UNAPREĐENJE NACIONALNE VREMENSKE SKALE KROZ UČEŠĆE U MEĐUNARODNOM PROJEKTU „BRZO REŠENJE UNIVERZALNOG KOORDINIRANOG VREMENA“

Jadranka Marendić-Miljković, Snežana Renovica

Grupa za vreme, frekvenciju i distribuciju vremena
Direkcija za mere i dragocene metale

Mike Alasa 14, Beograd, Srbija

marendic@dmdm.rs renovica@dmdm.rs

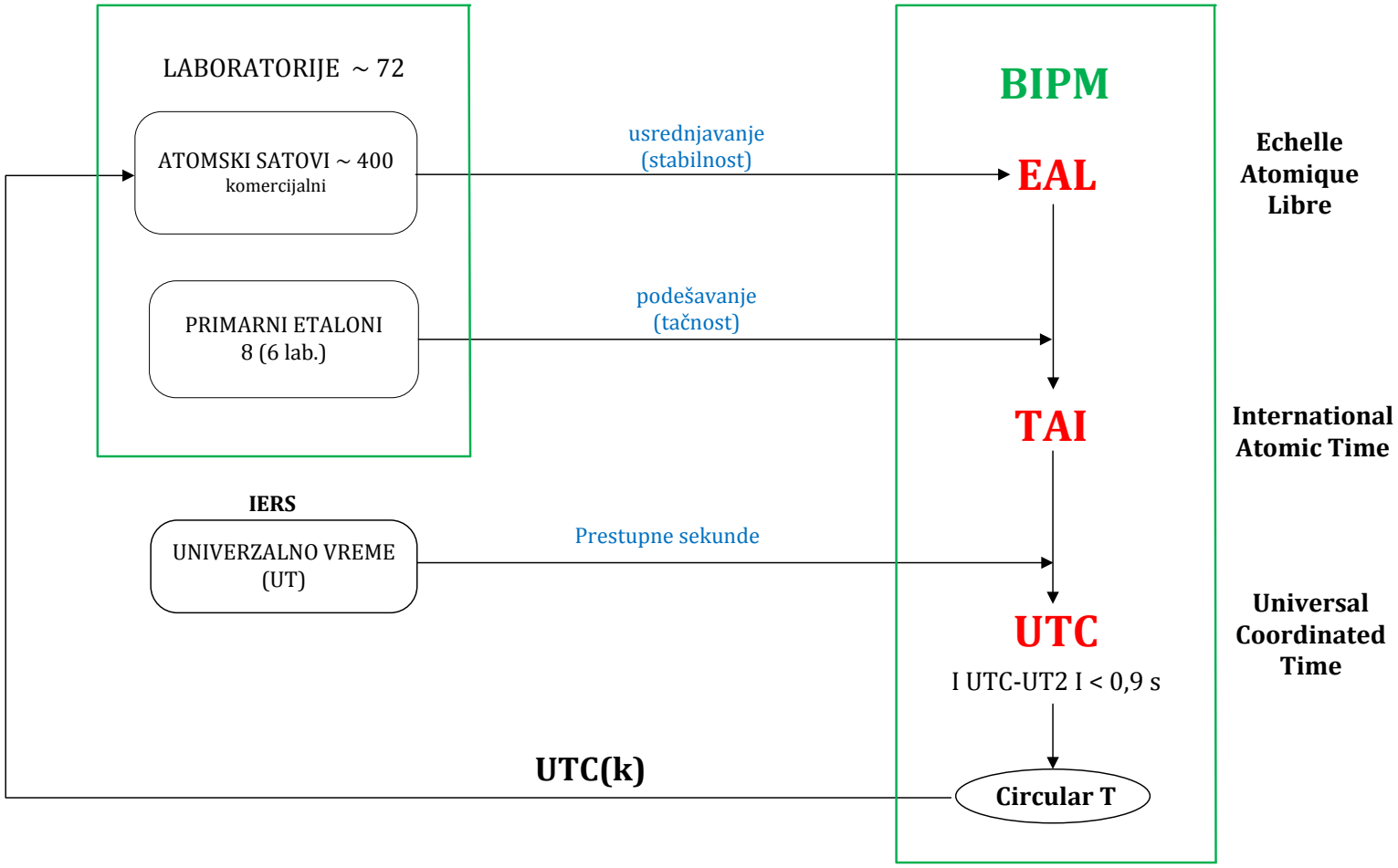
Teme

- **Univerzalno kordinirano vreme (UTC)**
- **Projekat UTCr, cilj i rezultati**
- **Pripreme za učešće u UTCr**
- **Rezultati UTC(DMDM) i UTCr(DMDM)**
- **Ostvarena unapređenja UTC(DMDM)**

