

Povijesni artefakt kao pogodna podloga za naseljavanje morskih organizama

Miona Miliša, Filip Rogošić

Sveučilište u Splitu
Umjetnička akademija
Zagrebačka 3
HR 21 000 Split
mmilisa@umas.hr
fla@umas.hr

UDK 001.891.7:656.085.3(497.581.2Šibenik)
001.891.7:069.51:903(210.7Žirje)"2016/2020"
902.034:902.4]"03"(26.04Juro)(210.7Žirje)
Prethodno priopćenje / Preliminary paper
Primljeno / Received: 23.11.2022.
Prihvaćeno / Accepted: 06.12.2022.



Nacrtak

Promjenom izvorne namjene, odnosno prestankom upotrebe, te promjenom okoliša u kojem se nalaze, predmeti započinju svoj proces propadanja. Uvjeti propadanja ovise o čimbenicima okoliša. Tako nekad kuhinjsko posuđe ili uporabni predmeti, završivši na morskom dnu, postaju povoljna podloga ili stanište za naseljavanje mnogih pridnenih i sjedilačkih organizama. Pronalaskom predmeta te primjenom postupaka restauracije, konzervacije, dokumentiranja i pohranjivanja u muzejskim ustanovama povijesni artefakti postaju muzejska građa.

Ključne riječi: konzervacija, restauracija, podvodna arheološka baština, antička keramika, obraštajni organizmi, morske alge, desalinizacija

Keywords: conservation, restoration, underwater archaeological heritage, antique pottery, biofouling organisms, marine algae, desalination

Uvod

Na dnu Jadranskog mora kriju se mnogi ostaci povijesti. U prošlosti, kao i danas, istočna obala Jadrana je bila važan plovodbeni put. Mnogi brodovi iz svih povijesnih epoha stradali su na tom putu te se cijeli inventar brodova nalazi na morskom dnu. Neki su istraženi, prezentirani i interpretirani, a mnogi još uvijek leže skriveni, obrasli u slojeve raznih morskih organizama. U novim okolišnim uvjetima kao što su vodeni medij, salinitet, promjene temperature, te razni kemijski i biološki procesi dolazi do propadanja predmeta. Oštećivanje i propadanje predmeta ovisno je o vrstama materijala te okolišnim čimbenicima morskog okruženja. Mnogi predmeti uslijed pomorskih havarija (brodoloma) na čvrstom morskom dnu postaju pogodno stanište za naseljavanje nepokretnih ili sjedilačkih (sedentarnih) organizama. U slučaju da se radi o sedimentnim ili pomičnim dnima predmeti se ovisno o fizikalnim faktorima okoline (morske struje, sedimentacija) zatrpavaju, a time mogu biti i sačuvani od daljnjeg propadanja. Završivši u moru, izvorna upotreba predmeta prestaje. Osim što su promijenili okoliš, kroz niz godina na morskom dnu oni postaju pogodna podloga za naseljavanje organizama iz morskog medija. Kod pronalaska i povratka pronađenih predmeta iz morskog u kopneni okoliš potrebno je provesti niz postupaka s ciljem očuvanja predmeta od propadanja, odnosno adaptirati ih promjeni okoliša. Uz pomoć konzervatorsko-restauratorskog zahvata, tada započinje reverzibilni proces povratka u muzejski predmet. Keramički artefakti o kojima će biti riječ u daljnjem tekstu potječu s istraživanja brodoloma u šibenskom arhipelagu.¹ Konzervacija izronjene keramike započela je u rujnu 2018. god. u sklopu procesa obrazovanja na Odsjeku za konzervaciju-restauraciju Umjetničke akademije u Splitu.² Restaurirane keramičke predmete planirano je prezentirati na izložbi s materijalima s podvodnih istraživanja lokaliteta helenističkog brodoloma u uvali Juro na otoku Žirju.³ Svaki artefakt koji stigne u radionicu za konzervaciju-restauraciju metala i arheološke baštine koristi se i za edukaciju.⁴ Konačni cilj je naučiti studente samostalno izvoditi konzervatorske i restauratorske radove na predmetima arheološke baštine. Zahvaljujući interdisciplinarnoj suradnji s kolegama s Odsjeka za arheologiju Sveučilišta u Zadru,⁵ započeli smo konzervaciju helenističkog keramičkog posuđa s navedenog podvodnog lokaliteta. Suradnja dviju institucija je uistinu logičan slijed događaja.⁶ Očuvanju arheoloških nalaza i konzervatorskim radovima pristupa se provjerenim znanstvenim metodama na način da se uvijek prate novine u primjeni materijala i tehnologija, kao i alata za analizu i dokumentiranje.⁷

