

Mohács térségéből származó pengetőredékek archeometriai vizsgálata

HARAMZA MÁRK¹, THIELE ÁDÁM,² KILTAU KRISTÓF¹

¹Janus Pannonius Múzeum, Pécs, Magyarország

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Magyarország
email: haramza.mark@jpm.hu, thiele@eik.bme.hu, kiltau.kristof@jpm.hu

Rezümé: A Janus Pannonius Múzeum Mohács 500 kutatóprogramja keretében felgyűjtött hadileletek eddig kevésbé vizsgált részét képezték azok a pengetőredékek, amelyek szűrő-vágó fegyverekhez is tartozhattak. A pontos azonosításban a klasszikus régészeti módszerek mellett kiemelkedő szerep jut az archeometriának is. Optikai mikroszkópos metallográfiai vizsgálattal és mikrokeménység-méréssel meghatározható a tárgy mikroszerkezete, míg további vegyelemző módszerekkel – mint a munka során alkalmazott röntgenfluoreszcens spektroszkópia (XRF) – az anyagösszetételre tehetünk megállapításokat. Jelen tanulmányban hét pengetőredék metallográfiai vizsgálati eredményeit mutatjuk be.

Kulcsszavak: mohácsi csata, 1526, csatatér, penge, archeometria, metallográfia, Mohács 500

Metallographic examination of blade fragments from the vicinity of the Battle of Mohács

Summary: The blade fragments collected within the framework of the Janus Pannonius Museum's Mohács 500 research program, which potentially belonged to various types of edged weapons, have previously constituted a less-studied segment of the military finds from the area. In addition to classical archaeological methods, archaeometry may also assist in their precise identification. The microstructure of the objects can be determined through optical microscopic metallographic examination and microhardness testing, while further analytical methods—such as the X-ray fluorescence spectroscopy (XRF) employed in this study—allow for definitive observations regarding the material composition. In the present study, we present the metallographic examination results of seven specific blade fragments.

Keywords: battle of Mohács, 1526, battlefield, blade, archaeometry, metallography

Bevezetés

A Janus Pannonius Múzeum bő fél évszázada foglalkozik az 1526. évi mohácsi csatának és helyszínének régészeti kutatásával, ami az elmúlt évtizedben távérzékeléses és geofizikai kutatási módszerek bevonásával vett új lendületet. A kutatómunkában kiemelkedő jelentősége van a fémkeresőműszeres terepbejárásoknak is.¹ Napjainkra a felgyűjtött fémtárgyak száma meghaladja a 15.000 darabot, amelyek között kis számban ugyan, de előfordulnak olyan pengék töredékei is, amelyek keresztmetszetük alapján nem késekhez tartozhattak, hanem nagyobb szűrő-vágó fegyvereknek képezhették részét. Mindazonáltal a Mohácsi-síkról származó pengetőredékek állapotuk miatt csak korlátozottan alkalmasak az azonosításra. Ez annak is köszönhető, hogy a térség lelőhelyeinek zöme – így a bemutatott leletek előkerülési helyeinek mindegyike – aktív földművelés alatt álló szántóföld.² Így az azonosításra a töredék szélességének és vastagságának változása adhat alapot, attól függően, hogy milyen mértékben van elkorrodálódva az él. Szintén támpontot jelenthet a fok épen maradt formája (lekerekített, szögletes, megvastagodó, kiugró), vagy a profilokban időnként megfigyelhető csatornák.

A vizsgált pengék közül a két, markolatszerelékekkel ellátott szablya földmunkák során került elő. A mohácsi szablya 2021-ben szántás közben (Nr. 1.), a sátorhelyi évtizedekkel korábban (Nr. 2.), országúti

¹ Újabbán: BERTÓK 2014; BERTÓK et al. 2020.

² BERTÓK et al. 2020, 114–116.

árok betöltéséből került elő a Mohácsi Nemzeti Emlékhely közelében. Utóbbi tárgyat később Auth József honvéd ajándékozta a Janus Pannonius Múzeumnak.³

További öt pengetöredék a Janus Pannonius Múzeum Mohács 500 Kutatóprogramjának fémkeresőműszeres terepi kutatásai során került elő, az alábbi bejárások során:

Nr. 3: Lánycsók–Szőlőhegy, 2024, március 2.

Nr. 4–5: Majs–Majsi-rétek-dűlő, 2023. március 17.

Nr. 6–7: Majs–Falukéti szélé, 2023. november 19.

Vizsgálati módszerek és eredmények

A metallográfiai vizsgálatokhoz szükséges mintavétel során törekedtünk arra, hogy a leletekből minél kisebb darabot távolítsunk el, és a lehető legkisebb mértékű változást okozzuk az állapotában és az esztétikai megjelenésében.⁴ Ezért a tárgyakból 0,4 mm vastagságú, kis fordulatszámú, vízhűtéses, gyémántbevonatos vágókoronggal vettünk mintákat, amelyeket ezt követően polírozással és 2%-os nitálos maratással készítettünk elő. A mikroszerkezet feltérképezéséhez optikai mikroszkópos vizsgálatot és mikrokeménységmérést, utóbbit 5 mp-ig tartó 0,2 kp-os terheléssel hajtottuk végre. E vizsgálatok a Budapesti Műszaki Egyetem Anyagtudomány és Technológia Tanszékének Laboratóriumában történtek.

A kémiai összetétel megismeréséhez további röntgen fluoreszcens vegyelemzést (XRF) folytattunk a Janus Pannonius Múzeum Régészeti Gyűjteményében, a múzeum hordozható röntgenspektrométerével. Az XRF-méréseket elsődlegesen a metallográfiai csiszolatokon végeztük el, pengénként 2-2 ponton: egyet a penge foka, egyet pedig az él közelében. Ez alól a mohácsi (Nr. 1) és egy majsi (Nr. 6) penge képez kivételt: előbbinél a markolatgomb anyagösszetételét is vizsgáltuk, míg utóbbinál a penge állapotából adódóan csak a foknál tudtunk mérni, mivel az élnél a készülék 3 mm-es mérési felülete meghaladta a penge vastagságát.

A fent említett archeometriai vizsgálatok nemcsak e tanulmányban közölt tárgyakat érintik: csupán a mohácsi csata régészeti kutatása kapcsán is számos egyéb, elsősorban konfliktusrégészeti vonatkozású lelet vizsgálatát végezzük.⁵ Ezek között állapotuk miatt külön kihívást jelent a vasötvözetek XRF-vizsgálata. Bár a hordozható XRF készülékkel roncsolásmentesen, mintavétel nélkül is vizsgálhatók a leletek, a felszíni mérések során a tárgyak inhomogenitása, a korrózió, az üledékréteg maradványai, vagy éppen a restaurálás során alkalmazott vegyszerek jelentősen befolyásolhatják a mérési eredményeket.⁶ Míg az inhomogenitás hozzátartozik a tárgy tulajdonságaihoz, az utóbbi állapotok torzítanak az anyagösszetételről alkotott képen. A mérési eredményeket módosító körülmények kizárásához, egyúttal a restaurálás és a méréstechnika kapcsolatának feltérképezéséhez célszerűnek tartjuk, ha a tárgyakat a restaurálás több munkafázisában is vizsgáljuk. Erre a közelmúltban felgyűjtött pengetöredékek esetében volt lehetőségünk (Nr. 3–7).

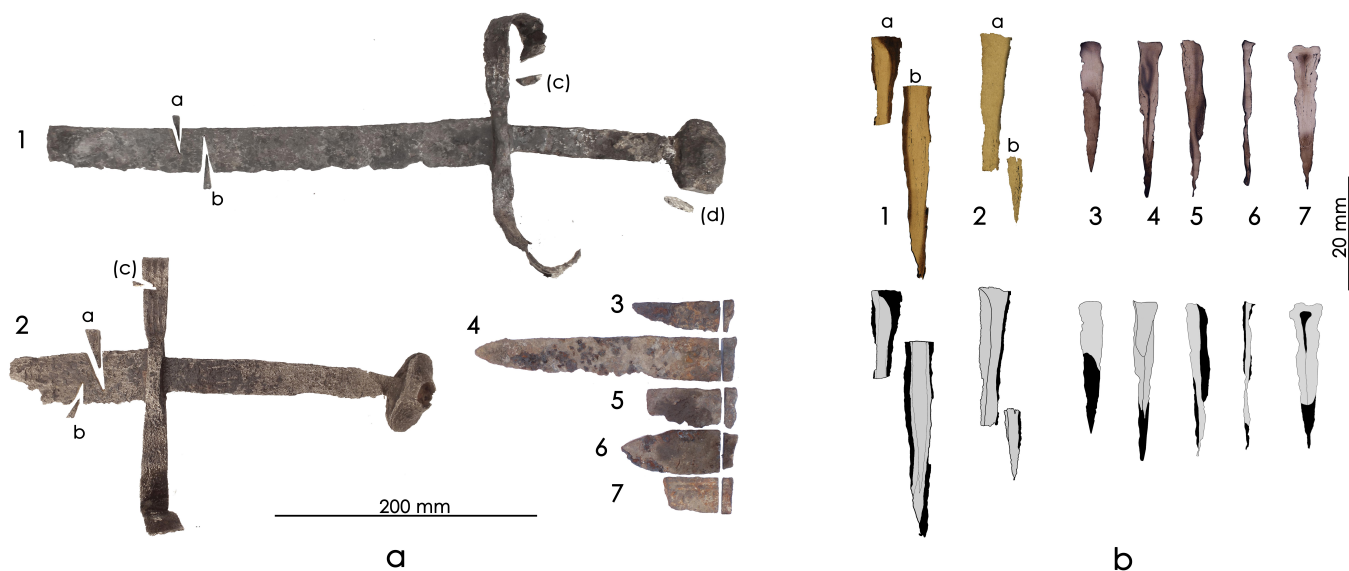
A pengetöredékek és a vizsgált minták metallográfiai csiszolata, valamint a metallográfiai vizsgálatok alapján megrajzolt sematikus keresztmetszete összefoglalóan az 1. ábrán látható (a metallográfiai vizsgálatok és a mikrokeménység mérések eredményei részletesebben az egyes pengetöredékekhez tartozó táblákon, a szöveg végén láthatók).

³ Leletkörülmények és a mohácsi szablya metallográfiai vizsgálati eredményeinek korábbi közlése: *HARAMZA–THIELE* 2024.

⁴ Minden esetben a penge teljes keresztmetszetét vizsgáltuk. Kisebb, töredékesebb leletek esetében (Nr. 3–7) a törésnél vettünk egy, teljes keresztmetszeti mintát, mivel ez nem befolyásolta a tárgy megjelenését. A reprezentatív darabok esetében, a penge egyben tartása, és a formavesztés elkerülése érdekében – a vizsgálatok általánosan elterjedt gyakorlatának megfelelően – két irányból vettünk mintát, így a mintavétel helyei a későbbi helyreállítás során jobban értelmezhető, könnyebben pótolható.

⁵ Újabbán ld. *NÉMETH* et al. 2025.