Univerzalno koordinirano vreme (UTC)

- UTC održava BIPM uz IERS - baza za koordiniranu diseminaciju etalon-frekvencija i vremenskih signala. Ona ide tačno istom brzinom kao TAI, ali se razlikuje od nje za ceo broj sekundi (Preporuka ITU-R TF.460-6)
- Sve emisije etalon-frekvencija i vremenskih signala moraju biti u skladu sa UTC (Preporuka ITU-R TF.460-6)
- UTC - označavanje vremena u svim međunarodnim telekomunikacionim aktivnostima i svim zvaničnim dokumentima ITU (Prep. ITU-R TF.102-1/7);
- Circular T - mesečni bilten BIPM objavljuje vrednosti [UTC-UTC(k)] za svaki peti dan (Standard MJD).

Algoritam za formiranje TAI i UTC



Laboratorije i linkovi za TAI (2013)

UTC i rapid UTC (UTCr)

- Ekstrapolacija [UTC-UTC(k)] na 10-45 dana je neophodna za mnoge primene
- UTC nije prilagođeno za primene u realnom i kvazi-realnom vremenu
- Češće objavljivanje UTC utiče na:
  - Laboratorije učesnice u UTC
  - Češću ocenu upravljanja UTC(k)
  - Bolju stabilnost /tačnost UTC(k)
  - Poboljšanu sledivost do UTC
- GNSS zajednica i korisnici
  - Bolja sinhronizacija GNSS vremena sa UTC kroz poboljšanu predikciju UTC(k)

Rapid UTC (UTCr) – opšte crte

- BIPM pilot projekat od januara 2012
- Zvanično stalni produkt od jula 2013
- 42 laboratorije (od 72 u UTC)
  - 60% satova u UTC predstavlja 85% težine
- Dnevne vrednosti [UTCr-UTC(k)]
  - objavljuju se sredom do 18 h UTC na BIPM ftp serveru
- (Ne)stabilnost na mesečnom nivou (2012.-2013)
  - UTCr $4{,}0\times10^{-16}$
  - UTC $3{,}5\times10^{-16}$

Bilten Circular T

CIRCULAR T 316 ISSN 1143-1393
2014 MAY 07, 15h UTC

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU METRE
PAVILLON DE BRETEUIL F-92312 SEVRES CEDEX TEL. +33 1 45 07 70 70 FAX. +33 1 45 34 20 21 tai@bipm.org

1 - Coordinated Universal Time UTC and its local realizations UTC(k). Computed values of [UTC-UTC(k)] and uncertainties valid for the period of this Circular.
From 2012 July 1, 0h UTC, TAI-UTC = 35 s.

