-mikroszondával végeztük

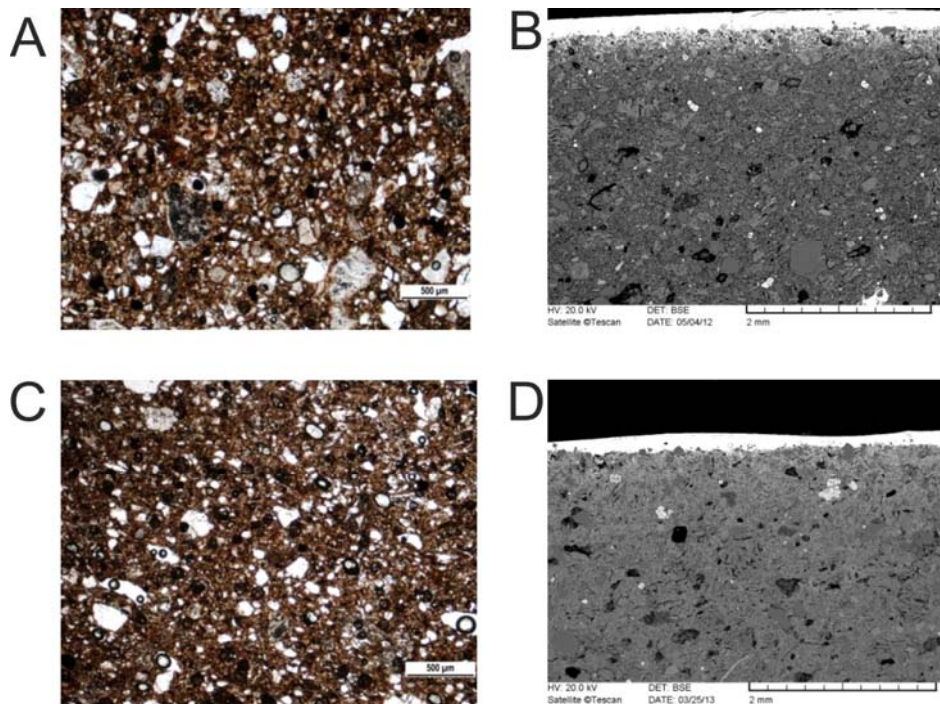
területi elemzésével állapítottuk meg. Az elemzés során kerültük a nagyobb inhomogenitásokat, porusokat és határfelületeket. A mérési terület nagysága az egyes minták mázrétegének adottságaitól függően változó volt. A pásztázás felvétele során törekedtünk a lehető legnagyobb területet lefedésére, amelynek átlagos mérete 200 x 160 µm nagyságú volt. Néhány minta esetében az előbbi tartománynál kisebb területet elemeztünk, mivel minőségileg megfelelő eredményeket nagyobb nagyításon tudtunk csak elérni. A mázak üveges mátrixának, zárványainak és a kerámia alkotóinak meghatározására kb. 5-10 µm átmérőjű elektronsugárral pontméréseket végeztünk. A mennyiségi kiértékelés a kapott eredmények sztenderdekkel való összevetése révén történt, amelyhez a Taylor Co. (USA) természetes és mesterséges sztenderdjeit, valamint a Smithsonian Institution (USA) által rendelkezésünkre bocsátott mesterséges üveg sztenderdeket használtuk. A mérési idő a területi elemzés során 300 másodperc, pontelemzés során 40 másodperc volt.

Röntgen-pordiffrakciós vizsgálatot minden épületkerámia anyagán végeztünk, míg petrográfiai, pásztázó elektronmikroszkópos és elektron-mikroszondás vizsgálat az egyes kerámiacsoportok néhány (általában két-három, esetenként négy) reprezentatív darabján történt (**1. táblázat**).



2. ábra: A kerámia-alaptestek röntgen-pordiffraktogramjai. Piros színnel az „idős” csoport, zöld színnel a „középkorú” csoport, kék színnel a „fiatal” csoport diffraktogramjai láthatók, amelyekben megfigyelhető a kvarc, cristobalit, mullit, K-földpát, plagioklász és hematit fázisok jelenléte és korszakonként eltérő mennyisége. IMM: az Iparművészeti Múzeum kerámiái, MÁFI: a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kerámiái

Fig. 2.: X-ray diffraction profiles of the ceramic bodies. Red colour is used for the profiles of the “old” group, green colour for the profiles of the “middle-aged” group and blue colour for the profiles of the “young” group. Profiles show the presence of quartz, cristobalite, mullite, K-feldspar, plagioclase and hematite phases and their variable amount in the ceramics of different age. IMM: ceramics of the Museum of Applied Arts, MÁFI: ceramics of the Geological and Geophysical Institute of Hungary



3. ábra: A, C) Az „idős” vörös alaptestű kerámiák (1. csoport, IMM/12 és MÁFI/10 minták) szöveteről készült polarizációs mikroszkópi felvételek (1N), ahol a vörös színű mátrixban szintelen, változó méretű, kissé szögletes kvarcsejtszémcsék jelennek meg, B, D) ugyanazon minták pásztázó elektronmikroszkóppal készült visszaszórtelektron-képei a kerámia és a máz határvonaláról

Fig. 3.: “Old” red-body ceramics (1. group, IMM/12 and MÁFI/10 samples). A, C) polarising microscopy images (parallel polars) showing the texture with colourless, slightly angular quartz grains in the red-coloured matrix, C, D) BSE images of the same samples showing the ceramic-glaze interface

Eredmények

Kerámia-alaptest

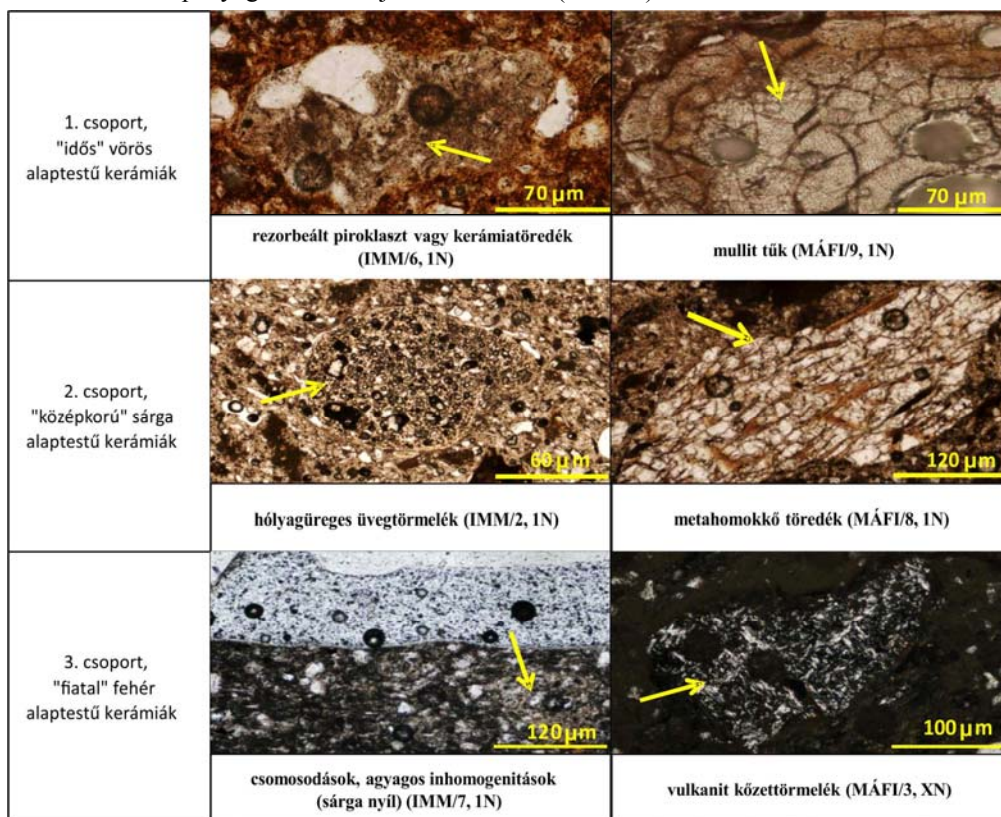
Vörös alaptestű, „idős” kerámiák (1. csoport)

A vörös alaptestű kerámiák anyaga enyhén porózus. Röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok alapján a kerámia fázisösszetétele csökkenő mennyiségben a következő: kvarc, cristobalit, mullit, káliciföldpát, plagioklász és hematit (2. ábra). Szövetük gyengén hiátuszos, azaz nincs folyamatos méretbeli átmenet a kerámia mátrixában lévő szemcsék között. A szemcsék átmérője két nagyobb tartományba esik, 15-100 µm, illetve 200-400 µm közé. A röntgen-pordiffrakciós vizsgálatokat alátámasztja, hogy a szövetben kb. 25-30 térfogat% arányban található meg a mono- és polikristályos formában megjelenő kvarcsemmecske, amely nagy része az alapanyagban eredetileg meglévő nem plasztikus elegyrész (3. ábra). A kvarc mellett az üveges mátrixban számos üde és többé-kevésbé mállott földpátsemmecske, sötét agyagos töredék, néhány kerámatöredék, üveges és granitoid közettörmelék (esetleg tufás anyag), és nagy nagyításban vékony, átlátszó mullittűk is láthatók (4. ábra). A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok során a két épület anyagában számottevő eltérést nem tapasztaltunk. A másik két csoporttal összevetve ezen kerámiák alapanyaga mutatja a

legváltozatosabb képet. A kerámia anyagában a polarizációs mikroszkóppal azonosított fázisok mellett kisebb mennyiségben előfordulnak 5-20 µm méretű vas-, titán- és helyenként báriumtartalmú fázisok is. A csoport jellegzetessége a kerámia mázmentes oldalán végighúzó, a visszaszórtelektron-képen környezetéhez képest „világosabb”, kb. 100 µm-es sáv, amely ólomtartalmúnak bizonyult (5. ábra), és a Magyar Földtani és Geofizikai Intézetről származó mintáknál ön-oxid szemcsék is találhatóak benne.

