

ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATOK
BÉKÉS MEGYEI KÖZÉPKORI TEMPLOMOK ÉPÍTŐANYAGAIN

– Kelemen Éva – Kristály Ferenc – Tóth Mária – Rózsa Péter –
Bajnóczi Bernadett – Nyilas István – Papp István –

Tanulmányunk Békés megyei régészeti ásatások során előkerült Árpád- és késő középkori építőanyagok archeometriai vizsgálatait mutatja be. Az egyes lelőhelyeket reprezentáló kő-, téglá- és habarcsminták ásványtani, kőzettani és geokémiai feldolgozását, azok összehasonlítását végeztük el. Az eredmények a hagyományos régészeti feldolgozás kiegészítésére és olyan speciális kérdések megválaszolására adott lehetőséget, mint a felhasznált kőzetek elterjedése és származása, a téglák összetétele, égetési hőmérséklete, valamint a nyersanyag potenciális lelőhelye és a habarcsok összetétele.

A Dél-Alföld régészeti jól feldolgozott területén építőanyag-vizsgálattal eddig csak kis számú (és kevés mintát feldolgozó) jelentés, illetve tudományos publikáció foglalkozott.¹ Az utóbbi években a történeti építőanyagok archeometriai vizsgálata azonban egyre fontosabb szerepet tölt be – az ásatásokon előkerült tárgyi leletek mellett – a régészeti lelőhelyek teljes körű tudományos feldolgozásában. Az archeometria a régészet és a különféle természettudományok határterületének interdiszciplináris tudományága, amely egzakt, természettudományos (fizikai, kémiai, biológiai, geológiai és statisztikai) módszerekkel és anyagvizsgálatokkal járul hozzá történeti problémák megoldásához, mint például a régészeti objektumok és leletek keltezése, a nyersanyag származási helyének, szállításának, felhasználásának kérdése, technológiai folyamatok rekonstrukciója, műhelyek meghatározása.

Jelen tanulmányunkban elsőként közlünk adatokat Békés megyei Árpád- és késő középkori templomok építőanyag-mintáinak összehasonlító és részletes archeometriai vizsgálatairól.² A minták – összesen 53 db kőzet, 31 db téglá, 44 tétel habarcs (1. táblázat) – 18 régészeti ásatásról³ származnak, és a békéscsabai Munkácsy Mihály Múzeum, a gyulai Erkel Ferenc Múzeum, valamint az orosházi Szántó Kovács János Múzeum leltárába tartoznak (1. kép).

¹ KLEB et al. 1982. 1–46; IVÁNYOSI-SZABÓ 1998. 53–62; SZÓNOKY 1996. 1–3; SZÓNOKY 2001. 18–20; SZÓNOKY 2002. 1–4; SZÓNOKY 2004. 1–20; SZÓNOKY 2005. 1–90; KELEMEN 1999. 1–36; KELEMEN 2008. 85–93; SIMULÁK–JENEI 2001. 263–274.

² A teljes anyagvizsgálati dokumentációt Kelemen Éva PhD disszertációja tartalmazza. KELEMEN 2010. 1–97.

³ Szatmári Imre és Jankovich B. Dénes ásatásai.

1. táblázat.

Békés megyei Árpád- és késő középkori építőanyag-mintákon
elvégzett vizsgálatok összesítő táblázata

Minta és vizsgálat	Darab
Kő	52
Kő (petrográfiai vizsgálat)	38
Tégla	31
Tégla (petrográfiai vizsgálat)	26
Habarc	44
Habarc (petrográfiai vizsgálat)	9
Tégla röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD)	33
Habarc röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD)	11
Stabil izotóp vizsgálat (kő)	1
Pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálat (tégla)	10
Modális elemzés (tégla)	10
TG/DTA-QMS elemzés (tégla)	2
Archeobotanikai vizsgálat (tégla)	27
Hidraulikus tényező meghatározása (habarc)	33

Építő- és díszítőkövek

Az általunk vizsgált Békés megyei Árpád- és késő középkori templomokat (bár felmenő falakkal nem rendelkeznek) az előkerült építőanyag tanúsága szerint elsősorban téglából építették. A téglát alapozásnál szilárdítóként, falazásnál építőanyagként, díszítésnél faragott idomtéglaeként egyaránt szívesen használták. A téglá mellett jelentős mennyiségben különböző köveket is alkalmaztak építési és díszítési célokra.

A dél-alföldi régióba – a kövek geológiai elemzése alapján – főleg Erdélyből (pl. Arad, Fehér, Hunyad megyék) a Maros folyón és a mellette húzódó szárazföldi utakon, ritkábban a Tiszán Észak-Magyarországról (Tokaj-hegység) szállítottak építő- és díszítőköveket. Néhány értékes kő (vörös „márvány”) származhat a Dunántúlról (Gerecse-hegység) is, olykor előre megmunkált faragványok formájában. A kitermelt köveket egyéb árucikkkel együtt (só, fa, bor) nagy tömegben úsztatták le, csökkentve az építő- és díszítőanyag szállítási költségeit. A köveket elsősorban alapozásra, a falazás megerősítéséhez, külső vagy belső faragványokhoz használták fel. Az ásatásokból előkerült kőanyag nagy része faragott kváderkő vagy egy-két oldalon megmunkált töredék. Sajnos többszöri felhasználásuk miatt alig akad ép darab, ezért nehezen lehet meghatározni egykori pontos beépítési helyüket. Kőfaragó jel nem látható rajtuk. A dél-alföldi templomok közül sok már a tatárjárás során elpusztult, de az újjáépített és kibővített templomok egyes periódusaiban felhasznált kőzetek kevésbé térnek el a korábbiaktól, inkább azokat többször, újra beépítve

használták fel. A „jól bevált” kőzeteket (pl. andezit, durva homokkő) több évszázadon keresztül a szállítási nehézségek ellenére széles körben alkalmazták. Az adott település „megrendelési irányát” természetesen meghatározta fekvése, olykor a birtokos kapcsolatrendszere, pl. a Körösöktől keletre eső települések inkább a Bihar-hegységből,⁴ a Körös és Maros közti területeken élők pedig Dél-Erdélyből hozattak kőzeteket.⁵

A 18 vizsgált lelőhelyből 14 helyen került elő kőanyag (2. táblázat). A reprezentatív minták elsősorban az ásatási szelvények törmelékéből, ritkábban eredeti helyükről (in situ, Bánkút, MMM ltsz.: 95.3.17.) származnak.

2. táblázat.

A Békés megyei lelőhelyeken előfordult építő- és díszítőközetek, ill. vizsgálataik

<i>Leltári szám</i>	<i>Minta-szám</i>	<i>Vizsgálatok</i>	<i>A kőzet neve</i>	<i>Lelőhely</i>
MMM 95.3.17.	BK1.	cs	andezit (in situ)	Bánkút, Rózsa-major
MMM 97.3.48.	BK2.	cs	szericites pala	Csorvás
MMM 97.3.49.	BK3.	cs	szeicites pala	Csorvás
MMM 97.3.56.	BK4.		szericites pala	Csorvás
MMM 97.3.57.	BK5.	cs	durva homokkő	Csorvás
MMM 97.3.58.	BK6.	cs	gneisz	Csorvás
MMM 95.23.1.	BK7.	cs	dácit breccsa	Décse
MMM 95.23.7.	BK8.		homokkő	Décse
MMM 95.23.12.	BK9a–b	cs	andezit	Décse
MMM 95.23.15.	BK10.	cs	andezit	Décse
MMM 95.23.67.	BK11a–b	cs, izotóp	vörös mészkő („vörös márvány”)	Décse
EFM 86.8.132.	BK12.	cs	andezit	Fövényes
EFM 86.8.133.	BK13.	cs	durva homokkő	Fövényes
EFM 86.8.136.	BK14.		andezit	Fövényes
MMM 86.1.144.	BK15.	cs	andezit	Gerlamonostor
MMM 86.1.147.	BK16.	cs	andezit	Gerlamonostor
MMM 86.1.149.	BK17.	cs	durva homokkő	Gerlamonostor
MMM 86.1.151.	BK18.	cs	durva homokkő	Gerlamonostor
MMM 86.1.157.	BK19.	cs	biogén homokkő	Gerlamonostor
EFM 93.1.11.	BK20.	cs	andezit	Gyula 144. lelőhely
EFM 93.1.14.	BK21.	cs	andezit	Gyula 144. lelőhely

⁴ T. JUHÁSZ 1992. 105.

⁵ SZÓNOKY 2001. 19; KELEMEN 2008. 87–89.

<i>Leltári szám</i>	<i>Minta- szám</i>	<i>Vizsgál- atok</i>	<i>A kőzet neve</i>	<i>Lelőhely</i>
EFM 86.32.110.	BK22a–b		kvarcit kavics	Gyula, Szeregyháza
EFM 86.32.121.	BK23.	cs	dácittufa	Gyula, Szeregyháza
MMM 92.1.32.	BK24a–b	cs	andezit	Kamut 27. lelőhely
MMM 86.3.29.	BK25.	cs	biogén, ooidos mész kő	Megyer
MMM 86.3.32.	BK26.	cs	andezit	Megyer
MMM 95.15.103.	BK27.	cs	durva homokkő	Szénásegyháza
MMM 95.22.2.	BK28.	cs	biogén mész kő	Sarkadkeresztúr 5. lelőhely
MMM 95.22.3.	BK29.	cs	biogén homokkő	Sarkadkeresztúr 5. lelőhely
MMM 95.22.13.	BK30a–e	cs	triász mész kő	Sarkadkeresztúr 5. lelőhely
MMM 95.22.22.	BK31.	cs	biogén mész kő	Sarkadkeresztúr 5. lelőhely
EFM 89.2.193.	BK32a–d	cs (a, c, b)	andezit	Gyula, Szabadka
EFM 89.2.194.	BK33.	cs	homokkő	Gyula, Szabadka
EFM 86.7.36.	BK34.	cs	biogén mész kő	Szentbenedek
EFM 86.7.37.	BK35.	cs	metahomokkő	Szentbenedek
EFM 86.8.135.	BK36.	cs	andezit	Fővenyes
MMM 95.15.123.	BK37.	cs	andezit	Szénásegyháza
MMM 95.22.15.	BK38.	cs	karbonát breccsa	Sarkadkeresztúr 5. lelőhely
SZKJM 99.1.18.	BK39.	cs	andezit	Nagyszénás 2. lelőhely
SZKJM 99.1.20.	BK40.		andezit	Nagyszénás 2. lelőhely
SZKJM 99.1.19.	BK41.	cs	andezit	Nagyszénás 2. lelőhely

(BK = Békés megye, kő; cs = vékonycsiszolat; izotóp = stabil izotópvizsgálat)

Munkánk során összesen 52 db kőzetmintát határoztunk meg, és 38 mintából készült vékonycsiszolat. A korábban kibányászott és más területekre, épületekbe került kőanyaggal sajnos pontos építészeti leírások híján nem számolhattunk, így egy-egy templomhoz csak az általunk meghatározott kőanyagot köthetjük. Az egyes esetekben előkerült kis mennyiségű, de értékes kőanyag viszont arra utal, hogy az

építéskor az nagyobb mennyiségben is előfordulhatott (pl. vörös „márvány” Décse, MMM ltsz.: 95.23.67.).

A kőzetek vizsgálatokor hasonló típusokat tudtunk elkülöníteni, mint a korábban más templomokon elvégzett kutatások, így az általunk meghatározott kőanyaggal együtt átfogó képet kaphatunk az időszak főbb építőköveiről. Analóg példaként lehet megemlíteni a szegedi kőtár,⁶ a szegedi Alsóvárosi templom,⁷ a Szermonostor,⁸ a csomorkányi templom,⁹ az Ellésmonostor¹⁰ és a székkutasi templom korábban elvégzett kőanyagvizsgálatait és kőzetminta-leírásait.¹¹

Petrográfiai vizsgálatok

A teljes kőanyagot a három fő petrográfiai csoportba (magma, üledékes, metamorf) sorolása után polarizációs mikroszkóppal vizsgáltuk (Debreceni Egyetem, Ásvány- és Kőzettani Tanszék: NIKON Microphot-SA, valamint MTA Geokémiai Kutatóintézet: Nikon Eclipse E600 POL). Egy mintán stabilizotóp-vizsgálat is történt (Décse, MMM ltsz.: 95.23.67. minta, MTA, Geokémiai Kutatóintézet, Finnigan delta plus XP vivőgázás tömegspektrométer).

A legnagyobb mennyiségben és számban előkerült kőzetminta a miocén korú *andezit* (amfibol piroxénandezit, piroxénandezit) szinte valamennyi lelőhelyen előfordul. A jól faragható, tetszetős kőzetet sötétszürke és világosszürke változatban is széles körben alkalmazták (2. kép a–b). Egyaránt használták építő-, díszítőköként, és használati tárgyakat is készítettek belőle (pl. Fövényes, EFM ltsz.: 86.8.132.). A kőanyag felhasználásának időszakát a régészeti és építéstörténeti leírások alapján a 11–13. századra tehetjük.

A minták beazonosításán túl nem történt egyéb (pl. mikroszonda) vizsgálat. A hazai előfordulások és kifejlődések irodalmait és eredményeit áttekintve azonban nem kizárt az ország É-i területéről való esetleges származás,¹² de a kor közlekedési viszonyait, útvonalait és a minták felhasználási területének elhelyezkedését figyelembe véve a Maros menti és a Körös vidéki bányákat jelölhetjük meg inkább a minták lelőhelyeként: Brád, Déva, Körösbánya környéke (Hunyad és Dézna, Arad megye).¹³

A kiömlési magma kőzet mikroszkópos szövete porfíros vagy vitroporfíros. Előfordul mikrolitokban szegény mátrix, amely ikres, zónás, de bontott plagioklász kristályokban gazdag. Az alapanyagban további üde augit-hasábok és hipersztén

⁶ KLEB et al. 1982. 1–46.

⁷ VIZI 1990. 1–26; LUKÁCS et al. 1993. 161–164; LUKÁCS–SZÓNOKY 1994. 15–16; SZÓNOKY 2001. 19–20.

⁸ SZÓNOKY 2002. 1–4; SZÓNOKY 2005. 1–90.

⁹ KELEMEN 1999. 1–36; KELEMEN 2008. 86–91.

¹⁰ IVÁNYOSI-SZABÓ 1998. 55–60.

¹¹ RÓZSA 1993. 1–12.

¹² NOSZKY 1940. 167–171; GYARMATI 1975. 126–127.

¹³ SCHAFARZIK 1904. 15–24, 56–61, 139–144; Wanek Ferenc szóbeli közlése, 2010.

szemcsék láthatók. Gyakori az üde, zónás és sajátalakú plagioklász, kevés piroxént és kvarcot tartalmazó minta is. Az alapanyag mennyisége 30–60% között változik, gyakran kőzetüveg és mikrolitok alkotják (2. kép c–d).

A tapasztalatok és az analóg vizsgálatok alapján bebizonyosodott, hogy a felső kréta korú, *durva homokkő* („kárpáti homokkő”) több évszázadon keresztül a Dél-Alföld kedvelt építő- és díszítőközete volt. A jó minőségű köveket elsősorban falmegerősítéshez (kváderkövek) és egyéb belső faragványokhoz (kapu, ablak, oszlop, szobor) hozták, talán már megmunkált állapotban. Az eddigi ismert és elvégzett vizsgálatok alapján legkorábbi felhasználása a 12. századból való.¹⁴

A törmeléken üledékes kőzet színe a sárgától a sötétvörösig, a világosbarnától a sötétbarnáig terjed (3. kép a–b). Tömött szerkezetű, kemény, különböző szemnagyságban előforduló (finomszeműtől a durvaszeműig, átlagos szemnagyság: 0,5–2 mm), néhol rétegzett, kitűnően megmunkálható, nagy teherbírású. Elsősorban kovás kötőanyagú, de előfordul meszes változat is.¹⁵

A vékonycsiszolatok alapján megállapítható, hogy az uralkodó ásvány a kvarc, amely erősen unduláló kioltású (metamorf eredetű), koptatottsága különböző. Az ásványok mérete egyenletes, átlagosan 0,3–1 mm, a kötőanyag kovás, gyakran limonitos (sárga, barna) vagy hematitos (vörös) színezésű, a kitöltése nem folyamatos. Káliföldpát, kevesebb csillám (muszkovit-szericit) és opak ásvány is előfordul. Sok a bontott ásvány (3. kép c–d).

