

A mikházi római segédcsapattábor és település területén feltárt római kori vassalakok összehasonlító vizsgálata

Comparative Study of Roman Iron Slags Discovered in the Roman Auxiliary Fort and Settlement of Călugăreni

Bitay Enikő,¹ Kacsó Irén,² Pánczél Szilamér Péter,³ Veress Erzsébet⁴

¹ Sapiientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Marosvásárhely, Románia, ebitay@ms.sapiientia.ro

² Izotóp és Molekuláris Technológiai Kutatóintézet (INCDTIM), Kolozsvár, Románia, iren.kacso@gmail.com

³ Maros Megyei Múzeum, Marosvásárhely, Románia, pszilamer@yahoo.com

⁴ Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, Románia, veresserszsebet@gmail.com

Összefoglalás

A római Dacia keleti határán, a mikházi (Călugăreni) segédcsapattáborban és katonai településen végzett régészeti feltárások során előkerült vassalakminták makroszkópos és optikai mikroszkópos (OM) jellemzőit, továbbá a minták FTIR-spektroszkópiai vizsgálatának eddig nyert eredményeit elemezzük az eltérő származású vassalakok összehasonlító értékelése érdekében. A friss feltárások során nagy mennyiségű korabeli vastárgy mellett számos vassalaktöredék került a felszínre. Jelen dolgozatunk a helyszínről származó 17 vassalakminta adatait vizsgálja.

Kulcsszavak: vassalakelemek, makroszkópos jellemzés, optikai mikroszkópia, FTIR.

Abstract

Iron slag samples unearthed at the eastern border of Roman Dacia, in the auxiliary fort and the military settlement of Călugăreni (Mikháza) are investigated by macroscopic inspection, optical microscopy (OM) and FTIR spectroscopy in order to comparatively characterize their macro- and microstructure as well as their mineralogical composition. During the recent archaeological excavations, a large number of iron artefacts were discovered together with a great quantity of iron slag fragments. The present paper focuses on the data obtained from 17 slag samples.

Keywords: iron slags, macroscopic investigation, optical microscopy, FTIR spectroscopy.

1. Bevezető

A rómaiakat többek között a gazdag érc- és sóbányák megszerzése készítette Dácia meghódítására. A II. század elején a legyőzött Dák királyság területén római tartományt szerveztek, amely a III. század első feléig tartó gyors fejlődésnek indult. A hódítás után elkezdődött az új tartomány határvédelmi rendszerének (*limes*) a Római Birodalom más részeiről ismert módon való kialakítása is. A határvonalra, a körkörös védelmi rendszer külső védelmi vonalára elsősorban segédcsapatok kerültek [1, 2], míg a terület bel-

sejében segédcsapatok mellett légiós csapatok is állomásoztak. A barbár betörések gyakorisága, a birodalom gazdasági és politikai instabilitása miatt végül Aurelianus császár a 270-es évek elején feladta a tartományt, és a dunai védelmi vonalra vonta vissza a hadsereget.

A mai Maros megye területén húzódó egykori római határszakaszon három segédcsapattáborot ismerünk, a hozzájuk tartozó polgári településekkel egyetemben, ezek a mai Marosvécs (Brâncovenesti), Mikháza (Călugăreni) és Sóvárád (Sărățeni) területén találhatók.

A mikházi segédcsapattábor a Nyárad völgyének védelmében töltött be fontos stratégiai szerepet. A II–III. század folyamán a több mint negyvenhektáros település a Nyárad völgye legfontosabb gazdasági és katonai központja volt. A régészeti kutatások és a geofizikai mérések alapján a település szívében levő 2,3 hektár alapterületű, téglalap alakú, ÉK–DNY tájolású katonai tábor (*castrum/castellum*) alaprajza és beosztása szigorúan követte a római tábori építészet szabályait [3, 4]. A körülötte kialakult polgári település (*vicus militaris*) a mai falu nyugati része, illetve a Mikháza és Deményháza közötti szántóföldek alatt van (1., 2. ábra) [3, 4].