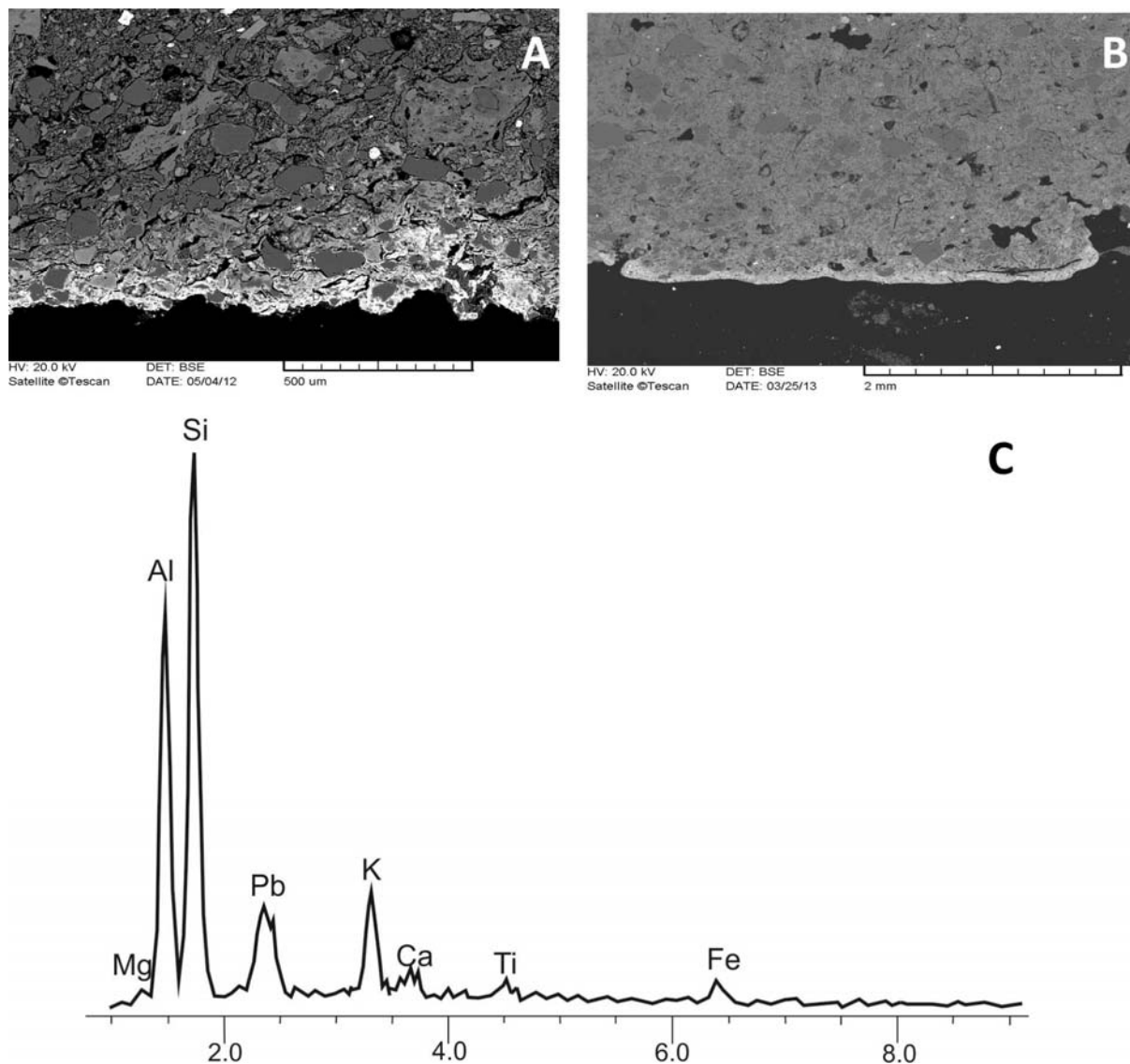
Sárga alaptestű, „középkorú” kerámiák (2. csoport)

A sárga, „középkorú” kerámiák anyaga gyengén porózus. Fázisösszetétele csökkenő sorrendben: kvarc, cristobalit, mullit, hematit, valamint káliciföldpát és plagioklász igen elenyésző mennyiségben (2. ábra). Szövege az előző csoporthoz képest nagyobb mértékben hiátuszos, a szemcsék 20-80 µm és 300-400 µm közti mérettartományba esnek. A kvarc mennyisége az előző csoporthoz képest kevesebb, kb. 20-25 térfogat% közötti (6. ábra). Ez a kerámia csoport az üveges mátrixban számos agyagos törmelék, üreges üvegtörmelék és kerámatöredéket tartalmaz. Kisebb mennyiségben néhány granitoid és metahomokkő közettöredék is megtalálható (4. ábra).



4. ábra: Az egyes kerámia csoportok alaptestének jellemző elegyrészei (polarizációs mikroszkópi felvételek)

Fig. 4.: Characteristic non-plastic inclusions in the bodies of the ceramic groups (polarising microscopy images)



5. ábra: A, B) Az „idős” vörös alaptestű kerámiák (1. csoport) jellegzetessége a kerámia mázmentes alján végighúzódó, környezetéhez képest világos, ólomtartalmú sáv (A: IMM/6, B: MÁFI/9, visszaszórtelektronképek), C) az IMM/6 minta alján lévő ólomdús sáv EDS spektruma, amin a kerámia összetevői mellett megjelenik az ólom csúcsa is

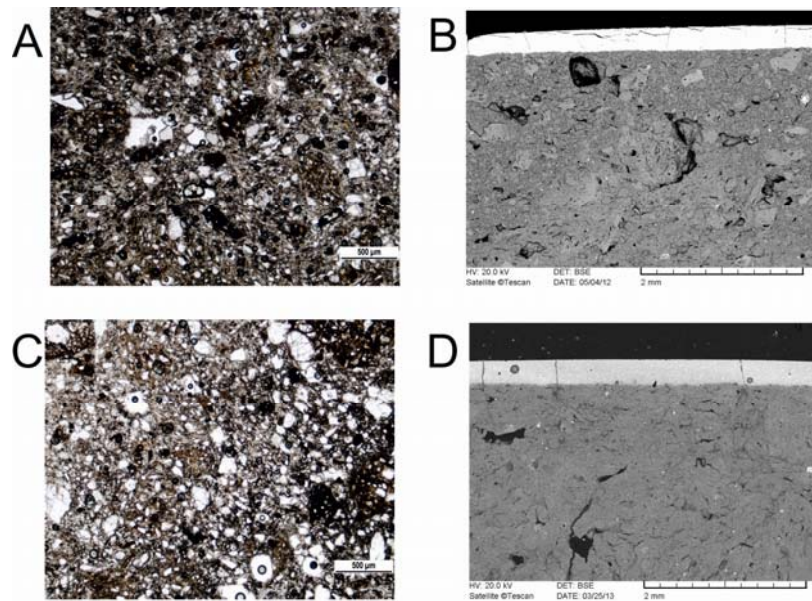
Fig. 5.: A, B) Bright, lead-rich zone on the unglazed side of the “old” red-body ceramics (1. group) (A: IMM/6, B: MÁFI/9 samples, BSE images), C) EDS spectrum of the bright zone on the back side of the IMM/6 sample showing presence of Pb in addition to the ceramic components

Az elektronmikroszkópos felvételek alapján ez a kerámiacsoport anyagában homogénebb összetételű, kevesebb titán- és vastartalmú szemcsét tartalmaz.

Fehér alaptestű, „fiatal” kerámiák (3. csoport)

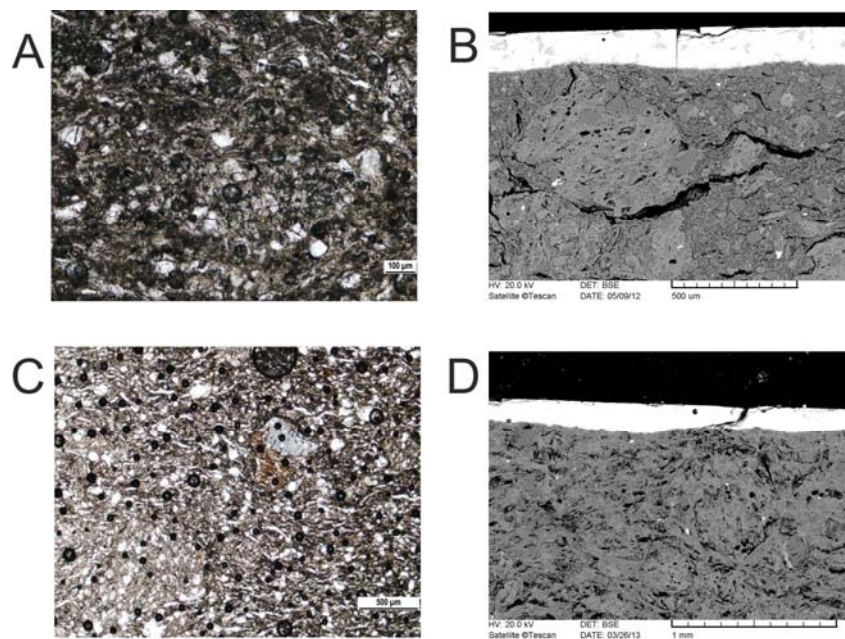
A fehér alaptestű kerámiák kevésbé porózusak. A röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok alapján a kerámiák fázisösszetételében elsősorban a kvarc és a mullit dominál, a cristobalit, hematit, kálföldpát és plagioklász részaránya elhanyagolható (**2. ábra**). A kerámia-alaptest szövete szeriális, azaz folyamatos átmenet látható az üveges mátrixban lévő szemcsék méretében (kb. 20-200 μm),

amelyek jól osztályozottak. Az előző két csoporttól eltérően, mintától függően többé-kevésbé irányított szövet jellemző. Az üveges mátrixban lévő kvarc részaránya az első két csoporthoz képest kisebb, kb. 15 térfogat%. Ez a kerámiacsoport számos, légbuborék utáni pórust is tartalmaz (**7. ábra**). A kerámia anyagában a többi csoporthoz viszonyítva viszonylag nagy - akár 500 μm -t meghaladó - agyagos inhomogenitások vagy kerámiatöredékek, helyenként piroklasztit töredékek láthatók (**4. ábra**). A kerámiák anyagában az elektronmikroszkópos vizsgálat során 10-20 μm méretű titántartalmú szemcséket azonosítottunk.



