



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Zavod za osnove elektrotehnike i električka mjere



---

**Infrastruktura kakvoće**

**3. TEMA**

**MJERITELJSTVO**

---

**Kolegij “Upravljanje kakvoćom”  
Zagreb, 2020.**

# Nastavne cjeline

---

- **Uvod**
- **Osnove teorije kakvoće**
  - 01 - Pojmovi i definicije
  - 02 - Moderna znanost o kakvoći
- **Infrastruktura kakvoće**
  - 03 - Mjeriteljstvo
  - 04 - Norme i normiranje
  - 05 - Ispitivanje i potvrđivanje proizvoda
- **Sustavi upravljanja**
  - 06 - Normni niz ISO 9000
  - 07 - Upravljanje okolišem i društvena odgovornost
  - 08 - Sigurnost hrane. Upravljanje rizikom
  - 09 - Upravljanje energijom
  - 10 - Normizacija u području IKT
- **Procesni pristup u upravljanju kakvoćom**
  - 11 - Procesi, statističke metode i alati
  - 12 - Analiza sposobnosti procesa

# Teme cjeline

---

- Mjerenje kao važan element ostvarivanja kakvoće u tehničkim sustavima
- Mjeriteljski pojmovi
- Međunarodne mjeriteljske organizacije
- Ostvarivanje sljedivosti
- Ustroj mjeriteljstva u RH

# Quality infrastructure

## ***Definition adopted in June 2017***

*by DCMAS Network (BIPM, IAF, IEC, ILAC, ISO, ITC, ITU, OIML, UNECE and UNIDO) + the World Bank.*

**“The system comprising the organizations (public and private) together with the policies, relevant legal and regulatory framework, and practices needed to support and enhance the quality, safety and environmental soundness of goods, services and processes.**

The quality infrastructure is required for the effective operation of domestic markets, and its international recognition is important to enable access to foreign markets. It is a critical element in promoting and sustaining economic development, as well as environmental and social wellbeing.



It relies on

- ***metrology***
- ***standardization***
- ***accreditation***
- ***conformity assessment, and***
- ***market surveillance”***

Izvor: [www.bipm.org/en/worldwide-metrology/liaisons](http://www.bipm.org/en/worldwide-metrology/liaisons)

# Mjeriteljstvo

---

Uloga mjeriteljstva ogleda se u sljedećem:

- nema **kakvoće** bez **upravljanja kakvoćom**
- nema **upravljanja kakvoćom** bez **mjerenja**
- nema **mjerenja** bez **umjeravanja**
- nema **umjeravanja** bez **akreditiranih laboratorija**
- nema **akreditiranih laboratorija** bez **sljedivosti**
- nema **sljedivosti** bez **mjernih etalona**
- nema **mjernih etalona** bez mjeriteljstva.

# Mjeriteljstvo

---

- **Mjeriteljstvo** je znanost o ispravnim i pouzdanim mjerenjima
- Za određene svrhe razlikujemo:
  - **znanstveno mjeriteljstvo** (razvoj primarnih mjernih etalona ili primarnih metoda)
  - **tehničko (industrijsko) mjeriteljstvo** (ispravno održavanje mjerne opreme i upravljanje njome, uključujući umjeravanje mjerila i radnih mjernih etalona)
  - **zakonsko mjeriteljstvo** (ovjeravanje mjerila koja se upotrebljavaju pri trgovačkim transakcijama u skladu s kriterijima definiranim u tehničkim propisima).

# Mjerenja

---

- Mjerenja su središte tehničke i tehnološke aktivnosti čovjeka, i moraju biti:
  - znanstveno utemeljena
  - točna, koliko je to potrebno za određenu svrhu
  - sljediva
  
- Svako mjerenje prati određena “**nesigurnost**”, jer ispitni rezultati i analitičko istraživanje podliježu statističkim, ljudskim ili tehničkim odstupanjima
  
- Mjerenja nalazimo u kontroli, nadzoru, dijagnostici, ispitivanju, regulaciji, upravljanju ...

# Mjerenje radi ostvarivanja kvalitete

---

- Razvoj i ostvarivanje tehničkih sustava nezamislivi su bez mjerenja u svim fazama (dizajn, eksperimentalni rad, proizvodnja, kontrola)
  - mjerenja, kao podloga istraživanju i industriji, osiguravaju objektivnost
  - sustav jedinica i mjerna sljedivost osiguravaju usporedivost i transparentnost proizvoda na jedinstvenom tržištu
  
- Mjerenja su vrlo često i jedan od zahtjeva normi
  - (npr. *Measurement, analysis and improvement* u ISO 9001 te *Equipment* i *Measurement traceability* u ISO 17025)



