

# A Pécs, jakab-hegyi vasbucadepóból származó vasbucák anyagvizsgálata

Thiele Ádám<sup>1</sup> – Majdán Mira<sup>2</sup> – Tena Karavidović<sup>3</sup>

## Absztrakt

2023 októberében a Janus Pannonius Múzeum régészei a Pécs közelében lévő Jakab-hegyen egy 29 darabból álló, egyenként 1,7-4 kilogrammos vasbucákat tartalmazó depóra bukkantak. A depó valószínűleg a magaslat valamelyik vaskori megtelepedési korszakához köthető, a halomsírokat és a földvárat építő kora vaskori Hallstatt kultúrához, vagy pedig a késő vaskori La Tène kultúrához.

A bucadepóból származó öt vasbucán egyszerű tömeg és sűrűségméréseket, a belőlük kivágott mintákon pedig metallográfiai vizsgálatokat és p-xrf vegyelemzéseket végeztünk, továbbá az egyik vasbucából próbakovácsolással egy vastömböt készítettünk.

Megállapítottuk, hogy a vasbucák kicsi, 25-35cm-es medenceátmérőjű kohókban készülhettek, a kohóból kievett melegükben egyetlen tömörítést kaphattak és még jelentős mennyiségben, kb. egyharmadnyi tömegarányban tartalmaznak salakot. Anyaguk jó minőségű, szennyező elemeket (P, As, Cu) nem tartalmazó, tiszta szénacél, kis vagy közepes széntartalommal (átlagosan kb. 0-0,4%), így a korban értékes alapanyagának számíthattak, ennél fogva depóként való elrejtésük is indokolt lehetett.

Valószínű, hogy a vasbucák nem foszfordús (pl. a közeli Somogyban nagy mennyiségben előforduló) gyepvasércből készültek, hanem inkább a környéken fellelhető másféle genetikájú, nem mocsári környezethez köthető vasércből állították őket elő, de az is lehet, hogy a lelőhelytől jóval távolabb készültek.

Kulcsszavak: vaskor, erődített telep, depó, vasbuca, anyagvizsgálat

## Abstract

In October 2023, archaeologists from the Janus Pannonius Museum discovered a depot containing 29 iron blooms, each weighing 1.7-4 kilograms, on the Jakab-hegy near Pécs. The depot might be linked to the Iron Age settlement horizons on the hill, either the Early Iron Age Hallstatt culture that built the tumuli and earthworks, or to the Late Iron Age La Tène culture.

We performed simple mass and density measurements on five iron blooms from the depot, and metallographic examinations and p-xrf composition analyses on samples cut from them. Furthermore, we made an iron block from one of the iron blooms by test forging.

We established that the iron blooms could have been made in small, 25-35cm-diameter furnaces, could have received a single compression in the heat taken out of the furnace, and still contain a significant amount of slag, about one third by weight. Their material is high-quality, pure carbon steel, free of contaminating elements (P, As, Cu), with a low or medium carbon content (on average about 0-0.4%), so they must have been considered a valuable raw material at the time, and thus concealing them in a depot was well-founded.

It is likely that the iron blooms were not made of phosphorus-rich grassland iron ore (e.g., found in large quantities in nearby Somogy), but rather were produced from iron ore of a different genetic type found in the area, not related to a swamp environment, but it is also possible that they were made much further away from the site.

Key words: Iron Age, fortified settlement, depot, iron bloom, metallurgical examination

## 1. Bevezetés

A Janus Pannonius Múzeum régészei 2023 októberében a Pécs közelében lévő Jakab-hegyen két új depóeleltre bukkantak a kora vaskori földszántól nyugatra, egy lapos területen. Az egyes számú depó a késő bronzkori Urnamezős kultúra megtelepedéséhez kapcsolható, hiszen a korszakban általánosan használt tokos-füles baltát, valamint hét darab nyitott végű karperecet tartalmazott, melyek közül hármat szándékosan feldaraboltak. A bronztárgyakat egy hasáb alakú kő alá rejtették, valószínűleg egy szakrális cselekmény során.

<sup>1</sup> gépészmérnök, egyetemi adjunktus, Budapesti Műszaki Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék.  
thiele.adam@gpk.bme.hu

<sup>2</sup> régész, Janus Pannonius Múzeum. majdán.mira@jpm.hu

<sup>3</sup> régész, Zágrábi Régészeti Intézet. tkaravidovic@iarh.hr

A kettős számú depó nagyobb meglepetést okozott, hiszen ebből 29 darab, egyenként 1,7-4 kilogrammos vasbuca került elő. A bucák kettősgúla alakban voltak egymásra halmozva egy sekély gödörben – a legfelső három buca gyakorlatilag a felszínen hevert, modernkori bolygatás eredményeként. Ez a depó jó eséllyel valamelyik vaskori megtelepedési horizonthoz köthető, a halomsírokat és a földvárat építő kora vaskori Hallstatt kultúrához, vagy pedig a késő vaskori La Tène kultúrához.



1. ábra: A bucadepó feltárás közben. Fotó: Györffy-Villám Zsombor

Hasonló vasbucadepó Magyarországon csak Dédestapolcsány-Májinka-Verebce tető (Borsod-Abaúj-Zemplén vm.) lelőhelyről került elő eddig, ennek vizsgálatát jelenleg az ELTE Régészettudományi Intézete koordinálja. A lelőhelyen a csúcsok (Dédesi vár és Kisvár) és a déli oldalon található gerinc (Verebce-bérc) mindkét oldalán teraszosan kialakított lakósíkok, későbronzkortól a késő vaskorig datálható házhelyek vannak. A déli gerinc területén több vasbucadepó is található.<sup>4</sup> Az itt előkerült kb. 1kg-os vasbucák többsége két sík felülettel határolt, amely nagyobb méretű (a szerzők becslése szerint öt-nyolc kilogrammos) vasbucák feldarabolására utal.

A legkorábbi ismert vasbuca a Kárpát-medencéből egyébként egy, a késő bronzkori Kyjatice kultúrához köthető településről származik. A mai Szlovákia területén fekvő Tornaľa/Tornalja lelőhelyét a Ha B3 időszakra, vagyis az i.e. 9. századra keltezik.<sup>5</sup>

## 2. A lelőhely

Pécs-Jakabhegy őskori lelőhelye viszonylag régóta ismert a magyarországi régészeti kutatásban, hiszen a többkorszakú lelőhelyen a nagy kiterjedésű földvár, a halomsírmező és egy középkori pálos kolostor maradványai szabad szemmel is könnyen megfigyelhetők. Általában nagyobb figyelemmel fordultak a kutatók a hegyen található pálos kolostor romjai felé, hiszen ezek még jól láthatóak voltak a 19. században is, illetve mivel az egyetlen magyar alapítású szerzetesrend egyik első rendházaként élt a köztudatban. Az őskori település-temető együttes majd csak a 20. században kerül jobban az érdeklődés előterébe.

Dr. Horváth Antal, pécsi ügyvéd, gyűjtő és amatőr régész először az Archaeológiai Közleményekben hívta föl a figyelmet a jakab-hegyi sáncokra, melyeket a réz vagy vaskorból származónak tart.<sup>6</sup> Kevéssel később az Archaeológiai Értesítőben rövid leírást közölt a lelőhelyről, ahol kifejtette, hogy a földművek nem tartozhattak a pálosrendi kolostorhoz, a belőlük előkerült edényekről megállapította, hogy nem korongon készültek, de nem tudta pontosabban időszakhoz vagy kultúrához kötni őket.<sup>7</sup> A halomsírmezőről nem tett említést – úgy néz ki annak meglétéről nem volt tudomása.