6. ábra: A, C) A „középkorú” sárga alaptestű kerámiák (2. csoport, IMM/2 és MÁFI/16 minták) szövetéről készült polarizációs mikroszkópi felvételek (1N), ahol barna színű mátrixban megjelenő kvarc aránya kisebb, mint a vörös alaptestű kerámiáknál, azonban a szemcsék méretében nagyobb változatosság látható, B, D) ugyanazon minták pásztázó elektronmikroszkóppal készült visszaszórtelektron-képei a kerámia és a máz határvonaláról

Fig. 6.: “Middle-aged” yellow-body ceramics (2. group, IMM/2 and MÁFI/16 samples). A, C) polarising microscopy images (parallel polars) showing the texture with less amount of quartz of variable size in the brown-coloured matrix compared to the red-body ceramics, B, D) BSE images of the same samples showing the ceramic-glaze interface



7. ábra: A, C) A „fiatal” fehér alaptestű kerámiák (3. csoport, IMM/8 és MÁFI/3 minták) szövetéről készült polarizációs mikroszkópi felvételek (1N), ahol barna színű mátrixban megjelenő, egységesebb szemcseméretű, jól osztályozott kvarc szemcsék aránya a kisebb az előző csoportokéhoz képest, B, D) ugyanazon minták pásztázó elektronmikroszkóppal készült visszaszórtelektron-képei a kerámia és a máz határvonaláról

Fig. 7.: “Young” white-body ceramics (3. group, IMM/8 and MÁFI/3 samples). A, C) polarising microscopy images (parallel polars) showing the texture with less amount of well-sorted, uniformly sized quartz grains in the brown-coloured matrix compared to the previous groups, B, D) BSE images of the same samples showing the ceramic-glaze interface

2. táblázat: Az Iparművészeti Múzeum épületkerámiáit borító mázak kémiai összetétele (energiadisziperzív röntgenspektrométerrel felszerelt elektron-mikroszondával végzett területi és pontelemzések, tömeg%, átlag ± szórás, n: mérések száma; vastagság: a mázak átlagos vastagsága, n.a.: nem analizált, n.d.: nem detektált)

Table 2.: Chemical composition of ceramic glazes of the Museum of Applied Arts (areal and point analyses measured by using electron microprobe equipped with energy dispersive X-ray spectrometer, weight%, average ± standard deviation, n: number of measurements, thickness: average thickness of the glaze, n.a.: not analyzed, n.d.: not detected)

Oxid (tömeg%)	"idős" kerámiák				"középkorú" kerámiák				"fiatal" kerámiák			
	IMM/6, zöld		IMM/12, zöld		IMM/2, zöld		IMM/9, zöld		IMM/7, sárga		IMM/8, zöld	
	terület	pont	terület	pont	terület	pont	terület	pont	terület	pont	terület	pont
Na ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5,53 ± 0,26	5,41 ± 0,53	4,92 ± 0,21	4,85 ± 0,59	6,09 ± 1,10	4,46 ± 0,30	4,12 ± 0,24	4,14 ± 0,47
K ₂ O	1,00 ± 0,05	0,88 ± 0,11	0,68 ± 0,11	0,65 ± 0,18	1,19 ± 0,12	1,17 ± 0,11	1,25 ± 0,13	1,28 ± 0,31	2,58 ± 0,10	2,60 ± 0,12	3,10 ± 0,19	3,40 ± 0,25
CaO	1,35 ± 0,05	1,34 ± 0,19	1,12 ± 0,11	1,10 ± 0,21	5,16 ± 0,13	5,20 ± 0,25	4,66 ± 0,31	4,50 ± 0,82	4,82 ± 0,25	5,04 ± 0,26	4,71 ± 0,41	4,75 ± 0,75
MgO	0,39 ± 0,06	0,44 ± 0,17	n.d.	n.d.	0,23 ± 0,05	0,31 ± 0,11	0,23 ± 0,07	0,28 ± 0,11	0,39 ± 0,29	n.d.	0,56 ± 0,09	0,49 ± 0,10
ZnO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,59 ± 0,25	1,53 ± 0,37	1,60 ± 0,34	1,23 ± 0,37	2,06 ± 0,12	1,92 ± 0,26	1,80 ± 0,31	1,38 ± 0,43
PbO	44,0 ± 0,8	46,5 ± 0,8	52,7 ± 0,4	51,9 ± 1,6	27,2 ± 0,5	27,7 ± 1,0	26,9 ± 0,6	26,7 ± 2,6	6,34 ± 0,38	6,43 ± 0,33	8,27 ± 0,82	9,03 ± 0,80
CuO	1,90 ± 0,13	2,01 ± 0,6	2,30 ± 0,10	2,18 ± 0,56	2,18 ± 0,16	2,14 ± 0,27	2,00 ± 0,04	2,00 ± 0,64	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Al ₂ O ₃	7,60 ± 0,44	7,29 ± 0,94	5,36 ± 0,42	5,51 ± 0,93	10,2 ± 0,5	9,80 ± 0,76	11,4 ± 0,3	11,2 ± 1,0	15,0 ± 0,3	15,2 ± 0,7	14,6 ± 0,7	15,0 ± 0,9
Fe ₂ O ₃	0,72 ± 0,02	0,67 ± 0,14	0,64 ± 0,06	0,56 ± 0,49	1,10 ± 0,22	1,01 ± 0,22	1,13 ± 0,21	1,14 ± 0,19	0,66 ± 0,18	0,53 ± 0,14	0,33 ± 0,09	n.d.
Cr ₂ O ₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,39 ± 0,28	n.d.
As ₂ O ₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	0,29 ± 0,21	n.a.	n.a.
SiO ₂	39,7 ± 0,2	40,9 ± 1,8	37,2 ± 0,3	37,4 ± 1,6	38,2 ± 0,6	38,0 ± 0,8	38,0 ± 0,9	39,2 ± 3,2	53,0 ± 0,3	54,2 ± 0,5	51,8 ± 2,0	52,8 ± 1,8
TiO ₂	0,39 ± 0,07	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,14 ± 2,13	n.d.
ZrO ₂	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,19 ± 0,62	n.d.	n.a.	n.a.
Összes	97,1 ± 0,8	100,0 ± 1,7	100,1 ± 0,3	99,4 ± 1,5	92,5 ± 0,7	92,3 ± 1,5	92,0 ± 0,9	92,5 ± 1,5	94,3 ± 1,8	91,5 ± 1,3	91,8 ± 2,1	91,6 ± 1,7
n	3	16	3	18	5	19	4	18	4	7	4	18
vastagság (µm)	kb. 200		kb. 200		kb. 270		kb. 190		kb. 200		kb. 180	

3. táblázat: A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet épületkerámiáit borító mázak kémiai összetétele (energiadisziperzív röntgenspektrométerrel felszerelt elektron-mikroszondával végzett területi és pontelemzések, tömeg%, átlag ± szórás, n: mérések száma; vastagság: a mázak átlagos vastagsága, n.a.: nem analizált, n.d.: nem detektált)

Table 3.: Chemical composition of ceramic glazes of the Geological and Geophysical Institute of Hungary (areal and point analyses measured by using electron microprobe equipped with energy dispersive X-ray spectrometer, weight%, average ± standard deviation, n: number of measurements, thickness: average thickness of the glazes, n.a.: not analyzed, n.d.: not detected)

Oxid (tömeg %)	"idős" kerámiák				"középkorú" kerámiák				"fiatal" kerámiák			
	MÁFI/9, világoskék		MÁFI/10, sötétkék		MÁFI/1, világoskék		MÁFI/2, sötétkék		MÁFI/3, világoskék		MÁFI/15, sötétkék	
	terület	pont	terület	pont	terület	pont	terület	pont	terület	pont	terület	pont
Na ₂ O	1,64 ± 0,62	1,62 ± 0,44	1,19 ± 0,34	0,71 ± 0,28	6,43 ± 0,55	6,39 ± 0,50	7,51 ± 0,28	5,74 ± 1,64	4,01 ± 0,23	3,89 ± 0,43	3,54 ± 0,27	4,20 ± 0,64
K ₂ O	3,60 ± 0,32	4,38 ± 0,62	2,23 ± 0,13	2,29 ± 0,06	1,84 ± 0,05	2,01 ± 0,13	1,95 ± 0,24	2,16 ± 0,04	2,49 ± 0,07	2,48 ± 0,23	2,57 ± 0,09	2,74 ± 0,38
CaO	1,73 ± 0,52	1,44 ± 1,10	1,20 ± 0,08	1,30 ± 0,12	5,24 ± 0,54	6,82 ± 0,27	6,27 ± 0,29	6,79 ± 0,23	4,54 ± 0,18	4,75 ± 0,76	5,88 ± 0,24	5,85 ± 1,02
MgO	0,25 ± 0,11	0,32 ± 0,19	0,31 ± 0,23	n.d.	n.d.	n.d.	0,17 ± 0,30	n.d.	n.d.	n.d.	0,48 ± 0,17	0,44 ± 0,18
ZnO	0,98 ± 0,64	1,24 ± 0,67	3,22 ± 0,52	3,44 ± 0,35	1,50 ± 0,01	2,07 ± 0,29	2,73 ± 0,20	2,61 ± 0,22	2,02 ± 0,09	1,85 ± 0,47	2,14 ± 0,19	1,94 ± 0,63
PbO	14,7 ± 6,6	17,8 ± 5,4	28,5 ± 0,7	31,1 ± 0,5	12,8 ± 0,7	16,5 ± 1,1	15,3 ± 0,3	16,1 ± 0,5	9,88 ± 0,25	11,1 ± 1,1	9,32 ± 0,27	9,6 ± 0,9
CuO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,74 ± 0,12	0,66 ± 0,31
MnO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,67 ± 0,07	0,44 ± 0,13
CoO	n.d.	n.d.	0,77 ± 0,09	0,65 ± 0,14	n.d.	n.d.	0,48 ± 0,19	0,84 ± 0,38	n.d.	n.d.	1,02 ± 0,13	1,01 ± 0,28
Al ₂ O ₃	11,6 ± 2,7	13,7 ± 5,3	9,86 ± 1,11	10,1 ± 0,4	12,4 ± 2,0	10,9 ± 0,8	10,8 ± 0,5	10,8 ± 0,3	9,89 ± 0,47	9,72 ± 1,67	9,60 ± 0,31	10,6 ± 1,2
Fe ₂ O ₃	0,68 ± 0,28	0,57 ± 0,59	0,53 ± 0,17	0,48 ± 0,11	0,26 ± 0,24	0,82 ± 0,72	0,56 ± 0,13	0,99 ± 0,68	0,31 ± 0,16	0,32 ± 0,24	0,38 ± 0,10	0,43 ± 0,17
SiO ₂	50,0 ± 5,4	53,1 ± 4,4	44,5 ± 1,0	47,3 ± 1,0	50,0 ± 2,8	45,2 ± 1,0	40,3 ± 1,4	42,5 ± 0,9	52,8 ± 1,0	56,0 ± 2,2	51,8 ± 0,8	50,8 ± 2,9
TiO ₂	0,49 ± 0,33	0,60 ± 0,38	n.d.	n.d.	n.a.	0,37 ± 0,32	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.
SnO ₂	9,1 ± 1,2	3,12 ± 3,26	5,29 ± 0,57	0,41 ± 0,36	3,82 ± 0,37	2,15 ± 0,65	6,68 ± 2,75	1,74 ± 0,21	4,28 ± 0,78	1,88 ± 1,30	4,66 ± 0,57	1,83 ± 1,16
Összes	94,8 ± 3,0	97,9 ± 2,3	97,8 ± 0,3	97,9 ± 1,7	94,7 ± 1,2	92,8 ± 1,8	92,9 ± 1,0	90,6 ± 1,4	90,7 ± 1,5	92,2 ± 1,4	92,8 ± 1,3	90,6 ± 1,8
n	4	23	4	6	3	7	3	4	6	7	6	19
vastagság (µm)	kb. 210		kb. 190		kb. 210		kb. 210		kb. 190		kb. 200	

