

**SLOŽENA VREMENSKI OVISNA SLJEDIVOST**  
**COMPLEX METROLOGICAL TIMELINES DEPENDENT**  
**TRACEABILITY**

**Nermina Zaimović-Uzunović, van.prof.**  
**Samir Lemeš, asistent**  
**Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet u Zenici**  
**Fakultetska br 1., 72000 Zenica**  
**nzaimovic@mf-ze.unsa.ba**  
**slemes@mf-ze.unsa.ba**

**Key words:** calibration, measurement uncertainty, traceability

**REZIME**

*Nacionalni metrološki instituti treba da obezbijede jedan ili više sistema kojima se postiže provjera primarnog mjernog standarda. Mjerni sistemi kojima se to postiže mogu biti jednostavni ili složeni (kompleksni). I jedni i drugi mjerni sistemi metroloških laboratorija sadrže metrološke događaje koji se dešavaju u nekom vremenskom intervalu. U radu je postavljena i diskutovana složena vremenski ovisna sljedivost i upoređena sa jednostavnom.*

*Ključne riječi: kalibracija, mjerna nesigurnost, sljedivost*

**SUMMARY**

*National metrologies institutes have to provide one or more systems to carry out and control the primary measurement standard. Measuring systems for reaching that aims may be simple or complex. Both of them, the simple as well as complex compris of metrological events which occur in time period. In this paper complex metrological time dependent traceability is presented, discussed and compared to the simple one.*

