

Avtorica: Nataša Nemeček

Vsebina

1. Uvod
2. Kratka zgodovina antičnih novcev
3. Surovine za izdelavo novcev
4. Tehnologija in materiali za izdelavo rimskih novcev
5. Naravoslovne preiskave
6. Zaključek
7. Literatura

1. Uvod

Novci so izjemno pomemben zgodovinski vir, saj preko njih lahko proučujemo denarno in gospodarsko zgodovino, politično zgodovino, mitologijo, umetnost, jezik in pisavo ter zgodovino posameznih arheoloških najdišč. Poleg tega, da je novce kronološko najbolj zanesljiv arheološki predmet, je z ikonografskimi upodobitvami in napisi tudi učinkovito propagandno sredstvo.¹ Antični novci so predmet številnih arheometalurških študij, v katerih proučujejo razvoj tehnologije kovin in kovanja novcev.

2. Kratka zgodovina antičnih novcev

Prve novce so kovali sredi 7. stoletja pr. n. št. v mestu Sardis v maloazijski Lidiji (današnja Turčija). Izdelovali so jih iz elektruma (gr. *elektron* oz. jantar zaradi njegove blede rumenkaste barve), samorodne zlitine zlata in srebra iz sekundarnih rečnih naplavin (t. i. aluvialno zlato), ki je vsebovala tudi sledove bakra (do največ 3 %) in železa. Novci so bili ovalnih oblik in preprosto okrašeni, najpogosteje z levjo glavo.² Lidijski novci glede na analize v povprečju

vsebujejo 55 % Au, 44 % Ag in 1–2 % Cu – ta daje novcem bolj zlat videz.³ Glede na sestavo novcev in sestavo naravnega elektruma sama sestava novcev nakazuje na uporabo metalurških procesov, s katerimi so načrtno izdelovali zlitine.⁴ V času lidijskega kralja Kreza (vladal od 560 do 546 pr. n. št.) so sredi 6. stoletja pr. n. št. novce iz elektruma nadomestili bimetalni novci iz čistega zlata in čistega srebra. Krez je slovel po ogromnem bogastvu, zato je njegovo ime že tedaj postalo sinonim za velikega bogataša. Od tu tudi rek: »*Bogat kot Krez*.« Arheološka izkopavanja v Sardisu so odkrila številne sledove metalurške dejavnosti, ki pričajo, da so samorodne zlitine zlata in srebra verjetno rafinirali s postopkom solne cementacije, v katerem so iz njih izločili srebro in baker.⁵ Na ta način so pridobili »čisto« zlato oz. zlato, ki je vsebovalo manj kot 3 % Ag in manj kot 0,24 % Cu. Srebro so pridobivali s postopkom kupelacije, o čemer pričajo ostanki številnih litargitnih pogač. Omenjeni metalurški postopki so omogočili kovanje novcev iz čistega zlata ali srebra oz. so z njimi lahko uravnavali

1 Kos, 1997, str. 289.

2 Craddock, 2000, str. 116–118.

3 Meadows, 2020, str. 2, 3.

4 Cahill et al., 2020, str. 291–336.

5 Ramage in Craddock, 2000, str. 200–211.



Slika 1: Novce iz elektruma in lidijski novci iz zlata in srebra (Povzeto po: Kroll, J. H., *The Lydians and their World*, 2010. Dostopno na: <https://sardisexpedition.org/en/essays/latw-kroll-coins-of-sardis>)

vsebnost zlata in srebra v zlitinah za kovanje novcev.⁶ Izbira zlata in srebra za ta namen je logična, saj ju uvrščamo med plemenite kovine. Zlato je ena izmed kovin, ki se jih da mehansko preoblikovati in ne reagira z zrakom. Srebro je nagnjeno k oksidaciji, sicer manj kot neplemenite kovine, a je tudi zelo primerno za mehansko preoblikovanje.

Od leta 560 pr. n. št. so grške mestne države kovale polnovredne srebrne novce.⁷ Ob koncu 6. stoletja so v antični Grčiji delovale številne kovnice, kar je bilo posledica odkritja bogatih nahajališč srebrnosnih svinčevih rud na otoku Sifnos v Kikladih in v Lavrionu v SV Atiki, nedaleč od Aten. Srebro so pridobivali s postopkom kupelacije iz rud, ki so vsebovale srebro (srebrnosni svinčev sijajnik PbS – galenit ali PbCO₃ – ceruzit).⁸ Značilnost srebra,

pridobljenega na ta način, je izjemna kakovost, saj je vsebovalo 98 % Ag. Rudarjenje je zahtevalo sofisticirano organizacijo, inženirske in tehnične inovacije ter razumevanje geoloških značilnosti.⁹ Vplivalo je na monetizacijo ekonomije, atenske srebrne tetradrahme z upodobitvijo sove pa so postale najbolj razširjen novce klasične Grčije.

V stari Grčiji izdelava novcev ni bila sistematično urejena, so pa večino grških novcev kovali. V času Rimske republike so novce sprva ulivali (lat. *aes signatum*, *aes grave*), kasneje pa so jih kovali v uradni kovnici.¹⁰ Organizacija kovnic je bila precej kompleksna in je bila razdeljena na pet oddelkov: direkcija in uprava; talilnica in kovačnica, kjer so pripravljali kovne ploščice iz zlata, srebra in bron; atelje za izdelavo matric – pečatorezci so v podolgovate kovinske kose v negativu izrezali motiv in napis,



Slika 2: V Lavrionu v SV Atiki so bila bogata nahajališča srebrnosnih svinčevih rud. Srebro iz rud so pridobivali s postopkom kupelacije. (Foto: Tomaž Lazar)

za izdelavo so uporabljali drobna orodja in rezila; kovnica z obrati za zlate, srebrne in bronaste novce; skladiščenje in transport denarja. Z eno matrico za sprednjo stran novca naj bi skovali 10.000–23.000 novcev. V posamezni kovnici je bilo zaposlenih okoli 500 ljudi, predvsem osvobodenci in sužnji.¹¹

6 Berger et al., 2021, str. 1–3.

7 Izdelani so namreč iz zelo kakovostnega srebra, saj vsebujejo od 95 do 98 % Ag. Glej Davis et al., 2020, str. 207–214.

8 Šmit in Šemrov, 2018, str. 100–104.

9 Davis, 2014, str. 260–262.

10 *Aes signatum* je ime za plačilno sredstvo v obliki pravokotno ulitih bronastih plošč z dvostranskimi upodobitvami ter s povprečno težo okoli 1350 g. *Aes grave* je ulit okrogel novce z upodobitvijo na obeh straneh. Glej Kos, 1997, str. 9, 11.