Zatečeno stanje grčkih keramičkih artefakata s lokaliteta Žirje, uvala Juro

Od 2016. do 2020. godine provedena su arheološka istraživanja lokaliteta prilikom kojih je pronađeno i izronjeno preko stotinjak što cjelovitih, što fragmentiranih keramičkih predmeta, uglavnom kuhinjskog posuđa i amfora. Datirani su u 4. stoljeće pr. Kr.⁸ Kroz povijest je niz događaja utjecao na stanje lokaliteta. Cijeli predmet svojom površinom je izložen faktorima okoliša. (Slika 1) Keramičko posuđe s lokaliteta Žirje, uvala Juro, je 2000 godina ostalo na morskom dnu, konkretno na grebeni (što se jasno vidi na 3D modelima lokaliteta).⁹ Grebenasto dno i uvjeti okoliša, putanje morskih struja, morska flora i fauna na svim keramičkim artefaktima ostavili su posljedicu u vidu da su svi predmeti izgubili minimalno nekoliko milimetara izvorne površine tako i forme. (Slike 2 i 3) Jedan od procesa koji se događa dugogodišnjim boravkom u moru jest nastajanje raznih kalcificiranih (vapnenih) tvorbi kao posljedica naseljavanja organizama kao što su žarnjaci, školjkaši, puževi, neke vrste

- 1 Keramički predmeti su pronađeni 2016. godine tijekom istraživanja brodoloma u uvali Juro u blizini otočića Žirje. Podvodna arheološka istraživanja lokaliteta rađena su u sklopu projekta „AdriaS“ (Archaeology of Adriatic Shipbuilding and Seafaring), uz potporu Hrvatske zaklade za znanost. Voditeljica projekta je dr. sc. Irena Radić Rossi, doc. s Odsjela za arheologiju Sveučilišta u Zadru. <http://www.adriaproject.org/en/project/>
- 2 <https://www.umas.unist.hr/odjeli/likovna-umjetnost/konzervacija-restauracija/>
- 3 Profesionalni ronjaci i entuzijasti za podvodnu arheologiju su zaslužni za pronalazak ovog izvanrednog lokaliteta, koji čini njasjeverniji brodolom iz 4. st. pr. Kr. pronađen u Jadranskom moru. Istraživanja lokaliteta provodila su se svake godine do 2020. godine u sklopu projekta „AdriaS“, vidi bilj. 1. Nakon svake završene etape podvodnih arheoloških istraživanja lokaliteta, pronađeni arheološki artefakti (uglavnom amfore i kuhinjsko posuđe) zaprimani su na Specijalizaciju za konzervaciju-restauraciju metala i arheološke baštine u Splitu.
- 4 Radionica djeluje pri Odsjeku za konzervaciju restauraciju UMAS-a.
- 5 Ovim putem zahvaljujemo Katarini Batur i Ireni Radić Rossi koje pratimo u njihovim projektima podvodnih arheoloških istraživanja konzervirajući izronjene nalaze.
- 6 UMAS i UNIZD. Odjel za arheologiju Sveučilišta u Zadru provodi arheološka istraživanja s ciljem realizacije praktične nastave. Posljedica svakog arheološkog istraživanja jest pronađen arheološki materijal. Da bi se praktična nastava u području restauracije (na Specijalizaciji za konzervaciju restauraciju metala i arheološke baštine) mogla realizirati, potrebno je osigurati artefakte kojima je potreban konzervatorsko-restauratorski tretman. Naglasak je na prezentaciji restauriranih artefakata te znanstveno-istraživačkom, jednako kao i stručnom postupku u radu jer jedno bez drugog daje manjkave rezultate.
- 7 Maja GRISONIC, Irena RADIĆ ROSSI: Two lāsana from the 4th century BC shipwreck at the island of Žirje, Croatia, *Skyllis*, 16 (2017) 2, 132–135.
- 8 M. GRISONIC, I. RADIĆ ROSSI: Two lāsana from the 4th century BC shipwreck at the island of Žirje, Croatia, 133.
- 9 <https://sketchfab.com/AdriaSproject/ZirjeShipwreck> (2017 Field Season)

koralja, mnogočetinaši, rakovi vitičari, mahovnjaci i drugi.¹⁰ Također, i ostali morski organizmi grade svoja staništa na artefaktima: spužve, morske trave i alge ne ostavljaju kalcificirane tragove, već svojim pričvrsnim dijelom za podlogu oštećuju površinu predmeta.



Slika 1. Helenistički vrčevi (ŽJ-2016-145 i 148) pronađeni 2016. god. tijekom istraživanja brodoloma u uvali Juro blizu otoka Žirja. Na predmetima se prije restauracije uočavaju organizmi vapneni tokovi mnogočetinaša i mrljasti tragovi drugih obraštajnih organizama (litofitske alge, spužve, mahovnjaci). Desni predmet je djelomično očišćen od površinskih naslaga. (Foto: M. Miliša 2019.)



Slika 2. Na površini keramičkog vrča ŽJ-2016-214 ističu se vapneni tokovi sedentarnih mnogočetinaša (*Protula* sp.), tanki slojevi epilitskih algi (*Algae indet.*, roda *Colpomenia*, *Raplphsia* i *Zanardinia*) te crni sloj koji potječe od prisutnosti cijanobakterije. (Foto: M. Miliša 2019.)



Slika 3. Neki od keramičkih predmeta s lokaliteta Žirje u tijeku konzervatorsko restauratorskih radova. Vidljiv je obraštaj vapnenih tokova mnogočetinaša i koraste mrlje različitih vrsta organizama na svim predmetima. (Foto: M. Miliša 2019.)

10 Siniša BIZJAK, Miona MILIŠA: Destruktivno djelovanje morske vode na kamene artefakte na primjeru iz konzervacije i restauracije mramorne antičke skulpture iz Vranjica, *Tusculum*, 3 (2010), 233–236.