⁶ Utóbbira jó példa a vasötvözetek foszforsavas tisztítása után, a felületen fennmaradt jelentős P-arány, amelyet több, teljesen restaurált, vagy csupán vegyszeresen tisztított tárgyon is volt alkalmunk megfigyelni.



1. Ábra: a) A pengetőredékek és a belőlük kivágott minták, b) A vizsgált minták nitállal maratott metallográfiai csiszolata, amelyen látható a széneloszlás (felül), illetve a metallográfiai vizsgálatok alapján megrajzolt sematikus keresztmetszetek (alul) – szürke: lágyvas, fekete: acél.

1. S-keresztvasú szablya⁷

Lelőhely: Mohács–Alsó-Kanda-dűlő

Őrzés: Janus Pannonius Múzeum, Régészeti Gyűjtemény, ltsz.: K.2022.17.1.

Formai jellemzők: töredékes pengéjű, deformált szablya, a penge keresztmetszetében csatorna nem figyelhető meg. Tipológiai besorolás: markolatgomb: Z2b, keresztvas: 12a⁸

Méretetek: Teljes H: 512,3 mm, penge: H: 320 mm, Sz: 38–36 mm, V: 10–5 mm, keresztvas: H: 195 mm, Sz: 18–26 mm, V: 3,2–5 mm, D: 39 mm, markolatgomb: Sz: 65 mm, M: 41 mm, V: 32,1 mm.

Metallográfiai elemzés: a tárgyból több mintát vettünk, 2-t a pengéből, valamint további 1–1 mintát a markolatgombból és a keresztvasból. A penge éléből és fokából vett minták metallográfiai vizsgálata alapján a penge magja lágyvas, tisztán ferrites, erősen salakos szövetszerkezettel, kb. 115 HV0.2 keménységgel. A magot egy köpeny veszi teljesen körbe. A köpeny belső része lágyvas, főként ferrites szövetszerkezettel, kb. 120 HV0.2 keménységgel, a külső része pedig acél, amelynek alavetően bainetes, néhol pedig perlitese a szövetszerkezete és jóval nagyobb keménység, kb. 400–500 HV0.2 mérhető rajta (a köpeny külső része a teljes keresztmetszetben nagy keménységű, nemcsak az élnél).

*Anyagösszetétel XRF-vizsgálat alapján:*⁹

Markolatgomb: Fe: 99,15±0,73%; Si: 0,28±0,02%; P: 0,14±0,01%; S: 0,15±0,01%; Ni: 0,08±0,03%; Cu: 0,07±0,02%; Pb: 0,02±0,01%.

Penge foka: Fe: 99,21±0,73%; Si: 0,19±0,02%; P: 0,06±0,01%; S: 0,15±0,01%; V: 0,05%; Ni: 0,05±0,03%; Cu: 0,17±0,04%; Pb: 0,06±0,04%.

Penge éle: Fe: 98,25±0,71%; Si: 0,5±0,03%; P: 0,08±0,01%; S: 0,21±0,01%; Cr: 0,05±0,02%; Co: 0,32±0,16%; Cu: 0,25±0,05%; Ru: 0,21±0,04%.

2. S-keresztvasú szablya¹⁰

Lelőhely: Sátorhely–Mohácsi emlékpark környezete¹¹

⁷ Bővebben: HARAMZA–THIELE 2024. E munka tartalmazza a fegyver részletes metallográfiai vizsgálatát is. A továbbiakban a penge egyes régióira vonatkozó főbb információk összefoglalására szorítkozunk.

⁸ A mohácsi és a sátorhelyi szablyák esetében a szerelések besorolása Ewart Oakeshott rendszere szerint történt (OAKESHOTT 1991. vö. OAKESHOTT 1964). A tipológiai rendszer újabb, kapcsolódó kiegészítéseiről ld. ALEKSIC 2011.

⁹ Az anyagösszetétel eredményei régióként három mérés átlagolásával történtek, az értékek tömegszázalékban értendők. Az arányokat század százalékra kerekítve tüntettük fel. Ami a kerekítés vagy az eredeti mérés alapján 0%-ra vagy detektálási határ alá esett (<LOD), nem került kiírásra.

¹⁰ Korábbi közlés metallográfiai vizsgálat eredményei nélkül: HARAMZA–THIELE 2024.

¹¹ A lelőhelytől északra, Sátorhely–S7-tábla.

Őrzés: Janus Pannonius Múzeum, Régészeti Gyűjtemény, ltsz.: K.76.3.1.

Formai jellemzők: töredékes pengéjű és keresztvasú szablya, a penge keresztmetszetében csatorna nem figyelhető meg. Tipológiai besorolás: markolatgomb: Z3, keresztvas: 12b

Méretetek: Teljes H: 316 mm, penge: H: 104 mm, Sz: 38,2 mm, V: 6,5–5,6 mm, keresztvas: H: 181 mm, Sz: 14,25–23,7 mm, V: 1,6–6,4 mm, markolatgomb: Sz: 60,5 mm, M: 40,6 mm, V: 25,1 mm.

Metallográfiai elemzés: Az éléből és fokából vett minták alapján a penge szerkezete igen hasonló a mohácsi szablyához: a magtól elkülöníthető egyfajta köpeny, amelynek azonban egyik oldala hiányzik. Ennek oka nem egyértelmű, leéghetett vagy korrózió során is megsemmisülhetett a hiányzó rész. További eltérést jelent, hogy a köpeny csupán V-alakban, a pengeprofilokon figyelhető meg (illetve feltételezhető) a keresztmetszetben, a foknál nem. A lágyvas anyagú mag két félből kovácshegesztett, a köpeny némileg magasabb karbontartalmú, eredetileg eutektoidos mikroszerkezetű lehetett. A penge feltételezhetően megégett, ettől lágyító hőkezelést kapott, így az eredeti hőkezeltégi állapota elveszett. Erre utal az acél kéreg rendkívül kicsi, kb. 180 HV0.2-es keménysége és durvaszemcsés perlites szövetszerkezete. A mag keménysége is mindössze 80 HV0.2.

Anyagösszetétel XRF-vizsgálat alapján:

Penge foka: Fe: 99,29±0,74%; Si: 0,23±0,02%; P: 0,05±0,01%; S: 0,15±0,01%; V: 0,02%; Ni: 0,04±0,03%; Cu: 0,12±0,03%; Pb: 0,06±0,04%.

Penge éle: Fe: 96,77±0,67%; Si: 1,65±0,04%; Cr: 0,07±0,03%; Mn: 0,41±0,06%; Co: 0,38±0,15; Cu: 0,13±0,04%; Ru: 0,11±0,02%; Pd: 0,1±0,1%.

3. Pengetöredék

Lelőhely: Lánycsók–Szőlőhegy

Őrzés: Janus Pannonius Múzeum, Régészeti Gyűjtemény, Gysz/504

Formai jellemzők: foknál záruló hegyű penge töredéke, keresztmetszetében csatorna nem figyelhető meg.

Méretetek: H: 68,8 mm, Sz: 24,1 mm, V: 4,5 mm.

Metallográfiai elemzés: Teljes keresztmetszeti mintát vettünk a törés irányából. A penge foka lágyvas, éle acélból kovácshegesztett, nagy széntartalommal, közepes keménységű (kb. 450 HV₂₀₀), megeresztett martenzites szövetszerkezettel.

Anyagösszetétel XRF-vizsgálat alapján:

Penge foka: Fe: 99,21±0,72%; Si: 0,1±0,02%; P: 0,07±0,01%; S: 0,12±0,01%; V: 0,04%; Cu: 0,38±0,06%; Pb: 0,04±0,03%.

Penge éle: Fe: 98,74±0,78%; Si: 0,73±0,03%; P: 0,15±0,01%; S: 0,14±0,01%; Ti: 0,02%; V: 0,06%; Cr: 0,01%; Cu: 0,04±0,02%; Pb: 0,04±0,04%.

4. Pengetöredék

Lelőhely: Majs–Majsi-rétek-dűlő

Őrzés: Janus Pannonius Múzeum, Régészeti Gyűjtemény, Gysz/159

Formai jellemzők: a pengeprofil középvezetékében, szimmetrikusan záródó hegyű, hegy felé keskenyedő pengetöredék, T-alakban enyhén megvastagodó fokkal, alatta mindkét oldalt enyhe homorulattal. Egyik oldalán egy keskeny, sekély csatorna fut végig a fok alatt.

Méretetek: H: 193 mm, Sz: 32,4 mm, V: 5,8 mm.

Metallográfiai elemzés: Teljes keresztmetszeti mintát vettünk a törés irányából. A penge foka nehezen értelmezhető, több darabból összekovácshegesztett: egy heterogén, nagyobb széntartalmú lágyvas magra, két oldalról teljesen szénmentes lágyvas panelek kerültek, amelyek a mag kiékelődésénél, a hegesztési vonal mentén hosszú repedéssel elválnak egymástól. A penge éle nagy széntartalmú acél, közepes keménységű (kb. 500 HV₂₀₀), bainites szövetszerkezettel.

Anyagösszetétel XRF-vizsgálat alapján:

Penge foka: Fe: 99,44±0,72%; Si: 0,21±0,02%; P: 0,03±0,06%; S: 0,14±0,01%; V: 0,04%; Cu: 0,03±0,01%; Pb: 0,05±0,04%.

Penge éle: Fe: 98,72±0,86%; Si: 0,39±0,03%; P: 0,02%; S: 0,06±0,01%; Cr: 0,05±0,03%; Mn: 0,08±0,04%; Co: 0,38±0,15%; Cu: 0,02±0,02%; W: 0,02±0,01%; Ru: 0,21±0,05%.

5. Pengetőredék

Lelőhely: Majs–Majsi-rétek-dűlő

Őrzés: Janus Pannonius Múzeum, Régészeti Gyűjtemény, Gysz/159

Formai jellemzők: egyélű penge töredéke, állapota miatt nehezen azonosítható.

Méretek: H: 57,7 mm, Sz: 29,9 mm, V: 4,3 mm.

Metallográfiai elemzés: Teljes keresztmetszeti mintát vettünk a markolat feltételezett irányából. Elképzelhető, hogy eredetileg V-alakban felkovácshegesztett, nagyobb széntartalmú köpeny vette körül a lágyvas magot és a penge hőkezelve is volt, azonban jelenlegi állapotában normalizált (szabad levegőn hűlt) hőkezeltégi állapotú, teljesen lágy, az él is mindössze kb. 200 HV₂₀₀ keménységű, ráadásul a köpeny külső részei dekarbonizálódtak. Lehetséges, hogy a minta megégett.

Anyagösszetétel XRF-vizsgálat alapján:

Penge foka: Fe: 99,26±0,73%; Si: 0,36±0,02%; P: 0,03±0,01%; S: 0,14±0,01%; Ti: 0,01%; V: 0,02%, Ni: 0,04±0,03%; Cu: 0,03±0,02%; Pb: 0,06±0,05%.

Penge éle: Fe: 98,23±0,78%; Si: 1,22±0,04%; P: 0,07±0,01%; S: 0,2±0,01%; Ti: 0,03%; V: 0,03%; Cu: 0,04±0,02%; Pb: 0,06±0,05%.