11 Kos, str. 185–189.



Slika 3: Rude, iz katerih so pridobivali baker, svinec, kositer in srebro.
(Foto: Nataša Nemeček)

3. Surovine za izdelavo novcev

Rimski novci so bili najpogosteje izdelani iz bakra in bakrovih zlitin: brona in medenine (t. i. novci *aes*), srebra ter redkeje iz zlata. Med bogovi rimskega panteona je Apolon predstavljal zlato, Diana srebro in Venera baker. Za izdelavo kovinskih predmetov, med njimi tudi novcev, so Rimljani izkoriščali številna rudna nahajališča v Španiji, na Cipru, v Britaniji, na Sardiniji, na Balkanu ipd., ki so zagotavljala stalen dotok surovin v obliki zlata, srebra, bakra, cinka, svinca, železa in kositra. V avgustejsko-tiberski dobi (29 pr. n. št. – 37 n. št.) so bili največji rudniki bakra na Sardiniji in v J Španiji z nahajališčem Rio Tinto, ki je do konca tiberijskega obdobja postalo središče proizvodnje bakra. Med Tiberijevo vladavino so baker pridobivali

tudi na Cipru. V času Rimskega imperija so kositer pridobivali z aluvialnih nahajališč kasiterita v Cornwallu in Devonu v Veliki Britaniji. Rudniki svinca in cinka so bili v Evropi, Veliki Britaniji in Mali Aziji.¹² Velika nahajališča srebra so bila v Romuniji, na Kosovu, v Veliki Britaniji in Nemčiji, največja nahajališča srebrove rude pa na Iberskem polotoku (Rio Tinto), kar je imelo drastične posledice za rimsko ekonomijo v primeru prekinjene dobave srebra za izdelavo srebrnikov.¹³

3.1. Metalurška obdelava rud

Rudarjenje je zahtevalo sofisticirano organizacijo, inženirske in tehnične inovacije ter razumevanje geoloških značilnosti. Obdelava rude je potekala v specializiranih delavnicah. Delavci v rimskih rudnikih so se imenovali *metallici* ali *metallarii*. Nekateri so bili

specializirani za obdelavo rude, drugi za kupelacijo, tretji za metalurgijo. Delo je potekalo 24 ur na dan in sedem dni v tednu. Metalurška obdelava je običajno potekala ob rudnikih v t. i. *officinae*. Tam so rudo oprali, zdrobili in pražili. Rudo so talili v kupelacijskih pečeh. Staljeno kovino so ohladili v glinenih kalupih in vanjo odtisnili žige z imenom lastnika rudnika, cesarja ali »podjetja« ter poreklo in simbol (npr. simbol delfina ali laboda). V času republike so bili rudniki v zasebni lasti. V času cesarstva, v 1. stoletju n. št., pa je država prevzela njihovo upravljanje, kar dokazujejo tudi žigi na ingotih z imeni cesarjev.¹⁴

Po sestavi novcev lahko ugotovimo, da so z različnimi postopki Rimljani lahko dosegli visoko stopnjo čistosti kovin oz. so sestavo znali prilagoditi na želeno raven, kar priča o izjemnem obrtnem znanju antičnih obrtnikov.

Zgodovinski vir za različne zvrsti zlitin, ki so jih uporabljali v antičnem Rimu, je knjiga *Naravoslovje* (*Naturalis Historia*) Plinija Starejšega iz let 77–79 pr. n. št.¹⁵ V 34. knjigi, posvečeni kovinam, opisuje, kakšne zlitine so uporabljali stari Rimljani: »Za bronaste kipe so baker zmešali z ostanki, ki mu dajo sijaj, osmim delom bakra pa dodali en del kositra. Za predmete, izdelane v kalupih, so primerne zlitine bakra, kositra in svinca v razmerju 100 : 10 : 5, kar daje predmetom »grški« videz. Kampanijski bron, izdelan v Kapui, je zlitina bakra, kositra in svinca v razmerju 100 : 5 : 5 ali 100 : 4 : 4. Za izdelavo kovinskih posod

¹² *The production of Roman coins: metal sources*. Dostopno na: <http://www2.lawrence.edu/dept/art/BUERGER/ESSAYS/PRODUCTION4.HTML> (obiskano: junij 2024).

¹³ Za srebro z Iberskega polotoka je značilna visoka vsebnost svinca. Glej Wood et al., 2023.

¹⁴ Boulakia, 1972, str. 140, 141.

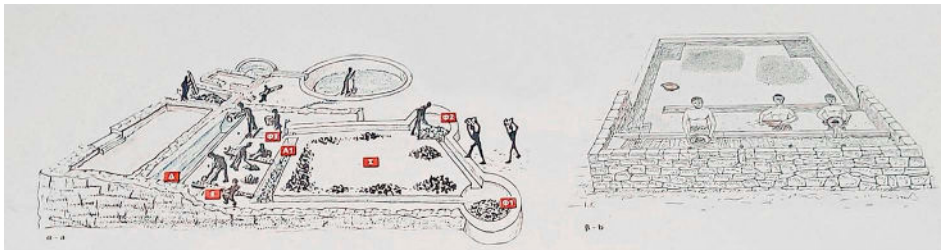
¹⁵ Knjigo *Naravoslovje* strokovna literatura pogosto označuje kot »Encyclopedio Britannico antičnega sveta«. Preživela je zlom rimske države in državnih institucij in je bila vse od svoje izdaje leta 77 zelo popularna. V srednjem veku je *Naravoslovje* kot znanstveni priročnik doživelo svoj vrhunec, preseгло in zasenčilo vse druge antične enciklopedije in si zagotovilo mesto v zgodovini evropske književnosti. Njegova popularnost kot enciklopedije je začela upadati v obdobju razsvetljenstva. 19. stoletje je obdobje, ko je knjiga doživela najnižjo točko. V drugi polovici 19. stoletja so izšle prve odmevnejše znanstvene izdaje. Ponovno rehabilitacijo je Plinij doživel leta 1921 z Dannemannovo monografijo. Plinijevo *Naravoslovje* je znova postalo predmet zanimanja kot enkratni dokument svojega časa. Druga prelomnica so bile mednarodne konference konec sedemdesetih in v začetku osemdesetih let, ki so prinesle nov razmah proučevanja Plinija in njegovega opusa. Glej Hriberšek, str. 20, 30.