Na helenističkoj keramici su evidentirana brojna strukturna oštećenja u obliku pukotina i lomova koji su uzrokovani aktivnošću organizama u obraštaju, te aktivnošću strujanja valova. Dugoročna izloženost keramike utjecaju biološkog rasilnja (mikroorganizama) negativno utječe na njenu strukturu. Bakterijske populacije i alge svojom metaboličkom aktivnošću proizvode polimere, koji kao sluzava i kompleksna masa imaju osnovnu ulogu u zaštiti mikroorganizama (od erozije itd.).¹¹ Povećavanje biomase na površini keramike potiče proizvodnju hranjivih tvari, što omogućuje kolonizaciju drugih organizama te se na taj način ubrzavaju procesi biološke razgradnje keramike. Međutim, za keramiku su ipak najštetnije neke vrste algi i razni školjkaši. Alge se uvlače u porni prostor keramike i po nekoliko milimetara. (Slike 4 i 5) Na taj način nestaje površina keramike, briše se oštrina predmeta te se otvara put drugim procesima degradacije poput devastacije školjkaša koji stijenku keramike buše i do nekoliko centimetara.



Slika 4. Tamni (crni) obraštaj koraste alge na predmetu ŽJ-2016-141. Na fotografiji je vidljivo kako alga sušenjem puca, a puknuti slojevi se ljušte s površinskim slojem keramike. Osim što ljuštenjem uzrokuje oštećenja keramike, sušenjem se steže te uzrokuje i pukotine u stjenkama keramičkog predmeta. (Foto: M. Miliša 2019.)



Slika 5. Tamni sloj koraste alge pod mikroskopom (povećanje 75 puta) (Foto: M. Miliša 2019.)

Detekcija vrsta organizama u biološkom obraštaju na keramici (i njihovo destruktivno djelovanje) / Restauracija susreće biologiju

Prvo treba razjasniti neka terminološka pitanja. Konzervator-restauratori obično koriste izraz „obraštaj“¹² za naslage organskog porijekla (najčešće na arheološkim predmetima pronađenima u rijekama ili morima). To je izraz za organizme koji naseljavaju otplavljene predmete i koristi se u stručnoj i znanstvenoj literaturi (*fouling*).¹³

Mnoge skupine organizama od vrlo jednostavnih jednostaničnih do složenih višestaničnih nastanjuju područja mora, a tako i područja arheoloških podvodnih nalazišta. Organizmi se nalaze u svom prirodnom staništu i s ciljem zadovoljavanja svojih životnih potreba naseljavaju čvrste podloge bilo prirodnog ili umjetnog porijekla.

11 Janey M. CRONYN: *The Elements of Archaeological Conservation*, London: Routledge, 1990, 31–32.

12 *Obraštaj*, eng. *biofouling*, Paul D. TAYLOR, Mark A. WILSON: A New Terminology for Marine Organisms Inhabiting Hard Substrates, *Palaeo*, 17 (2002) 5, 522–525.

13 Barbara DAVIDDE, Sandra RICCI, D. POGGI, M. BARTOLINI: Marine bioerosion of stone artefacts preserved in the museo archaeologico dei campi flegrei in the castle of Baia (Naples), *Archaeologia maritima Mediterranea*, 7 (2010), 75–115.

Kolege s Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Splitu omogućili su determinaciju vrsta obraštaja.¹⁴ Uz pomoć identifikacije različitih slojeva na keramičkim predmetima proširili smo saznanja o broju različitih vrsta organizama koje žive u obraštaju. Morski organizmi pronađeni na površini keramičkih predmeta (ŽJ-2016-145 i 142) identificirani su kao epibionti¹⁵ ili organizmi koji žive pričvršćeni za podlogu. Nazivi *epibiont* i *endobiont* odnose se na organizme koji napadaju površinu ili buše (živi ili neživi) organski supstrat.¹⁶ (Slike 6–10) Epibionti su svi organizmi koji žive na bilo kakvoj površini bilo organskoj ili anorganskoj. Prijevod s grčkog značio bi „život na površini“. Epibionti mogu biti i biljni (flora) i životinjski organizmi (fauna).



Slika 6. U obraštaju se vide iglice spužvi (spikule) i ostaci skupine *Hydrozoa* (vapnene zadruge). Makro fotografija za vrijeme uklanjanja slojeva s keramike (povećanje 50 puta). (Foto: S. Puljas 2019.)



Slika 7. Keramički vrč, ŽJ-2016-142, od obraštajnih organizama uočavaju se tamni korasti sloj algi, korasti mahovnjaci, tokovi mnogočeti-naša i sedentarni koralj *Caryophyllia sp.* Dio površine je očišćen te su vidljiva napuknuća u keramici. (Foto: S. Puljas 2019.)



Slika 8. Vrč signature ŽJ-2016-202. Pucanje keramike pri sušenju nakon provedenog procesa desalinizacije. U obraštaju dominira kućica puža crvaša *Vermetus sp.*, vapneni tokovi. (Foto: F. Rogošić 2019.)



Slika 9. Vapneni tokovi organizama iz skupine sedentarnih mnogočeti-naša na keramici *Polychaeta* (vrste roda *Serpula*, *Protula*, *Pomatoceros*). U obraštaju se uočava kućica puža roda *Vermetus triquetrus* i crvenkasta korasta alga u slojevima. (Foto: M. Miliša 2019.)

