METROLOGIJA

Metrologija (grčka riječ: metron = mjera + logos = mišljenje; nauka) je nauka o mjerama, mjerenju, formiranju sistema mjera i naučnom utvrđivanju, postupaka i sredstava jedinstvenog i tačnog mjerenja. Posebno metrologija utvrđuje definicije etalona mjera, što je od posebne važnosti s obzirom na konstatnosti njihovih osobina i mogućnost preciznog reprodukovanja.

Etalon je materijalizovana mjera, mjerni instrument ili mjerni sistem. Metrologija je praktično, nastala još u najstarijim ljudskim društvima. Ljudi su se još u najstarijoj prošlosti služili sredstvima za mjerenje u razmjeni dobara, u zanatstvu i kasnije u industriji. Prvobitno su mjere i načini mjerenja utvrđivani običajima, dogovorima, a poslije nastanka države – i zakonskim propisima. Na osnovu ove praktične metrologije razvila se današnja naučna metrologija.

Metrologija kao naučna disciplina danas uživa veliki ugled, jer se samo mjerenjem i sistemom mjera utvrđuje objaktivna informacija o svijetu koji okružuje čovjeka. Mjerenje mora biti pouzdano, jednoznačno i tačno. Da bi se to postiglo, utvrđena su tri osnovna načela metrologije: 1) za posmatrano stanje, tijelo ili pojavu treba odabrati onu veličinu (ili veličine) koja ih najbolje opisuje, izražava; 2) za svaku veličinu treba (dogovorom) utvrditi jedinicu mjere, i 3) potrebno je odabrati takav postupak mjerenja i takve mjerne uređaje koji će omogućiti da se postigne najveća moguća tačnost potrebna u određenom momentu. Za ostvarivanje ovih načela potrebne su jasne metrološke spoznaje, utvrđene mjerne jedinice i pouzdane mjere i metode i uređaji.

Danas su osnovna načela metrologije uspješno ostvaraju i mjerni sistemi primjenjuju, jer se to postiže međunarodnim ugovorima. Ali u ranijoj prošlosti nije bilo tako, nego je postojao različiti sistem mjera i mjerenja. Proučavanjem jedinica za mjerenje i mjerenja uopšte u prošlosti bavi se istorijska metrologija. Istorijska metrologija je u stvari pomoćna istorijska metoda, čiji predmet proučavanja predstavljaju jedinice za dužinu, površinu, obim, masu i dr. koje su upotrebljavane a i sada su u upotrebi u raznim zemljama, kao i sistemi jedinica (mjera) i novčane jedinice u istorijskom razvoju. Zadatak istorijske metrologije jeste da objasni odnose među jedinicama i njihovo izražavanje savremenim jedinicima (na primjer, anglosaksonski sistem mjera s opšteprihvaćenim internacionalnim), kao i izučavanje porijekla naziva jedinica.

Temeljni zadatak istorijske metrologije je da utvrdi veličinu starih mjera, tj. onih koje su se upotrebljavale prije uvođenja metričkih mjera. Istorijsku metrologiju prate i sve promjene veličine starih mjera od onog doba za koje se već može utvrditi objektivna istina do uvođenja metričkih mjera. Istorijska metrologija se pri tome služi deduktivnom metodom. Ona prvo utvrđuje veličinu mjera onog doba za koje se sigurno može utvrditi, a to je savremeno doba, i postepeno se vraća u prošlost, proučavajući sačuvane mjere, dosadašnje radove i istorijske izvore.

Dakle, istorijska metrologija se kao pomoćna istorijska metoda, javlja kao neophodna pri proučavanju ekonomske istorije, istorije prava, materijalne kulture i kontakata među narodima, jer je razvoj sistema mjernih jedinica i mjerenja uslovljen rastom proizvodnih snaga i u tijesnoj je vezi sa širenjem međunarodnih veza. Zadatk istorijske metrologije u budućnosti je da se svede samo na izučavanje jedinica za mjerenje koje su već izašle iz upotrebe. Znanja iz istorijske metrologije će i ubuduće biti potrebna da bi se mogle razumjeti jedinice i sistemi za mjerenje koji su pratili razvoj ekonomije i civilizacije. Bez tih znanja se ne može zamisliti naučnoistraživački rad u ekonomskoj istoriji.