Máz

A kerámia-alaptesteket üveges máz borítja. A mázak vastagsága csoportonként eltérő. Az „idős” vörös kerámiákban a máz vastagsága kb. 200-230 µm között változik. A „középkorú” kerámiacsoportban nagyobb, 250-300 µm-es vastagság is előfordul, míg a „fiatal” csoportra 180-200 µm vastag máz jellemző. Az egyes épületekről

származó kerámiák mázáinak kémiai összetételét a **2-3. táblázatok** mutatják. A területi elemzések során kapott kémiai összetételből kiszámoltuk a modern mázakra kifejlesztett elméleti molekulaképletet, az ún. Seger-formulát (**4. táblázat**), amely alapján összehasonlíthatók egymással a különböző mázak (Kozma, 1998, Norsker and Danisch, 1993, Rhodes, 1957)².

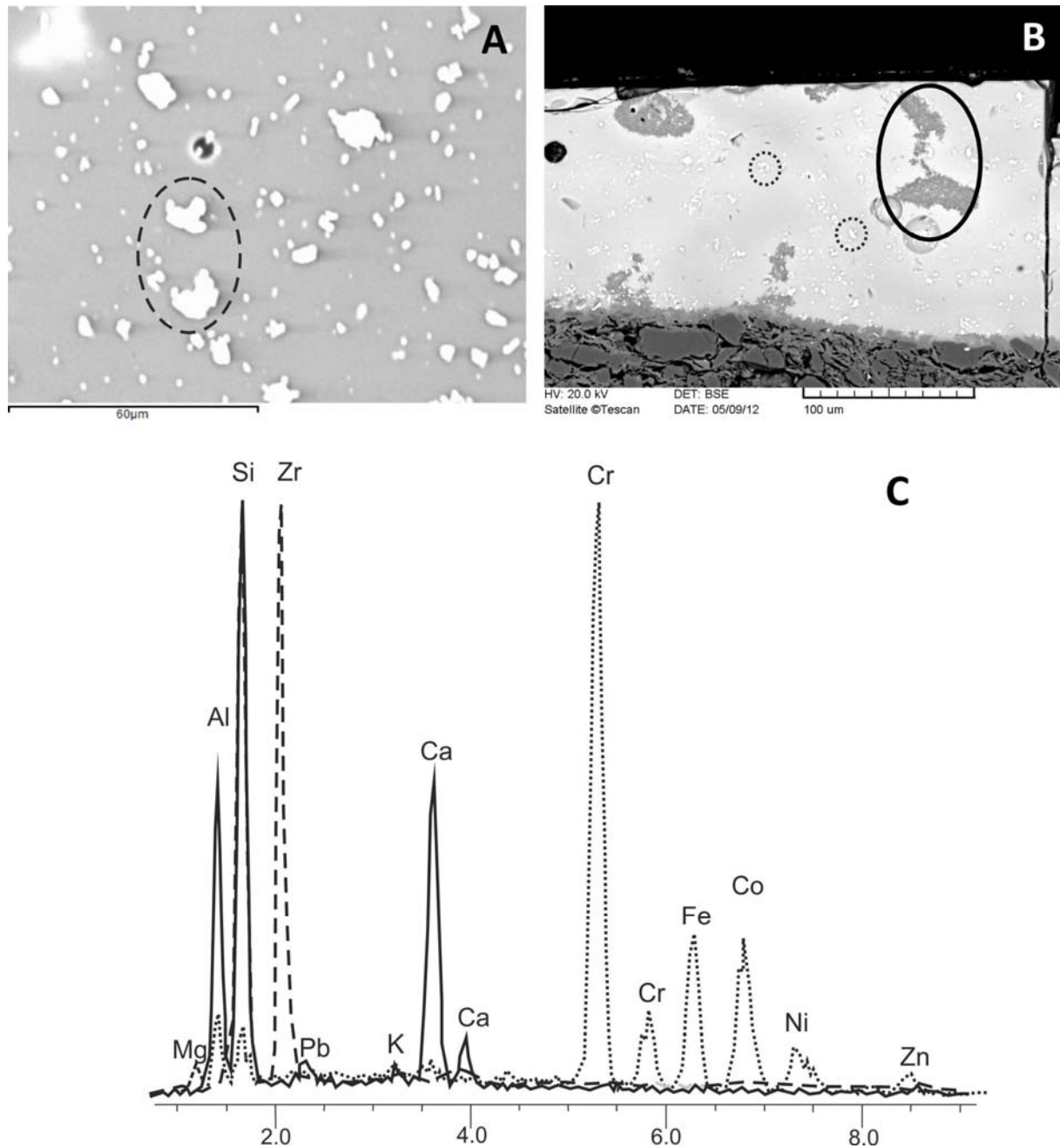
4. táblázat: Az Iparművészeti Múzeum és a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet épületkerámiáit borító mázak kémiai összetételéből számolt Seger-formula (a homályosítók kivételével), valamint a Rhodes (1957) által közölt formula határértékek alapján meghatározott máztípus. A formulában a mázat felépítő fém-oxidok és savanhidridek molekulaképlete szerepel

Table 4.: Seger formula calculated from the chemical composition (except the opacifiers) of ceramic glazes of the Museum of Applied Arts and the Geological and Geophysical Institute of Hungary. The types of glazes are determined according to limit formulas of Rhodes (1957). The molecular formulas of the glaze-forming metal oxides and acid anhydrides are present in the Seger formula

		Iparművészeti Múzeum							
		Folyósító oxidok		Átmeneti oxidok		Hálózatképző oxidok	Máz-típus		
		RO + R ₂ O		R ₂ O ₃		RO ₂			
"Idős" kerámiák	IMM/6	MgO	0,04	Al ₂ O ₃	0,31	SiO ₂	2,74	ólmos máz	
		CaO	0,1	Fe ₂ O ₃	0,02	TiO ₂	0,02		
		ZnO							
		PbO	0,82						
		Na ₂ O							
		K ₂ O	0,04						
	IMM/12	MgO	0,01	Al ₂ O ₃	0,2	SiO ₂	2,32	ólmos máz	
		CaO	0,07	Fe ₂ O ₃	0,02	TiO ₂			
		ZnO							
		PbO	0,89						
		Na ₂ O							
		K ₂ O	0,03						
"középidős" kerámiák	IMM/2	MgO	0,02	Al ₂ O ₃	0,29	SiO ₂	1,87	alkáli máz	
		CaO	0,27	Fe ₂ O ₃	0,02	TiO ₂			
		ZnO	0,06						
		PbO	0,36						
		Na ₂ O	0,26						
		K ₂ O	0,04						
	IMM/9	MgO	0,02	Al ₂ O ₃	0,35	SiO ₂	1,97	alkáli máz	
		CaO	0,26	Fe ₂ O ₃	0,02	TiO ₂			
		ZnO	0,06						
		PbO	0,37						
		Na ₂ O	0,25						
		K ₂ O	0,04						
"fiatal" kerámiák	IMM/7	MgO	0,04	Al ₂ O ₃	0,53	SiO ₂	3,21	alkáli máz	
		CaO	0,31	Fe ₂ O ₃	0,02	TiO ₂			
		ZnO	0,09						
		PbO	0,1						
		Na ₂ O	0,36						
		K ₂ O	0,1						
	IMM/8	MgO	0,05	Al ₂ O ₃	0,17	SiO ₂	3,36	alkáli máz	
		CaO	0,33	Fe ₂ O ₃	0,01	TiO ₂	0,06		
		ZnO	0,09						
		PbO	0,14						
		Na ₂ O	0,26						
		K ₂ O	0,13						
		Magyar Földtani és Geofizikai Intézet							
		Folyósító oxidok		Átmeneti oxidok		Hálózatképző oxidok	Máz-típus		
		RO + R ₂ O		R ₂ O ₃		RO ₂			
"Idős" kerámiák	MÁFI/9	MgO	0,04	Al ₂ O ₃	0,64	SiO ₂	4,7	alkáli máz	
		CaO	0,17	Fe ₂ O ₃	0,03	TiO ₂	0,03		
		ZnO	0,07						
		PbO	0,36						
		Na ₂ O	0,15						
		K ₂ O	0,22						
	MÁFI/10	MgO	0,04	Al ₂ O ₃	0,44	SiO ₂	3,36	ólom-máz	
		CaO	0,1	Fe ₂ O ₃	0,02	TiO ₂	0,01		
		ZnO	0,18						
		PbO	0,58						
		Na ₂ O	0,00						
		K ₂ O	0,11						
"középidős" kerámiák	MÁFI/1	MgO	0,01	Al ₂ O ₃	0,41	SiO ₂	2,81	alkáli máz	
		CaO	0,32	Fe ₂ O ₃	0,01	TiO ₂	0,02		
		ZnO	0,06						
		PbO	0,19						
		Na ₂ O	0,35						
		K ₂ O	0,07						
	MÁFI/2	MgO	0,01	Al ₂ O ₃	0,29	SiO ₂	1,86	alkáli máz	
		CaO	0,31	Fe ₂ O ₃	0,01	TiO ₂			
		ZnO	0,09						
		PbO	0,19						
		Na ₂ O	0,34						
		K ₂ O	0,06						
"fiatal" kerámiák	MÁFI/3	MgO	0,04	Al ₂ O ₃	0,4	SiO ₂	3,65	alkáli máz	
		CaO	0,34	Fe ₂ O ₃	0,01	TiO ₂	0,01		
		ZnO	0,1						
		PbO	0,18						
		Na ₂ O	0,27						
		K ₂ O	0,11						
	MÁFI/15	MgO	0,04	Al ₂ O ₃	0,35	SiO ₂	3,2	alkáli máz	
		CaO	0,39	Fe ₂ O ₃	0,01	TiO ₂			
		ZnO	0,1						
		PbO	0,15						
		Na ₂ O	0,21						
		K ₂ O	0,1						

