

UTICAJ VREMENA NA MJERNU SLJEDLJIVOST U NACIONALNIM LABORATORIJAMA

INFLUENCE OF TIME ON TRACEABILITY IN NATIONAL INSTITUTES

NERMINA ZAIMOVIĆ-UZUNOVIĆ

**Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet u Zenici, Fakultetska broj 1.
72000 ZENICA, e-mail: nzaimovic@yahoo.com**

REZIME

Sljedljivost predstavlja put povezivanja rezultata mjerenja ili vrijednosti standarda sa višim nivoom standarda. Standardi mogu biti nacionalni ili internacionalni i njihovo poređenje u suštini predstavlja postupak analize mjerne nesigurnosti. Tokom vremena standardi i mjerni instrumenti su izloženi promjenama. Činjenica je da se te promjene odvijaju relativno sporo u toku vremena, ali u samom pristupu mjernoj sljedljivosti vremenska zavisnost promjena je važan faktor u mjernoj sljedljivosti. U cilju pojašnjenja vremenske zavisnosti promjene u mjernoj sljedljivosti izvršena je vizualizacija tokova i položaja određenih radnji.

U radu su prikazani metrološki događaji u funkciji vremena karakteristični za nacionalne metrološke institucije, veze sa internom sigurnošću mjernog sistema i metrološka vremenska zavisnost sistema kalibracione laboratorije.

Ključne riječi: kalibracija, mjerna nesigurnost, sljedljivost.

SUMMARY

Traceability provides a way of relating results of measurement or value of standard to higher level standards. Standards are usually national or international and the comparisons used to provide the way of analysis of measurement uncertainty. During the time period of usage measurement instruments are exposed to changes. It is the fact the changes are relatively slow in a time. In a basic approach to traceability instruments and equipment change in time and have important role in traceability. Use of metrological timelines provides a means of effectively visualizing these relationships.

In this paper metrological events in function of time are presented. These events are characteristics for national metrological institutes as well as connections with interim certainty of measuring systems in calibration laboratories.

Ključne riječi: calibration, measurement uncertainty, traceability.

1. UVOD

Ekonomski tokovi u svijetu između ostalog zahtijevaju i koherentan mjerni sistem u kom se konzistentnost mjerenja jednostavno pokazuje i održava. Klasična sljedljivost daje put kojim se povezuju rezultati mjerenja ili vrijednosti standarda sa višim nivoom standarda. Sve postavke u mjernoj sljedljivosti su definisane tako da su jasne i da pokazuju jedinstvo poređenja.

Instrumenti i standardi se mijenjaju u toku vremena. Promjene su istina vrlo spore ali se one u nekom vremenskom periodu mogu pojaviti. Proizvođači roba trebaju takav nivo sljedljivosti koji će kupcima pokazati tačne performanse proizvoda i materijala. Osim tog vlade svih zemalja zahtijevaju uspostavljanje sljedljivosti koja obezbjeđuje javnu sigurnost. Vojni servisi trebaju mjernu sigurnost kako bi se obezbjedio mjerni sistem koji omogućava zaštitu ljudskih života.

Sljedljivost se rijetko javlja zasebno. Obično je to dio većeg sistema koji podrazumijeva i druge parametre kao što su: zamjenjivost određenih dijelova, kvalitet sistema u proizvodnji npr. farmaceutskih proizvoda ili npr. sigurnost u kontroli zračnog saobraćaja.

Da bi se ovo postiglo potrebno je znati nesigurnosti mjerenja kako bi variranje rezultata smanjivalo, a time dobili bolji proizvodi i usluge.

Obezbjedenje nacionalne mjerne infrastrukture sa što tačnijim i boljim mjernim mogućnostima povjereno je nacionalnim metrološkim ustanovama. Poređenje mjerenja i mjernih nesigurnosti pridruženih mjerenjima vrši se sa takvim istim mjerenjima koja se izvode u institucijama drugih zemalja. Zahtjevi koji se postavljaju za mjerenje tačnosti, u stvari, predstavljaju ne samo mjerne rezultate nego i njima pridružene nesigurnosti rezultata.