A jelenleg is folyó tervásatások fő célja a castrumbeli főutak kereszteződésénél álló parancsnoki épület (*principia*), illetve a vicus egyes maradványainak kutatása.

2. Kísérleti rész

2.1. A salakminták rövid jellemzése

A vizsgált vassalakminták (1. táblázat) nagyjából a mikházi 2013-as és 2014-es régészeti feltárásokból származnak. Ezek a vicusban feltárt lakóépületek, illetve a hozzá tartozó gazdasági épületek omladékából (C, C1, C2 ásatási szelvények) kerültek elő. A 2015 utáni leletek (A2, A5, A2016, A6 szelvények) a katonai tábor parancsnoksági épületének (*principia*) késői (III. sz.) fázisához tartoznak. Kiválasztásuk tekintetében az elsődleges szempont minden esetben a régészeti relevancia volt, ugyanakkor elegendő mennyiségben rendelkezésre kellett állniuk a tervezett vizsgálatok elvégzéséhez.

A makroszkópos jellemzéshez a mintákat szabad szemmel, nappali fényben, 5x-ös nagyításban



1. ábra. A vicus (1) és a segédcsapattábor (2) területén folyó feltárások (készítette: Laczkó Nándor)



2. ábra. A lelőhely virtuális rekonstrukciója (készítette: Vasáros Zsolt)

1. táblázat. A vizsgált vassalakminták

| No. | Leltári szám | Ásatási szelvény | Kontextus-szám | Ásatási év |
|-----------------------------|--------------|------------------|----------------|------------|
| Ásatási helyszín: vicus | | | | |
| 1 | 2008 | C | 2000 | 2013 |
| 2 | 2155 | C | 2001 | 2013 |
| 3 | 2318 | C | 2005 | 2013 |
| 4 | 2342 | C | 2005 | 2013 |
| 5 | 2355 | C | 2009 | 2013 |
| 6 | 2356 | C | 2009 | 2013 |
| 7 | 4009 | C2 | 2039 | 2014 |
| 8 | 4137 | C1 | 2034 | 2014 |
| 9 | 4169 | C2 | 2039 | 2014 |
| 10 | 4222 | C1 | 2038 | 2014 |
| 11 | 4251 | C1 | 2035 | 2014 |
| 12 | 4264 | C1 | 2038 | 2014 |
| Ásatási helyszín: principia | | | | |
| 13 | 10 218 | A2 | 109 | 2015 |
| 14 | 10 532 | A5 | 250 | 2016 |
| 15 | 10 661 | A5 | 339 | 2016 |
| 16 | 10 673 | A2016 | 346 | 2016 |
| 17 | 11 145 | A6 | 443 | 2017 |

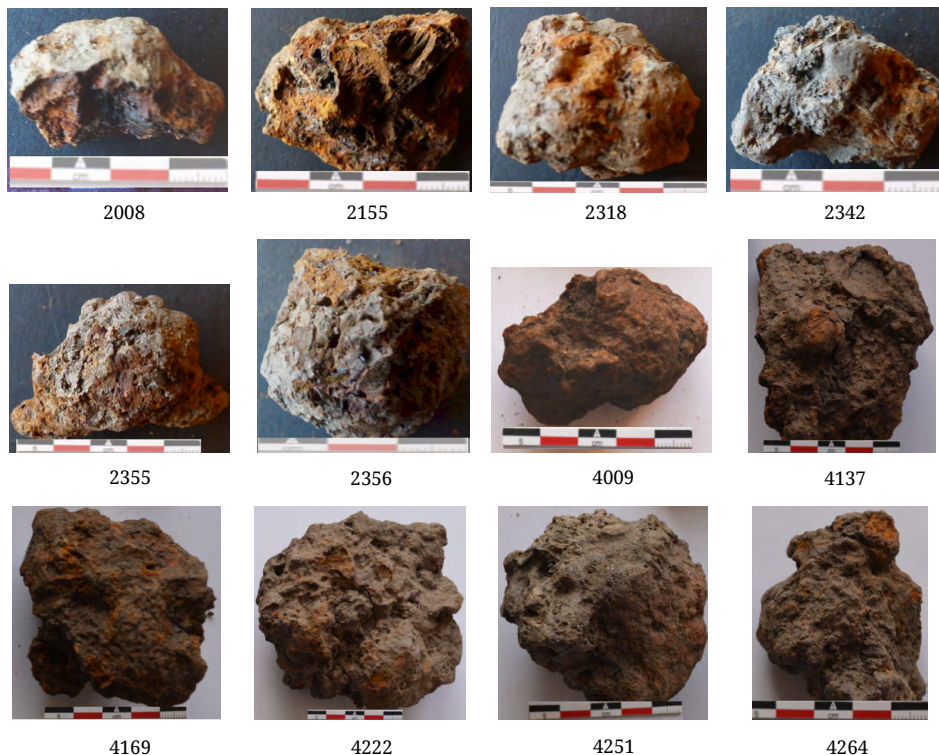
vizsgáltuk, a makrofotók a **3. és 4. ábrákon** láthatók.

