

A Zrínyi-Újvárnál talált leletek anyagvizsgálatának eredményei és értelmezése

Bevezetés

A Zrínyi-Újvár területén folyó kutatómunka eredményeként az elmúlt több mint egy évtized során számos olyan, hadtörténeti szempontból fontos lelet került felszínre, amelyek történeti vonatkozásuk mellett archeometallurgiai szempontból is érdekességet jelentenek. Ezen leletek döntő többsége Zrínyi-Újvár 1664-es török ostromához köthető tűzérési és gyalogsági lövedék, illetve azok repeszai voltak. A leletek kormeghatározását nagymértékben megkönnyítette, hogy a területen csupán egyetlen, nevezetesen az 1664-es ostrom zajlott le. Az ostromot követően a várat (erődítményt)¹ a török felrobbantotta, amelyet a későbbiek során sem építettek újra. Így tehát a különböző ostromok leletkeveredése teljes bizonyossággal kizárható.

A kutatási területről az elmúlt évtizedben előkerült ólomlövedékek,² ágyúgolyók, mozsárbombák, azok repeszai, illetve a mozsárbombák lőportöltete tekintetében már 2018-at megelőzően is történtek anyagvizsgálatok. A vizsgálatok eredményeit korábban már publikálták.³

Ezen korábbi vizsgálatok során elsődleges cél volt, hogy a kémiai összetétel, valamint makro- és mikroszerkezet-vizsgálatok által választ – esetenként csak megerősítést – kapjunk arra vonatkozóan, hogy az egyes leletminták milyen anyagból és technológiával készültek, valamint az egyes leletmintáknál milyen azonosítható gyártási sajátosságokat lehetett megállapítani, vagy azokra következtetni.

A vizsgálatok szempontjából egy újabb fejezetet jelentett, amikor is a 2016-ban fűrással és talajradar segítségével beazonosított, majd 2017. április 24. és május 26. között feltárt nyolcszögletű, mintegy 15 méter mély várkútból további, a vizsgálati témakörhöz kapcsolódó lelet került a felszínre. A kútból nemcsak az annak szerkezetét alkotó kútház- és béléslemek, pallók, gerendák, valamint a kút ácsolatának egyéb elemei kerültek elő, hanem a feltárás során a kútból kitermelt földben jelentős mennyiségben volt megtalálható a kút szerkezetének összeállításához használt kovácsolt szeg is. A kút szerkezetéhez használt faelemek több, részben égett, szenült darabja nagyon jó állapotban és épségben maradt fenn,

¹ A továbbiakban: vár.

² Épségben megmaradt golyó és hasáb formájú, valamint a becsapódás következtében deformálódott lövedékek.

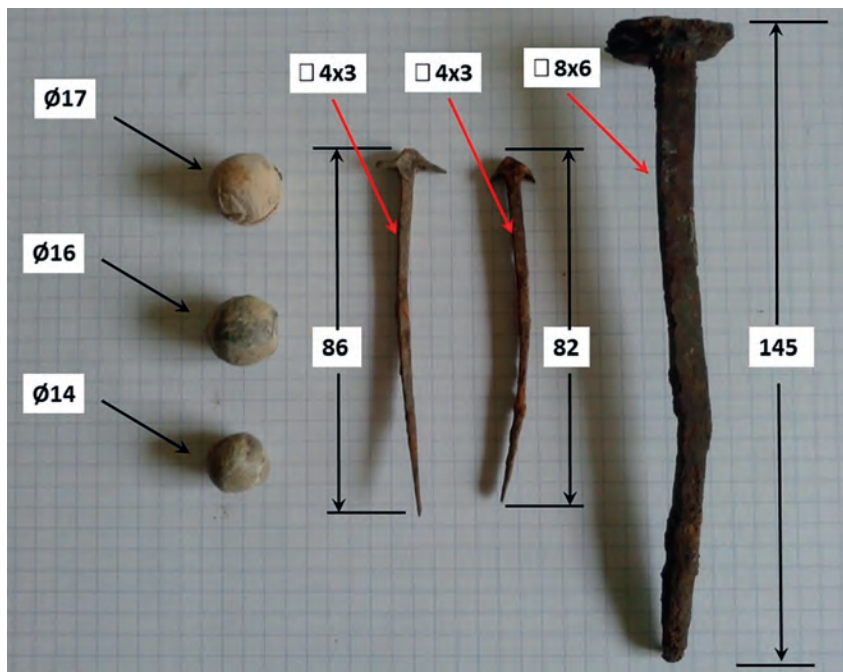
³ Bartha 2013; Bartha 2017. Megjegyzendő, hogy utóbbi tanulmány bár 2017-ben jelent meg, de lényegében a 2015-ig elért eredményeket mutatja be.

köszönhetően a nedves környezet konzerváló hatásának. Szintén nagy számban – esetenként koncentráltan – kerültek elő különböző átmérőjű muskétagolyók is.

2018-ban kiemelt kutatási feladatként fogalmazták meg a kútfeltárás során előkerült muskétagolyók, valamint a kút építéséhez használt vasszegek archeometriai vizsgálatát. Ugyanakkor a részben szenült famaradványokat tanulmányozva úgy ítéltük meg, hogy a talált fa leletanyag is szolgálhat a kutatás szempontjából további fontos információval. Ezért a vizsgálati tevékenységet kibővítettük a kúthoz alkalmazott faanyagok xylotómiai vizsgálatával.

Zrínyi-Újvár régészeti ásatásából származó vasszegek és ólomgolyók archeometriai vizsgálata

Az archeometriai vizsgálatokat három vasszegezen és három ólomgolyón (1. kép) hajtottuk végre.⁴



1. kép

A vizsgált vasszegek és ólomgolyók eredeti állapotukban

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

⁴ A vizsgálatokat és az eredmények kiértékelését Barkóczy Péter és Török Béla végezték (Miskolci Egyetem Archeometallurgiai Kutatócsoportja – ARGUM). Barkóczy–Török 2018.



2. kép

A vizsgált vasszegek, a minták leválasztása után

Forrás: Barkóczy–Török 2018.



3. kép

A metallográfiai vizsgálatra előkészített ólomgolyók

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

Az 1. képen látható két rövidebb, négyszög keresztmetszetű szeg hossza 82 mm és 86 mm, a nyíllal jelölt helyeken a keresztmetszetük négyszög, 4×3 mm. A nagyobb szeg hossza 145 mm, a nyíllal jelölt helyen keresztmetszete négyszög, 8×6 mm. Az ólomgolyók átmérője 14, 16 és 17 mm.⁵

A nagyobb szeg az egyik – nagy valószínűséggel a kútházhoz tartozó – faelem 25 mm átmérőjű hengeres csapjának biztosító szege volt (4. kép).

⁵ A 17 mm-es ólomgolyó nem a kútból, hanem még 2012-ben, az egyik feltételezett ostromárokból került elő. A 17 mm-es ólomgolyót a 2018-as vizsgálatokba csupán mint „referencia” vizsgálati mintát vontuk be.



4. kép

A nagyobb szeg, az eredeti fa szerkezeti elemekkel – a facsap és a szeg csapfuratból való kiemelését követően

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

A vizsgálatok elsődleges célja az egyes vizsgálati minták alapanyagának, mikroszerkezetének metallográfiai vizsgálata volt. Ezen túlmenően meg kívántuk ismerni a minták lehetséges készítestechnológiai sajátosságait is.

Miután lehetséges volt a roncsolásos anyagvizsgálat, a lelettárgyakból mintákat vágtunk ki a metallográfiai vizsgálathoz. A vizsgált vasszegeket eredeti állapotukban és a leválasztott mintákat az 1–3. képek mutatják. A mintákat a vasszegek esetén vékony bakelittárcsával vágtuk ki, ügyelve, hogy azok ne melegedjenek fel kritikus mértékben. Az ólomgolyók esetében, mivel nagyon lágynak bizonyultak, lassú fűrészeléssel történt a mintavétel, gyakorlatilag kettévágva a tárgyakat (3. kép). A mintákat mind a két mintacsoport esetén mechanikusan csiszoltuk, majd políroztuk. Az ólomminták olyan lágyak voltak, hogy a csiszolóanyagból szemcsék ragadtak a felületbe. Ezt az EDS- (energiadiszperzív spektrométeres) elemzéseknél figyelembe vettük, az XRF- (röntgen fluoreszcens spektroszkópia) elemzéseknél nem volt zavaró, mivel nem a csiszolt-polírozott felületet mértük. A polírozott felületeket 2 tömegszázalékos nitallal marattuk. Az ólomminták esetében több lépésben ismételtük a polírozás-maratás lépéseit, és a könnyen kialakuló, deformált réteget igyekeztünk eltávolítani. Az előkészített felületről optikai mikroszkópos felvételek

és mozaikfelvételek is készültek a Miskolci Egyetem Műszaki Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében, Zeiss AxioImager mikroszkóppal. Ezenkívül pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételek és energiadisziperzív spektrométeres elemzés is készült, a Debreceni Egyetem Szilárdtest Fizika Intézetében lévő Hitachi téremissziós mikroszkóppal. Az ólomgolyók csiszolatlan felületén Oxford Instruments X-MET8000 Expert hordozható energiadisziperzív röntgenfluoreszcens (ED-XRF) spektrométerrel is történtek mérések.

A két kisméretű szeg esetében szabadon lehetett mintát venni, míg a nagy szeg esetében ügyelni kellett arra, hogy a tárgyat a későbbiek során majd restaurálják. Emiatt a mintavételi stratégia az volt, hogy a kis szegek esetén keresztmetszetben vizsgáljuk meg a szegek fejét és szárát, így elegendő információt kaphatunk a készítéstechnikáról, amely által a nagyméretű szeg végéről vett kicsiny minta is elegendő, hogy meg lehessen fogalmazni annak készítési módját.