Slika 4: Arheološki ostanki naprav za izpiranje rude v Lavrionu
(Foto: Nataša Nemeček)



Slika 5: Srebronosni svinčev sijajnik PbS – galenit, iz katerega so pridobivali srebro. (Foto: Nataša Nemeček)



Slika 6: Shematični prikaz izpiranja in praženja rude v kupelacijskih pečeh
(Foto: Arheološko najdišče rudnikov srebra v Drymosu, Atika)

so uporabili zlitino, ki je vsebovala 3 do 4 dele kositra in 100 delov bakra.« Navaja še korintsko »medenino«,¹⁶ ki je mešanica bakra, zlata in srebra, deloško medenino, iz katere so izdelovali podnožja počivalnikov in kipe bogov, ter aeginsko »medenino«.¹⁷

Podatki o tehnoloških postopkih, ki so jih uporabljali v sekundarni metalurgiji in vključujejo izdelavo bronastih zlitin, so na splošno dokaj skopi. Izdelava bronca je verjetno potekala v lokalnih delavnicah, o čemer na številnih arheoloških najdiščih pričajo ostanki kalupov,

žlindre in glinenih posod, ki so vsebovale baker ali kositer.

3.1.1. Kupelacija

Srebro so pridobivali s postopkom kupelacije iz rud, ki so vsebovale srebro (npr. srebronosni svinčev sijajnik PbS – galenit ali svinčev karbonat PbCO₃ – ceruzit). Sam postopek je bil sestavljen iz dveh delov. Najprej so rudo talili pri visoki temperaturi v reducirnih pogojih. Staljeno rudo so nato segreti na okoli 1000 °C, pri čemer je svinec oksidiral v litargit (svinčev(II) oksid PbO), srebro pa je priplavalo na površje (po Pliniju: »kot olje na vodi«), svinec je delno izhlapel oz. so ga vsrkale stene posode, pri čemer so nastale t. i. »potice litargita«. Pridobivanje srebra in svinca iz omenjenih rud je bilo izjemno težavno delo, tudi izkoristek je bil zelo majhen. Iz tone svinčevega oksida so v povprečju pridobili zgolj od 100 do 150 g

¹⁶ Po apokrifni zgodbi naj bi se v Korintu ob požaru stalili skupaj bronasti, srebrni in zlati predmeti, na katerih naj bi potem nastala atraktivna temna patina.

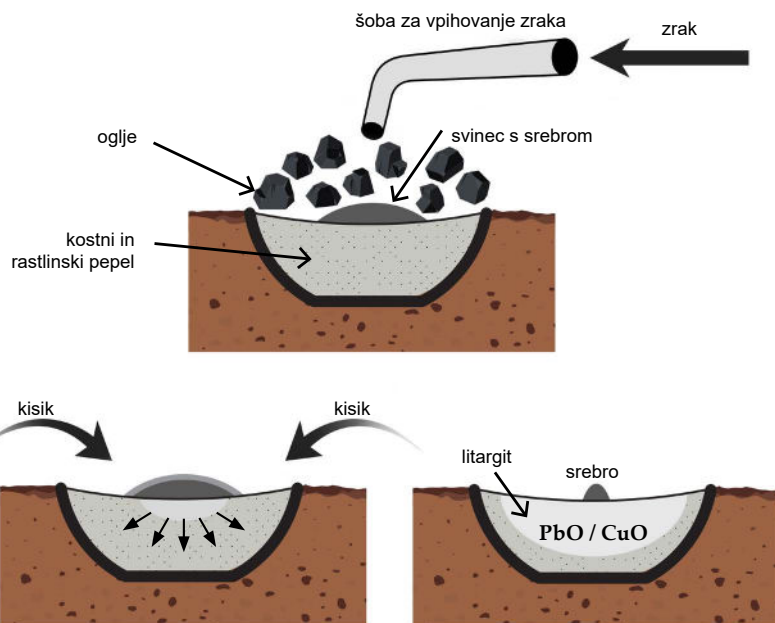
¹⁷ Pliny 34/1–93, prevod Rackham, 1952.

srebra.¹⁸ Glede na arheološke dokaze so srebro z Iberskega polotoka v rimsko kovnico po kopnem tovorili v obliki polizdelkov.¹⁹ Tam so srebru nato dodali še baker.²⁰

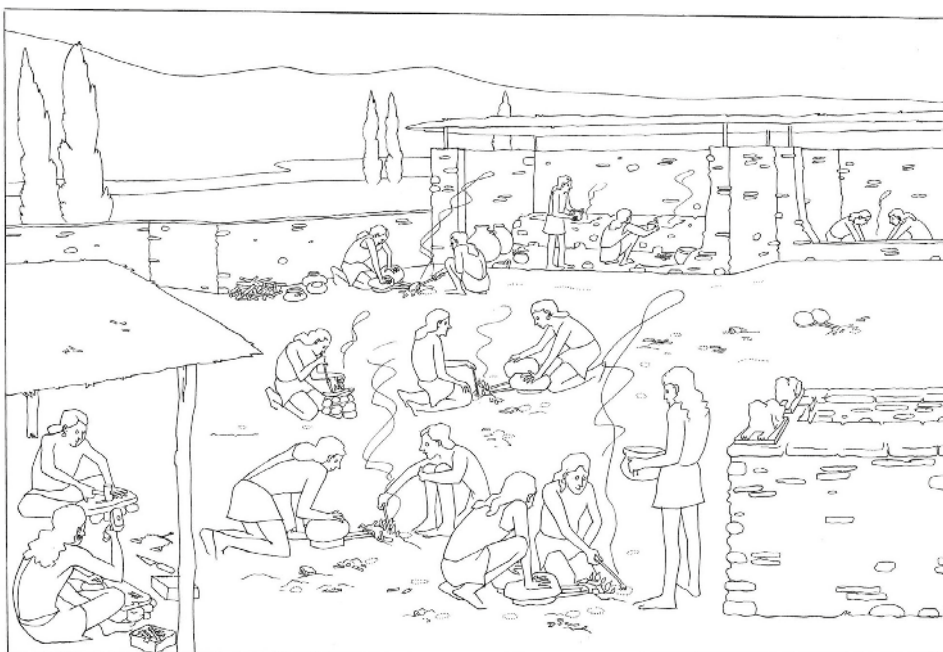
3.1.2. Cementacija

Prvi dokazi o rafiniranju rud za izdelavo novcev izvirajo iz antične Lidije. Arheološka izkopavanja mesta Sardis so razkrila številne sledove metalurške dejavnosti pri rafiniranju aluvialnega elektruma. Antični metalurgi so pred postopkom cementacije kose elektruma s kovanjem stanjšali v tanke plošče, s katerimi so napolnili glinene posode ter dodali kloride, sulfate in silikate (prah opek). Posode so segreli na 800 °C ter temperaturo vzdrževali več ur ali celo dni. Med segrevanjem se je srebro v prisotnosti soli pretvorilo v srebrov klorid, ta pa se je nato naložil v dodani opečnati prah na stene glinenih posod. Na ta način so iz elektruma izločili srebro in baker, ostalo je čisto zlato. Srebro so s sten glinenih posod nato izločili s kupelacijo. S t. i. preizkusnim kamnom (angl. *touchstone*) pa so na koncu določili čistost zlata.²¹