Juhász László pécsi ügyvéd és műgyűjtő, amatőr régész 1894-ben kiadott rövid összefoglaló művében bronzkori eredetűnek tartotta a jakab-hegyi telepet, melynek kialakulását a kelták bevándorlásához kötötte – a hódítók elől a hegyekbe menekült eredeti pannon őslakosság védművének tekintette azt.<sup>8</sup>

<sup>4</sup> TÖRÖK et al 2011. Vasdepók problémája Mályinka-Verebce bércen, Archaeometriai Ankét, Budapest (poszter)

<sup>5</sup> PLEINER 2000, 25.

<sup>6</sup> HORVÁTH 1871, 62.

<sup>7</sup> HORVÁTH 1878, 190.

<sup>8</sup> JUHÁSZ 1894, 18-19.

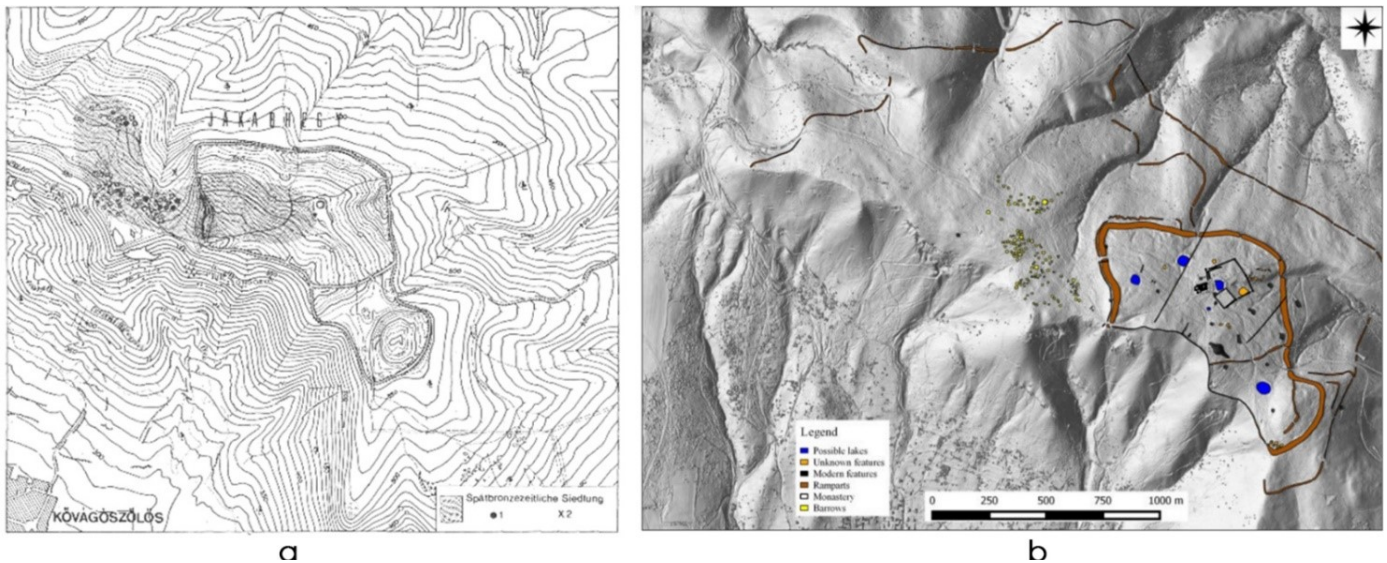
Az 1930-as években Csalogovits József a Dunántúli Naplóban közölt egy cikket a sáncokról, ahol a halomsírokat is megemlítette, ebben késő bronzkori-kora vaskori lelőhelyként hivatkozik a Jakab-hegyre.<sup>9</sup> Egy évtizeddel később, 1947-48 során Török Gyula, a pécsi városi múzeum igazgatója végzett ásatásokat a lelőhelyen.<sup>10</sup> Török feltárásainak nyomán derült fény arra, hogy a halmok biztosan a kora vaskor időszakára tehetőek – ekkor kerültek elő azok a tárgyak (bimetál tör, vas balta, vas lándzsahegy), melyek a Kárpát-medencei vashasználat egyik legkorábbi horizontjához tartoznak, a Ha B3-C periódusba.<sup>11</sup>

Később Maráz Borbála, a Janus Pannonius Múzeum régésze 1976 és 1999 között folytatott kutatásokat a lelőhelyen, ahol egy főleg tört tárgyakat tartalmazó, több száz darabos, az Urnamezős kultúrához tartozó bronzdepót sikerült megmentenie rögtön az első ásatási évben.<sup>12</sup> Maráz ásatása során megtörtént a sánc átvágása, a nyugati oldalon, emellett pedig föltárt 32 halomsírt, és számos kutatóárkot is nyitott. (2a. ábra)

Török és Maráz leletközlései nyomán vált elfogadottá, hogy a Jakab-hegy a késő bronzkor és a kora vaskor folyamán hatalmi centrum lehetett, az elit lakhelyeként és bronzművesség központjaként is funkcionálhatott. Az ilyen típusú magaslati (erődített) településeken gyakran kerülnek elő különböző depók, melyeknek elrejtését szakrális és profán okokkal is szokták magyarázni.<sup>13</sup> Mindkét időszakban főleg bronz, ritkábban arany tárgyak kerülnek deponálásra, a vastárgyak ilyen leletegyüttesekben igen ritkának számítanak.<sup>14</sup>

A település és a halomsírmező térhasználatához fontos adatokat szolgáltatott, hogy a Janus Pannonius Múzeum régésze, Gáti Csilla kezdeményezésére az ArcLand projekt keretében elkészült a lelőhely légi lézerszkennelése 2012-ben.<sup>15</sup> Szintén nevéhez fűződik a terület talajtani mintavételezése, melyet Pető Ákos közreműködésével végzett el. Ebből kiderül, hogy a halomsírok építésekor a hegyen egy igen vékony termőtalaj-réteggel, illetve egy a mainál nyíltabb vegetációval (tisztással, legelőerdővel) számolhatunk.<sup>16</sup>

Az egyelőre kérdéses, hogy az előkerült bucák konkrétan a település melyik vaskori időszakához köthetőek, de ezen felvetés megoldásában is szerepet játszhatnak azok az anyagvizsgálatok, melyeket 2024 folyamán végeztünk el, és amelyeknek eredményeit jelen cikkben közöljük.



2. ábra: a) A lelőhely térképe Maráz 1979 nyomán. b) A Lidar-eredmények értelmezett térképe. Gáti 2017 nyomán

### 3. A vasbucák anyagvizsgálati eredményei és értékelésük

Szemrevételezés alapján a jakab-jegyű bucadepó 1,7-4 kg tömegű vasbucái hasonló, többnyire vastag korong alakúak, és kézi becsléssel a sűrűségük is hasonló. A vasbucák sík felületekkel, amely vágásra, vagy vasszerszámokkal történt megmunkálásra utalnak, nem rendelkeznek. A felületüket laza vashidroxidos korróziós termékek és homokos, agyagos tapadványok borítják.