Date 2014 0h UTC	MAR 28	APR 2	APR 7	APR 12	APR 17	APR 22	APR 27	Uncertainty/ns		Notes
MJD	56744	56749	56754	56759	56764	56769	56774	uA	uB	u
Laboratory k				[UTC-UTC(k)]/ns						
AOS (Borowiec)	1.3	1.1	0.2	-0.2	0.3	0.9	1.3	0.3	5.3	5.3
APL (Laurel)	101.9	14.1	4.9	-5.2	-4.1	-2.0	-2.0	0.3	5.3	5.3
AUS (Sydney)	67.5	62.8	66.2	65.7	56.8	45.6	42.9	0.3	5.3	5.3
BEV (Wien)	-7.2	-7.4	-2.2	-5.3	-0.2	5.6	12.1	0.3	3.5	3.5
BIM (Sofiya)	955.5	980.8	983.4	1017.8	1042.0	1060.5	1060.8	1.5	7.2	7.4
BIRM (Beijing)	181.7	201.2	221.4	229.9	249.4	262.4	265.1	1.5	20.1	20.1
BY (Minsk)	18.9	23.4	22.4	13.7	8.7	5.4	7.9	1.5	7.2	7.4
CAO (Cagliari)	-6206.8	-6214.3	-6244.0	-6233.7	-6233.5	-6222.8	-6219.3	8.0	7.2	10.8
CH (Bern-Wabern)	16.1	15.1	11.5	9.6	5.4	-0.5	-3.7	0.3	2.0	2.1
CNM (Queretaro)	8.6	1.3	1.8	-2.7	-12.8	-9.8	-10.1	2.0	5.3	5.7
CNMP (Panama)	47.8	43.3	41.1	46.0	52.2	50.6	49.2	3.5	5.3	6.4
DLR (Oberpfaffenhofen)	-	-	-	-	-	-	-			
DMDM (Belgrade)	-9.6	10.0	17.3	7.1	-7.0	1.5	9.5	0.3	7.2	7.2
DTAG (Frankfurt/M)	52.0	50.3	45.9	47.5	36.5	41.9	34.0	0.3	10.1	10.1
EIM (Thessaloniki)	21.2	21.7	18.1	17.2	11.7	21.4	13.6	7.5	5.3	9.1
ESTC (Noordwijk)	1.0	0.6	1.1	1.1	1.3	1.5	1.0	0.3	5.2	5.3
HKO (Hong Kong)	588.1	596.4	602.2	622.9	632.1	636.4	647.5	0.3	5.3	5.3
IFAG (Wettzell)	-1132.8	-1137.9	-1137.4	-1145.0	-1144.1	-1152.8	-1153.7	0.3	5.2	5.2
IGNA (Buenos Aires)	572.2	659.0	740.2	827.4	915.5	1001.1	1079.1	2.0	5.3	5.7
INPL (Jerusalem)	-37.5	-47.5	-46.5	-44.1	-41.9	-44.8	-38.0	0.3	20.0	20.0
INTI (Buenos Aires)	-7.7	1.5	22.9	16.6	11.5	12.1	16.2	2.5	20.1	20.2
INXE (Rio de Janeiro)	7.2	-1.1	-9.1	-9.0	0.4	13.4	17.6	0.3	20.1	20.1
IPQ (Caparica)	9.9	6.0	6.5	7.5	-1.9	6.1	4.8	0.4	7.2	7.2
IT (Torino)	-0.2	-0.8	-1.9	-2.1	-1.0	-0.6	0.2	0.3	2.1	2.1
JATC (Lintong)	-0.8	2.4	-0.3	-8.1	-0.9	-1.6	-0.4	0.5	5.2	5.2