A minták viszonylag kis száma nem engedi meg a lelőhely, ásatási szelvény, kontextus szerinti csoportosítást makroszkópos jellemzőik alapján.

A vicus területéről gyűjtött minták nagy része részlegesen üvegesedett, külső felülete jellemzően sötétebb szürke, illetve feketés zónákat tartalmaz, kisebb-nagyobb mennyiségű fémvas „gyönggyel”.

A 2008., 2155., 2355., 2356., 4009., 4264. minta szívacos, könnyű, erősen buborékos, habkőszerű. Szembetűnően heterogének, felületükön szürkés, vöröses, feketés, agyagos-sárgás zónák és üveges részek láthatók. A legtöbb mintában beágyazódott fekete magnetitkristályok is vannak. Minden minta számos apróbb-nagyobb fémcsépet (vasat) tartalmaz. A buborékok, repedések mélye általában feketés, fémgöngy „fészkekkel”.

A hasonlóan heterogén 4137., 4169. és 4222. minta szerkezete tömörebb. Sokkal keményebbek és nehezebben poríthatók, belsőjük jellemzően sötétszürke-feketés. A 4137. minta szendvics szerkezetű, 3–4 mm vastag külső terrakotta színű héja alatt 3–4 mm vastagságú fekete réteg burkolja a terrakotta belsőt.



3. ábra. A vicus területéről gyűjtött minták makrofotói



4. ábra. A principia területéről gyűjtött minták makrofotói

A principia területéről származó minták makroszkópos jellemzőikben a vicusbeli csoporttól részben eltérnek. A 10218. tömörebb, számos apró buborékkal. Réteges szerkezetű: külső rétege agyagos, porlik, a belső rész feketés-üveges, kemény, nehezen törhető, sok apró fémgönggyel. A 10532. minta is tömörebb, nagy buborékokkal. Könnyen törik, de nehéz porítani. Kívül-belül sötétszürke, a nagy üregek üveges mélyén „fészekben” kivált fémgönggyökkel. A tömörebb 10661. minta keményebb (nehezebb porítani), de töredezett (lemezesen hasad). Felülete szürke, belseje vöröses agyagos, a feketés repedések mélyén kevés apró fémcsepp van. A 11145. minta könnyű, közepesen buborékos, szivacsos, könnyen porítható (lemezesen-hasábosan törik). Felülete szürke, belső része vöröses-agyagos, lemezes szerkezetű, fehér zárványokat, kevés fémgönggyöt tartalmaz.

2.2. A minták vizsgálatának eredményei

2.2.1. Optikai mikroszkópia

Az optikai mikroszkópos (OM) vizsgálat [5, 6] során a minták kezeletlen felületéről, illetve friss, csiszolatlan töretéről Dino-Lite Edge AM4115T típusú, polarizáció nélküli digitális mikroszkóp és DinoCapture 2.0 képfeldolgozó program segítségével 500x nagyítású mikrofotókat készítettünk. A legjellemzőbb mikrofotókat az 5. és 6. ábrán tettük közzé.