<sup>9</sup> CSALOGOVITS 1932, 4.

<sup>10</sup> TÖRÖK 1950, 5.

<sup>11</sup> GAZDAPUSZTAI 1967, 318; MARÁZ 1978, 152.

<sup>12</sup> MARÁZ 1977, 11.; MOZSOLICS 1985, 171.

<sup>13</sup> V. SZABÓ 2019, 21.

<sup>14</sup> A kilencvenes években a sáncon belülről már kerültek be szórvány vasbucák a Janus Pannonius Múzeum gyűjteményébe, ám ezeket akkor nem kezelték depóleletként és a továbbiakban nem foglalkoztak a vizsgálatukkal

<sup>15</sup> BERTÓK – GÁTI 2014, 123.

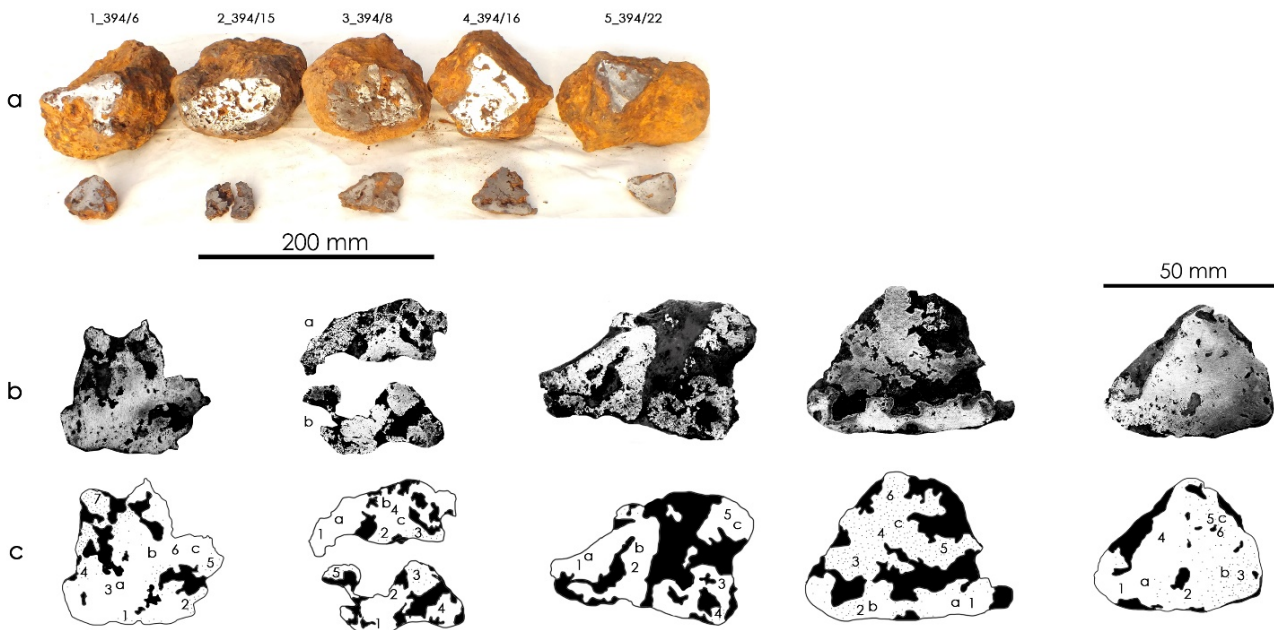
<sup>16</sup> PETŐ – GÁTI 2016, 20.

A 29 vasbucából öt olyat választottunk ki további anyagvizsgálatokra (ld. 3. ábra), amelyek tömegükben, alakjukban és sűrűségükben nagyobb eltéréseket mutattak. A vasbucákon mért kb. 3,5-4,5g/cm<sup>3</sup>-es sűrűségértékek és a korábbi kísérleti bucavaskohászatok során szerzett tapasztalatok alapján elmondható, hogy ezek a vasbucák kicsi, 25-35cm-es medenceátmérőjű kohókban készülhettek és a kohósítás után csak egyetlen tömörítést kaptak (egyszer tömörített vasbucák), további tömörítés céljából nem izzították őket újra, a salaktartamuk és a porozitásuk (a vasbucák salak mellett üregeket, gázzárványokat is tartalmaznak) így még relatíve nagy. A legnagyobb sűrűségű 394/22-es minta, amelyet valószínűleg vagy néhányszor újraizzítottak, vagy az első tömörítése sikerült nagyon jól.



3. ábra: Az anyagvizsgálatra kiválasztott 5 jakab-hegyi vasbucá tömeg és sűrűségadatokkal. Fotó: Thiele Ádám

A vasbucákból vízhűtés mellett 10-20cm<sup>2</sup>-es vizsgálható felülettel rendelkező mintákat vágunk ki, amelyeken metallográfiai vizsgálatokat és xrf vegyelemzéseket végeztünk. A mintákra jellemző főbb szövetelemek beazonosítása céljából a metallográfiai vizsgálatokat a szokásos módon polírozott és 2%-os nitállal maratott felületen fémmikroszkóppal (Olympus PMG-3) végezte Dr. Thiele Ádám.<sup>17</sup> A kémiai összetétel meghatározását minden minta (kivéve a 2\_394/15b) esetén három mérési pontban p-XRF műszerrel (Hitachi Expert Geo X-MET8000) végezte Prof.dr.sc. Sibila Borojevic Šoštarić és dr.sc. Tena Karavidović.<sup>18</sup> A 3. ábra a kivágott mintákat (a), a minták felületén a maratás után láthatóvá váló széneloszlást (b, a sötétebb területek széntartalma nagyobb) és a maratott minták széneloszlást mutató sematikus rajzát (c, a fémmikroszkóppal készített képek helyeiket számok, a p-XRF-es mérések helyét pedig betűk jelölik) mutatja. A metallográfiai vizsgálatok során az egyes területekről készített fémmikroszkópos képek a 1-6. táblán láthatóak a cikk végén. Az egyes területekre jellemző szövetszerkezeteket és a p-XRF-es mérések eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.



4. Ábra. a) a vizsgált vasbucákból kivágott minták. b) A minták polírozott és makromaratott felülete. c) Sematikus ábra a széneloszlásról. A fémmikroszkópos képek helyei számokkal, a p-xrf-es mérések helyei betűkkel jelölve.

<sup>17</sup> A BME Anyagtudomány és Technológia Tanszékén.

<sup>18</sup> Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering, University of Zagreb, MiningLE-FP kalibráció, 30mp-es időtartam.