Ako bi se postupalo prema navedenom principu za sva mjerenja određenog tipa u jednoj zemlji trebalo bi koristiti isti nacionalni standard u svakoj laboratoriji. Ovo je potpuno nepraktično zbog obima mjerenja koja se vrše.

U slučajevima kada se vrše industrijska mjerenja svako treba da je urađeno sa tačnošću dovoljnom da zadovolji namjeru za koju je vršeno. Jedan od načina da se ovo uradi je uspostavljanje veze rezultata mjerenja koji su dobiveni na instrumentima za industrijska mjerenja i instrumentima u nacionalnim laboratorijama koja su dobivena prema odgovarajućim standardima. Krajnji cilj je "tačno" mjerenje tj. mjerenje sa prihvatljivom nesigurnošću za posmatrani standard. Sljedljivost predstavlja dio tog cilja. Formalizam koji postoji u sklopu sljedljivosti je alat kojim se obezbjeđuju ove mjerne relacije. To je proces u kom se dobiju prihvatljiva mjerenja sa jasnim nesigurnostima koje su dokumentovane na nivou prihvatljivom za korisnike i vršioce mjerenja. Postupak sljedljivosti predstavlja odgovore na pitanje: "Koje korekcije treba pridružiti dobivenom mjerenom rezultatu u datom vremenu i sa datim instrumentom kako bi se rezultati složili sa onima dobivenim korištenjem instrumenata (standarda) u odnosu na koji se želi postići mjerna sljedljivost? Šta je nesigurnost ovako korigovanog mjernog rezultata?"

U industrijskim uslovima rezultat mjerenja i njegova sljedljivost mogu biti korisni čak i kada je nesigurnost relativno velika. Korisnik rezultata je taj koji će utvrditi prihvatljivu veličinu mjerne nesigurnosti za specifične primjene rezultata mjerenja.

2. PROŠIRENA DEFINICIJA MJERNE SLJEDLJIVOSTI

Definicija mjerne sljedljivosti je data 1993. u VIM-u (International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology) i glasi: "Vrijednost rezultata mjerenja ili vrijednost standarda gdje ista može biti u vezi sa postojećim referencama obično nacionalnim ili internacionalnim standardom održava se kroz neprekinut lanac poređenja svih navedenih nesigurnosti."

Kasnije je definicija sljedljivosti proširena u smislu da sljedljivost postoji samo kada je skupljena strogo naučna evidencija koja pokazuje da je mjerenje kontinuirano i dokumentovano rezultatima za koje je određena totalna mjerna nesigurnost. Također je naglašeno da je pojedinačni rezultat mjerenja važan za uspostavljanje veze između nesigurnosti samo preko ograničenog vremenskog intervala te da se zahtijevaju direktna mjerenja u određenom vremenskom periodu.

U radu je, a u skladu sa ovim principom pokazano potvrđivanje tačnosti mjerenja uz korištenje kontrolnih standarda. To zahtijeva puno prikazivanje utvrđenih nesigurnosti koje treba da budu u okviru navedenog i prihvaćenog nivoa kada se utvrđuje dugoročna sljedljivost. Nesigurnost mjerenja ne može se utvrditi bez prikazivanja sljedljivosti i međusobne zavisnosti. Detalji u mjernim procedurama koje treba postaviti kod sljedljivosti zavise od relativnih nivoa nesigurnosti uključenih u standarde. Za postizanje sljedljivosti važna je vremenska određenost svih relevantnih mjernih događaja u postupku mjerenja. Niz ovih aktivnosti čine lanac poređenja u "izjavi o sljedljivosti."

Sljedljivost nije osobina instrumenta ili laboratorije nego predstavlja osobinu procesa koji uključuje instrumente i laboratorije. U toku procesa neophodno je specificirati rang operacija koje se vrše na instrumentu ili promjenljive metrološke varijable i rangove za laboratoriju na koju se primjenjuje uslov sljedljivosti. Iz cijelog postupka sljedljivosti vidi se da je sljedljivost osobina rezultata mjerenja a ne instrumenta i laboratorije jer svaki rezultat mjerenja ima vlastitu nesigurnost pridruženu rezultatu i specifičnu za okolnosti u kojima je ta nesigurnost dobivena.