6. Pengetőredék

Lelőhely: Majs–Falu K-i széle

Őrzés: Janus Pannonius Múzeum, Régészeti Gyűjtemény, Gysz/503

Formai jellemzők: a pengeprofil középvezetében, az él felől ívelten, a fok felől egyenesen záródó, „csapott” hegyű pengetőredék. Eredeti keresztmetszete a korrózió miatt nem őrződött meg.

Méretek: H: 78,5 mm, Sz: 35,9 mm, V: 3,1 mm.

Metallográfiai elemzés: Teljes keresztmetszeti mintát vettünk a törés irányából. Erősen korrodeálódott, kevés fémes magot tartalmazó minta. Az eredeti konstrukciót nehéz megállapítani, de valószínű, hogy lágyvas magra kis széntartalmú acél köpeny kovácshegesztettek V-alakban, azonban a kovácshegesztési vonalak csak néhol vehetők ki. Jelenlegi állapotában a penge teljes keresztmetszetében lágyvasnak tekinthető, kis heterogenitással. Az élnél kis széntartalmú martenzites szövetszerkezet, keménysége kb. 250 HV₂₀₀.

Anyagösszetétel XRF-vizsgálat alapján:

Penge foka: Fe: 98,45±0,73%; Mg: 0,22±0,05%; P: 0,03%; S: 0,1±0,01%; Cr: 0,07±0,03%; 0,51±0,16%; Cu: 0,06±0,03%; Ru: 0,37±0,08%.

7. Pengetőredék

Lelőhely: Majs–Falu K-i széle (lelőhely környezetében)¹²

Őrzés: Janus Pannonius Múzeum, Régészeti Gyűjtemény, Gysz/503

Formai jellemzők: keskenyedő pengetőredék, szélesebbik oldalán szabályos sarkokkal. Valószínűleg egy egyélű penge pengetővi töredéke. Profiljában, az egyik oldalán egyértelműen, a másik oldalon elmosódottabban 2-2 párhuzamosan futó csatorna figyelhető meg, foka T-alakban enyhén kiszélesedik.

Méretek: H: 42,7 mm, Sz: 27,1 mm, V: 6,6 mm.

Metallográfiai elemzés: Teljes keresztmetszeti mintát vettünk a markolat feltételezett irányából. A felépítés nagyon hasonló a 4-es mintához. A penge foka alapvetően lágyvas, de látható egy nagyobb széntartalmú mag, ami köré U-alakban lágyvas köpeny került. A penge éle a fokhoz nagy széntartalmú acélból

¹² A jelenleg nyilvántartott lelőhely Ny-i határától 20 m-re, lelőhelyen kívül.

kovácshegesztett (a fok és az él közt baloldalon mély repedés is látható), megeresztett martenzites, nagy keménységgel (kb. 600 HV₂₀₀).

Anyagösszetétel XRF-vizsgálat alapján:

Penge foka: Fe: 99,2±0,74%; Si: 0,4±0,03%; P: 0,01±0,01%; S: 0,13±0,01%; V: 0,03%; Cu: 0,13±0,03%; Pb: 0,03±0,03%.

Penge éle: Fe: 98,09±0,69; Mg: 0,1±0,05%; Si: 0,83±0,03%; P: 0,01%; S: 0,05±0,01%; Cr: 0,05±0,03%; Co: 0,42±0,15%; Cu: 0,07±0,03±; Ru: 0,11±0,03%.

A pengék szerkezete

A 6. pengetörredék esetében feltételezhető, a többi pengénél pedig egyértelműen megfigyelhető a kompozit szerkezet, ami az esetek többségénél pengemag magasabb C-tartalmú vasötvözzel történő bevonását (Nr. 1; 5; és feltételezhetően 2; 6), vagy efféle anyagú él maghoz történő kovácshegesztését jelenti (Nr. 3; 4; 7). Mindkét megoldás a penge éltartóságát segítette elő. A mag bevonása további két technikára bontható, így az alábbi pengestruktúrákat különíthetjük el:

1) *Kompozit lágyvas maghoz kovácshegesztett acél él* (Nr. 3; 4; 7.) – önmagában a lágyvas maghoz magas C-tartalmú él tűzhegesztése időben és térben általánosan elterjedt pengekészítési eljárásnak tekinthető.¹³ A mag összetettségének nem mindig ismertek funkcionális okai. Mind a két ide tartozó majsi töredéknél megfigyelhető egy önálló, tűzhegesztési vonalakkal lehatárolt régió a fokban: Inkább így írnám: A 4. töredéknél egy kisebb, inkább lágyvasnak tekinthető magot, míg a 7. töredéknél egy nagyobb széntartalmú acél magot vesz körbe lágyvas köpeny, előbbinél két oldalról, két darabban, utóbbinál U alakban, egy darabban a maghoz kovácshegesztve. A 3. töredék fokán kevésbé markánsan, de elkülöníthető egy magasabb C-tartalmú régió. Ehhez hasonló szerkezetű késő középkori és kora újkori pengék a főként Csehország területén elterjedt *dussackok* között található. A boieradicei és a horákovi pengék foka hőkezelt – Petr Žákovský és szerzőtársai szerint vízben edzett – martenzites szerkezetű, 0,5–0,6% C-tartalmú acél, míg a penge magja többnyire perlit–ferrites.¹⁴ Radomír Pleiner munkássága nyomán hasonló szerkezetű *dussack* pengék ismertek Prágából és Sezimovo Ústí-ből.¹⁵ A prágai *dussack* pengemagja ferrites, éle martenzites, a fok alatt és az él környezetében szorbit-jellegű szövetszerkezet figyelhető meg.¹⁶ A Sezimovo Ústí-ből származó penge éle szorbitos, míg foka nagy keménységű, martenzites szerkezetű. A pengemag perlitos és perlit-ferrites.¹⁷

2) *Lágyvas magot teljesen körülvevő acél köpeny* (Nr. 1) – a vizsgált pengék közül csupán egy, a Mohácsi-szigetből származó szablya pengéje tartozik ide. Jiří Hošek és szerzőtársai csehországi középkori kardokról írt monográfiája a kardkészítési technikákat is osztályozza, amelyek közül e kontrasztos karboneloszlás (III. típus) a késő középkori és reneszánsz pengék leggyakoribb típusa, míg a homogén (II. típus) és a tűzhegesztett élű (IV. típus) fegyverek ritkábbak. Bár a III. típusnál alkalmazott felületi karbondúsítás (cementálás) alternatívája a kompozit pengekészítésnek, körülményessége ellenére a korszakban nem eredményezett szignifikánsan magasabb minőséget.¹⁸ A 15–16. századi szlovéniai leletek közül is több példát találunk heterogén alapanyag-használatra, ilyen például a ljubljani S-keresztvasú kardok, valamint a Száva Kranj környéki mederszakaszából származó, messorból átalakított szablya esete.¹⁹

¹³ Már a La Tène-től ismert technika (PLEINER 2006, 202–214).

¹⁴ ŽÁKOVSKÝ et al. 2013, 106–109, 114: Fig. 8, 118: Fig. 10.

¹⁵ ŽÁKOVSKÝ et al. 2013, 123. Pleiner tanulmányában a prágai *dussack Jagdmesser* megnevezéssel szerepel (PLEINER 1991, 249). A Sezimovo Ústí-ből származó penge vizsgálati eredményéről ld. PLEINER 2003.

¹⁶ PLEINER 1991, 249–253.

¹⁷ PLEINER 2003, 176.

¹⁸ HOŠEK et al. 2021. 92–93.

¹⁹ WILLIAMS–LAZAR 2018. 123–127. Bővebben ld. még: HARAMZA–THIELE 2024, 303–305.

3) *Lágyvas magot V-alakban körülvevő acél köpeny* (Nr. 2; 5) – a pengeszerkezet nyomai két penge keresztmetszetében figyelhetők meg, mindkét esetben dekarbonizálódott a köpeny megmaradt része, ami a tárgyak utólagos hosszabb ideig történő, magas hőnek és erősen oxidáló atmoszférának (feltételezhetően szabad tűznek) való kitettség során mehetett végbe. A szerkezetre szintén találunk példát a cseh egyéltű dussackok között: a věteřov-i penge hasonló szerkezettel rendelkezik, a köpeny martenzites szerkezetű, hőkezelés nyomai figyelhetők meg.²⁰

A pengék anyagösszetétele

A metallográfiai csiszolatok XRF-vizsgálatánál korlátot jelentett a felület kis mérete,²¹ az eredmények értelmezésénél pedig a leletek heterogenitása, így a mérési eredményeket fenntartásokkal kezelve csak a nagyobb arányban megfigyelhető tendenciákra hívjuk fel a figyelmet. A csiszolatokon mért eredmények alapján a vizsgált pengék kevés szennyezőanyaggal rendelkező, lényegében ötvöztelen szénacélok. A vas aránya meghaladja a 98%-ot, egyedül a sátorhelyi szablya élén mért eredmény alacsonyabb (Nr. 2: Fe=96,77%). Az ötvöző- és szennyezőanyagok közül csupán két esetben (Nr. 2: él, Nr. 5: él), és kizárólag a szilícium-tartalom haladja meg 1%-ot. Elhanyagolható arányban fordul elő foszfor, csak két esetben haladja meg a 0,1%-ot (Nr. 1: markolatgomb, Nr. 3: él).

Kísérleti céllal további méréseket végeztünk az újabban restaurált pengék profilján (Nr. 3–7.) is, a mintavétel közelében, különböző restaurálási fázisok után.²² Vegyületi szinten a tisztítatlan pengék mindegyikében található magnézium-oxid (MgO=1,1–1,7%), kálium-oxid (K₂O=0,3–1,2%) és szilícium-dioxid (SiO₂=1,4–31,9%), továbbá a 4. pengetöredék kivételével alumínium-oxid (Al₂O₃=3–8,6%). E vegyületek egyaránt előfordulhatnak a vasak érc állapotában,²³ lehetnek metallurgiai eredetűek,²⁴ de származhatnak a betemetődés után keletkezett üledékrétegekből is.

Nem meglepő, hogy a mechanikus tisztítás után csökkent a legjelentősebben a nem vas elemek (<1%), és vegyületek (<1,2%) aránya. Szintén előrelátható volt, hogy a foszforsavas kezelés²⁵ után magasabb P-tartalom volt mérhető minden felszínen, ugyanakkor a növekedés mértéke viszonylag alacsony (0,12–0,37%). Ezzel együtt a vegyszeres tisztítás után általában tovább csökkent a szennyezőanyagok aránya.²⁶ A teljes restaurálást²⁷ követően általánosságban növekedett a mérhető Fe-tartalom, míg a további elemek (Si, P, S) aránya csökkent.²⁸ Bár összességében a teljesen restaurált profilok mérési adatai mutatták a legnagyobb hasonlóságot a metallográfiai csiszolatokkal, a felszínen általában alacsonyabb Fe- és Si-tartalom (különbség: 0–0,73%), de magasabb P- és S-tartalom (különbség: 0,02–0,18%) volt észlelhető.²⁹

²⁰ ŽÁKOVSKÝ et al. 2013, 115, 121: Fig. 12.