Bányái a Maros mentén, Lippától Gyulafehérvárig, a Zarándi-hegység és az Erdélyi-érchegység déli lábánál levő homokkő előforduláshoz köthetők (Arad megye: Berzova, Máriaradna, Marosszlatina, Monorostia, Milova, Odvas; Alsó-Fehér megye: Felgyógy, Nyírmező, Sárd, Zalatna; Hunyad megye: Puj; Temes megye: Lippa,¹⁶ Bábolna, Bózes¹⁷). A régészeti lelőhelyeken előforduló kőzetek részben vízi, részben szárazföldi úton kerülhettek a felhasználási helyükre.

A *vörös mészkő* (Tardosi márvány, vörös márvány) Magyarország területén a római idők óta bányászott kőzet. Legkorábbi ismert felhasználása a Porta Speciosa 12. századi faragványa a pannonhalmi apátságából. A kiváló minőségű, „vörös márványnak” is nevezett kőzetet a királyi reprezentáció egyik kifejezőeszközének tartották.¹⁸ Vörös mészkövet faragó műhelyt tártak fel Esztergomban, a visegrádi királyi palota, valamint a szeri monostor területén.¹⁹

A kőzet felülete fakó vörös, belül élénk, barnászvörös színű. Tömött, homogén megjelenésű, kevés hajszáltrepedés fordul elő benne, amely kalcittal kitöltött (4. kép a). Mikroszkóposan megfigyelhető szövetét 90–95%-ban a vasoxidtól néhol barnászvörös színre festett karbonátos kötőanyag alkotja, amelyben foraminifera és

¹⁴ KELEMEN 1999. 19; KELEMEN 2008. 87; KELEMEN 2010. 51.

¹⁵ Wanek Ferenc szóbeli közlése, 2010.

¹⁶ SCHAFARZIK 1904. 11–24, 56–61, 139–144, 301–304.

¹⁷ SZÓNOKY 2001. 19; Wanek Ferenc szóbeli közlése, 2010.

¹⁸ LŐVEI 1992. 5.

¹⁹ LŐVEI 1992. 10; IVÁNYOSI-SZABÓ 1998. 58.

molluszka töredékek láthatók. A bioklasztok döntő részét fosszilis héjtöredékek (Bositra kagyló) adják (4. kép b), amelyek a kőzetminta középső-jura (dogger) korát jelzik.²⁰

A vörös mészkőfaragványok elkülönítésére és bányahelyük azonosítására kidolgozott petrográfiai és stabilizotópos vizsgálatok alapján a 12. század végére keltezhető, Szermonostor területén előkerült kapuzat és padló maradványa középső-jura korú, Gerecse-hegységi kőzetből készült.²¹ A décsei templom ásatásából származó kőzetminta (MMM ltsz.: 95.23.67.) mikroszkópos és stabilizotópos vizsgálatának elvégzéséig, a könnyebb megközelíthetőség és szállíthatóság alapján, felmerült egy erdélyi bánya valószínűsége (Menyháza, Hunyad megye), de a vizsgálati eredmények bebizonyították, hogy a kőanyag a Gerecse-hegységből származik. A korábbi összehasonlító minták, valamint a décsei minta stabilizotóp-összetételét a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. Vörös mészkő (vörös „márvány”) stabilizotóp-összetétele (PINTÉR et al. 2004. alapján)*

Lelőhely / Stabilizotóp összetétel	δ_x^{13C} (‰, V-PDB)	δ_x^{18O} (‰, V-PDB)
alsó-jura (liász) mészkő, Gerecse	1,8–2,8	2,6–1,2
középső-jura (dogger) mészkő, Gerecse	2,6–3,1	1,6–0,6
alsó-jura (liász) mészkő, Adnet (Ausztia)	2,2–3,1	0,5–0,3
alsó-jura (liász) mészkő, Menyháza (Románia)	3,0–3,3	1,6–1,4
Ellésmonostor faragvány	2,6	2,2
Szermonostor faragvány	2,5	2,1
Décse / MMM ltsz.: 95.23.67. (új mérési eredmény)	2,5	2,0

* Megjegyzendő, hogy a középső-jura gercsei bányamintákból csak igen kisszámú adat áll rendelkezésre, de feltételezhető, hogy a középső-jura gercsei kőzetek az ismertnél negatívabb δ^{18O} értékekkel is rendelkeznek.

A mintánk töredék, a templom belsejéből, törmelékből került elő, és a templom második építési periódusához köthető, amely időszakban a település 14–15. századi virágkorát élte.

A biogén mészkövek kialakulását a miocén időszi, az egész Kárpát-medencében jellemző tengeri-sekélytengeri üledékképződéshez köthetjük. Ellésmonostor és a szegedi Alsóvárosi templom analóg kőzeteivel összehasonlítva, a vizsgált minták a dunántúli kőzetekkel rokoníthatók (Sóskút, Lajta-hegység, Fertőrá-

²⁰ PINTÉR et al. 2004. 624.

²¹ PINTÉR et al. 2004. 623.

kos), de hasonló kőzetek a Marostól D-re levő területekről (Piski, Konca) is származhatnak.²²

A *miocén durva mészkő* (Lajta mészkő, Fertőrákosi mészkő) bányászatának központja a Lajta hegységben van (Szent Margitbánya, Fertőrákos), ahol már a római kor óta fejtették,²³ de Erdélyben is ismert előfordulása (Déva, Lapugy, Kasztély).²⁴ A középszemű, porózus kőzetet széles körben használták, és szállították szerte az országban. Olyan kora középkori épületekben is megtalálható (in situ beépítve), mint a veszprémi Gizella kápolna (13. sz.) vagy a Szent György kápolna (10–11. sz.). A történeti és régészeti leírások alapján a vizsgált mintákat Gerlamonostornál a 12–13. században használták fel (5. kép a).

A világos, sárgásfehér színű, mikroszkóposan finom szövetű biomikritis mészkőben a 0,5–1 mm átmérőjű mikroonkoidok mellett különböző bioklasztok, szemcseaggregátumok, apró molluszka héjtöredékek és foraminiferák (Quinqueloculina, Lenticulina, Cardium, Lithotamnium törmelék) figyelhetők meg. Elszórt sarkos kvarc, kalcit és kevés földpát is látható (5. kép b).

A biogén mészkövek másik csoportjába a szarmata korú, *ooidos-pizoidos durva mészkövek* tartoznak, amelyekhez mind hazánkban (Sóskút), mind Erdélyben (Haró-Algyógy-Nozság, valamint Piskitől Koncáig²⁵) találhatunk lelőhelyet. A Budapeستől 20 km-re Ny-ra található sóskúti bánya a kőzet klasszikus lelőhelye, így nevét ezzel együtt említik. Ezt a kőzetet használták fel a Dél-Alföldön az első korai épületekhez is (Szer monostora, 11–12. század), mivel a bányahely a vízi és szárazföldi utakon könnyen megközelíthető volt. Megyer templománál a 13–14. században szintén ezt használták (6. kép a).

Általában sárgásfehér, finomszemű, jól faragható, porózus durvamészkő. Szöveve kevésbé tömött, mint a Lajta mészkőé. Az átkristályosodott karbonátból álló szövetben ooid szemcséket és ősmaradványok töredékeit találhatjuk (molluszka: Cerithium, Cardium, Hydrobia; formainifera: Miliolina). A karbonátos kőzetalkotókat (mikroonkoid) néhány tíz mikrométeres mikropát cementálja (6. kép b).

14 db kőzetmintán a pontos kőzettani megnevezésen túl – kis mennyiségük, méretük és a beazonosítást segítő jellegzetességek hiánya miatt – nem lehetett geológiai kort és formációt meghatározni. A többi kőzet földtani körülményeit ismerve azonban ezeket a kőzeteket is köthetjük feltételeesen a többi esetben valószínű bányahelyhez, kifejlődéshez.

Metamorfitok: szericites pala, szericites-kloritospala, gneisz, metahomokkő (Csorvás, MMM ltsz.: 97.3.49., 97.3.3.56., 97.3.57., 97.3.58; Szentbenedek, EFM ltsz.: 86.7.37.)

²² SCHAFARZIK 1904. 11–24, 56–61, 139–144, 301–304; Wanek Ferenc szóbeli közlése, 2010.

²³ TÖRÖK 2008. 138–139.

²⁴ Wanek Ferenc szóbeli közlése, 2010.

²⁵ SCHAFARZIK 1904. 11–24, 56–61, 139–144; Wanek Ferenc szóbeli közlése, 2010.

Általában szürke vagy zöld, zöldezbarna színű, ezüstös fényű, erősen palás és repedezett, bontott kőzetek (7. kép a), amelyekben a kőzetrepedéseket részben vagy egészen limonitos anyag tölti ki. Az erős paláság, a kőzetalkotó ásványok irányított elhelyezkedése mikroszkóposan is szembeűnő. Muszkovit és szericit, alárendelten klorit, kvarc és földpát fordul elő benne (7. kép b). Leűhelyük az Erdélyben található Solymosvár, Marosborsa vagy Haró, Bábolna.²⁶

Dácit breccsa (Décse, MMM ltsz.: 95.23.1.)

Világossárgás-rózsaszín, érdes, kemény kő. Szabad szemmel litoklasztok (max. 2 cm), hólyagűregek (1 mm–3,8 cm), kvarc és hematitos égett horzsakövek láthatók bennük (8. kép a). Porfiros kriptokristályos szövetű, mikroszkóposan alunit, biotit és kvarc szintén megfigyelhető (8. kép b). Leűhelye Verespatak környékére tehető.²⁷

Homokkővek, kvarchomokkővek, karbonátos homokkővek (főleg őrlőkővek és fenőkővek alapanyaga – pl. Décse, MMM ltsz.: 95.23.7.)

A minták kisméretűek, szürke, szürkésbarna színűek, felületük természetes úton koptatott vagy mesterségesen faragott. A finom szemű, tömött homokkő az eszközök anyaga, amelyek nem rendelkeztek pontosabb beazonosítást lehetővé tevő bélyeggel.

Kavicsok: kvarcit, gránit (Gyula, Szeregyháza, EFM ltsz.: 86.32.110.)

Simára csiszolt, szürke vagy fehér, gömbölyű, 5–10 cm-es kőzetek, amelyek a Maros hordalékából származnak.

Eredmények, következtetések

Az Árpád-kor korai időszakából kevés okleveles adat áll rendelkezésre a vizsgált leűhelyekről, illetve azok környezetéről. A 13. századtól megsaporodó oklevelek, történeti források és leírások közvetve ugyan, de arra utalnak, hogy az Alföld DK-i részének építő- és díszítőkö anyagát nagyrészt az erdélyi sóúton, a Maroson szállíthatták ide. Az előkerült kőanyag egyes régészeti leűhelyeinek gazdaságtörténeti és közlekedés-földrajzi hátterét tanulmányozva megállapítható, hogy a kőanyagok bányahelyei Erdélyben (Hunyad, Arad, Alsó-Fehér megyében) található. Egyes kőzeteknek (pl. piroxénandezit) nincs olyan konkrét típusbélyege, amely alapján teljes bizonyossággal kizárhatnánk a magyarországi előfordulásokat (pl. Északi-középhegység), de a megközelíthetőség és a kereskedelmi szempontok miatt ezeknek van a legnagyobb valószínűsége. A kőzetek beazonosításán túl a régész által meghatározott építési időszakot összehasonlítottuk a különböző leűhelyeken előforduló, azonos típusú kőzetekkel, és megállapítottuk, hogy az andezit, valamint a közkedvelt durva homokkő már a 11. századtól szerepet játszott a Dél-

²⁶ Wanek Ferenc szóbeli közlése, 2010.

²⁷ Wanek Ferenc szóbeli közlése, 2010.

Alföld építkezéseiben, és több évszázadon keresztül használták. A felhasznált kőzetek földrajzi elterjedését vizsgálva pedig az állapítható meg, hogy az azonos tulajdonossal bíró templomok építéskor (pl. Csolt-nemzetség: Gerla, Csolt) a folyók határt szabtak a felhasznált kőzeteknek. A Körösön túli Csolt-monostor (bár itt nem voltak pontos geológiai vizsgálatok) és a sarkadkeresztúri templom kőanyagát ugyanis a Bihar hegységből hozhatták. A Békéscsaba környékén fekvő Gerla, valamint a 14. századtól kialakult, s a Köröstől Ny-ra elterülő gyulai uradalom területén elhelyezkedő Megyer, Fövenyes, Szentbenedek és Gyula kőanyagában viszont másfajta egyezést tapasztaltunk. Az andezit vagy a durva homokkő építőanyagként még a távolabbi Décsére és Szénásra is eljutott. A décsei templom ásatásakor talált vörös mészkőből származó minta (MMM ltsz.: 95.23.67.) stabilizotópos vizsgálatának eredménye szintén megegyezik a Szer- és Ellésmonostor vörös mészkő faragványain elvégzett vizsgálatokkal²⁸ (6. táblázat). Ennek alapján ezt az anyagot a Gerecse-hegységből szállították az építkezések színhelyére a 13–14. században, amikor a települések a kibontakozó virágkorukat élték. A külön csoportot alkotó, egyedi kőzettani jellemzővel nem rendelkező köveket is a többi kővel egyidejűleg szállíthatták a területre.

Téglák

A régen téglaföldnek is nevezett, a téglagyártásra közvetlenül alkalmas anyag: agyag, homok és szénsavas mész különböző arányú keveréke. A 80% agyagtartalmú téglaföldet kövérnek, a 60% homoktartalmú agyagot soványnak hívják, s ha nem elég plasztikus az alapanyag, akkor iszappal kövérítik. Ahhoz, hogy a kiégetés során ne zsugorodjon és deformálódjon (erre a kövér agyagok hajlamosak), legtöbbször homokkal szokták meghatározott mennyiségben keverni, soványítani, de a különböző korokban pelyvát, örölt kerámiatörmelékét, fűrészport is használtak soványításra.²⁹

A téglavetés és az égetés folyamata szinte semmit sem változott az évezredek folyamán a modern téglagyárak megjelenéséig. A leírások szerint a téglagyártás kezdetben kézi formázást jelentett, amelyhez először fából elkészültek a téglavető-sablonok. Az első munkafolyamat az agyag kibányászása volt, ami rendszerint tél végén történt. A téglavetéshez szükséges vízmennyiség biztosításához az agyagnyerő gödröket (agyagbánya) és következőképpen a kemencéket is víz mellett alakították ki.³⁰ A téglát vető ember a behomokozott formát a formázóasztalon a korábban bekevert agyaggal kitöltötte, léccel lesimította, majd egy homokkal megszórt helyre borította ki, ahol a nyers téglá akár 24 órát is szikkadt és keményedett. A kiszikkadt, nyers téglákat egy eső ellen védett szárító színben máglyába rakva tovább szárították. Egy 12 (6–6) tüzelőnyílásos kemence mérete 6–8 m hosszú, és 3–4 m (22–24

²⁸ PINTÉR et al. 2004. 623.

²⁹ CSÁSZÁR 1986. 94.

³⁰ KELEMEN 2001. 222.

vályogsor) magas volt, amelyet 4–5 nap alatt raktak fel, és 1 nap volt a betapasztása. A tüzelés szakaszosan történt: az első két nap csak melegítették, szárították a téglát (120–200 °C). Egy 1743-ból származó leírás szerint az égetés öt napig tartott, más források szerint hét-nyolc napig égettek.³¹ Az égetés alacsony hőfokról indult (120 °C, 200–300 °C), és 900–1000 °C körüli hőmérsékletet igyekeztek elérni. Amikor „fehéren izzott a tűz”, akkor a tüzelőnyílásokat is lezárták (6–7. nap), majd 1 napig szellőztettek, és a következő 10–12 nap alatt hűlt ki (mérettől függően) a kemence. Csak ezután szedték le a köpenyt (agyagtapasztást) a kiégett téglákról, majd szétbontották a kemencét. A kemence helyének kiválasztásánál fontos szempont volt a téglafelhasználási helyéhez a termékek odaszállításának megoldhatósága, a gyártás során szükséges vízmennyiség biztosítása. Általában a kemence a településtől viszonylag távol feküdt, ezért maradványai csak véletlenül kerülnek elő, mivel a régészeti feltárások elsősorban a konkrét objektumokra (templom) összpontosulnak, s így a tágabb környezet feltáratlan marad. Hasonló a helyzet akkor is, ha téglák égetése – a tábori kemencék mintájára – a föld felszínén történt, ennek nyomát régészetileg szintén csak szerencsés esetben lehet megfigyelni.