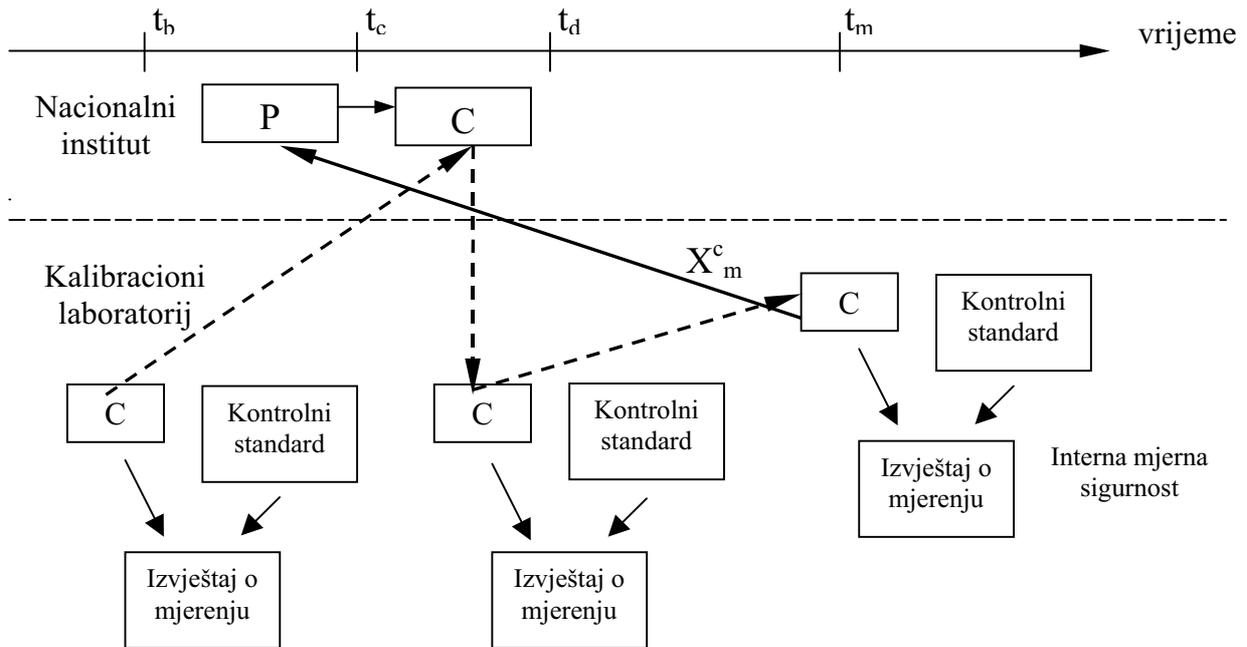
**1. UVOD**

Sljedivost predstavlja put povezivanja rezultata mjerenja ili vrijednosti standarda sa višim nivoom standarda. Poređenje standarda predstavlja postupak analize mjerne nesigurnosti. To se odvija u nacionalnim institutima koji su iz istog razloga mjerne sljedivosti vezani sa internacionalnim. Svaki nacionalni institut treba da obezbijedi jedan od više mogućih sistema, kojima se postiže provjera primarnog mjernog standarda. Postupak kontrole standarda predstavlja metrološki događaj kojise odvija u vremenu. Isto tako, više metroloških događaja smješteno je u nekom vremenskom intervalu. Dužine događaja zavise od niza faktora. Prvi metrološki događaj je trenutak u kom je primarni standard P spreman za korištenje. Standard može biti mjerni instrument, referentni sistem ili mjerni sistem. Cilj je odrediti karakteristike primarnog standarda, tj. procijeniti mjernu nesigurnost koja se pridružuje mjernim rezultatima. Drugi metrološki događaj predstavlja kontrolu skupa kontrolnih standarda koja se vrši primarnim standardom. Kontrolni standardi C moraju biti dovoljnog kvaliteta (stabilnost, ponovljivost, rezolucija) da bi se mogli koristiti za uočavanje eventualnih promjena karakteristika primarnog standarda. Treći metrološki događaj predstavlja kalibraciju istih kontrolnih standarda a za to se koristi primarni standard. Ponavljanjem istih mjerenja i posmatranjem promjena u mjernim rezultatima u toku vremena može se formulirati stabilnost i ponovljivost primarnog standarda. Stabilnost i ponovljivost sistema standarda su važne komponente nesigurnosti u konačnoj izvavi o sljedivosti.

Sljedivost može biti vremenski jednostavna ili složena. Izvještaj sadrži vrijednost mjerenja  $X$  i njoj pridruženu mjernu nesigurnost. Ako se radi o primarnom standardu  $P$  i kontrolnom  $C$  onda je rezultat mjerenja zbir vrijednosti mjerenja  $X$  i mjerne nesigurnost  $U$  primarnog standarda  $P$  ili kontrolnog  $C$ . Ovo je slučaj jednostavne vremenske sljedivosti.

## 2. SLOŽENA METROLOŠKA VREMENSKA SLJEDIVOST

Složena metrološka vremenska sljedivost predstavlja vezu ne samo primarnog i kontrolnog standarda u nacionalnom institutu nego i povezanost i sljedivost standarda nacionalnog instituta i standarda u kalibracionim laboratorijama.



SLIKA 1. METROLOŠKA VREMENSKA LINIJA POKAZUJE SLJEDIVOST MJERNIH REZULTATA U KALIBRACIONIM LABORATORIJAMA I NACIONALNOM INSTITUTU.