Az 1-es számú (86 mm hosszú) kis szeg⁶ fejrészéről és száráról készült mozaikfelvételt az 5–6. képek mutatják.

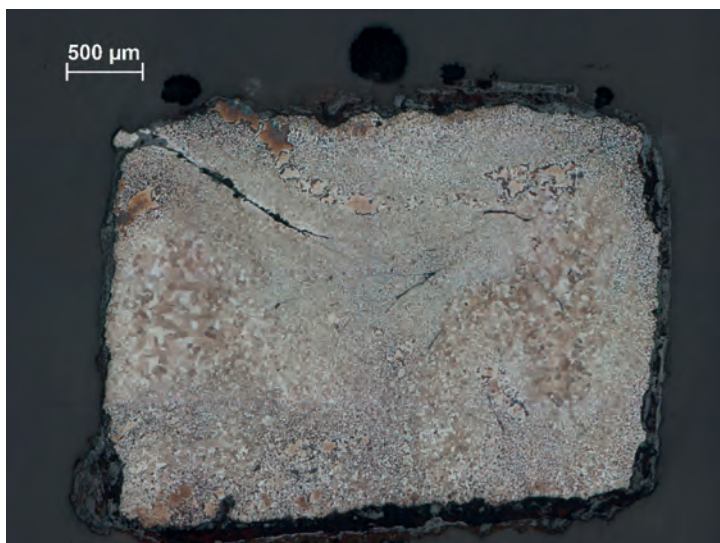


5. kép

Az 1-es vasszeg fejrészéről készült mozaikfelvétel

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

⁶ A 2. képen a felső szeg.



6. kép

Az 1-es vasszeg szárának keresztmetszetéről készült mozaikfelvétel

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

A mozaikfelvételek szemléletesen mutatják a szeg réteges szerkezetét. Látható, hogy különböző karbontartalmú rétegeket kovácsoltak össze, és így alakult ki a réteges szerkezet. A teljesen perlitmentes, nagy szemcsés, ferrites területtől a ferrit-perlites sávokig többféle szövetszerkezetet találunk. A ferrit gyakorlatilag az α -vas minimális karbontartalmú szöveteleme (gyakorlatilag lágyvas), a perlit pedig a ferrit és a cementit (vas-karbid, FeC_3) eutektoidja, az előzőnél keményebb szövetelem, nyilván magasabb karbontartalommal. A minta nagyon heterogénnek bizonyult, így átlagos karbontartalomról nemigen van értelme beszélni. Ami azonban szembetűnő, hogy jelentős mennyiségű karbont tartalmazó területeket nem lehet látni, a teljes keresztmetszetekben a ferrit hányada mindenhol magas. A réteges szerkezetre az ad magyarázatot, hogy a primer alapanyagot, a karbontartalom-eloszlásban rendszerint heterogén, salakzárványokkal igencsak tarkított vasbucát⁷ előzetesen próbálták minél jobban homogenizálni. Ez azt jelenti, hogy a tömörített, salaktalanított bucát többször – akár 10–15-ször is – átkovácsolták, hajtogatták, közben kovácshegesztették, a későbbi kívánt termék könnyebb kialakítását elősegítendő, vékonyabb rudat vagy lemez formájú előgyártmányt csináltak belőle. Az is előfordult, hogy több vasbucadarabot

⁷ A bucavasgyártás volt az egyik nagy mérföldköve a vas érceiből való előállításának. Kvázi egy ősi technológia a vaskorból. A *vasbucá* általában a gyevasérc kohósításával, ám annak megolvasztása nélkül keletkező, nagy vastartalmú, szivacsos szerkezetű tömb, amely sok salakot tartalmazott. Kovácsolással a salak nagy részét ki lehetett „préselni” e szivacsból. A szennyezett vasbucát tehát átkovácsolták, tömörítették. Mivel a salak olvadáspontja alacsonyabb, mint a vasé, az a kovácsolás során mintegy „kilövellt” a vasból, a vasanyag pedig teljesen egybeforrott, homogenizálódott. E folyamatra azért volt szükség, mert a salakzárványok a vasat rideggé és törékennyé tették volna. A vasbucát általában nem forgalmazták, annak félkésztermékké való feldolgozását a kohó mellé telepített vashámor végezte.

kovácshegesztettek össze egy darabbá, és azt homogenizálták többszörös hajtogatással. A késztermék – jelen esetben maga a vasszeg – elkészítésénél az újbóli felhevítéskor azonban gyakran előfordul, hogy a réteges szerkezet ugyan megmarad, de a kovácshegesztés nyomai diffúzió útján elmosódnak, eltűnnek. Vastagabb keresztmetszetű tárgyaknál jellemző, hogy a belső részen még megmaradnak a kovácshegesztés nyomai a viszonylagosan vastagabb rétegeknél, a rétegek pedig a felszín felé egyre vékonyodnak. Így tehát, már maga az előgyártmány alapanyaga heterogén, réteges, és ebből alakították ki a szeget a kívánt szárhosszal és keresztmetszettel.

Főleg a szárról készült felvételen figyelhető meg az az érdekes szerkezet, ahol durva és finomszemcsés területek láthatók együtt. Azokon a területeken, ahol sok a perlit (7. kép), részleges ausztenitesítésből visszaalakuló szövetet látunk.⁸ Ez melegkovácsolásra enged következtetni, ami jellemzőnek mondható hasonló tárgyak készítését tekintve. A részleges ausztenitesítés és visszaalakulás természetesen máshogy jelentkezik az eltérő karbontartalmú területeken. A ferrites területeken szinte alig lehet észrevenni a hatását, egyedül a határok lekerekedett volta árulkodik erről. A ferrit-perlites területeken azonban együtt láthatjuk a nem ausztenitesedett és az ausztenit bomlásából keletkezett, valójában minőségében azonos szövetelemeket. Amire tekintettel kell lennünk, hogy az átalakulási hőmérséklet, főleg a perlit melletti ferritszemcsék esetében függ a közvetlen térfogat karbontartalmától. Emiatt a lehűlés a karbontartalomtól függően más-más erélyességet jelent. Így találtunk a kis karbontartalmú területeken szabályos szemcséket, mellette tűs alakú, úgynevezett Widmanstätten-ferritet a nagy karbontartalmú, inkább perlites területek határán. A szövetszerkezetet tekintve az alakítási hőmérséklet valahol 750 és 800 °C között lehetett, ami az izzított vas színskáláján a meggypiros fokozat, ahonnan az utolsó alakítási fázis után a tárgy szabad levegőn hűlt.



7. kép

Az 1-es vasszeg fejrészében, a fejrész „vállában” készült felvétel

Forrás: Barkóczy-Török 2018.

⁸ Az ausztenit a vasnak egy olyan módosulata, γ -vas karbonnal alkotott szilárd oldata, amely karbontartalomtól függően a 730 és 1490 °C közötti hőmérsékleti tartományban stabil.

Érdekes kérdés a szeg fejrészének kialakítása. A fejrészben a szárhoz hasonlóan réteges szerkezetet lehet megfigyelni. A szár jobb oldalán sokkal több a perlit, azon az oldalon a fejrészben is több perlit látható. A fejrész bal oldala szinte teljesen ferrites, akárcsak a szárban. Ha a rétegek futását mint szálfutást tekintjük, akkor látható, hogy a szár szálfutása egy visszazömülésből eredő kihajlást mutat a fejrészben, és a jobb oldal felé hajlik vissza, ahol a fejrész csatlakozása hosszabb és több anyagot tartalmaz. Ez alapján a fejrész kialakításának technológiájaként a zömítést nevezhetjük meg, amely évszázadokon át bevett módszer volt a szegkészítésnél.

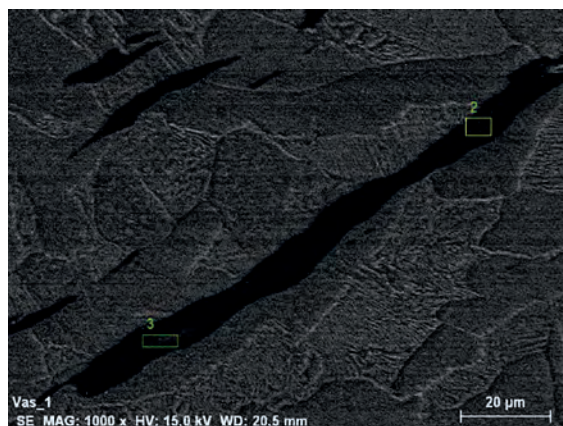
A SEM-EDS-elemzés vason és karbonon kívül nem mutatott ki más elemet a szeg anyagában (1. táblázat). Az anyagszerkezetben viszonylagosan kevés, az alakítás irányában hosszan megnyúló zárvány volt látható (8. kép). A 2. és 3. táblázatokban látható EDS-elemzésekből kiderül, hogy a zárványoknak igen nagy a vas-oxid-tartalma. A kohósítás salakjaira általában jellemző fayalit ($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) itt vélhetően nem domináns, ezek a zárványok a jellemzően Ca–Fe-szilikátos kovácssalakok jellemző összetételét mutatják, ahol jelentős a wüstit fázis (FeO). A viszonylagosan kis mennyiségű alumínium, magnézium és kálium minden bizonnyal komplex oxidok összetevői.

1. táblázat

Az 1-es vasszeg alapanyagának elemösszetétele

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,59	2,61
O 8	1,15	3,82
Fe 26	98,26	93,56
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.