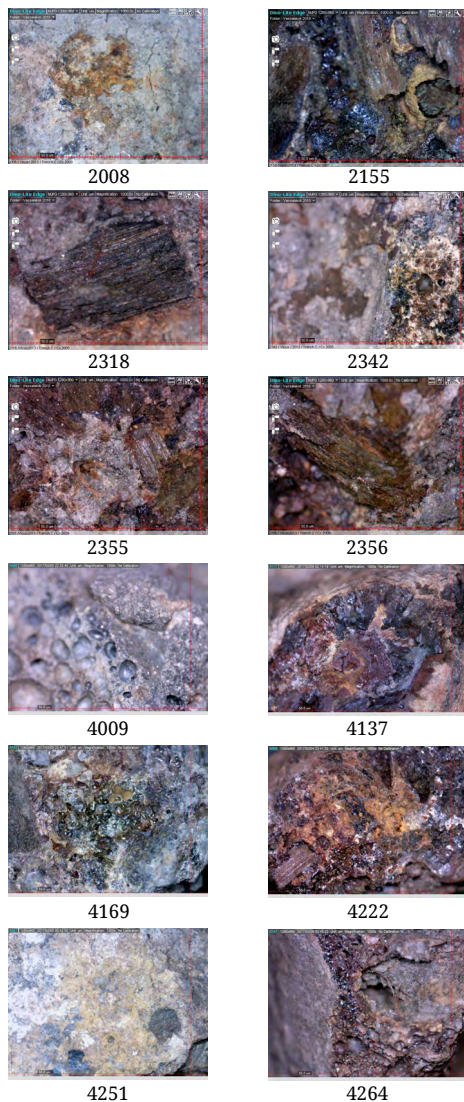
A mikrofelvételekről leolvasható ásványtani adatok kiértékelése folyamatban van, egyes megállapítások azonban már tehetők.

A minták mindegyike gázbuborékos, de a buborékok mérete és sűrűsége az egyes minták esetében jelentősen különbözik. Minden mintára jellemző az egyes esetekben meghatározó jellegű fémszemcse (fémvas) kiválás, kisebb mennyiségben tartalmaznak magnetitkristályokat is.

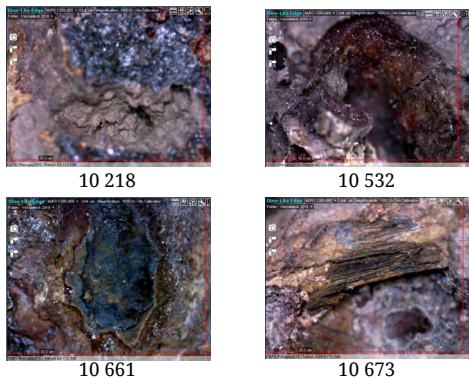
A jól kristályosodott mintákban könnyen azonosítható a fayalit és a wüstit fázis. [7]

2.2.2. FTIR-spektroszkópia

A régészeti vassalakok FTIR-spektruma a lelet keletkezése és földbe kerülése során végbement folyamatok tisztázásának hasznos eszköze [8–10].



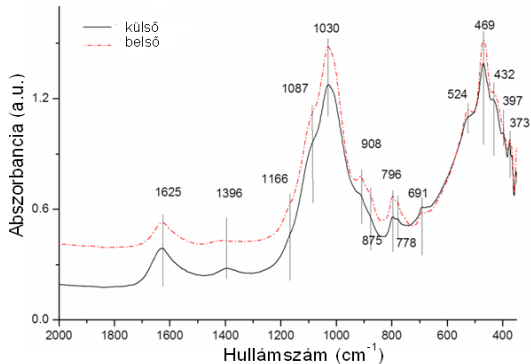
5. ábra. A vicus területéről származó minták jellemző mikrofotói (eredeti nagyítás: 500x)



