

Ivo DONELLI - Frane MIHANOVIĆ

METODE SNIMANJA I KONZERVACIJA METALNIH ARHEOLOŠKIH PREDMETA

METHODS OF CT ANALYSIS AND CONSERVATION OF METAL AR- CHAEOLOGICAL OBJECTS

UDK:

Izvorni znanstveni članak

Primljeno:

Odobreno:

Ivo Donelli

HR, 21000 SPLIT

Arheološki muzej

Zrinsko-Frankopanska 25

Frane Mihanović

HR, 21000 SPLIT

KLINIČKI BOLNIČKI CENTAR "Firule"

Autori u prvom dijelu ovog članka opisuju mogućnosti potpunijih kvantitativnih i kvalitativnih analiza metalnih predmeta upotrebljavajući suvremenije metode snimanja pomoću CT-a. U drugom dijelu članka opisana su tri načina konzervacije metalnih predmeta (redukcija, abrazija i elektroliza) izvađenih iz rijeke Cetine kod Trilja.

UPOTREBA X ZRAKA KOD SNIMANJA ARHEOLOŠKIH PREDMETA

Da bismo ustanovili u kakvom je stanju unutrašnjost metalnog predmeta služimo se rendgenskim snimcima. Metalni oksidi propuštaju rendgenske zrake (X zrake), bolje nego sam metal, a takva rendgenska slika mnogo bolje pokazuje obujam oksidacije, nego neka druga metoda (sl. 1). Na slici možemo uočiti debljinu korozivnog sloja, prisutnost drugih metala i materijala te se odlučiti za najprikladniju metodu konzervacije.

Pošto je ova metoda kvalitativne i kvantitativne analize dosta skupa, prethodno je potrebno predmete selektirati po stupnju oksidacije, a također je bitno značenje predmeta kako za konzervatora tako i za arheologa. Rendgenskim snimanjem predmeta dobijamo panoramski snimak, što znači snimak cijelog predmeta, u mjerilu 1:1, ali plošno. Takav snimak bi nam pokazao dosta dobro vidljivu oksidnu koru, metalnu jezgru, predmete koji nisu od metala ili su pak od različite vrste metala.

Korak dalje kod snimanja arheoloških predmeta korištenjem X zraka je upotreba CT-a. To je suvremena metoda kod koje se osim panoramske dobija i trodimenzionalna slika. Tako imamo uvid i u dubinu predmeta. Programiranjem računala za očitavanje pojedinih materijala te njihovom numerizacijom, dobijamo tabelarne vrijednosti, kako za metale tako i za njihove okside. Pomoću CT-a također možemo izračunati debljinu metalne jezgre, oksidne kore, ili pak nekog nemetala koji leži na samom originalu. Ovakvi nam snimci puno više govore o samom predmetu koji se skriva ispod vapnenačkih ili oksidnih kora (sl. 2, 2a i 3).

KRATKI PRIKAZ ANALIZE STRUKTURE ARHEOLOŠKIH NALAZA SA CT-UREĐAJEM

UVOD

CT je računarski uređaj koji radi na principu rendgenskih zraka, a koristi se aksijalnom tomografijom. Računarsko slojevno snimanje (CT snimanje), ima svoju primjenu u medicinskoj dijagnostici, a zahvaljujući njegovom načinu rada po prvi put se može analizirati sliku u tri dimenzije tj. prostorno.

Zahvaljujući visokoj osjetljivosti uređaja (od -1000 do 3000 jedinica HU) i različitim atomskim težinama pojedinih elemenata od kojih je sastavljena neka struktura ili materijal, moguća je analiza različitih materijala i tvari s visokom diferenciranošću. Upravo gore navedena svojstva CT uređaja omogućuju analizu arheoloških nalaza, kako kvantitativnu tako i kvalitativnu.

SADRŽAJ

CT uređaj na kojem smo vršili analizu arheoloških nalaza sljedećih je karakteristika:

1. Tip uređaja SIEMENS DRG, računar DIGITAL PDP 11/84
2. Matrix slike 256x256 matematički interpoliran na matrix 512x512 sa visokom rezolucijom

Program s kojim smo snimili navedeni materijal sastojao se od sljedećih parametara:

- | | | |
|---------|--------|--------------------------|
| 1. KV | 125 | debljina sloja 2 mm |
| mAs | 450 | šir. snimanog polja 2 mm |
| vrijeme | 7 sek. | broj projekcija 720 |

2. Parametri za određivanje veličine slike mijenjali su se ovisno o prirodnoj veličini arheološkog nalaza koji smo analizirali.

Princip rada

Odabrani arheološki nalaz postavi se u CT uređaj te se napravi pregledna slika tj. sumacijska slika karakteristika sličnih običnoj radiološkoj slici. Nakon

određivanja mjesta gdje želimo napraviti aksijalni presjek kroz analizirani materijal postavi se prije navedeni program i izvrši se samo snimanje. Na dobivenim računarskim slojevnim presjecima moguće je mjerenjima utvrditi koji su dijelovi arheološkog nalaza sastavljeni od metala, a koji su dijelovi oksidirali ili presvučeni vapnenom naslagom. S obzirom da je većina analiziranih predmeta bila od metala rezultati CT analize bili su lako uočljivi kako vizualno tako i mjerenjem apsorpcijskih vrijednosti pojedinih dijelova arheološkog nalaza.