Bilten UTCr

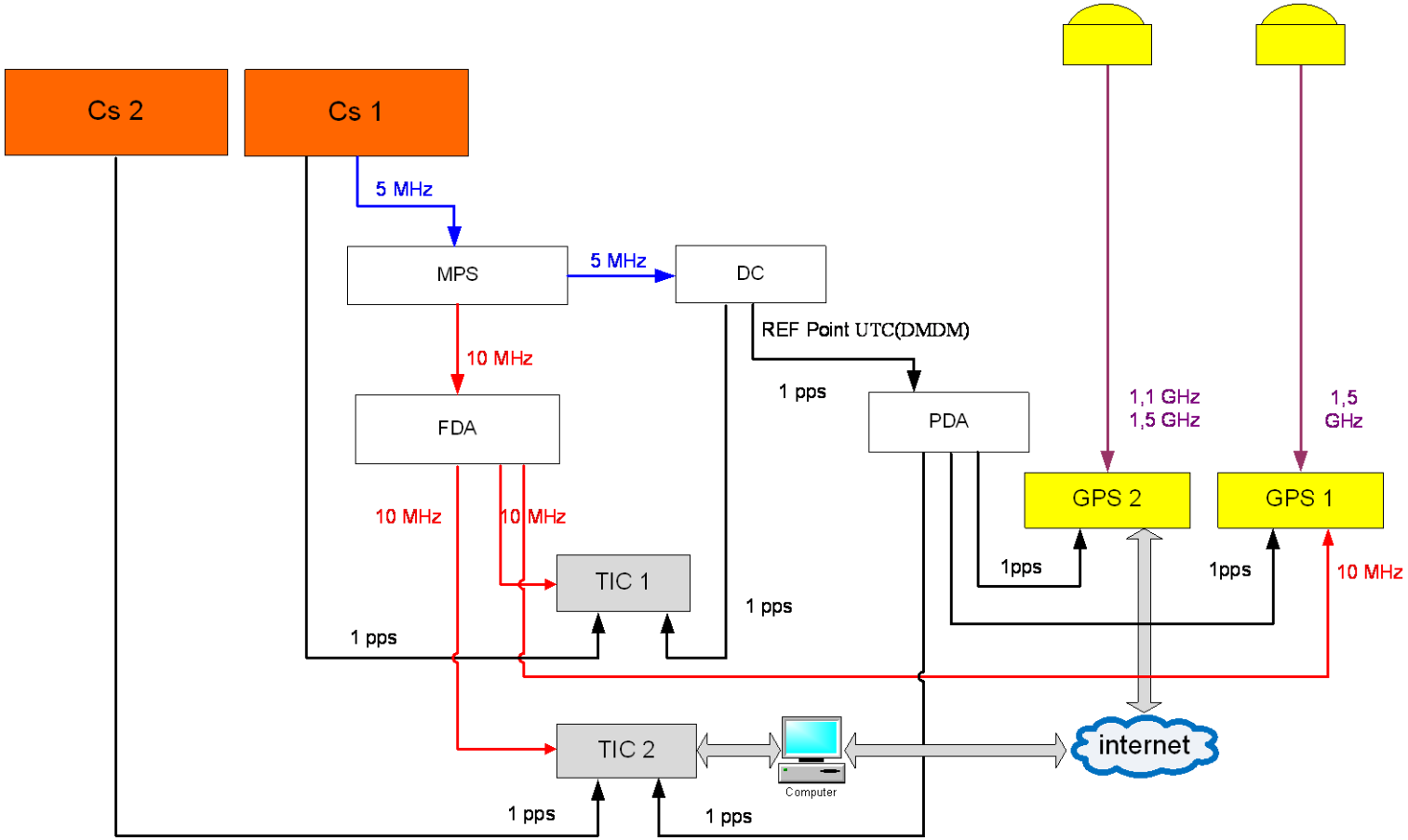
UTCr_1416
2014 APRIL 23, 13h UTC

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU METRE
PAVILLON DE BRETEUIL F-92312 SEVRES CEDEX TEL. +33 1 45 07 70 70 tai@bipm.org

Computed values of [UTCr-UTC(k)]

Date 2014 0h UTC	APR 14	APR 15	APR 16	APR 17	APR 18	APR 19	APR 20
MJD	56761	56762	56763	56764	56765	56766	56767
Laboratory k	[UTCr-UTC(k)]/ns						
AOS (Borowiec)	-1.2	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.2	-1.7
BEV (Wien)	-4.4	-3.5	1.1	-3.4	-3.0	-6.1	-4.8
CH (Bern-Wabern)	7.0	6.3	5.3	3.9	2.6	1.0	-0.3
CNM (Queretaro)	-6.7	-9.7	-12.6	-14.8	-14.7	-15.4	-14.5
CNMP (Panama)	52.4	47.8	47.7	51.8	53.9	50.5	51.7
DMDM (Belgrade)	0.4	-5.9	-7.6	-7.0	-4.1	-2.7	-2.1
DTAG (Frankfurt/M)	40.5	38.1	36.6	35.5	35.3	34.1	32.6
ESTC (Noordwijk)	-0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	-0.3
IFAG (Wettzell)	-1146.9	-1142.5	-1143.9	-1144.2	-1145.5	-1146.5	-1150.3
IGNA (Buenos Aires)	863.2	882.2	902.2	915.6	933.2	949.9	965.3
INTI (Buenos Aires)	20.9	16.1	21.1	12.0	13.6	12.2	14.2
IPQ (Caparica)	-0.1	-2.6	-3.6	-4.2	-0.1	3.5	1.1
IT (Torino)	-3.4	-2.3	-2.3	-2.7	-2.7	-2.4	-2.6
KRIS (Daejeon)	-6.7	-6.6	-6.9	-6.8	-7.2	-7.1	-7.3
LT (Vilnius)	573.8	569.4	564.2	560.3	552.9	538.8	538.8
MSL (Lower Hutt)	-180.1	-186.0	-190.3	-190.6	-190.4	-197.1	-203.8
NAO (Mizusawa)	36.1	36.5	34.9	34.2	34.9	35.2	33.0
NICT (Tokyo)	-6.4	-6.1	-6.5	-6.9	-7.4	-7.7	-8.4
NIM (Beijing)	0.6	0.7	0.8	0.8	0.5	0.5	0.6
NIMT (Pathumthani)	-51.4	-54.1	-58.0	-58.7	-54.8	-57.4	-62.6
NIST (Boulder)	4.2	4.4	4.4	4.2	4.3	3.9	3.6
NMIJ (Tsukuba)	-5.2	-4.3	-4.1	-4.2	-4.3	-3.7	-3.9
NMLS (Sepang)	-1583.7	-1599.8	-1613.2	-1626.5	-1639.1	-1657.8	-1670.8
NPLI (New-Delhi)	2.6	3.5	3.9	3.6	2.7	1.7	0.3
NRC (Ottawa)	15.6	14.1	15.6	15.2	14.3	17.2	15.5