# Mjerenje radi ostvarivanja kvalitete

---



**Što mjeriti?**

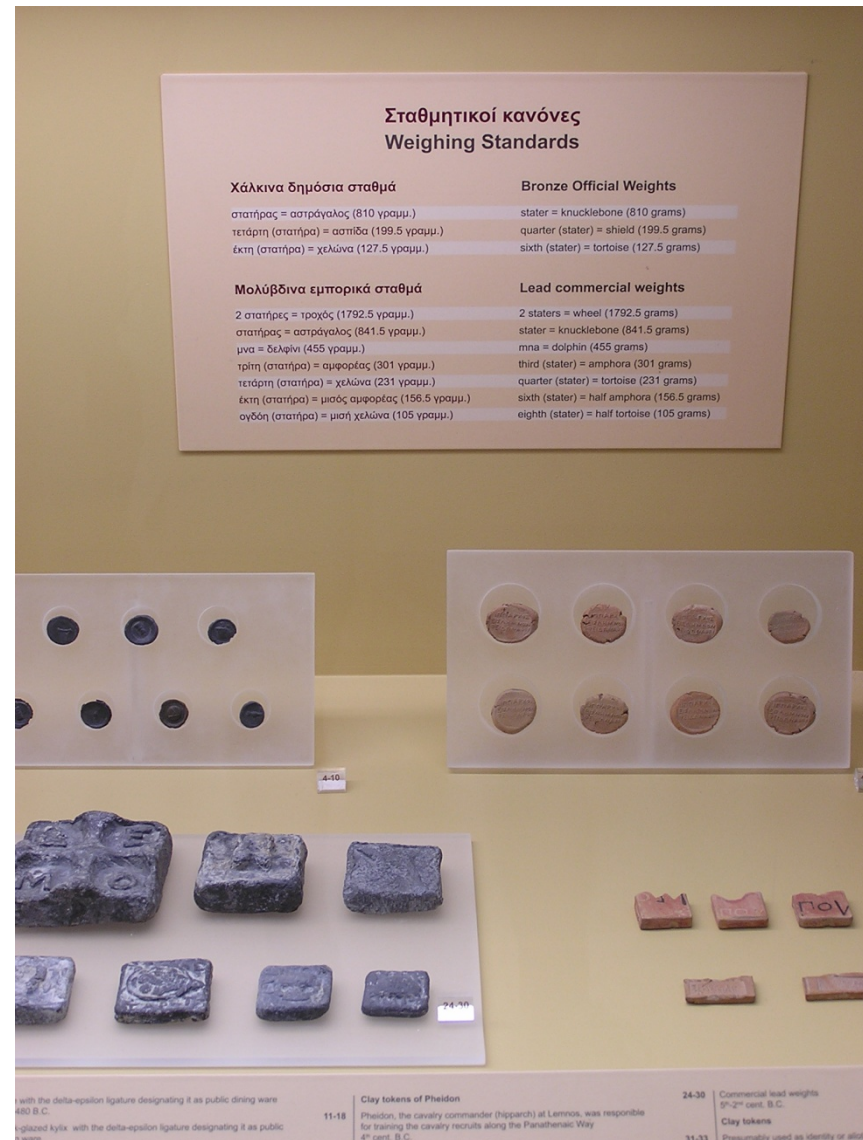
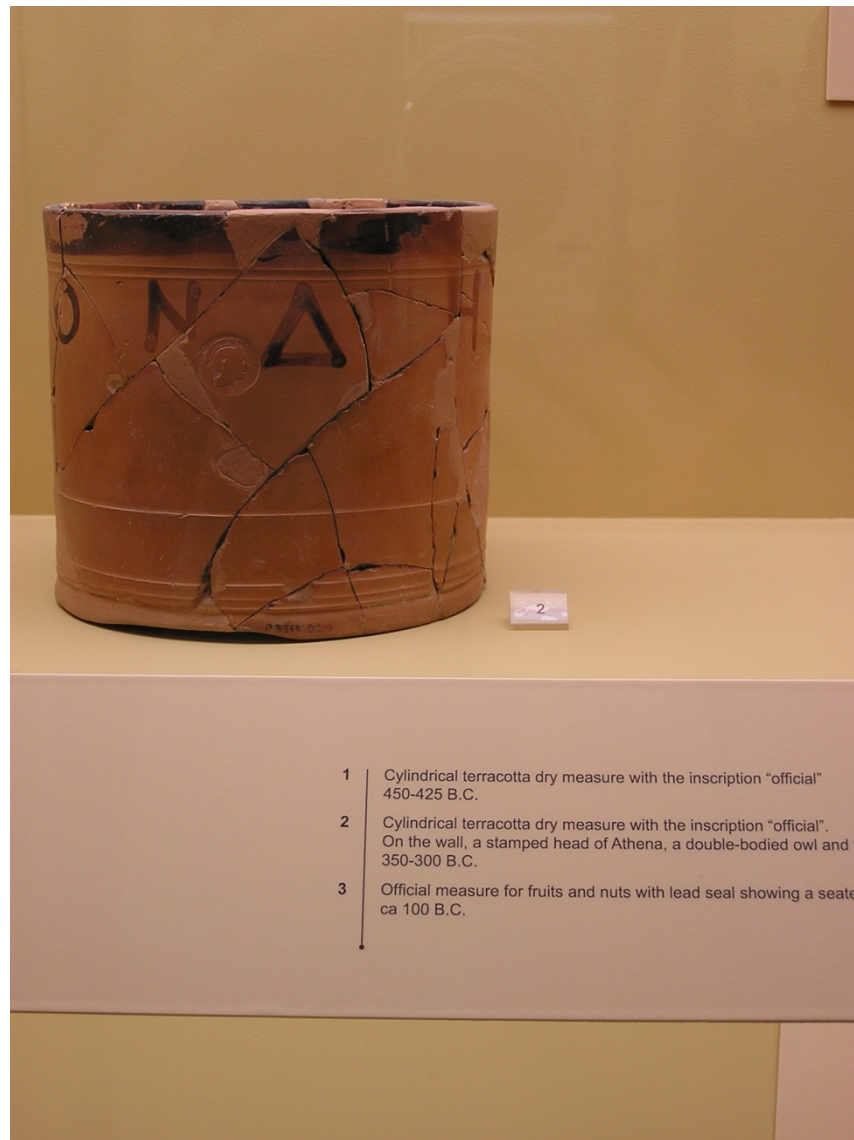
**Kako mjeriti?**