Iz napravljene serije slojeva moguća je analiza predmeta kroz mogućnosti rekonstrukcije slike tj. dobivanje treće dimenzije analiziranog materijala. Praktična vrijednost ovog načina analize je u tome što se može utvrditi da li ima više elemenata u jednom konglomeratu.

S obzirom na to da ovaj kratki prikaz CT uređaja nije vezan za određeni arheološki nalaz, napomenuti je okvirne vrijednosti apsorpcije pojedinih analiziranih materijala.

Na taj način razlikujemo:

- metal 3071 HU jedinica
- vapnenac 160 -1000 jedinica.

Analizom različitih metalnih oksida iz laboratorija uspjeli smo dobiti i različite vrijednosti apsorpcije. Isto tako smo presjekom kroz metalni predmet uspjeli razlučiti dvije vrste metala u nekom arheološkom nalazu kao npr. bakar i srebro.

ZAKLJUČAK

Kako niti jedna metoda za analizu nije dominantna i isključiva, tako ne bismo željeli reći da je i CT snimanje isključiva metoda za analizu arheoloških predmeta, već smo sigurni da uz poznate konvencionalne i usvojene metode analize rendgenom CT snimanje kao dopuna otvara novi pristup obradi arheoloških nalaza.

Sigurni smo da ovim načinom analize dolazimo do novih praktičnih saznanja o materijalu.

Kako je ova vrsta analize novina u arheološkoj obradi predmeta, te kako se nismo mogli koristiti već postojećim saznanjima, mišljenja smo da bi trebalo ovu metodu i dalje razvijati i unaprjeđivati.

TRI NAČINA KONZERVACIJE METALNIH PREDMETA IZVAĐENIH IZ RIJEKE CETINE KOD TRILJA

Metalni predmeti koji su izvađeni iz rijeke Cetine kod Trilja 1990. godine prilikom hidro-arheološkog rekognosciranja, ponuđeni su mi na uvid od strane ravnatelja Muzeja Cetinske krajine, gospodina Ante Miloševića, s ciljem da

dadem stručno mišljenje o sačuvanosti samih predmeta te da predložim način i metode njihova konzerviranja. Od obilja raznovrsnog materijala (željezo, bronca, drvo i keramika) na prvi pogled željeza je bilo najviše i bilo je u najkritičnijem stanju. Zbog neprimjerenog pakiranja i odlaganja nakon vađenja iz Cetine, na površini pojedinih predmeta počele su se pojavljivati krahure, a poneki su se čak počeli i raspadati. Predmeti su u papirnatim, a zatim u najlonskim vrećicama bili odlagani u aluminijske kutije. To je dovelo do oštećenja metala, a pogotovu drvenih artefakata koji su se uslijed gubljenja vlage osušili i smanjili, a neki čak i raspali. Da bi se ubuduće izbjegla ili ublažila ovakva oštećenja naveo bih dvije od metoda pohrane metalnih predmeta izvađenih iz vode ili mora prije same konzervacije.

Pohrana obuhvaća razdoblje od trenutka kada se okolina željeznog predmeta prvi put narušila pa sve do početka laboratorijske stabilizacije.

Mokra pohrana

Željezni predmeti mogu se sigurno pohraniti u 2% otopini NaOH u vodi. Preporučuje se upotreba slatke vode, ali ako to nije moguće može se upotrijebiti i morska voda za razdoblje od barem 6 mjeseci. Ako je konkretno potpuno netaknut, predmeti se mogu sigurno pohraniti u slatkoj ili slanoj vodi i bez NaOH do najmanje 6 mjeseci. Za dugotrajnu pohranu preko 6 mjeseci treba koristiti spomenutu 2% otopinu u slatkoj vodi.

Suha pohrana

Samo za male predmete moguća je pohrana dehidriranjem. U ovom slučaju konkretno se mora ukloniti, a predmet se stavlja u dobro zatvorenu staklenu posudu (exikator) s indicirajućim silika-gelom. Moraju se koristiti velike količine silika-gela da bi se postiglo brzo početno sušenje, kako bi se izbjegla oštećenja za vrijeme sušenja.

Za vrijeme iskapanja, rukovanje i pohrana željeznih predmeta izvađenih iz vode, posebno ljevanog željeza, jako je važno da se ne dozvoli sušenje predmeta na zraku, u atmosferi. Ovo relativno sporo sušenje, čak i za nekoliko sati, stvara otopinu soli u porama grafitne zone. Rezultirajuća kombinacija obilnog atmosferskog kisika, fino podijeljenog grafita i metalnog željeza kao i slana voda, idealni su za brzu koroziju.

Za vrijeme transporta od nalazišta do konzervatorske radionice moraju se naravno održavati prikladni uvjeti pohrane predmeta. Zbog teškoća kod transporta velikih predmeta u vodenoj otopini NaOH, zadovoljavajuća alternativa je pakiranje predmeta u mokru piljevinu ili pokrivanje mokrim platnom, a zatim omatanje u plastiku da bi se održala vlaga, a isključilo pritjecanje kisika.