Metrologija je zastupljena gotovo od nastanka ljudskog društva. “Svako ko zaboravi ili zanemari svoju dužnost da svakog punog mjeseca etalonira etalon jedinice dužine, biće kažnjem smrtnom kaznom”. Ova prijetnja se odnosila na dvorske arhitekte odgovorne za izgradnju faraonskih hramova i piramida u starom Egiptu, oko 3000. godine prije nove ere. Prvi kraljevski lakat bio je definisan kao dužina podlaktice od lakta do vrha ispruženog srednjeg prsta vladajućeg faraona, uvećana za širinu njegove šake. Ova originalna mjera prenosila se u crni granit i urezivala u njemu. Radnici na gradilištima su dobijali primjerke u granitu ili drvetu, a graditelji su bili odgovorni za njihovo čuvanje. Otada su ljudi bez obzira na mjesto i vrijeme pridavali veliku pažnju ispravnosti mjerenja. U periodu antike ljudsko tijelo je bilo mjera, jer se sistem starih mjera zasnivao na djelovima ljudskog tijela: prst, palac, šaka, pedalj, stopa, lakat, hvat.

Grčki filozof i matematičar Pitagora je dimenzije olimpijskog stadiona pripisao Herkulu, tvrdeći da je Herkul svojom stopom izmjerio stadion i da je njegova dužina 600 stopa. I u srednjem vijeku je stopa korišćena za mjerenje dužine. Bila je pozanta langobardska stopa, koje se priprisuje langobardskom kralju Luitprandu (712-774) za koga se navodi da je bio gorostas. Dužina langobardske stope bila je za polovinu duža od obične (prosječne stope). Slično je bilo i sa kraljevskom franačkom stopom koja se pripisuje stopi kralja Karla Velikog, pa engleska stopa, koja se pripisuje kralju Edvardu II. Na osnovu toga što su kraljevi u srednjem vijeku presudno uticali na određivanje mjernih jedinica, nastao je izraz kraljevske veličine (mjere). Najvažnija zemljiša mjera je bila kraljevski “aratrum” i manja mjera “jugerum” (kraljevsko ralo). Često se upotrebljavala i mjera “odoka”. “Odoka” je mjerenje zemlje domašajem strelice. Ukoliko zbog veličine zemljišta nije bilo moguće primijeniti mjeru “odoka”, mjerenje zemljišta se se obavljalo obilaskom međa, pri čemu se kao temelj takvog mjerenja uzimao korak. U izvorima iz XVII i XVIII vijeka nalaze se podaci o mjerenju na osnovu toga da li ih pješak može obići od ranog jutra do podne, ili da li pješak neke posjede može obići za dva sata i sl.

Razne i brojne stare mjere za dužinu, težinu i zapreminu, koje su se u raznim vremenima upotrebljavale, danas su predmet proučavanja istorijske metrologije. Istorijska metrologija kao pomoćna istorijska metoda svojim izučavanjem mjera i sistema mjerenja u prošlosti omogućava da se lakše spoznaju jedinične veličine koje su ljudi upotrebljavali. U istorijskim izvorima se nalaze brojne jedinice za mjerenje kojima su se ljudi služili u prošlosti. Ljudi su, u početku, uglavnom upotrebljavali jedinične veličine koje su odgovarale veličini pojedinih dijelova ljudskog tijela, ili one koje je nalazio u svojoj okolini ili pri radu (palac, stopa, pedalj, lakat, hvat, vedro, jutro oranja, kosa livade, tovar itd.). Ove mjere su povezane sa idealizovanim odnosima (na primjer: 1 lakat = 2 stope: 1 stopa = 4 dlana) i zbog jedinstvenosti izrađivani su za pojedine mjerne jedinice materijalni standardi (normale, etaloni, prototipi) koji su se čuvali u hramovima i javnim ustanovama. Sa tim prototipovima su se morale uskladiti mjere za opštu upotrebu. Ali kako ti prototipi (standardi) nijesu bili naučno definisani, njihov gubitak je uvijek predstavljao teškoću za određivanje tačnosti određene mjere. Nedostatak tako različitog sistema mjera komplikovali su i različiti običajni i zakonski propisi o mjerama u različitim zemljama, pokrajinama i gradovima. To je usporavalo privredni razvoj, pa su s jačanjem apsolutnih monarhija, centralne vlasti i gradski staleži sve više postavljali zahtjev da se ustanovi jedinstven sistem mjera.