Az általunk feldolgozott minták között csak egy van (Megyer, MMM ltsz.: 86.3.25.), amelyhez korabeli tégláégető kemencét tudunk kötni. Szatmári Imre 1985-ben, Békéscsabától északra, a Mezőmgyerre vezető műút mellett leletmentő ásatás keretében tárta fel a 6,5 x 4,5 méter alapterületű, a mai felszíntől 120 cm mélyen földbe ásott, három agyagpadal és négy tűztérrel rendelkező kemencét.³² A kemencében a hossz tengellyel párhuzamosan voltak kialakítva az agyagpadok és köztük a tűzterek. Az alig 20 cm magas agyagpadokat a hosszanti oldalára fektetett, és lapjaival egymás mellé illesztett téglákkal magasították meg, majd a magasítást bizonyos helyeken megszakítva, légiáratokat alakítottak ki. A feltárt kemencéhez legjobban az Őriszentpéteren előkerült kemence hasonlít.³³ Valter Ilona rekonstruálta az utóbbi kemence működését. Eszerint a fűtőpadkára élükre állítva, a fűtőcsatornák fölött pedig boltozatosan rakták a téglákat, hogy alattuk a tüzelőanyag helye legyen. Az Őriszentpéteri kemence építése során a boltozatosan rakott öt sor téglaközé nagyszemű folyami kavicsot terítettek, aminek az volt a szerepe, hogy a hőséget fel fogja, vagyis a lángok ne közvetlenül a téglákat ériék. A hővezetést a huzatlyukak nyitásával vagy zárásával érték el a boksa felső részén. A felhalmozott nyers téglákat cserépdarabokkal, tört téglával burkolták, és agyaggal borították. A füst felül szabadon távozott. Az említett kemencék fűtőnyílása DK, illetve K felé nézett.

A 18 régészeti lelőhelyről összesen 31 téglát dolgoztunk fel. A minták szelvényből, eredeti helyről (Murony, MMM ltsz.: 89.6.80.) vagy szórványként kerültek elő (4. táblázat). Közvetlenül a terepen történő, potenciális összehasonlító nyersanyagminta vételére nem került sor. A természeti és történelmi hátteret figye-

³¹ JAKAB 2005. 355.

³² MRT 10. 173.

³³ VALTER 1987. 139–153; VALTER 1989. 1–16.

lembe véve azonban kizárhatjuk annak lehetőségét, hogy a téglák készítéséhez távoli agyagnyerő helyeket használtak volna.

A teljes statisztikai feldolgozáshoz nem rendelkezünk kellő adatmennyiséggel, ezért a feldolgozás szempontjait úgy választottuk meg, hogy áttekintést kapjunk egyrészt a korabeli nyersanyagokról, másrészt a legfontosabb régészeti kérdésről, az égetési technológiáról. Az előkerült téglamintákból település (lelőhely) szerinti csoportosításokat készítettünk, így lehetőségünk nyílt arra, hogy adatokat nyerjünk az egyes lelőhelyek közötti nyersanyag-különbségekről, illetve, ha több minta állt rendelkezésre egy lelőhelyről, akkor az építési periódusok közötti különbségekről. A csoportok kialakításánál figyelembe vettük, hogy a másodlagos beépítés és az újrafelhasználás sem kizárható egy-egy épületen belül.

4. táblázat. A vizsgált Békés megyei téglaminták

<i>Leltári szám</i>	<i>Minta-szám</i>	<i>Vizsgálat</i>	<i>Szín</i>	<i>Megjegyzés</i>	<i>Lelőhely</i>
MMM 95.3.20.	BT1.	xrd, cs	narancs		Bánkút, Rózsa-major
MMM 93.2.81.	BT19.	xrd, cs	világos- narancs	belül fekete, BH38.	Bercsényegyháza
MMM 97.3.54.	BT2.	xrd, cs	narancs		Csorvás
MMM 95.23.8.	BT3.	xrd, cs	vörös		Décse
EFM 86.8.137.	BT4.		narancs		Fövényes
SZKJM leltározatlan	BT29.		narancs	BH32.	Gádoros
MMM 86.1.140.	BT5.		narancs	idomtégla, BH34.	Gerlamonostor
MMM 86.1.150.	BT6.	xrd, cs	narancs	idomtégla, BH33.	Gerlamonostor
MMM 86.1.155.	BT7.	xrd,cs	sötét- narancs	idomtégla	Gerlamonostor
MMM 86.1.158.	BT8.		vörös	idomtégla	Gerlamonostor
MMM 86.1.159.	BT9.		világos- narancs		Gerlamonostor
EFM 93.1.12.	BT10.		világos- narancs		Gyula 144. lelőhely
EFM 86.32.119.	BT11.	xrd,cs	narancs		Gyula, Szeregyháza
MMM 90.1.8.	BT12a–b	xrd, cs (a, b)	narancs	BH36.	Kamut 120. lelőhely
MMM 92.1.22.	BT13.	xrd, cs	narancs	idomtégla, BH35.	Kamut 27. lelőhely

<i>Leltári szám</i>	<i>Minta-szám</i>	<i>Vizsgálat</i>	<i>Szín</i>	<i>Megjegyzés</i>	<i>Lelőhely</i>
MMM 92.1.31.	BT14a-b	xrd, cs (b)	narancs, vörös		Kamut 27. lelőhely
MMM 92.1.33.	BT15.		narancs		Kamut 27. lelőhely
MMM 86.3.25.	BT16.	xrd, cs	narancs	BH43. kemen- céből	Megyer
MMM 86.10.17.	BT17.	xrd, cs	narancs	BH37.	Megyer
MMM 89.6.80.	BT18.	xrd, cs	narancs	in situ, belül fekete ujjle- nyomat	Murony
SZKJM 99.1.4.	BT25.		narancs	idomtéglá, BH18.	Nagyszénás 2. lelőhely
SZKJM 99.1.13.	BT26.		narancs	BH19.	Nagyszénás 2. lelőhely
SZKJM 99.1.5.	BT27.		narancs	idomtéglá, BH20.	Nagyszénás 2. lelőhely
SZKJM 99.1.22.	BT28.		narancs	BH20.	Nagyszénás 2. lelőhely
MMM 95.22.17.	BT20.	cs, xrd	narancs	idomtéglá, BH39.	Sarkadkeresztúr 5. lelőhely
MMM 95.22.40.	BT21.	xrd, cs	narancs	kutyamancs- nyom	Sarkadkeresztúr 5. lelőhely
EFM 89.2.195.	BT22.		vörös	BH4.	Gyula, Szabadka
EFM 86.7.35.	BT23.		vörös	BH42.	Szentbenedek
EFM 86.33.1.	BT24.		vörös	BH41.	Szentbenedek

(BT = Békés megye, téglá; BH = Békés megye, habarcs;
xrd = röntgen pordiffrakciós vizsgálat; cs = vékonycsiszolat)

Petrográfiai vizsgálatok

A téglaminták falazó- vagy idomtéglák voltak, amelyek szövete már makroszkóposan is különbözött. Két téglá belső fekete maggal rendelkezett (Bercsényegyháza, MMM ltsz.: 93.2.81.; Murony, MMM ltsz.: 89.6.80.), amely gyors fel-fűtésre utal, illetve a hőntartás (égetés) során nem elegendő oxigén-utánpótlásra, vagy ahhoz nem elegendő égetési időre, hogy diffúziókontrollált átalakulással a belső magban is létrejöjjön az oxidáció.

A kiválasztott minták színe általában narancs, kevés számban világos vagy sötét narancs színű, vörös volt. A mintákon téglabélyeg nem található, de egyéb nyom – ujjbenyomás (pl. Murony, MMM ltsz.: 89.6.80.), állatmancs (pl. Sarkadkeresztúr, MMM ltsz.: 95.22.40.) – előfordult. A téglák mérete nagyon változó, hosszuk 24,5–32 cm, szélességük 13–17 cm, vastagságuk 3,5–6,3 cm közötti. A minták méreteit alapul véve 28 x 16 x 5 cm-nek vehetjük egy Árpád-kori téglá átlagos, leggyakoribb méretét, de egy-egy lelőhely és egy-egy épület esetében akár egy építési perióduson belül is változhatnak a méretek.³⁴ Megfigyeltük, hogy a téglák egyik felülete pelyvaleNyomatos, a másik homokkal simított, ami a kézzel készítés technológiájára utal. Belső szerkezetük kemény és tömött, tehát készítésük során a nyersanyagot nagyon jól eldolgozták. Szabad szemmel pelyvamaradványok, őrlött kerámia- és mészzemcsék láthatók az egyes mintákban.

Az egyes lelőhelyeket reprezentáló téglaminták mikroszkópos szövete szeriális, közepesen vagy gyengén osztályozott.³⁵ Domináns szemcseméretük 50–300 µm között változott. Szövetük alapján kevés különbséget találtunk a minták között, az összetevők aránya is kismértékben változott. A finomszemcsés alapanyagban üde vagy közepesen koptatott kvarc, kalcit, biotit vagy muszkovit, csillám, kálföldpát és plagioklász, kevés amfibol látható. A 0,1–0,5 cm nagyságú kerekded vagy megnyúlt pórusokban másodlagos karbonátkitöltés is kimutatható. Néhány mintában mollusca héjmaradvány, pelyvaátmetszetek és jól koptatott karbonátos közettörmelék is megfigyelhető. Őrlött kerámiaszemcse szinte valamennyi mintában előfordult (9. kép a–b).

Tíz békési mintán a vékonycsiszolatokból polarizációs mikroszkóppal granulometriás (modális) elemzés is készült.³⁶ Ún. módosított Rosiwal-féle vonalmenti módszerrel határoztuk meg a kvantitatív ásványeloszlást és a szemcseösszetételt. A méréseket mikrométer okulárral, hosszmerésekkel, ún. lineáris módszerrel végeztük.³⁷

A téglaminták mátrixát döntően termikusan átalakult agyagásványok alkotják. Az agyagos mátrixban különböző idegen anyagú klasztokat különítettünk el. A krisztalloklasztok között leggyakoribb a kvarc, de a plagioklász, kalcit, muszkovit is gyakori. Tégláőrlemény szórványosan figyelhető meg. A téglák szövete nem vagy csak igen enyhe orientációt mutat. A szemcseméret-eloszlási mérések szerint a nyersanyag lutit-szil (agyag-iszap) összetételű volt, az arenit (0,063–2,00 mm)

³⁴ A Békés megyei Kamut 27. számú lelőhelyen a templomhajó környékén 27–29 x 14–16 x 4–6 cm, míg a szentélynél 31–31,5 x 14,5–17 x 4–6 cm volt a téglák mérete. Megyeren közvetlenül a kemencéből előkerült téglá mérete 31 x 20 x 6,5 cm (MMM ltsz.: 86.3.25.). SZATMÁRI 1995. 37–55.

³⁵ 26 db Békés megyei téglamintából készült vékonycsiszolat és ilyen jellegű vizsgálat a Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén (Nikon Microphot-SA típusú polarizációs mikroszkóp és Nikon Coolpix FX-35DX fényképezőgép), valamint az MTA Geokémiai Kutatóintézetében (Nikon Eclipse E600 POL típusú polarizációs mikroszkóp).

³⁶ Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék (Nikon Microphot-SA típusú polarizációs mikroszkóp).

³⁷ RÓZSA-SZÖÖR 1988. 183–184.

frakcióba tartozó szemcsék aránya 12–17% közötti, a rudit (>2 mm) méretű alkotók mennyisége elenyésző. Az arenit-frakció aránya alapján a minták a durva (>15%), illetve félfinom-kerámiák (5–15%) csoportjába tartoznak.³⁸

Ásványtani vizsgálatok

33 db téglamintából készült *röntgen-pordiffrakciós (XRD)* vizsgálat.³⁹ A fázisösszetétel meghatározása porított mintákból történt. A röntgen-pordiffrakciós fázisanalízis (átalakulatlan és az égetés során kialakuló új fázisok) eredményeiből behatárolható a téglák égetési hőmérséklete.⁴⁰

Az égetési hőmérséklet meghatározása az ásványok termikus érzékenységén, az égetési folyamatban keletkező fázisok azonosításán alapul. A kiégetett agyag, különböző kristályos és kvázi kristályos vagy rövid távú rendezettséggel jellemezhető, úgynevezett röntgenamorf alkotókból áll, ezek minősége és mennyisége elsősorban a nyersanyag ásványi összetételétől függ, de számottevően befolyásolja az égetési hőmérséklet, az égetési időtartam, a lehűtés sebessége, illetve a kemence atmoszférája, azaz az oxidatív-reduktív viszonyok változása, valamint a téglakerámia massa készítésénél alkalmazott adalékanyagok minősége és mennyisége. Gyors felfűtéskor bezáródó szemcsék alakulhatnak ki, amelyek megmaradnak, ha nem kellő idejű a hőntartás, azaz nem alakul ki diffúziókontrollált átalakulás. Így lehetséges, hogy kalcit és gehlenit együtt is kimutatható, pedig a kalcit bomlásának be kellene fejeződnie, amikor a gehlenit képződése elkezdődik (850–900 °C). Ugyanez igaz a diopszid, wollasztonit képződésére is. Ebből következik, hogy kicsit más arányok alakulnak ki a külső zónákban, mint a téglatest belsejében, az oxidációs, illetve redukciós zónában. A redukciós zóna (fekete mag) kialakulása szinte mindig gyors felfűtést és nem túl hosszú égetési időt jelent. Az eredeti égetési hőmérsékleten kialakult fázisoktól eltérő összetétel mutatható ki a beépített téglák használata során bekövetkező változások függvényében.

A téglaleletekből előkerülési hely (lelőhely) szerint alkottunk csoportokat. A kis mintaszámú (pl. Bánkút 1 db lelet) és egymáshoz közel fekvő ásatási színhelyek is egy csoportba kerültek (5. táblázat). Meghatároztuk azokat a fázisokat, amelyek az égetés során eltűntek (a keletkezett új fázisok, illetve a reliktum fázisok alapján) vagy képződtek. Ebből a szempontból a legfontosabb fázisok a karbonátok és az agyagásványok. A felfűtés során a karbonátos alapanyagból képződő új fázisok a gehlenit és a

³⁸ IONESCU et al. 2006. 415–420.

³⁹ A békési téglák vizsgálata a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszékén történt (Bruker D8 Advance típusú Bragg-Brentano diffraktométer: Cu K α sugárzás, 40 kV feszültség, 40 mA áramerősség, 0,04° [2 θ] lépésköz, 4° [2 θ] – 65° [2 θ] szög tartomány, 4 sec/lépés, 0,2 mm a detektorrés, grafit monokromátor). Feldolgozás: Bruker DiffracPlus kiértékelő szoftver csomag, EVA modul és PDF-2 (Powder Diffraction File) adatbázis felhasználásával történt.

⁴⁰ GHERDÁN et al. 2010. 85–90.

diopszid határozó értékűek. A gehlenit és a diopszid képződésének kezdete 800–900 °C között van attól függően, hogy oxidatív vagy redukív a kemence légtere.

A téglák színe utal az oxidatív vagy redukív környezetre, az égetési hőmérsékletre, a karbonát- és vastartalomra. A világossárga szín egyaránt származhat vas-hiánytól, vagy a magasabb hőmérsékleten történő kiegészítéstől. A meszes agyagok, gyengén égetve vörös színűek, magasabb hőmérsékleten világossárga színűek lesznek, mert a felszabaduló CaO a vasoxidos agyaggal sárga színű kalcium-vas-szilikátokat képez.

Az összegyűjtött mintákban 6 csoportot különítettünk el (5. táblázat).

Az *első csoport* Szentbenedek, Bánkút, Gyula-Szabadka, Fövenyes téglamintáit tartalmazza. Fázisösszetételükben (ez valamennyi békési mintára vonatkozik) a kvarc dominál. A második legfontosabb alkotó a plagioklász, kivétel a szabadkai minta (EFM ltsz.: 89.2.195.), ahol a kálföldpát mennyisége nagyobb, mint a plagioklászé. Két szentbenedeki mintában már jelen van a diopszid, amely utal arra, hogy 800–850 °C-on égették őket. Ez a két minta a templom két építési periódusából származik, ami azt mutatja, hogy a két építési időszakban felhasznált téglák anyaga és égetési hőmérséklete között nincs különbség (10. kép).