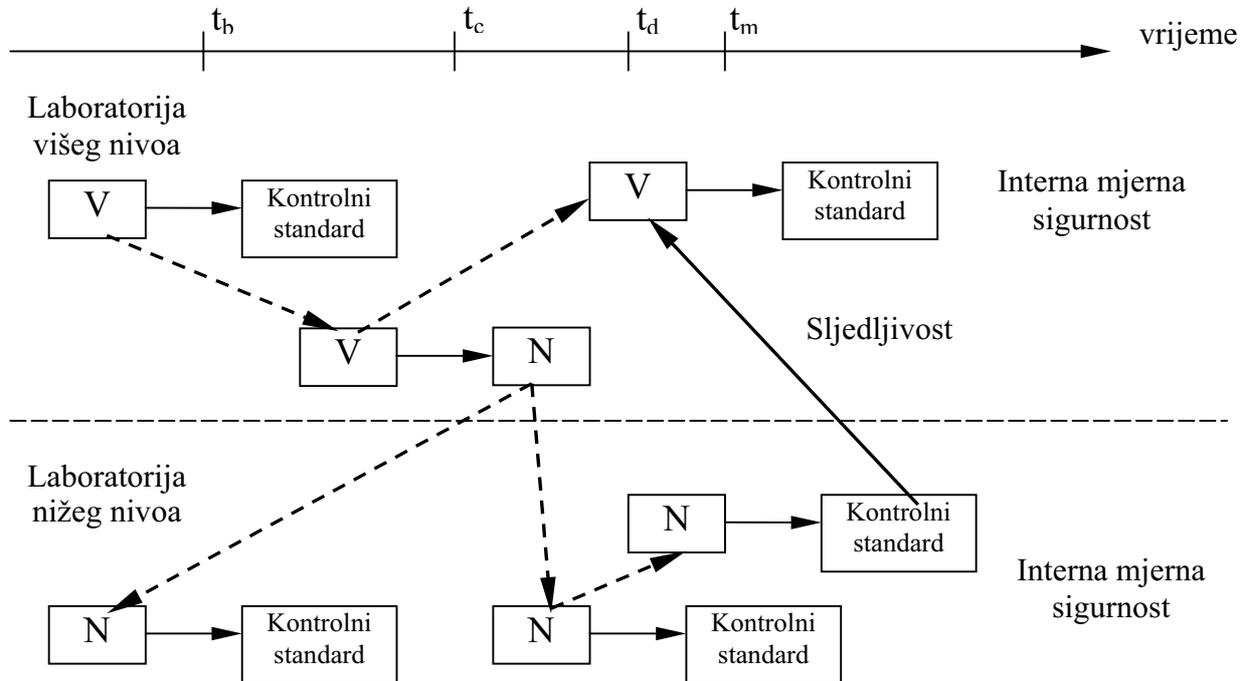
Na slici 1. prikazano je da kalibraciona laboratorija teži da uspostavi sljedivost mjernog rezultata  $X_m^c$  dobivenog dok se koristio referentni standard  $P$  kalibracione laboratorije. To se dešava u momentu  $t_m$ . Također je sa slike 1. očigledno da su metrološki događaji relevantni za sljedivost mjernih rezultata dobiveni u vrijeme  $t_m$  zabilježeni i u ranijim terminima  $t_b$ ,  $t_c$ ,  $t_d$ . Vrijeme  $t_c$  je vrijeme u kome se kalibrira kontrolni standard  $C$  pomoću primarnog  $P$ . Vrijeme  $t_b$  je vrijeme koje prethodi  $t_c$  u kom je kontrolni standard  $C$  karakterisan u kalibracionoj laboratoriji kao dio procesa interne mjerne sigurnosti koja uključuje kalibracioni mjerni izvještaj i kontrolu standarda.

Vrijeme  $t_d$  je vrijeme kada se  $C$  koristi kao dio interne sigurnosti mjernog sistema u kalibracionoj laboratoriji na isti način koji je koristen u vremenu  $t_b$ .

Aktivnosti uadene u vremenu  $t_b$  i  $t_d$  su potrebne kako bi se uspostavila pouzdanost i sljedivost. Ove aktivnosti omogućavaju da se kalibraciona laboratorija verificira tj. da se pokaže da  $C$  nije pokvaren ili oštećen ispod prihvatljivih granica, što se može desiti u toku transporta do nacionalnog instituta ili od njega. Verifikacija kontrolnog standarda  $C$  predstavlja poređenje rezultata dobivenih korištenjem  $C$  na isti način u trenucima  $t_b$  i  $t_d$ .

Isprekidanim linijama označen je redoslijed korištenja kontrolnog standarda u navedenom vremenskom periodu. Mjerna sljedivost pokazana je punom linijom koja odgovara mjernom rezultatu  $X_m^c$  dobivenom u vrijeme  $t_m$  u odnosu na standard  $P$  koji postoji u vrijeme  $t_c$ . Zbog jednostavnosti sljedivi rezultat mjerenja  $X_m^c$  je dobiven za vrijeme postupka uzimanja podataka za potrebe osiguranja interne mjerne sigurnosti.