**Čime mjeriti?**

**Što s dobivenim podacima?**

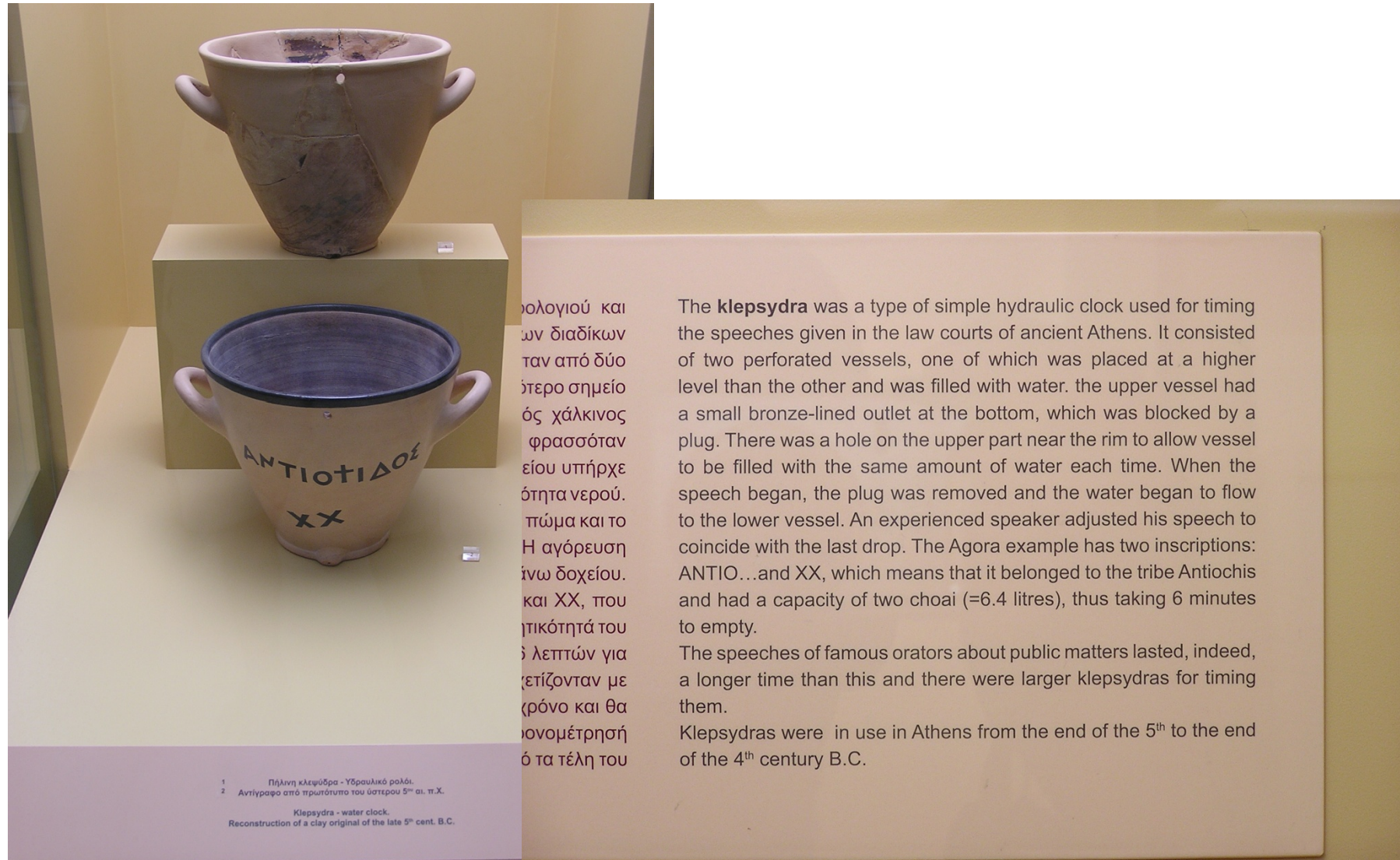
**Nesigurnost mjerenja?**

# Kratak pogled u prošlost





# Kratak pogled u prošlost



# Kratak pogled u prošlost

## □ Mjeriteljstvo u srednjem vijeku



“Njemački mjerni štap”



“Dubrovački lakat”

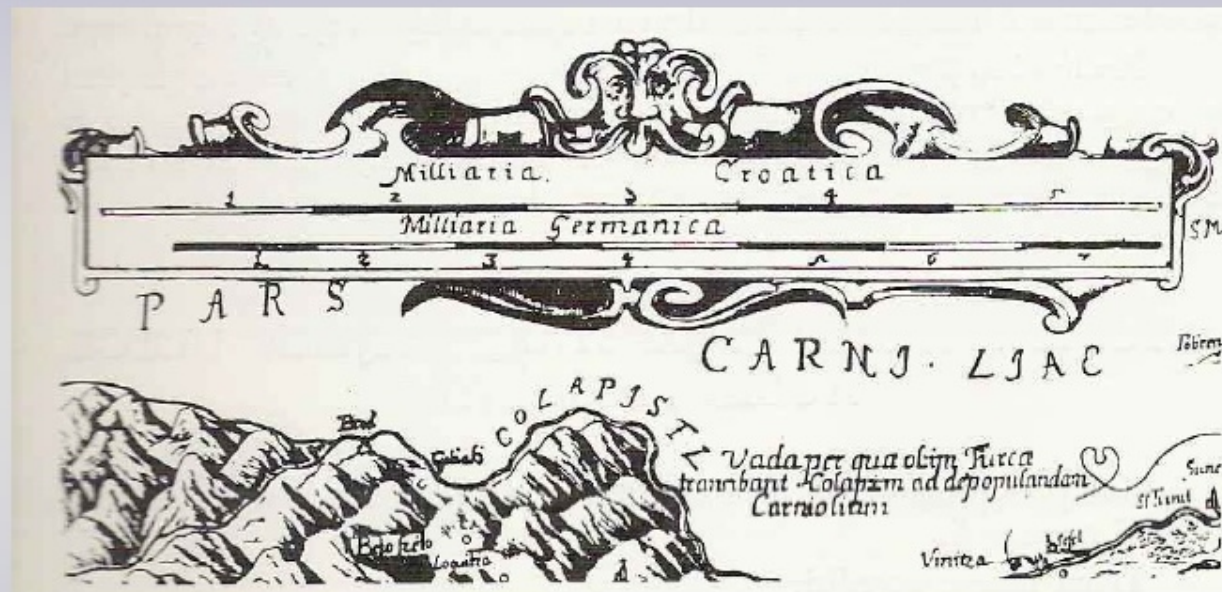


Harrisonov  
kronometar



# Kratak pogled u prošlost

## HRVATSKA MILJA



Hrvatska milja (lat. *Milliaria Croatica*), vrijednosti 2 226 m, sačuvana je na Glavačevu *Zemljovidu Hrvatske* iz 1673. godine.

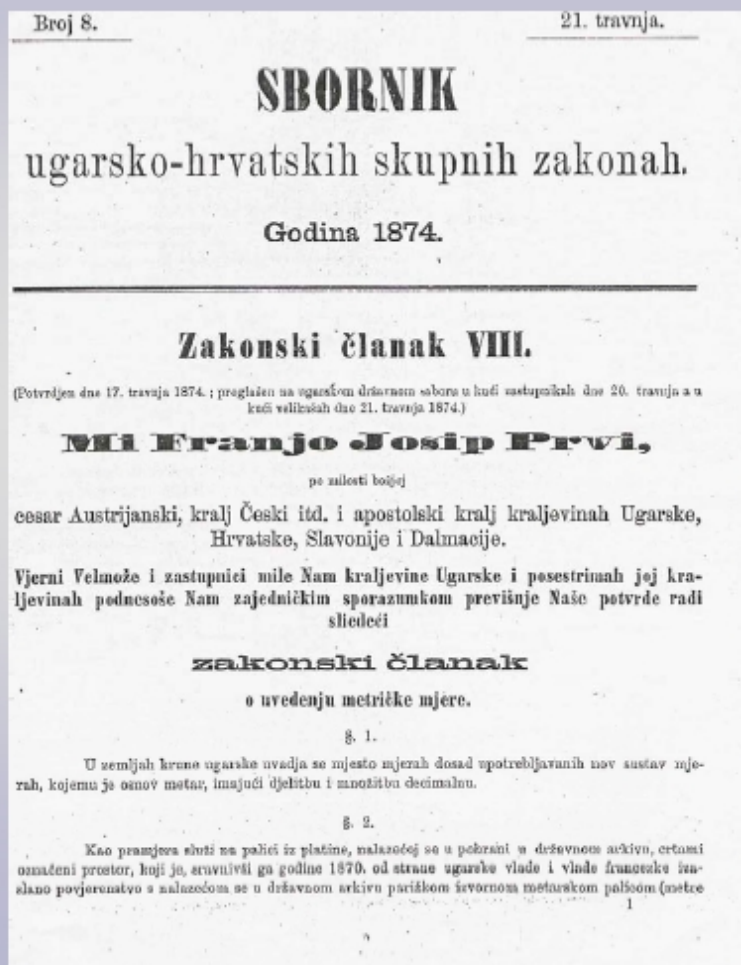
# Dogovor o metru (Metarska konvencija)