1. Táblázat: A metallográfiai és a vegyelmezési eredmények a minták egyes területeire

Minta	Terület	Szövetszerkezet	Terület	Releváns elemek (tömeg%)						
				Al	Si	P	Ca	Mn	Cu	As
1_394/ 6	1	Főleg ferrites, alul kevés perlit	a	2,13	1,73	0,05	0,15	0,20	0,01	0,01
	2	Ferrit-perlites, közepes széntartalom	b	1,80	1,67	0,06	0,09	0,13	0,01	0,01
	3	Ferrites szövetszerkezet nagyon kevés perlittel								
	4	Közepes széntartalmú területek, ferrithálós-tús perlitszemcsékkel								
	5	U.a.								
	6	Alapvetően ferrites szövetszerkezet								
	7	Majdnem tisztán perlites szövet								
2_394/ 15a	1	Ferrites szövetszerkezet, salakos, korrodeálódott	a	3,04	3,51	0,05	0,42	1,47	0,01	0,00
	2	Ferrit-perlites szövetszerkezet, erős korrózió	b	2,95	3,52	0,05	0,42	1,47	0,01	0,00
	3	Ferrit-perlites szövetszerkezet, erős korrózió	c	2,59	2,60	0,06	0,29	0,90	0,01	0,00
	4	Főleg ferrit sok üreggel (gázzárvánnyal)								
2_394/ 15b	1	Tisztán ferrites szövetszerkezet sok wüstites salakkal								
	2	Erősen korrodeálódott, tisztán ferrites szövetszerkezet								
	3	Nagyobb széntartalmú terület perlites szövetszerkezettel, kevés ferrittel								
	4	Tisztán ferrites, lazán szinterelődött szemcsék sok, wüstites salakban								
	5	Perlites szövetszerkezet kevés ferrittel								
3_394/ 8	1	Ferrites szövetszerkezet kevés perlittel	a	2,29	2,64	0,10	0,57	0,30		0,00
	2	Ferrites, zárványos szövetszerkezet	b	2,36	3,90	0,15	0,18	0,15	0,00	0,01
	3	U.a.	c	1,28	1,15	0,16	0,10	0,06		0,01
	4	Ferrites szövetszerkezet kevés perlittel								
	5	Ferrites, zárványos szövetszerkezet								
4_394/ 16	1	Ferrites szövetszerkezet kevés perlittel	a	3,24	0,91	0,02	0,10	0,42	0,01	0,00
	2	Ferrit-perlites szövetszerkezet	b	2,35	0,58	0,02	0,08	0,09	0,01	0,00
	3	Tisztán perlites szövetszerkezet kevés szekunder cementittel	c	1,51	0,50	0,02	0,08	0,11	0,01	0,00
	4	Perlites, szekunder cementit hálós szövetszerkezet								
	5	U.a.								
	6	U.a.								
5_394/ 22	1	Ferrites szövetszerkezet kevés perlittel, kis széntartalom	a	0,79	1,34	0,04	0,08	0,11	0,00	0,00
	2	Widmanstätten-jellegű, ferrit-perlites szövetszerkezet, közepes széntartalom	b	1,63	3,10	0,05	0,14	0,19		
	3	Perlites szövetszerkezet kevés ferrittel	c	0,43	0,38	0,04		0,05		0,00
	4	Főként ferrites								
	5	U.a.								
	6	Perlites szövetszerkezet kevés eutektikummal a szemcsehatárokon								

A metallográfiai vizsgálatok alapján mindegyik vasbuca anyaga szénacél, a szén eloszlása a vasbucáknál szokásos módon nagyon heterogén, így a kivágott minták nem tekinthetők az egész térfogatra reprezentatívnak. A 394/6,15,8 és 22-es bucából származó minták főképpen ferrites, néhol ferrit-perlites szövetszerkezetűek, tehát kicsi vagy közepes széntartalmúak (átlagosan kb. 0-0,3 %), a 394/16-os minta azonban a többihez képest jóval nagyobb széntartalmú (átlagosan kb. 0,7-1 %), szövetszerkezete hipereutektoidos acélokra jellemzően a legtöbb helyen szekunder cementit hálós megjelenésű.

A megfigyelhető szövetelemek alapján mindegyik vasbuca normalizált hőkezeltségi állapotú, azaz a megalakítás hőmérsékletéről szabad levegőn hagyták lehűlni őket. A minták fémfázisa a vas mellett szénen kívül jelentős mennyiségben nem tartalmaz más elemet, gypvasércből kohósított vasbucákra jellemző, nagyobb mennyiségű foszfoszfor- és/vagy arzén tartalom esetén megjelenő szövetelemek csak a 394/22-es minta esetén fordulnak elő, de ott is csak a 6-os terület egy kis részén. A minták mind nagyon salakosak (a legkevesebb a 394/22-es), a 8-as és 15-ös minta ráadásul erősen korrodeálódott is (a 15-ös minta

annyira, hogy a kivágás után nem maradt egyben), ez a porózus, salakos szerkezet jó összhangban van a sűrűségmérési eredményekkel.

A p-XRF mérések alapján elmondható, hogy egyik minta fémfázisa sem tartalmaz a vason kívül olyan elemeket, amelyek mennyisége a mechanikai tulajdonságokat befolyásolná vagy a szövetelemek szintén is megjelenne, tehát a metallográfiai és vegyelemzéses vizsgálatok jó összhangban vannak. A fémfázisban első sorban a P és az As megjelenését kerestük, amely a gyevasércből való kohósításra utalt volna, azonban ezek mennyisége nagyon alacsony, a méréshatár körüli értékű volt. Ezeken kívül korábbi kísérleti tapasztalatok alapján (pl. a rudabányai vaskalap ércék próbakohósításával kapott vasbucák esetén) előfordulhat, hogy a fémfázisban megjelenik a Cu, akár több %-os mennyiségben is. A jakab-hegyi bucák esetén viszont a Cu-tartalom is rendkívül alacsony. Bár a mérések olyan területeken történek, ahol nagy kiterjedésű fémtiszta felület volt, a vasbucák esetén ezeken a területeken mindig előfordulnak salakzárványok is, így a salakfázisból kimért, legalább néhány tized %-os mennyiséget elérő elemeket feltüntettük az 1. táblázatban (Al, Si, Ca, és a Mn, de mivel ezek az elemeknek nem a fémfázisban oldódtak, így annak mechanikai tulajdonságaira nincs hatásuk).

Az anyagvizsgálati eredmények alapján valószínűsíthető, hogy a jakab-hegyi vasbucák nem foszfordús gyevasércből készültek, hanem másfajta genetikájú, szennyezőket alig tartalmazó vasércből (a konkrét vasérclelőhely beazonosításához jobban kellene ismernünk a szóba jöhető, archeometallurgiai jelentőségű mecseki vasérceket, illetve össze kellene vetni a vasbucák salakzárványainak és ezeknek a vasérceknél a nyomelemháztartását).

Somogyban található az a nagy volumenű avar- és honfoglalás kori vaskohászat ércbázisául szolgált. Ezekből a nagy foszfortartalmú somogyi gyevasércekből<sup>19</sup> a próbakohósítási tapasztalataink alapján a foszfor a vas és salakfázis közötti megoszlással részben a vasbucába kerül,<sup>20</sup> és jelentősen leronthatja a vasanyag mechanikai tulajdonságait, melegtörékenységet, kovácsolhatatlanságot, hidegen pedig nagy ridegséget, törékenységet okoz,<sup>21</sup> így az ilyen vasanyag csak alárendeltebb célokra lesz felhasználható.

A Somogyból ismert avar kori nagyméretű, kb. 10 kg-os, ékelt (és purgált) vasbucák<sup>22</sup> és a kisebb, néhány kg-os honfoglalás kori vasbucák nagy foszfortartalmúak.<sup>23</sup> Bár a jakab-hegyi vasbucák méretükben és sűrűségükben a Somogyfajszon talált honfoglalás kori vasbucákhoz nagyon hasonlóak,<sup>24</sup> a kémiai összetételük eltérő, előbbieknél szénacélok, utóbbiak foszforvasak.