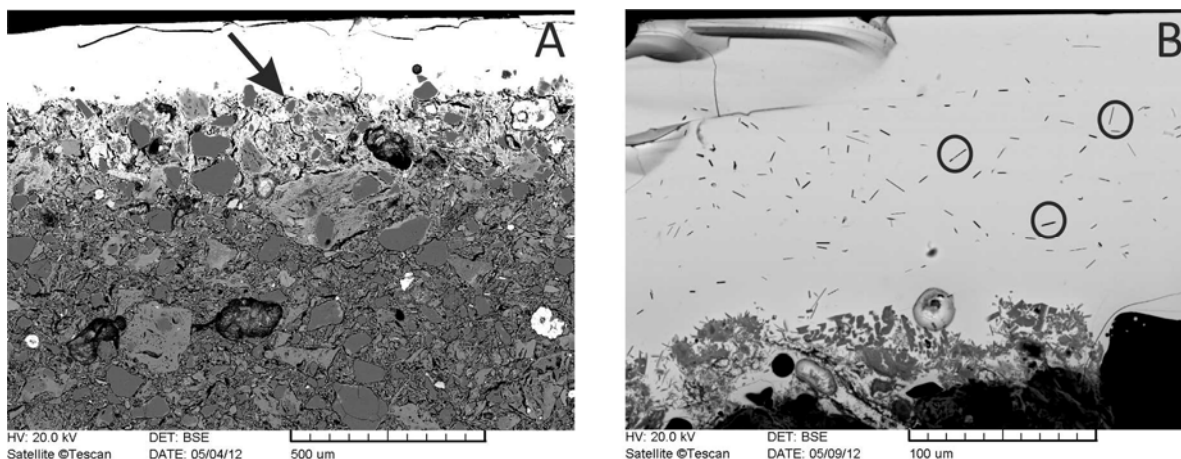
Az Iparművészeti Múzeum kerámiáin alkalmazott mázak összetétele korszakonként eltérő (2. táblázat). Az „idős” kerámiák mázában a PbO tartalom 44-52 tömeg%, amely a „középkorú” elemek mázában 27 tömeg%, végül a „fiatal” kerámiák mázában csupán 6-9 tömeg%. Ezzel ellentétes mértékben változik a mázak Al₂O₃ tartalma, amely az „idős” daraboknál 5-7 tömeg%, a „középkorú” elemeknél 10-11 tömeg%, míg a „fiatal” elemeknél 15 tömeg%. A SiO₂ tekintetében a „fiatal” kerámiák mázában mértük a legnagyobb értékeket (52-54 tömeg% SiO₂), az „idős” és „középkorú” kerámiák mázaiban kisebb az SiO₂ tartalom (37-41 tömeg% SiO₂). Az IMM/7 számú „fiatal” kerámia mázában egyedülként jelenik meg

a cirkónium (3% ZrO₂), amely kb. 5-20 µm nagyságú, szórtan elhelyezkedő kerekded vagy kissé szögletes cirkon (ZrSiO₄) szemcsék formájában van jelen (8. ábra A). A zöld színű „fiatal” kerámiák (pl. IMM/8) mázában 5-10 µm-es, kissé szögletes formájú, króm-gazdag, Fe-Co-Ni-Zn tartalmú szemcsék jelennek meg szórt halmazok formájában (8. ábra B), a máz 1,4 tömeg% Cr₂O₃-t tartalmaz (2. táblázat). Mind a „középkorú” csoport kékes-türkizes tónusú zöld máza, mind az „idős” csoport tagjainak mohazöld-fűzöld máza az üveges mátrixban oldva rezet tartalmaz (~2 tömeg% CuO, 2. táblázat). A sárga (okkersárga) mázak 0,5-0,6 tömeg% Fe₂O₃-t tartalmaznak (2. táblázat).



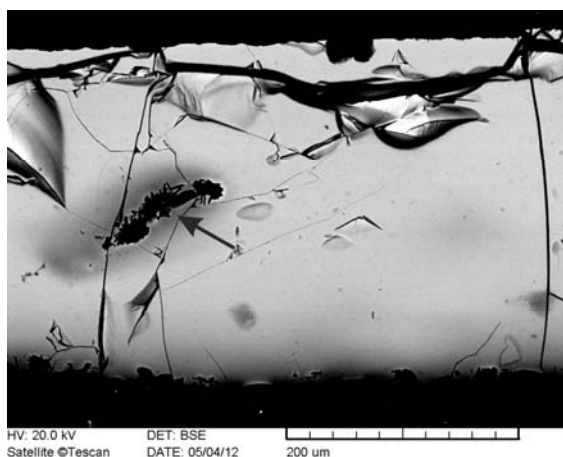
8. ábra: Az Iparművészeti Múzeum „fiatal” fehér kerámiáit (3. csoport) borító mázréteg sajátosságai. A) az IMM/7 minta mázában világos, kissé szögletes, 5-20 μm méretű cirkonzemcsék (visszaszórtelektron-kép), B) az IMM/8 minta mázában számos nagyobb (20-60 μm) földpátzárvány (egyszerű kör), és több, 5-10 μm méretű, kissé szögletes formájú, főként krómot tartalmazó zárvány (pöttyözött körök) (visszaszórtelektron-kép), C) zárványok EDS spektrumai: földpát (fekete vonal), krómtartalmú szemcse (pöttyözött vonal) és cirkon (szaggatott vonal)

Fig. 8.: Characteristics of the glaze layer of the “young” white ceramics (3. group) of the Museum of Applied Arts. A) bright, angular, 5-20 μm -sized zircon particles in the glaze layer of IMM/7 sample (BSE image), B) large (20-60 μm) feldspar inclusions (simple circle) and small, 5-10 μm -sized, slightly angular chromium-bearing inclusions (dotted circles) in the glaze layer of IMM/8 (BSE image), C) EDS spectra of the inclusions: feldspar (black line), chromium-bearing particle (dotted line) and zircon (dashed line)



9. ábra: Az Iparművészeti Múzeum „idős”, vörös kerámiáit (1. csoport) borító mázréteg sajátosságai. A) a máz átitatja a kerámia felső részét (nyíl, IMM/6, visszashórtelektron-kép), B) tűs kálföldpát zárványok a mázban (körök, IMM/12, visszashórtelektron-kép)

Fig. 9.: Characteristics of the glaze layer of the “old” red-body ceramics (1. group) of the Museum of Applied Arts. A) The glaze soaked the upper part of the ceramic body (arrow, IMM/6 sample, BSE image), B) needle-shaped K-feldspar inclusions in the glaze (circles, IMM/12 sample, BSE image)



10. ábra: Az Iparművészeti Múzeum „középkorú”, sárga kerámiáit (2. csoport) borító mázrétegben lévő földpátzárvány (IMM/2, visszashórtelektron-kép)

Fig. 10.: Feldspar inclusion in the glaze layer of the “middle-aged”, yellow-body ceramics (2. group) of the Museum of Applied Arts (IMM/2 sample, BSE image)

A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet épületkerámiáin alkalmazott mázak összetételében területi elemzés alapján az SiO_2 tartalom kiegyenlített, 40-56 tömeg % közötti (**3. táblázat**). Az „idős” kerámiák közül a világoskék árnyalatú mázban (MÁFI/9) 15 tömeg% körüli a PbO tartalom, míg a sötétkék máz (MÁFI/10) ennek kétszeresét tartalmazza (28 tömeg% PbO). A „középkorú” és „fiatal” minták mázában egységesebb a PbO koncentráció, 13-15 tömeg% és

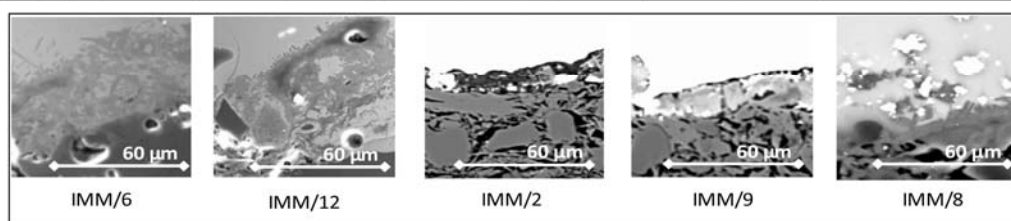
9-10 tömeg% körül ingadozó értékekkel. Az Al_2O_3 tartalom mindhárom kerámiacsoport mázában hasonló, 9 és 14 tömeg% közötti. A világoskék máz (MÁFI/9) területi elemzés alapján átlagban 9 tömeg% SnO_2 -t tartalmaz, azonban a sötétkék mázban (MÁFI/10) kevesebb, 5 tömeg% az SnO_2 tartalom. A „középkorú” és „fiatal” minták mázában egységesebb az SnO_2 tartalom: 4 és 7 tömeg% közötti. A mázak kobaltot tartalmaznak, elsősorban a sötétkék mázakban mutatható ki 0,5-1,0 tömeg%-nyi CoO tartalom (**3. táblázat**).