- Ishodište današnjeg, međunarodno prihvaćenog, metričkog sustava seže do 20. svibnja 1875., kada su ovlašteni predstavnici 17 zemalja potpisali u Parizu Dogovor o metru (*la Convention du Mètre*)
- Zemlje potpisnice bile su: Argentina, Austro-Ugarska, Belgija, Brazil, Danska, Francuska, Italija, Njemačka, Peru, Portugal, Rusija, SAD, Španjolska, Švedsko-Norveška, Švicarska, Turska i Venezuela

- Potreba: uvođenje jedinstvenog sustava jedinica
- Poticaj: Međunarodne izložbe u Londonu (1851.) i Parizu (1867.) te Međunarodna geodetska konferencija u Berlinu (1867.), problem sustavnih razlika pri triangulaciji Europe

# Dogovor o metru (Metarska konvencija)

## METARSKI SUSTAV



- Odlukom Hrvatsko-Ugarskoga sabora iz 1874. god. *Metarski sustav je u Hrvatsku uveden od 1. siječnja 1876.*

# Dogovor o metru

---

## □ Metarska konvencija

- Definirane su jedinica duljine metar i jedinica mase kilogram u obliku pramjera

- Osnovani su:

**CGPM** (*Conférence Générale des Poids et Mesures*)

Opća konferencija za mjere i utege

**CIPM** (*Comité International des Poids et Mesures*)

Međunarodni odbor za mjere i utege

**BIPM** (*Bureau International des Poids et Mesures*)

Međunarodni ured za mjere i utege



# Dogovor o metru

## DOGOVOR O METRU (1875.)

(Trenutno ima 60 zemalja potpisnica, među njima je i Hrvatska od 2008.)

OPĆA KONFERENCIJA ZA  
MJERE I UTEGE  
CGPM

Skupština ovlaštenih predstavnika zemalja članica potpisnica *Dogovora o metru*, saziva se svake 4 godine.

MEĐUNARODNI ODBOR  
ZA MJERE I UTEGE  
CIPM

CIPM djeluje kroz 10 savjetodavnih odbora (Comité Consultatif, CC).

Predlaže (daje preporuke) CGPM-u, koja svoje dokumente naziva rezolucijama.

Države potpisnice smatraju te rezolucije i preporuke obaveznima.

MEĐUNARODNI URED ZA  
MJERE I UTEGE  
BIPM

NACIONALNI  
MJERITELJSKI INSTITUTI  
NMI

# BIPM

---

- BIPM je stalni znanstveni zavod (Sèvres, Francuska), čijim znanstvenim i tehničkim radom upravlja CIPM
- Njegova je uloga pothranjivanje međunarodnih pramjera, mjeriteljski razvoj te međunarodno uspoređivanje etalona različitih veličina za potrebe zemalja članica



# BIPM - Hrvatska

## The Republic of Croatia

General info.	Quality infrastructure	CIPM MRA	BIPM services	Senior engagement	CBKT
---------------	------------------------	----------	---------------	-------------------	------

See also: the BIPM's institutional links relating to quality infrastructure

→ **Metrology institutes**

- HMI\*\* (Croatian Metrology Institute)
- HMI/DHMZ-SOUL\* (Meteorological and Hydrological Service / Calibration laboratory (DHMZ-SOUL))
- HMI/FER-PEL\* (FER - Primary Electromagnetic Laboratory)
- HMI/FSB-LIMS\* (FSB - Laboratory for Testing of Mechanical Properties)
- HMI/FSB-LPM\* (FSB - Laboratory for Process Measurements)
- HMI/FSB-LPMD\* (FSB - Laboratory for Precise Measurements of Length)
- HMI/IRB-SSDL\* (Secondary Standard Dosimetry Laboratory of the Ruder Boskovic Institute)

→ **National legal metrology authorities**

- State Office for Metrology (DZM)

→ **National accreditation bodies**

- Croatian Accreditation (HAA)

→ **National standards bodies**

- Croatian Standards Institute (HZN)

---

\*\* Signatory of the CIPM MRA ; \* Also participating in the CIPM MRA.

# Redefinicija SI sustava (26. CGPM, 13-16. 11. 2018.)

- Novi međunarodni sustav jedinica (SI) temelji se na definiciji jedinica preko sedam temeljnih stalnica

Defining constant	Symbol	Numerical value	Unit
hyperfine transition frequency of Cs	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9 192 631 770	Hz
speed of light in vacuum	$c$	299 792 458	$\text{m s}^{-1}$
Planck constant	$h$	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$	J s
elementary charge	$e$	$1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$	C
Boltzmann constant	$k$	$1.380\,649 \times 10^{-23}$	$\text{J K}^{-1}$
Avogadro constant	$N_{\text{A}}$	$6.022\,140\,76 \times 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
luminous efficacy	$K_{\text{cd}}$	683	$\text{lm W}^{-1}$

$$1\text{ m} = \left( \frac{c}{299\,792\,458} \right) \text{s} = \frac{9\,192\,631\,770}{299\,792\,458} \frac{c}{\Delta\nu_{\text{Cs}}} \approx 30,663\,319 \frac{c}{\Delta\nu_{\text{Cs}}}$$

$$1\text{ kg} = \left( \frac{h}{6.626\,070\,15 \times 10^{-34}} \right) \text{m}^{-2}\text{s}$$

$$1\text{ kg} = \frac{(299\,792\,458)^2}{(6.626\,070\,15 \times 10^{-34})(9\,192\,631\,770)} \frac{h \Delta\nu_{\text{Cs}}}{c^2} \approx 1.475\,5214 \times 10^{40} \frac{h \Delta\nu_{\text{Cs}}}{c^2}$$



<http://www.bipm.org/en/measurement-units/new-si/>

# SI sustav - sažetak

---

## □ Razlikujemo:

- osnovne jedinice (m, kg, s, A, K, mol, cd)
- imenovane izvedene jedinice (npr. N, W, J, T, Pa, Hz i dr.)
- neimenovane izvedene jedinice (npr. m/s, m<sup>2</sup>, kg/m<sup>3</sup> i dr.)
- jedinice izvan SI čija je primjena dopuštena (npr. h, min, °, l, t, bar i dr.)