8. kép

Az 1-es vasszegben található hosszú, megnyúlt (2-es és 3-as számmal jelölt) zárványok SEM-EDS-elemzése

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

2. táblázat

Az 1-es vasszegben kiválasztott zárvány 2-es területének elemzése

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,06	0,19
O 8	10,40	24,31
Mg 12	3,68	5,66
Al 13	3,32	4,60
Si 14	10,24	13,63
K 19	1,09	1,04
Ca 20	10,99	10,25
Fe 26	60,22	40,31
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

3. táblázat

Az 1-es vasszegben kiválasztott zárvány 3-as területének elemzése

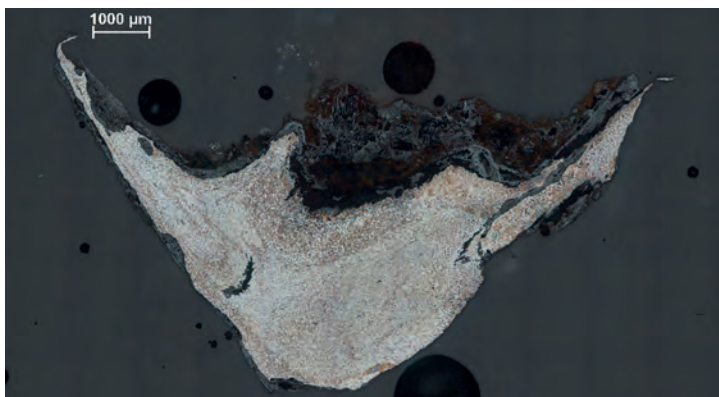
Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,23	0,74
O 8	9,80	23,55
Mg 12	2,83	4,48
Al 13	2,47	3,52
Si 14	9,30	12,74
K 19	0,62	0,61
Ca 20	10,55	10,12
Fe 26	64,21	44,23
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

A továbbiakban a 2-es és 3-as vasszegek vizsgálatánál alapvetően az 1-es szegnél kiemelt jellegzetességekhez való hasonlóságot vagy attól való eltérést elemezzük. A 2-es (82 mm hosszú) szeg (2. kép középső szeg) fejrészének tanulmányozásakor (9–10. képek) még jellegzetesebben jelentkezik a réteges szerkezet, illetve az előgyártmány homogenizálása folytán kialakult speciális szövetszerkezet. Néhol kiterjedt diffúziós zóna látható a kis és nagy perlittartalmú sávok között, máshol pedig nagyon keskeny. A nagy diffúziós zóna a bucában kialakult karbondiffúzióra, a keskeny diffúziós zóna pedig a homogenizáló hajtogatásnál kialakuló határokon a kovácsolás melegeben meginduló diffúzióra vezethető vissza. Ebben a szegben is megtalálható annak nyoma, hogy csak félig ausztenitesedett állapotban történt a kovácsolás (11. kép). Ez esetben is a szabad lehűlésre találunk bizonyítékokat a ferrit-perlites területeken.

A 2-es szeg szövetszerkezetében tisztán látható, hogy szeg fejrészének kialakítása a saját anyagának zömítésével történt. Ebben a szegben már találunk teljesen perlites területet is, amit az előző esetben nem fedeztünk fel. A mikroszerkezet ez esetben is heterogén, így nem célravezető átlagos karbontartalmat meghatározni. A SEM-EDS-elemzés (12. kép

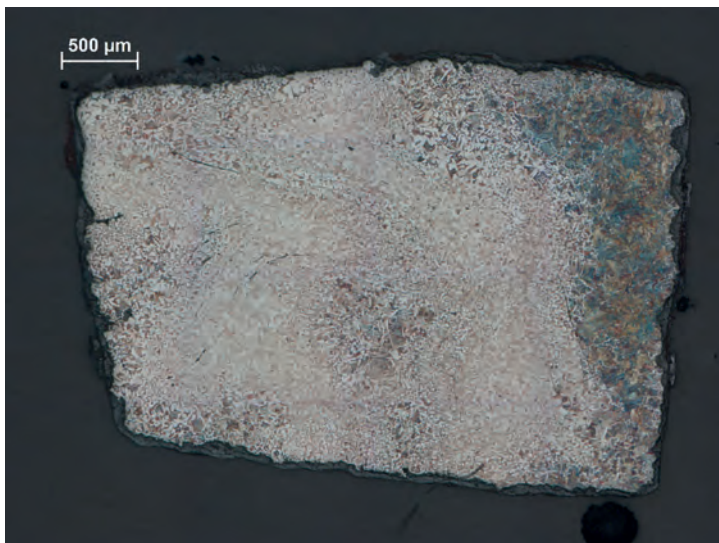
és 4. táblázat) ebben a szegben sem mutatott ki számottevő szennyezőt, tulajdonképpen szinte tiszta vas-karbon ötvözzel állunk szemben. Mind a készítechológiát, mind az anyag alapvető mikroszerkezeti sajátosságait tekintve a két szeg jelentős mértékben hasonlít egymásra.



9. kép

A 2-es vasszeg fejrészéről készült mozaikfelvétel

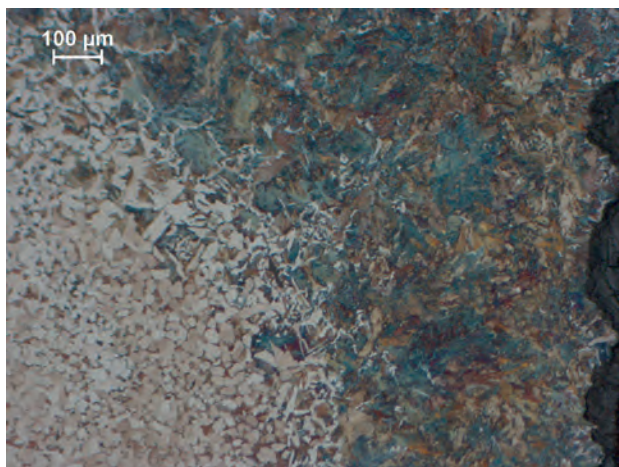
Forrás: Barkóczy–Török 2018.



10. kép

A 2-es vasszeg szárának keresztmetszetéről készült mozaikfelvétel

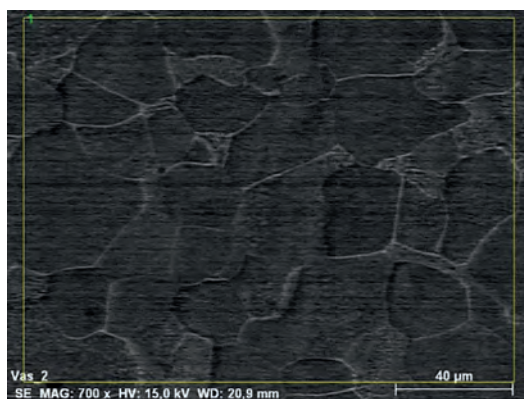
Forrás: Barkóczy–Török 2018.



11. kép

A 2-es vasszeg szárának keresztmetszetéről készült felvétel

Forrás: Barkóczy–Török 2018.



12. kép

A 2-es vasszeg alapanyagának összetétel-vizsgálata

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

4. táblázat

A 2-es vasszeg alapanyagának elemösszetétele

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,62	2,8
Fe 26	99,38	97,2
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

A 2-es szeg szerkezetében is megjelentek az alakítás irányában megnyúlt zárványok, azonban kisebb, gömbös – azaz nem torzult – formában lévő zárványok is megfigyelhetők. Egy vizsgált zárvány maratás által feltárt mikroszerkezetében két fázis különböztethető meg egyértelműen. Mindkét terület SEM-EDS-elemzése megtörtént (13. kép és 5–7. táblázat). A világos fázis gyakorlatilag csak vas-oxidból áll. A befoglaló sötét fázisban hasonló összetételt találunk, mint az 1-es szög esetében, annyi eltéréssel, hogy a szilíciumtartalma nagyobb, és kevesebb kalcium mérhető benne. Mindemellett ez a zárvány is kovácssalak maradványaként kezelhető, ugyanis a nagy vas-oxid-tartalom erre utal. A salakzárványok bázikusságának (CaO/SiO_2) változásához, azaz a zárványok egymáshoz képest tapasztalható bizonyos mértékű heterogenitáshoz hozzájárulhat az egykori kovács salakképző adalékanyagának egyedi mértékű használata is.



13. kép

A 2-es vasszegben található hosszú, megnyúlt zárványok (4–6. számokkal jelöltek) SEM-EDS-elemzése

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

5. táblázat

A 2-es vasszegben kiválasztott zárvány 4-es területének elemzése

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,13	0,36
O 8	19,57	38,88
Al 13	5,03	5,92
Si 14	16,64	18,60
P 15	0,98	1,00
K 19	5,12	4,16
Ca 20	4,65	3,69
Mn 25	2,30	1,33
Fe 26	45,77	26,05
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

6. táblázat

A 2-es vasszegben kiválasztott zárvány 5-ös területének elemzése

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,29	0,68
O 8	26,71	47,88
Mg 12	0,94	1,11
Al 13	5,21	5,54
Si 14	16,15	16,49
P 15	0,77	0,71
K 19	4,54	3,33
Ca 20	4,60	3,29
Mn 25	1,63	0,85
Fe 26	39,16	20,11
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

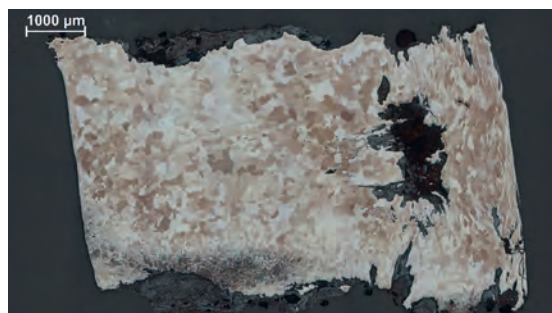
7. táblázat

A 2-es vasszegben kiválasztott zárvány 6-os területének elemzése

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	1,12	3,35
O 8	20,81	46,58
Fe 26	78,07	50,06
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