14 Ovim putem zahvaljujemo kolegici dr. sc. Sanji Puljas, doc. s Odjela za biologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Splitu čije analize su uvelike pomogle kako bismo napravili preliminarna istraživanja površinskih naslaga na arheološkim nalazima.

15 Organizmi koji žive na površini drugih organizama ili supstrata zovu se epibionti. Epibionti koji se najčešće nalaze na keramičkim predmetima su: žarnjaci, mekušci, kolutičavci, mahovnjače i alge. Paul D. TAYLOR, Mark A. WILSON: A New Terminology for Marine Organisms Inhabiting Hard Substrates, 522–525.

16 Suprotno epibiontima, bazibionti su organizmi koji pružaju supstrat epibiontima i endobiontima. Martin WAHL: Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects, *Marine Ecology Progress Series*, 58 (1989), 175–189. Noviji način klasifikacije odnosa između organizma koji živi na čvrstom supstratu i samog supstrata predstavili su Taylor i Wilson: Paul D. TAYLOR, Mark A. WILSON: A New Terminology for Marine Organisms Inhabiting Hard Substrates, *Palaeis*, 17 (2002) 5, 522–525. S. PULJAS: *Izvišće o naslagama na keramici sa Žirja*, svibanj 2019.



Slika 10. U obraštaju s predmeta vide se organizmi iz skupine korastih mahovnjaka (povećanje 90 puta). (Foto: S. Puljas 2019.)

Uvidom u površinu predmeta evidentirano je desetak vrsta organizama. Identifikacija je provedena na temelju anatomije, morfoloških obilježja i stanične strukture uzorkovanih slojeva. Na temelju mikroskopskog pregleda utvrđeno je da prema učestalosti i ukupnoj rasprostranjenosti na keramičkim predmetima dominiraju sljedeće vrste (epifauna na keramici):¹⁷

Kao **epibionti** determinirani su sjedilački organizmi iz skupina:

- Spužvi (*Porifera*) – Kremenorožnjače (*Demospongiae*) (Slika 6) i (*Clionae*)
Pričvrstne pločice spužvi (pod mikroskopom izgledaju kao korijenje) također mehanički uništavaju površinu.
- Žarnjaka (*Cnidaria*) – Koralji (*Anthozoa*) (Slika 7)
Red: Scleractinia
- Mekušaca (*Mollusca*) – Puževi (*Gastropoda*); Crvaši (*Vermetidae*), vrsta *Vermetus triquetrus* (Slika 8 i 9); Školjkaši (*Bivalia*) vrste: (*Gastrochaena dubia*), prstac (*Litophaga litófaga*) i kamenica (*Ostrea Edulis*)
Školjkaši razaraju površine mehanički i kemijski s kiselinama koje same stvaraju i djeluju na strukturu keramičkog predmeta. Školjke, kako rastu, stvaraju sve veće rupe u materijalu. (Slika 15)
- Kolutičavaca (*Annelida*) – Mnogočetinaši (*Polychaeta*), Sjedilački mnogočetinaši (*Sedentaria*), Cjevaši (*Serpulidae*) (Slika 9)
- Mahovnjaka (*Bryozoa*)¹⁸ (Slike 10 i 11)

17 Nazivlje prema ERMS – The European Register of Marine Species, <http://www.marbef.org/data/erms.php>

18 S. PULJAS: *Izvišće o naslagama na keramici sa Žirja*, svibanj 2019.



Slika 11. Korasti mahovnjaci u obraštaju keramike. Fotografija mikroskopom (povećanje 60 puta) fragmenta predmeta ŽJ-2016-142. (Foto: M. Miliša 2019.)

Bentonski organizmi:¹⁹ Bakterije, gljivice i alge koje žive u moru također mogu utjecati na eroziju površine artefakta.²⁰ Bakterije, dijatomee (jednostanične alge) stvaraju film na koji se postepeno naseljavaju drugi organizmi (Slika 12). Te vrste ne mogu opstati pri suhim uvjetima nakon vađenja iz mora. Ne mogu opstati najvjerojatnije jer nemaju čvrstih vapnenih struktura nego su organske. Unatoč tome što ih ne nalazimo žive na površini, njihovo sušenje često uzrokuje ljuštenje keramike²¹ što je pogotovo karakteristično za smeđu algu. Alge imaju pričvrstne pločice koje mogu oštetiti površinu. Bakterije i gljivice stvaraju kolonije unutar artefakta, gdje ispuštaju tvari koje razaraju strukturu keramike.

Sve navedene organizme može se podijeliti u dvije skupine po načinu kako devastiraju artefakte: **Bušači** (litofagne vrste)²² tu spadaju bakterije, modrozelenne alge, spužve, školjkaši.²³ Bušači razaraju unutarnju strukturu artefakta, a hrane se algama i manjim organizmima iz morskog okoliša.