Materijal koji sam uzeo za konzervaciju bilo je uglavnom željezno oruđe i oružje (sjekire, noževi, kose, srpovi), ukupno 50 predmeta. Prije bilo kakvog zahvata, predmete je trebalo dokumentirati, fotografirati, nacrtati, a neke i rendgenski snimiti. Dobiveni podaci nakon kvantitativne i kvalitativne analize, upućivali su na tri metode konzervacije: redukcijsku, elektrolitsku i abrazivnu.

Sam tretman diktirala je količina željezne jezgre, raznolikosti materijala za dekoraciju predmeta (koža, drvo, bakar) ili pak debljina oksidne kore i konkremenata na površini predmeta.

Redukcija željeza ili zagrijavanje do usijanja

Kad sav ili skoro sav metal nekada željeznog predmeta korodira, a predmet ipak ostane prepoznatljiv primjenjuje se metoda zagrijavanja do usijanja. Ovu metodu razvio je prvi G. A. Rosenberg pa je zovemo i Rosenbergovom metodom. Princip je ove metode da se predmet zažari na 750° C pri čemu dolazi do nejednakog širenja željezne srži predmeta i željeznih oksida. Željezni oksidi imaju manji koeficijent rastezljivosti nego metalna srž, pa prilikom hlađenja željezne srži nastaju kore koje na taj način mogu biti dobrim dijelom uklonjene. Za vrijeme zagrijavanja dolazi do oslobađanja vode vezane u korozivnim produktima, a oni se pretvaraju u željezne okside. Kloridi i sulfidi se raspadaju i djelomično oslobađaju.

Ovu metodu zagrijavanja do usijanja primjenio sam samo na jednom predmetu. Bojnoj sjekiri iz rimskog razdoblja (sl. 1), na kojoj je bio debeli sloj konkrementa, te korodiranog komada metala koji se nalazio na sječivu, CT snimak je pokazao oksidacijski sloj koji je u cijelosti zahvatio sječivo, te znatno oštetio zadnji dio sjekire. Metal, za sada nedefiniran, koji je bio na sječivu, imao je debelu jezgru i bio u dobrom stanju. Primjese drugih metala ili dekoracije nisam uočio već samo ostatke drvenog nasadnika.

Sam postupak rada tekao je na sljedeći način:

Mehaničkim čišćenjem pomoću metalne četke s predmeta sam, koliko mi je uspjelo, skinuo naslage zemlje i oksida metala. Pocičanom žicom \varnothing 2 mm napravio sam okvir koji je pratio oblik sjekire. Zatim sam predmet omotao azbestnom pređicom, a nakon toga s tanjom pocičanom žicom \varnothing 1 mm. Važno je da pređica i žice čvrsto prijanjaju uz predmet i tako ga štite od mogućeg raspadanja za vrijeme naglih promjena temperatura (crtež 1). Pripremljeni predmet stavio sam u metalnu kutiju (ambalaža za boje) napunjenu drvenim ugljenom, te je zatvorio poklopcem s rupom za oslobađanje plina¹.

¹ Ova metoda je modificirana Rozenbergova metoda, a upotrijebio ju je prof. Božidar Vilhar u konzervatorskoj radionici u Zadru. On je upotrijebio drveni ugljen kako bi se eliminirao kisik i svi štetni elementi. Donekle je zamijenio redukcijski aparat s

Željeznu sjekiru stavio sam u keramičku peć gdje se zagrijava do temperature od 800° C za što je bilo potrebno nekoliko sati, da bi je zatim spustio na 750° C i na toj temperaturi ostavio 1 sat, a zatim tako užarenu direktno iz peći uronio u otopinu natrij klorida u omjeru 1: 3 u tekućoj vodi zagrižanoj do vrenja, te je ostavio 4 sata. Potom sam sjekiru izvadio iz metalne kutije i uronio je u destiliranu vodu gdje je ležala 12 sati. Nakon toga sam je iskuhavao u destiliranoj vodi 24 sata. Takvim se intezivnim ispiranjem iz predmeta odstranjuju kloridi. Dok je sjekira još bila vlažna uronio sam je u parafin zagrižan na 125° C i ostavio je dok nisu nestale vodene pare i oslobodili se svi mjehurići, što je znak da je parafin ušao u sve pore. Pri kraju tretmana smanjio sam temperaturu parafina na 80° C tako da ga što više ostane na površini predmeta (sl. 2). Kad se sjekira ohladila, otklonio sam pocinčanu žicu, azbestnu predicu i parafin, zajedno s ostalim produktima korozije.

Koristeći rendgenski snimak, nožićem i upotrebom lemila očistio sam površinu sjekire imitirajući donekle originalni oblik. Ovim postupkom završena je konzervatorska obrada rimske sjekire (sl. 3).