## □ Zapis

- uspravno ... posebni brojevi (npr. e,  $\pi$ , j), simboli mjernih jedinica i pripadni predmeci, simboli kemijskih elemenata, simboli operatora
- kurziv (koso) ... simboli fizikalnih veličina, simboli funkcija

# Osnovni mjeriteljski pojmovi

---

- **Mjeriteljstvo (*metrology*)** - znanost o mjerenju
- **Mjerenje (*measurement*)** - skup djelovanja radi određivanja vrijednosti veličine
- **Veličina (*quantity*)** - svojstvo pojave, tijela ili tvari koje omogućuje kvalitativno razlikovanje i kvantitativno određivanje
- **Mjerena veličina (*measurand*)** - pojedina veličina koja se mjeri
- **Utjecajna veličina (*influence quantity*)** - veličina koja nije mjerena veličina, ali utječe na mjerni rezultat
- **Mjerno načelo (*principle of measurement*)** - znanstvena osnova mjerenja
- **Mjerna metoda (*method of measurement*)** - logički slijed djelovanja, opisan općenito, koji se rabi za provedbu mjerenja
- **Mjerni postupak (*measurement procedure*)** - slijed djelovanja, opisan potanko, uključen u provedbu pojedinog mjerenja prema određenoj metodi

# Osnovni mjeriteljski pojmovi

---

- **Prava vrijednost (true value)** - vrijednost u skladu s definicijom zadane pojedine veličine
- **Dogovorna prava vrijednost (conventional true value)** - vrijednost pridijeljena pojedinoj veličini i prihvaćena, katkad dogovorom, da ima nesigurnost primjerenu određenoj svrsi
- **Mjerni rezultat (result of a measurement)** - vrijednost pridijeljena mjerenoj veličini određena mjerenjem
- **Ispravak (correction)** - vrijednost koja kompenzira procijenjenu sustavnu pogrešku ako se algebarski doda neispravljenome mjernom rezultatu
- **Točnost (accuracy of measurement)** - bliskost slaganja mjernog rezultata s pravom vrijednošću mjerene veličine
- **Mjerna nesigurnost (uncertainty of measurement)** - parametar pridružen mjernom rezultatu, koji označuje rasipanje vrijednosti koje bi se razborito mogle pripisati mjerenoj veličini
- **Ponovljivost (repeatability)** - bliskost međusobna slaganja rezultata uzastopnih mjerenja iste veličine obavljenih pod jednakim mjernim uvjetima

# Osnovni mjeriteljski pojmovi

---

- **Obnovljivost (reproducibility)** - bliskost međusobna slaganja rezultata mjerenja iste veličine obavljenih pod različitim mjernim uvjetima
- **Sljedivost (traceability)** - svojstvo mjernog rezultata ili vrijednosti etalona da se, s pomoću neprekinutog lanca usporedbi, koje imaju poznate mjerne nesigurnosti, može dovesti u vezu s referentnom vrijednošću - obično nacionalnim ili međunarodnim etalom
- **Etalon (standard)** - mjera, mjerilo, referentni materijal ili mjerni sustav namijenjeni definiranju, ostvarenju, pohrani ili obnavljanju jedinice, odnosno jedne ili više vrijednosti veličine koje će se rabiti kao referentne
- **Mjerilo (measuring instrument)** - sprava kojom se mjeri, sama ili zajedno s ostalom opremom
- **Razlučivanje (resolution)** - najmanja razlika pokazivanja pokaznika koja se može smisleno razlikovati
- **Referentni uvjeti (reference conditions)** - uvjeti uporabe mjerila propisani za ispitivanje značajki ili za usporedbe mjernih rezultata
- **Umjeravanje (calibration)** - skup djelovanja kojima se osigurava da je dio mjerne opreme skladan zahtjevima za njegovu uporabu



# Nacionalni mjeriteljski instituti (NMI)

---

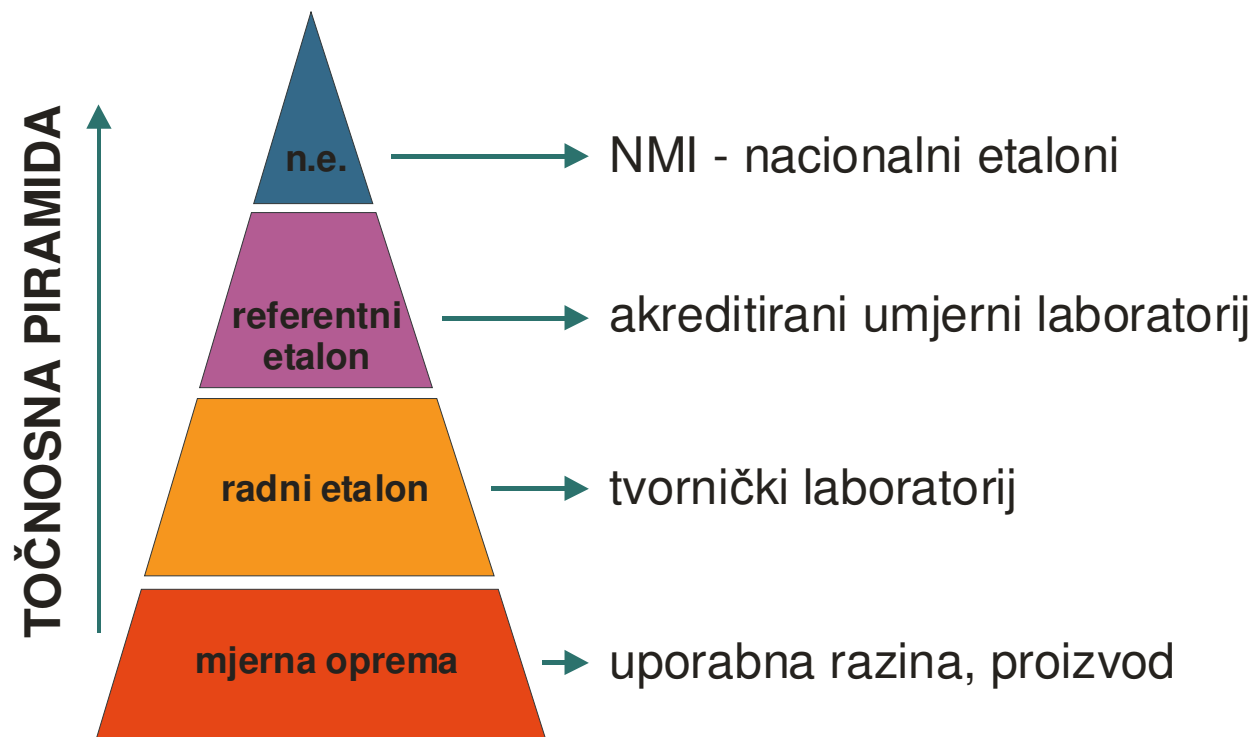
- **NMI-i** su najviši državni autoriteti za mjerenja i istraživanje u području vrhunskog mjeriteljstva
- Jedna od zadaća NMI-a je **pohranjivanje nacionalnih etalona**, prihvaćenih državnom odlukom kao izvora sljedivosti za različite fizikalne veličine u državi
  - NMI-i osiguravaju **sljedivost prema međunarodnim etalonima**, odnosno **međunarodnu usporedivost primarnih etalona**
- Svaka država zasebno organizira svoju (nacionalnu) mjeriteljsku službu kroz **sustav akreditiranih mjeriteljskih laboratorija** koji pak, u regionalnom okviru, provode **međusobne usporedbe**.