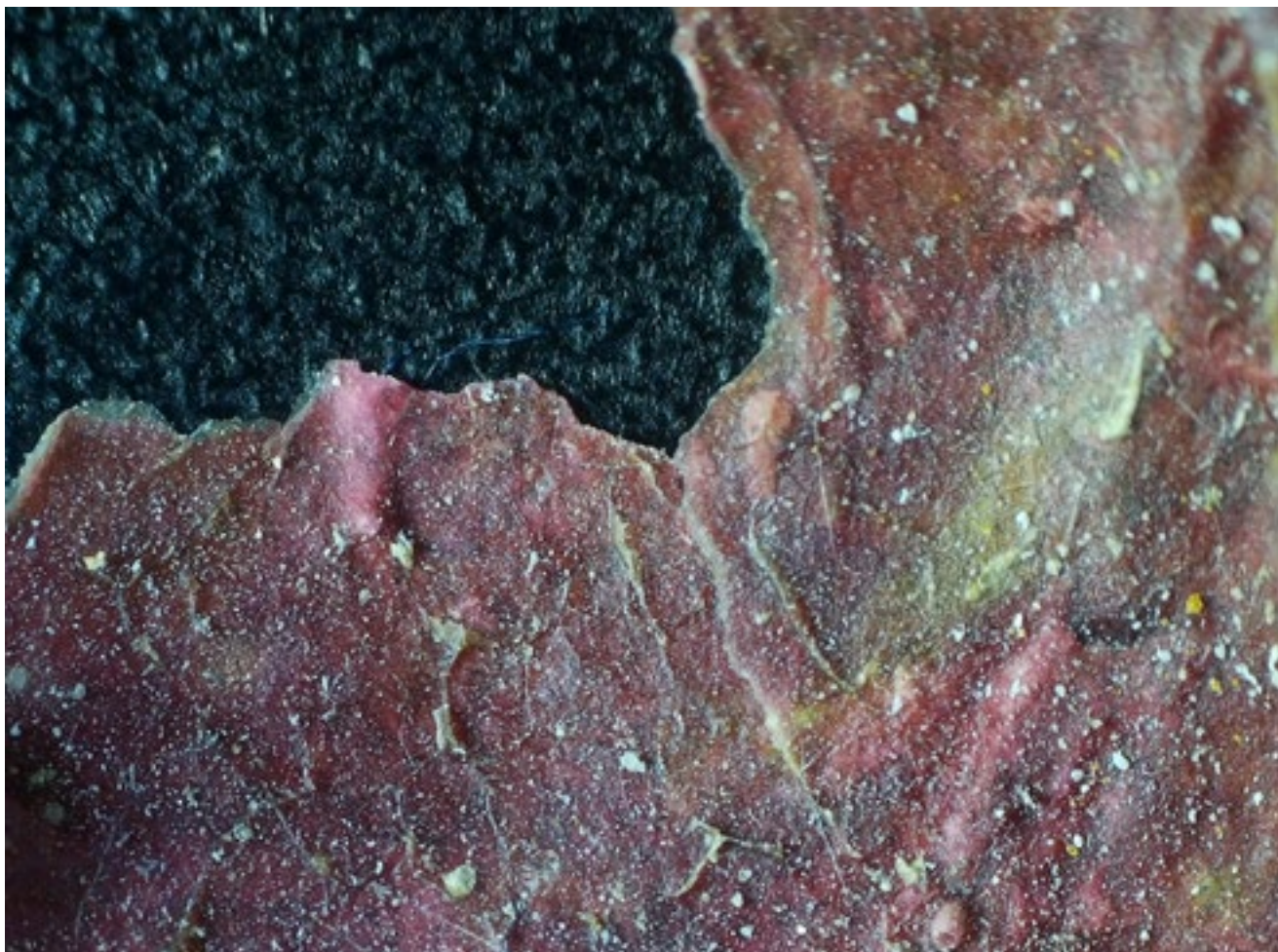
19 Eng. *bentonic organisms*

20 S. BIZJAK, M. MILIŠA: Destruktivno djelovanje morske vode na kamene artefakte na primjeru iz konzervacije i restauracije mramorne antičke skulpture iz Vranjica, 234.

21 J. M. CRONYN: *The Elements of Archaeological Conservation*, 122.; B. DAVIDDE, S. RICCI, D. POGGI, M. BARTOLINI: Marine bioerosion of stone artefacts preserved in the museo archaeologico dei campi flegrei in the castle of Baia (Naples), 29–31.

22 Eng. *boreholes (lithophagous species)*

23 G. M. CRISCI, M. F. LA RUSSA, M. MACCHIONE, M. MALAGODI, A. M. PALERMO, S. A., RUFFOLO: Study of Archaeological Underwater Finds: Deterioration and Conservation, *Applied Physics A*, 100 (2010) 3, 859–860.



Slika 12. Obraštaj crvene koraste alge pod mikroskopom (povećanje 60 puta). (Foto: M. Miliša 2019.)