A múzeumi kerámiák „idős”, 1. csoportjának tagjaiban feltűnő sajátosság, hogy a kerámiát kb. 100-200 μm -es vastagságban „átitítja” a máz (**3. ábra B**, **9. ábra A**), amely számos aprószemcsés (kb. 5-10 μm), tűs kálföldpát zárványt tartalmaz (**9. ábra B**). A „középkorú”, 2. csoport mázában néhány, 50-100 μm méretű, alakatlan földpát (**10. ábra**), míg a ”fiatal”, 3. csoport mázában a Cr-Fe-Co-Ni-Zn tartalmú zárványok mellett néhány, 20-50 μm méretű alakatlan földpát is (**8. ábra B**) előfordul. A zárványtartalom mellett a csoportok közös jellemzője a máz-kerámia határon megjelenő, 5-20 μm nagyságú sáv, amely változó mennyiségű ólmot, alkálifémet és alkáliföldfémet tartalmazó szilikátfázisokból áll. A sáv az 1. csoport mintáiban megközelítőleg hasonló összetételű fázisokat tartalmaz, azonban az 2. és a 3. csoport mintáiban a máz-kerámia határan lévő fázisok eltérő összetételűek (**5. táblázat**).

5. táblázat: A máz-kerámia határon kivált fázisok kémiai összetétele az Iparművészeti Múzeumról származó mintákban (szekunderelektron- és visszaszórtelektron-képek, energiadiszerzív röntgenspektrométerrel felszerelt elektron-mikroszondával végzett pontmérések, tömeg%, átlag \pm szórás, n: mérések száma; n.a.: nem analizált, n.d: nem detektált)

Table 5.: Chemical composition of phases occurring at the ceramic-glaze interface in the samples from the Museum of Applied Arts (secondary and back-scattered electron images, point analysis determined by using electron microprobe equipped with energy dispersive X-ray spectrometer, weight%, average \pm standard deviation, n: number of measurements, n.a: not analysed, n.d: not detected)

Minta	Kerámia csoport	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	MgO	CuO	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	PbO	Össz.	n
IMM/6	1. csoport "idős"	n.d.	17,1 \pm 1,7	n.a.	n.a.	41,4 \pm 0,5	2,98 \pm 0,48	1,76 \pm 0,62	n.d.	0,99 \pm 0,58	34,8 \pm 2,8	99,7 \pm 1,0	5
IMM/12	1. csoport "idős"	n.d.	18,4 \pm 0,6	n.a.	n.a.	38,7 \pm 0,7	3,96 \pm 0,30	1,34 \pm 0,21	n.d.	1,02 \pm 0,21	33,7 \pm 0,9	97,1 \pm 0,3	4
IMM/2	2. csoport "középkorú"	1,26 \pm 1,27	8,66 \pm 2,62	n.a.	n.a.	38,8 \pm 5,7	0,46 \pm 0,39	1,71 \pm 0,70	n.d.	n.d.	5,75 \pm 2,6	57,0 \pm 8,9	4
IMM/9	2. csoport "középkorú"	5,63 \pm 1,85	28,7 \pm 4,9	n.a.	n.a.	50,9 \pm 6,3	3,86 \pm 3,49	2,85 \pm 3,64	0,51 \pm 0,50	n.d.	6,96 \pm 1,3	100,0 \pm 1,6	5
IMM/8	3. csoport, "fiatal"	4,68 \pm 0,41	25,8 \pm 3,3	n.a.	n.d.	58,5 \pm 2,3	2,00 \pm 0,51	5,41 \pm 0,93	0,37 \pm 0,30	0,66 \pm 0,11	2,05 \pm 0,3	100,0 \pm 1,2	6



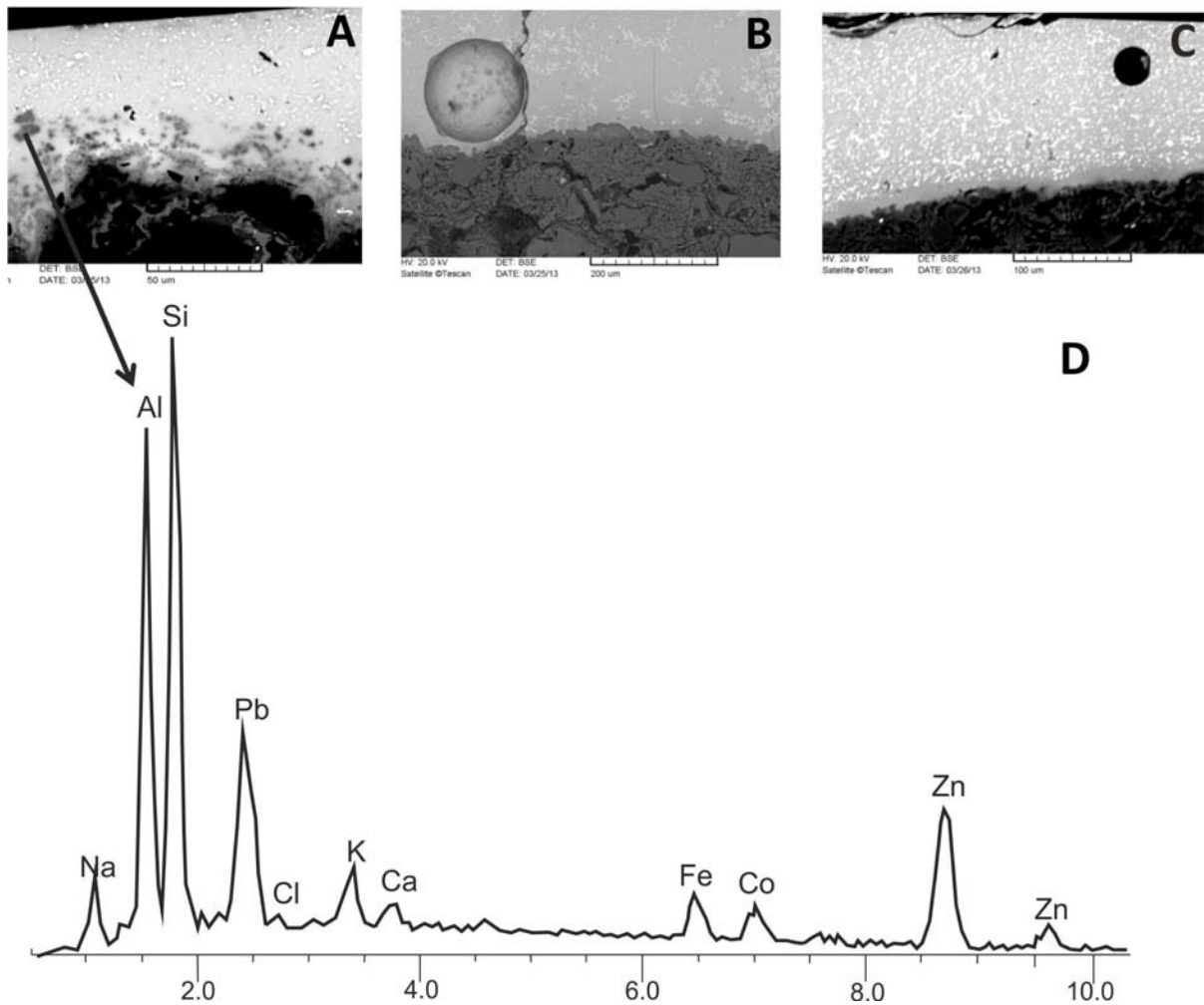
A Magyar Földtani és Geofizikai Intézetről származó kerámia csoportokon a mázrétegben eltérő módon jelennek meg az ón-oxid kristallitok. Az „idős” és „középkorú” kerámiák mázában sok apró (néhány μ m méretű), szögletes ón-oxid zárvány látható kisebb halmazokba tömörülve, ellenben a „fiatal” kerámiák mázában egyenletesen oszlanak el a zárványok (11. ábra). Az utóbbi kerámiákban a máz-kerámia határ máz felé eső oldalán vékony, kb. 50-80 μ m vastag zárványmentes zóna látható (11. ábra, C). Ugyanezen az épületen az „idős”, 1. kerámia csoport elemeiben a máz alsó részén 10-15 μ m méretű, kerekded Zn-Fe-Co-Al-Na tartalmú szemcsék láthatók (11. ábra, A, D). Az „idős” és a „középkorú” (1. és 2.) csoportokban a máz-kerámia határon és a máz alsó részén halmazokba tömörülve 3-5 μ m méretű, táblás, feltehetően földpátzárványok jelennek meg (11. ábra, A, B).

Értelmezés

Az Iparművészeti Múzeum és a Földtani Intézet vizsgált épületkerámiáinak (döntően mázas tetőcserepek) fázisösszetétele (kvarc, cristobalit, mullit, káliföldpát, plagioklász, hematit) arra utal, hogy a nyersanyaguk kaolinites agyagot (kaolint) tartalmazott. A megállapítás egybevág az irodalmi adatokkal is, amely szerint a Zsolnay gyár által készített mázas külső falburkoló elemek és tetőcserepek anyaga pirogránit, aminek nyersanyaga finom kvarcot tartalmazó tűzálló agyag, azaz kaolinit, illit és kvarc (Mattyasovszky-Zsolnay, 1954, Somodi et al., 1984).