²¹ A kis méret miatt kisebb kollimátort használtunk (3 mm), ami az anyagösszetétel Alloys2 programmal történő mérésénél is óvatosságra int, míg a vegyületek feltérképezésére alkalmas GeoExploration programmal csak az újonnan restaurált tárgyak (Nr. 3–7.) felszínén végeztünk méréseket, mivel ebben az esetben a mérés kiterjedtségének megváltoztatása jelentősen megváltoztathatja az eredményeket (Rácz Árpád szóbeli közlése alapján). Minden további, pengfelületen történő mérés az eredeti kalibrációnak megfelelő kollimátorral (8 mm) történt.

²² A különböző munkafázisban mért értékeket az 1. és 2. táblázat mutatja be.

²³ TYLECOTE 1976, 41–43.

²⁴ Még ha az érc nem is tartalmaz nagyarányú szennyezőanyagot, a tűzhely falát alkotó kövek és agyag SiO₂-tartalma és a vas-oxid reakciója szövetszerkezeti fajlit-zárványokat generál: 2FeO+SiO₂=Fe₂SiO₄ (WILLIAMS 2012, 12–13. vö. PLEINER 2006, 119). A magnézium-oxid származhat fahamuból is, akár csak a kálium-oxid (PLEINER 2006, 110, 119).

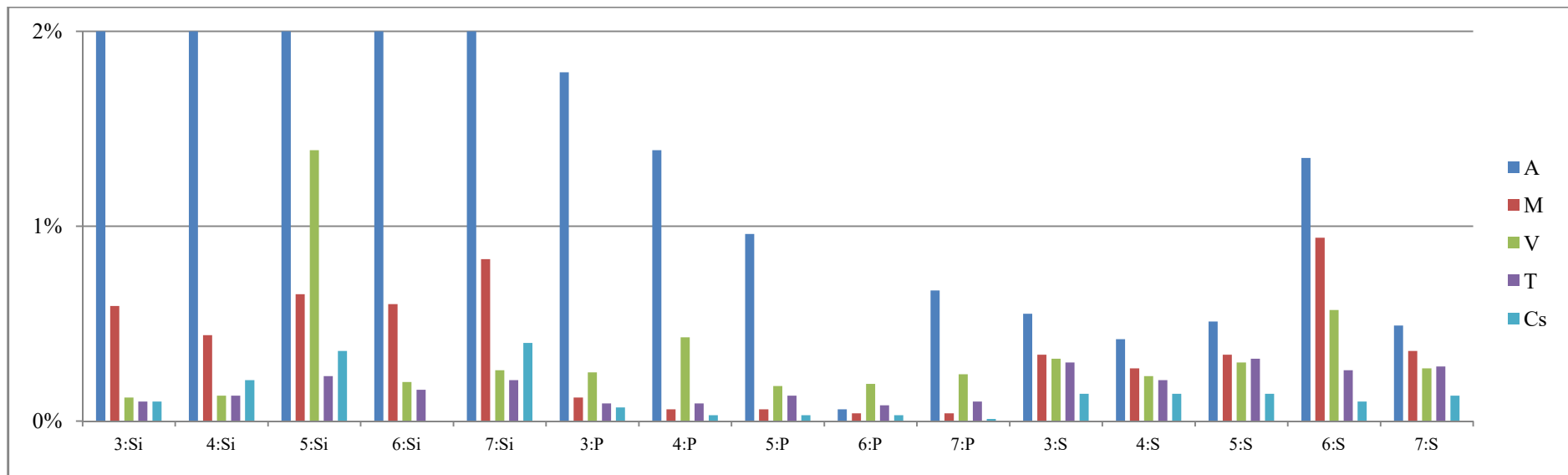
²⁵ Vegyszeres tisztítás: foszforsav (5%).

²⁶ Ellentétes tendenciát mutat az 5. töredék: magasabb Si- (és SiO₂-) tartalom volt mérhető a savas tisztítás után, ami valószínűleg a penge struktúrájában lévő salakzárványokkal hozható összefüggésbe. Hasonló ok valószínűsíthető a MgO több alkalommal megfigyelhető növekedésénél, különösen a 6. töredék esetében, amelynek mind mechanikus, mind vegyszeres tisztítása után növekedett a MgO, és a csiszolatban is mérhető volt a magnéziumtartalom (Mg=0,22%).

²⁷ Klorid-mentesítés: nátrium-hidroxid (2%). Passziválás: csersav (7%). Konzerválás: Paraloid B72 (5%).

²⁸ Kivétel: azonos mérési átlag: Nr. 4: Si, fordított tendencia: Nr. 3: Fe, Nr. 5: S, Nr. 7: S – utóbbiaknál a növekedés elhanyagolható mértékű (0,02%).

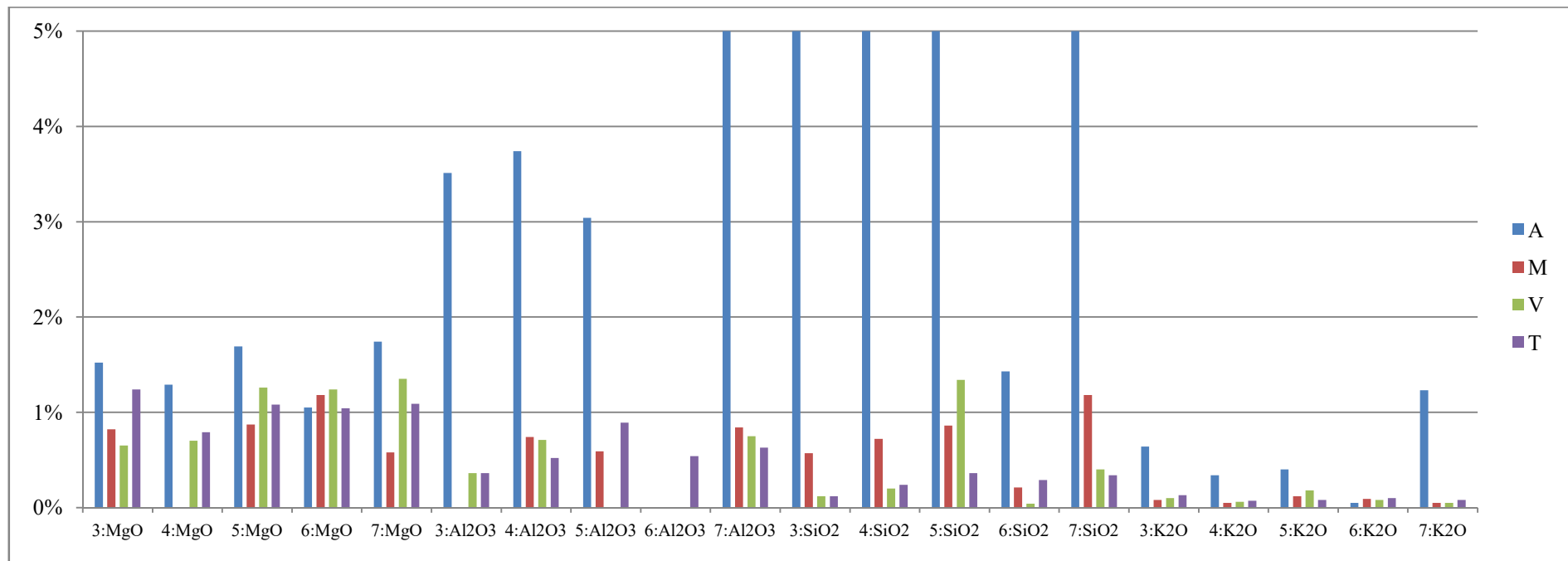
²⁹ Kivétel: Nr. 6: Fe.



	Fe					Si					P					S				
	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
A	77,77 ±0,36	85,75 ±0,35	82,16 ±0,38	93,22 ±0,63	65,81 ±0,31	19,19 ±0,2	12,16 ±0,15	15,92 ±0,19	4,79 ±0,16	32,13 ±0,23	1,79 ±0,04	1,39 ±0,03	0,96 ±0,03	0,06 ±0,03	0,67 ±0,03	0,55 ±0,02	0,42 ±0,02	0,51 ±0,02	1,35 ±0,04	0,49 ±0,02
M	98,62 ±0,41	99 ±0,35	98,72 ±0,36	97,97 ±0,57	97,96 ±0,35	0,59 ±0,05	0,44 ±0,04	0,65 ±0,05	0,6 ±0,07	0,83 ±0,05	0,12 ±0,02	0,06 ±0,01	0,06 ±0,01	0,04 ±0,02	0,04 ±0,01	0,34 ±0,02	0,27 ±0,01	0,34 ±0,02	0,94 ±0,03	0,36 ±0,02
V	99,13 ±0,37	99,07 ±0,35	97,8 ±0,39	98,66 ±0,51	98,78 ±0,35	0,12 ±0,04	0,13 ±0,04	1,39 ±0,06	0,2 ±0,05	0,26 ±0,04	0,25 ±0,02	0,43 ±0,02	0,18 ±0,02	0,19 ±0,02	0,24 ±0,02	0,32 ±0,02	0,23 ±0,01	0,3 ±0,02	0,57 ±0,02	0,27 ±0,01
T	98,9 ±0,36	99,38 ±0,36	99,08 ±0,35	99,18 ±0,36	98,96 ±0,36	0,1 ±0,03	0,13 ±0,03	0,23 ±0,04	0,16 ±0,04	0,21 ±0,04	0,09 ±0,01	0,09 ±0,01	0,13 ±0,01	0,08 ±0,01	0,1 ±0,01	0,3 ±0,01	0,21 ±0,01	0,32 ±0,02	0,26 ±0,01	0,28 ±0,01
Cs	99,21 ±0,72	99,44 ±0,72	99,26 ±0,73	98,45 ±0,73	99,2 ±0,74	0,1 ±0,02	0,21 ±0,02	0,36 ±0,02	-	0,4 ±0,03	0,07 ±0,01	0,03 ±0,06	0,03 ±0,01	0,03 ±0	0,01 ±0,01	0,14 ±0,01	0,14 ±0,01	0,14 ±0,01	0,1 ±0,01	0,13 ±0,01

1. Táblázat: A vas és a nagyobb arányú szennyezőanyagok előfordulása a restaurálás fázisaiban és a metallográfiai csiszolaton³⁰

³⁰ Rövidítések: A=alapállapot (tisztítatlan, üledékes), M=mechanikai tisztítás utáni állapot, V=vegyszeres (foszforsavas) tisztítás utáni állapot, T=teljes restaurálás utáni állapot, Cs=metallográfiai csiszolat (fok).