6. ábra. A principia területéről származó minták jellemző mikrofotói (eredeti nagyítás: 500x)

A szabad és kötött OH által generált, 3700–3000 cm^{-1} közötti, jellemzően széles, általában közepes intenzitású elnyelési sáv és az 1100–1000 cm^{-1} közötti nagy intenzitású, széles, közel szimmetrikus alumino-szilikát sáv együttesen megbízhatóan utal a szerkezeti rendezettségre: a salakolvadék lehűlésekor végbement kristályosodásra, illetve a földbe kerülés során elszennvedett környezeti hatások következtében való degradálódásra, a sávok dekonvolúciója révén azonosítható komponensek pedig megerősít(het)ik a közettani mikroszkópia és a röntgendiffraktometria adataiból következő ásványösszetételt, különösen a makrolemi összetétel ismeretében.

A hőkezelés nélküli vassalakmintákat achátmoszársban porítottuk. Az FTIR-spektrumok felvétele 1 cm^{-1} felbontású JASCO FTIR-6100 spektrométerrel történt. A homogenizált bulk összetételnek megfelelő spektrumok KBr pasztillákon készültek, a 4000–400 cm^{-1} hullámszámtartományban. A vicusból származó 4009–4264. mintacsoport



7. ábra. A salakok felületi rétegének és belsejének FTIR-spektruma a 2000–400 cm^{-1} tartományban (4009 minta, vicus)

felületi rétegét és a belsejét külön is vizsgáltuk (7. ábra, 2. táblázat).

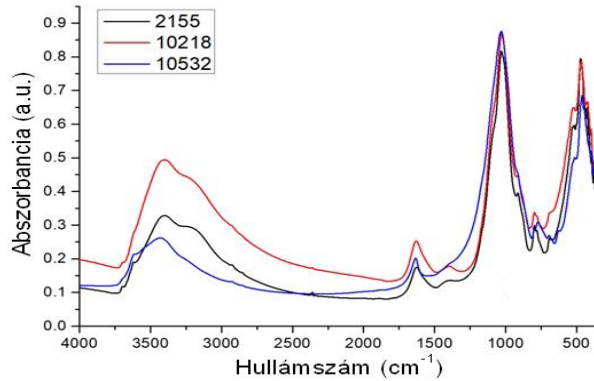
Három, régészetileg érdekes salaklelet (a vicus területén előkerült 2155., és a principia területén talált 10218. és 10532. minta) FTIR-vizsgálata kiterjedt a teljes hullámszám-tartományra (8. ábra, 3. táblázat). Mivel azonban az eddigi eredmények a (főleg a szabad és kötött OH által meghatározott) 4000–2000 cm^{-1} spektrumtartomány kielégítő értelmezését nem teszik lehetővé, jelen dolgozatban a többi minta esetében csak az FTIR-spektrumok 2000–400 cm^{-1} hullámszámtartományát tárgyaljuk.

A 2000–400 cm^{-1} hullámszámtartományban a 4009. minta 7. ábrán látható spektrumaihoz hasonlóan a minták külső rétegének és belsejének abszorpciós sávjai gyakorlatilag egybeesnek, jelezve, hogy bár kisebb geokémiai átalakulások minden bizonnyal végbemennek, ezeknek az adott esetben nincs döntő befolyásuk.

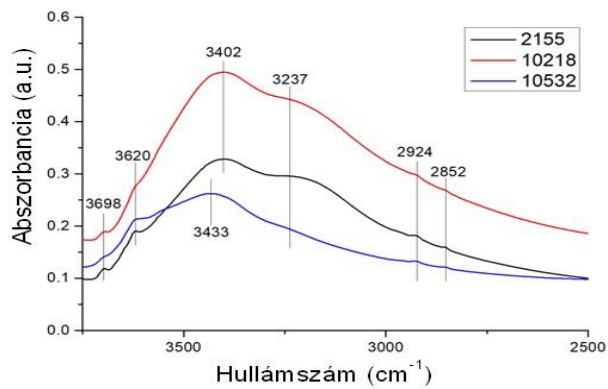
2. táblázat. FTIR-spektrumvonalcsúcsok (bulk) és hozzárendelések a 2000–400 cm^{-1} tartományban