Po postopku cementacije so izdelovali tudi medenino (lat. *orichalcum*), zlitino bakra in cinka, ki določa njeno barvo od bakreno rdeče do rumeno zlate. Težava pri izdelavi medenine je nizko tališče in vrelišče cinka, ki izpari, preden se začne taliti baker. Medenino so začeli pridobivati v Mali Aziji s postopkom cementacije. Do 1. stoletja pr. n. št. je bila medenina redka in dragocena kovina. Rimski metalurgi so proces cementacije



Slika 7: Pridobivanje srebra s postopkom kupelacije (Shema: Dušan Pogačar, povzeto po: *Sending Laurion Back to the Future: Bronze Age Silver and the Source of Confusion*. Dostopno na: <https://intarch.ac.uk/journal/issue56/9/ia.56.9.pdf>)



Slika 8: Rekonstrukcija s prikazom rafiniranja zlata v Sardisu: tolčenje zlata v folijo, cementacija in kupelacija (Foto: ©Archaeological Exploration of Sardis / President and Fellows of Harvard College)

precej izboljšali z uporabo zaprtih glinenih posod različnih oblik in velikosti, v katere so dodali koščke bakra, cinkov oksid (t. i. kalamin) in oglje. Cinkove pare, ki nastanejo pri redukciji cinkove rude pri 900 °C, prodirajo v bakrovo talino.

Medenina, proizvedena na ta način, je lahko vsebovala največ 28 % cinka. Ko so medeninaste predmete spolirali, so imeli videz zlata.²²

18 Rehren, 2000, str. 31–34.

19 Ena izmed teorij je, da so zlato in srebro – za razliko od ostalih kovin, tj. bakra, kositra in svinca – vedno tovorili po kopenskih poteh z vojaškim spremstvom.

20 Craddock, 2000, str. 221–223.

21 Craddock, 2000, str. 116–118; Ramage in Craddock, 2000, str. 200–211.

22 Turk in Šmit, 2017, str. 118.

4. Tehnologija in materiali za izdelavo rimskih novcev

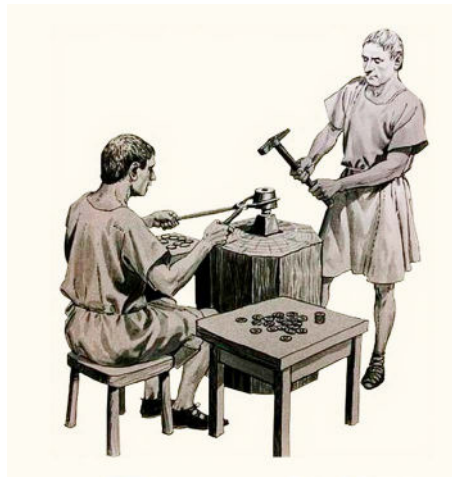
Prva oblika plačilnega sredstva pri Rimljanih so bili v 5. stoletju pr. n. št. neobdelani kosi bron nepravilnih oblik in teže brez upodobitev, imenovani *aes rude*.²³ V času Rimske republike, konec 3. stoletja pr. n. št., so kovali srebrne in bronaste novce, na vseh vrstah novcev pa je bila označena njihova vrednost glede na novce osnovne vrednosti – t. i. bronasti as. Ta je bil sprva ulit in nato kovan. V času Rimske republike so zlatnike kovali le občasno, predvsem ob vojnih nevarnostih. V 3. stoletju so zaradi visoke inflacije uvedli nov srebrnik antonijan, v obtoku pa je bilo vedno manj bronastih novcev.²⁴

4.1. Ulivanje novcev

Staljeno bronasto zlitino so ulivali v pravokotne kalupe (lat. *aes signatum*).²⁵ Vsaka ploščica pravokotnih oblik z dvostransko upodobitvijo je imela povprečno težo okoli 1350 g. V času Rimske republike so začeli izdelovati težak bronast ulit denar (lat. *aes grave*). Novčni kalupi so bili povezani z ozkimi kanali, ki so omogočali pretok taline. Izdelava ulitega okroglega novca z upodobitvijo na obeh straneh je bila velik izziv in je zahtevala odlično usposobljenost. Ko se je kovinska zlitina ohladila, so novce ločili z rezanjem. Ti novci imajo pogosto izbokline na mestih spojev.²⁶

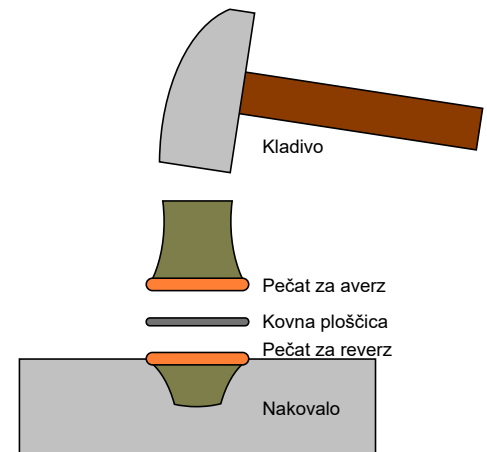
4.2. Kovanje novcev

Ulite kovne ploščice so bile izdelane iz zlitine z natančno predpisano kakovostjo in s točno določeno težo.



Slika 9: Prikaz kovanja rimskih novcev (Povzeto po: Museum of London, avtorica: Barbara McManus, 2008)

Te ploščice so, najpogosteje segrete, s posebnimi kleščami vstavili med trdno pritrjeno matrico – izdelano iz bron ali železa, v katero je bila vrezana upodobitev v negativu za sprednjo stran novca – in med premični pečat²⁷ za zadnjo stran novca, po katerem so udarili s kladivom. Pri kovanju sta sodelovala dva kovača. Pečati za sprednjo stran (averz) so bili vedno vdeleni v nakovalo in so zato imeli veliko daljšo življenjsko dobo kot premični pečati za zadnjo stran (reverz).²⁸ Ker so na premični pečat udarjali z različno močjo in pod različnimi koti, se je izbral hitreje kot pečat za sprednjo stran novca. Pečatorezci so za izdelavo pečatov uporabljali drobna orodja – dleta in rezila. Izkušeni pečatorezci so za izdelavo pečatov potrebovali malo časa, včasih pa so pri njihovi izdelavi sodelovali tudi znani umetniki. Pri antični izdelavi novcev je bila zelo pomembna os matrice, pri kateri sta morala biti