Abrazivna metoda (pjeskarenje)

Recipijente koji su bili prekriveni konkrementima (debljine 0,5 do 5 i više centimetara), a rendgenski snimci su pokazivali da ne sadrže nikakve primjese drugih metala ni materijala, te da im je željezna jezgra dosta dobro sačuvana, obradio sam abrazivnom metodom. Osim toga metalni predmeti (bojne sjekire) bili su kovani i kaljeni što se lako očituje u snimcima, po tome što je kristal željeza tanji, a rubovi su poprimili paralelno istegnute brazde. Konkrementi su bili kompaktni i dosta tvrdi, te su dobro prijanjali za samu površinu metala. Prije bilo kakvog zahvata izvršio sam analizu klorida upotrebljavajući srebreni nitrat², te ustanovio da su količine neznatne, najvjerojatnije stoga što su predmeti ležali u slatkoj vodi. Svi ovi pokazatelji bili su dovoljni da se odlučim za abrazivnu metodu konzervacije pomoću

hidrogenom čija je prednost brža obrada predmeta te što nakon zagrijavanja predmet nije potrebno ispirati. Prednost ove metode nad Rozenbegovom je ta što se na predmetu pojavljuje crna, a ne crvena boja koja je ugodnija za oko, a nakon konačne obrade predmet dobije metalni sjaj. Manjkavost je pojava bijelih mrlja na predmetu prouzročenih natrij kloridom. Kako parafin nije rješenje za učvršćivanje predmeta, trebalo bi ga zamijeniti s nekom od plastičnih masa.

² Kod analize predmeta na prisutnost klorida služio sam se srebrnim nitratom. Željezni predmet sam potopio u destiliranu vodu par dana i u uzorak te vode dodao nekoliko kapi razblažene dušične kiseline, a potom srebrni nitrat. Tekućina nije poprimala bjeličastu boju, što je bio znak da predmet ne sadrži kloride.

kvarenog pijeska i staklene prašine. Proces se odvijao u posebnoj komori za suho pjeskarenje (sl. 4, 4a, 4b)³.

Postupak čišćenja je vrlo jednostavan. U komori za pjeskarenje predmet se pridrži rukom (potrebno je koristiti gumene rukavice zbog zaštite). Drugom rukom se kontrolira mlaznica iz koje izlazi pijesak pod tlakom. Jačina pritiska pijeska i zraka kontrolira se regulatorom. Fine čestice pijeska velikom brzinom udaraju u površinu predmeta, i uvlačeći se u najmanje pore i kanale skidaju konkremete. Pritisak pijeska i zraka potrebno je smanjivati kad se dođe blizu izvorne površine. Sam izbor i granulacija pijeska ovisi o korodiranosti samog predmeta, a u ovom slučaju upotrebljavao sam kvareni pijesak i stakleni prah. Širina sapnice je varirala od 0,8 do 0,2 mm. Tlak zraka bio je od 4 do 8 atmosfera, a tlak pijeska od 1 do 4 atmosfere. Udaljenost predmeta od sapnice iznosila je minimalno 10 cm, a kut sapnice u odnosu na predmet bio je 45°.

Prilikom čišćenja na pojedinim predmetima pojavili su se ispod konkrementa ostaci drvenih nasadnika (sl. 5 i 5a), koje sam očistio na isti način. Neki su se nasadnici prilikom čišćenja odvojili od metala. Postupak same zaštite tekao je isto kao kod redukcije željeza, potapanjem u zagrijani parafin, dok sam drvene dijelove premazivao ili potapao u 10% paraloid 72 B razrijeđen u acetonu. Djelomične rekonstrukcije drva i metala te ljepljenja izvršio sam epoksidnim kitom. Ovom tehnikom obradio sam veći broj predmeta, i to u relativno kratkom vremenu.

Tehnikom pjeskarenja mogu se obrađivati predmeti od različitih materijala, od najtvrdih do najmekših, bilo da je to željezo, kamen, koža ili papir. Finim regulacijama tlaka zraka i količinom, odnosno finoćom pijeska mogu se očistiti i najosjetljiviji predmeti. Prednost je ove metode nad ostalima što se tako izbjegava upotreba kiselina ili lužina, a u relativno kratkom vremenu može se očistiti velik broj predmeta (sl. 6, 6a, 7, 7a).

Elektroliza

Prilikom čišćenja abrazivnom metodom na dvije sjekire primjetio sam ukras izrađen tehnikom ukucavanja. Na rendgenskim snimcima nisam ih uočio. Ti ukrasi bili su locirani na bridovima, te po sredini bojnih sjekira. Te predmete odlučio sam čistiti elektrolizom kako bih mogao bolje kontrolirati skidanje

³ "JOKE" je firma koja proizvodi komore za suho pjeskarenje. Komora se sastoji od sapnice za zrak i pijesak, ventilatora za zrak, te predfiltera i glavnog filtera za pijesak. Na komori su regulatori pritiska, zraka i dozimetra pijeska. Sastavni joj je dio kompresor za zrak s minimalnim kapacitetom lonca od 500 l, te snage od 10 bara.

tankih korodivnih slojeva. Kombinacijom ovih dviju metoda (pjeskarenje i elektroliza) ubrzao sam proces skidanja debljih naslaga konkremenata, a sačuvao predmete koji su na sebi imali ukrase. Glavni je efekat elektrolize redukcija u magnetit spojeva sa željezom kao što su FeO(OH) , Fe_2O_3 i FeOCl , koji tvore glavni sastojak željeznih korozivnih produkata. Elektroliza se najbolje primjenjuje na kovanim željeznim predmetima koji imaju čvrstu metalnu jezgru. Ova tehnika se, također, može primjenjivati i kod lijevanih željeznih predmeta, pod uvjetom da ostaje čvrsta metalna jezgra.