A *második csoportba* a Gyula környékén feltárt téglák (Gyula 144. lelőhely, EFM ltsz.: 93.1.12.; Szeregyháza, EFM ltsz.: 86.32.119.), valamint a gerlai monostor idomtégla (MMM ltsz.: 86.1.150., 86.1.155.) kerültek. Igen kicsi a különbség az összetételben, talán a Gyula 144. lelőhelyen előkerült mintában a 10Å -filloszilikát (szericit-muszkovit) mennyisége jelentősebb. A gyulai minták égetése 750–800 °C-nál kisebb hőmérsékleten történt, nem érte el a kalcit teljes elbomlásához szükséges hőmérsékletet. A *gerlai minták mindegyike tartalmaz 10Å -filloszilikátot (szericit-muszkovit), fázisösszetételükben megjelenik a diopszid, maximális hőmérsékletként a 800–850 °C-os égetési hőmérsékletet határozhatjuk meg.*

A *harmadik csoportba* a Kamut 27. és 120. lelőhely mintái kerültek (MMM ltsz.: 92.1.31., 92.1.33., illetve 92.1.8.). A felvételek alapján fázisösszetételük hasonló, de kisebb aránybeli ingadozás mutatható a földpátok, illetve a 10Å -filloszilikátok mennyiségében, az égetési hőmérséklet pedig a 750–800 °C-ot nem haladta meg.

A *negyedik csoportba* Megyer és Murony téglamintája került. Murony téglája (MMM ltsz.: 89.6.80.) rosszul kiegészített, belül fekete maggal rendelkezik. Ez a téglá oxidatív környezetben égett ki, de gyors felfűtés, vagy nem kellő idejű hőntartás következtében a külső átalakult részek elzárták az oxigén áramlását, ennek következtében redukciós környezet alakult ki, amit még fokozhatott az adalékolt szerves anyag elszénese. A belső fekete mag diffúz határral jelentkezik. *Összetételében a 10Å -filloszilikátok mellett a klorit (001 és 002-es bázisreflexiója) is megjelenik. Alacsonyabb hőmérsékleten, 650 °C alatt történt az égetése. A két megyeri minta (MMM ltsz.: 86.3.25., 86.10.17.) között az agyagásvány-tartalomban van különbség. A 86.3.25. minta a feltárt tégláégető kemencéből származik, és csak kvarc, plagioklász földpát, valamint kalcit jelenléte mutatható ki összetételében. Az égetési hőmérséklete 700–750 °C közötti.*

Az ötödik csoportot két távoli lelőhely, Sarkadkeresztúr (MMM ltsz.: 95.22.17., 95.22.40.) és Décse (MMM ltsz.: 95.23.8.), valamint Csorvás mintái (MMM ltsz.: 97.3.53.) alkotják. Égetésük 750–850 °C-on történt, fázisösszetételükben a lelőhelyek távolsága, valamint Sarkadkeresztúr Körösön túli elhelyezkedése ellenére nincs nagy különbség. A décsei mintában már megjelenik a magasabb égetési hőmérsékleten jelentkező diopszid, de minden mintában kimutatható még kalcit is (11. kép).

A hatodik csoportot alkotják a Nagyszénás 2. számú lelőhelyen előkerült téglaminták, melyek a feltárt templom két építési periódusából származhatnak. Az első periódushoz köthető minták (SZKJM ltsz.: 99.1.4., 99.1.5.) fázisösszetételében kis különbség van, égetésük 850 °C körül történt, jelentősebb a kalcit maradványuk. A 99.1.13. leltári számú minta égetési hőmérséklete viszont nem haladta meg a 650–700 °C-ot, s ennek fázisösszetételei megfelelése: klorit (001) bázisreflexiója megnövekedése, a klorit (002) bázisreflexió eltűnése, a kalcit, dolomit fázisok megmaradása. Ugyancsak ebben a periódusban használhatták fel a 99.1.22. leltári számú mintát, amelynek összetételében a kvarc és a földpát tartalom jellemzőbb, de agyagásványok (illit) és kalcit is előfordul benne. Égetése 850 °C alatt volt. Figyelembe kell venni azonban azt is, hogy a bővítéskor az első periódus tégláit használták fel. Ugyanis erre utal az, hogy a templom két ellentétes szelvényében előkerült 99.1.22. és 99.1.4. leltári számú minta összetétele szinte teljesen megegyezik.

5. táblázat.

Békés megyei téglaminták fázisösszetétele és égetési hőmérséklete

Leltári szám	Leírás	Lelőhely	Égetési T (C°)
<i>1. csoport</i>			
EFM 86.8.137.	<i>kvarc</i> > <i>plagioklász</i> > <i>10Å</i> -filloszilikát (illit-szericit) > kalcit > hematit (ny.)	Fövényes	700–750
EFM 89.2.195.	<i>kvarc</i> > <i>káliföldpát</i> > <i>plagioklász</i> > <i>10Å</i> -filloszilikát (szericit, illit)	Gyula, Szabadka	700–750
MMM 95.3.20.	<i>kvarc</i> > <i>plagioklász</i> > <i>10Å</i> -filloszilikát > <i>káliföldpát</i> > kalcit > hematit (ny.)	Bánkút, Rózsa-major	700–750
EFM 86.33.1.	<i>kvarc</i> > <i>plagioklász</i> > <i>káliföldpát</i> > diopszid (ny.), <i>10Å</i> -filloszilikát, hematit	Szent-benedek	800–850
EFM 86.7.35.	<i>kvarc</i> > <i>plagioklász</i> > <i>káliföldpát</i> > diopszid > kalcit (ny.)	Szent-benedek	800–850
<i>2. csoport</i>			
MMM 86.1.158.	<i>kvarc</i> > <i>plagioklász</i> > <i>káliföldpát</i> > diopszid (ny.), kalcit, hematit	Gerla	800–850
MMM 86.1.155.	<i>kvarc</i> > <i>plagioklász</i> > <i>káliföldpát</i> > <i>10Å</i> -filloszilikát > hematit, amfibol (ny.)	Gerla	800–850
MMM 86.1.150.	<i>kvarc</i> > <i>plagioklász</i> > <i>káliföldpát</i> > <i>10Å</i> -filloszilikát > diopszid > = hematit (ny.)	Gerla	800–850

<i>Leltári szám</i>	<i>Leírás</i>	<i>Lelőhely</i>	<i>Égetési T (C°)</i>
MMM 86.1.140.	kvarc > plagioklász > 10Å-filloszilikát (szericit, muszkovit), diopszid (ny.)	Gerla	800–850
EFM 86.32.119.	kvarc > plagioklász > 10Å-filloszilikát > káliföldpát > kalcit > hematit (ny.)	Gyula, Szeregyháza	750–800
EFM 93.1.12.	kvarc > 10Å-filloszilikát > plagioklász > káliföldpát > kalcit > hematit (ny.)	Gyula, 144. lelőhely	750–800
<i>3. csoport</i>			
MMM 92.1.33.	kvarc > plagioklász > káliföldpát > 10Å-filloszilikát > kalcit > hematit >	Kamut 27. lelőhely	750–800
MMM 92.1.31B.	kvarc > plagioklász > káliföldpát > kalcit > dolomit (ny.), hematit	Kamut 27. lelőhely	750–800
MMM 92.1.22.	kvarc > plagioklász > 10Å-filloszilikát > káliföldpát > kalcit > dolomit (ny.), hematit	Kamut 27. lelőhely	750–800
MMM 92.1.31A.	kvarc > plagioklász > káliföldpát > 10Å-filloszilikát > kalcit, hematit (ny.)	Kamut 27. lelőhely	750–800
MMM 90.1.8B.	kvarc > plagioklász > káliföldpát > 10Å-filloszilikát > kalcit (ny.)	Kamut 120. lelőhely	750–800
MMM 90.1.8A.	kvarc > plagioklász > káliföldpát > diopszid > kalcit > 10Å-filloszilikát > hematit (ny.)	Kamut 120. lelőhely	750–800
<i>4. csoport</i>			
MMM 86.6.80.	kvarc > 10Å-filloszilikát > plagioklász > klorit (001) > klorit (002) > kalcit, hematit (ny.)	Murony	> 650
MMM 86.10.17.	kvarc > plagioklász, káliföldpát > 10Å-filloszilikát > kalcit, diopszid, hematit (ny.), amorf	Megyer	700–750
MMM 86.3.25.	kvarc > plagioklász > kalcit	Megyer	700–750
<i>5. csoport</i>			
MMM 95.23.8.	kvarc > káliföldpát, plagioklász > 10Å-filloszilikát > diopszid, kalcit, hematit (ny.)	Décse	750–850
MMM 97.3.54.	kvarc > plagioklász > káliföldpát > 10Å-filloszilikát > kalcit > hematit (ny.)	Csorvás	750–850
MMM 95.22.40.	kvarc > plagioklász > hematit > kalcit, 10Å-filloszilikát	Sarkad-keresztúr	750–850
MMM 95.22.17.	kvarc > káliföldpát > hematit > kalcit, dolomit, 10Å-filloszilikát??	Sarkad-keresztúr	850–800
<i>6. csoport</i>			
SZKJM 99.1.22.	kvarc > plagioklász > káliföldpát > 10Å-filloszilikát (illit+muszkovit) > kalcit > dolomit > =hematit, maghemit, amfibol, apatit??	Nagyszénás 2. lelőhely	850–800

Leltári szám	Leírás	Lelőhely	Égetési T (C°)
SZKJM 99.1.13.	kvarc > 10Å-filloszilikát (szericit-muszkovit), plagioklász > klorit (001) > kalcit > dolomit > hematit > amfibol	Nagyszénás 2. lelőhely	= < 650-700
SZKJM 99.1.5.	kvarc > 10Å-filloszilikát > =plagioklász > kalcit > kálicföldpát > maghemit > hematit > dolomit ?(ny.), amfibol (ny.)	Nagyszénás 2. lelőhely	850-800
SZKJM 99.1.4.	kvarc > plagioklász > kálicföldpát > kalcit > 10Å-filloszilikát (szericit- illit) > hematit > (diopszid, gehlenit)? maghemit	Nagyszénás 2. lelőhely	850

A Derivatográfhoz csatolt kvadrupele tömegspektrométeres (TG/DTA-QMS) gázelemzés vizsgálatot (Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék) mindössze két mintán végeztük el (Megyer, MMM ltsz.: 86.10.17.; Murony, MMM ltsz.: 89.6.80.).⁴¹

A QMS vizsgálatokkal először a minták kiégetése során felbomló gázfázisokat határoztuk meg. A 86.10.17. leltári számú minta esetében a víz és a CO₂ fejlődés egyaránt kimutatható, a vízvesztés 690 °C-on a filloszilikátok termális széteséséből származik. A CaCO₃-ból származó CO₂ 790 °C-nál távozik. A 89.6.80. leltári számú minta fekete magjában szerves anyag és karbonát egyaránt látható. Az 550-640 °C és 695 °C-nál jelentkező csúcsok közül az első kettő szerves anyag maradványaként megjelenő elemi szénre, a harmadik a kalcit jelenlétére utal. Az elemi szénből és a karbonátból származó széndioxid elkülönítésére a mintát sósavval kezeltük. A savazott minta egy CO₂ csúcsot mutatott 485 °C-nál. Ez a CO₂ feltehetően az elemi szénből származhat. Ha az égetési hőmérséklet 800 °C felett volt, a CO₂ olyan CaCO₃-ból származik, amely a talajoldatokból vált ki (másodlagos kalcit), ha viszont kevesebb, mint 800 °C, akkor primer CaCO₃-ból.⁴²

Pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) és energia diszperzív spektrométeres (SEM-EDS) vizsgálat nyolc Békés megyei mintán történt.⁴³ A minták általában átkristályosodott szervesanyag-maradványokat, kalcitszemcséket és amfibol kristálytöredékeket tartalmaznak (Megyer, MMM ltsz.: 86.3.25. – 12. kép). A kalcitszemcsék átlagosan 0,1 mm-nél nagyobbak, reakciószegéllyel rendelkeznek, ezek összetétele az

⁴¹ A bemért minta tömege 20 mg, a lineáris felfűtés sebessége 10 C°/sec, a mérés 25 °C -tól 1000 °C hőmérséklettartományban történt. Az inert anyag alumínium-oxid (Al₂O₃), korund volt.

⁴² KRISTÁLY-GÖMZE 2008. 34-36.

⁴³ A mikroszöveti, morfológiai és kémiai elemzés a Miskolci Egyetem Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszékén Hitachi TM-1000 (15kV) típusú műszeren készült. A csiszolatok fedetlenek voltak, a munkatáv 14-16 mm volt. A kijelölt mintafelületen a SEM-vizsgálat során a szöveti felvételek a visszaszórt elektron detektorral készültek. A visszaszórt elektron mennyisége és energiája a kémiai elemek rendszámával arányos. Az EDS-vizsgálatkor a kijelölt területen a kémiai elemeket karakterisztikus röntgensugaraik energiája alapján azonosítjuk. A felvételek BSE (Back Scattered Electron) módszerrel, az elemzések Si-drift detektorral készültek. KELEMEN 2010. 70-72; KRISTÁLY et al. 2012. 262.

égetés hőmérsékletének és idejének a függvénye (Gyula-Szeregyháza, EFM ltsz.: 86.32.119.). Az EDS eredmények ebben a mintában Mg-tartalmú kalcitot mutattak ki, ahol a magnézium a kalcitszemcse belsejében található, míg a reakciószegélyben kimutatott káliumtartalom a kalcit és az agyagos mátrix közötti reakcióra utalt. A közepes égetési hőmérsékleten (700–750 °C) kiégetett 95.3.20. leltári számú mintában (Bánkút, Rózsa-major) a kalcit kigázosodott porózus szövete a reakciószegélyen belül látható (13. kép). A Kamut 27. számú lelőhely 92.1.22. leltári számú mintájában a muszkovit maradványok néhány μm –50 μm méretűek, sokszor hullámosak. Ezt a jelenséget a 700–800 °C közötti, dehidratáció eredményének tulajdonítják.⁴⁴ Több mintában van apatit (Megyer, MMM ltsz.: 86.10.17.), az egyéb ásványok (amfibol, piroxén, cirkon) csak járulékos fázisként fordulnak elő. A minták mátrixának kémiai összetétele hasonló.

Archeobotanikai vizsgálatok

Régészeti-növénytanai vizsgálat 27 mintán történt.⁴⁵ Az elemzések során bebizonyosodott, hogy a mintákban található gabonaféle túlnyomórészt a *Triticum monococcum* L. volt, amelynek hosszúkás, lefelé enyhén szélesedő magjait gyakran azonosítottuk. A magok közelében pelyvamaradványokat és toklászokat is lehetett találni. Néhány esetben levélmaradvány és szárkeresztmetszet is előfordult (14. kép a–b). Egy esetben kerekesebb búzaszemet is találtunk, amely alakilag megegyezett a *Triticum aestivum* magjával. A magok negatív mintái egyes téglatöredékekben nagy számban fordultak elő. A kőbelek szélénél számos esetben az égetésnek jobban ellenálló fehéres színű maghéj maradványai is megmaradtak, de igen törékeny állapotban. A toklászok között 15–20 mm hosszú töredékeket is találtunk (14. kép c).

Eredmények

A dél-alföldi megyéből származó, összesen 31 reprezentatív téglaminta petrográfiai vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy a téglaleletek ásványtani összetételében a földrajzi lelőhelyek távolsága és az egyes templomoknál kimutatott építési periódusok időbeli különbségének ellenére nincs nagy minőségi különbség. Az eltérések a nyersanyag geológiai különbségéből és az emberi tényezőből (nyersanyag homogenizálás, megmunkálás, kemencébe helyezés és felrakás) származhatnak. A téglák a helyi (lelőhely-közeli) agyagos és infúziós löszös nyersanyagból, homokos soványítással, valamint kerámatörmelék és alacor búza (*Triticum monococcum* L.) pelyva adalékanyag felhasználásával készültek. A pelyvaadagolás célja a téglá súlyának csökkentése mellett a hőszigetelő tulajdonságok javítása volt. Az ásványtani vizsgálatok (röntgen-pordiffrakció) alapján megállapíthatjuk, hogy az egyes lelőhelyekről származó téglák ásványos fázisösszetétele nagyon hasonló (5. táblázat). A téglák

⁴⁴ CULTRONE et al. 2005. 40–42.