| Hullámszám (cm^{-1}) | | | | | | Hozzárendelések |
|---------------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|--|
| 4009 | 4137 | 4169 | 4222 | 4251 | 4264 | |
| 1630 | 1620 | 1625 | 1620 | 1627 | 1630 | OH, FeO(OH) |
| 1394 sh | 1698 | 1396 | 1396 | 1394 | 1401 | CO ₂ |
| 1167 sh 1076 sh 1045 | 1084 sh 1029 | 1166 sh 1087 sh 1030 | 1166 sh 1087 sh 1030 | 1094 sh 1025 | 1165 sh 1080 sh 1023 | SiO ₄ , AlO ₄ domináns FeO(OH) 1084 |
| 913 876 | 908 882 | 908 875 | 908 875 | 906 sh | 913 sh | Fe ₂ O ₃ 1100 CO ₂ 880-860 |
| 794 776 | 796 779 | 796 778 | 796 778 | 789 | 796 778 | SiO ₄ , AlO ₄ domináns FeO(OH) 803 |
| 524 462 421 | 526 467 435 | 524 469 462 sh | 524 469 462 sh | 524 sh 467 428 | 526 sh 471 421 | Fe ₂ O ₃ 550, 417 FeO(OH) 470, 410 Si-O, Al-O, 470-460 |

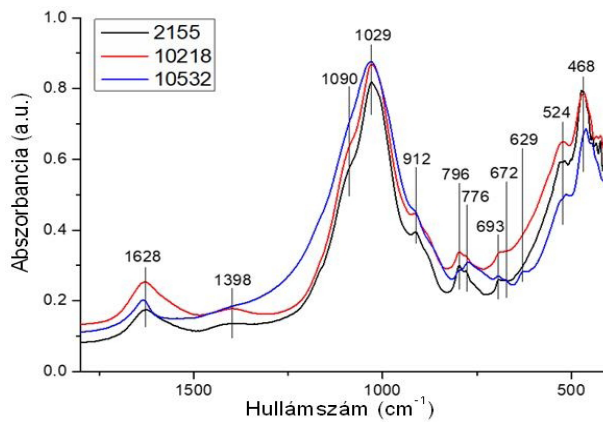
a)



b)



c)



8. ábra. A részletes vizsgálatra kiválasztott salakok FTIR-spektruma.

Hullámszámtartomány: (a) 4000–400 cm^{-1} , (b) 4000–2500 cm^{-1} , (c) 2000–400 cm^{-1}

3. táblázat. A részletes vizsgálatra kiválasztott salakok FTIR-adatai a teljes hullámszámtartományban

| Hullámszám (cm ⁻¹) | | | Hozzárendelések |
|--------------------------------|-------|-------|--|
| 2155 | 10218 | 10532 | |
| 3618 | 3621 | 3616 | OH |
| | | 3549 | |
| 3401 | 3403 | | |
| 3221 | 3220 | 3243 | |
| 2923 | 2924 | 2914 | |
| 2853 | 2851 | 2854 | |
| 1627 | 1629 | 1635 | |
| 1398 | 1398 | 1393 | SiO ₄ |
| 1090 | 1090 | | SiO ₄ , AlO ₄ 1100-900 FeO(OH), Fe ₂ O ₃ 1105, 1084 |
| 1029 | 1030 | 1030 | |
| 912 | 915 | 914 | |
| 797 | 797 | 799 | SiO ₄ 798-782, FeO(OH) 803 |
| 779 | 777 | 773 | FeO(OH) |
| 693 | 695 | 693 | AlO ₄ |
| | | 627 | SiO ₄ 630 |
| 520 | 523 | 515 | Fe ₂ O ₃ |
| 471 | 465 | 431 | FeO(OH) 470 Fe ₂ O ₃ 432 |

A 4009–4264. mintacsoportra jellemző elnyelési frekvenciákat és a megfelelő hozzárendeléseket a **2. táblázat**ban foglaltuk össze, a részletes vizsgálatra kiválasztott három salakminta FTIR-adatait a teljes spektrumtartományra a **3. táblázat** tartalmazza.