U staklenoj kadi napravio sam elektrolit od 2% vodene otopine NaOH. Četkanjem čeličnom četkom s predmeta sam uklonio produkt metalne korozije da bih dobio što bolji električni kontakt s metalnom jezgrom. Spojio sam katodu na takvu površinu, a kao anodu koristio sam čeličnu ploču. Elektrode sam priključio na izvor istosmjerne struje napona 4 V što uzrokuje jaku evoluciju vodika. Taj napon sam koristio za kovano željezo, dok sam kod lijevanog željeza primijenio napon od 2 V za početnih 48 sati, a zatim sam ga povećavao dok ne bi započela evolucija H_2 (trenutni protok pokazivao je brzi porast pri ovom naponu koji je uglavnom od 2,3 do 2,5 V). Brzu evoluciju vodika kod lijevanog željeza sam izbjegavao, jer bi mogla prouzročiti ljuštenje grafitne zone. Elektroliza slabi vezu između konkrementa i predmeta, te sam stalnim četkanjem čeličnim četkama ubrzao čišćenje. Nakon što sam s predmeta uklonio korodivni sloj slijedilo je iskuhavanje u destiliranoj vodi, u trajanju od 1 tjedna, radi uklanjanja samog elektrolita. Predmete sam nakon sušenja zaštitio parafinom pomiješanim s grafitnom prašinom (sl. 8).

ZAKLJUČAK

Ovim prilogom nastojao sam opisati neke od najsuvremenijih metoda konzervacije metala koje se upotrebljavaju u poznatim konzervatorskim radionicama u Europi kao što su konzervatorska radionica Nacionalnog muzeja u Zürichu, Centralnog muzeja u Mainzu te Britanskog muzeja u Londonu. Neke metode su prilagođene i pojednostavljene zbog nedostataka sredstava i opreme, što nije utjecalo na krajni rezultat rada. Koristeći se opremom radionica za konzervaciju Arheološkog muzeja u Splitu, Muzeja hrvatskih arheoloških spomenika, te Državne uprave za zaštitu kulturne i prirodne baštine u Splitu, donekle sam uspio vremenski anulirati prednosti navedenih radionica. Uspješnost obavljenog posla pokazat će vrijeme, ali i uvjeti i način čuvanja, odnosno izlaganja, pridonose sprječavanju propadanja željeznih artefakata. Stoga je potrebno vršiti redovite provjere, jer je uslijed pojave bilo kakvih promjena na predmetu neophodno ponovo ga obraditi.

Također bih želio ukazati na važnost novog načina rendgenskog snimanja materijala, koristeći se CT-om. Daljnjim radom na tom projektu napravili bi

se programi za dobivanje većeg broja podataka o samom predmetu. Također planiramo izradu programa za druge arheološke materijale kao što su keramika, tekstil, kost, drvo itd.⁴

LITERATURA:

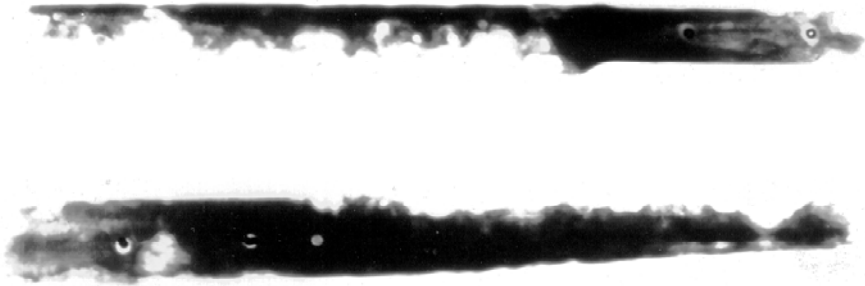
- FEBECH E. W. & TRIER J., Notes on the Conservation of Iron, Especially on the Heating to Redness and the Lithium Hydroxide Methods, ICOM Committee for Conservation, Zagreb 1978.
- NORTH N. A. & PEARSON C., Methods for Treating Marine Iron, ICOM Committee for Conservation, Zagreb 1978.
- PLENDERLEITH H. J. & WERNER A. E. A., The Conservation of Antiquities and Works of Art", London 1979.
- VILHAR B., Réduction thermique des objets confectionnés en fer entièrement corrodés ou presque, Comité pour la conservation de l' ICOM, Zagreb 1978.