A kerámiák kiégetése során a mullit és cristobalit fázisok kb. 1000 °C-os hőmérsékleten jelennek meg a kaolinit lebomlása és átalakulása révén (Heimann, 2010). A kerámiák egyes csoportjaiban jelentős mennyiségben meglévő plagioklász és káliföldpát alkotók kb. 1200 °C-ig lehetnek jelen a nyersanyagban (Heimann, 2010). Mivel a mintákban mind a mullit/cristobalit, mind a plagioklász/káliföldpát fázisok változó mennyiségben egyaránt megtalálhatók, így a kerámiák mindhárom csoportjának a fázisösszetétel alapján becsült égetési hőmérséklete kb. 950-1200 °C közé tehető (Heimann, 2010). Mattyasovszky-Zsolnay (1954) szerint az 1950-es években 1300 °C körül égették a mázas pirogránitot.

Az egyes kerámia csoportok fázisainak eltérő mennyiségét kevésbé az égetési hőmérséklet változása, sokkal inkább az eltérő összetételű nyersanyag alkalmazása okozhatja, hiszen az 1890 és 1990-es évek közti időszakban számos ok (pl. országhatár változás, világháborúk) miatt a gyár időről időre máshonnan kényszerült termékeinek nyersanyagát beszerezni. Az 1800-as évek végén még számos bányát állt rendelkezésre, addig a I. világháború alatt és után a gyár elvesztette addigi bányáinak nagy részét (Zsolnay et al., 1975). Mattyasovszky-Zsolnay (1954) szerint a „rég” pirogránitot horvátországi (zágori) és csehországi (wildsteini) agyagot használt a gyár.



11. ábra: A Földtani Intézetről származó kerámiák mázrétegének zárványai. A nagy mennyiségben, elszórtan vagy rendezetlen csomókban megjelenő világos szemcsék ón-oxid zárványok. A) „idős” kerámia (1. csoport, MÁFI/10, visszaszórtelektron-kép), B) „középkorú” kerámia (2. csoport, MÁFI/2, visszaszórtelektron-kép), C) „fiatal” kerámia (3. csoport, MÁFI/15, visszaszórtelektron-kép). D) az „idős” kerámiát borító mázban az ón-oxid szemcsék mellett megjelenő cink-, vas- és kobalttartalmú szemcsék EDS spektruma

Fig. 11.: Inclusions in the glaze layer of the ceramics of the Geological and Geophysical Institute of Hungary. Bright, scattered or aggregated tin-oxide inclusions appear in large quantities. A) “old” ceramics (1. group, MÁFI/10 sample, BSE image), B) “middle-aged” ceramics (2. group, MÁFI/2 sample, BSE image), C) “young” ceramics (3. group, MÁFI/15 sample, BSE image), D) EDS spectrum of the zinc-iron-cobalt-bearing inclusion occurring near to the tin-oxide particles in the glaze layer of “the old” ceramic

Az 1950-es évek végétől a nyersanyag elsődleges forrása a Vác mellett található agyagbánya volt (Zsolnay et al., 1975), azonban napjainkban a legtöbb magyar finomkerámia-ipari vállalat külföldről, elsősorban Németországból szerzi be a gyártáshoz szükséges kaolin nyersanyagot (Gömze et al., 2001). A nyersanyag változását a röntgen-pordiffrakciós eredmények is jól alátámasztják, amely szerint az „idős” csoportba sorolt kerámiák készítése során több földpátot használtak fel, mint a „középkorú” és „fiatal” kerámiáknál (**2. ábra**).

Az „idős” és „középkorú” kerámiacsoportok hiátuszos-gyengén hiátuszos szövete szándékos adagolásra, soványításra utal³, ugyanakkora

megfigyelt granitoid szemcsék az agyagos massa előállításánál felhasznált nyersanyag járulékaik, nem szándékos adagolás eredményei is lehetnek (Grofcsik, 1956). Halmos Ferenc keramikus-vegyészmérnök Zsolnay Vilmos által hátrahagyott feljegyzéseiből számos összesítőt írt. Írásaiban említést tesz róla, hogy a Zsolnay-gyárban felhasznált agyag olykor riolitos málladékból származott, azaz tartalmazhatott még egyben, mállatlan formában meglévő közettörmeléseket, amelyeket petrográfiai elemzések során is megfigyeltünk. Ilyen összetételű nyersanyagforrása volt az üzemnek többek közt a nagymihályi (ma Mihalovce, Szlovákia) agyagbánya is (Fekete,

2004), amelynek az agyagát a régebbi források elsősorban hidrotermális hatások miatt kialakult „riolitkaolin”-ként említik (Pálffy, 1916).

Az épületek „fiatal” kerámiacsoportjának jellegzetessége, hogy az alaptest szemcséinek mérete egységesebb, alakjuk lekerekített és a kerámia szövete gyengén irányított. Előbbi megállapítás utalhat a gondosabb nyersanyag előkészítésre, utóbbi pedig gépesített eljárást feltételez a kerámiák készítésekor (Kreiter, 2010). A kerámia szövetében megfigyelt több-kevesebb agyagos inhomogenitás a massa készítése során utólagos hozzáadagolást feltételez, amellyel a készülő anyag nagyobb ellenálló képességét, kedvezőbb formálási-égetési tulajdonságait akarták kialakítani.

Mindkét épület „középkorú” és „fiatal” kerámiacsoportjaiban a kerámiatest és mázréteg határa éles, amely arra utal, hogy az egyes darabokat kétszer égették ki, először a kerámiát nagyobb (esetünkben kb. 950-1200 °C között), majd a máz felvitele után annak összetételétől függően, kb. 100-150 °C-kal kisebb hőfokon. Ugyanakkor az „idős” kerámiák egyik jellegzetessége, hogy a máz kb. 100-200 µm-es vastagságban átitatja a kerámiát (9. ábra). Ez a megjelenési forma arra utal, hogy a kerámiát a máz felvitele előtt nem, vagy csak igen kis hőmérsékleten égették ki. Wartha Vincze kémikus Zsolnay Vilmosmal együttműködésben hosszú éveken át tartó, mázkészítéssel kapcsolatos kísérletezéseket folytatott. Az általa dokumentált írásokban is megtalálható, hogy az 1800-as évek végén készített agyagárukat nem égették ki „nagy” hőmérsékleten, annak érdekében, hogy a termék megtartsa lyukacsos felszínét és átteresztőképességét. Így a kerámia-alaptest felülete többé-kevésbé érdes és porózus maradt, amelyet a mázréteg zárt le annak felvitele után (Wartha, 1892). Az „idős” kerámiák másik jellemzője a kerámia mázmentes részén végighúzódnó vékony „ólomdús” sáv (5. ábra). Ez a jelenség az égetési eljárással hozható összefüggésbe, amelynek során a kemencébe behelyezett termékek ólmos mázrétegeből felszabaduló ólomgőz kiüledik a termékek alsó, mázmentes oldalán (Grofcsik, 1956). A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kerámiának mázmentes oldalán megfigyelt óntartalmú szemcsék szintén a kerámiák együttes égetésének eredményeként keletkeztek.

Mindhárom kerámiacsoportnál a máz és a kerámia határfelületén vékony, kb. 20-40 µm vastag sávban új fázisok jelennek meg (5. táblázat, 11. ábra). Ennek magyarázata, hogy a máz égetése során kölcsönös elemkicserélődés (diffúzió) történik a máz és a kerámiatest között, pl. ólom diffúziója a mázból az alaptestbe, míg alkáli- és alkáliföldfémek diffúziója az alaptestből a mázba (Molera et al., 2001, Tite et al., 1998). Az egyes elemek

koncentrációjának megnövekedése miatt a két anyag határán ólom-, alkálifém- és alkáliföldfém-tartalmú szilikátfázisok váltak ki.

A kerámiákon alkalmazott mázak típusát a kémiai összetételből számolt Seger-képlet segítségével határoztuk meg, a Rhodes (1957) által közölt Seger-formula határértékek alapján (4. táblázat). Az Iparművészeti Múzeum „idős” kerámiái ólom mázzal, míg a „középkorú” és „fiatal” kerámiák ólomtartalmú alkáli mázakkal borítottak (4. táblázat). A kerámiák mázának előállításánál az első két kerámiacsoport készítésekor nem, a „fiatal” elemek esetében azonban bizonyíthatóan alkalmaztak homályosító⁴ adalékot. Az IMM/7 „fiatal” kerámia mázában kimutatott cirkon (2. táblázat, 8. ábra) modern mázakban alkalmazott homályosító elegyrész (Britt, 2004). A kerámiák mázrétegében megfigyelt zárványok eredete csoportonként eltérő. Az „idős” kerámiák mázrétegében azonosított vékony, tús földpátzárványok (9. ábra) méretük és alakjuk alapján helyben, az égetés (és az azt követő lehűlés) során kivált fázisok. A „középkorú” és „fiatal” kerámiák mázában megjelenő nagyobb, alakatlan földpátok (8. és 10. ábrák) feltehetően a máz nyersanyagának reliktumai. A „fiatal” kerámiacsoport mázában a krómtartalmú zárványok (8. ábra) a máz zöld színét adó pigmentszemcsék. Ezzel szemben az „idős” és a „középkorú” kerámiák mázában zöld színéhez rezet alkalmaztak, ami „ionos” karakterű színezőanyag (Kozma, 1998).