# NMI - mjeriteljska sljedivost

---

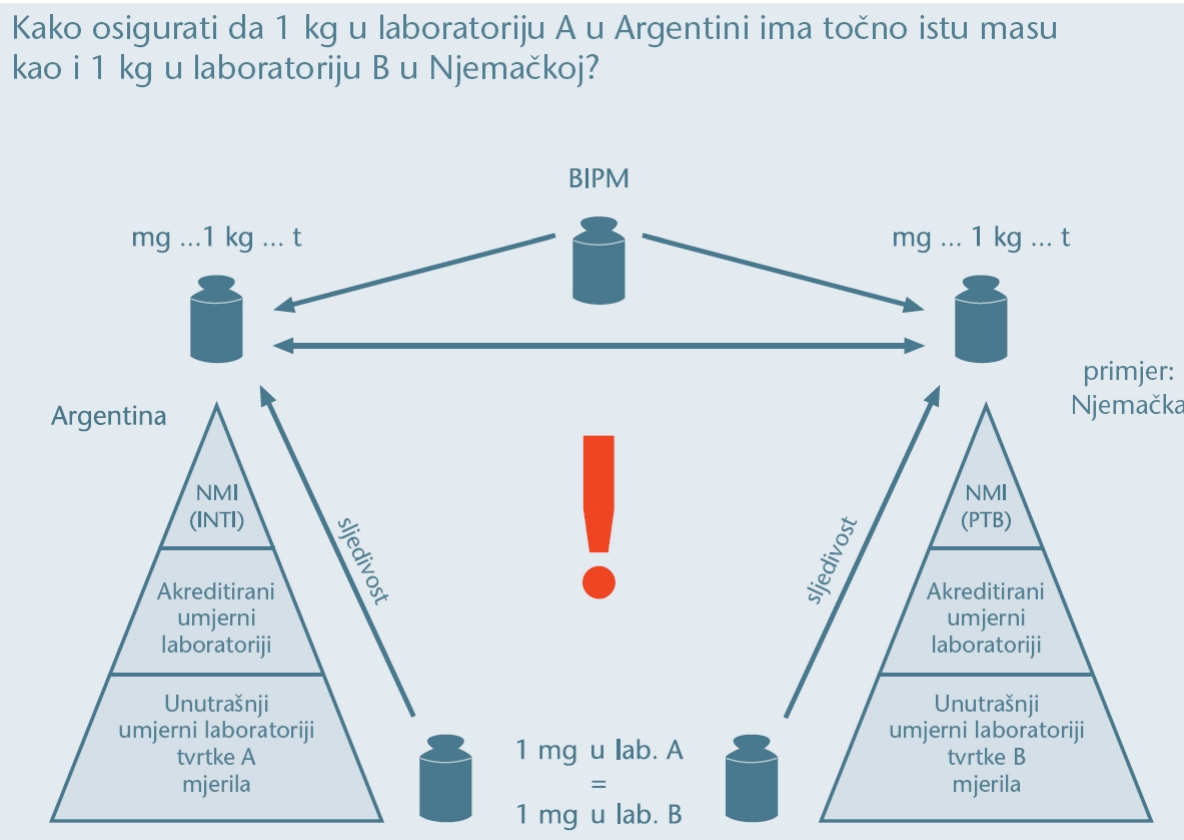
## □ Sljedivost (eng. *traceability*)

Svojstvo mjernog rezultata ili vrijednosti etalona da se s pomoću neprekinutog lanca usporedbi, koje imaju poznate mjerne nesigurnosti, može dovesti u vezu s referentnom vrijednošću - obično nacionalnim ili međunarodnim etalomom



