

## PROBLEMI KOVNIČKOG MJERITELJSTVA U ANTICI

*Precizno mjerenje mase, na današnjem stupnju tehnološkog razvoja, postalo je prilično jednostavno. Da li je oduvijek bilo tako? Naravno, kad govorimo o mjerenju mase, odmah pomislimo na vagu koja će to za nas izvesti. Ali, da bi se napravila takva vaga, trebalo je proći puno vremena. Iako kao instrument postoji već više od tri tisuće godina, vaga nije baš uvijek bila precizna, pogotovo ne kao danas, kad već obične mehaničke vage imaju preciznost na četiri decimale. Prikazom masa kovanica kroz rimske novčane reforme može se približno vidjeti koliko su precizno mogli mjeriti ljudi prije 2000 godina.*

### Mase

Rimski novac temeljio se na srebrnom denaru, odnosno iz jedne funte (322,5 grama) trebalo je napraviti 84 srebrna denara, što odgovara teoretskoj masi od 3,8 grama po jednom denaru. U tom istom odnosu trebalo je napraviti 40 zlatnika, koji su kovani iz gotovo čistoga zlata (teoretske čistoće 99 % - 99,5 %). Godine 23. pr. Kr. August je uveo reformu *aesa* pa su frakcije nominala kovane u dva različita metala: u bronci (orichalcum 75 % bakra, 20 % cinka i 5 % kositra) te u čistom bakru. Odnos vrijednosti bio je 1 aurej = 25 denara = 100 brončanih sestercija = 400 bakrenih asa. Rim je cijene ili sume novca označavao u sestercijima (oznaka HS) iako su plaćali u aurejima ili denarima.

Nominala	Metal	Masa u gramima	Vrijednost u denarima	Vrijednost u asima
aurej	zlato	7,90	25	400
kvinar	zlato	3,80	12,5	200
denar	srebro	3,80	1	16
kvinar	srebro	1,90	1/2	8
sestercij	bronca	25,00	1/4	4
dupondij	bronca	12,5	1/8	2
as	bakar	11,00	1/16	1
semis	bakar	3,25	1/32	1/2
kvadrans	bronca	3,00	1/64	1/4

### Augustov novčani sustav

Navedene vrijednosti teorijske su. Način na koji se kovalo bio je *al marco*, odnosno iz određene se količine metala trebala dobiti određena količina novca. Zbog takva načina kovanja nastale su razlike u masama otkovanih kovanica. Malokad se kovao novac *al pezzo*, odnosno kovao se novac točno određene mase; tako se kovao samo zlatni novac. Bez obzira na način kovanja, unutar kovnice novca postojali su nadzornici određenoga posla pa tako i mjerenja mase novca. Kovanice koje su bile teže odmah su se povlačile da ne bi otišle u optjecaj te su se vraćale natrag u kovnički i talionički postupak. Sve kovanice koje su bile jednake teorijskoj masi i kovanice manje mase, ali bliske

teorijskoj masi, puštale su se u optjecaj. Da bi se tako zahtjevan posao mogao obaviti, potrebno je bilo imati precizne izbaždarene vage te neoštećene odnosno sačuvane utege kojima se masa mogla provjeriti. Nadalje, Neronovom novčanom reformom uveden je standard da se iz jedne funte zlata mora napraviti 45 aureja (teorijske mase 7,2 g), odnosno iz funte srebra trebalo je napraviti 96 srebrnih denara (teorijske mase 3,3 g). Nadalje, tom reformom snižena je čistoća srebra u denaru na 94,5 % finoće. Tijekom povijesti Rimskoga Carstva opadala je finoća i masa novca. U tablicama je prikazan pad kvalitete novca zaključno s Komodom i početkom velike stogodišnje inflacije (od 193. do 293. g. n. e.).

Godina	Masa denara (g)	Postotak srebra (%)	Masa srebra (g)
64.-68.	3,18	93,5	2,97
70.-81.	3,22	90,0	2,87
82.-85.	3,33	98,0	3,26
85.-107.	3,27	93,5	3,04
107.-148.	3,21	89,0	2,88
148.-161.	3,23	83,5	2,68
161.-168.	3,23	79,0	2,57
168.-170.	3,24	82,0	2,67
170.-180.	3,26	79,0	2,57
180.-185.	3,07	76,0	2,34
186.-192.	2,98	74,0	2,22