A **2. és 3. táblázat** FTIR abszorpciók adatait a 2000–400 cm⁻¹ hullámszámtartományban összehasonlítva, lényegi eltéréseket nem találunk, bár kisebb-nagyobb különbségek természetesen akadnak. A megállapítás érvényes a 4009–4264. mintacsoportra nézve is (**2. táblázat**). Eddigi eredményeink alapján az újabb minták jó egyezést mutatnak a 2013-ban begyűjtött mintacsoporttal is, további megállapításokat azonban csak további adatok birtokában, a folyamatban levő XRD, XRF, ICP-MS-vizsgálatok lezárása után lehet tenni.

3. Következtetések

Mikháza katonailag jelentős pont volt a római limes Dacia keleti részében húzódó szakaszán. A jelenleg is folyó régészeti feltárások során nagy mennyiségű vassalakat találtak, eddig azonban sem kovácsműhely, sem bucakohó nem került elő, a salak tehát származhat import vasbucák feldolgozásából, vagy tönkrement vastárgyak (fegyverek, mindennapi használati tárgyak) javításából, alakításából is.

A kérdés tisztázására 17 vassalakmintát vizsgáltunk, a vizsgálatot a makroszkópos értékelés után optikai mikroszkópiával és FTIR-spektroszkópiával kezdtük.

A 2000–400 cm⁻¹ FTIR-spektrumtartományban jellemző módon jelentkező abszorpciós sávok alapján a minták kisebb mennyiségű karbonát (és feltehetően alumínát) mellett alapvetően szilikátokból állnak. A karbonát származhat a mintákat a földbe kerülés ideje alatt ért környezeti hatások következtében végbement karbonátosodásból is.

A mikrofotók alapján a fő kristályos ásványfázis minden esetben nagy valószínűséggel a fayalit (Fe₂SiO₄). A minták minden esetben nagy mennyiségű vasat tartalmaznak. Gyakorlatilag minden mintában előfordul magnetit is. Ennek alapján és az üveges fázis jelenléte szerint a minták a kovácslás (esetleg kohósítás) során (valószínűleg redukáló körülmények között) magas hőmérsékletnek voltak kitéve.

Az elkövetkező időszakban a kutatást a salakok ásványösszetételének közettani mikroszkópos és XRD-meghatározásával, illetve a teljes elemi összetételek meghatározásával folytatjuk.

Hasonló minták kémiai összetételének kézi XRF-spektrométerrel való meghatározása során a minta különböző felületi pontjainak adatai általában nagy szórást mutatnak [11, 12]. Ez, a megfelelő mintavétel jelentősége mellett, figyelmeztet arra, hogy a kémiai és/vagy ásványtani összetételre vonatkozó következtetésekben figyelembe kell venni a salakok erősen heterogén jellegét.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az EME Műszaki és kulturális örökségvédelem Erdélyben program keretében valósult meg, az MTA Domus Hungarica szülőföldi csoportos pályázat kutatás támogatásával. Szerződésszám: 3272/4/2017/HTMT, 4039/5/2018/HTMT. 2013 és 2015 között a terepi kutatások a The Roman Limes as a European Cultural Landscape nevet viselő nemzetközi részvétellel zajló tanácsátás keretében valósultak meg. A Maros Megyei Múzeum és a