Slika 10: Zadnja stran srebrnega denarja, ki prikazuje orodja za kovanje novcev – klešče, pečat za averz, nakovalo in kladivo. (Povzeto po: Silbury coins. Dostopno na: <https://www.silburycoins.co.uk/product/t-carisius-silver-denarius-46bc-2/>)

sprednja in hrbtna stran matrice med kovanjem v točno določenem položaju. Pečate so skrbno varovali, da jih ne bi uporabil kdo, ki za to ni bil pooblaščen. Kljub strogemu nadzoru pa je prihajalo do napačnih kombinacij pečatov (t. i. hibridni

23 Kos, 1997, str. 10, 11.

24 Kos, 1997, str. 87–88.

25 Antični Grki in Rimljani so za baker in bakrove zlitine uporabljali termin *aes*.

26 Kos, 1997, str. 9–11.

27 Termin pečat je uveljavljen v slovenski strokovni literaturi, čeprav gre v osnovi za žig, matrico oz. utop.

28 Življenjska doba matric je bila odvisna od števila kovancev. Matrice v manjših kovnicah so pogosto uporabljali več let, po nekaterih podatkih pa je v najbolj obremenjenih rimskih kovnicah matrica zdržala zgolj 12 ur. Glej *The production of Roman coins: making the dies*. Dostopno na: <http://www2.lawrence.edu/dept/art/BUERGER/ESSAYS/PRODUCTION3.HTML> (obiskano: junij 2024).



Slika 11: Ponarejeni novc z bakrenim jedrom, ovit v srebrno folijo (Foto: Nataša Nemeček, hrani: Narodni muzej Slovenije)

novci). Iz starejših obdobjev je ohranjeno le majhno število matric. Razlog je v tem, da so uradne matrice najverjetneje uničili, da jih ne bi nezakonito uporabili, ali pa so jih uničili zaradi obrabe. Matrice iz bronca so z mehanskim preoblikovanjem utrdili, prav tako pa naj bi vsebovale višjo vsebnost kositra.²⁹

4.3. Zlato

Zlato poleg paladija, platine in srebra uvrščamo med plemenite kovine. Je ena najpomembnejših in najstarejših kovin za izdelavo novcev. Ker je čisto zlato mehko, so mu dodajali druge kovine, kot sta srebro in baker. V času Rimske



Slika 12: Novci z različno ohranjeno plastjo posrebritve (Foto: Nataša Nemeček, hrani: Narodni muzej Slovenije)

republike so zlatnike kovali le ob izjemnih priložnostih, predvsem zaradi vojne nevarnosti.³⁰

4.4. Srebro in posrebitve oz. nanos prevlek iz srebra

Srebrniki (t. i. denariji) so se prvič pojavili v rimskem republikanskem denarnem sistemu leta 211 pr. n. št. in so imeli pomembno vlogo vse do 3. stoletja. Čistost srebrne kovine je z 98 % že konec 1. stoletja padla na 89 %, v začetku 3. stoletja n. št. pa je znašala le še okoli 50 %. Leta 215 n. št. so jih nadomestili novi srebrniki antoninijani.³¹

V rimskem obdobju so poznali več tehnik posrebitve. V republikanskem obdobju so bakreno

jedro novca ovili v več milimetrov debelo srebrno folijo in novc segreli na 800 °C. O tem, kako so novce srebrili v poznem rimskem obdobju, pa obstaja več teorij. Po eni izmed njih so kovne ploščice pred kovanjem potopili v kopel iz srebrovega klorida (AgCl), ki so ga pridobivali iz minerala klorargirita. Ta tehnika sicer ni bila primerna za množično proizvodnjo, saj so se kovne ploščice med t. i. vročim potapljanjem lahko poškodovale.

Za posrebitev so uporabljali tudi pasto iz srebrovega klorida, ki so jo na novc nanесли pred kovanjem. Tehnika temelji na elektrokemijski reakciji med kovino in pasto. V pasto so za elektrokemijsko reakcijo

²⁹ Kos, 1997, str. 186, 267.

³⁰ Kos, 1997, str. 88.

³¹ Kos, 1997, str. 82, 83.

dodajali natrijev klorid, amonijev klorid, kalijev hidrogentartrat in kredo kot polnilo. Novce so segreli, ohladili in nato polirali.

Tretja tehnika, ki je sicer v antičnih tekstih redko omenjena, je amalgamska posrebitvev. Srebrov amalgam so nanесли na površino novca iz kvartarne zlitine (88 % Cu, 2 % Ag, 5 % Sn, 5 % Pb) in ga segreli na 357 °C, pri čemer je živo srebro izhlapelo, na površini pa je ostala tenka plast srebra. Postopek so večkrat ponovili, nato pa so novce potopili v vodo, da so odstranili nečistoče.³²

4.5. Bakrove zlitine

Rimske bakrove zlitine so vsebovale baker, kositer, svinec in cink ter elemente v sledovih, kot je npr. arzen. V celoti gledano pa so Rimljani za izdelavo predmetov uporabljali omejeno število zlitin: tri vrste zlitin za bron, eno za svinčev bron, dva tipa zlitin za medenino ter dve manj definirani zlitini, ternarno zlitino Cu-Sn-Zn in kvartarno zlitino Cu-Sn-Zn-Pb (t. i. topovski bron in svinčev topovski bron, angl. *gunmetal* in *leaded gunmetal*), ki sta produkt mešanja bronu in medenine ali svinčevega bronu in medenine.³³

4.5.1. Bron (zlitina bakra in kositra ter svinca)

Med bakrovimi zlitinami (t. i. *aes*) je bila najpogostejša zlitina za izdelavo novcev kositrov bron. Običajno je bron binarna zlitina bakra in kositra. Vsebnost kositra je od 5 % do največ 15 %. Najpogostejša bakrova zlitina vsebuje en del kositra in 8 delov bakra, kar pomeni, da rimski bronci v povprečju vsebujejo 11 % Sn. Poleg kositra se v zlitini pogosto pojavlja tudi svinec – t. i. ternarna zlitina Cu-Sn-Pb.



Slika 13: Novce iz medenine, ki vsebuje 79,6 % Cu, 9,2 % Zn, 1,3 % Fe in 0,3 % Pb. (Foto: Nataša Nemeček, hrani: Narodni muzej Slovenije)



Slika 14: Novce iz t. i. topovskega bronu (angl. *gunmetal*), ki vsebuje 73,2 % Cu, 10,1 % Pb, 1,3 % Sn in 5,3 % Zn. (Foto: Nataša Nemeček, hrani: Narodni muzej Slovenije)

Večina rimskih bronov ima nizke vsebnosti svinca, manj kot 3 %. Svinčev bron vsebuje več kot 4 % svinca. V povprečju vsebujejo rimski svinčevi bronci 10 % svinca.³⁴ Višje vsebnosti svinca so značilne za ulite predmete in kipe.