METHODS OF CT ANALYSIS AND CONSERVATION OF METAL ARCHAEOLOGICAL OBJECTS

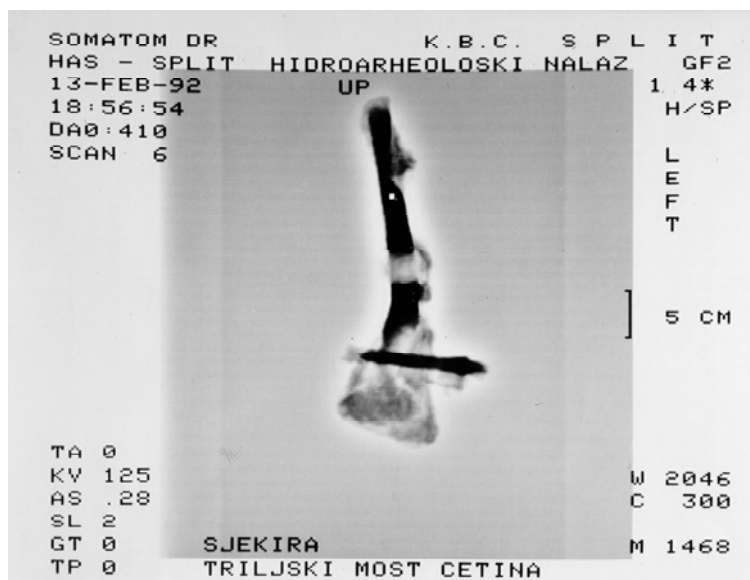
(S u m m a r y)

In the first part of the paper a description of using CT for a more complete quantitative and qualitative analysis of metal objects is given. In the second part a description of conservation of metal objects found in the river Cetina by using reduction, abrasion and electrolysis is presented.

⁴ Ovim člankom htio bih se zahvaliti prof. dr. Srđanu Boschiju, voditelju Zavoda za radiologiju K.B.C. "Firule" u Splitu, te inženjeru medicinske radiologije gospodinu Frani Mihanoviću, koji je radio na programu za ovu vrstu snimanja. Također se zahvaljujem kolegi višem konzervatoru-restauratoru Marku Rogošiću koji je radio na pripremi metalnih uzoraka za dobivanje tabelarnih vrijednosti, a također sudjelovao kao suradnik u ovom projektu.

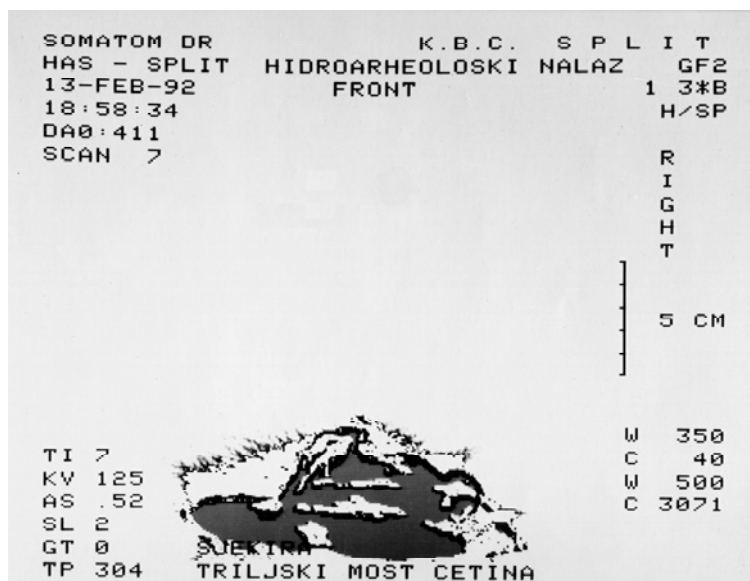


1. Snimak arheoloških predmeta načinjen rendgenom, na kojem se može uočiti zdrava metalna jezgra, metalni oksid te dijelovi drvene drške noža.
1. X-ray of the archaeological objects; a solid metal core, metal oxide and the parts of the wooden handle of the knife are visible.
- (foto: F. Mihanović, Z. Alajbeg).