Najvažniji aspekt mjernog procesa je dobivanje mjerenja na "ispravan način" na nekom nivou. Sva mjerenja zavise od vremena. U sljedljivosti se definiše mjerni proces i pridružene mjerne nesigurnosti za trenutni mjerni rezultat i one moraju biti stalno validne u dokumentaciji koja prati sljedljivost.

Provjeravanje mjerne nesigurnosti predstavlja suštinu uspostavljanja sljedljivosti mjernih rezultata. Zbog toga je naročito važno uspostaviti tehnike za provjeru mjerne nesigurnost pod različitim uslovima mjerenja. Isto tako je važno prihvatiti i usvojiti mjerne nesigurnosti pod različitim uslovima mjerenja.

To je već urađeno za tehnike i provjere mjerne nesigurnosti posebno u uslovima kada je vrijeme konstantno i štampano u GUM (Guide to Expression of Uncertainty in Measurement). Ovo podrazumjeva da su mjerne nesigurnosti date za diskretne mjerne događaje tj. za vremenske intervale koji su veoma kratki u poređenju sa periodom u okviru kog bi se mjerne veličine mogle promijeniti.

U postupku se polazi od nacionalnog standarda koji je potrebno posebno održavati na zadovoljavajućem nivou kako bi se minimizirali poslovi prikazivanja sljedljivosti prema nacionalnim standardima. Kod nižih nivoa sljedljivosti ne uzima se u obzir stabilnost nacionalnih standarda. Stabilnost se uzima u obzir samo u rijetkim slučajevima gdje se

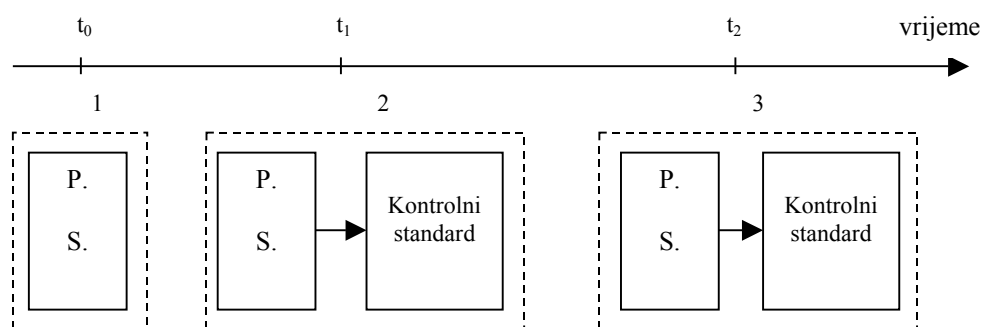
zahtijevaju ekstremno male nesigurnost kao što je npr. razvoj nove internacionalne temperaturne skale pa se moraju izvršiti korekcije za takve promjene.

Laboratorije nižeg nivoa od nacionalnog nivoa trebaju imati potvrdu o mjenoj sigurnosti kako bi pokazale da posjeduju sljedljivost u odnosu na nacionalni standard.

U radu su navedene tahnike koje se mogu primijeniti i na druge nivoe laboratorije. Nesigurnost se može reducirati zavisno od nivoa korištenja mjernih rezultata

3. VREMENSKI SLIJED METROLOŠKIH DOGAĐAJA

Nacionalna metrološka institucija treba da obezbjedi jedan od više mogućih sistema kojima se postiže provjera primarnog mjernog standarda. Svi metrološki događaji raspoređeni su u vremenu i prikazani na slici 1.