	MgO					Al ₂ O ₃					SiO ₂					K ₂ O				
	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
A	1,52 ±0,55	1,29 ±0,61	1,69 ±0,56	1,05 ±0,39	1,74 ±0,65	3,51 ±0,22	3,74 ±0,24	3,04 ±0,21	<LOD ±0,1	8,62 ±0,3	17,8 ±0,25	12,7 ±0,21	12,47 ±0,2	1,43 ±0,07	31,9 ±0,33	0,64 ±0,01	0,34 ±0,01	0,4 ±0,01	0,05 ±0	1,23 ±0,02
M	0,82 ±0,48	<LOD ±0,58	0,87 ±0,55	1,18 ±0,4	0,58 ±0,58	<LOD ±0,13	0,74 ±0,17	0,59 ±0,16	<LOD ±0,09	0,84 ±0,17	0,57 ±0,06	0,72 ±0,07	0,86 ±0,07	0,21 ±0,04	1,18 ±0,08	0,08 ±0,01	0,05 ±0,01	0,12 ±0,01	0,09 ±0,01	0,05 ±0,01
V	0,65 ±0,52	0,7 ±0,56	1,26 ±0,48	1,24 ±0,42	1,35 ±0,6	0,36 ±0,15	0,71 ±0,17	<LOD ±0,14	<LOD ±0,09	0,75 ±0,17	0,12 ±0,05	0,2 ±0,06	1,34 ±0,08	0,04 ±0,04	0,4 ±0,06	0,1 ±0,01	0,06 ±0,01	0,18 ±0,01	0,08 ±0	0,05 ±0,01
T	1,24 ±0,52	0,79 ±0,54	1,08 ±0,56	1,04 ±0,55	1,09 ±0,56	0,36 ±0,15	0,52 ±0,16	0,89 ±0,17	0,54 ±0,16	0,63 ±0,16	0,12 ±0,05	0,24 ±0,06	0,36 ±0,06	0,29 ±0,06	0,34 ±0,06	0,13 ±0,07	0,07 ±0,01	0,08 ±0,01	0,1 ±0,01	0,08 ±0,01

2. Táblázat: Nem vasalapú vegyületek arányának változása a restaurálás fázisaiban³¹

³¹ Rövidítések: ld. 1. táblázat.

Konklúzió

A Mohács környékén, a közelmúltban napvilágot látott pengetőredékek egyelőre kevésbé kutatott tárgycsoportját képzik a térség régészeti anyagának. E tárgyak állapotuknál fogva csak korlátozottan alkalmasak a konkrét fegyvertípusba sorolásra. A fennmaradt markolatszerelékek miatt a legegyszerűbb a mohácsi és sátorhelyi S-keresztvasú szablyák azonosítása: ezek az egyélű fegyverek 12b típusú keresztvassal és Z2b valamint Z3 típusú markolatgombbal vannak ellátva. Marko Aleksic a 12b keresztvasat az általa megalkotott Sciavonesca 1 kardcsoport jellemzőjeként tartja számon, használatát a kardok esetében a 15. század első negyedétől, az egész század folyamán valószínűsíti.³² Amennyiben elfogadjuk a gondolatmenetet, miszerint az S-keresztvasú szablyák a 15. századi oszmán hódítások hatására kialakuló hibrid fegyverek voltak,³³ használatba kerülésüket a század közepétől valószínűsíthetjük, mint ahogy azt is, hogy a felhasználás nem szűnt meg a 16. század elején.³⁴

Nem elhanyagolható, hogy a csatátér fémkeresőműszeres kutatása során több hasonló szerelék került elő, több esetben azokon a lelőhelyeken, amelyekről e tanulmányban bemutatott további pengetőredékek is származnak: a kutatócsoport munkatársai 2 darab Z2b típusú markolatgombot találtak Lánycsók–Szőlőhegyen, valamint egy további, szintén Z2b típusba sorolható gombot a Majs–Falu K-i széle elnevezésű lelőhelyen.³⁵

Nagyobb problémát jelent a további, kisebb, szerelék nélküli pengetőredékek azonosítása és keltezése (Nr. 3–7). Az XRF-vizsgálatok alapján kizárható a modern ötvöző anyagok nagyobb arányú jelenléte, továbbá a középkori és kora újkori lelőhelyek kontextusában joggal valószínűsíthetjük e tárgyakat régészeti korúnak, ugyanakkor nem egyértelmű, hogy a települések mindennapi életének vagy egy katonai összecsapásnak a tárgyi emlékeiről van-e szó. A pengék méreteik és formai jellemzőik alapján azok közé a rövidebb pengéjű, egykezes, egyélű oldalfegyverek közé tartozhattak, amelyek a fegyvertörténeti szakirodalomban többféle néven,³⁶ magyarul általában parasztkardként³⁷ vagy parasztkésként³⁸ ismertek. Ezek egyik formai jellegzetessége a keskenyen futtatott csatornák is felfedezhető két pengetőredéken: a 4. töredék egyik oldalán egy, a 7. töredék mindkét oldalán 2–2 keskeny csatorna látható. Nem ez az első eset, hogy a mai Majstól keletre ilyen típusú fegyverleletek kerülnek elő: korábban Szűcs József is gyűjtött fel a Majs–Majsi-rétek-dűlő lelőhelyen található középkori falunyomról egy parasztkést, amely a 4. töredékhez hasonlóan egyik oldalán egy csatornával volt ellátva.³⁹

Formailag ezzel a fegyverfajtaival mutatnak hasonlóságot a dussackok 15. század végére és 16. század elejére keltezhető változatai is.⁴⁰ Pengeszerkezet alapján, tágabban véve ide sorolható elsősorban a magasabb C-tartalmú fokkal ellátott 3. töredék is. Az 5. és 6. töredéken is megfigyelhető, V-alakban kovácshegesztett köpeny megfeleltethető a korszak fegyvereinek, ám ez önmagában nem jelent elegendő támpontot az azonosításhoz. A 6. töredék csapott hegykiképzése megfigyelhető széles pengéjű parasztkésen és messeren is.⁴¹

A külső régiók dekarbonizálódása (Nr. 2; 5.) nagy eséllyel a tárgy megégésével hozható összefüggésbe. Erre a leginkább kézenfekvő történeti magyarázat, hogy a térségben történő katonai események, így a tárgyak

³² ALEKSIC 2011. 159–160.

³³ HARAMZA–THIELE 2024, 305–309.

³⁴ KOVÁCS S. 2010, 86.

³⁵ HARAMZA–THIELE 2024, 293.

³⁶ Bár távolról sem tekinthetők szinonimáknak, bizonyos tartalmi átfedés a Bauernwehr, a Messer és a Dussack (tesák) szavak között is megfigyelhető, ld. pl. Uwe Tresp tesákra alkalmazott meghatározásának egyes részleteit: „(...) eine zumeist säbelähnliche Schlagwaffe mit zum Ende hin breiter werdener Klinge – scheint anfangs eine Bauernwaffe gewesen zu sein.” (TRESP 2004. 81). A terminológiáról ld. még: NABERGOJ 2019. Szintén hasonló adottságú fegyvert jelöl a *hanger, coltelaccio, storta* (B. SZABÓ 2017. 174–175), de egyelőre nem teljes az ismeretünk az udvari zsoldosok 1526. április 13-i fegyver- és hadianyaglistájában szereplő *gaddare* kifejezésről sem (EMECEN 2020. 232). A továbbiakban e fegyvereknél mindenképp szükséges a terminológia tisztázása.

³⁷ KÓKA et al. 2022, 80.

³⁸ ZARNÓCZKI 1990, 56; P. HORVÁTH 2018, 255. Kialakulásáról ld. még: KALMÁR 1971, 118.

³⁹ JPM, Régészeti Gyűjtemény: Szűcs-gyűjtemény, 112/2000; HARAMZA 2022, 12.

⁴⁰ ŽÁKOVSKÝ et al. 2013; PLEINER 1991.

⁴¹ Pl. Kunsthistorisches Museum, Inv. Nr.: A 173; Ferenczy Múzeum, ltsz.: 2020.43.1.6.

keltezési időszakába illő 1526. évi pusztulások nyomán érte hosszabb ideig tartó hőhatás a tárgyakat.⁴² Ennek ellenére teljes bizonyossággal nem jelenthető ki e tárgyakról, hogy a mohácsi csatából származnak, vagy a dekarbonizáció az 1526-os eseményekkel állna kapcsolatban.

Bár a pengetőredékeken elvégzett vizsgálatsorozat egyelőre legalább annyi kérdést hagyott nyitva, mint ahányat megválaszolt, a mohácsi csata régészeti kutatásában érintett lelőhelyek anyagának nem elhanyagolható részét képezi ez a tárgycsoport, elsősorban a potenciálisan benne rejlő információk miatt. További leletek bevonásával tehetünk lépéseket a korszak haditechnikai viszonyainak megismerése felé.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Pápay Kornéliának (JPM, Restaurátor Osztály) tanulmányunk lektorálásáért, valamint a Janus Pannonius Múzeum Mohács 500 kutatóprogramjában résztvevő munkatársaknak és múzeumi önkénteseknek a Mohácsi-síkon végzett fémkeresőműszeres kutatásokért, amelyekből a majsi és lánycsóki pengetőredékek származnak. További köszönet illeti Rácz Boldizsár Árpádot (Austrolab Kft.) az XRF mérés technikai kérdéseiben nyújtott segítségért, Helesfai Márkot (JPM, Régészeti Osztály) a tárgyakról készített fényképekért, valamint Farkas Monát (JPM Restaurátor Osztály) a csatatérkutatás leletein végzett restaurátori munkáért.

Irodalomjegyzék

ALEKSIĆ, M. 2011: Some Types of Hilts of Medieval Swords from Southeastern Europe. In: Kucypera, P. – Pudło, P. (red.): Cum Arma per Aeva. Uzbrojenie indywidualne na przestrzeni dziejów. Łódź, 2011, 155–172.

BERTÓK G. 2014: Nekünk Majs kell? A mohácsi csatatér kutatása. In: Bertók G. – Gáti Cs. (szerk.): Régi idők – új módszerek. Budapest–Pécs, 2014, 161–170.

BERTÓK G. – SZABÓ M. – HARAMZA M. – SZAJCSÁN É. – SIMON B. 2020: Mohács 500 csatatérkutatási program. In: Haramza M. – Kovaliczky G. – Bertók G. – Simon B. – Galambos I. – Türk A. (szerk.): Eke mentén, csata nyomában. A mohácsi csata kutatásának legújabb eredményei. Tanulmánykötet Szűcs József tiszteletére. Studia ad Archaeologiam Pazmaniensia 17, Budapest, 2020, 107–118.

B. SZABÓ J. 2017: A középkor magyarországi könnyűlovassága, X–XVI. század. Máriabesnyő, 2017.

EMECEN, F. M. 2020: Az udvari zsoldosok/janicsárok fegyver- és hadianyag listája. 1526. április 13. Ford.: Fodor P. In: B. Szabó J. – Farkas Gábor F. (szerk.): Örök Mohács: szövegek és értelmezések. Mohács 1526–2026. Rekonstrukció és emlékezet. Budapest 2020. 231–235. Eredeti megjelenés: Emecen, F. M.: Mohács 1526. Osmanlılara. Orta Avrupa’ın Kapılarını Açan Savaş. In: Emecen, F. M. (szerk.): Osmanlı Klâsik Çağında Savaş. İstanbul 2010, 213–216.