Još od ranog srednjeg vijeka bilo je pokušaja da se izvrši unifikacija mjernih jedinica. Tako je, na primjer, franački vladar Hilderik II oko 650. godine pokušao da uvede jedinstvene mjere i to na taj način što je htio da se mjere koje je primjenjivao na njegovom dvoru proglase za jedino važeće u cijeloj zemlji. Naredni pokušaj unifikacije mjera učinio je car Karlo Veliki, ali je poslije njegove smrti i ovaj pokušaj propao. Slično su prošli i drugi pokušaji unifikacije mjera u srednjem vijeku, najviše zbog toga što su feudalci i moćni vlastelini djelovali u suprotnom smjeru i na svojim posjedima su uvodili sopstvene sisteme mjera. To je uslovilo pojavu mnoštva mjernih jedinica, koje su se bitno razikovale, od oblasti do oblasti i od grada do grada. Pretvaranje i preračunavanje tih mjernih jedinica bilo je veoma nepouzdano, pa je to stvaralo neregularnosti u poslovanju i otežavalo je razvoj trgovine i zanatstva. Zato je privredni razvoj diktirao potrebu da se stane na put ovom haosu u domenu mjerenja i da se pronađe novi i precizni sistem mjera.

Uočavajući nepraktičnosti definicija mjera pomoću prototipa, naučnici su nastojali da odrede definicije mjernih jedinica prema kojima bi bilo moguće rekonstruisati prošlost čak i ako bi se prototip nekim slučajem izgubio ili nestao. U tom pravcu dugo se tragalo dok se došlo da

internacionalnog metričkog sistema. U drugoj polovini XVII vijeka naučnici su pokušavali da definišu jedinicu dužine. Tako je metrički sistem nastao kao direktna posljedica težnji da se različiti sistemi mjera učine jedinstvenim i prihvatljivim za sve zemlje i narode. Ipak, prvi konkretni rezulati u ovim nastojanjima desili su se u vrijem francuske revolucije 1789. godine. Na zahtjev Ustavotvorne skupštine francuska Akademija nauka je 1790. godine formirala komisiju čiji je zadatak bio da izradi novi sistem mjera. Ova komisija je sastavljena od uglednih naučnika i donijela je odluku da novi sistem bude dekadni, a jedinica dužine 40-milioniti dio Zeljinog meridijana. Tako definisina jedinica mjere nazvana je metar. Tom jedinicom – metrom – izmjerena je udaljenost od grada Denkrerka do Barselone. U Parizu je 1799. godine stvoren metarski sistem izradom dva etalona od platine, koji su predstavljali metar i kilogram. To je bio početak današnjeg Međunarodnog sistema jedinica (SI).

Ali, ovaj metar nije bio precizan, jer je kasnije utvrđeno da je dužina meridijana pogrešno izmjerena i da bi, na osnovu odredbe o 40-milionitom dijelu dužine meridijana, metar morao biti duži za 0,0085 cm. Zbog toga je 1889. godine napuštena ova definicija metra, i na Sedmoj generalnoj međunarodnoj konferenciji za metrički sistem 1927. godine usvojena je nova definicija za metar, prema kojoj je ova jedinica dužine definisna kao udaljenost između dva zareza kod 0°C na metru (šipka posebnog oblika od legure platine i iridijuma koja se kao prototip metra čuva u Sevru). Na Devetoj generalnoj konferenciji za metrički sistem 1948. godine ponovo se raspravljalo o mogućnosti da se pređe na definciju metra. Na Desetoj generalnoj konferenciji za metrički sistem 1954. godine metar je definisan na način koji se i danas primjenjuje.

I mjera (jedinica) za masu ima svoju istoriju. Važeća jedinica za masu kiogram definisan je kao prototip koji se, takođe, čuva u Sevru. I ovaj prototip je izrađen od platine i iridijuma. Jedinica za tečnost je litar. Prema starijoj definiciji litar je predstavljao 1 dm³, a prema definiciji iz 1901. godine litar je volumen koji zaprema 1 kg hemijski čiste vode kod 4°C pri normalnom pritisku. Bili su predlozi da se definiše i jedinica (na decimalnoj osnovi) i za mjerenje uglova, ali se ta podjela nije održala.