⁴⁵ A vizsgálatok a Debreceni Egyetem Evolúciós Állattani Tanszékén Wild Leitz Photomicroscope M420 mikroszkóppal készültek.

égetési hőmérséklete 650–850 °C közötti tartományra tehető. Valószínűleg helyben emelt boksakemencékben történt az égetés. A magasabb égetési hőmérsékletre utaló fázisok (pl. üveg-, spinell fázis) hiánya is ezt a feltételezést erősíti meg.⁴⁶

Habarcok

Az Árpád-korban, illetve a késő középkorban szinte csak mésszel és homokkal készítették a habarcsot. A mész-homok mindenkor keverési arányát régen gyakorlott építőmester a helyszínen, a maga tapasztalatai alapján állította be.⁴⁷ A régészeti megfigyelések szerint a korai épületek alapozásánál ún. úsztatott habarcsos technikát is alkalmaztak. Ez hígabb habarcsba bedolgozott, sok bontott és törött téglával készült. A középkori falaknál igen nagy szilárdságú kötőanyagot hoztak létre azáltal, hogy forró mézshabarccsal is dolgoztak.⁴⁸

A vizsgált habarcsminták ásatási szelvényekből kerültek elő, vagy téglá-, illetve kőminták felületéről származnak (6. táblázat). Több minta összehasonlító vizsgálatára a Nagyszénás 2. számú lelőhelyen feltárt templom esetében nyílt lehetőség. A templom két építési periódusa, a szentély, valamint a hajó helyén előkerült habarcsmintákat hasonlítottuk össze. A habarcsminták szöveti vizsgálata és fázisösszetétel meghatározása polarizációs mikroszkóppal, a fázisösszetétel meghatározása ezenkívül röntgen-pordiffrakciós analízissel, azonos mérési paraméterekkel történt, mint a többi építőanyagnál.

6. táblázat. Békés megyei habarcsminták és vizsgálataik

<i>Leltári szám</i>	<i>Mintaszám</i>	<i>Lelőhely</i>	<i>Vizsgálat</i>
MMM 95.3.19.	BH1.	Bánkút, Rózsa-major	cs, xrd, H
MMM 97.3.47.	BH2.	Csorvás	H
MMM 97.3.56.	BH24.	Csorvás, BK4-ről	cs, xrd
MMM 97.3.58.	BH27.	Csorvás, BK6-ről	cs, xrd
MMM 89.1.90.	BH3.	Csökdő, Peterd	cs, xrd, H
MMM 95.23.7.	BH22.	Décse, BK8-ről	cs, xrd, H
SZKJM leltározatlan	BH32.	Gádosos, BT29-ről	cs, xrd, H
MMM 86.1.149.	BH25.	Gerla, BK17-ről	cs, xrd
MMM 86.1.150.	BH33.	Gerla, BT6-ről	H
MMM 86.1.140.	BH34.	Gerla, BT5-ről	H
EFM 93.1.1.	BH4.	Gyula 144. lelőhely	H
EFM 93.1.14.	BH28.	Gyula 144. lelőhely, BK21-ről	cs, xrd
EFM 86.32.107.	BH5.	Gyula, Szeregyháza	cs, xrd, H
EFM 86.32.108.	BH6.	Gyula, Szeregyháza	xrd, H

⁴⁶ KRISTÁLY et al. 2012. 253–264.

⁴⁷ CSÁSZÁR 1997. 46.

⁴⁸ BÉRES 1992. 23; BÉRES 2000. 195.

<i>Leltári szám</i>	<i>Mintaszám</i>	<i>Lelőhely</i>	<i>Vizsgálat</i>
EFM 86.32.109.	BH7.	Gyula, Szeregyháza	xrd, H
EFM 86.32.121.	BH23.	Gyula, Szeregyháza, BK23-ról	cs, xrd
EFM 86.32.110.	BH31.	Gyula, Szeregyháza, BK22a-ról	H
MMM 90.1.8.b.	BH36.	Kamut 120., BT12b-ről	H
MMM 92.1.22.	BH35.	Kamut 27., BT13-ről	H
MMM 86.10.17.	BH37.	Megyer, BT17-ről	H
MMM 86.3.25.	BH43.	Megyer, BT16-ről	cs, xrd
MMM 89.6.80.	BH8a-b	Murony	H
SZKJM ltsz. nélkül	BH12.	Nagyszénás 2. lelőhely	H
SZKJM ltsz. nélkül	BH13.	Nagyszénás 2. lelőhely	H
SZKJM ltsz. nélkül	BH14.	Nagyszénás 2. lelőhely	H
SZKJM ltsz. nélkül	BH15.	Nagyszénás 2. lelőhely	H
SZKJM ltsz. nélkül	BH16.	Nagyszénás 2. lelőhely	H
SZKJM ltsz. nélkül	BH17.	Nagyszénás 2. lelőhely	H
SZKJM 99.1.4.	BH18.	Nagyszénás 2. lelőhely, BT25-ről	cs, xrd
SZKJM 99.1.13.	BH19.	Nagyszénás 2. lelőhely, BT26-ről	H
SZKJM 99.1.22.	BH20.	Nagyszénás 2. lelőhely, BT28-ről	cs, xrd
SZKJM 99.1.5.	BH21.	Nagyszénás 2. lelőhely, BT27-ről	cs, xrd
MMM 93.2.80.	BH10.	Bercsényegyháza	cs, xrd, H
MMM 93.2.81.	BH38.	Bercsényegyháza, BT19-ről	H
MMM 95.22.17.	BH39.	Sarkadkeresztúr, BT20-ről	cs, xrd, H
EFM 89.2.194.	BH26.	Gyula, Szabadka, BK33-ról	H
EFM 89.2.193.	BH29.	Gyula, Szabadka, BK32a-ról	H
EFM 89.2.195.	BH40.	Gyula, Szabadka, BT22-ről	cs, xrd, H
MMM 95.15.84.	BH9.	Szénásegyháza	
EFM 86.7.38.	BH11.	Szentbenedek	cs, xrd, H
EFM 86.7.37.	BH30.	Szentbenedek, BK35-ről	cs, xrd
EFM 86.33.1.	BH41.	Szentbenedek, BT24-ről	H
EFM 86.7.35.	BH42.	Szentbenedek, BT23-ről	cs, xrd

(BH = Békés megye, habarcs; BT = Békés megye, téglá; BK = Békés megye, kő; xrd = röntgen-pordiffrakciós vizsgálat; cs = vékonycsiszolat; H = hidraulikus tényező)

A vizsgált minták mészhabarcsok, amelyek összetételében elsősorban a mész és a homok dominál, de több minta – kis mennyiségben – kerámatörmelék is tartalmaz (pl. Bánkút, MMM ltsz.: 95.3.19; Nagyszénás 2. lelőhely, SZKJM ltsz.: 99.1.4.). A kerámatörmelék alkalmazása a 12–14. században, sőt – analógiák figyelembe vételével –, a 15–16. században is előfordul.⁴⁹

⁴⁹ KELEMEN 2008. 91.

Petrográfiai vizsgálatok

Makroszkóposan a minták színe világosszürke vagy szürke, állaguk félkemény, porózus. Az alapanyagot alkotó meszes homokban nagyobb (1–3 mm) mészcsoákat, csillámot (muszkovit, biotit) és kvarcot lehetett szabad szemmel megfigyelni.

Mikroszkóposan a habarcsok rosszul osztályozottak, domináns szemcseméretük 200–600 µm közötti, a maximális szemcseméret 1,5 mm-től 1,3 cm-ig terjed.⁵⁰ A nem plasztikus elegyrészek mennyisége 15–50%, ezen belül az ásványok mennyisége 5–30%, a litoklasztok (karbonátos és metamorf darabok) mennyisége 10–25% között változik. A talajvízből származó másodlagos pátos kalcit kitöltés látható néhány habarcs pórusaiban (pl. Décse, MMM ltsz.: 95.23.7.; Gyula, Szerelyháza, EFM ltsz.: 86.32.121.; Csökmő, Peterd, MMM ltsz.: 89.1.90.).

Ásványtani vizsgálatok

Összesen 11 mintán történt röntgen-pordiffrakciós vizsgálat, ennek értelmében a habarcsok fő fázisai: a kvarc, kalcit, plagioklász és kálföldpát, a rétegszilikátok (szericit-illit, klorit) (7. táblázat). Az igen csekély eltérések valószínűleg a homok ásványos összetételbeli változásaiból adódnak. Az amorf fázis megfelelő hőfokon égett tégláőrleményre utalhat, de származhat a tégláőrlemény kötéséből eredő Ca-szilikát-hidrátból vagy Si-ban gazdag mészcsoákból.

7. táblázat. Békés megyei habarcsminták fázisösszetétele

<i>Leltári szám</i>	<i>Lelőhely</i>	<i>Leírás</i>
EFM 93.1.14.	Gyula 144. leelőhely	<i>kvarc > kalcit > =plagioklász > 10Å-fillo-szilikát > klorit > hematit > kálföldpát > amfibol</i>
EFM 86.32.121.	Gyula, Szerelyháza	<i>kvarc > kalcit > plagioklász > kálföldpát > 10Å-filloszilikát > klorit > amfibol, gipsz</i>
MMM 93.2.80.	Bercsény- egyháza	<i>kalcit > kvarc > plagioklász > =10Å filloszilikát > klorit > szmektit (ny.)</i>
MMM 89.1.90.	Csőkmő, Peterd	<i>kalcit > kvarc > > plagioklász > hematit > 10Å-filloszilikát</i>
MMM 95.23.7.	Décse	<i>kvarc > kalcit > plagioklász > kálföldpát > = 10 Å-filloszilikát > klorit > szmektit</i>
MMM 97.3.56.	Csorvás	<i>kalcit > > kvarc, plagioklász > 10Å-filloszilikát, klorit, amfibol, gipsz (ny.)</i>
SZKJM 99.1.4.	Nagyszénás 2. leelőhely	<i>kvarc, kalcit > plagioklász > 10Å-filloszilikát > klorit > =szmektit (ny.) > amfibol, gipsz (ny.)</i>
SZKJM 99.1.5.	Nagyszénás 2. leelőhely	<i>kvarc > kalcit > plagioklász > kálföldpát > 10Å-filloszilikát > klorit > amfibol, gipsz (ny.)</i>

⁵⁰ Ezúton is köszönöm Havancsák Izabellának (MTA Geokémiai Kutatóintézet) a habarcsok mikroszkópos vizsgálatában és fotózásában nyújtott segítségét.

Leltári szám	Lelőhely	Leírás
SZKJM 99.1.22.	Nagyszénás 2. lelőhely	<i>kvarc</i> > <i>kalcit</i> , <i>plagioklász</i> > <i>káliföldpát</i> > = <i>10Å</i> - filloszilikát > <i>klorit</i> > <i>amfibol</i> , <i>gipsz</i> (ny.)
SZKJM leltáro- zatlan, BH32.	Gádoros	<i>kvarc</i> > <i>kalcit</i> > <i>plagioklász</i> > <i>káliföldpát</i> , <i>10Å</i> - filloszilikát > <i>klorit</i> > <i>gipsz</i>
MMM 95.3.19.	Bánkút, Rózsa-major	<i>kvarc</i> > <i>kalcit</i> > <i>plagioklász</i> > <i>káliföldpát</i> > <i>10Å</i> - filloszilikát > <i>klorit</i>

Hidraulikus tényező (HT) meghatározása

A relatív kor megállapítására szinte valamennyi vizsgált minta esetében meghatároztuk az összetételből kiszámítható hidraulikus tényezőt, amelynek eredményei a régészeti megállapításokat támasztották alá (8. táblázat). A kapott eredmények és a hazai referenciaadatok összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a hidraulikus tényező alkalmazásával a nem relatív keltezés legfeljebb a 12–13. századi habarcsok esetében jöhet szóba.⁵¹ A módszer használhatóságát az elpusztult, középkori Csomorkány falu romtemplomának feltárása során előkerült habarcsminták elemzésével, valamint párhuzamosan elvégzett termolumineszcens vizsgálatallal ellenőriztük.⁵²

8. táblázat. Békés megyei habarcsminták HT értékei és keltezési eredményei

Minta- szám	HT	CaCO ₃	Leltári szám	Lelőhely	Leírás	Becsült kor a HT alján	Régészeti kor
BH1.	10,79	31,19	MMM 95.3.19.	Bánkút, Rózsa-major	1. szelvény, DNy-i sarka, ép tégglárol, gödör betöltéséből	12. sz.	11–12. sz.
BH2.	14,5	69,02	MMM 97.3.47.	Csorvás	felszíni gyűjtés	12. sz.	12–15. sz.
BH22.	10,03	26,76	MMM 95.23.7.	Décsce, BK8-ről	1. szelvény, a karzattartó alapozásából származó kőről	12–13. sz.	11. sz.
BH32.	15,48	29,70	SZKJM leltározatlan	Gádoros, BT29-ről	kidőlt falszakaszból (tégglárol)	12. sz.	11–13. sz.
BH33.	9,14	19,20	MMM 86.1.150.	Gerla, BT6-ről	5. árok É-i vége, -100 cm	13. sz.	12–13. sz.
BH34.	11,19	37,62	MMM 86.1.140.	Gerla, BT5-ről	2. árok K-i vége, -60 cm, idomtégglárol	12. sz.	12–13. sz.
BH4.	8,21	15,74	EFM 93.1.1.	Gyula, 144. lelőhely	1. árok É-i hajófal alapozása tetején	13. sz.	11–12. sz.
BH5.	20,08	46,42	EFM 86.32.107.	Gyula, Szeregyháza	a szentély D-i falának alapozási árkából	12. sz.	11–13. sz.
BH6.	18,15	72,15	EFM 86.32.108.	Gyula, Szeregyháza	1. árok, a templomhajó ÉNy-i sarkából	12. sz.	11–13. sz.
BH7.	17,57	52,43	EFM 86.32.109.	Gyula, Szeregyháza	a szentélyt a hajótól elvá- lasztó alapozás árkából	12. sz.	11–13. sz.
BH31.	15,74	33,85	EFM 86.32.110.	Gyula, Szeregyháza, BK22a-ről	1. szelvény, a hajó és szen- tély csatlakozása az É-i olda- lon, kavicsokról	12. sz.	11–13. sz.

⁵¹ ZÁDOR-T. VÁNDORFFY 1975. 229; KELEMEN-RÓZSA 2007. 111.

⁵² KELEMEN 2007. 112; BÉRES et al. 2005. 258.