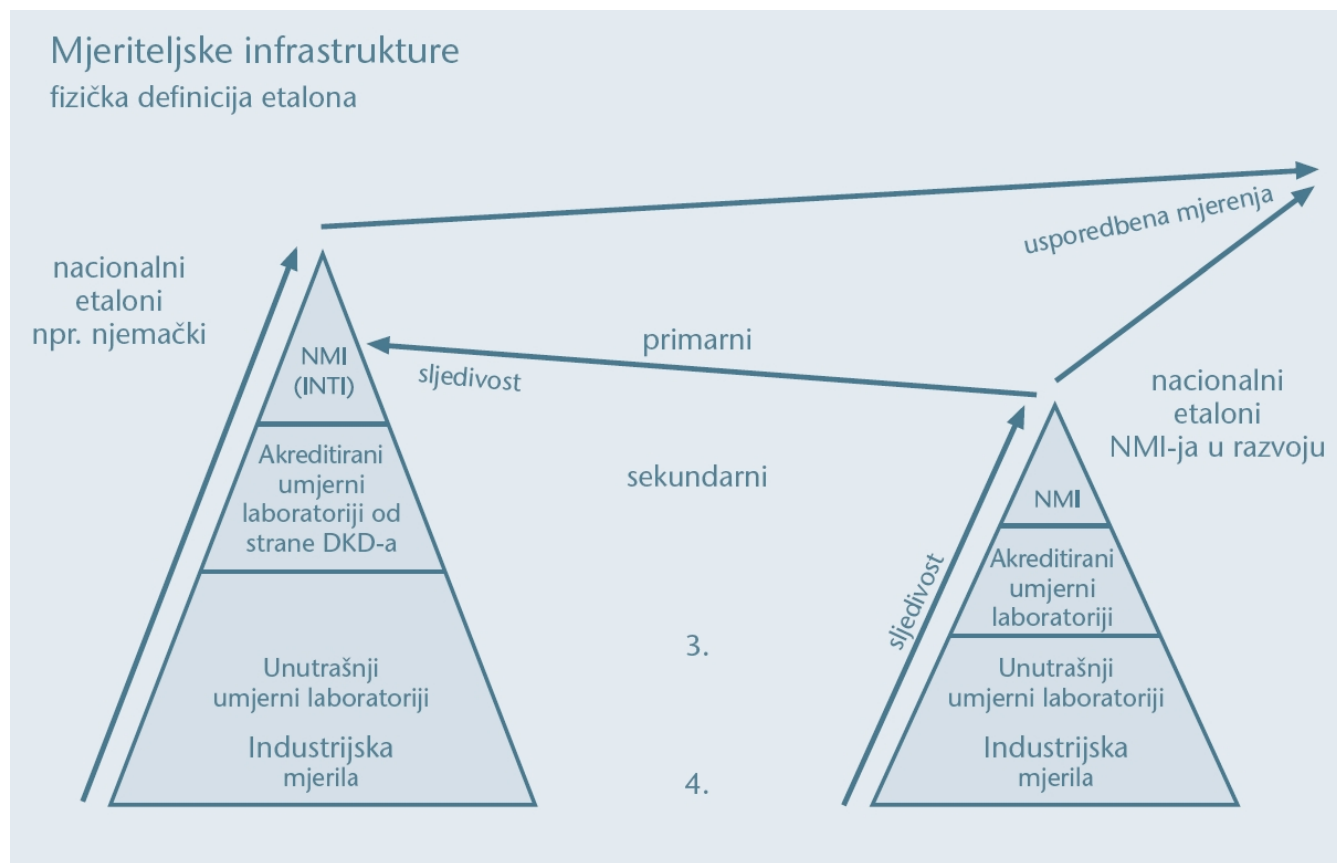
# NMI - mjeriteljska sljedivost

- **Primarni mjerni etaloni** su tvarne mjere, mjerila, mjerni sustavi ili referentne tvari koje definiraju ili ostvaruju mjernu jedinicu u najvećoj točnosti.
- Ostale razine točnosne piramide zahtijevaju **sljedivost** prema primarnome etalonu s padajućim redom mjernih nesigurnosti.



# NMI - mjeriteljska sljedivost

- NMI-i u državama s manjim zahtjevima ili razmjerno niskim zahtjevima nesigurnosti ne trebaju nužno imati primarne etalone kao svoje mjerne etalone, pod uvjetom da su njihovi **referentni etaloni sljedivi** prema primarnim etalonima međunarodno priznatog NMI-ja.



# Nacionalni mjeriteljski instituti (NMI)

---

- Prvi je osnovan u Njemačkoj 1887. (PTR, danas PTB), slijede engleski NPL (1900.), američki NBS (danas NIST, 1901.), i dr.
  - Nije slučajno da vodeći svjetski instituti (PTB, NIST, NPL, IEN, KRISS, i dr.) pripadaju industrijski najrazvijenijim zemljama
  - NMI-i su povezani u regionalne mjeriteljske organizacije prema zemljopisnoj pripadnosti

## REGIONALNE MJERITELJSKE ORGANIZACIJE (RMO)

- Europa: EURAMET
- Amerika: SIM (NORAMET, CAMET, ANDIMET, SURAMET, CARIMET)
- Azija: APMP
- Juž. Afrika: SADCMET
- Srednja i istočna Europa: COOMET (Coopération Métrologique)
- Bliski istok i sjeverna Afrika: MENAMET (Middle East and Northern Africa Metrology)













# EURAMET

---

- **EURAMET** je europska RMO u kojoj surađuju NMI-i iz EU, uključivši Europsku komisiju, EFTA-u i pridružene članice EU
  - Od 1. srpnja 2007. slijednik je EUROMET-a (koji je osnovan potpisivanjem Memoranduma o međusobnom razumijevanju - Memorandum of Understanding, MoU - 23. rujna 1987. u Madridu)
  - 38 zemalja članica
  - EURAMET-ovi partneri: druge RMO, BIPM, organizacije EA, EUROLAB
  - Koordinira suradnju europskih nacionalnih mjeriteljskih instituta (NMI) u području istraživanja u mjeriteljstvu, sljedivosti mjerenja prema SI jedinicama te međunarodnom prihvaćanju "Calibration and Measurement Capabilities" (CMC, mjernih mogućnosti) članica
  - Odgovoran je za razradu i *provođenje* *European Metrology Programme for Innovation and Research* (EMPIR) projekata

# EURAMET

## 12 Tehničkih odbora (TC – Technical Committee)

 <b><u>TC-AUV</u></b> Acoustics, Ultrasound and Vibration	 <b><u>TC-EM</u></b> Electricity and Magnetism	 <b><u>TC-F</u></b> Flow	 <b><u>TC-IR</u></b> Ionising Radiation	 <b><u>TC-L</u></b> Length	 <b><u>TC-IM</u></b> Interdisciplinary Metrology
 <b><u>TC-M</u></b> Mass and Related Quantities	 <b><u>TC-MC</u></b> Metrology in Chemistry	 <b><u>TC-PR</u></b> Photometry and Radiometry	 <b><u>TC-T</u></b> Thermometry	 <b><u>TC-TF</u></b> Time and Frequency	 <b><u>TC-Q</u></b> Quality

- Tehnički odbori su forumi za znanstvenu i tehničku suradnju.
- Suradnju čine: združena istraživanja, provedbe usporedbi, osiguravanje sljedivosti, konzultacije o mogućnostima (oprema, uređaji), i dr.