Metrički sistem je usvojen u Francuskoj krajem XVIII vijeka. Predlog da se jedinice mjera u mehanici i fizici izvede iz osnovnih jedinica metričkog ssitema prihvaćen je 1881. godine. Taj sistem je nazvan CGS – sistem, prema osnovnim jedinicama: centimetar, gram i sekunda. Naziv za dekadne više mjerne jedinice i decimalne djelove jedinica u metričkom sistemu prave se

pomoću internacionalno prihvaćenih prefiksnih riječi. Na ovaj način su izvedeni nazivi: kilogram, kilometar, centimetar, decilitar, pikofarad, megavat, i druge.

Mjere se moraju podudarati sa veličinom koja je određena opštim i obaveznim propisima. Zbog toga se izrađuju uzorci mjera. Tim uzorcima se poklanjala najveća pažnja i oni su čuvani na posebnim mjestima. U antičkom Rimu takve mjere su se čuvale na Kapitolu, dok su Grci uzorke svojih mjera čuvali u Akropolju. U Francuskoj su mjere čuvane u kraljvskoj palati. Pored uzoraka brižljivo su se čuvali i prototipi mjera. U srednjem vijeku prototip se izrađivao u kamenu i čuvao se na istaknutom mjestu. Francuska mjera za dužinu toise (izgovor twaz = 1,9 metara) pričvršćena je u obliku željezne poluge na stubištu kraljevskog dvora. Prototip stope u Veneciji je pričvršćen u Arsenalu (kompleks državnih brodogradilišta, oružarnica i skladišta u Veneciji, bio je najveći industrijski pogon Evrope prije Industrijske revolucije), u Beču je prototip lakta pričvršćen na katedrali, a u Bratislavi lakat je pričvršćen uz vrata Gradskog muzeja.

Sa širenjem internacionlnog metričkog sistema mjera, koji se temelji na standardnom metru i standardnom kilogramu, postepeno se smanjuje broj zemalja koje koriste svoje posebne jedinice. Metrički sistem je, relativno nov, jer se sporo formirao i probijao dok je postao internacionalni sistem mjera. Ovaj sistem je prvo 1840. godine ozvaničen u Francuskoj. Potreba da se univerzalni metrički sistem upotrebljava i u drugim zemljama postaje veoma izražena sredinom XIX vijeka. Predstavnici 17 država u Parizu, na diplomatskoj konferenciji o metru 1875. godine potpisali su ugovor koji je nazvan „Metarska konvencija“. Države potpisnice su odlučile da formiraju i finansiraju stalni naučni institut: „Međunarodni biro za tegove i mjere“ (Bureau International des Poids et Measures - BIPM). Međunarodni sistem jedinica za mjerenje je danas koherentan sistem jedinica usvojen 1960. godine na Jedanaestoj Generalnoj konferenciji za mjere i tegove. Ovaj sistem je danas obavezan u većini zemalja. On ima 6 osnovnih jedinica: metar, sekunda, kilogram, amper, kelvin i kandela (jačina svjetlosti). Ovaj sistem je važeći i u našoj zemlji.

Iako taj sistem danas važi u većini zemalja, u anglosaksonskom svijetu (Velika Britanija sa zemljama Komonvelta i SAD), pored međunarodnog sistema mjera, upotrebljavaju i stari sistem mjera, koji se međusobno razlikuju. Taj sistem mjera se nazva engleski ili anglosaksonski sistem mjera. Mjere upotrebljavane u britanskom Komonveltu i SAD zasnovane su na jardu (yard = 0,9144 metra) kao jedinici za dužinu i pound (funta = 0,453 kg) kao jedinici za masu ili

težinu. Pored jarda korisirt se i inč = 2,54 cm. Britanski jard i pound su definisani materijalnim standardima koji se čuvaju u Londonu, a američki jard i pound povezani su definicijama sa metrom i kilogramom. Razlike između britanskih i američkih osnovnih mjernih jedinica su male. Britanska i američka mjerna jedinica za tečnost naziva se galon. Britanski galon je nešto veći od američkog 4,54 litra u Britaniji: 3,78 litara u SAD. U ovim zemljama se paralelno upotrebljavaju metrički i anglosaksonski sistem mjera.