A vizsgálati stratégia szerint a nagy szegből a leggondosabban a legkisebb mintát (2. kép alsó szeg) vették ki. Ez esetben összehasonlításként alapvetően alkalmaztuk az előző két, rövidebb szeg vizsgálatánál szerzett tapasztalatokat. Csak a szár végéről került keresztmetszeti minta kivételre, a szeg hegyéhez közel, hogy könnyen restaurálható legyen. Ez persze azt is jelenti, hogy a minta nem minden szempontból reprezentatív, azonban így is megfelelő mértékben tükrözi a vizsgálat szempontjából fontos jellemzőket. A nagy szeg mozaikképén (14. kép) a keresztmetszet jelentős részében nagy szemcsés ferrit figyelhető meg, ami alacsony karbontartalomra utal. A keresztmetszet alsó részében látható egy nagy karbontartalmú réteg, ami jól párhuzamba állítható az előzőleg vizsgált szegeknél leírtakkal. A keresztmetszet jobb oldalán nyújtott szemcsék figyelhetők meg, amelyek hossz tengelye az adott oldallal párhuzamos. Ez mérsékelt meleg, esetleg hideg alakításra utal. A nyújtott szemcseforma vélhetően a szeg készítésekor alakult ki, de az sem kizárható, hogy a tárgy használatánál keletkezett, már hideg állapotban. A keresztmetszet jobb oldalán zárványsorokkal tarkított üreg látható, amely a készítés alatt keletkezhetett és az egyszerű, valószínűleg egyszerre nagyobb számban elkészítendő termék viszonylagosan gyors, egyszerű és nem különösebben alapos kovácsolásáról árulkodik. Ami bizonyos, hogy a készítőtechnológia azonos a másik két szeg esetében látottakkal. A SEM-EDS-elemzés ebben az esetben is tiszta, egyéb ötvözők nélküli vas-karbon ötvözetet mutat, amiben a szennyezők jelenléte nem jelentős (8. táblázat).



14. kép

A 3-as vasszeg keresztmetszetéről készült mozaikfelvétel

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

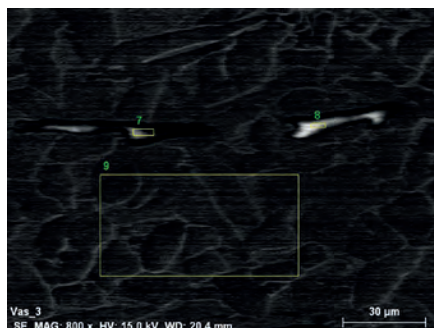
8. táblázat

A nagy vasszeg alapanyagának elemösszetétele

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,46	2,10
Fe 26	99,54	97,90
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

A nagy szeg vizsgált keresztmetszetében főleg az üreghez közel lehetett zárványt találni. Az elemzés eredményei a 15. képen és a 9–11. táblázatokban láthatók. A zárványvizsgálat EDS-eredményei az előző két, kisebb szegnél tapasztalt összetételekhez képest jóval kisebb vastartalmat mutattak, kismértékben nagyobb Si-tartalommal, de ugyancsak magas Ca-tartalommal. Az EDS-eredmények által reprezentált, relatíve magas CaO/SiO_2 báziskusság nem vall a kohósításból eredő salak zárványára. Valószínűleg ezek is kovácssalakok maradványai, amelyek nagyobb arányban tartalmazzák a salakképző-folyósító anyagot.



15. kép

A nagy vasszegben található hosszú, megnyúlt zárványok (7–9. számokkal jelöltek) SEM-EDS-elemzése

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

9. táblázat

A nagy vasszegben kiválasztott zárvány 7-es területének elemzése

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,01	0,02
O 8	28,60	50,12
Mg 12	1,58	1,82
Al 13	3,62	3,76
Si 14	14,44	14,42
P 15	0,54	0,49
K 19	3,59	2,57
Ca 20	14,40	10,08
Mn 25	3,84	1,96
Fe 26	29,38	14,75
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

10. táblázat

A nagy vasszegben kiválasztott zárvány 8-as területének elemzése

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,83	1,92
O 8	28,03	48,55
Mg 12	2,57	2,93
Al 13	2,67	2,74
Si 14	14,84	14,64
P 15	0,53	0,48
K 19	2,88	2,04
Ca 20	15,47	10,70
Mn 25	4,12	2,08
Fe 26	28,06	13,92
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

11. táblázat

A nagy vasszegben kiválasztott zárvány 9-es területének elemzése

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,97	4,34
Fe 26	99,03	95,66
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

Össességében a szegekről elmondható, hogy meleg-félmeleg kovácsolással készültek. A vasbuca szerkezetének heterogenitása miatt annak homogenizálása után is megfigyelhető

heterogenitás a tárgyak anyagszerkezetében. A zárványvizsgálatok legmarkánsabb jellemzői a nagy vas-oxid- és Ca-tartalom. A zárványok alapvetően az előkovácsolás, alakítás folyamán kialakult melléktermékek maradványai.

A három szeg készítése technikája azonosnak mondható, és az alapanyag-készítés gondossága is nagyon közel áll egymáshoz. A készítése technika az anyagvizsgálatok alapján a 16. és 17. képeken ábrázolt korabeli munkamódszerekhez köthetők.

Egy 1482-es⁹ német ábrázoláson (16. bal oldali kép) a szegkovács egy hokedlin ül és kalapácsával vörösen izzó szegen dolgozik. A szegkovács egy speciális, szegformálásra használt, kilyukasztott szerszámba illetve éppen a szeg fejét zömíti. A 16. jobb oldali kép (1525-ös német ábrázolás) ugyanazt a műveletet ábrázolja, de itt a háttérben nemcsak az épített kovácstűzhely és az előgyártmányok láthatók, hanem jól megfigyelhetők a kovácstűzhelyhez alkalmazott fűjtatók is. A bal oldali képen látható szeg nagyban hasonlít az általunk vizsgált nagy vasszeg fejének kialakításához. Az ábrázolás rámutat arra is, hogy a szegfejek ilyenfajta kialakítása a XVII. században már korántsem volt ismeretlen.



16. kép

Szegkovácsok munka közben

Forrás: bal oldali kép: www.nuernberger-hausbuecher.de/75-Amb-2-317-101-r
(A letöltés dátuma: 2018. 12. 10.); jobb oldali kép: www.nuernberger-hausbuecher.de/75-Amb-2-317-140-v/data
(A letöltés dátuma: 2018. 12. 10.)

⁹ A megjelölt forrás (www.nuernberger-hausbuecher.de/75-Amb-2-317-101-r) az ábrázolást egy 1522-es műhöz is datálja.

Egy harmadik, 1572-es német ábrázoláson (17. kép) a szegkészítő a műhelyében, az erre kialakított munkablokkjánál ül, és az üllőn egy hosszú vasrúd hegyéből szeget kovácsol. A termék mérete miatt a kis üllő mellett közvetlenül használatra készen áll egy ék alakú vágó, amellyel a készre kovácsolt hegyet le tudta csapni. A mögötte lévő, szabadon álló tűzhelyen a tűz felszításáról a segédje gondoskodik. A készre kovácsolt szegeket két „eladótálban” tárolják, mellette pedig a termékpaletta látható.

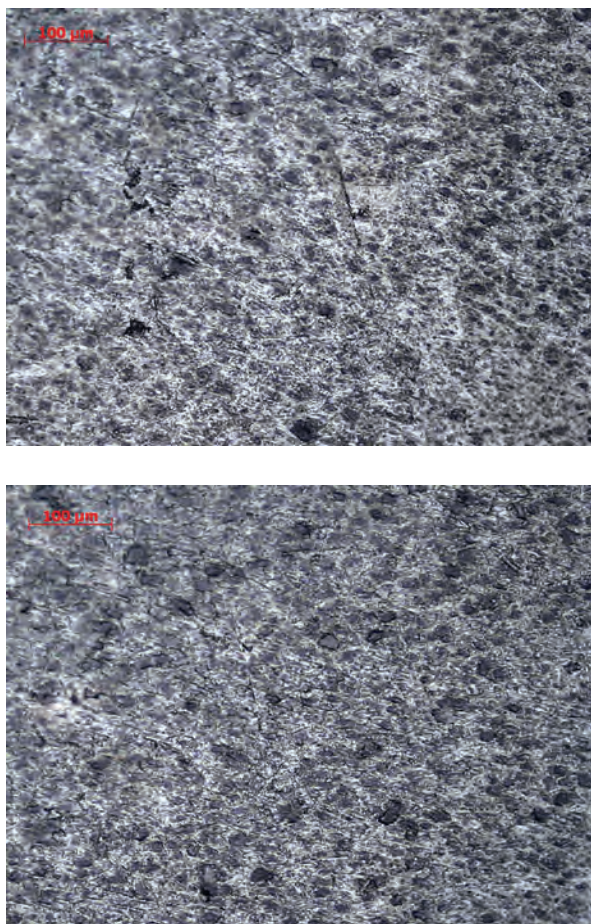


17. kép

Szegkészítő a műhelyében (1572-es német ábrázolás)

Forrás: www.nuernberger-hausbuecher.de/75-Amb-2-317b-28-v/data (A letöltés dátuma: 2018. 12. 10.)

Az ólomgolyók esetében a mikroszerkezet feltárása kissé nehézkesnek bizonyult, miután az ólom nagyon lágy, emiatt a mechanikus előkészítése meglehetősen körülményes volt. Csak többciklusú polírozás-maratás után kaptuk meg az értékelhető mikroszerkezetet (18. kép). Megfigyelhető volt, hogy a kis átmérőjű golyó előkészítése nehezebb volt, valószínűleg még lágyabb anyagból készült, mint a nagyobb golyók. A dendritágak a mikroszerkezetben kivehetők, a szekunder dendritág távolság $\sim 10\mu\text{m}$, ami gyors lehűlésre utal. Ez következhet abból, ha a golyók készítésénél vas/acél öntőformát használtak. A mikroszerkezetben látható poliéderez fekete fázisok a tárgyak vizsgálatra való előkészítéséből származó Si-karbid részecskék, amelyek sajnos könnyen beletapadnak a lágy felületbe, és kissé zavarják a vizsgálatot. A mintákon egyértelműen felfedezhető volt az öntött jelleg, az osztósík is jól kivehető volt. A golyókat az osztósíkra merőlegesen vágták el.