HARAMZA M. 2022: „Öröme ebben csak annak van, akit belülről ösztönöz valami”. Beszélgetés Szűcs Józseffel. In: Varga Sz. – Türk A. (szerk.): Mohács szimfónia. Budapest, 2022, 9–16.

HARAMZA M. – THIELE Á. 2024: S-keresztvasú fegyverek Mohács térségéből. In: Varga Sz. (szerk.): Temetetlen Mohács: Az 1526. és az 1687. évi csata új kutatási eredményei. Budapest, 2024, 285–310.

HOŠEK, J. – KOŠTA, J. – ŽAKOVSKÝ, P. 2021: Hošek, Jiří – Košta, Jiří – Žakovský, Petr: Ninth to mid-sixteenth century swords from the Czech Republic in their European Context. Part II: Swords of medieval and early renaissance Europe as a technological and archaeological source. Prague–Brno, 2021.

KALMÁR J. 1971: Kalmár János: Régi magyar fegyverek. Budapest, 1971.

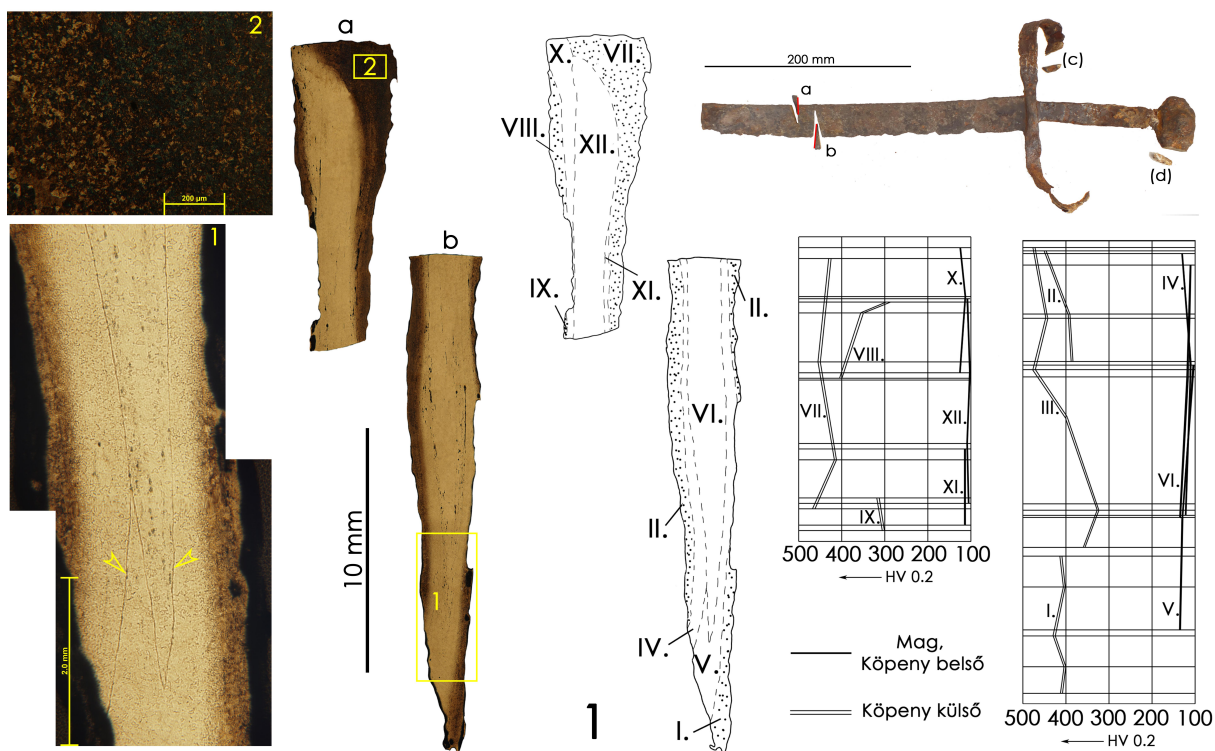
KOVÁCS S. T. 2010a: Huszár fegyverek a 15–17. században. Budapest, 2010.

KÓKA I. – TÓTH B. – TEREI GY. – MAG H. 2022: Középkori és kora újkori fémtárgyak a perőcsényi Salgóvár környezetéből. In: Kovács Gy. (szerk.): Középkori és török kori várak és erődítések Pest megyében. Budapest, 2022, 71–104.

⁴² A Majs–Majsi-rétek-dűlőn található középkori faluhelyen folytatott 2025. évi ásatáson masszív pusztulási réteget dokumentáltak a Janus Pannonius Múzeum munkatársai. Az eredmények szóbeli közlése: *NEMÉNYI* et al. 2025.

- NABERGOJ, T.* 2019: Poznosrednjeveški in zgodnjenovoveški enorezni meči (messer) in bojni noži (bauernwehr) iz Ljubljane. *Arheološki vestnik* 70 (2019) 229–296.
- NEMÉNYI R. – TALABÉR I. – GYŐRFFY-VILLÁM ZS. – HARAMZA M.* 2025: Régészeti feltárások a Mohácsi-síkon. In: Kovács I. (szerk.): *Mohács 500 – Antemurale Christianitatis II. Absztraktkötet*, 2025, 16.
- NÉMETH B. – HARAMZA M. – BERTÓK G. – NEMÉNYI R. – SZABÓ T.* 2025: Mutatnak-e hasonlóságot a tömegsírokban talált lövedékek a mohácsi csata egyik magterületének tekintett majsi falunyomnál talált lövedékekkel? In: Varga Sz. – Kovács I. (szerk.): *Mohács: számvetés. Tanulmányok az 1526. évi mohácsi csatáról*. Budapest–Pécs, 2025, 199–218.
- OAKESHOTT, E.* 1964: *The Sword in the Age of Chivalry*. London, 1964.
- OAKESHOTT, E.* 1991: *Records of the Medieval Sword*. Woodbridge, 1991.
- P. HORVÁTH, V.* 2018: Középkori kések, olló és sarló a Pesti Duna-partról. *Communicationes Archaeologicae Hungaricae* (2018) 249–471.
- PLEINER, R.* 1991: Die Technik der Schmiede im Mittelalterlichen Prag. *Archaeologica Pragensia* 11 (1991) 239–287.
- PLEINER, R.* 2006: *Iron in Archaeology. Early European Blacksmiths*. Praha, 2006.
- PLEINER, R.* 2003: Metalografický rozbor středověkých železných nástrojů ze Sezimova Ústí, In: Krajíc, R. (ed.): *Sezimovo Ústí. Archeologie středověkého poddanského města*, Vol. 3/II. Praha–Sezimovo Ústí–Tábor, 2003, 173–194.
- TRESP, U.* 2004: *Söldner aus Böhme. Im Dienst deutscher Fürsten: Kriegsgeschäft und Heeresorganisation im 15. Jahrhundert*. Paderborn–München–Wien–Zürich, 2004.
- TYLECOTE, R. F.* 1976: *A History of Metallurgy*. London, 1976.
- WILLIAMS, A.* 2012: *The Sword and the Crucible: A History of the Metallurgy of European Swords up to the 16th Century*. *History of Warfare*. Vol. 77, Leiden–Boston 2012.
- WILLIAMS, A. – LAZAR, T.* 2018: A group of medieval swords from the National Museum of Slovenia – metallographic analyses and hardness testing. *Acta Militaria Medievalia* 14 (2018) 115–129.
- ZARNÓCZKI, A.* 1990: Fegyverzet, katonai felszerelés, hadsereg Magyarországon Hunyadi Mátyás korában. *Hadtörténelmi Közlemények* 103 (1990) 31–65.
- ŽÁKOVSKÝ, P. – HOŠEK, J. – BARTA, P.* 2013: Dussacks with broad blades and a probable method of their manufacturing. In: Marek, L. (ed.): *Weapons Bring Peace? Warfare in Medieval and Early Modern Europe*. *Wratislavia Antiqua* 18, Wrocław, 2013, 105–136.

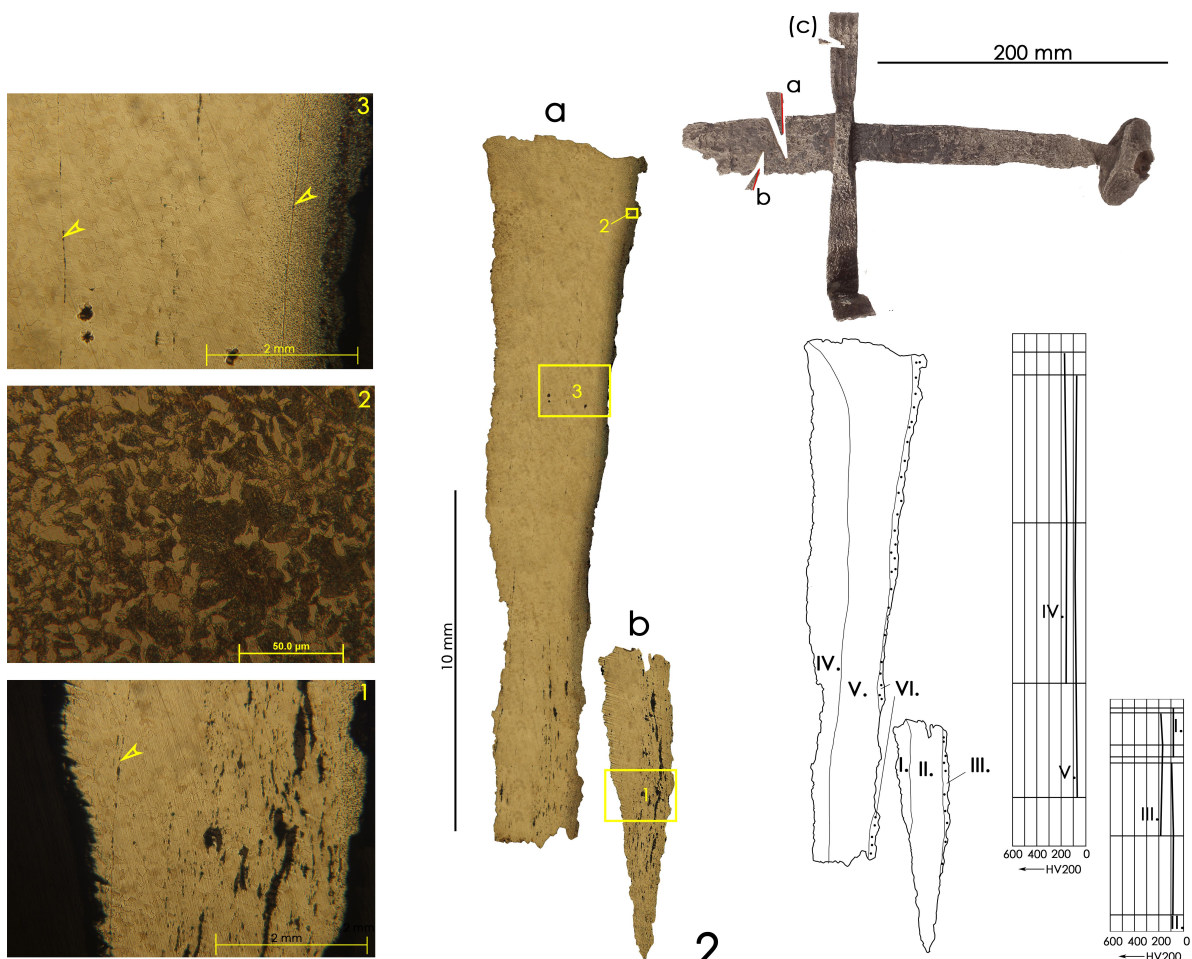
TÁBLÁK



1. Tábla: 1. S-keresztvasú szablya (Alsó-Kanda-dűlő)

A baloldali mikroszkópi fotókon kiemelt területek:

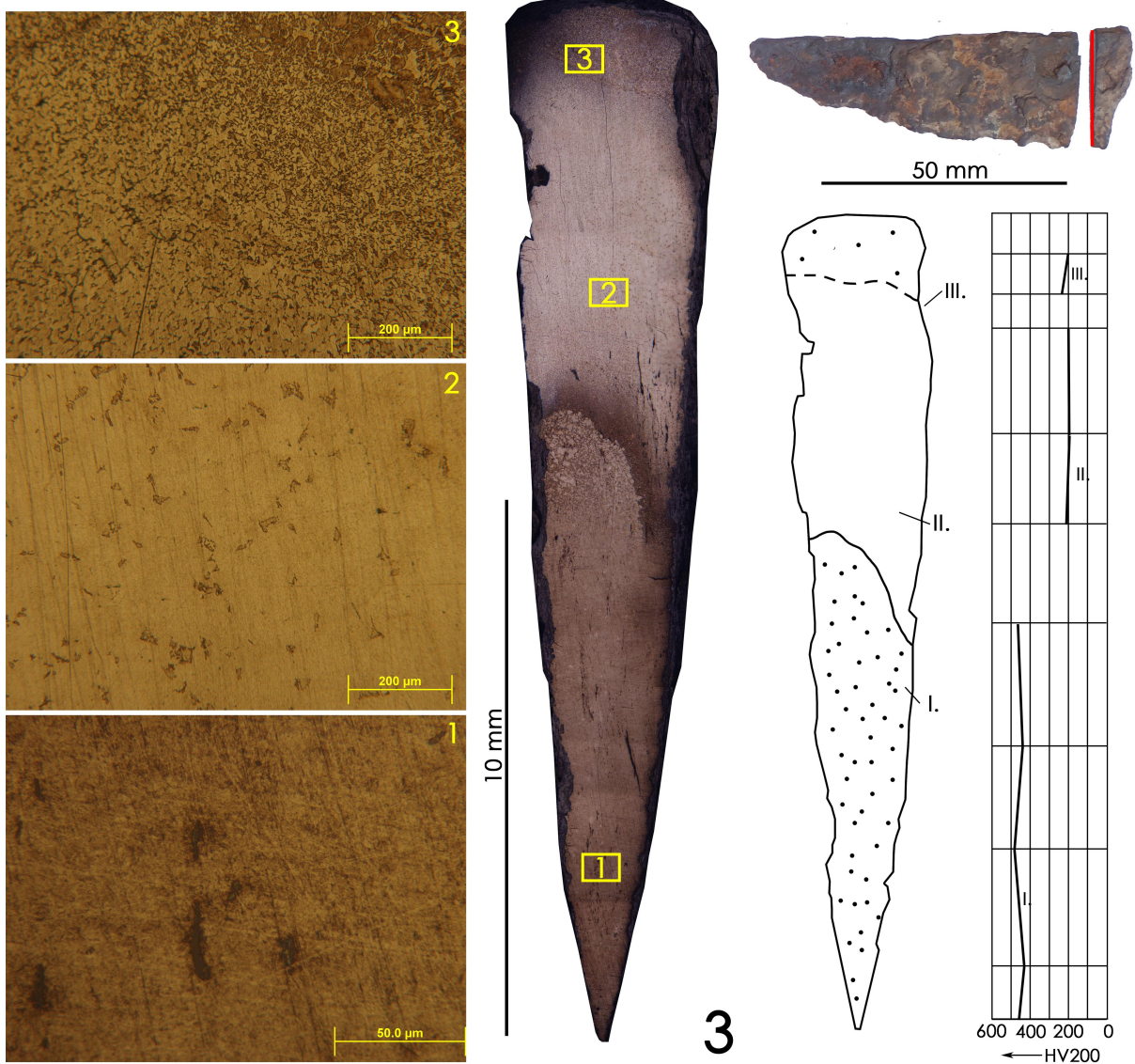
1. Kovácshegesztési vonalak a lágymas mag és a köpeny között
2. Bainites szövetszerkezet a köpeny külső részén



2. Tábla: S-keresztvasú szablya (Sátorhely)

A baloldali mikroszkópi fotókon kiemelt területek:

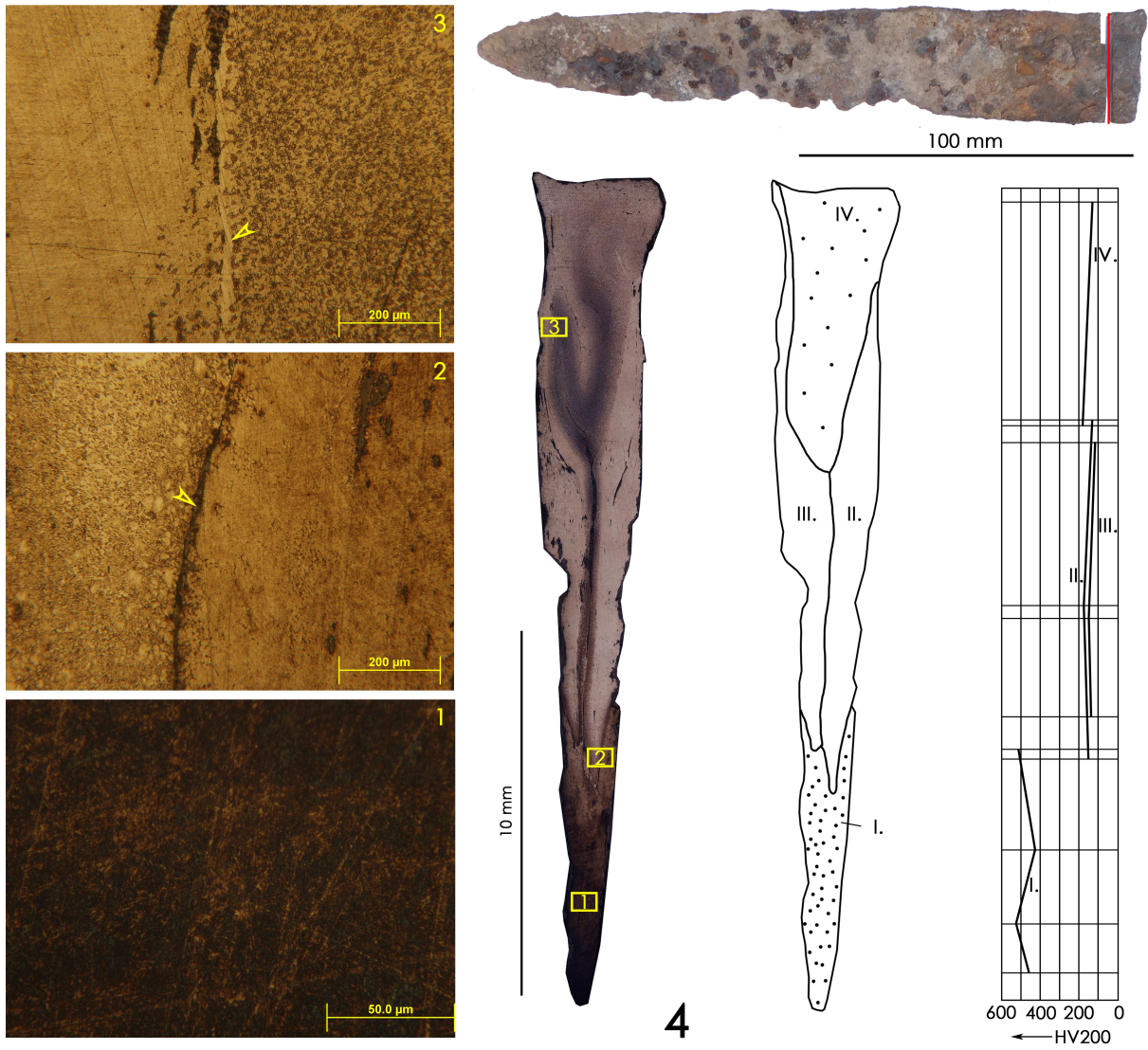
1. Kovácshegesztési vonal az erősen salakos lágyvas mag két fele közt
2. Az acél köpeny ferrit-perlites szövetszerkezete
3. Kovácshegesztési vonalak a lágyvas mag két fele, illetve a mag és az acél köpeny között



3. Tábla: Pengetőredék (Lánycsók–Szőlőhegy)

A baloldali mikroszkópi fotókon kiemelt területek:

1. Feltételezhetően megeresztett martenzites szövetszerkezet az élnél
2. Lágyvas mag ferrites szövetszerkezettel
3. A fok legfelső része kissé nagyobb széntartalmú, ferrit-perlites szövetszerkezettű