4.5.2. Medenina (zlitina bakra in cinka, lat. *aurichalcum*, *orichalcum*)

Predmeti iz bakrovih zlitin, ki vsebujejo cink, se sporadično pojavljajo že v predrimskem

obdobju. Zanje je značilna nizka vsebnost cinka (manj kot 4 % Zn). Rimljani so bili nedvomno prvi, ki so medenino v obliki surovcev uporabljali za izdelavo novcev. Pomemben mejnik v uporabi medenine je bila Avgustova denarna reforma leta 23 pr. n. št. Od Avgusta dalje in še posebej v 1. stoletju n. št. se je medenina pogosto uporabljala za številne druge predmete. Rimska medenina naj bi v povprečju vsebovala od 15 do 22 % cinka. Ker so medenino pridobivali s postopkom cementacije, vsebnost

³² Anheuser in France, 2002, str. 17–23.

³³ Jouttijärvi, 2017, str. 1.

³⁴ Craddock, 1998, str. 7.

Tabela 1: Rimske zlitine (Povzeto po: Arne Jouttijärvi. *Aspects of Ancient Metallurgy. Roman alloying practice*, str. 13. Dostopno na: https://www.researchgate.net/publication/312363912_Paper_for_Special_Issue_on_Aspects_of_Ancient_Metallurgy_ROMAN_ALLOYING_PRACTICE)

	Sn	Zn	Pb	Razmerje Cu : Sn	Plinij Cu : Sn
1. Bron z nizko vsebnostjo kositra	2,5/1–4 %	< 2 %	< 3 %	100 : 3	100 : 4
2. Bron s srednjo vsebnostjo kositra	6–7/4–8 %	< 2 %	< 3 %	100 : 8	
3. Kositrov bron	11/9–13 %	< 2 %	< 3 %	8 : 1	8 : 1
4. Svinčev bron	7–9/6–11 %	< 2 %	3 %	10 : 1	
5. Medenina z nizko vsebnostjo cinka	< 2 %	11–12/10–14 %	< 3 %		
6. Medenina z visoko vsebnostjo cinka	< 2 %	19/16–22 %	< 3 %		
7. Ternarna zlitina Cu-Sn-Zn (t. i. topovski bron, angl. <i>gunmetal</i>)	*	*	*		
8. Kwartarna zlitina Cu-Sn-Zn-Pb (t. i. svinčev topovski bron, angl. <i>leaded gunmetal</i>)	*	*	*		

*Sestave so preveč raznolike, da bi jih lahko preprosto opredelili.

cinka ni preseгла 28 %. V analizah sestave številnih predmetov iz tega obdobja so ugotovili, da so rimske medenine, ki vsebujejo od 23 do 28 % Zn, izjemno redke.³⁵

4.5.3. Ternarna zlitina Cu-Sn-Zn (t. i. topovski bron) in kvartarna zlitina Cu-Sn-Zn-Pb (t. i. svinčev topovski bron)

Ternarna zlitina Cu-Sn-Zn vsebuje tako kositer kot cink, pri kvartarni zlitini Cu-Sn-Zn-Pb pa se kositru in cinku pridruži še svinec. Verjetno so te zlitine nastale z recikliranjem bronu in medenine ter svinčevega bronu in medenine. Pojavljajo se od 1. stoletja naprej. Kwartarne zlitine Cu-Sn-Zn-Pb pogosto vsebujejo še elementa v sledovih – srebro in antimon. Srebro je v nizkih koncentracijah prisotno v svinčevem sijajniku oz. galenitu (svinčev sulfid – PbS), ki vsebuje okoli 3 % Ag.³⁶

35 Caley, 1964, str. 151.

36 Dungworth, 1997.

5. Naravoslovne preiskave

Naravoslovne preiskave novcev so pomembne za razumevanje tehnologije izdelave. Za numizmatike so analize sestave kovine koristne pri ugotavljanju relativne kronologije posameznih emisij novcev in kako se je z dolžino trajanja kovanja zmanjšala čistost kovine. Prav tako z njimi lahko definiramo različne denarne reforme, ki so vplivale na sestavo novcev. Analize slednih elementov, prisotnih v kovinah, so pomembne tudi pri ugotavljanju izvora kovine, iz katere so bili novci skovani, in s tem posredno tudi za ugotavljanje območja oz. kraja, kjer so bile skovane posamezne vrste novcev.

Analizne metode v grobem delimo na neinvazivne, mikroinvazivne in invazivne. Z njimi raziskujemo dve ključni področji, primarno pridobivanje kovin in tehnološke postopke pri izdelavi predmetov. Primarna produkcija kovin

vkjučuje rudarjenje, plemenitenje in taljenje rud z materialnimi ostanki, kot so žindra, peči in ostanki glinenih posod za taljenje. Raziskave se osredotočajo predvsem na ostanke žindre in mineraloške preiskave rud z uporabo rentgenske fluorescenčne spektrometrije (XRF), induktivno sklopljene plazme z optično emisijsko spektrometrijo ali masno spektrometrijo (ICP-OES in ICP-MS) in elektronskega mikroskopa z energijsko disperzivnim spektrometrom (SEM-EDS).

Za ugotavljanje tehnologije izdelave predmetov iz različnih kovin in zlitin pa je predvsem pomembno, da s preiskavami ne spreminjamo fizične integritete predmeta oz. ne posegamo vanjo. Za ugotavljanje kemijske sestave predmetov uporabljamo naslednje metode oz. tehnike: neinvazivne, kot so rentgenska fluorescenčna spektrometrija (XRF), metoda protonsko vzbujenih rentgenskih žarkov (PIXE), metoda protonsko

vzbujenih žarkov gama (PIGE); mikroinvazivna ali invazivna nevtronska aktivacijska analiza (NAA) ter invazivne metalografske preiskave mikrostrukture z optičnim in elektronskim mikroskopom z energijsko disperzivnim spektrometrom (SEM-EDS). Za ugotavljanje provenience kovin, iz katerih so izdelani novci, pa je v zadnjem obdobju zelo popularna invazivna metoda analize svinčevih izotopov.³⁷