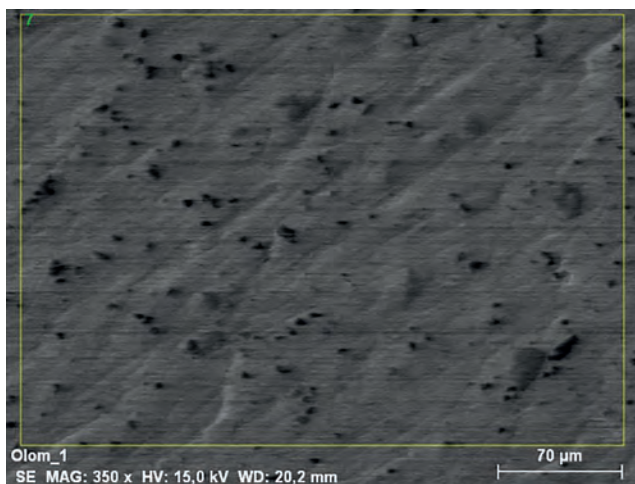


18. kép

A 16 mm (felül) és 17 mm-es (alul) ólomgolyók mikroszerkezete

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

A SEM-EDS-vizsgálat alapján valamennyi golyóról elmondható, hogy ötvözetlen ólomból öntötték. A 16 mm-es és 17 mm-es golyókban azonban nagy nikkel- és kis foszfortartalmú fázisok voltak azonosíthatók (20. kép és 13. táblázat), ami egyértelműen szennyezés eredménye, és kicsivel nagyobb keménységet biztosítanak az ólomgolyóknak. A nikkel és az ólom monotektikus rendszert alkot, azaz ezek a fázisok feldúsulnak, és a kristályosodást alacsonyabb hőmérséklet felé tolják. A 14 mm-es golyó gyakorlatilag tiszta ólomból van (21. kép és 14. táblázat), az EDS-elemzéssel kimutatható szennyezők nélkül.



19. kép

A 16 mm-es ólomgolyó átlagos összetételének elemzése

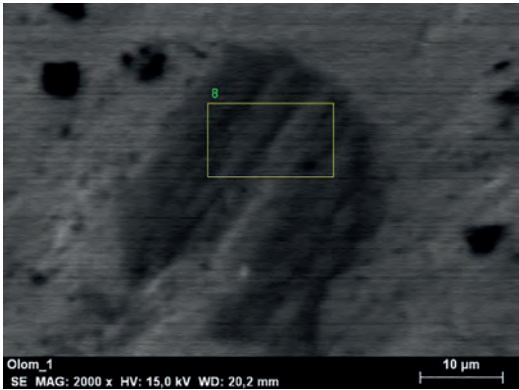
Forrás: Barkóczy-Török 2018.

12. táblázat

A 16 mm-es ólomgolyó átlagos összetételének elemzése

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	9,46	48,77
O 8	6,77	26,19
Pb 82	83,78	25,04
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy-Török 2018.



20. kép

A 16 mm-es ólomgolyó nikkeldús fázisának elemzése

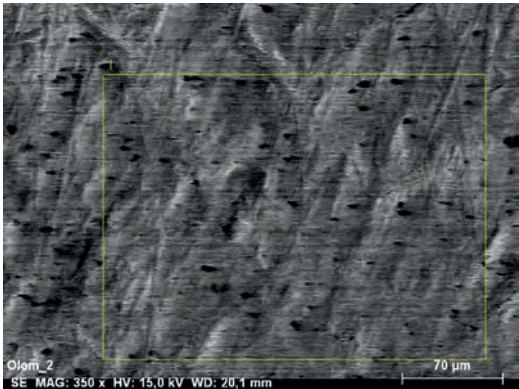
Forrás: Barkóczy–Török 2018.

13. táblázat

A 16 mm-es ólomgolyó nikkeldús fázisának elemzése

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,87	4,13
O 8	2,02	7,18
P 15	6,87	12,62
Ni 28	73,81	71,55
Pb 82	16,43	4,51
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.



21. kép

A kis, 14 mm-es ólomgolyó átlagos összetételének elemzése

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

14. táblázat

A kis, 14 mm-es ólomgolyó átlagos összetételének elemzése

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	7,95	47,82
O 8	4,81	21,74
Pb 82	87,24	30,44
Összesen	100,00	100,00

Forrás: Barkóczy–Török 2018.

A kettévágott ólomgolyók polírozatlan felének XRF-vizsgálatainál kapott eredményeket a 15. táblázat mutatja. Itt a nikkeles szennyeződés nem jelenik meg – az XRF-spektrométer alá a felület olyan pontjai kerültek, ahol éppen nem volt szennyeződés –, viszont a jelzett palládium- és irídiumtartalom minden bizonnyal csak túlgerjesztésből származó csúcsátlapolódás következménye, nem valódi jelenlétét mutatja az említett elemeknek. Az ólom viszonylagosan nehezen gerjeszthető, de ez a vizsgálat is igazolja a golyók gyakorlatilag színólom anyagát.

15. táblázat

Az ólomgolyók XRF-vizsgálatának eredményei tömeg%-ban

Minta	Mérési idő (s)	Pb	Fe	Ag	Pd	Ir
Olomgolyo1 1	30	98,60	0,21	0,10	0,27	0,61
Olomgolyo1 2	30	98,49	0,27	0,07	0,33	0,61
Olomgolyo1 3	30	98,67	0,21	0,10	0,29	0,53
Olomgolyo2 1	30	98,80	0,07	0,09	0,29	0,56
Olomgolyo2 2	30	98,82	0,09	0,11	0,32	0,46
Olomgolyo2 3	30	98,88	0,07	0,09	0,31	0,43
Olomgolyo3 1	30	98,43	0,16	0,11	0,33	0,64
Olomgolyo3 2	30	98,32	0,18	0,08	0,30	0,59
Olomgolyo3 3	30	98,06	0,56	0,10	0,36	0,65

Megjegyzés: A táblázatban jelölt ólomgolyók jelölése a következő: Olomgolyo1 = 16 mm, Olomgolyo2 = 14 mm, Olomgolyo3 = 17 mm

Forrás: a szerző saját szerkesztése

A Zrínyi-Újvár régészeti ásatás kútjából előkerült faanyagok xylotómiai¹⁰ vizsgálata¹¹

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült faanyagok természettudományos, xylotómiai vizsgálataira három, a kút szerkezeti elemét alkotó darabot jelöltünk ki. A faanyagok

¹⁰ Xylotómiavizsgálat: a fásszáru vegetáció maradványainak szöveti elemzése, amely a fa fajtájának meghatározására irányul.

¹¹ A vizsgálatokat és az eredmények kiértékelését Saláta Dénes, a Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet, Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék adjunktusa végezte. Saláta 2018.

vizsgálata során úgy ítéltük meg, hogy az adott faj meghatározása hozzájárulhat az adott korban használt növényi nyersanyagokkal és azok felhasználásával kapcsolatos ismereteink bővüléséhez, valamint a vegetáció, így a tágabb környezet jobb megismeréséhez.

A vizsgált három szerkezeti elem vélhetően részben vizes, illetve száraz körülmények között, különböző mértékben szenülten konzerválódott faanyag. A szenülés által érintett mintarészek megtartása viszonylag gyengének, a szenülés által nem érintett mintarészek megtartása viszont jónak volt ítéltető.

A faanyagokból első lépésben motoros láncfűrészsel mintavétel történt. A vizsgálatra alkalmas transzverzális felületet szalagcsiszolóval, illetve kézi csiszolással alakítottuk ki. A faanatómiai megfigyelések sztereo mikroszkóppal történtek, az évgyűrűszélességek leméréséhez a mintákat 1200 DPI felbontásban, kalibrációs tárgylemezzel szkenneltük. A szkennelt képek feldolgozása QGIS 3.2.0 'Bonn' térinformatikai szoftverrel történt. A programban mért évgyűrűszélességek valós méretének meghatározása a kalibrációs tárgylemez 1 mm-ének ismeretében, aránypár alapon, 1/1000 mm pontossággal történt, az így kapott adatok Heidelberg-formátumba konvertálását TRiCYCLE 0.3.1 Dendro Data Converter programmal, az adatsorok ábrázolását pedig MS Excel és Tellervo 1.0 programokkal kiviteleztük.

A lelőhely – illetve annak szűkebb környezete – vegetációjának bemutatására ábrák készültek QGIS 3.2.0 'Bonn' térinformatikai programmal, az alábbi források felhasználásával:

- Marosi S. – Somogyi S.: Magyarország kistájainak katasztere. 1990.
- Zólyomi B.: Természetes növénytakaró. 1989.
- SRTM 90 m Digital Elevation Data – *Jarvis et al.* 2008.
- Első katonai felmérés – HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Térképtára, IV/17. és V/23. szelvények, 1784, méretarány 1:28 800, digitális kiadás Arcanum 2004.
- Második katonai felmérés – HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Térképtára, XXIII/61. és XXIV/61. szelvények, 1858–1859, méretarány 1:28 800, digitális kiadás *Tímár et al.* 2006.
- Harmadik katonai felmérés – HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Térképtára, 5458/3. szelvény, 1879, méretarány 1:25 000, digitális kiadás *Biszak et al.* 2007.
- Topográfiai térképek a II. világháború idejéből – HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Térképtára, 5458/NY szelvény, 1940–1944, méretarány 1:50 000, digitális kiadás *Tímár et al.* 2008.