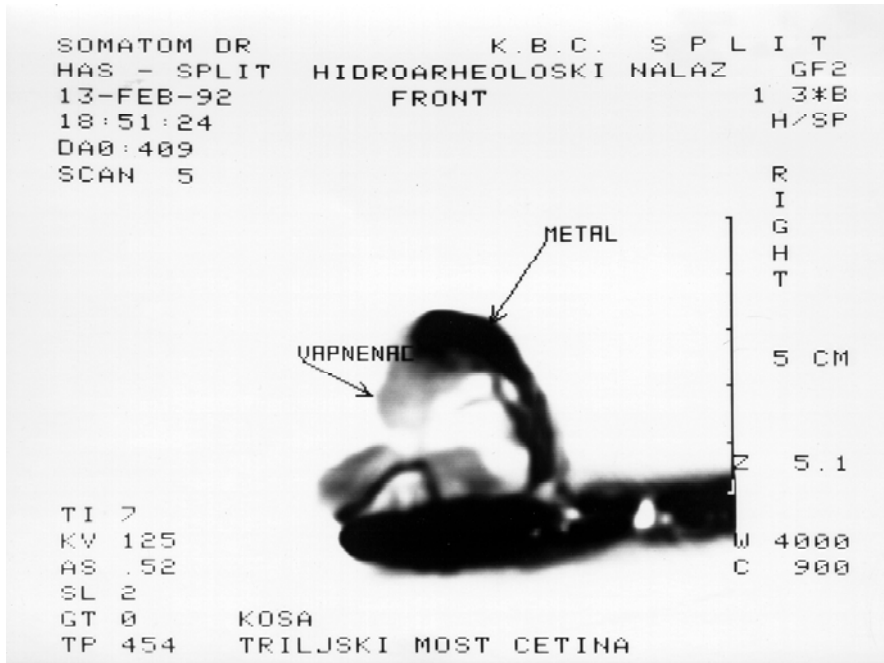


2. Panoramski snimak željezne sjekire načinjen na CT.

2. CT of the iron axe. (foto: F. Mihanović, Z. Alajbeg).



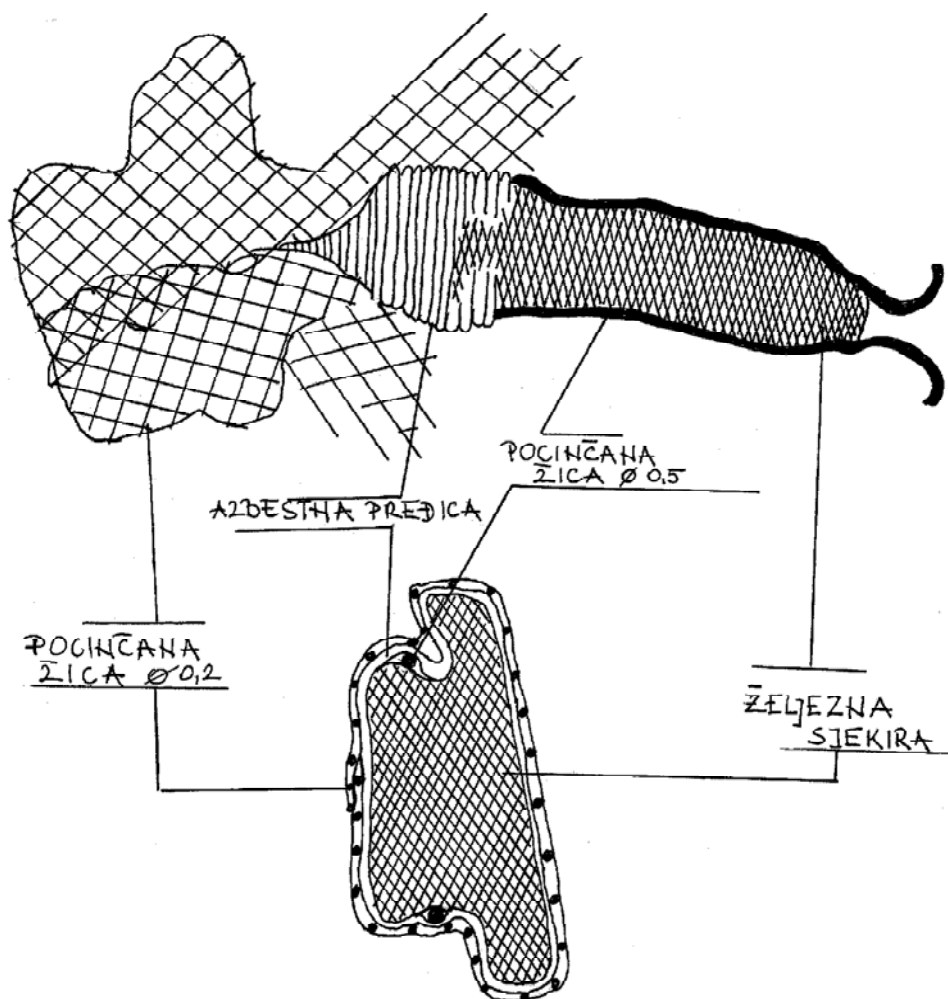
2a. Presjek sjekire označen na mjestu bijele točke. 2a. Crosssection of the axe marked on the white spot. (foto: F. Mihanović, Z. Alajbeg).



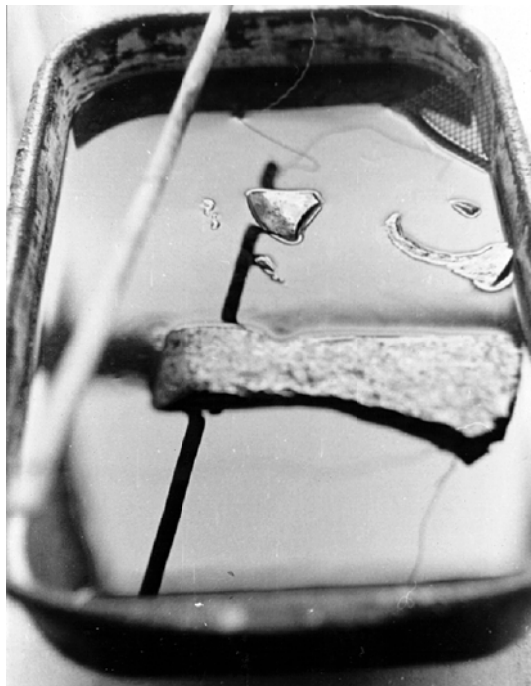
3. Presjek predmeta na kojem se uočava područje metala i konkrementa.
3. Crosssection of an object; the section of metal and calcite coating are visible.
(foto: F. Mihanović, Z. Alajbeg).