P.S. – primarni standard

1 – prvi metrološki događaj

2 – drugi metrološki događaj

3 – treći metrološki događaj

Slika 1. Raspored metroloških događaja u nacionalnoj metrološkoj instituciji

Na slici je dat raspored metroloških događaja ali ne i vrijeme trajanja svakog od njih kao ni vremenski interval između metroloških događaja. Dužine događaja zavise od niza faktora kao što je npr. postojeća dokumentacija koja tačno daje detalje svake radnje koju treba izvršiti. Vrijeme t_0 označava prvi metrološki događaj tj. t_0 je trenutak kada se smatra da se standard P može prvi put koristiti. Standard može biti mjerni instrument, referentni materijal ili mjerni sistem. Početna karakteristika primarnog standarda zasniva se na procjenjivanju nesigurnosti koja se pridružuju mjernim rezultatima u slučaju kada se koristi primarni standard i da se naprave mjerenja veličina za koje je primarni standard namijenjen. Jednom kada se odrede karakteristike primarnog standarda one se kao takve konzerviraju. Drugi metrološki događaj prikazan na slici 1. dešava se u vremenu t_1 . On predstavlja kontrolu skupa kontrolnih standarda koja se vrši primarnim standardom. Kontrolni standardi moraju biti dovoljnog kvaliteta (stabilnost, ponovljivost, rezolucija) da bi se mogli koristiti za uočavanje eventualnih promjena karakteristika primarnog standarda. Treći metrološki događaj koji se dešava u trenutku t_2 je kalibracija istog seta kontrolnih standarda, a koristi se primarni standard. Rezultati mjerenja u trenucima t_1 i t_2 se štampaju i dobiva se kontrolna karta mjerenja za ulazni sistem standarda. Ponavljanjem istih mjerenja i posmatranjem promjena u mjernim rezultatima u toku vremena može se zaključiti i formulirati stabilnost i ponovljivost primarnog standarda. Stabilnost i ponovljivost ulaznog sistema standarda je važna komponenta nesigurnosti u

konačnoj izjavi o sljedljivosti. Osnovni cilj je postizanje integriteta sistema putem posmatranja i mjerenja u toku vremena.

4. JEDNOSTAVNA METROLOŠKA SLJEDLJIVOST U VREMENU

Na slici 2. prikazan je složeniji metrološki sistem koji se primjenjuje za posmatranje stabilnosti nacionalnog standarda.

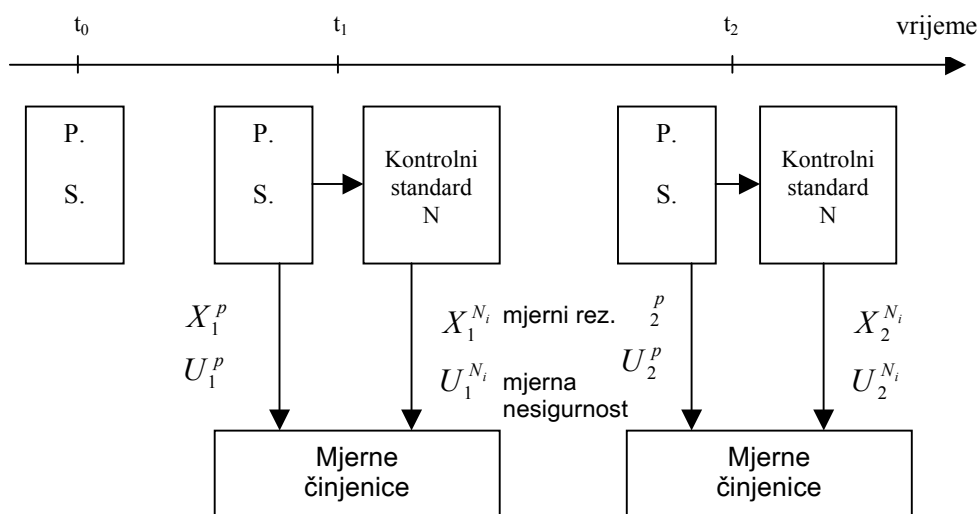
Kontrolni standardi moraju biti dovoljne kvalitete (stabilnost, ponovljivost, rezolucija) da bi se mogli koristiti za uočavanje eventualne promjene karakteristika primarnog standarda P.