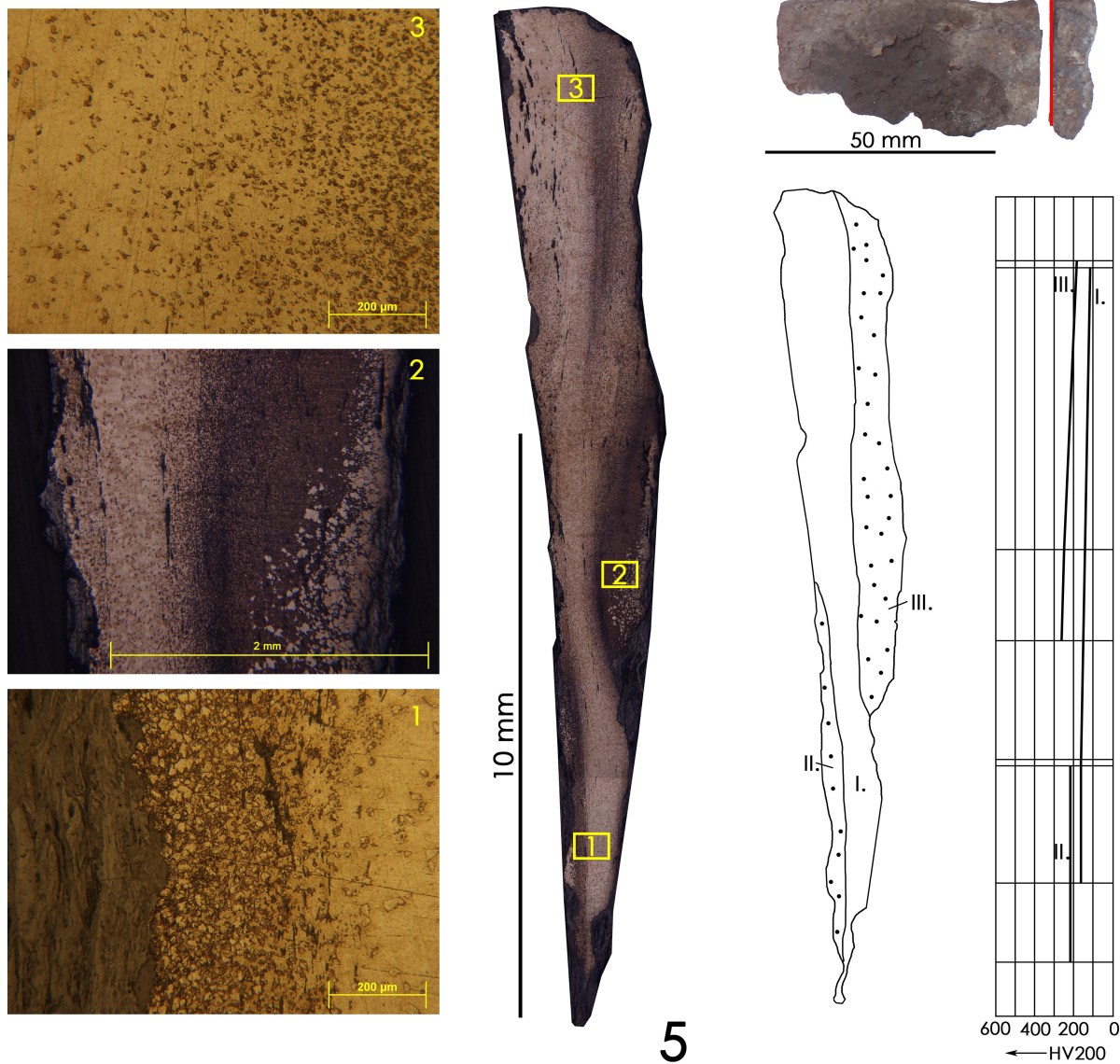


4. Tábla: Pengetőredék (Majs)

1. Bainites szövetszerkezet az élnél

2. Kovácshegesztési vonal az él és a lágyvas mag között

3. Kovácshegesztési vonal a fok külső és belső része között

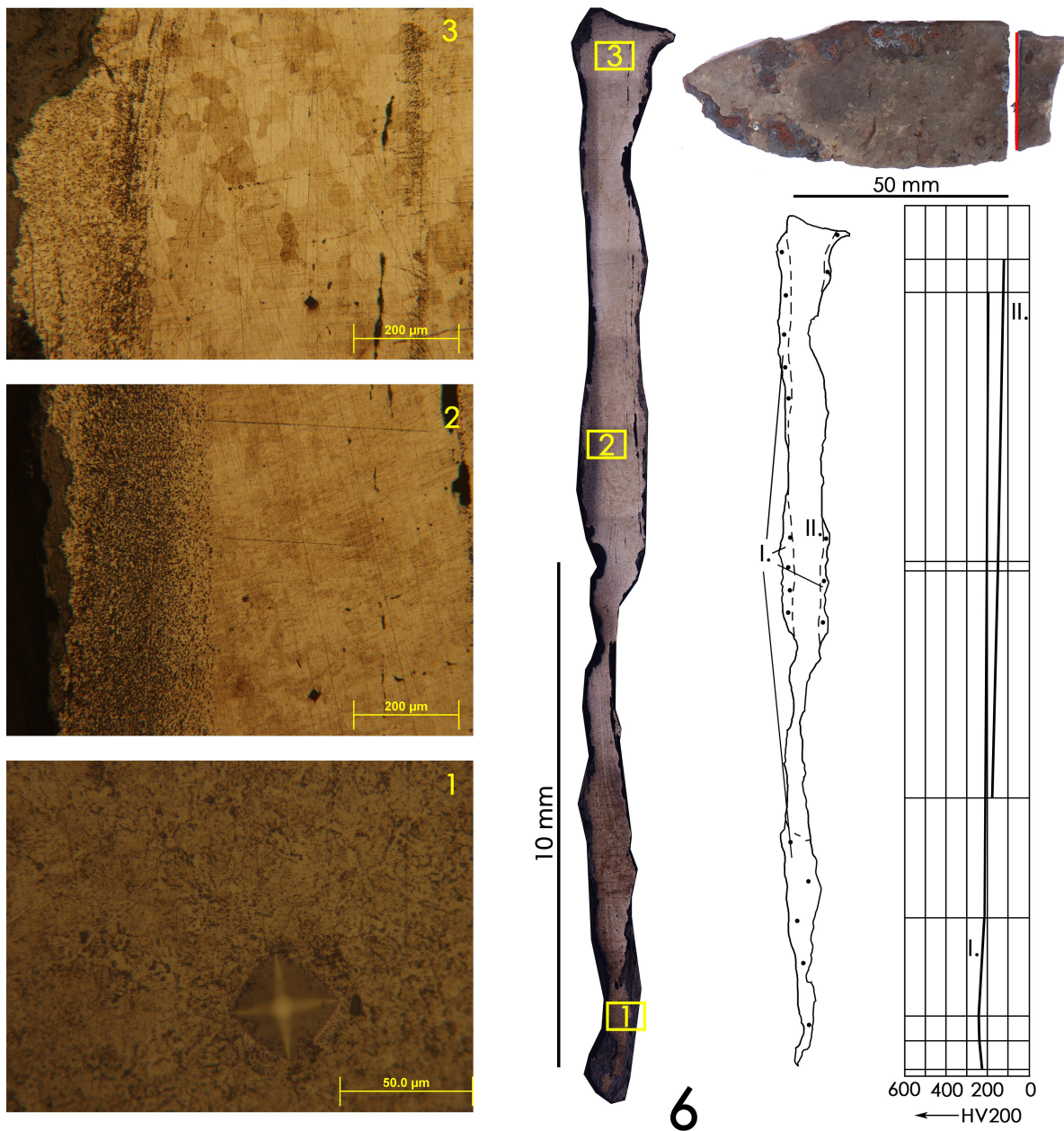


5. Tábla: Pengetőredék (Majs)

1. Bainites szövetszerkezet az élnél

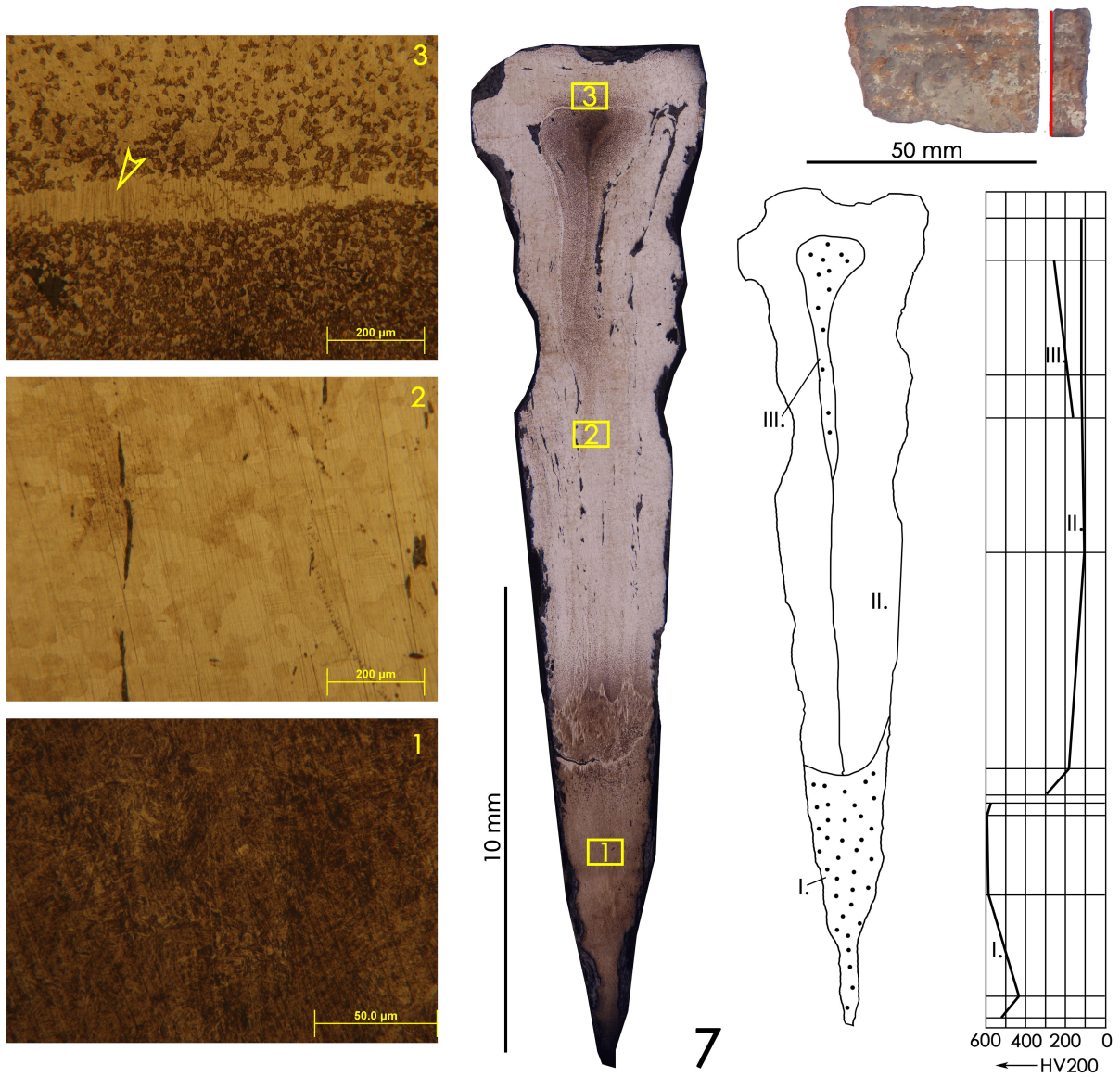
1. és 2. Felületi oxidáció és dekarbonizáció nyoma a felételezett acél köpenyen

3. A kisebb- (ferrites) és a nagyobb széntartalmú (ferrit-perlites) területek határa a penge fokán



6. Tábla: Pengetőredék (Majs)

1. Bainites szövetszerkezet az élnél
2. Kovácshegesztési vonal a lágyvas mag és az acél köpeny között
3. Lágyvas fok durva szemcsés ferrites szövetszerkezettel



7. Tábla: Pengetőredék (Majs)

1. Bainites szövetszerkezet az élnél

1. Feltételezhetően megeresztett martenzites szövetszerkezet az élnél

2. Lágvas köpeny ferrites szövetszerkezettel

3. Széles kovácshégesztési vonal az acél mag és a lágvas köpeny között