# KC (Key Comparisons) - ključne usporedbe

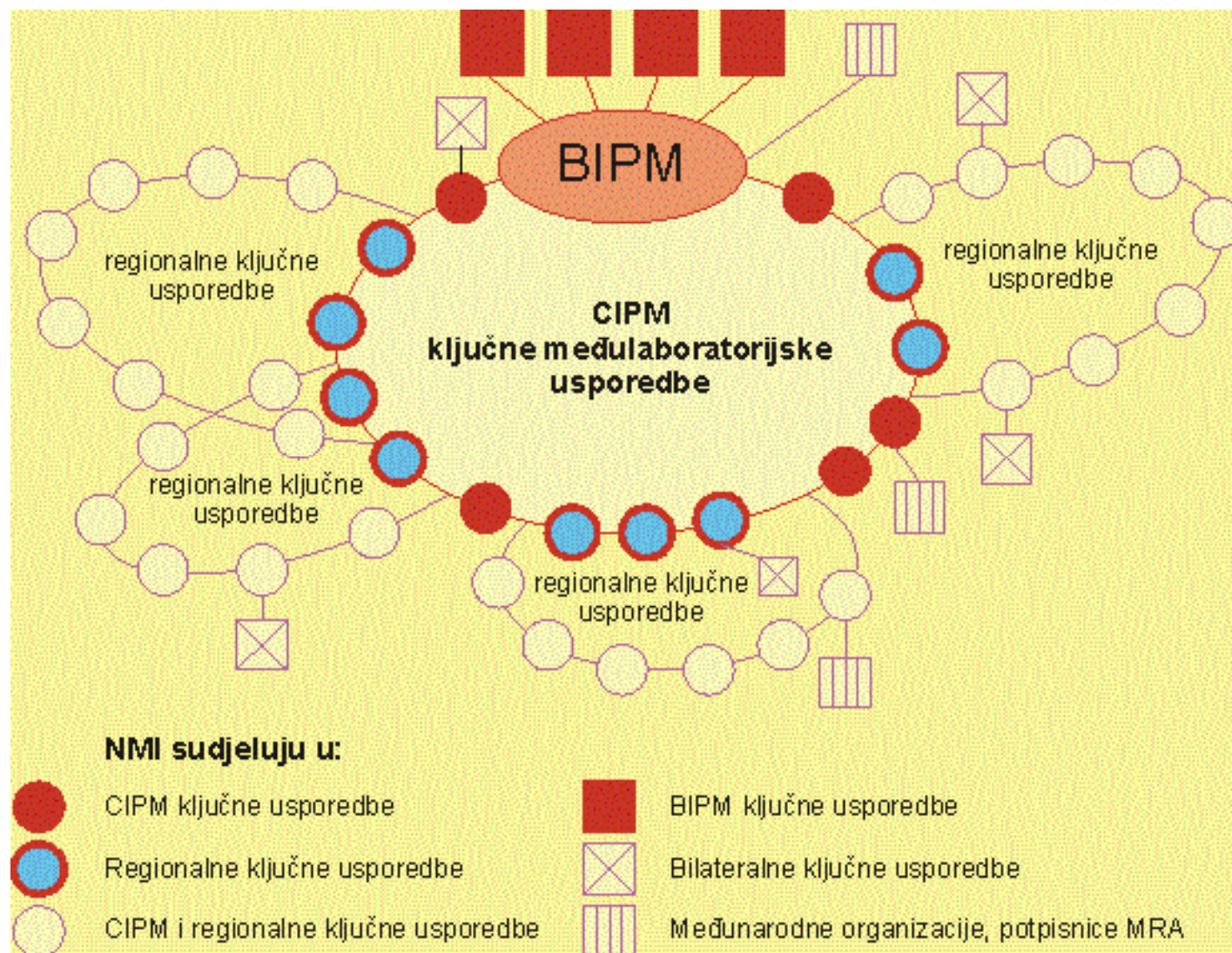
---

- Provode se pod okriljem BIPM, CC i/ili RMO
- Svaka KC ima svoju oznaku (npr. BIPM.EM-K12, CCEM-K1, i dr.)
- Dvije zadaće KC:
  - osiguranje jednakosti nacionalnih etalona
  - provjera iskazane mjerne nesigurnosti od NMI-a

Napomena: Ne postoji “Vodič” za određivanje referentne vrijednosti ključne usporedbe (*Key Comparison Reference Value*, KCRV)



# KC (Key Comparisons) - ključne usporedbe



# MRA

## SPORAZUM O MEĐUSOBNOM PRIZNAVANJU (MRA)

- 14.10.1999. u Parizu su direktori NMI-a 38 zemalja potpisnica *Dogovora o metru*, te još dviju međunarodnih organizacija, potpisali MRA (*Mutual Recognition Arrangement*), tj. **Sporazum o međusobnom priznavanju nacionalnih etalona i umjernica koje izdaju NMI-i**
- Potaknut je rezolucijom s 20. zasjedanja CGPM (1995.) kojom se NMI-i pozivaju na povećanje suradnje, te BIPM i RMO-e na poboljšanje sljedivosti etalona širom svijeta

### Svrha:

- ostvarivanje stupnja ekvivalentnosti nacionalnih etalona pohranjenih u NMI-ima
- osiguravanje međusobnog priznavanja umjernih i kalibracijskih dokumenata izdanih od strane NMI-a
- osiguravanje vladama i ostalim strankama pouzdane tehničke osnove za šire sporazume koji se odnose na međunarodnu trgovinu, promet i zakonodavstvo

# Mjeriteljstvo u RH

## Sustav nacionalnih umjernih laboratorija (NUL)



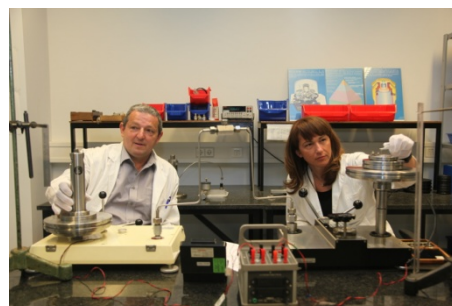
### **HMI/FER – PEL**

(Primarni elektromagnetski laboratorij - Fakultet elektrotehnike i računarstva)



### **HMI/FSB – LIMS**

(Laboratorij za ispitivanje mehaničkih svojstava - Fakultet strojarstva i brodogradnje)



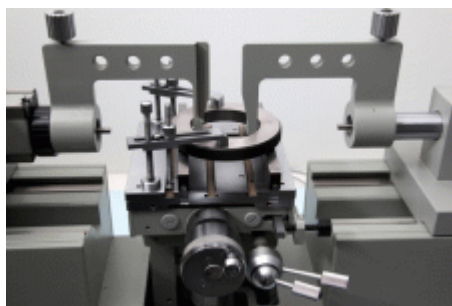
### **HMI/FSB – LPM**

(Laboratorij za procesna mjerenja - Fakultet strojarstva i brodogradnje)



### **HMI – gustoća**

(Laboratorij za gustoću - Državni zavod za mjeriteljstvo)



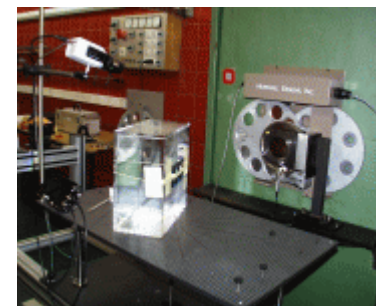
### **HMI/FSB – LPMD**

(Laboratorij za precizno mjerenje dužina - Fakultet strojarstva i brodogradnje)



### **HMI – masa**

(Laboratorij za masu - Državni zavod za mjeriteljstvo)



### **HMI/IRB – SSDL**

(Sekundarni standardni dozimetrijski laboratorij – Institut Ruđer Bošković)