Archeometriai vizsgálatok Békés megyei középkori templomok építőanyagain

<i>Minta- szám</i>	<i>HT</i>	<i>CaCO₃</i>	<i>Leltári szám</i>	<i>Lelőhely</i>	<i>Leírás</i>	<i>Becsült kor a HT alapján</i>	<i>Régészeti kor</i>
BH36.	11,99	19,98	MMM 90.1.8.b.	Kamut 120. lelőhely, BT12b-ről	1. árok, Ny-i rábontás, a templom ÉNy-i sarkának alapozásából, -40 cm	12. sz.	11-13. sz.
BH35.	8,84	29,65	MMM 92.1.22.	Kamut 27. lelőhely, BT13-ről	1. árok É-i harmada, faragott tégláról, -40 cm	13. sz.	12-13. sz.
BH37.	7,82	22,77	MMM 86.10.17.	Megyer, BT17-ről	4. szelvény, szórvány tégláról	13. sz.	14. sz.
BH8 a-b	13,31	21,17	MMM 89.6.80.	Murony	talajjal együtt vett habarcsminta	12. sz.	11-13. sz.
BH12.	9,02	31,71	SZKJM ltsz. nélkül	Nagyszénás 2. lelőhely	2. szelvény Ny-i széle, 2. ásónyom, 1. periódus (?)	13. sz.	11-12. sz.
BH13.	9,38	23,21	SZKJM ltsz. nélkül	Nagyszénás 2. lelőhely	8. szelvény, D-i gödör, 2. periódus (?)	13. sz.	12-13. sz.
BH14.	8,69	29,76	SZKJM ltsz. nélkül	Nagyszénás 2. lelőhely	6. szelvény K-i fele, 2. periódus (?)	13. sz.	12-13. sz.
BH15.	11,46	27,36	SZKJM ltsz. nélkül	Nagyszénás 2. lelőhely	3. szelvény, 1 ásónyom, 2. periódus (?)	12. sz.	12-13. sz.
BH16.	8,28	39,26	SZKJM ltsz. nélkül	Nagyszénás 2. lelőhely	2. szelvény, 1. periódus (?)	13. sz.	11-12. sz.
BH17.	12,31	64,06	SZKJM ltsz. nélkül	Nagyszénás 2. lelőhely	3. szelvény, szórvány, tör- melékből, 1. periódus (?)	12. sz.	11-12. sz.
BH19.	7,87	26,97	SZKJM 99.1.13.	Nagyszénás 2. lelőhely, BT26-ről	3. szelvény, a felső kevert rétegből, 1. periódus (?)	13. sz.	11-12. sz.
BH21.	14,75	29,36	SZKJM 99.1.5.	Nagyszénás 2. lelőhely, BT27-ről	2. szelvény, 3 ásónyom, 1. periódus (?)	12. sz.	11.12. sz.
BH10.	20,78	38,06	MMM 93.2.80.	Bercsényegy- háza	4. szelvény, I. periódus ÉNy-i sarka, alap, in situ	12. sz.	11-12. sz.
BH38.	16,82	33,97	MMM 93.2.81.	Bercsényegy- háza, BT19-ről	4. szelvény, II. periódus, DK-i sarok, habarcsos rétegből (tégláról)	12. sz.	13-14. sz.
BH39.	12,8	24,08	MMM 95.22.17.	Sarkadkeresztúr 5. lelőhely, BT20-ről	2. szelvény, a karzattartó alapozásból idomtégldről	12. sz.	11-12. sz.
BH26.	7,25	14,42	EFM 89.2.194.	Gyula, Szabadka, BK33-ről	szórvány kőről, 2. szelvény DNy-i sarka	13. sz.	11-15. sz.
BH29.	11,58	21,33	EFM 89.2.193.	Gyula, Szabadka, BK32a-ről	2. szelvény DNy-i sarka, -60 cm, kőről	12. sz.	11-15. sz.
BH40.	8,41	12,67	EFM 89.2.195.	Gyula, Szabadka, BT22-ről	2. szelvény DNy-i sarka, -60 cm, tégláról	13. sz.	11-15. sz.
BH11.	14,34	38,52	EFM 86.7.38.	Szentbenedek	3. szelvény, -40 cm, szentély környéke	12. sz.	11-15. sz.
BH41.	15,32	45,51	EFM 86.33.1.	Szentbenedek, BT24-ről	1. szelvény, Ny-i zárófal alapozásából, 2. periódus (?)	12. sz.	11-15. sz.
B42.	10,38	17,81	EFM 86.7.35.	Szentbenedek, BT23-ről	2. árok, a korai templom zárófalának alapozásából	12. sz.	11-14. sz.

(BH = Békés megye, habarcs; BT = Békés megye, téglá; BK = Békés megye, kő)

Eredmények

Árpád-kori (11–13. századi) habarcsokon végzett vizsgálataink az első archeometriai vizsgálatoknak tekinthetők a Dél-Alföldön. A petrográfiai és ásványtani vizsgálatok által bizonyítottuk, hogy az alapozáshoz használt habarcsok mintegy kétszer annyi karbonátot tartalmaznak, mint a falazatban és egyéb helyen alkalmazott habarcsok. Az XRD-vizsgálatok során az azonos korú lelőhelyek habarcsai között kis különbség mutatkozott, de a megállapított mészhomok arány lehetőséget biztosított az építészeti szakaszok és a fennállási periódusok elkülönítésére. Megállapítottuk, hogy az Árpád-kor korai szakaszához magas karbonát/mész felhasználás köthető, de az egyes minták az 1:1 arányhoz viszonyítva meszesebbek (pl. Bánkút, Gádoros, Décs), viszont a kései (13–14. századi) periódusban jóval kevesebb mész felhasználásával készültek a falazó habarcsok (pl. Gyula 144. lelőhely; Nagyszénás 2. lelőhely). A hidraulikus tényező értékeinek meghatározása az egyes lelőhelyek esetében pontosabb építési kormeghatározást sajnos nem tett lehetővé, de megerősítették a régészeti megállapításokat.

IRODALOM

BÉRES 1992

Béres Mária: Csomorkány-pusztatemplom 1991. évi régészeti műemléki kutatásának eredményei. MKCSM, (1992) 21–30.

BÉRES 2000

Béres Mária: A Hódmezővásárhely-csomorkányi egyház. In: Kollár Tibor (szerk.): A középkori Dél-Alföld és Szer. Szeged, 2000. 193–217.

BÉRES et al. 2005

Béres, Mária – Kelemen, Éva – Fazekas, István: Csomorkány – A medieval village and its changing environment. Water management in medieval rural economy. *Ruralia*, V. (2005) 256–260.

CULTRONE et al. 2005

Cultrone, G. – Sebastian, E. – De La Torre, M. J.: Mineralogical and physical behavior of solid bricks with additives. *Construction and Building Materials*, 19. (2005) 39–48.

CSÁSZÁR 1986

Császár László: Építőmesterség a magyar múltban. Budapest, 1986. 11–24, 94–101, 130–131.

CSÁSZÁR 1997

Császár László: Építészek, építészet. Az épített világunk kis tükre. ÉTK 1997. 3–59.

GHERDÁN et al. 2010

Gherdán Katalin – Tóth Mária – Herbich Katalin – Hajnalová, Mária – Hložek, Martin – Prokeš, Lubomír – Mihály Judit – Horváth Tünde: Természettudomá-

nyos megfigyelések a középső és késő rézkori kultúrák fazekasáruin Balaton-
öszöd-temetői dűlő lelőhelyen. *Archeometriai Műhely*, 1. (2010) 83–104.

GYARMATI 1975

Gyarmati Pál: Tokaji-hegység. *MÁFI Évkönyv*, LVIII. (1975) 49–100, 126–127.

IONESCU et al. 2006

Ionescu, C. – Ghergari, L. – Tentea, O.: Interdisciplinary (mineralogical-
geological-archeological) study on the tegular material belonging to the
Legion XIII. Gemina from Alburnus Maior (Rosia Montană) and Apulum
(Alba Iulia): possible raw material sources. *Cercetări arheologice*, 13.
(2006) 413–436.

IVÁNYOSI-SZABÓ 1998

Iványosi-Szabó Andrea: Csongrád-Ellésmonostor Árpád-kori templom építő-
és díszítőanyagának közettani, földrajzi vizsgálata. *Műemlékvédelmi Szemle*,
2. (1998) 53–62.

JAKAB 2005

Jakab Attila: A téglavetésről. *JAMÉ*, XLVIII. (2005) 345–365.

KELEMEN 1999

Kelemen Éva: A csomorkányi templomrom Árpád- és középkori építőanya-
gainak komplex földtani vizsgálata. Kézirat. *KLTE Ásvány- és Földtani tan-
szék*, Debrecen, 1999.

KELEMEN 2001

Kelemen Éva: A téglakészítés régi mestersége. *Tisicum*, XII. (2001) 221–
227.

KELEMEN 2008

Kelemen Éva: A Hódmezővásárhely-csomorkányi romtemplom vizsgálatá-
nak archeometriai eredményei. *Acta GGM Debrecina*, 3. (2008) 85–93.

KELEMEN 2010

Kelemen Éva: Dél-alföldi középkori egyházak Árpád- és késő középkori
egyházak építőanyagainak összehasonlító archeometriai vizsgálata. PhD érte-
kezés. *DE Ásvány- és Földtani Tanszék*, Debrecen, 2010. 1–132.

KELEMEN-RÓZSA 2007

Kelemen Éva – Rózsa Péter: Történeti habarcsok datálási lehetőségei a „hid-
raulikus tényező” alapján. *Építőanyag*, 59/4. (2007) 111–113.

KLEB et al. 1982

Kleb Béla – Gálos Miklós – Ketész Pál – Marek István: Kutatási jelentés a
szegedi Móra Ferenc Múzeumban és a vári kőtárban, valamint az Alsóvárosi
templomban elhelyezett egyes kőelemek meghatározásáról. Kézirat. *BME
Ásvány és Földtani Tanszék*, 1982. 1–46.

KRISTÁLY-GÖMZE 2008

Kristály Ferenc – Gömze A. László: Remnants of organic pore-forming
additives in conventional clay brick materials: Optical Microscopy and
Scanning Electron Microscopy study. *Építőanyag*, 60/2 (2008) 34–38.

KRISTÁLY et al. 2012

Kristály, Ferenc – Kelemen, Éva – Rózsa, Péter – Nyilas, István – Papp, István: Mineralogical investigations of Medieval brick samples from Békés county (SE Hungary) *Archeometry* 54. 2. (2012) 250–266.

LŐVEI 1992

Lővei Pál: A tömött vörös mészkő – „vörös márvány” – a középkori magyarországi művészetben. *Ars Hungarica*, 2. (1992) 1–27.

LUKÁCS-SZÓNOKY 1994

Lukács Zsuzsa – Szónoky Miklós: A Szeged-alsóvárosi ferences kolostor kőfaragványai. Stílus műhelykapcsolatok a művészettörténeti és geológiai vizsgálatok alapján. Szeged, 1994. 12–17.

LUKÁCS et al. 1993

Lukács Zsuzsa – Szónoky Miklós – Hadnagy Árpád: A Szeged-alsóvárosi ferences kolostor kőfaragványairól. Tanulmányok Horler Miklós hetvenedik születésnapjára. *Művészettörténet-Műemlékvédelem*, IV. (1993) 155–172.

MRT 10

Jankovich B. Dénes – Medgyesi Pál – Nikolin Edit – Szatmári Imre – Torma István: Magyarország régészeti topográfiája. 10. Békés megye régészeti topográfiája. IV/3. Békés és Békéscsaba környéke. I. (Szerk.: Jankovich B. D.) Budapest, 1998. 170–180, 401–427, 459–486, 513–628.

NOSZKY 1940

Noszky Jenő: A Cserhát hegység földtani viszonyai. Budapest, 1940.

PINTÉR et al. 2004

Pintér, Farkas – Szakmány, György – Demény, Attila – Tóth, Mária: The provenance of „red marble” monuments from the 12th–18th centuries in Hungary. *European Journal of Mineral*, 16. (2004) 619–629.

RÓZSA-SZÖÖR 1988

Rózsa Péter – Szöör Gyula: Klinkertéglák vizsgálata mikroszkóppal, modális elemző módszerrel. *Építőanyag*, 40. (1988) 183–188.

RÓZSA 1993

Rózsa Péter: Jelentés a Székkutas-Kápolnásdűlő területén az 1987. év folyamán végzett régészeti feltárás során előkerült kőanyag vizsgálatáról. Kézirat. Debrecen, 1993.

SCHAFARZIK 1904

Schafarzik Ferenc: A Magyar Korona országai területén levő kőbányák. Budapest, 1904. 11–24, 56–61, 138–144, 301–304.

SIMULÁK-JENEI 2001

Simulák József – Jenei Ildikó: A csomorkányi templomrom tégláinak archeometriai elemzése. *Acta Geographica Debrecina*, XXXV. (2001) 263–274.

SZATMÁRI 1995

Szatmári Imre: Árpád-kori templomok Kamuton. *ArchÉrt*, 121–122. (1995) 37–55.

SZÓNOKY 1996

Szónoky Miklós: A szegedi Dömötör torony falából 1994. május 18-án, 1995. október 4-én, 1996. november 14-én vett furadékminták vizsgálati eredményei. Kézirat. Szeged, 1996.

SZÓNOKY 2001

Szónoky Miklós: Néhány Dél-alföldi középkori templom és kolostor faragott kőanyagának és tégláinak földtani vizsgálata és származása. Földtani Kutatás, XXXVIII/2. (2001) 18–20.

SZÓNOKY 2002

Szónoky Miklós: Előzetes kőzetvizsgálati jelentés Szermonostora néhány mintájáról. Kézirat. Szeged, 2002.

SZÓNOKY 2004

Szónoky Miklós: Szakértői vélemény a szegedi vár Vízibástyája tégláinak és habarcsainak geológiai vizsgálatáról. Kézirat. Szeged, 2004.

SZÓNOKY 2005

Szónoky Miklós: Kőzettani szakértői jelentés a Szermonostora ásatási kőzetanyagáról. Kézirat. Szeged, 2005.

T. JUHÁSZ 1992

T. Juhász Irén: A Csolt nemzetség monostora. Műemlékvédelem, XXXVI. (1992) 95–105.

TÖRÖK 2008

Török Ákos: Építészeti kőanyagok előfordulása és felhasználása a mai Magyarország területén a XVIII. századig. ME Közleményei, A sorozat, Bányászat, 74. (2008) 137–155.

VALTER 1987

Valter Ilona: Az őriszentpéteri késő középkori téглаégető kemence ComArchHung, 1987. 139–153.

VALTER 1989

Valter Ilona: Őriszentpéter. Középkori téглаégető kemence. Tájak Korok Múzeumok Kiskönyvtára, 334. (1989) 1–16.

VIZI 1990

Vizi István: A Szeged-Alsóvárosi „Mátyás-templom” középkori terméskőfaragványainak származása és műemlékvédelmi-kőzettani vizsgálata. Kézirat. Szeged, 1990.

ZÁDOR–T. VÁNDORFFY 1975

Zádor Mihály – T. Vándorffy Mária: A „hidraulikus tényező” szerepe a magyarországi habarcsok kormeghatározásánál. Építés–Építéstudomány, 7/1–2. (1975) 229–233.

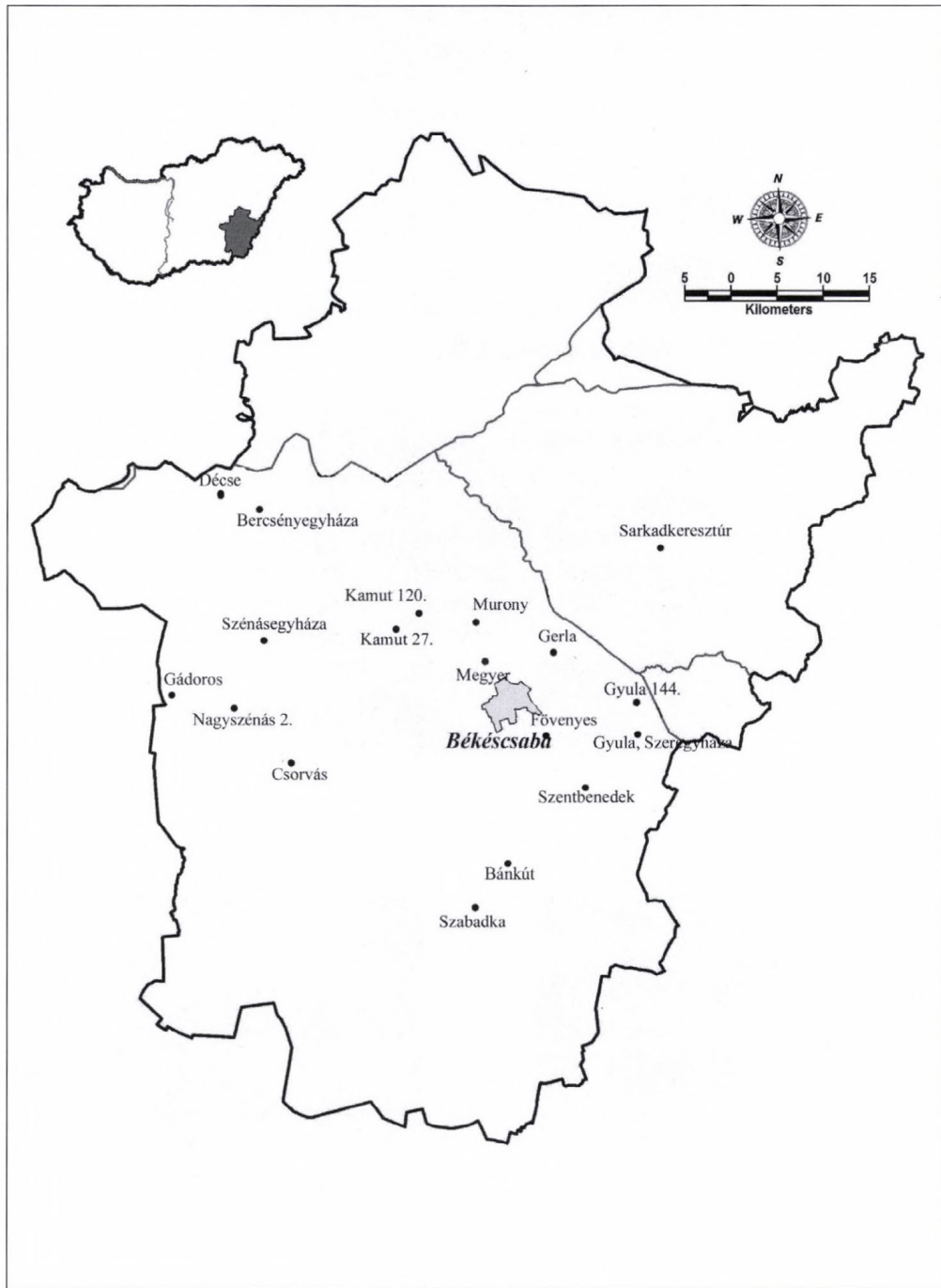
**Archaeometric analyses of building materials from medieval churches
of Békés county, Hungary**