Treći metrološki događaj koji se dešava u vremenu t_2 je kalibracija istog seta kontrolnih standarda a koristi se primarni standard. Štampaju se mjerni rezultati dobiveni u vremenima t_1 i t_2 i formira se kontrolna karta mjerenja za ulazni sistem standarda. Ponavljanjem istih mjerenja i posmatranjem promjene u mjernim rezultatima u toku vremena može se zaključiti i formulirati stabilnost i ponovljivost primarnog standarda. Stabilnost i ponovljivost ulaznog sistema standarda je važna komponenta nesigurnosti u konačnoj izjavi o sljedljivosti. Pri ovom postupku treba imati u vidu da se ovaj pristup nemože primjeniti u svakom slučaju. Međutim osnovni cilj je postići putem posmatranja i vremenskog praćenja sistema njegov integritet.

5. JEDNOSTAVNA VREMENSKA ZAVISNOST ZA SLJEDLJIVOST

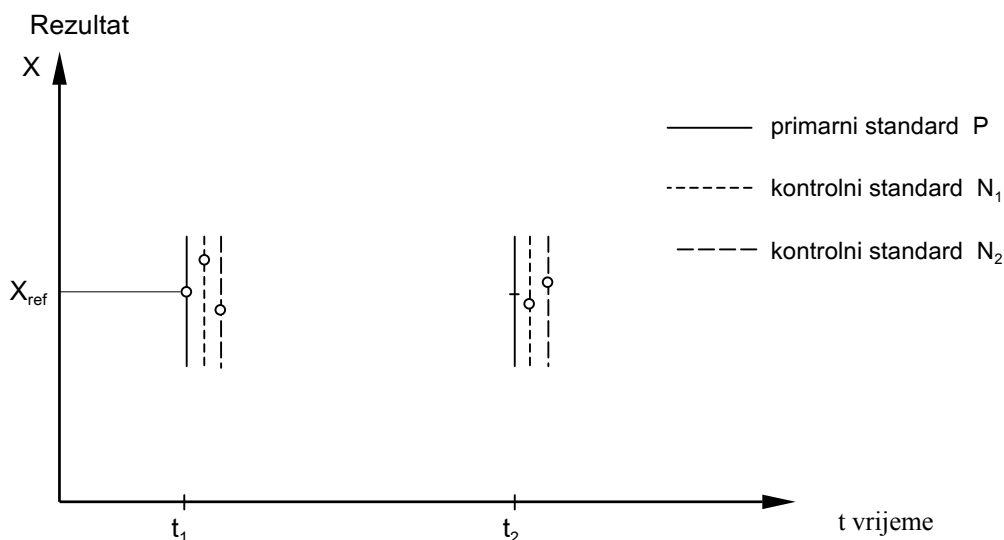
Na slici 2. prikazan je složeniji metrološki sistem. Također se primjenjuje za posmatranje stabilnosti nacionalnog standarda. Izvještaj koji sadrži rezultate mjerenja predstavlja dio interne mjerne sigurnosti. U ovom pristupu uvodi se mjerni izvještaj kako bi se omogućila referentnost mjernih rezultata i mjernih nesigurnosti u vremenu t_1 . Primarni standard se koristi za dobivanje vrijednosti mjerenja X i U mjernom izvještaju daje se rezultat X_1^P i njegova nesigurnost U_1^P .

Izvještaj koji sadrži rezultate mjerenja predstavlja dio interne mjerne nesigurnosti. U ovom pristupu uvod se mjerni izvještaj kako bi se omogućile referentnost mjernih rezultata i mjernih nesigurnosti.



Slika 2. Metrološki događaji u nacionalnoj laboratoriji sa mjernim izvještajem

U vremenu t_1 primarni standard se koristi za dobivanje vrijednosti mjerenja x . U mjernom izvještaju daje se rezultat mjerenja X_1^P i njegove nesigurnost U_1^P dobiveni korištenjem primarnog standarda. Ista veličina mjeri se kontrolnim standardom i rezultati su $X_1^{N_1}$ i $U_1^{N_1}$. Slično se pristupa i u vremenskom intervalu t_2 . Dobiju se rezultati mjerenja X_2^P i U_2^P , te $X_2^{N_1}$ i $U_2^{N_1}$. Na osnovu tih rezultata pravi se kontrolna karta, slika 3.