*Finoća denara od 64. do 192. godine*

### Rimski novac u vrijeme velike inflacije 193.-293.

Godina	Masa denara (g)	Postotak srebra (%)	Masa srebra (g)
Pertinaks 193.	3,16	87,0	2,75
Didio Julijan 193.	2,95	81,5	2,40
Septimije Sever 193.-194.	3,14	78,5	2,46
Septimije Sever 194.-196.	3,07	64,5	1,98
Septimije Sever 196.-211.	3,22	56,5	1,81
Karakala 212.	3,23	51,5	1,66
Makrin 217.-218.	3,15	58,0	1,82
Elagabal 219.-222.	3,05	46,5	1,41
Sever Aleksandar 222.-228.	3,00	43,0	1,30
Sever Aleksandar 229.-230.	3,24	45,0	1,46
Sever Aleksandar 230.-235.	2,94	50,5	1,50
Maksim 235.-238.	3,07	46,0	1,43
Gordijan I. i II. 238.	2,77	63,0	1,71
Balbin i Pupien	2,80	55,0	1,55
Gordijan III. 241.	3,03	48,0	1,46

*Pad vrijednosti denara u doba velike inflacije od 193. do 293. godine*

U vrijeme Septimija Severa (193.-211.) nastavio se pad vrijednosti denara od standarda 78,5 % do 50 % finoće čistoga srebra. Karakala je 212. godine također reducirao masu aureja s 45 na 50 komada po rimskoj funti zlata, a također su kovali as dodajući olovo u smjesu metala od kojih se pravila bronca, a izbacili su kositar. Na taj su način smanjili troškove izrade brončanog novca. U tablici je prikazan daljnji pad vrijednosti denara od Pertinaksa do Gordijana III. Godine 215. Karakala je predstavio novu novčanu jedinicu, tzv. *antoninijan* (5,1 g sa 52 % srebra). To je u biti bio „dupli denar“. Kao što je denaru pala vrijednost, tako je i antoninijan vremenom izgubio na vrijednosti pa je od početnih 52 % srebra pao na 2 % srebra u vrijeme Klaudija II.

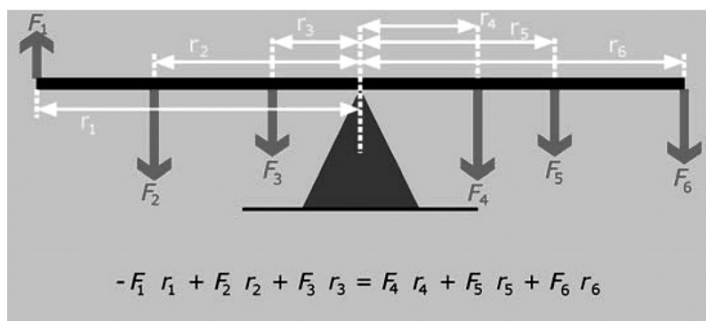
Godina	Masa antoninijana (g)	Postotak srebra (%)	Masa srebra (g)
Pupien i Balbin 238.	4,79	49,5	2,30
Gordijan III. 238.	4,50	48,5	2,20
Gordijan III. 241.	4,43	44,5	1,98
Gordijan III. 243.	4,16	41,5	1,62
Filip 244.	4,12	43,0	1,74
Filip 248.	4,12	47,0	1,94
Trajan Decije 250.	3,97	41,0	1,64
Trebonijan Gal 251.	3,46	36,0	1,26
Emilijan 253.	3,53	35,5	1,26
Valerijan 253.	3,10	22,0	0,68
Valerijan 255.-260.	3,07	19,0	0,58
Galijen 260.	3,03	18,0	0,54
Galijen 261.-263.	2,97	15,5	0,46
Galijen 263.-265.	2,75	13,0	0,38
Galijen 265.-266.	2,81	9,0	0,31
Galijen 267.-268.	2,69	6,0	0,16
Klaudije II. 268.	2,95	3,0	0,09
Klaudije II. 269.	2,60	2,0	0,05
Klaudije II. 270.	3,39	3,0	0,10
Aurelijan 270.	3,15	2,5	0,08
Aurelijan 274.	3,88	5,0	0,20

## Vage

Prateći dakle tablice teorijskih vrijednosti količine pojedinih metala sadržanih u kovanicama, može se zaključiti da su kovničari morali imati precizne mjerne instrumente. Realne su vrijednosti odstupale od navedenih teorijskih vrijednosti, ali bez obzira na tu razliku, mjerenja su ipak morala biti precizna. Poznato je da su se u Rimskom Carstvu koristila dva tipa vaga. Prva, a to je vaga jednakih krakova (*libra*), bila je puno starija od Rima, a druga je vaga bila vaga nejednakih krakova (*statera*). U novčarskom mjerenju mase puno je preciznije bilo mjerenje vagom jednakih krakova jer su za takvo mjerenje postojali već prije određeni utezi (točno određene mase određene kovanice).