Összevetve a jakab-hegyi és a verebce-bérci vaskori bucadepókat, alapvető különbségként az látható, hogy az utóbbi depó kisebb méretű, darabolt, vágott, kovácsolásra jobban előkészített, kevésbé salakos, nagyobb, 5-6g/cm<sup>3</sup> sűrűségű<sup>25</sup> bucákat tartalmaz, amelyek a korábban elvégzett anyagvizsgálati eredmények alapján szintén tiszta szénacélok, de nagyobb széntartalmúak<sup>26</sup> (emiat pl. szerszámok készítésére alkalmasabbak), tehát a jakab-hegyieknél még értékesebb alapanyagok voltak.

Párhuzamként meg kell még említeni a Regölyben feltárt kora vaskori halomból előkerült bucatöredéket is. Nemrégiben ezen is végeztek anyagvizsgálatokat, amelyek alapján a kérdéses vasbucák szintén tiszta szénacélnak bizonyult közepes széntartalommal.<sup>27</sup>

A vaskori vasbucák tehát kémiai összetételükben jól láthatóan különböznek a későbbi, avar és honfoglalás kori, általában nagy foszfortartalmú vasbucáleletektől, azoknál jobb minőségű, tisztább szénacéloknak mondhatók.

#### 4. Egy jakab-hegyi vasbucák próbakovácsolása

A sűrűségmérési eredményekből látható, hogy a vasbucák még jelentős mennyiségben tartalmaznak salakot. Azért, hogy látható legyen, a vasbucák az anyagvizsgálati eredményeknek megfelelően valóban jól kovácsolhatók-e, és hogy mekkora a vastartalmuk, azaz praktikusán mekkora vastömb kovácsolható ki belőlük, illetve milyen a kapott vastömbben a szén eloszlása a 394/16-es vasbucából (amelyiknek a többihez

<sup>19</sup> KERCSMÁR – THIELE 2015, 56.

<sup>20</sup> THIELE 2011, 4.

<sup>21</sup> THIELE – HOSEK 2015, 38.

<sup>22</sup> TÖRÖK et al. 2018, 3.

<sup>23</sup> ÁGH – GÖMÖRI 1999,

<sup>24</sup> GÖMÖRI 2018, 81. 1. ábra

<sup>25</sup> Néhány verebce-bérci buca eddig nem publikált sűrűségmérése alapján

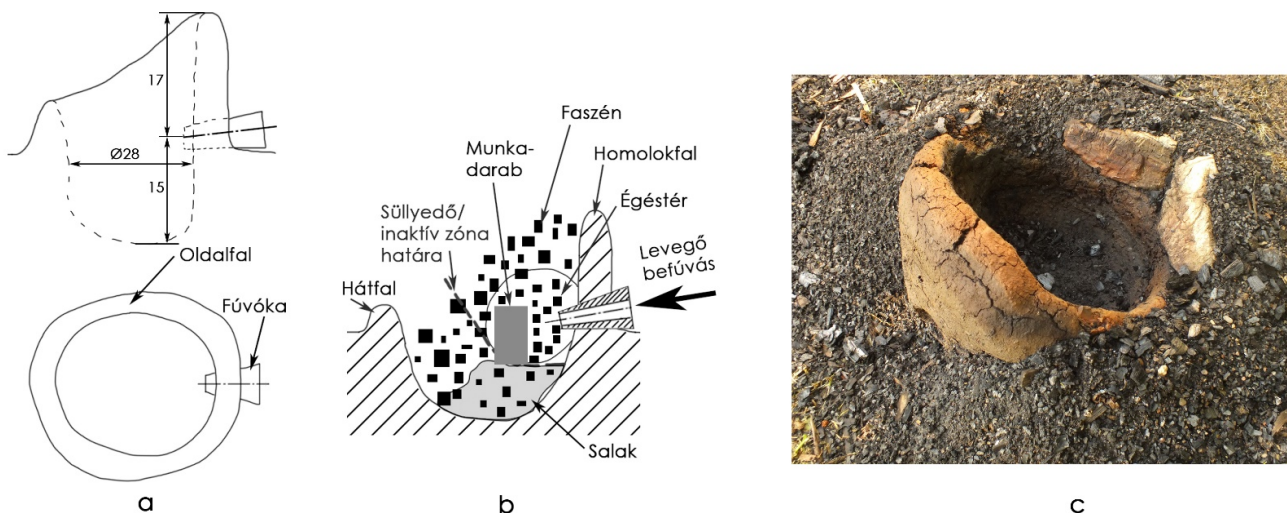
<sup>26</sup> Török B.; Kovács, Á.; P., Fischl, K.; Bartha, Zs.; Thiele, Á.: Vasdepók problémája Mályinka-Verebce bércen. Archaeometriai Anket, Budapest 2011. poszter

<sup>27</sup> TÖRÖK et al. 2022, 153.

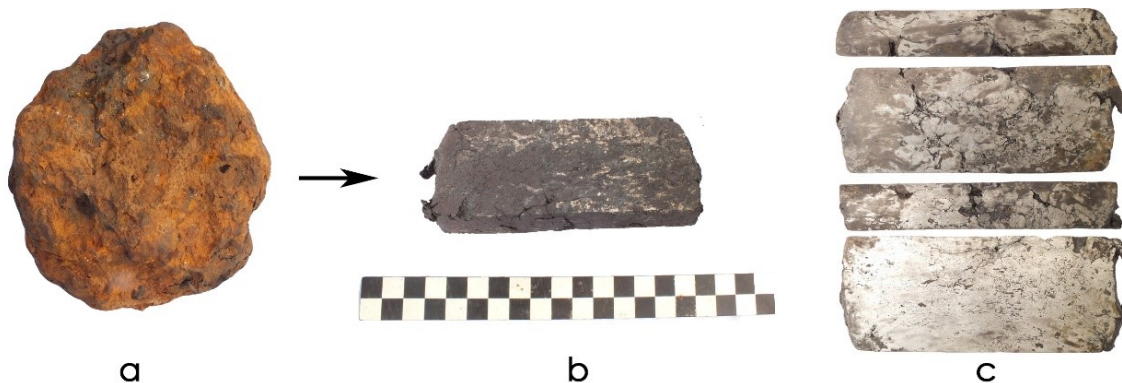
képezt a legnagyobb volt a széntartalma) Ajax2-es rugóskalapács segítségével kovácsolással vastömb készült.<sup>28</sup>

A buca hevítése a szokásos oldalszeles kovácstűzhelyben 12-25 mm és 25-50 mm frakciójú faszénkeverékkel és 200-500 liter/perces levegőtérfogatóram mellett történt (4. ábra). A kísérlet során a gyors és kevés hevítés miatt a leégési veszteségek minimálisnak voltak tekinthetők, azaz a vasfázisnak csak elhanyagolható része salakult el. A vasbucá jól kovácsolható volt, szennyezőelemek jelenlétére utaló melegtörékenységek nem voltak tapasztalhatóak (az anyagvizsgálati eredményekkel összhangban). Az 1988 g-os és  $4,37 \text{ g/cm}^3$ -es kezdeti tömegű és sűrűségű vasbucából (a korábban kivágott minta és a felületet borító homokos agyag lekaparása miatt változtak a tömeg-sűrűség értékek) 5 hevítéssel 42 perc alatt készült el a vastömb (ld. 5. ábra). A vastömb tömege 1231 g, sűrűsége pedig  $7,65 \text{ g/cm}^3$  lett, ami azt jelenti, hogy ennek a vasbucának a vastartalma kb. 60 tömeg% volt, azaz bő egyharmadnyi tömegarányban tartalmazott még salakot. A hasonló sűrűség miatt hasonló vastartalom feltételezhető a többi vasbucára is.