Epibionti ili organizmi koji žive pričvršćeni za podlogu; razaraju svaki keramički arheološki artefakt (isto vrijedi i za kamene artefakte) mehanički, kemijski ili kombinirano. Kemijski razbijaju strukturu keramike ispuštajući različite tvari, najčešće kiseline koje razaraju kemijsku strukturu artefakta. Na ovaj način uglavnom uništavaju kamen i keramiku neke vrste školjkaša. Mehaničko razaranje uključuje i podrazumijeva razbijanje, lomljenje ili prijenos čestica materijala. Flora i fauna podvodnog svijeta imaju svoj kronološki redoslijed izgradnje staništa na artefaktima, a samim time i pokreću različite procese propadanja i destrukcije samog materijala. Sav biološki obraštaj na keramičkom materijalu je vjerojatno karbonatnog podrijetla, osim možda crne alge koja je organskog porijekla, a prekrivala je veći dio pojedinih posuda.²⁴ (Slike 4 i 5)

²⁴ Napravljena je FT-IR analiza uzorka. Analizu je napravio voditelj Laboratorija za prirodnoznanstvena istraživanja u konzervaciji-restauraciji na Umjetničkoj akademiji u Splitu, izv. prof. dr. sc. Ivica Ljubenkov, pročelnik Odjela za kemiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Splitu.

Konzervatorsko – restauratorski zahvati

Restauracija i zaštita, ključno pitanje jest što želimo napraviti ili pokazati s našim artefaktima? Što se sve može saznati u postupku konzervacije-restauracije predmeta? U kakvom je stanju njegova površina? Od čega i na koji način je napravljen? U kakvim uvjetima je proveo vrijeme dok nije pronađen? Konzervacija nekog predmeta, a tako i predmeta arheološke baštine, provodi se u svrhu zaustavljanja procesa propadanja. Arheološki artefakti i materijali od kojih su napravljeni propadaju cijelo vrijeme, no ne uvijek istim intenzitetom. Taj proces je započeo već prestankom upotrebe nekog konkretnog artefakta. Čak i upotrebom, ako su korišteni u svakodnevnom životu, materijali od kojih je predmet napravljen se troše, tj. propadaju. Prestankom upotrebe svi materijali potopljeni u moru ili zakopani u zemlji zapravo bivaju konzervirani u tim vlažnim uvjetima, te se njihovo propadanje usporava. Razlog je nedostatak kisika pa ne dolazi do oksidacije, što se inače događa kad je predmet izložen atmosferijama. Degradacija artefakta,

odnosno intenzivnije propadanje nastaje tek njihovim vađenjem na suho. (Slike 13 i 14) Tada se mijenjaju uvjeti u kojima je predmet boravio dugi niz godina. Samim sušenjem materijala od kojeg je napravljen artefakt prvo isparava voda, a zatim isparavanjem vode u materijalu ostaju topljive soli (ukoliko nije proveden postupak desalinizacije).²⁵

Postupci koji predhode restauraciji su izrada detaljne fotodokumentacije lokacije i arheoloških nalaza „*in situ*“. Pronađeni je materijal na lokalitetu najprije dokumentiran fotografijama te označen po slojevima u kojima je pronađen.²⁶ Potom je materijal, čim je izvađen iz mora, uronjen u vodovodnu vodu kako ne bi došlo do isušivanja. Za vrijeme dugogodišnjeg boravka u Jadranskom moru čiji je prosječni salinitet oko 3,8 ‰,²⁷ sav arheološki materijal bez obzira je li to kamen, keramika, metal, staklo itd. u sebe apsorbira supstance iz morske vode, a među njima i soli topive u vodi.

Vremenski period u kojem je predmet izložen nepovoljnim okolišnim uvjetima uzrokuje vidljive promjene na površini predmeta, ali i kemijske promjene u strukturi predmeta. Zub vremena očito je ostavio tragove na objektima, vidljive kako po izgledu, tako i u promjeni kemijskog sastava materijala, koji je u sebe apsorbirao supstance iz mora, a s njima i soli. Vrlo su važni i složeni kemijski procesi koji se odvijaju unutar keramičkog materijala.

Konzervacija se odnosi na postupak dokumentiranja, analize, čišćenja i stabilizacije predmeta. Glavni ciljevi čišćenja i stabilizacije su zaštita i prevencija štetnih reakcija između predmeta i njegove nove okoline. Restauracija se odnosi na popravak oštećenih predmeta i zamjenu dijelova koji nedostaju. Neki od predmeta mogu biti podvrgnuti i konzervaciji i restauraciji, ali u svim slučajevima prvi ima prednost nad drugim. Restauracija se nikada ne smije započeti bez konzervacije.²⁸ Restauracija podrazumijeva, u estetskom smislu, vraćanje izgleda predmeta što je bliže moguće izvornom. Kada govorimo o prvobitnom, originalnom izgledu nekog predmeta, izrada kopije predmeta može biti rješenje. Kopija može prikazati mogući originalni izgled predmeta



Slika 13. Obraštaj na keramičkoj kuhinjskoj posudi ŽJ-2016-001 netom izvađenoj iz mora. U obraštaju se uočavaju epibionti, tokovi sedentarnih organizama iz skupine mnogočetinaša i litofitskih algi. (Foto: K. Batur 2018.)



Slika 14. Keramička posuda ŽJ-2016-001 nakon sušenja, poslije procesa desalinizacije, za vrijeme mehaničkog uklanjanja obraštaja s površine. Vidljiva su napuknuća u stijenci. (Foto: F. Rogošić 2019.)

(govori se o predmetu koji ima oštećenja površinskog sloja i detalja). Također i 3D modeli daju zadovoljavajuće rezultate u prikazivanju mogućeg originalnog izgleda artefakta.