Osjetljivost vage jednakih krakova (*libre*) glede preciznosti odnosno ujednačenosti krakova može biti do 0,01 g. Ne dovodeći u pitanje razvijenost rimske tehnologije

obrade metala, ipak moramo sumnjati da su mogli proizvesti takve vage. Tome u prilog govori činjenica da preciznost vage opada ako krakovi vage leže na trokutnom ležištu jer se to trokutno ležište vremenom otupljuje korištenjem vage ako je izrađeno od željeza ili nekog drugog metala.



*Raspored sila pri vaganju*

Da bi preciznost bila održana, trokutno ležište krakova vage mora biti izrađeno od vrhunskog čelika. Naravno, ta dva kraka vage mogu visjeti u točki uporišta na nekom koncu te tako balansirati u prostoru. Taj način vaganja postaje neprecizniji ako je čvor vezanja konca na uporištu loš. Nadalje, mogu uzrokovati nepreciznost odnosno nedovoljnu preciznost vage jednakih krakova nejednaki tanjuri i razlika u njihovoj masi, razlike u debljini lančića ili struna koje tanjuriće vežu za krakove vage. Konačno, greške u mjerenju može uzrokovati mjerenje pri različitim temperaturama i različitoj vlažnosti. Pri vrlo preciznim mjerenjima stalnost statističkih podataka za istovrsno mjerenje ovisi o rosištu materijala (materijal se orošuje ako se poklope temperatura i vlažnost zraka) pa je vaganje potrebno obavljati pri definiranoj temperaturi i tlaku. Rimljani su bili svjesni činjenice da je kovanje novca točno određene teorijske težine nemoguće (*al pezzo*) ili gotovo nemoguće pa se stoga kovao nominirani broj kovanica iz točno određene količine metala (*al marco*). Dopušteno odstupanje otkovanog materijala bilo je također definirano. Zbog tih razloga postojao je širok raspon masa kovanica (u dopuštenim granicama) istoga vladara. Preciznost mjerenja pri kovanju novca bila je bitna jer je vladar mogao imati velike uštede ako je onaj zadnji kontrolor u kovnici odmah nakon mjerenja mase sav novac koji je bio iznad dopuštene vrijednosti povlačio iz procesa kovanja te ga vraćao u topionicu odnosno doradu. Ako je neka teža kovanica izišla iz kovnice, taj novac povlačili su mjenjači odnosno bankari pa je lošiji novac dolazio u optjecaj odnosno istiskivao bolji novac (Greshamov zakon). Kao „realna“ masa kovanice uzima se prosječna težina većeg broja kovanica istoga tipa istoga vladara. Valja podsjetiti da je opisana tehnologija identična tehnologiji u provincijalnim kovnicama, pri čemu je provincijalni novac pratio lokalne mijene standarda, ali se preciznost pri tome nije mijenjala ili nije smjela mijenjati. Ovdje treba naglasiti da je preciznost mjerenja opadala u povijesnim previranjima pa je u doba generala-careva zasigurno bila najmanja. U tom se razdoblju kovao najlošiji novac. Novom, Dioklecijanovom reformom pa kasnije Konstantinovom reformom situacija se popravila, ali ne za dugo.

Vaga jednakih krakova (*libra*)Vaga nejednakih krakova (*statera*)

Staterom ili vagom nejednakih krakova mjerili su se veći materijali. S obzirom na nedovoljno poznavanje matematike (arapska matematika u Europu je došla puno kasnije), u kovnicama je bilo potrebno najprije odrediti dnevnu količinu novca koji će se otkovati. Da bi se uspješnost izrade novca povećala, moralo se prilikom lijevanja legure raditi s većom (odmjerom) količinom metala da bi se izbjegli odnosno smanjili stupnjevi pogreške. Vagom nejednakih krakova (*statera*) mjerila se masa i do nekoliko kilograma. Vaganje se temelji na tome da uteg stalne mase može „šetati“ po dužem kraku te uspostavljati ravnotežu (sustavom poluge) s vaganim materijalom na drugom (kraćem) dijelu vage. U Sisku su čak pronađene ljekarničke *statere*, što znači da su vrlo male u odnosu na standardnu veličinu. Ipak, zbog brzine provjeravanja mase kovnih pločica vjerojatnije je da se u tu svrhu koristila vaga jednakih krakova (*librae*). Postotni odnosi metala u toj leguri tako zadržavaju stalnost te su sukladni onim odnosima u kovanicama. Tako odvagane mase metala topile su se te su se izljevale u ploče točno određene debljine. Iz njih se dalje rezalo kovne pločice kalibriranim okruglim rezačima metala. Svakako je trebalo voditi računa o oštini i preciznosti reznog alata jer je nakon