A vastömb felületét fémtisztára csiszolva 10%-os nitállal történt makromaratás után láthatóvá vált a szén heterogén eloszlása (5c. ábra). A maratott felület alapján a széntartalom jellemzően kicsinek mondható, egyes területek azonban nagy széntartalmúak. A metallográfiai vizsgálat alapján nagy széntartalmúnak gondolt vasbucá tehát inkább kicsi vagy közepes (kb. 0-0,4 %-os) széntartalmú. Ezek alapján is érthető, hogy a heterogén kémiai összetételű vasbucák anyagvizsgálata során egy kis felület vagy térfogatrész nem feltétlenül reprezentálja az egész mintát, nem vonhatók le biztos következtetések a teljes térfogatra vonatkozóan. Továbbá látható, miért volt szükséges a bucavas anyagok többszöri hajtogatással és kovácshegesztéssel (gyakorlati tapasztalatok alapján 4-6 hajtás már a lehetővé teszi a széntartalom diffúzióval megvalósuló kiegyenlítődéését) történő homogenizálása, amennyiben nem egy alárendeltes célra szánt vastárgy elkészítéséhez használták fel. Ez az általános technika a kovácshegesztési vonalakról sokszor jól felismerhető kés- és kardpengékhez felhasznált nagy széntartalmú bucavas anyagoknál.



5. Ábra: A kovácsolási kísérlet során használt oldalszeles kovácstűzhely. Fotó: Thiele Ádám



6. ábra: A 394/16-os vasbucá vastömbbé kovácsolása. a) A vasbucá. b) A kikovácsolt, még revés felületű vastömb. c) A maratott vastömb, amelynek felületén jól látható a heterogén széneloszlás. Fotó: Thiele Ádám

<sup>28</sup> Erről ld. ezt a Facebook posztot:

[https://www.facebook.com/permalink.php?story\\_fbid=pfbid02Nf1QVCPzg4QTPuQUCCpT78WqrcQMCWkYbQ8mZEK7i1Bh1utaMCE6ihXPEBriQiXl&id=100057387522969](https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=pfbid02Nf1QVCPzg4QTPuQUCCpT78WqrcQMCWkYbQ8mZEK7i1Bh1utaMCE6ihXPEBriQiXl&id=100057387522969)

## 5. Összegzés

A jakab-hegyi vaskori bucadepóból származó öt vasbuca anyagvizsgálatai és az egyik vasbuca próbakovácsolása alapján az alábbi megállapításokat tesszük:

- A jakab-hegyi 1,7-4 kg-os vasbucákat (próbakohósítási tapasztalataink szerint) kicsi, 25-35cm-es medenceátmérőjű kohókban állíthatták elő, a vizsgált bucák a kb. 3,5-4,5g/cm<sup>3</sup>-es sűrűségértékek alapján csak egyetlen tömörítést kaphattak a kohóból kievett melegükben, így még jelentős mennyiségben, kb. egyharmadnyi tömegarányban tartalmaznak salakot, pl. a 314/16-os vasbuca kovácsolási kísérlete alapján az eredeti buca vastartalma kb. 60% volt.
- A vizsgált vasbucák anyaga jó minőségű, szennyező elemeket (P, As, Cu) nem tartalmazó, tiszta szénacél kis vagy közepes széntartalommal (átlagosan kb. 0-0,4%), amelyek a korban értékes alapanyagoknak számítottak, depózásuk indokolt lehetett. A vasbucákból kivágott minták és a próbaként kikovácsolt vastömb széneloszlása is nagyon heterogén volt.
- Valószínű, hogy a vasbucák nem foszfordús (pl. a közeli Somogyban nagy mennyiségben előforduló) gypvasércből készültek, hanem inkább a környéken fellelhető másféle genetikájú, nem mocsári környezethez köthető vasércből állították őket elő, de az is lehet, hogy a lelőhelytől jóval távolabb készültek.
- Összevetve a jakab-hegyi és a verebce-bérci vaskori bucadepót, alapvető különbségként az látható, hogy az utóbbi depó főleg kisebb, kb. 1kg-os méretűre darabolt, vágott, kovácsolásra jobban előkészített, kevésbé salakos, nagyobb, 5-6g/cm<sup>3</sup> sűrűségű szintén tiszta szénacél anyagú, de nagyobb széntartalmú, tehát értékesebbnek tekinthető vasbucákat tartalmaz.

Általánosságban tehát elmondható, hogy az eddig ismert vaskori vasbucák kémiai összetételükben jól láthatóan különböznek a későbbi somogyi, avar és honfoglalás kori, általában nagy foszfortartalmú vasbucáleletektől, jobb minőségű, tisztább szénacéloknak mondhatók. A jakab-hegyi bucák a fentebb bemutatott anyagvizsgálatok alapján inkább a máshonnan ismert kora vaskori darabokhoz hasonlítanak, ami segíthet a datálásukban.

A lelőhely késő vaskori használatáról egyébként jóval kevesebb információval rendelkezünk, ami persze a kutatás sajátosságaiból is fakad, hiszen a fókusz nem ezen a megtelepedési horizonton volt korábban. Mindenesetre egyelőre úgy tűnik, hogy talán kevésbé intenzív használattal számolhatunk a késő vaskor idején.<sup>29</sup> Késő vaskori deponálással kapcsolatban csak egy teljesen eltérő típusú nyomunk van a Jakab-hegyről, méghozzá egy i.e. 2-1. századi ezüst éremkincs formájában.<sup>30</sup>

Ellenben az mindenképpen fontos tény, hogy a vasbucadepót a Jakab-hegynek egy olyan területén találtuk, ahol korábbi, Ha A-B korszakba tartozó deponálási tevékenységről is tudomásunk van.<sup>31</sup>

Mindezek alapján feltételezzük, hogy a 2023-ban előkerült vasbucák inkább a kora vaskori megtelepedéshez köthetőek, bár ennek bizonyításához természetesen még további vizsgálatokra is szükség lesz.

## Irodalom

ÁGH J. – GÖMÖRI J. 1999: Investigation of materials from the Somogyfajsz workshop. In: Traditions and Innovations in the Early Medieval Iron Production, Hagymányok és újítások a korai középkori vaskohászatban, (Szerk.: Gömöri J.) Dunaferr, Sopron-Somogyfajsz, (1999) 192-198

CSALOGOVITS J. 1932: Őskori földvár a Jakabhegyen. Dunántúl 22/160 (1932) 4.

Gazdapusztai 1967 Caucasian Relations of the Danubian Basin in the Early Iron Age. Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae 19. 307–334

GÁTI Cs. 2017: Légi lézerszkennelés eredményei a Pécs melletti Jakab-hegyen. Magyar Régészet Online 2017. 11–20.