4. Bojna sjekira prije konzervacije. 4. The hatchet before the conservation.
(foto: Z. Sunko).



5. Presjek bojne sjekire umotane u azbestnu predicu i pocinčanu žicu .
5. The crosssection of the hatchet wrapped in asbestos sheet and zinc coated wire.
(crtež: I. Donelli).



6. Sjekira potopljena u vrući parafin. 6. The axe immersed in heated paraffin.
(foto: I. Donelli).



7. Sjekira nakon konzervacije. 7. The axe after the conservation.
(foto: Ž. Bačić).



8. Suha komora za pješkarjenje. 8. Dry chamber for the sand blasting.
(foto: T. Seser).



8a. Otvorena komora. 8a. Dry chamber for the sand blasting - opened.
(foto: T. Seser).



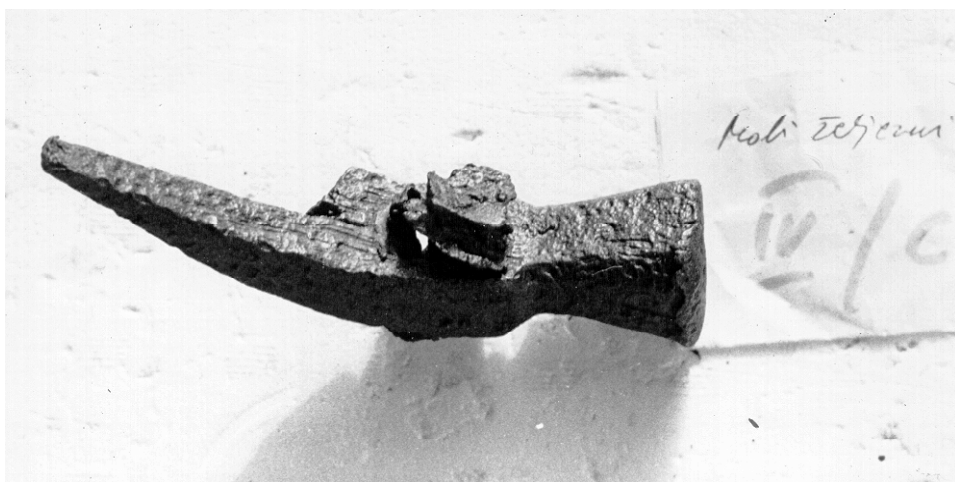
9. Predmet prije pjeskarenja. 9. An object before the sand blasting.
(foto: I. Donelli).



9a. Predmet nakon pjeskarenja s ostacima drvenog nasadnika.
9a. The object after the sand blasting with the remnants of the wooden handle.
(foto: I. Donelli).



10. Stolarski čekić prije konzervacije. 10. The hammer before the conservation.
(foto: I. Donelli).



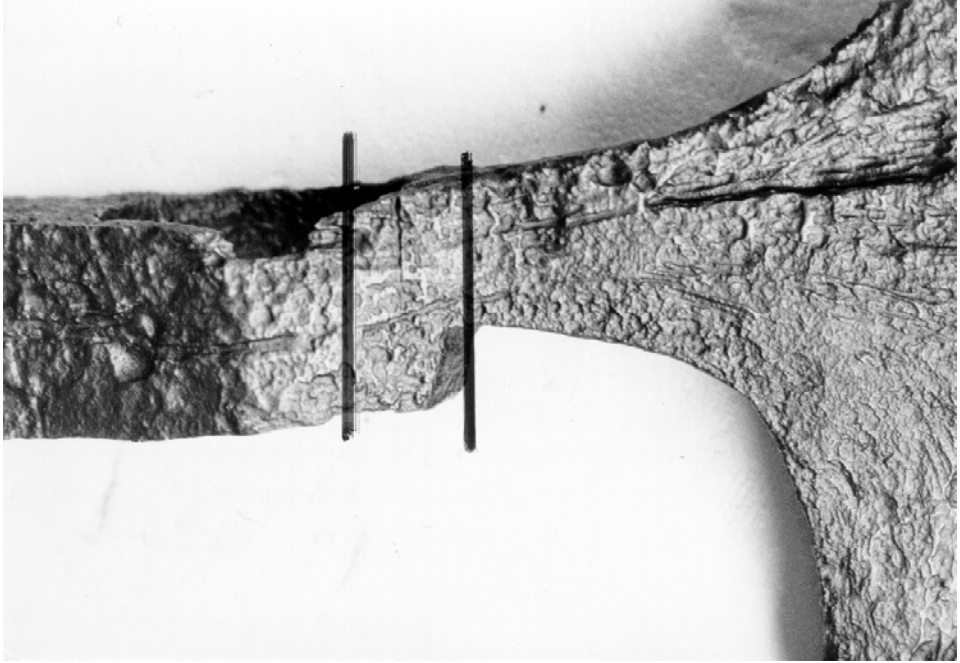
10a. Čekić poslije konzervacije. 10a. The hammer after the conservation.
(foto: I. Donelli).



11. Sjekira prije pjeskarenja. 11. The axe before the sand blasting.
(foto: I. Donelli).



11a. Sjekira nakon konzervacije. 11a. The axe after the sand blasting.
(foto: I. Donelli).



12. Ukas lociran po sredini bojne sjekire.
12. The ornament in the middle of the hatchet. (foto: I. Donelli).