Kada se umjesto referentnog standarda C izvrši neko drugo mjerenje u trenutku  $t_m$  za koje se također želi postići sljedivost u odnosu na P tada za to mjerenje trebe uzeti više podataka kako bi se ostvarila interna mjerna sljedivost. Tačke  $t_b$ ,  $t_c$ ,  $t_d$ ,  $t_m$  metroliške vremenske linije predstavljaju važne elemente za veze sljedivosti. Za složenije relecije koristi se slučaj prikazan na slici 2.



SLIKA 2. HIJERARHIJA SLJEDIVOSTI U LABORATORIJAMA VIŠEG I NIŽEG NIVOVA

Slika 2. prikazuje laboratoriju nižeg nivoa hijerarhijske sljedivosti, koja šalje referentni standard N u laboratorij višeg nivoa. Kalibracija treba da se obavi u odnosu na referentni standard V u laboratoriji višeg nivoa. Mjerna sigurnost sistema obje laboratorije je tačno naznačena iako nije prikazana na slici.

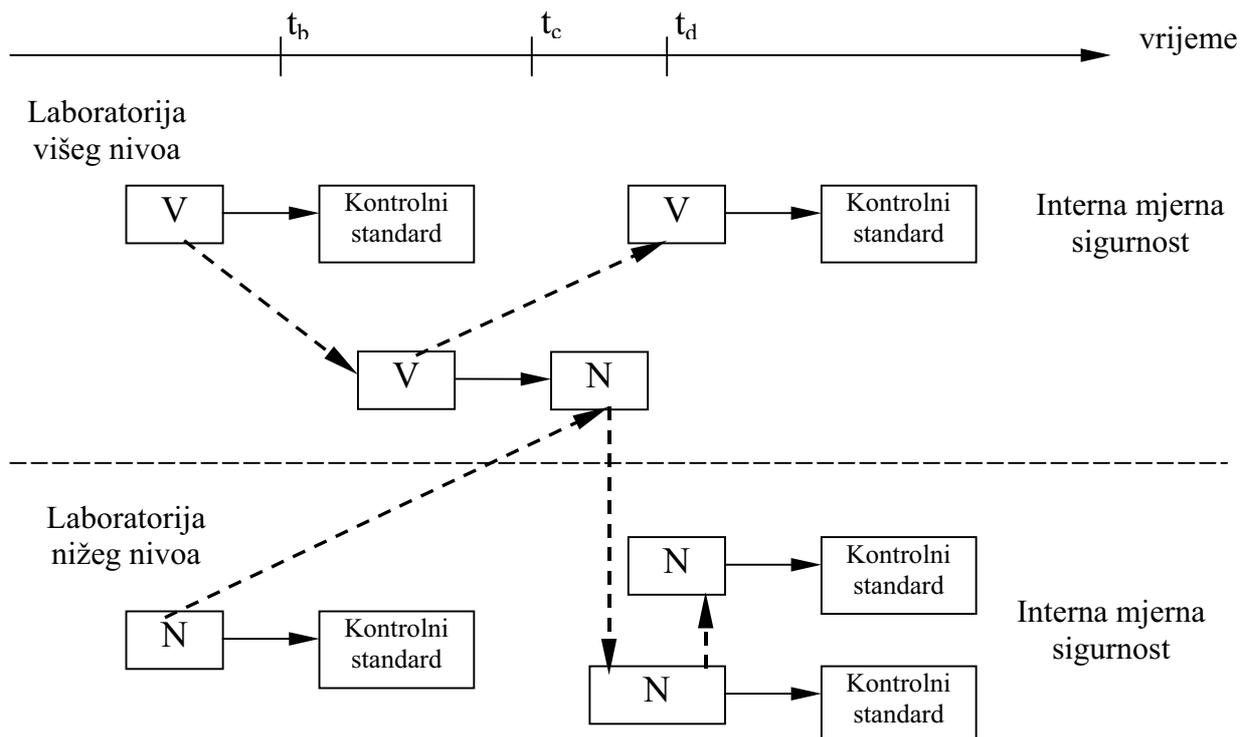
Zavisno od toga da li postoji vjerovatnoća da se kalibracija standarda višeg nivoa V mijenja značajno između vremena  $t_c$  i  $t_m$  laboratorija nižeg nivoa može zahtijevati da se pokaže sljedivost mjernog rezultata u odnosu na V kakav je bio u vrijeme  $t_m$  (pokazano punom strelicom). Laboratorija nižeg nivoa može tražiti izjavu sljedivosti mjernog rezultata u odnosu na V koji je postojao u vrijeme  $t_c$ , a to je onda kada je referentni standard niže laboratorije bio kalibriran prema standardu više laboratorije. U oba slučaja može se dati izjava o sljedivosti. U opštem slučaju mjerne vrijednosti sa pridruženim nesigurnostima u izjavama o sljedivosti bice različite.