A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kerámiáit az ólom máz MAFI/10 („idős” kerámia) kivételével ólomtartalmú alkáli mázzal borították (4. táblázat). A mindhárom kerámiacsoport mázában megfigyelt ön-oxid zárványok a mázhoz adagolt homályosító elegyrészek, vagyis a kerámiákat borító máz ónos fedőmáz, az ún. majolikamáz (Mattyasovszky-Zsolnay, 1954). A mázban megjelenő földpátzárványok alakjuk, méretük és elhelyezkedésük alapján helyben kristályosodott fázisok (11. ábra). A Földtani Intézet kerámiáin különböző árnyalatú kék mázakat használtak, amelyhez a kobalttartalmú színező különböző mennyiségű alkalmazása szükséges, kevesebb mint 0,25 tömeg% CoO is elegendő a kívánt kék szín eléréséhez (Britt, 2004). Az „idős” kerámiákban (MAFI/10 minta) kimutatott cink-, vas-, kobalt-, alumínium- és nátriumtartalmú szemcsék (11. ábra) a kék szín előállításához alkalmazott színező fel nem oldódott maradványai. A kobaltoxid, cinkoxid, alumíniumoxid és feltehetően földpát összetevőkből álló színezéket ez esetben óntartalmú máz alatti színezésként alkalmazták (Kozma, 1998).

Ha a két épület kerámiáit borító mázak jellemzőit tekintjük, észrevehető, hogy az Iparművészeti Múzeum kerámiamázaiban az egyes időszakokban

alkalmazott összetevők között nagyobb különbségek vannak, mint a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kerámiamázaiban. Ennek oka feltehetően az lehet – ahogy az a kerámiák megfigyelése során is szembetűnik –, hogy a Múzeumon kétféle, sárga és zöld mázat is felhasználtak az épület díszítéséhez, továbbá az utóbbi színnek több árnyalata is megtalálható az épületen (mohazöldtől egészen a türkizes árnyalatig). A zöld szín eléréséhez használt eltérő színező („idős” és „középkorú” kerámiákban réz, „fiatal” daraboknál króm) alkalmazására kézenfekvő magyarázat a színezőanyagok eltérő gyakorisága, beszerezhetősége és piaci ára az egyes korszakokban. Nem meglepő, hogy a króm mint zöld színező használata csupán a legújabb kerámiák mázában van jelen, hiszen viszonylag új anyagnak számít a színezők területén, iparilag az 1930-as évektől alkalmazták a mázak színezésére (Kurucz, 2008). Ezzel szemben a kerámiamázak zöld színének eléréséhez a réz az egyik legkorábban alkalmazott színezőanyag (Henderson, 2000).

Következtetések

Eredményeink alátámasztják, hogy a Zsolnay gyár három korszakából származó (1890-es évek vége, II. világháború és 1956-os forradalom után, 1990-es évek) tetőcserepek készítéséhez eltérő nyersanyagot használtak fel (pl. a kerámia textúrája, az alkotók alakja, mérete, irányítottasága alapján), amelyeket hasonló körülmények közt (kb. 950-1200°C-on) égettek ki. Megállapítást tettünk a cserepeken alkalmazott mázak összetételére, kiemelve a jellegzetességeket (zárványok, máz-kerámia határ), amelyek a technológiai eljárásról szolgáltatott információval (pl. többféle homályosító adalék és színező alkalmazása, máz összetételbeli különbségek az egyes korszakokban). A Zsolnay gyár eddigi munkásságáról igen kevés tudományos igényeket kielégítő tanulmány született. A jelen munkában tett megállapítások hozzájárulnak a Zsolnay gyár termékeinek jobb megismeréséhez, kiegészítve az eddigi ismereteket. Vizsgálataink alapot biztosítanak további épületkerámiák összehasonlító anyagtani feldolgozásához.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki a munka létrejöttében nyújtott segítségért Dr. Takács Imrének, az Iparművészeti Múzeum korábbi főigazgatójának és Dr. Fancsik Tamásnak, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet igazgatójának. Köszönettel tartozunk segítségükért és szíves közreműködésükért a munka létrejöttében az Iparművészeti Múzeum munkatársainak, Balla Gabriella művészettörténésznek, Hajtó Kornélia és Csontos Katalin restaurátoroknak, illetve a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet geológusainak, Maros Gyulának és Hála Józsefnek. Köszönet illeti az ELTE TTK Közéleti és Geokémiai Tanszék

munkatársait, Szakmány Györgyöt és Bendő Zsoltot, illetve az MTA CSFK FGI dolgozóit, Müller Alexandrát, Komoróczy Olgát és Sándor Miklós Csabánét, továbbá Leányfalvi Dánielt a mintavétel és a minta-előkészítés, valamint a vizsgálatok során nyújtott segítségükért.

Irodalomjegyzék

BRITT, J. (2004): *The complete guide of high-fire glazes: glazing and firing at cone 10*. Lark Books, A Division of Sterling Publishing Co., Inc, New York, 1–185.

BRESTYÁNSZKY, I. (1971): A flambémáz és az eozin nemzetközi összefüggései. in: HÁRS, É. & MÁNDOKI, L. (szerk.): *100 éves a Pécsi Porcelángyár*. Tanulmánykötet a Gyár százéves fennállásának tiszteletére 1968. október 14-16-án, Pécsen rendezett tudományos ülésszak anyagából. FIM Pécsi Porcelángyár és Janus Pannonius Múzeum kiadása, Pécs, 63–76.

CZIFRÁK, L. (2008): A Zsolnay kacsás díszszökökút restaurálása. *Műtárgyvédelem* **33** 183–203.

GERELYES, I. & KOVÁCS, O. (1999): *Egy ismeretlen orientalista. Zsolnay Miklós keleti kerámiagyűjteménye*. Janus Pannonius Múzeum (Pécs) és Magyar Nemzeti Múzeum (Budapest) közös kiadása, 1–85.

GÖMZE, A. L., LISZÁTNÉ HELVEI Á., SIMONNÉ ODLER A. & SZABÓ, M. (2001): 3.1. Az építészeti kerámiatermékek alapanyagai és előállításuk technológiai műveletei. *Kerámiaipari évkönyv I* Építésügyi Tájékoztatói Központ Kft., MÉASz, Budapest, 30–51.

GROFCSIK, J. (1956): *A kerámia elméleti alapjai*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1–735.

FEKETE, Gy. (2004): Mostan színes mázakkal álmodom... Halmos Ferenc kerámiabemutatója, Zsolnay Vilmos tiszteletére. *Magyar Iparművészet* **3** 6–7.

HEIMANN, R. B. (2010): *Classical and Advanced Ceramics, From fundamentals to application*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 1–553.

HENDERSON, J. (2000): *The science and archaeology of materials, An investigation of inorganic materials*. Routledge, London, 1–352.

KOZMA, B. (1998): *Kerámiamázak*. Valency Kft, Szeged, 1–150.

KREITER, A. (2010): II.3.b. Kerámiavizsgálat. in: PETŐ, A. & KREITER, A. (szerk.): *Mikroszkóppal a régészet szolgálatában. A Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat Alkalmazott Természettudományi Laboratóriumában végzett*

természet- és környezettudományos vizsgálatok bemutatása. *A K. Ö. SZ. Tudományos-népszerűsítő füzetek* 2 Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat, Budapest, 66–77.

KURUCZ, Á. (2008): *Fazekaskémia*. <http://www.fazekaskemia.hu/> utolsó hozzáférés 2015. május

MATTYASOVSZKY-ZSOLNAY, L. (1954): *Finomkerámiai kézikönyv*. II. (Elektrokerámia, Vegyipari kerámia, Háztartási edény- és díszkerámia, Építészeti finomkerámia) Építésügyi Kiadó, Budapest, 1–252.

MOLERA, J., PRADELL, T., SALVADÓ, N. & VENDRELL-SAZ, M. (2001): Interactions between clay bodies and lead glazes. *Journal of the American Ceramic Society* 84/5 1120–1128.

NAGY, N. (2008): Neogótikus Zsolnay kerámiaoltár restaurálása. *Hombár Múzeumi Műhely* 5 Múzeumi Tanulmányok, Tornyai János Múzeum és Közművelődési Központ, Hódmezővásárhely, 141–164.

NORSKER, H. & DANISCH J. (1993): *Glazes – for the self-reliant potter*. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH*, Braunschweig, 1–179.

Jegyzetek

¹ Lüsster: mázfeletti, általában gyöngyházfényű festék. Fém sók (bizmut, cink, ezüst, mangán, nikkel, vas, kobalt, platina, arany fémek sói) és organikus vegyületek (ún. gyanta vegyületek) keveréke, amelyet vékonyan visznek fel és alacsony hőfokon égetnek rá a mázra (Kozma, 1998).

² A Seger-formula alkalmazható a legkorábbi, „idős” kerámiák mázára is, függetlenül attól, hogy készítésükkor, az 1800-as évek végén a Zsolnay gyárban nem dolgoztak Seger-képlettel.

³ Az 1950-es években a pirogránit gyártása során a tűzálló agyag soványítására 20-40%, 1-2 mm-re őrlött, zsugorodásig égetett samottot használtak (Mattyasovszky-Zsolnay, 1954).

⁴ Homályosító: átlátszatlan, fedőhatású mázak készítésekor alkalmazott adalék, amely a mázolvadék lehülésekor kristályok formájában kiválik, átlátszatlanná téve a mázat (pl. ón-oxid, cirkónium-oxid/cirkon) (Kozma, 1998).

PÁLFY, M. (1916): Az erupciós kőzetek zöldkővesedése. *Földtani Közöny* XLVI/4-6 73–85.

RHODES, D. (1957): *Clay and glazes for the potter*. Greenberg Publisher, New York, 1–219.

RÚZSÁS, L. (1954): *A pécsi Zsolnay-gyár története*. Művelt Nép Könyvkiadó, Magyar Történelmi Társulat, Budapest, 1–285.

SOMODI, Zs., PÁLFFY, A. & KÁMORY, L. (1984): *Finomkerámiaipari technológiák*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1–375.

TITE, M., FREESTONE, I., MASON, R., MOLERA, J., VENDRELL-SAZ, M. & WOOD, N. (1998): Lead glazes in antiquity – methods of production and reasons for use. *Archaeometry* 40 241–260.

WARTHA, V. (1892): *Az agyagipar technológiája*. Természettudományi Könyvkiadó Vállalat, Budapest, XLIX 1–240.

ZSOLNAY, T., M. ZSOLNAY, M. & SIKOTA, Gy. (1975): *Zsolnay: A gyár és a család története 1863-1948, A gyár története 1948-1973*. Corvina kiadó, Budapest, 1–236.