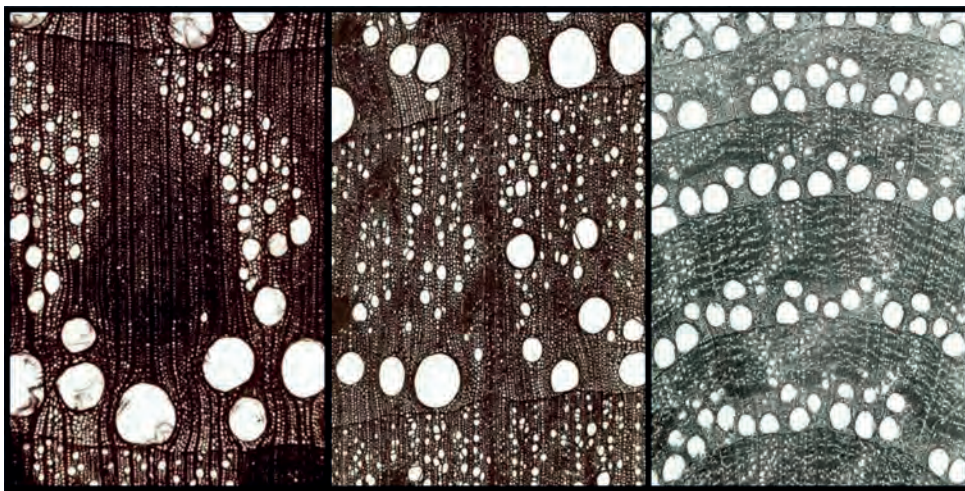
A változó mértékben szenülve konzerválódott minták mindegyike lombos fától, faanatómiai szempontból gyűrűslikacsú lombos fától¹² származik. Fajok tekintetében megállapítható, hogy a minták tölgy fajtól, a széles évgyűrűk korai pásztájában több sorban elhelyezkedő nagy üregű edények és a késői pászta fokozatosan szűkülő, villásan elágazó radiális sorokat alkotó edényei alapján¹³ vélhetően kocsánytalan tölgytől (*Quercus petraea*) származnak – zárvatermők törzse (*Angiospermatophyta*), kétszikűek osztálya

¹² Babos 1994., valamint Molnár–Peszlen–Paukó 2007.

¹³ Babos 1994.

(*Dicotyledonopsida*), bükkfafélék rendje (*Fagales*), bükkfafélék családja (*Fagales*), *Quercus* nemzetség.¹⁴

Itt kell megjegyezni, hogy a faanatómia jelenlegi nemzetközi állása alapján a kocsányos, kocsánytalan és molyhos tölgy fajokat csupán faanatómiai alapon nem lehet megkülönböztetni egymástól¹⁵ (22. kép), igaz, egyes művek¹⁶ alapján ez bizonyos keretek között lehetséges.



22. kép

A kocsánytalan, kocsányos és molyhos tölgy keresztmetszetének mikroszkópos képe

Forrás: Schoch et al. 2004. www.woodanatomy.ch (A letöltés dátuma: 2018. 07. 14.)

A minta jó, mondhatni kiváló megtartású, száraz, egyik részén minimálisan, tűz következtében szenesedett faanyag (23. kép). A faanyag vélhetően a kútbélés szerkezeti eleme, egyik oldalán az összeillesztéshez szükséges csapolással. Az égésnyomból valószínűsíthető, hogy a minta – legalábbis a 2. és 3. mintákhoz képest – rövidebb ideig volt kitéve a tűz hatásának.

Vizsgálva a minta keresztmetszetét (24. kép), elmondható, hogy a faanyag gyűrűslakcsú lombos fától, valószínűsíthetően kocsánytalan tölgytől (v.sim.¹⁷ *Quercus petraea*) származik, továbbá fatörzsből alakították ki.

¹⁴ Simon 2000.

¹⁵ Schweingruber 1990., valamint Schoch–Heller–Schweingruber–Kienast 2004.

¹⁶ Greguss 1959., Babos 1994. vagy Molnár–Peszlen–Paukó 2007.

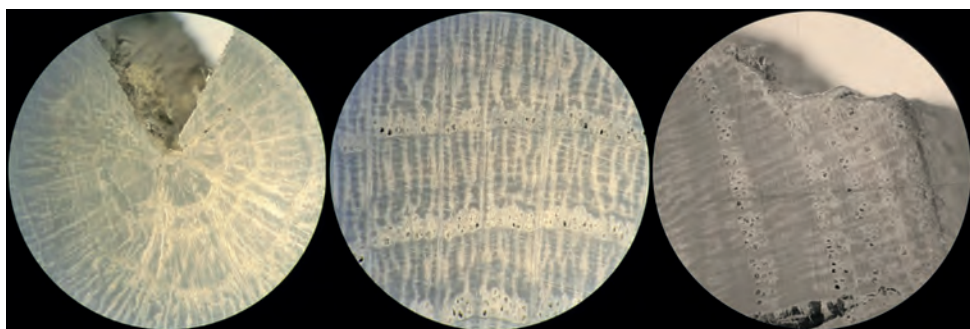
¹⁷ Veri simile.



23. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 1. minta

Forrás: Saláta 2018.



24. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 1. minta jellemző mikroszkópos keresztmetszeti képei

Forrás: Saláta 2018.

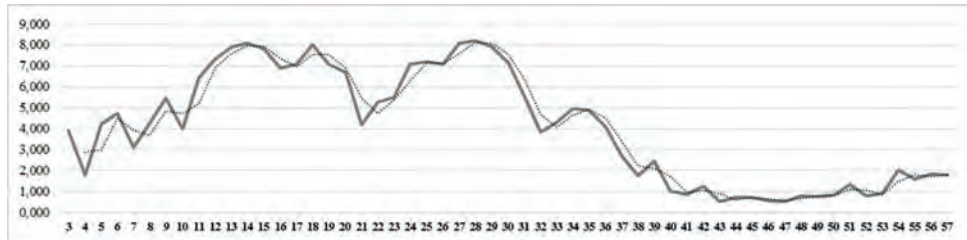
A mintán felvett növekedési trendet tekintve (25. és 26. képek) elmondható, hogy a fa az első 10–12 évében viszonylag hektikus növekedést mutatott. A következő 20 évben viszonylag jelentős növekedés mutatható ki a faegyed esetében – eltekintve egy 4 éves, alacsony növekedésű periódustól –, majd a 30–32. évtől beállt egy jellemzően csökkenő tendenciájú, viszonylag keskeny, sűrűn elhelyezkedő évgűrűkkel jellemezhető növekedés. A 10 és 30 év közötti korai évgűrűk viszonylag szélesek (6–8 mm), így valószínűsíthető, hogy a fa kedvező adottságú területről származott, továbbá a bél és az évgűrűk képe alapján, hogy a szerkezeti elemet az egykori fa törzséből készítették.



25. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 1. minta keresztmetszeti felülete az évgyűrűk szélességeinek feltüntetésével [mm], készült a QGIS 3.2.0 'Bonn' programmal

Forrás: Saláta 2018.



26. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 1. minta évgyűrűszélességei [mm] (folytonos vonal), 2 periódusú trendvonalal (szaggatott vonal)

Forrás: Saláta 2018.

A minta viszonylag jó megtartású, száraz, felületén tűz következtében szenesedett faanyag (27. kép). A faanyag lehetett a kútbélés vagy akár a kútház szerkezeti eleme is. A faanyag közepén kifaragott, bárdolt rész található, amely nagy valószínűséggel az összeillesztéshez volt szükséges. Bár a faanyagot jelentős tűzhatás érte, mindkét végén jól kivehetők vélhetően faragás nyomai. Az égésnyomból az valószínűsíthető, hogy a faanyag – legalábbis az 1. mintához képest – hosszabb ideig volt kitéve a tűz hatásának.

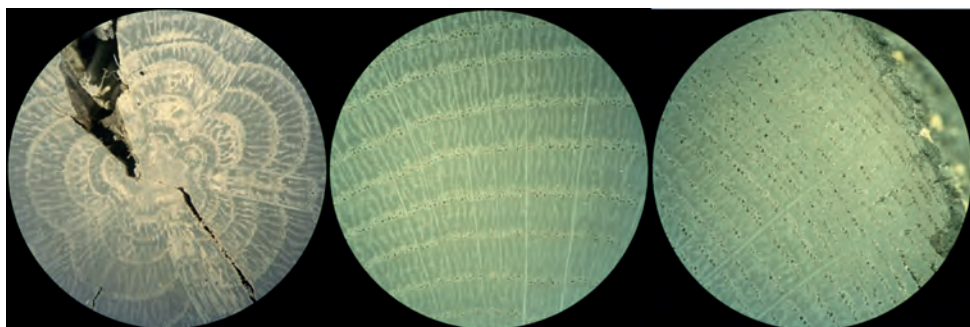
Vizsgálva a minta keresztmetszetét (28. kép), elmondható, hogy a faanyag gyűrűslikacsú lombos fától, valószínűsíthetően kocsánytalan tölgytől (v.sim. *Quercus petraea*) származik, továbbá fatörzsből alakították ki.



27. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 2. minta

Forrás: Saláta 2018.

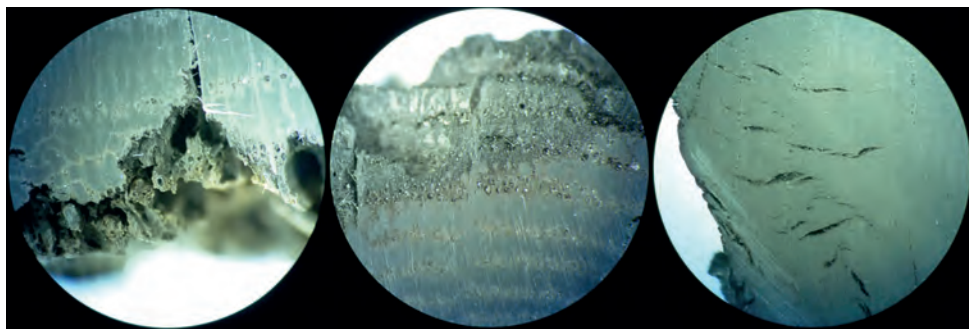


28. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 2. minta jellemző mikroszkópos keresztmetszeti képei

Forrás: Saláta 2018.