**– Éva Kelemen – Ferenc Kristály – Mária Tóth – Péter Rózsa –
Bernadett Bajnóczi – István Nyilas – István Papp –**

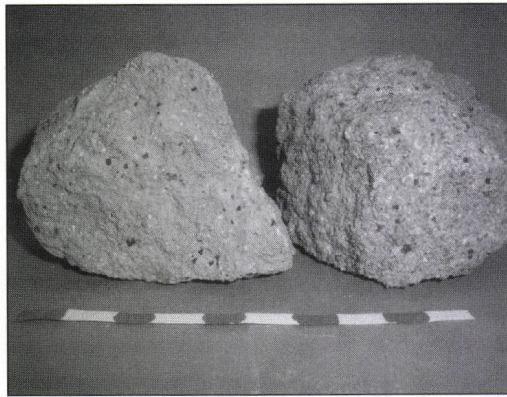
Resume

This study presents the results of a comparative archaeometric analysis performed on the excavated building material (52 stone, 31 brick and 44 mortar samples) of seven rural churches (10–16th centuries), one ancestral monastery and two settlements from the Arpad Age. The aim of the comparative analysis was to identify the building materials used at each excavation sites and their source quarries and to define historical distribution of use. In the case of brick samples the aim was to define composition and firing temperatures, while for mortar samples to compare mortar compositions found in different areas, buildings and building periods. Based on the available data it is presumed that the stone samples examined can be associated with source quarries situated along River Maros and the source area of River Körös. In some cases direct evidences of source quarries were found. Complementing archaeological and historical data with the results of archaeometric analyses it is established that the brick samples were manufactured from locally available clay and loess raw materials with einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.) chaff and sand and grog temper. Based on the phase composition, the bricks were fired at 650–850 °C firing temperature most probably in local kilns. Firing temperature depended on the precise location of the bricks in the kiln. Differences were found between the proportions of sand and carbonate contents of mortar samples used in walls and in the foundation of rural churches and ancestral monasteries. Time-period-dependent changes of the quantity of carbonate content were identified.

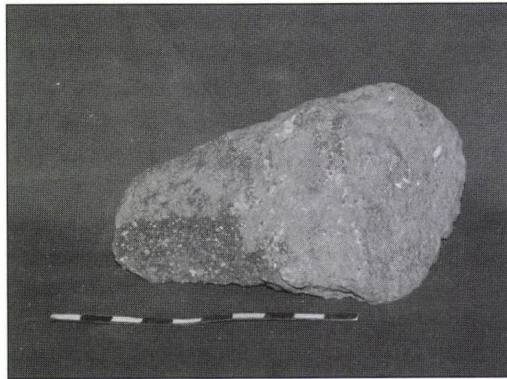
*Kelemen Éva
Debreceni Egyetem
Ásvány- és Földtani Tanszék
H-4024 Debrecen, Egyetem tér 1.
kelemene69@yahoo.com*



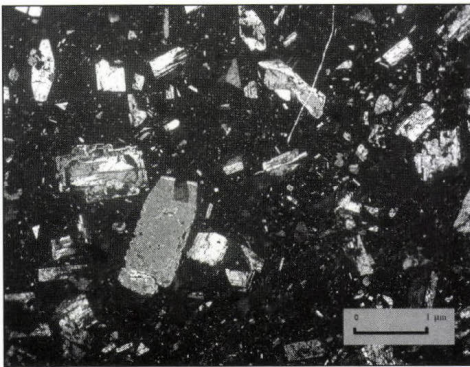
1. kép. A vizsgált lelőhelyek elhelyezkedése



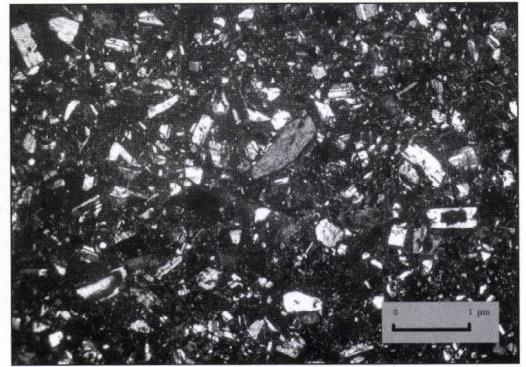
a



b

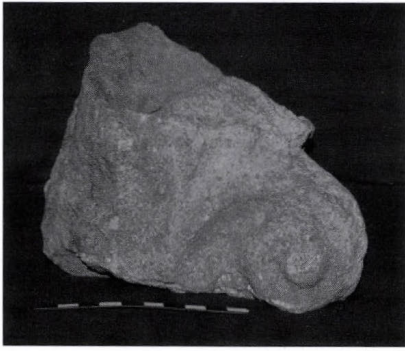


c

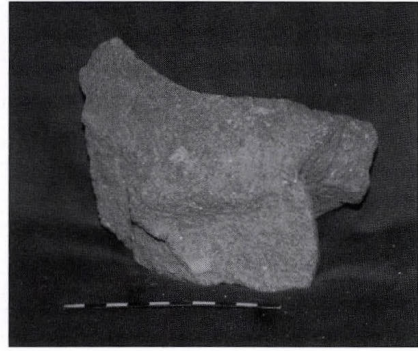


d

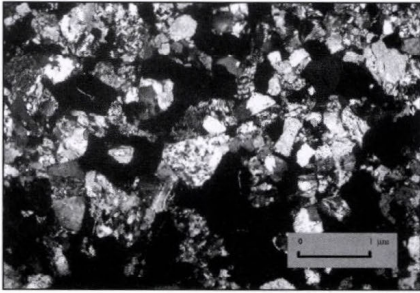
2. kép. a: Kamut 27. lelőhely (MMM ltsz.: 92.1.32.) világosszürke andezit;
b: Gyula-Szabadka (EFM ltsz.: 98.2.193.) világosszürke andezit;
c: Fővenyes (EFM ltsz.: 86.8.132.) vékonycsiszolati kép (+N, 2x);
d: Gerlamonostor (MMM ltsz.: 86.1.147.) vékonycsiszolati kép (+N, 2x)



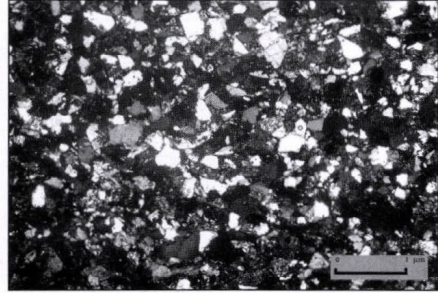
a



b



c

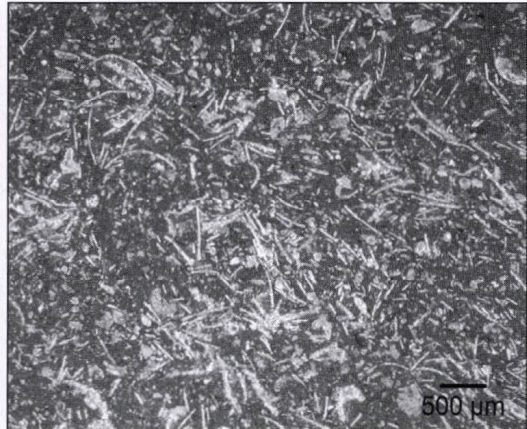


d

3. kép. a: Gerlamonostor (MMM ltsz.: 86.1.149.); b: Fövényes (EFM ltsz.: 86.8.133.);
c: Gerlamonostor (MMM ltsz.: 86.1.146.) vékonycsiszolati kép (+N, 2x);
d: Szénásegyháza (MMM ltsz.: 95.15.103.) vékonycsiszolati kép (+N, 2x)

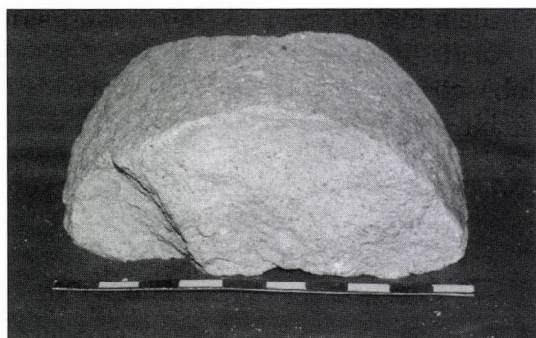


a

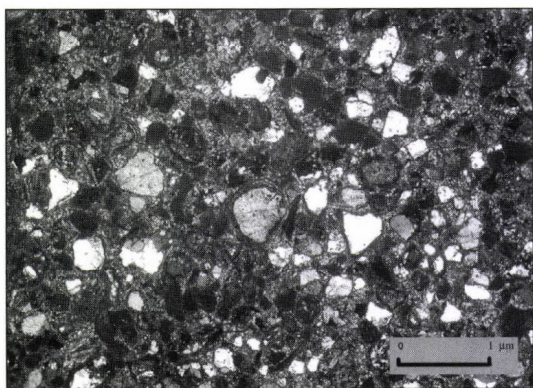


b

4. kép. a-b: Vörös mészkő (vörös „márvány”) minta (Décse, MMM ltsz.: 95.23.67.)
és vékonycsiszolati képe (+N, 2x)



a

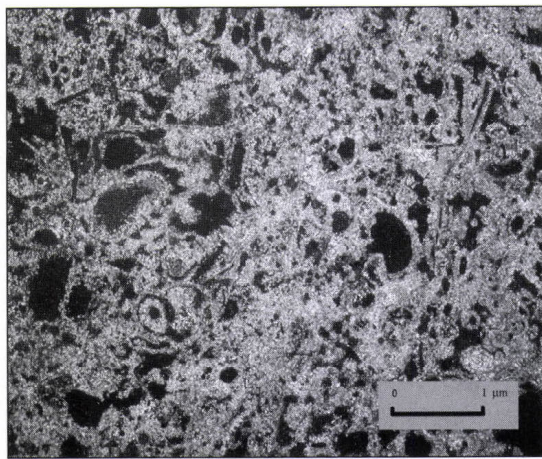


b

5. kép. a-b: Lithotamniumos mészkőfaragvány (Gerlamonostor, MMM ltsz.: 86.1.157.) és vékonycsiszolati képe (+N, 2x)

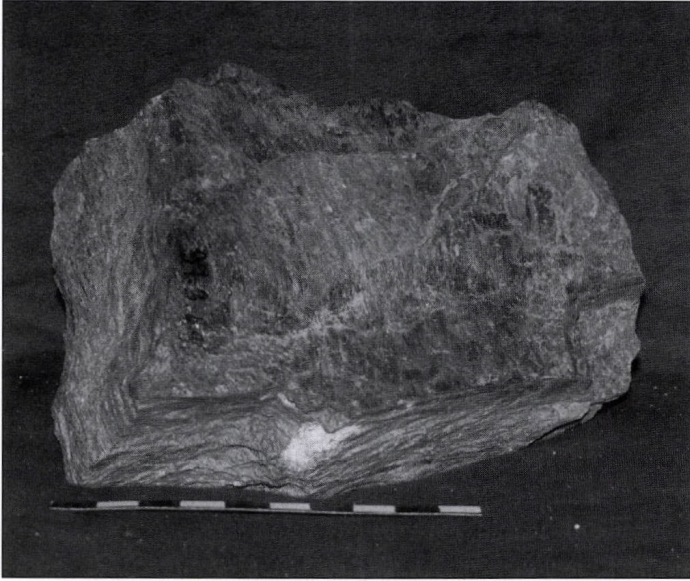


a

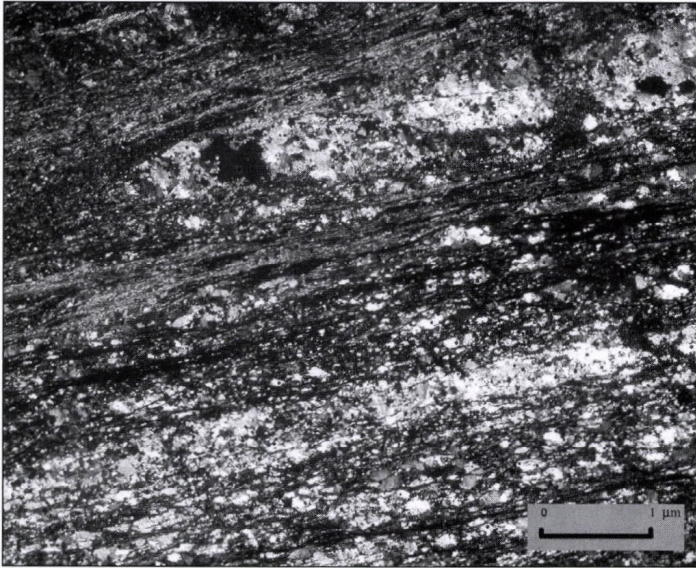


b

6. kép. a-b: Ooidos durvamészke faragvány (Megyer, MMM ltsz.: 86.3.29.) és a minta pátos kalcittal kitöltött vékonycsiszolati képe (+N, 2x)

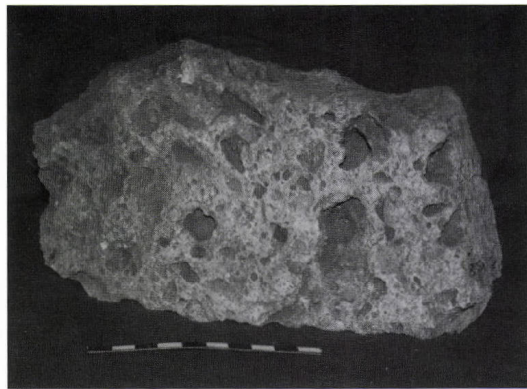


a

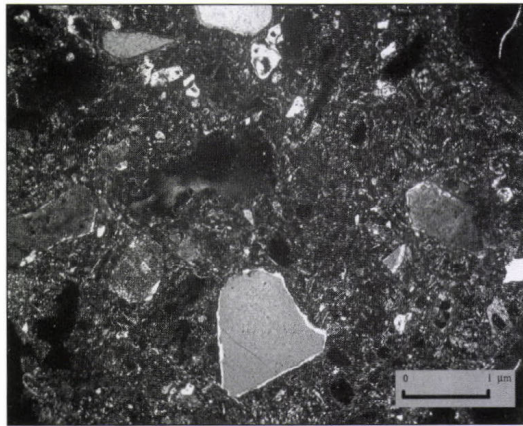


b

7. kép. a-b: Szericites pala
(Csorvás, MMM ltsz.: 97.3.49.)
makro- és szöveti képe (+N, 2x)

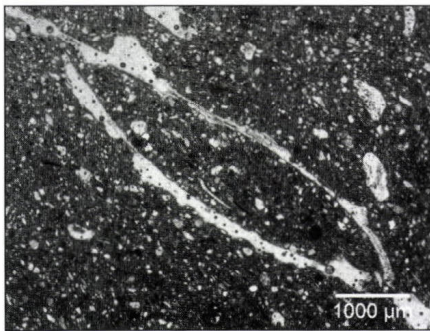


a

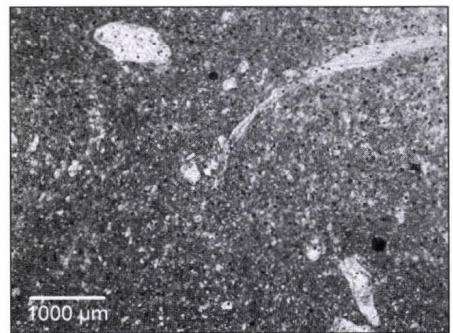


b

8. kép. a-b: Dácit breccsa és mikroszkópos szöveti képe (Décse, MMM ltsz.: 95.23.1.)