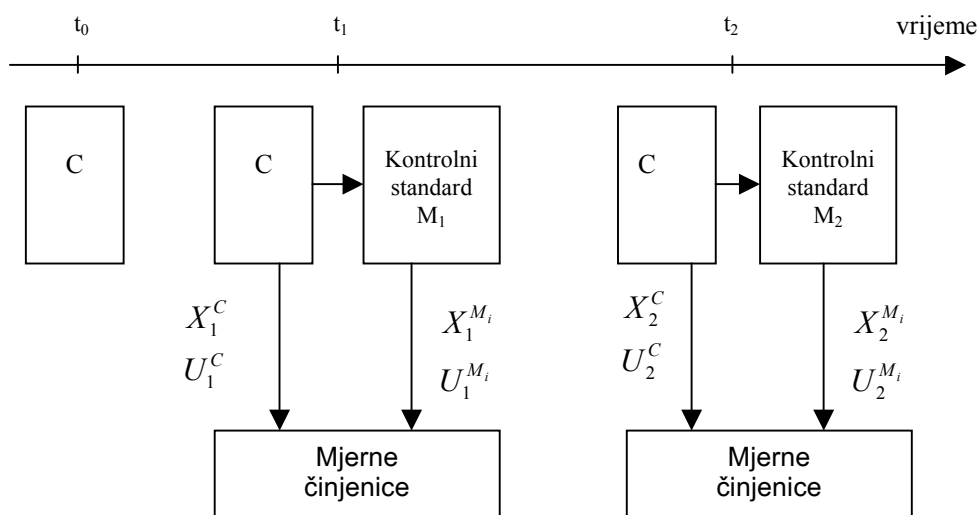
Slika 3. Kontrolna karta dobivena na osnovu mjerenja slika 2.

U kontrolnu kartu unose se rezultati mjerenja X (označeni tačkama) nesigurnosti U (označenim linijama) i to za primarni standard i dva različita kontrolna standarda N_1 i N_2 u vremenima t_1 i t_2 . Podaci dati u kontrolnoj karti pokazuju funkcionalno jedinstvo svih instrumenata koji uključuju primarni standard, referentne standarde i izvještaje zajedno sa nesigurnostima u vremenskom periodu prikazanom na kontrolnoj karti. Konstrukcija kontrolnih sistema i primarnog standarda treba da se međusobno razlikuju kako bi se smanjile mogućnosti istih promjena u toku vremena koje se mogu desiti na primarnom standardu.

U principu kontrolna karta može sadržati ne samo dva vremenska perioda nego i više njih, a to znači da treba uključiti više kontrolnih setova, pri čemu se povećava i period posmatranja sistema. Međutim u dosta slučajeva dovoljan je jedan mjerni standard da se pokaže da li je primarni standard pod kontrolom.

Isti princip koji se primjenjuje u nacionalnim laboratorijama mogao bi se primjeniti i u kalibracionim laboratorijama. Na slici 4. data je šema kalibracione laboratorije sa mjernim događajima koji se dešavaju u toku vremena.