GÖMÖRI J. 2018: Technológia-kontinuitási kérdések a somogyi vasvidék „izzó” vasbucái fényében. In: Két világ határán. Szerk.: Varga M. – Szentpéteri J. Kaposvár, 2018. 77–87

HORVÁTH A. 1871: Pécsvidéki s egyéb leletek. Archaeológiai Közlemények 8 (1871) 60–62.

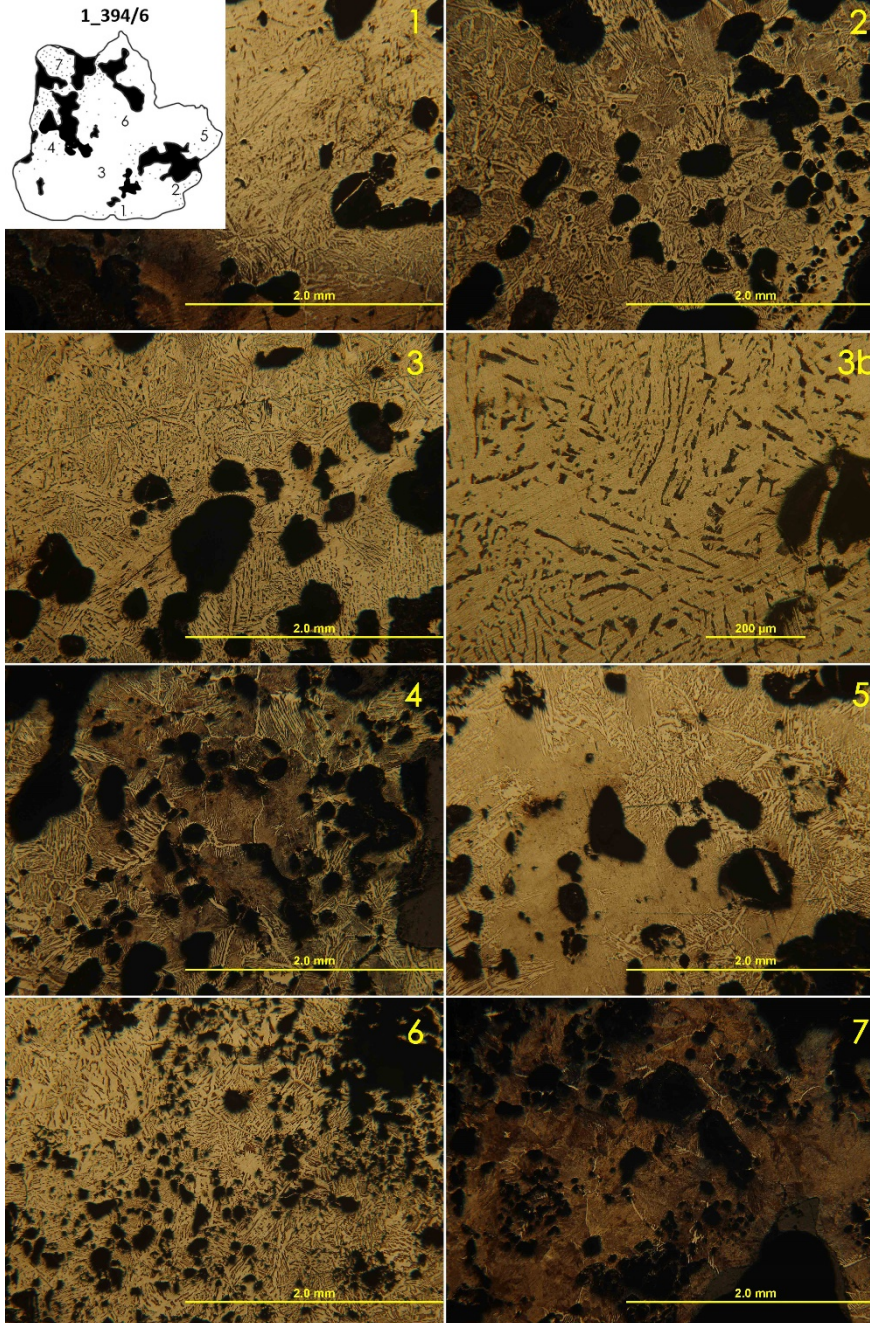
<sup>29</sup> MARÁZ 2013, 87.

<sup>30</sup> MAJDÁN 2020, 36.

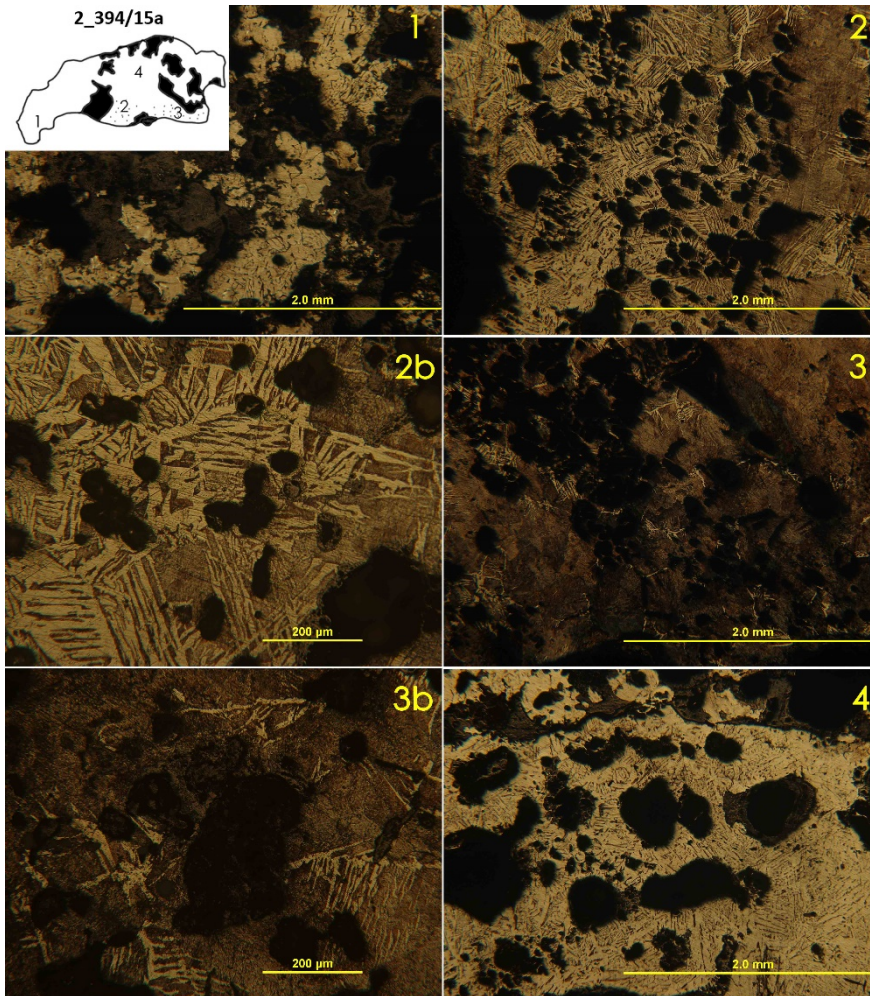
<sup>31</sup> A fentebb már említett, 1976-ban előkerült depólelet ugyanúgy a sánctól nyugatra elhelyezkedő, laposabb területen került elő. MARÁZ 2013, 71.