berlini Humboldt Egyetem koordinálta a régészettel, geofizikával, építéssel és konzerválással foglalkozó oktatók és egyetemi hallgatók együttműködését, melyben a Kölni Egyetem, a Pécsi Tudományegyetem, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, az ELTE, az erfurti Alkalmazott Tudományok Egyeteme, a kolozsvári Babeş-Bolyai Tudományegyetem és a marosvásárhelyi Petru Maior Egyetem vett részt. 2016 óta a Maros Megyei Tanács, a Kölni Egyetem Régészeti Intézetének Római Provinciális Régészeti Programja, a berlini Humboldt Egyetem Erasmus Alapja, valamint a romániai Kulturális Minisztérium támogatásával végeztek régészeti kutatásokat.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Matei-Popescu F., Ţentea O.: *The Eastern Frontier of Dacia. A Gazetteer of the Forts and Units*. In: *Orbis Romanus and Barbaricum. The Barbarians around the Province of Dacia and Their Relations with the Roman Empire*. (Szerk.: Bârcă V.). Mega Publishing House, Cluj-Napoca, 2016. 7–24.
- [2] Höpken C. et al.: *Wachtürme am Dakischen Ostlimes zwischen Brâncovenesti und Călugăreni (jud. Mureş / RO)*. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 46. (2016) 241–254.
- [3] Pánczél Sz. P.: *The Roman Fort from Călugăreni (Mureş County, Romania)*. In: *LIMES XXII. Proceedings of the 22nd International Congress of Roman Frontier Studies Ruse, Bulgaria, September 2012*. (Szerk.: Vagalinski L., Sharankov N.). National Archaeological Institute with Museum, Sofia, 2015. 909–916.
- [4] Pánczél Sz. P. et al.: *A mikházi római segédcsapattábor kutatása / The research at the Roman auxiliary fort of Mikháza/Călugăreni*. *Magyar Régészet/Hungarian Archaeology*, 2018 tavasz/spring, 13–20.
http://files.archaeolingua.hu/2018TA/Pa%b4ncze%b4l_E18TA.pdf
- [5] Buchwald V. F., Wivel H.: *Slag analysis as a method for the characterization and provenancing of ancient iron objects*. *Materials Characterization*, 40. (1998) 73–96.
[https://doi.org/10.1016/S1044-5803\(97\)00105-8](https://doi.org/10.1016/S1044-5803(97)00105-8)
- [6] Kramar S. et al.: *Mineralogical and geochemical characterization of Roman slag from the archaeological site near Mosnje (Slovenia)*. *Materials and technology*, 49. (2015) 343–348.
<http://mit.imt.si/Revija/izvodi/mit153/kramar.pdf>
- [7] Mihailova I., Mehandjiev D.: *Characterization of fayalite from copper slags*. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* 45. (2010) 317–326.
http://dl.uctm.edu/journal/node/j2010-3/12_Irena_Mihailova_317-326.pdf
- [8] Sowmya T., Sankaranarayanan S. R.: *Spectroscopic analysis of slags – preliminary observations*. In: *VII. International Conference on Molten Slags, Fluxes and Salts, The South African Institute of Mining and Metallurgy, South Africa, 2004*. 693–697.
<http://www.saimm.co.za/Conferences/MoltenSlags2004/693-Sowmya.pdf>
- [9] Olovčić A., Memić M., Žero S., Huremović J., Kahrović E.: *Chemical Analysis of Iron Slags and Metallic Artefacts from Early Iron Age*. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 4. (2014) 859–870.
<https://doi.org/10.9734/IRJPAC/2014/12248>
- [10] Sheikh M. R. et al.: *Characterization of iron slag of Kakching, Manipur by X-ray and optical spectroscopy*. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 48. (2010) 632–634.
<http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/10153/1/IJPAP%2048%289%29%20632-634.pdf>
- [11] Chuenpee T., Won-In K., Natapintu S., Takashima I.: *Archaeometallurgical Studies of Ancient Iron Smelting Slags from Ban Khao Din Tai Archaeological Site, Northeastern Thailand*. *Journal of Applied Sciences*, 14. (2014) 938–943.
<https://doi.org/10.3923/jas.2014.938.943>
- [12] Scott R. B., Eekelers K., Degryse P.: *Quantitative chemical analysis of archaeological slag material using handheld X-ray fluorescence spectrometry*. *Applied spectroscopy*, 70. (2016) 94–109.
<https://doi.org/10.1177/0003702815616741>