Zahtjevnost i dugotrajnost postupka desalinizacije podvodnih arheoloških nalaza

Većina ulomaka keramike koji su transportirani na Odjel za konzervaciju-restauraciju metala i arheološke baštine pri Odsjeku za konzervaciju-restauraciju Umjetničke akademije Sveučilišta u Splitu bili su u relativno dobrom stanju. Svi su fragmenti uronjeni u vodu iz slavine čim su izvađeni iz mora kako bi se spriječilo njihovo sušenje. Proces

25 J. M. CRONYN: The Elements of Archaeological Conservation, 18–28.

26 Napravljeni su i 3D snimci lokaliteta <https://sketchfab.com/3d-models/zirije-shipwreck-2017-field-season-87fea2f8501f4cb1bcf2de94b5100566>

27 Kemijski sastav Jadranskog mora nije isti na svim lokalitetima tablica. Hrvoje MALINAR: *Vlaga u povijesnim građevinama. Sistematika, dijagnostika, sanacija*, Zagreb: Ministarstvo kulture, Uprava za zaštitu kulturne baštine, 2003, 20–22.

28 Donny L. HAMILTON: *Basic Methods of Conserving Underwater Archaeological Material Culture*, Washington, DC: U.S. Dept. of Defense, Legacy Resource Management Program, 1996, 8.

desalinizacije vodovodnom vodom trajao je 9 – 12 mjeseci, a voda se redovito mijenjala svakih 15 dana.²⁹ Napravljene su kvalitativne kemijske analize za dokazivanje prisutnosti soli iz skupine klorida, nitrata i sulfata. Analize prisutnosti štetnih topljivih soli napravljene su pomoću brzih indikatorskih traka, trgovačkog naziva *Merckoquant*. Boja na indikatorskim trakama dokazala nam je prisutnost klorida, nitrata i sulfata. Analize pomoću indikatorskih traka nisu dovoljno precizne, ali su brze i jednostavne, te dovoljne da se prati smanjenje koncentracije otopljenih soli u vodi u bazenima s keramičkim predmetima.³⁰ Prisutnost klorida u vodi određivala se titracijom gdje se kao reagens koristio srebrni nitrat.³¹ Titracija je volumetrijski postupak gdje se količina analita (u ovom slučaju kloridnih iona) određuje iz utroška reagensa poznate koncentracije.

Nakon desalinizacije (ukoliko nije uklonjena tijekom postupka desalinizacije) najveće probleme na keramici zadavala je tamno smeđa alga³² koja se sušenjem stezala te tako destruktivno djelovala na predmete. Uzrokovala je pukotine, naposljetku i pucanje samih predmeta. (Slike 4, 5 i 7) Mikro pukotine u nekim artefaktima su očito postojale i prije procesa desalinizacije. Puknuće predmeta dogodit će se ako je kalcit, koji nastaje pod morem, prodro u mikro pukotine. (Slika 14)

Nakon više godina provođenja desalinizacije i čišćenja organskog i obraštaja vapnenog porijekla s različitih artefakata možemo temeljem iskustva preporučiti mehaničko uklanjanje biološkog obraštaja i kalcifikata s površine. Mehaničko čišćenje se obavljalo pomoću skalpela, raznih veličina i oblika, te četkanjem. Kod tvrdokornijih formacija koristila se kombinacija skalpela i stomatološke UZV igle. Rjeđe se koristilo čišćenje pomoću vodene pare, na površinama koje su bile manje kontaminirane naslagama. Čišćenje je imalo bolje rezultate kada se obavljalo dok su slojevi obraštaja bili mokri. Također je primijećeno da je uklanjanje topljivih soli iz keramike, a i sam postupak desalinizacije, brži i učinkovitiji ako se vrši paralelno s postupkom

čišćenja površine, prije sušenja artefakta. Stoga je materijal na lokalitetu, odmah pri promjeni okruženja, vađenju iz mora, mehanički očišćen mekanim četkama.

Zaključak

Obrađeni muzejski predmeti nosioci su informacija, dokumentiraju određeno povijesno razdoblje i doprinose njegovom razumijevanju. Konzervatorsko-restauratorska obrada helenističke keramike pronađene u podvodnim arheološkim istraživanjima na lokalitetu Žirje (uvala Juro, od 2016. do 2020. god.) provodila se s ciljem uklanjanja biološkog obraštaja, u svhu stabilizacije artefakata te njihove prezentacije. Istraživanja i probni konzervatorsko-restauratorski zahvati na helenističkoj keramici iznjedrili su brojne informacije. U radu je iznesen pregled samo početnih istraživanja i tretmana na temelju kojih je moguće dati smjernice za konzervatorsko-restauratorske radove na čitavoj skupini artefakata.

U istraživanju obraštajnih slojeva s površine keramike zamijećeno je više vrsta školjkaša, puževa cijevaša, spužvi, mahovnjaka i koralja, a uzorkovanjem podloge evidentiran je širok spektar bakterija (cijanobakterija), gljivica i algi.