- KERCSMÁR Zs. – THIELE Á.* 2015: A belső-somogyi gyepvasérccek genetikája és geokémiai jellemzői, földtani és archeometallurgiai megközelítés alapján / Genetic types and geochemistry of bog iron ore deposits from Inner Somogy, from a geological and archaeometallurgical perspective, Földtani Közlöny 142/1 (2015) 53–71
- MAJDÁN M.* 2020: Elfeledett ezüstök. Görög érmek a pécsi Janus Pannonius Múzeum gyűjteményéből. In: Új nemzedék. A Szegedi Régészeti Tanszék tehetséggondozásának elmúlt évtizedei. Monográfiák a Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszékéről 7. Szerk.: Bíró Gy. – Pintér-Nagy K. – Szébenyi T. Szeged, 2020. 29–60.
- MARÁZ B.* 1979: Zur Frühhallstattzeit in Süd-Pannonien. Janus Pannonius Múzeum Évkönyve 23. (1979) 145–163
- MARÁZ B.* 1987: Későbronzkori magaslati település Pécs-Jakabhegyen (Előzetes közlemény az 1976–83. évi ásatásokról). Janus Pannonius Múzeum Évkönyve 30-31. (1987)
- MARÁZ B.* 2013: Pécs története a késő bronzkortól a római foglalásig. In: Pécs története I. Az őskortól a püspökség alapításáig. Ed.: Visy Zs. Pécs, 2013. 69–92
- MOZSOLICS A.* 1985: Bronzefunde aus Ungarn. Depotfundhorizonte von Aranyos, Kurd und Gyermely. Budapest, 1985.
- PETŐ Á. – GÁTI Cs.* 2016: Adatok a Pécs-Jakabhegy területén végzett régészeti talajtani és topográfiai vizsgálatokhoz. Magyar Régészet Online 2016, 14–22.
- SZŐNYI O.* 1912: Történelmi emlékek a Mecseken. A Mecsek Egyesület Évkönyve 21. (1912) 87–102.
- THIELE Á.* 2011: Az ércről a vastárgyig - a bucaavaskohászat metallurgiája. Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat 144/1, 2–5.
- THIELE Á. – HOŠEK, J.* 2015: Mechanical properties of medieval bloomery iron materials – comparative tensile and Charpy-tests on bloomery iron samples and S235JRG2. Periodica Politechnica. Mechanical Engineering 59/1. (2015) 35–38.
- PLEINER, R.* 2000: Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters. Archeologiky Ústav AVČR. Praha, 2000
- TÖRÖK B. et al.* 2018: Pannóniai kora középkori ékelt vasbucák összehasonlító archeometriai vizsgálata. Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat 151/3. (2018) 1–4.
- TÖRÖK B. et al.* 2022: First Archaeometrical Approach of the Examinations of Iron Age Ferrous Fragments from Regöly and Bükkábrány (Hungary) – The Inception of Iron Working in the Carpathian Basin. Interdisciplinara Archaeologica 13. (2022) 143–154.
- TÖRÖK Gy.* 1950: Pécs-Jakabhegyi földvár és tumulusok. Archaeologiai Értesítő 77. (1950)
- V. SZABÓ G.* 2019: Bronzkori kincsek Magyarországon. Földbe rejtett fegyverek, ékszerek, eszközök nyomában. Herditas Archeologica Hungariae 3. Budapest, 2019

# I. TÁBLA

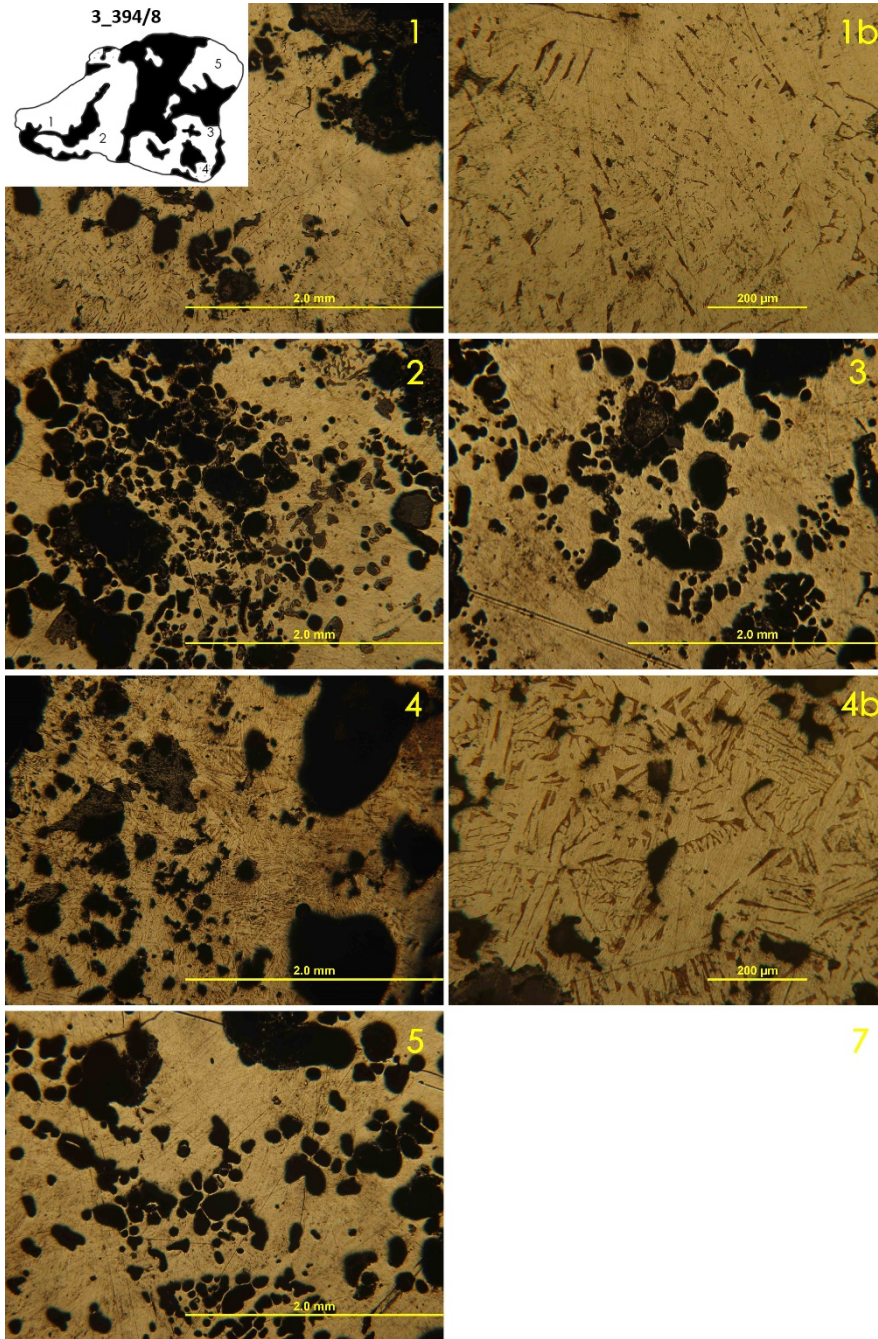


## II. TÁBLA





# IV. TÁBLA





VI. TÁBLA