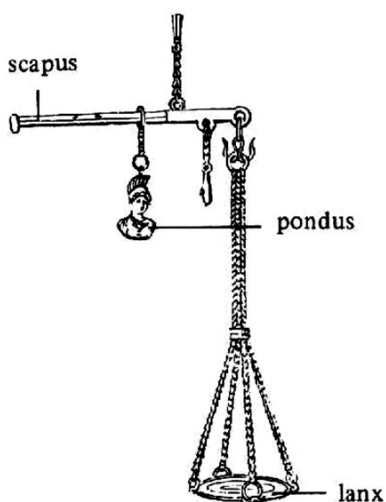
određenog broja rezanja bio neupotrebljiv, točnije rečeno izgubio je preciznost. Vaga jednakih krakova (libra) rabila se tek u krajnjoj fazi izrade odnosno kovanja novca. Točnije, neposredno prije kovanja odrezana se pločica podvrgavala konačnom vaganju. Preciznost se mijenjala i u ovisnosti o vrijednosti odnosno vrsti metala.

Postojanje više tipova vaga zasigurno je pomoglo u mjerenjima. Međutim, nameće se još jedno pitanje. Jesu li Rimljani mogli proizvesti identične vage te tako mjernu pogrešku još umanjiti?

Poznavajući, dakle, način mjerenja mase te veličine otkovne pločice postavlja se još jedno pitanje. Jesu li Rimljani poznavali pojam gustoće i njezino mjerenje?

Cijelo vrijeme trajanja Rimskoga Carstva provodile su se novčane reforme pa su se mijenjali i utezi za precizno mjerenje. Poznavanje dogovorene mase utega za mjerenje novca samo po sebi nije dovoljno. Sukladno tome, malo je vjerojatno da, bez obzira na vrstu tehnologije, Rimljani nisu shvatili da isti volumeni različitih tvari imaju različite mase. Nisu zabilježene jedinice gustoće za pojedine tvari, ali svakako da su zapisivali razne vrijednosti za različite materijale. Te spoznaje zasigurno su iskoristili za kovničku djelatnost.

Premda je već dosta tekstova napisano o rimskim kovnicama i metalurgiji, ovim tekstom postavlja se više pitanja nego što se donosi odgovora. Vaganje kao jedno od prvih ljudskih mjerenja (uz mjerenje duljine i visine) daje nam uvid u znanje onih civilizacija koje istražujemo. Mjerni sustavi za masu koje nam je ostavio Rim koriste se više ili manje i dan danas.



*Shematski prikaz vage*

As	1	12	!
Deunx	$\frac{11}{12}$	11	S::•
Dextans	$\frac{5}{6}$	10	S::
Dodrans	$\frac{3}{4}$	9	S•
Bes	$\frac{2}{3}$	8	S:
Septunx	$\frac{7}{12}$	7	S•
Semis	$\frac{1}{2}$	6	S
Quincunx	$\frac{5}{12}$	5	::•
Triens	$\frac{1}{3}$	4	::
Quadrans	$\frac{1}{4}$	3	:•
Sextans	$\frac{1}{6}$	2	:
Sexcunx	$\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{2}$	∟• Σ•
Unica	$\frac{1}{12}$	1	•, —, o, v, s
Senubica	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{2}$	∟, Σ, €
Binae Sextulae	$\frac{1}{36}$	$\frac{1}{3}$	ss
Sicilicus	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{4}$	c
Sextula	$\frac{1}{72}$	$\frac{1}{8}$	s
Dimidia Sextula	$\frac{1}{144}$	$\frac{1}{12}$	s
Scriptulum	$\frac{1}{288}$	$\frac{1}{24}$	e
Siliqua	$\frac{1}{1728}$	$\frac{1}{144}$	e

*Odnosi unutar rimskog mjernog sustava i oznake*

### LITERATURA:

1. Backes, N. J, Gebhardt, R.: Münzkatalog – Römische Republik, Batenberg, 1998.
2. Bufalini Angeli, Gabriella: La moneta Romana, Milano, 2001.
3. Clayton, Tony: Metals Used in Coins and Medals, London, 1999.
4. Dadić, Žarko: Povijest ideja i metoda u matematici i fizici, Zagreb, 1992.
5. Grdinić, Vladimir: Mjeriteljstvo, članak, Zagreb, 1995.
6. Herkov, Zlatko: Naše stare mjere i utezi, Zagreb, 1974.
7. Kos, Peter: Leksikon antičke numizmatike, Zagreb, 1998.
8. Lopašić, Vladimir: Mjere i mjerenja u fizici, Zagreb, ETF, 1986.
9. Savio, Adriano: Monete Romane, Roma, 2001.