5.1. Analize z rentgensko fluorescenčno spektrometrijo (XRF)

Z neinvazivno tehniko rentgenske fluorescenčne spektrometrije (XRF) smo v Narodnem muzeju Slovenije sistematično analizirali novce iz

različnih obdobj. Iz rimskega obdobja so ti novci večinoma izdelani iz brona, medenine, srebra oz. s prevlekami iz srebra. Med zanimivejšimi raziskavami, ki smo jih izvedli, so bile raziskave novcev iz zakladne najdbe Drnovo. Analiziranih je bilo 44 novcev. Novci iz prve skupine so bili izdelani iz srebra in bakra, delež srebra pa se giblje med 50 in 70 %, pri novcih iz druge skupine prevladuje baker, delež srebra pa je od 40 % do celo samo 4,3 %.³⁸ Pri antonijanih smo ugotovili, da se je vsebnost srebra v štiridesetih letih zmanjšala z okoli 50 % na manj kot 4 %. Sprva so bili novci srebrni, kasneje pa zgolj bronasti z minimalnim dodatkom srebra oz. posrebritve.³⁹

5.2. Metalografske analize

Iz meritev trdote po Vickersu lahko ugotavljamo, kako so cikli kovanja, žarjenja in gašenja vplivali na mikrostrukturo novcev. Iz različnih vrednosti razberemo, ali so bili novci izdelani na preprostejši način: zgolj z ulivanjem in kovanjem. Sicer pa je glede na raziskave povprečna trdota novcev, ulitih iz brona, 97,5 HV, medtem ko imajo mehansko preoblikovani novci 119 HV. V povprečju trdota novcev ne presega 152 HV, z nekaterimi izjemami, pri katerih trdota doseže od 150 HV do 214 HV, kar nakazuje na bolj kompleksno mikrostrukturo z večjimi deformacijami, ki so posledica ponavljajočih se ciklov kovanja in žarjenja.⁴⁰



37 Rehren in Pernicka, 2008, str. 232–248.

38 Nemeček in Menart, 2017, str. 36.

39 Kos 1997, str. 24.

40 Bodet, 2023, str. 370–371.

Tabela 2: Meritve trdote in XRF analize izbranih novcev

Fotografija	Predmet	Merjenje trdote	XRF analiza površine (patina oz. korozivna plast)	Zlitina in mehansko preoblikovanje
	66	118,2 HV	73,2 % Cu 10,1 % Pb 1,3 % Sn 5,3 % Zn 0,8 % Fe Ostalo elementi iz korozivne plasti in ne iz kovinskega jedra (P in Si).	Kvartarna zlitina Cu-Sn-Pb-Zn (t. i. svinčev topovski bron). Površina je bila utrjena s kovanjem v hladnem in ni bila ponovno segrevana.
	71	69,8 HV	85,3 % Cu 4,6 % Pb 8,5 % Ag 0,3 % As Ostalo elementi iz korozivne plasti in ne iz kovinskega jedra (Si, P in Al).	Zlitina Cu-Pb s tanko plastjo posrebritve. Površina je bila utrjena s kovanjem v hladnem, nato so novci verjetno segreti.

Fotografija	Predmet	Merjenje trdote	XRF analiza površine (patina oz. korozijska plast)	Zlitina in mehansko preoblikovanje
	78	157,8 HV	71,2 % Cu 5,2 % Pb 3,2 % Sn 2,5 % Ag 0,1 % As Ostalo elementi iz korozijske plasti in ne iz kovinskega jedra (P, Al in Si).	Ternarna zlitina Cu-Pb-Sn z uničeno posrebitvijo. Glede na rezultate meritev trdote je bil novcec podvržen več ciklom kovanja in žarjenja. Mogoče ima ta novcec drugo vrsto posrebitve kot novca 71 in 79.
	79	69,3 HV	86,3 % Cu 4,4 % Ag 4,3 % Pb 3,7 % Sn Ostalo elementi iz korozijske plasti in ne iz kovinskega jedra (Si).	Ternarna zlitina Cu-Pb-Sn s tanko plastjo posrebitve. Površina je bila utrjena s kovanjem v hladnem, nato so novcec verjetno segreti.
	117	101,3 HV	86,4 % Cu 0,9 % Fe 0,4 % Pb 0,12 % Sn Ostalo elementi iz korozijske plasti in ne iz kovinskega jedra (Si in P).	Baker. Glede na rezultate meritev trdote je bil novcec podvržen preprosti mehanski obdelavi – bil je ulit in kovan v hladnem.
	120	139,6 HV	87,7 % Cu 9,5 % Zn 0,8 % Fe 0,4 % Pb Ostalo elementi iz korozijske plasti in ne iz kovinskega jedra (Si in Al).	Medenina. Glede na rezultate meritev trdote je bil novcec podvržen več ciklom kovanja in žarjenja.
	122	92 HV	87,6 % Cu 11,4 % Zn 0,5 % Fe 0,2 % Pb	Medenina. Glede na rezultate meritev trdote je bil novcec podvržen preprosti mehanski obdelavi – bil je ulit in nato kovan.

Fotografija	Predmet	Merjenje trdote	XRF analiza površine (patina oz. korozijska plast)	Zlitina in mehansko preoblikovanje
	123	137,3 HV	85,9 % Cu 12,7 % Zn 0,9 % Pb 0,5 % Fe	Medenina. Glede na rezultate meritev trdote je bil novcec podvržen več ciklom kovanja in žarjenja.
	124	103,1 HV	89,1 % Cu 10,4 % Zn 0,3 % Fe 0,2 % Pb	Medenina. Glede na rezultate meritev trdote je bil novcec podvržen preprosti mehanski obdelavi – bil je ulit in kovan.
	125	151,8 HV	78,1 % Cu 6,1 % Zn 1,1 % Fe 0,5 % Pb Ostalo elementi iz korozijske plasti in ne iz kovinskega jedra (P, Si in Al).	Medenina. Glede na rezultate meritev trdote je bil novcec podvržen več ciklom kovanja in žarjenja.
	126	146,4 HV	76,5 % Cu 9 % Zn 2,3 % Pb 0,4 % Fe Ostalo elementi iz korozijske plasti in ne iz kovinskega jedra (Si, S in P).	Medenina. Glede na rezultate meritev trdote je bil novcec podvržen več ciklom kovanja in žarjenja.

6. Zaključek

Zgodovina kovanja novcev je neposredno povezana z nahajališči rude in tehnološkimi procesi, ki so omogočali njeno rafiniranje s postopkoma kupelacije in cementacije, kar je omogočalo izdelavo raznovrstnih kovinskih predmetov. Z omenjenima

metalurškima postopkoma so Lidijci iz samorodnega elektruma znali izločiti srebro in zlato ter iz njiju narediti srebrne in zlate novce. V rimskem obdobju so se zlatnikom, srebrnikom in bronastim novcem pridružili še novci iz »nove« zlitine medenine. Izkoriščanje rudnih nahajališč na industrijskem nivoju v letih od 350 pr. n. št. do 175 n. št.

je imelo velike posledice za lokalno in globalno okolje. Onesnaženje je bilo namreč tako intenzivno in dolgotrajno, da so raziskovalci v grenlandskem ledu našli sledove onesnaženja s svincem iz rimskih časov.