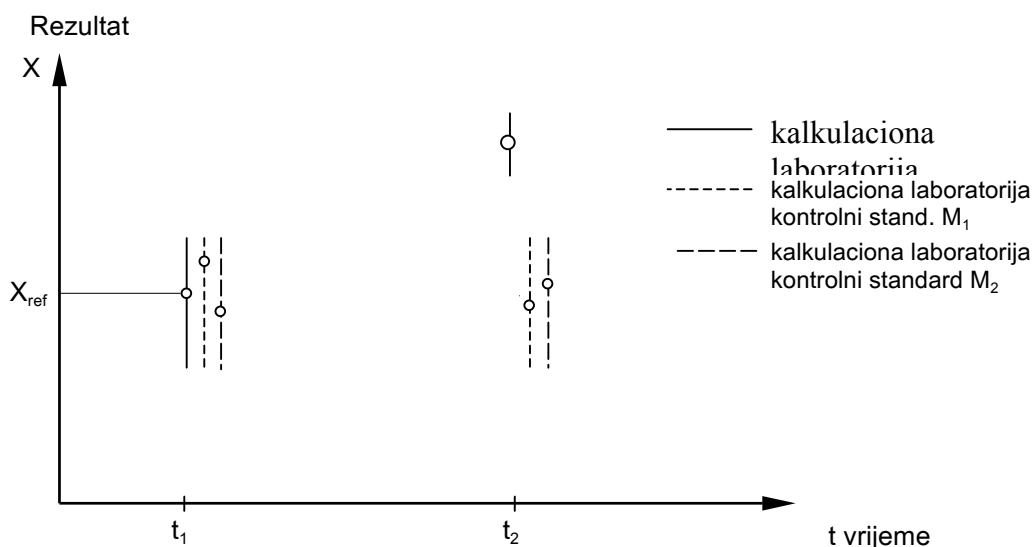
Često se smatra da je mjerna sljedljivost veza mjernih rezultata sa specifičnim standardom (npr. instrumentom ili mjernim sistemom). Ovdje se uvijek mora uključiti aspekt mjernog procesa koji u sebi uključuje razne druge uticaje (npr. oblika), koji utiču na ukupnu mjernu nesigurnost. Dobivanje mjernog rezultata podrazumijeva sljedljivost po standardu za ulazni mjerni proces pod definiranim uslovima.



Slika 4. Metrološki događaji u kalibracionoj laboratoriji

Mjerni rezultat X_2^c , slika 4., je sljedljiv u odnosu na standard C pošto on postoji u trenutku t_2 , ali to ne znači da postoji i u trenutku t_1 . Da bi se ispitalo zašto postoji takva razlika pretpostavi se da u periodu između t_1 i t_2 referentni standard C promijenio npr. ošteti, pokazao drigt ili se promijenila mjerna nesigurnost. Tada mjerni rezultat X_2^c i nesigurnost U_2^c ne moraju odgovarati stanju standarda C u trenutku t_1 . Pod takvim okolnostima ne može se zahtijevati mjerni rezultat X_2^c od referentnog stadarda C koji je isti imao u trenutku t_1 . Na mjernoj karti slika 5., može se uočiti da se referentni standard C mijenjao između t_1 i t_2 . Rezultat mjerenja X_2^c dobiven u vrijeme t_2 , je značajno iznad svih drugih vrijednosti mjernih rezultata. U ovom slučaju C se promijenilo za iznos

$$\delta X^c = X_2^c - X_1^c$$



Slika 5. Mjerna karta kalibracione laboratorije

U zahtjevu za sljedljivost mjernog rezultata X_2^c dobivenog u trenutku t_2 prema referentnom standardu C kakav je postojao u vrijeme t_1 kalibraciona laboratorija bi trebala da uključi δX^c prije svega kao korekciju mjerne vrijednosti u izvaji o sljedljivosti ili kao jednu dodatnu komponentu nesigurnosti δU pridruženu izvaji o sljedljivosti. Ukoliko laboratorija nije uradila mjerenja prikazana na mornoj karti, slika 5., promjena kalibracionog standarda C bi ostala nepoznata i slijedeći zahtjevi za mjerne vrijednosti ili nesigurnosti u izjavama o sljedljivosti bili bi pogrešni.

6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana kontrola primarnog i kalibracionog standarda pomoću kontrolnih standarda kako bi se postigla mjerna sljedljivost u toku vremena. Dat je samo pristup za jednostavne slučajeve određivanja mjerne sljedljivosti u različitim vremenskim periodima.

7. LITERATURA

- /1/ International Vocabulary of Basic and General Termus in Metrology, 1993., Geneva.
- /2/ C. Ehrlich, S. Rasbery, Metrological Timelines in Traceability, I.Res. Just. Stand. Technol., Vol 103, Nol, 1998, p. 93.
- /3/ Guide to Expression of Uncertainty in Measurement, first edition, Geneva 1993, Corrected and reprinted, 1995.
- /4/ Gidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results, NIST Technical Note 1297, 1994 Edition, 20 pp.