Na slici 3. prikazana su oba puta mjerne sljedivosti. Pri tom su sljedivosti označene kao sljedivost 1 i sljedivost 2.

Vremenski određene aktivnosti mjerne sljedivosti pomažu vršiocima mjerenja da vizualiziraju razlike između različitih izveštaja sljedivosti.

### 3. IZJAVA O SLJEDIVOSTI

Korištenje sljedivosti rezultata mjerenja služi da se dobije odgovor na pitanje: Koje korekcije treba primijeniti na mjerni rezultat dobiven u datom vremenu ispitivanim instrumentom kako bi se dobio rezultat kao onaj dobiven korištenjem mjernog standarda u odnosu na koji se treba ostvariti sljedivost? Postavlja se pitanje: Šta je nesigurnost korigovanog rezultata mjerenja? U izjavi o sljedivosti metrološki događaji su postavljeni jasno čak i za najjedostavnije stavove sljedivosti.



SLIKA 3. DVA MOGUĆA PUTA SLJEDIVOSTI ZA MJERNE REZULTATE DOBIVENE U LABORATORIJAMA VIŠEG I NIŽEG NIVOVA.

Predstavljen je neprekidni lanac mjerenja i relacija nesigurnosti između mjerenja za koje se nesigurnost traži i standarda prema kojem se određuje sljedivost. Izjava o sljedivosti sadrži i sva objašnjenja parametara za postupak mjerenja. Metrološka vremenska linija, kontrolne karte i bilježenje detalja svih metrološki relevantnih parametara pridruženih korištenim instrumentima ili standardima uključeni u svaki korak duž ovog puta. To su važni alati kojima se može opisati kako se nesigurnost pridružuje rezultatu. U izjavi o sljedivosti navode se iskustva opisana u postupku mjerenja, te stepen do kojeg mjerenje i relacije moraju biti dokumentovani. Sve navedeno može se mijenjati u dijelu koji se odnosi na troškove. Npr. manja pažnja može se posvetiti nestabilnosti standarda ako se uoči da su promjene nesigurnosti male. To se može zaključiti na osnovu poređenja nesigurnosti.

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana kontrola standarda za laboratorije različitih nivoa sljedivosti. Dat je složeni pristup određivanja mjerne sljedivosti i sve to prikazano u vremenskom području.

#### 5. LITERATURA

- [1] International Vocabulary of Basic and General terms in Metrology, 1993, Geneva
- [2] C. Ehrlich, S. Rosbery, Metrological Timelines in Traceability, I. Res. Nist. Stand. Technol. Vol .103, 1998, p. 93
- [3] Guide to Expression of Uncertainty in Measurement, first edition, Geneva, 1993. Corrected and printed, 1995.
- [4] Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results, Nist Technical Note 1297, 1994 Edition, 20pp.