Istraživanjima bioloških slojeva na keramičkim artefaktima tijekom 2019. godine nastojalo se proučiti vrste organizama, njihovo destruktivno djelovanje na materijal i usavršiti metodologiju konzervatorsko-restauratorskih radova uklanjanja obraštaja s površine keramičkih predmeta. U navedenom razdoblju osmišljen je sustavni pristup konzervaciji svih zaprimljenih artefakata s lokaliteta koji se temeljio na dosadašnjim iskustvima zaštite, a uključuje: postupak desalinizacije, tijekom kojega se provode mehanički zahvati čišćenja i uklanjanja slojeva obraštaja; laboratorijske instrumentalne analize (mikroskop, FTIR); konsolidaciju; popunjavanje oštećenja i ljepljenje fragmentiranih predmeta; rekonstrukciju predmeta ukoliko je moguća te smjernice za izlaganje i prezentaciju arheoloških artefakata nakon obavljenih konzervatorsko-restauratorskih zahvata.

Istražni i probni konzervatorsko-restauratorski radovi trebali su precizirati odgovore na nekoliko ključnih pitanja: Cilj istraživanja bila je determinacija mikroflore i faune na predmetima te ispitivanje učinkovitosti mehaničkog čišćenja. Odabir odgovarajuće metode čišćenja važan je zbog planiranja konzervatorsko-restauratorskog zahvata.

29 Chris WHITE, Marilen POOL, Norine CARROLL: Short Communication: A Revised Method to Calculate Desalination Rates and Improve Data Resolution, *Journal of the American Institute for Conservation*, 49 (2010) 1, 48–49.

30 H. MALINAR: *Vlaga u povijesnim građevinama. Sistematika, dijagnostika, sanacija*, 49.

31 Analize uzoraka vodene otopine radio je prof dr. sc. Ivica Ljubenković, pročelnik odjela za Kemiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Splitu u Analitičkom laboratoriju Odsjeka za konzervaciju-restauraciju Umjetničke akademije u Splitu.

32 FTIR – analize uzoraka i keramike i površinskih slojeva s keramike napravio je prof. I. Ljubenković u Analitičkom laboratoriju UMAS-a.



Slika 15. Isti predmet s dviju prethodnih fotografija nakon čišćenja površine keramike s vidljivim otiskom prstaca, *Lithophaga Lithophaga*. (Foto: T. Kaličanin 2019.)

Bibliografija

- BIZJAK, Siniša, MILIŠA, Miona: Destruktivno djelovanje morske vode na kamene artefakte na primjeru iz konzervacije i restauracije mramorne antičke skulpture iz Vranjica, *Tusculum*, 3 (2010), 231-245.
- CRISCI, G. M., LA RUSSA, M. F., MACCHIONE, M., MALAGODI, M., PALERMO, A. M., RUFFOLO, S. A.: Study of Archaeological Underwater Finds: Deterioration and Conservation, *Applied Physics A*, 100 (2010) 3, 856-863.
- CRONYN, Janey M.: *The Elements of Archaeological Conservation*, London: Routledge, 1990.
- DAVIDDE, Barbara, RICCI, Sandra, POGGI, D., BARTOLINI, M.: Marine bioerosion of stone artefacts preserved in the museo archaeologico dei campi flegrei in the castle of Baia (Naples), *Archaeologia maritima Mediterranea*, 7 (2010), 75-115.
- GRISONIC, Maja, RADIĆ ROSSI, Irena: Two lasana from the 4th century BC shipwreck at the island of Žirje, Croatia, *Skyllis*, 16 (2017) 2, 132-135.
- HAMILTON, Donny L.: *Basic Methods of Conserving Underwater Archaeological Material Culture*, Washington, DC: U.S. Dept. of Defense, Legacy Resource Management Program, 1996.
- MALINAR, Hrvoje: *Vlaga u povijesnim građevinam. sistematika, dijagnostika, sanacija*, Zagreb: Ministarstvo kulture, Uprava za zaštitu kulturne baštine, 2003.
- MATULIĆ, Branko: *Temeljni pojmovi konzervacije-restauracije zidnih slika i mozaika*, Split: Naklada Bošković, Umjetnička akademija Sveučilišta u Splitu, 2012.
- TAYLOR, Paul D., WILSON, Mark A.: A New Terminology for Marine Organisms Inhabiting Hard Substrates, *Palaos*, 17 (2002) 5, 522-525.
- UNRUH, Julie: A Revised Endpoint for Ceramics Desalination at the Archaeological Site of Gordion, Turkey, *Studies in Conservation*, 46 (2001) 2, 81-92.
- WAHL, Martin: Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects, *Marine Ecology Progress Series*, 58 (1989), 175-189.

WALKER, S. E., MILLER, W.: Organism-Substrate Relations: Toward a Logical Terminology, *Palaos*, 7 (1992) 2, 236-238.

WHITE, Chris, POOL, Marilen, CARROLL, Norine: Short Communication: A Revised Method to Calculate Desalination Rates and Improve Data Resolution, *Journal of the American Institute for Conservation*, 49 (2010) 1, 45-52.

Summary

Historic Artefacts as a Substrate Suitable for the Colonization of Marine Organisms

With the loss of objects' original purpose, i.e., with the termination of their use and change in environment, they begin to decay. The conditions of their decay depend on environmental factors. Sometimes, kitchenware or other utility objects that have ended up on the sea bottom become a substrate or habitat suitable for the colonization of different demersal and sedentary organisms. After their recovery, conservation-restoration treatment, documentation, and storage in a museum, such historic objects become museum material.