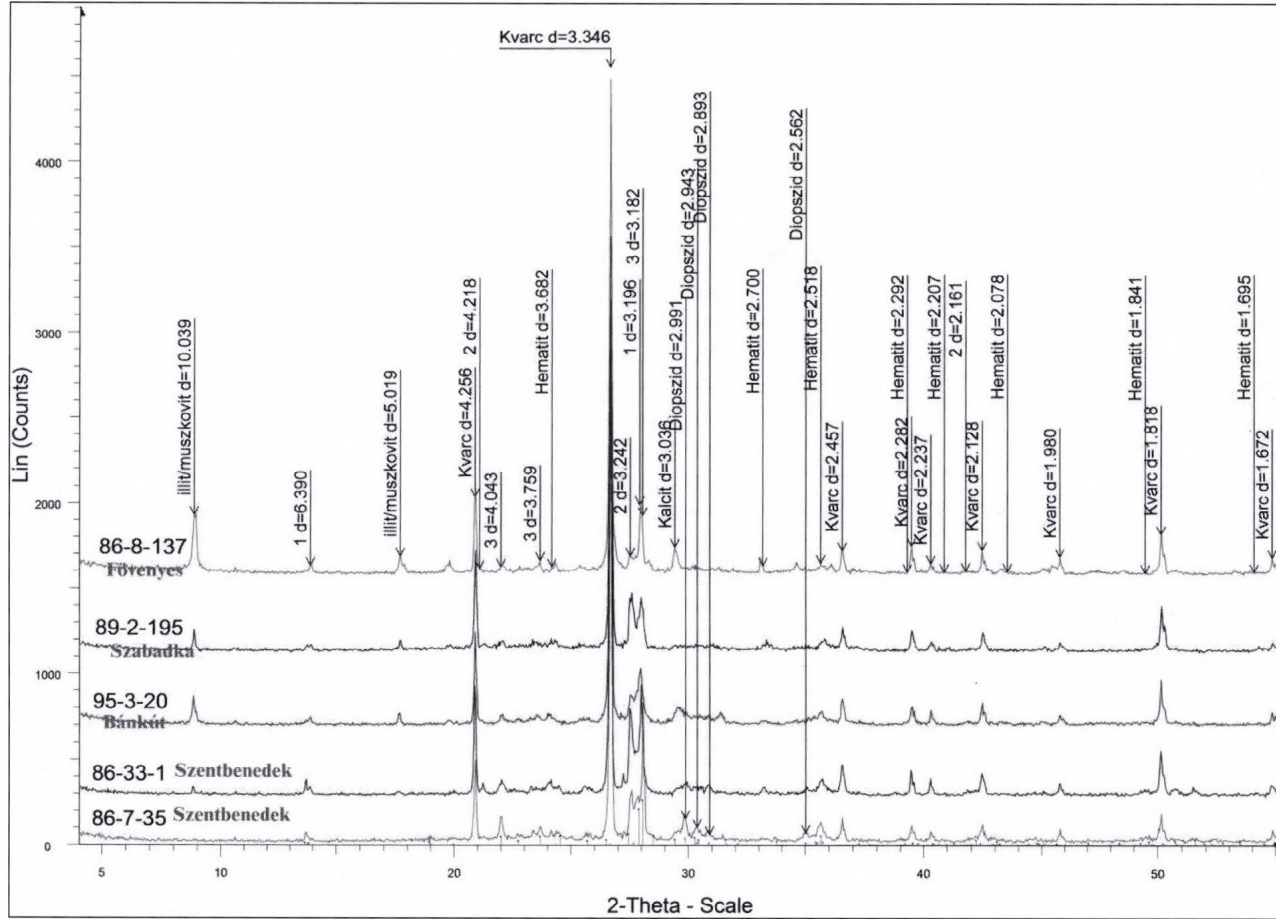
a



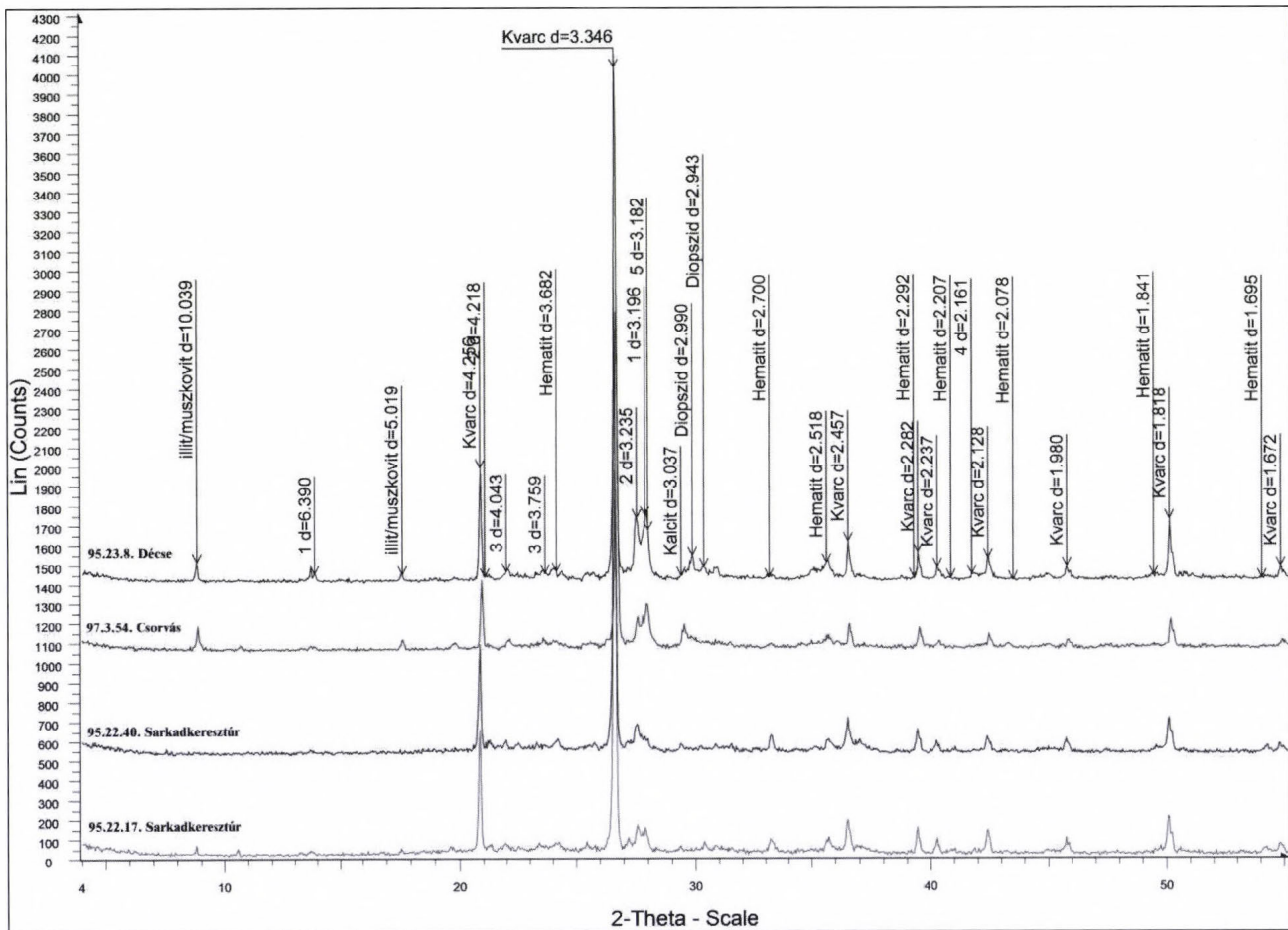
b

9. kép. Téglaminták vékonycsiszolatai.

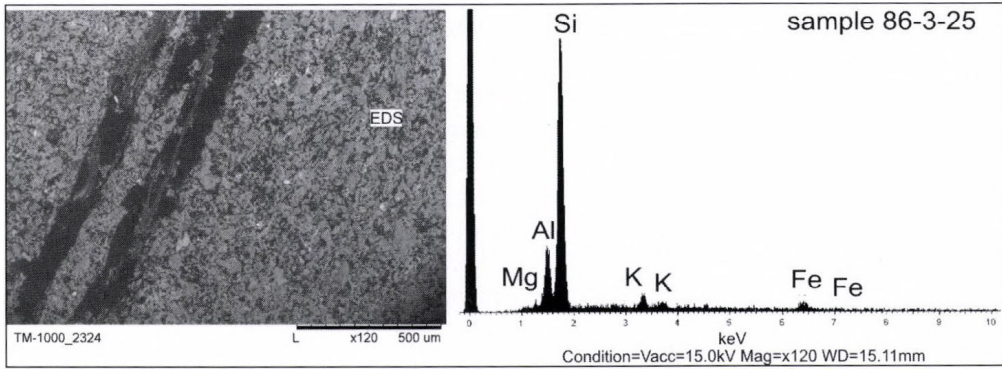
- a: pelyva átmetszete (Kamut 27. lelőhely, MMM ltsz.: 92.1.31.) (1N, 4x);
b: mollusca héjmaradvány (Kamut 120. lelőhely, MMM ltsz.: 90.1.8.) (1N, 2x)



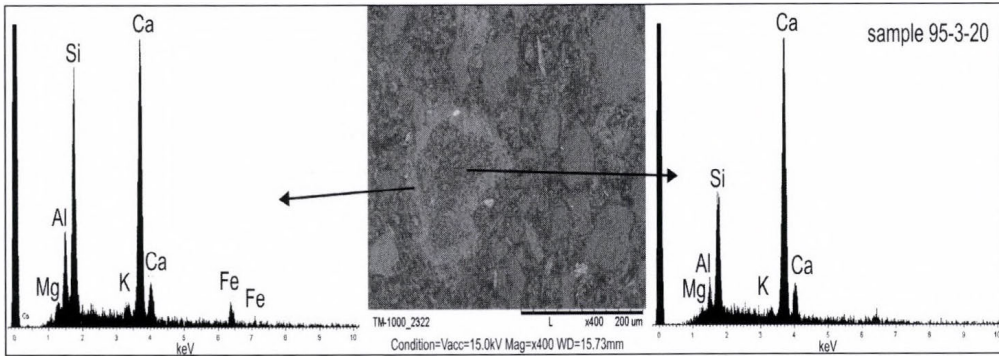
10. kép. Békés megyei téglaminták röntgen-pordiffraktogramjai (1. csoport)



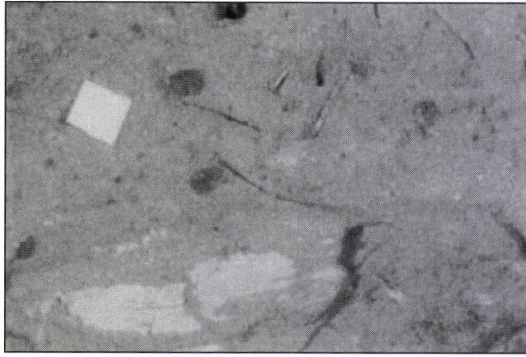
11. kép. Békés megyei téglaminták röntgen-pordiffraktogramjai (5. csoport)



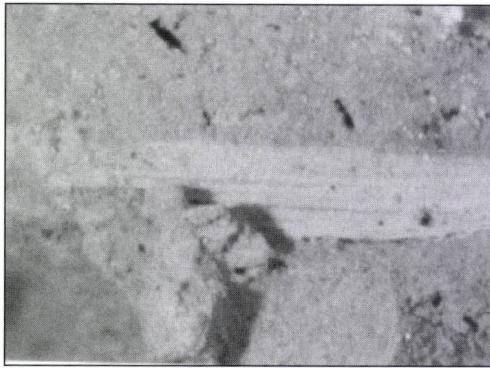
12. kép. Átkristályosodott növényi maradvány visszaszórt elektron képe és a mátrix EDS spektruma



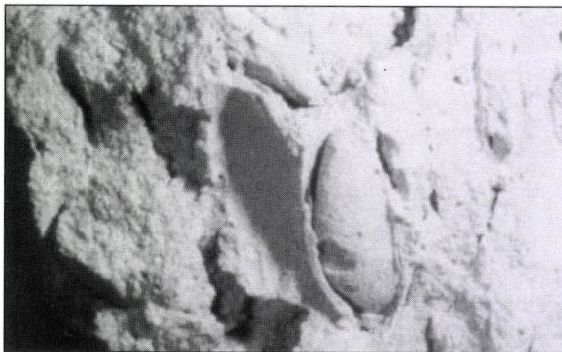
13. kép. Egy gehlenit és diopszid tartalmú reakciószegéllyel rendelkező kalciumszemese visszaszórt elektronképe, a mag és a szegély EDS spektrumával



a

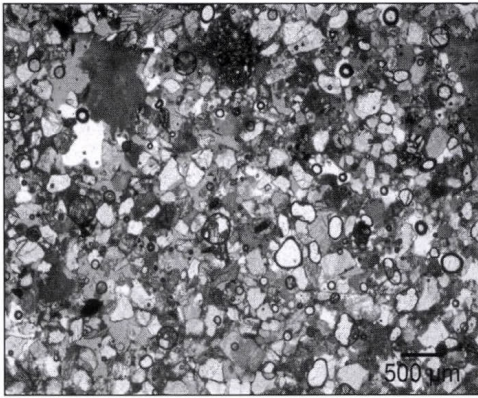


b

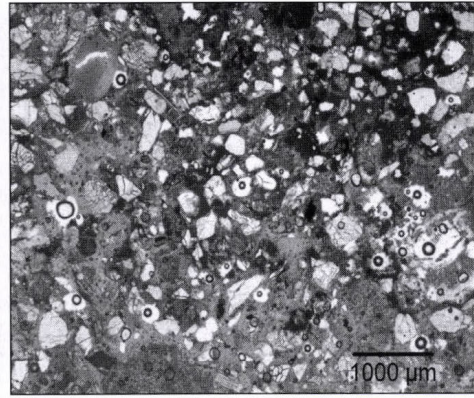


c

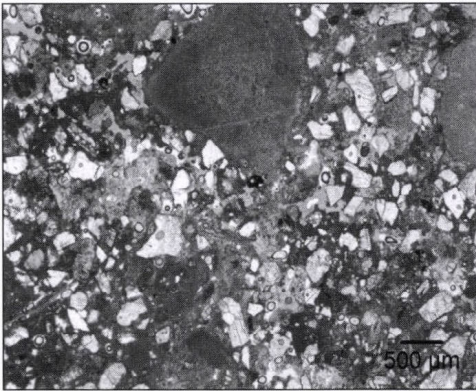
14. kép. a-c: Kerámiaőrlemény és pelyvamaradványok a téglamintákban



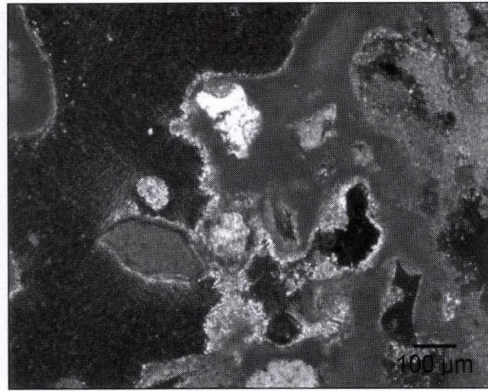
a



b



c



d

15. kép. Habarcsminták vékonycsiszolati képe.

a: Bánkút, Rózsa-major (MMM ltsz.: 95.3.19.) (1N, 2x);

b: Dégse (MMM ltsz.: 95.23.7.) (1N, 2x);

c: Gyula, Szeregyháza (EFM ltsz.: 86.32.121.) (1N, 2x);

d: Nagyszénás 2. lelőhely (SZKJM ltsz.: 99.1.4.) (+N, 10x)