7. Literatura

- 1 Anheuser, K., in France P., Silver plating technology of the late 3rd century Roman coinage, *Historical metallurgy*, v 36, n. 1, 2002, str. 17–23.
- 2 Berger, D., Brauns, M., Brüggemann, G. et al., Revealing ancient gold parting with silver and copper isotopes: implications from cementation experiments and for the analysis of gold artefacts, *Archaeol Anthropol Sci*, 13, 2021, str. 143. Dostopno na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12520-021-01369-2#citeas> (obiskano: julij 2024).
- 3 Bodet, A., Correction to: Greek and Roman copper alloy coins (fifth century BC—third century AD): from microstructures to manufacturing process, *Metallogr. Microstruct. Anal.*, 12, 2023, str. 370–371.
- 4 Boulakia, J. D., Lead in the Roman world, *American Journal of Archaeology*, Vol. 76, No. 2, 1972, str. 140–141.
- 5 Cahill, N. D., et al., Depletion gilding of Lydian electrum coins and the sources of Lydian gold. V: *White gold: studies in electrum coinage*, (ur. P. van Alfen and U. Wartenberg), New York: The American Numismatic Society, 2020, str. 291–336.
- 6 Caley, E. R., Orichalcum and related ancient alloys, *Numismatic notes and monographs*, New York: American Numismatic Society, 1964, str. 151.
- 7 Craddock, P. T., The production of brass in antiquity with particular reference to Roman Britain. V: 2000 years of zinc and brass. *British Museum occasional paper*, Number 50, 1998, str. 7.
- 8 Craddock, P. T., *Early metal mining and production*, Edinburgh: Edinburgh University Press, 2000, str. 116–118, 221–223.
- 9 Davis, G., Mining money in late archaic Athens, *Historia: Zeitschrift für Alte Geschichte*, 2014, Bd. 63, H. 3, 2014, str. 260–262. Dostopno na: https://warwick.ac.uk/fac/arts/classics/intranets/staff/rowan/bsanumismatics/mining_money_late_archaic_athens.pdf (obiskano: julij 2024).
- 10 Davis, G., Sheedy, A. K., Damian, B., Gore, D., Studies in Athenian silver coinage: analysis of archaic 'owl' tetradrachms. Mines, metals and money: ancient world studies in science, archaeology and history, *Metallurgy in numismatics*, 6, 2020, str. 207–214.
- 11 Dungworth, D., *Iron age and Roman copper alloys from Northern Britain*, Internet archaeology 2, 1997. Dostopno na: https://intarch.ac.uk/journal/issue2/dungworth_index.html (obiskano: junij 2024).
- 12 Hriberšek, M., Plinij Starejši in njegovo naravoslovje, *Ars et humanitas*, letnik 1. številka 1, 2007, str. 20, 30. Dostopno na: <https://journals.uni-lj.si/arshumanitas/article/view/252/164> (obiskano: julij 2024).
- 13 Jouttijärvi, A., Aspects of ancient metallurgy. Roman alloying practice. *Materials and manufacturing processes*, 2017, str. 1. Dostopno na: https://www.researchgate.net/publication/312363912_Paper_for_Special_Issue_on_Aspects_of_Ancient_Metallurgy_ROMAN_ALLOYING_PRACTICE (obiskano: maj 2024).
- 14 Kos, P., *Leksikon antične numizmatike s poudarkom na prostoru jugovzhodnih Alp in Balkana*, Ljubljana: Narodni muzej Slovenije, 1997, str. 9–11, 82–83, 87–88, 185–189, 267, 289.
- 15 Meadows, A., Tout ce qui brille. Electrum and the origins of western coinage. V: *White gold: studies in early electrum coinage* (ur. Peter van Alfen and Ute Wartenberg et al.), New York: The American Numismatic Society, 2020, str. 2, 3. Dostopno na: <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:72947465-11ae-42b1-9f2a-fc79b05d1d88/files/sp5547r95v> (obiskano: maj 2024).
- 16 Nemeček, N., Menart, E., Baker, bron ali medenina – to je zdaj vprašanje: Zgodovina naravoslovnih raziskav v Narodnem muzeju Slovenije. V: *Preteklost pod mikroskopom: Naravoslovne raziskave v muzeju* (ur. Alenka Miškec), Ljubljana: Narodni muzej Slovenije, 2017, str. 36.
- 17 Pliny, *Natural History*, Knjiga 34/1–93 (prevod Rackham, H.), 1952. Dostopno na: https://www.attalus.org/translate/pliny_hn34a.html (obiskano: junij 2024).
- 18 Ramage, A., Craddock, P., King Croesus' gold. Excavations at Sardis and the history of gold refining, British Museum Press in association with Archaeological Exploration of Sardis, *Monograph*, 11, 2000, str. 200–211.
- 19 Rehren, T., Roads to riches: making good the silver ore at Lavrion in Greece, *Archaeology International*, 4: 31, 2000, str. 31–34. Dostopno na: <https://journals.uclpress.co.uk/ai/article/id/1333/> (obiskano: junij 2024).
- 20 Rehren, T., Pernicka, E., Coins, artefacts and isotopes-archaeometallurgy and Archaeometry. *Archaeometry*, 50, 2008, str. 232–248. Dostopno na: https://www.researchgate.net/publication/227673144_Coins_artefacts_and_isotopes-archaeometallurgy_and_Archaeometry (obiskano: junij 2024).

- 21 Šmit, Ž., Šemrov, A., Analysis of Greek small coinage from the classic period, *Nuclear instruments and methods in physics research section B: beam interactions with materials and atoms*, 417, 2018, str. 100–104.
- 22 Turk, P., Šmit, Ž., Od bronca do medenine. V: *Preteklost pod mikroskopom: Naravoslovne raziskave v muzeju* (ur. Alenka Miškec), Ljubljana: Narodni muzej Slovenije, 2017, str. 118.
- 23 Wood, J., Ponting, M., Butcher, K., *Mints not mines: a macroscale investigation of Roman silver coinage*, 2023. Dostopno na: <https://intarch.ac.uk/journal/issue61/10/full-text.html> (obiskano: junij 2024).

Spletni viri:

The production of Roman coins: metal sources. Dostopno na: <http://www2.lawrence.edu/dept/art/BUERGER/ESSAYS/PRODUCTION4.HTML> (obiskano: junij 2024).

The production of Roman coins: making the dies. Dostopno na: <http://www2.lawrence.edu/dept/art/BUERGER/ESSAYS/PRODUCTION3.HTML> (obiskano: junij 2024).