A minta keresztmetszetét mikroszkóposan vizsgálva, több kiemelendő részlet is van. A 29. kép bal oldalán egy szárazon konzerválódott évgyűrűtöröredék látható, amelyen nagyon jól megfigyelhető, hogy a korai pászta nagy edényei több sorban helyezkednek el. A kép középső részén a szenülés faanyagra kifejtett hatása figyelhető meg, míg a jobb oldalán egy kevés és keskeny, mondhatni egy korai likacssoros, tavaszi pásztájú évgyűrűket tartalmazó szövet képe látható, amely vélhetően valamilyen szövetátalakulást eredményező elváltozásnak köszönhető. A felvett növekedési trendet tekintve (30. és 31. képek) elmondható, hogy a fa az első 18–20 évében viszonylag hektikus növekedést mutatott, majd ezt követően beállt egy jellemzően csökkenő tendenciájú növekedés. Érdeemes kiemelni a 22–25. alacsonyabb növekedésű szakaszt, amely a keresztmetszeten (30. kép közepe) is jól látható. A korai növekedési szakasz évgyűrűi, illetve a késői pásztáik viszonylag szélesek, így a fa vélhetően kedvező adottságú területről származott, továbbá a bél és az évgyűrűk képe alapján az egykori fa törzséből készítették a szerkezeti elemet.



29. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 2. minta keresztmetszetének mikroszkóppal megfigyelhető, kiemelendő részletei

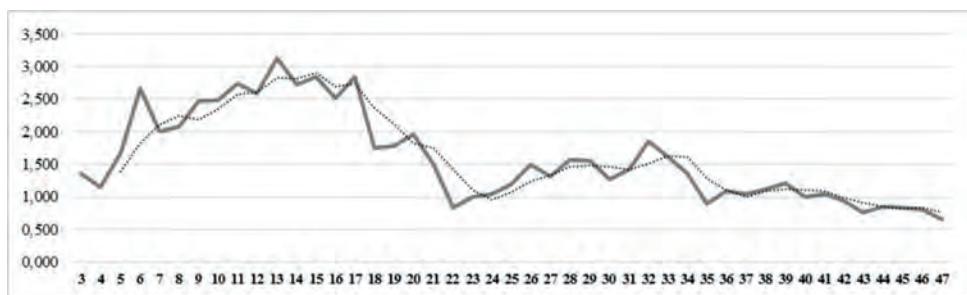
Forrás: Saláta 2018.



30. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 2. minta keresztmetszete az évgűrűk szélességeinek feltüntetésével [mm], készült a QGIS 3.2.0 'Bonn' programmal

Forrás: Saláta 2018.



31. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 2. minta évgűrűszélességei [mm] (folytonos vonal), 2 periódusú trendvonalal (szaggatott vonal)

Forrás: Saláta 2018.

A minta viszonylag jó megtartású, száraz, felületén tűz következtében szenesedett, illetve vályog- és homoküledékekkel borított faanyag (32. kép). A faanyag vélhetően a kútbélés vagy a kútház szerkezeti eleme, és bár jelentős tűzhatás érte, mindkét végén jól láthatók vélhetően faragás nyomai. Az égésnyomból valószínűsíthető, hogy a faanyag – legalábbis az 1. és 2. mintákhoz képest – hosszabb ideig volt kitéve a tűz hatásának.

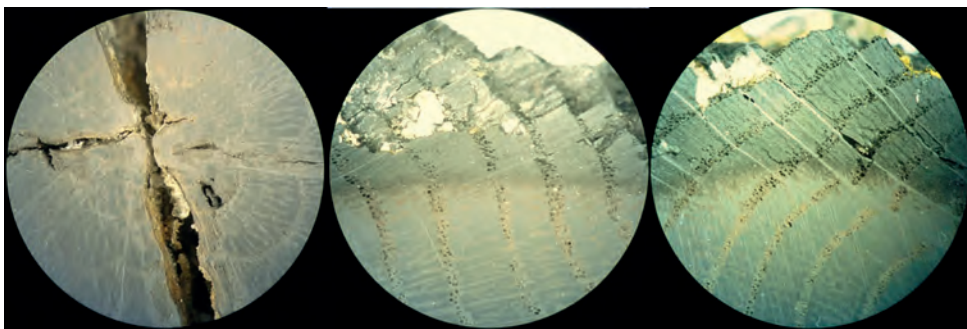
Vizsgálva a minta keresztmetszetét (33. kép), elmondható, hogy a faanyag gyűrűslikacsú lombos fától, valószínűsíthetően kocsánytalan tölgytől (v.sim. *Quercus petraea*) származik, továbbá fatörzsből alakították ki.



32. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 3. minta

Forrás: Saláta 2018.



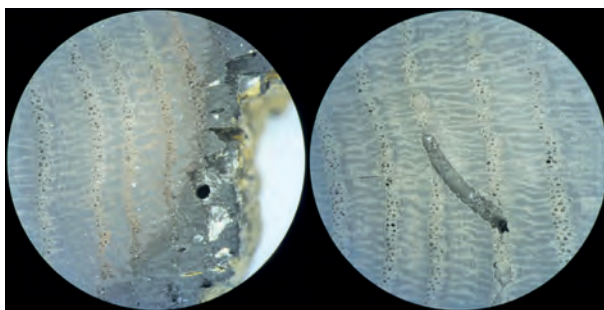
33. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 3. minta jellemző mikroszkópos keresztmetszeti képei

Forrás: Saláta 2018.

A minta keresztmetszetét mikroszkóposan vizsgálva, több kiemelendő részlet is van. A 33. képen a szenülés faanyagra kifejtett hatása figyelhető meg, míg a 34. képen kártevő által okozott járat látható. Átmérője hozzávetőlegesen 1–2 mm, így vélhetően kis kopogóbogár, faszú járata, kirepülési nyílása.¹⁸

A felvett növekedési trendet tekintve (35. és 36. képek) elmondható, hogy a fa az első 18–20 évében viszonylag hektikus növekedést mutatott, majd ezt követően vélhetően beállt egy jellemzően csökkenő tendenciájú növekedés, az égés következtében azonban hozzávetőlegesen csupán 30 évnyi „információ” áll rendelkezésre. Az évgűrűk, illetve a késői pászták viszonylag szélesek, így vélhetően a fa kedvező adottságú termőhelyről származott, továbbá a bél és az évgűrűk képe alapján az egykori fa törzséből készítették a szerkezeti elemet.

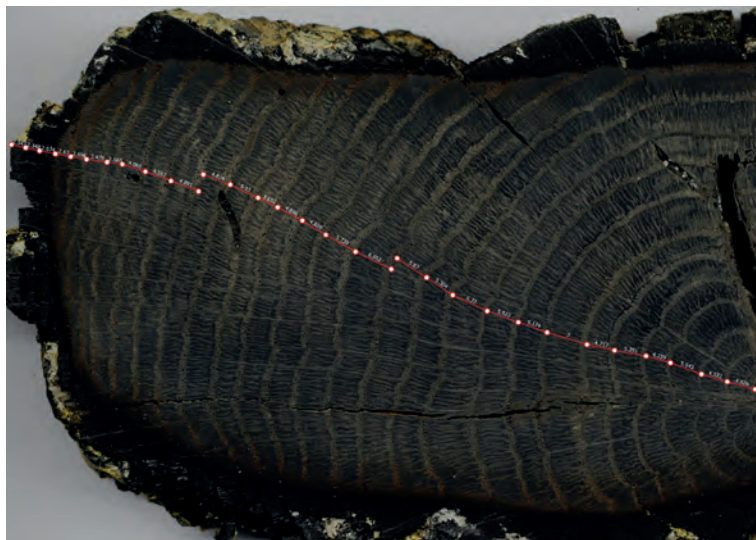


34. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 3. minta keresztmetszetének mikroszkóppal megfigyelhető, kiemelendő részletei

Forrás: Saláta 2018.

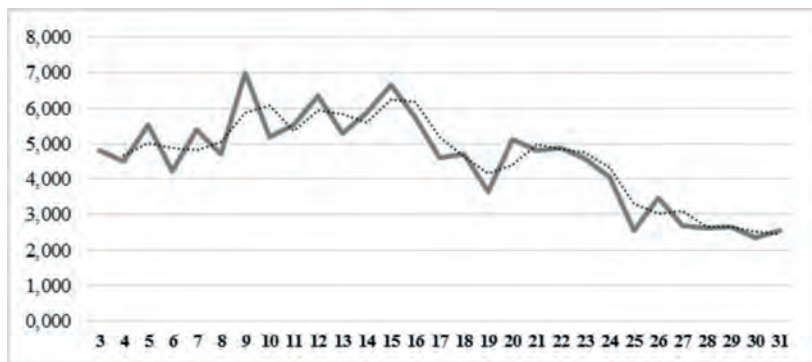
¹⁸ A tarka kopogóbogár (*Xestobium rufovillosum* Deg.) és a dacos kopogóbogár (*Anobium pertinax* L.) élettere is köthető a tölgyfákhoz. – *Brehm*: Az állatok világa – 26. család: Kopogóbogarak (Anobiidae) <http://mek.niif.hu/03400/03408/html/2784.html> (A letöltés dátuma: 2018. 07. 07.)



35. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 3. minta keresztmetszete az évgűrűk szélességeinek feltüntetésével [mm], készült a QGIS 3.2.0 'Bonn' programmal

Forrás: Saláta 2018.



36. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából előkerült 3. minta évgűrűszélességei [mm] (folytonos vonal), 2 periódusú trendvonallal (szaggatott vonal)

Forrás: Saláta 2018.

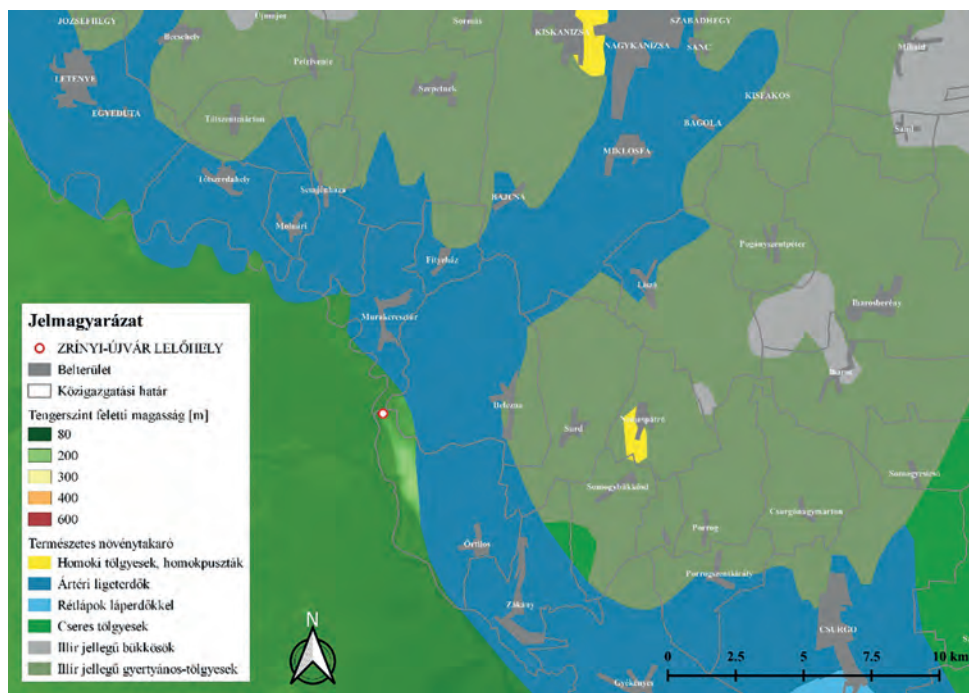
A régészeti lelőhely vizsgált faanyagai nagy valószínűség szerint a szárazságtűrő kocsánytalan tölgy fajtól, a lelőhely alapján vélhetően a XVII. századból származnak, amely a klíma és a vegetáció fejlődésének szempontjából a szubatlantikus, azaz a Bükk II. fázisba tartozik.¹⁹

¹⁹ Járainé 2006.

Ezen fázisban vagyunk napjainkban is, így Zólyomi Bálint²⁰ természetes vegetációt ábrázoló térképe kifejezetten aktuális és fontos a téma, illetve a vizsgált terület vegetációjának szempontjából (37. kép). Mindazonáltal meg kell jegyezni, hogy a vegetáció képe, köszönhetően az emberi tevékenységnek, a XVII. századhoz képest jelentős mértékben megváltozhatott. A hegyvidékek természetes vegetációját tölgyesek, gyertyános-tölgyesek és bükkösök alkották, alkotják, míg az Alföldre a tölgyes erdőpuszták voltak jellemzők.²¹

A vizsgált terület a Nyugat-magyarországi-peremvidék nagytáj, Zalai-dombság középtáj, Zalaapáti-hát és a Mura-balparti-sík kistájainak határán található. Előbbi kistáj egésze potenciális erdőterület, alacsonyabb részein gyertyános- és másodlagos cseres-kocsánytalan tölgyesekkel. Utóbbi kistáj vegetációja változatos, a magasabb térszíneken tölgy, kőris, szil összetételű ligetekkel.

Zólyomi térképe alapján elmondható, hogy a lelőhely szűkebb környezetében ártéri ligeterdők, illír jellegű gyertyános-tölgyesek, cseres tölgyesek és homoki tölgyesek, illetve illír jellegű bükkösök lehettek.



37. kép

A lelőhely tágabb környezetének természetes növényzete

Forrás: Zólyomi 1989. alapján a szerző szerkesztése az SRTM 90 m Digital Elevation Modell (Jarvis et al. 2008. <http://srtm.csi.cgiar.org> [A letöltés dátuma: 2018. 07. 05.]) és az OTAB-adatbázis felhasználásával a QGIS 3.2.0 'Bonn' programmal

²⁰ Zólyomi 1989. 89.

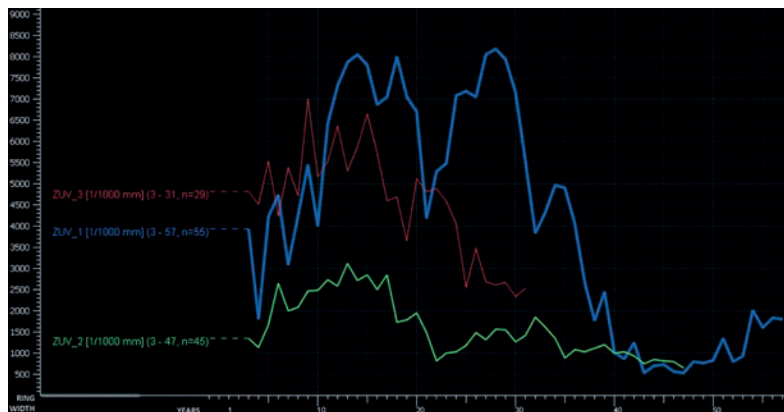
²¹ Járainé 2006.

Az azonosított faj nem mond ellent a potenciális vegetációtérkép szóba jöhető típusainak, sőt a faj jelenlegi elterjedési adatainak sem,²² mezofil és xeromezofil tölgyesek (például gyertyános-kocsánytalan tölgyesek²³ és bokorerdők jellemző faja²⁴).

Áttekintve a lelőhely környezetének képét az első, második, harmadik katonai felméréseken és a második világháború idején készült topográfiai térképeken, elmondható, hogy a terület növényzete a XVIII. századra jelentős mértékben megváltozott, megváltozhatott, de a folyóvíz menti területeken és a magasabb térszíneken még mindig voltak elérhető erdők, akár 2–5 km-es távolságban is, így vélhetően nem okozhatott jelentős nehézséget a faanyag beszerzése a kútszerkezet elkészítéséhez.

A faanyag vizsgálatának eredményeit áttekintve elmondható, hogy a kút vizsgált elemei nagy valószínűség szerint kocsánytalan tölgy egyedek törzséből készültek, amely fák vélhetően kedvező adottságú – sőt mi több az évgűrűszélességek alapján kirajzolt növekedési trendek alapján (38. kép) nem elképzelhetetlen, hogy azonos területről származtak. A vizsgált minták évgűrűszélességeit – táblázatos formában – a bétől a kéreg irányába számozva a 16. táblázat tartalmazza.

A xylotómiai elemzésben kapott eredmények összhangban vannak Grynaeus András által – szintén a Zrínyi-Újvár kútjából feltárt famaradványokon – végzett vizsgálati eredményekkel.²⁵ Grynaeus ugyanakkor nemcsak xylotómiai, hanem dendrokronológiai elemzést²⁶ is végzett. A kormeghatározás eredményei alapján Grynaeus arra a következtetésre jutott, hogy az objektum faanyagát nagy valószínűséggel 1658 után vágták ki.



38. kép

A Zrínyi-Újvár régészeti lelőhely kútjából származó három minta évgűrűszélességei, illetve az azokból kirajzolt növekedési trendek a bétől a kéreg irányába

Forrás: Saláta 2018.

²² Bartha et al. 2015.

²³ Engloner–Penksza–Szerdahelyi 2001., valamint Bölöni–Molnár–Kun 2011.

²⁴ Simon 2000.

²⁵ Grynaeus 2018.

²⁶ A dendrokronológia a régészet egyik természettudományos alapú segédtudománya, amely a famaradványok korát tudja meghatározni a fákban megőrződött évgűrűk segítségével.

16. táblázat

A vizsgált minták évgyűrűszélességei a bétől a kéreg irányába számozva [adatok 1/1000 mm-ben]

Évek	1. minta	2. minta	3. minta
3	3935	1362	4826
4	1806	1149	4522
5	4226	1681	5543
6	4742	2660	4239
7	3097	2000	5391
8	4258	2085	4717
9	5452	2468	7000
10	4000	2489	5174
11	6419	2745	5522
12	7323	2596	6370
13	7871	3128	5304
14	8065	2723	5870
15	7806	2851	6652
16	6871	2511	5739
17	7065	2851	4609
18	8000	1745	4696
19	7065	1787	3652
20	6710	1957	5130
21	4194	1489	4826
22	5290	830	4891
23	5484	1000	4587
24	7097	1043	4065
25	7194	1191	2565
26	7065	1489	3478
27	8065	1319	2696
28	8194	1574	2630
29	7935	1553	2674
30	7161	1277	2348
31	5548	1426	2543
32	3839	1851	
33	4323	1617	
34	4968	1362	
35	4903	894	
36	4065	1085	
37	2677	1043	
38	1774	1128	
39	2452	1213	
40	1032	1000	
Évek	1. minta	2. minta	3. minta
41	871	1043	
42	1258	936	
43	548	766	

Évek	1. minta	2. minta	3. minta
44	710	851	
45	742	830	
46	581	809	
47	548	660	
48	806		
49	774		
50	839		
51	1355		
52	806		
53	935		
54	2032		
55	1613		
56	1839		
57	1806		

Forrás: Saláta 2018.