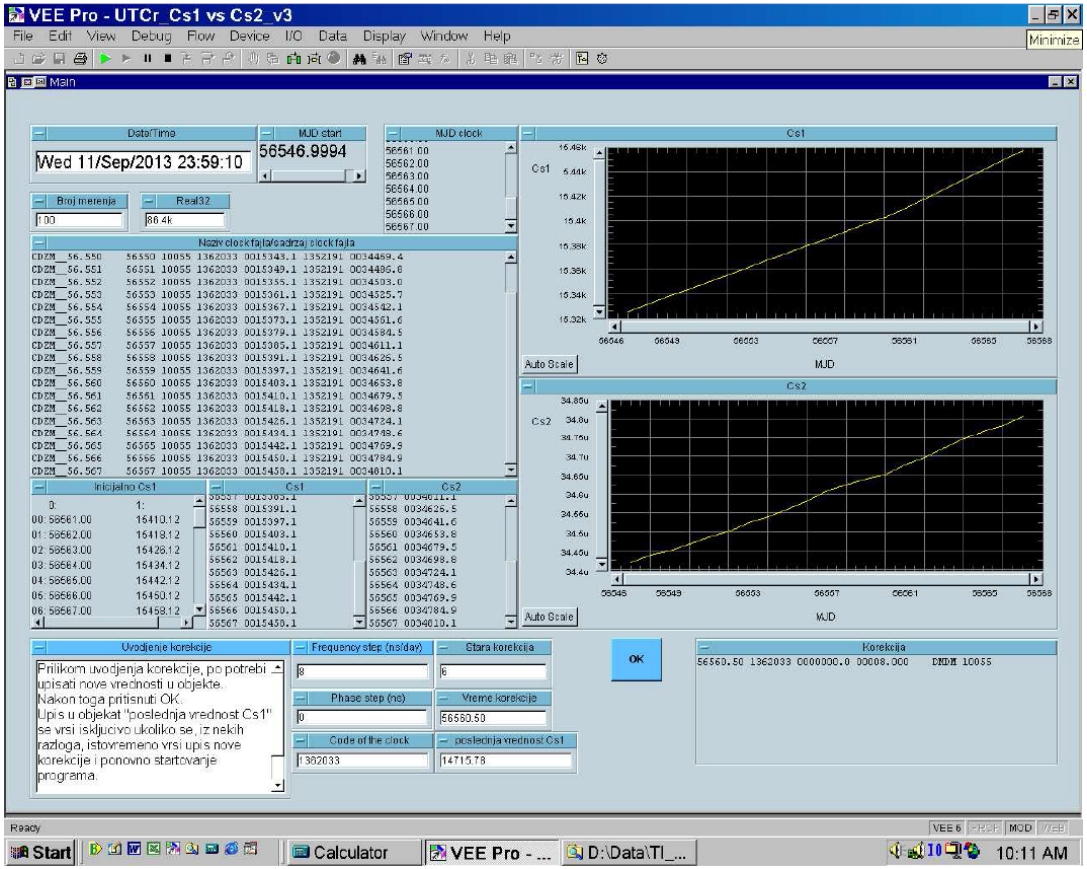
Poređenje UTC(DMDM) sa UTC



Legenda:
Cs – cezijumski časovnik,
MPS – mikrofazni steper
FDA i PDA - distribucioni pojačavači sinusnog i impulsnog signala
DC - digitalni časovnik – generator skale
GPS – GPS prijemnik
TIC – univerzalni brojač

Automatizacija procesa za UTCr

- Pisanje skripta za slanje svih dnevnih fajlova
- Generisanje dnevnih CLOCK fajlova

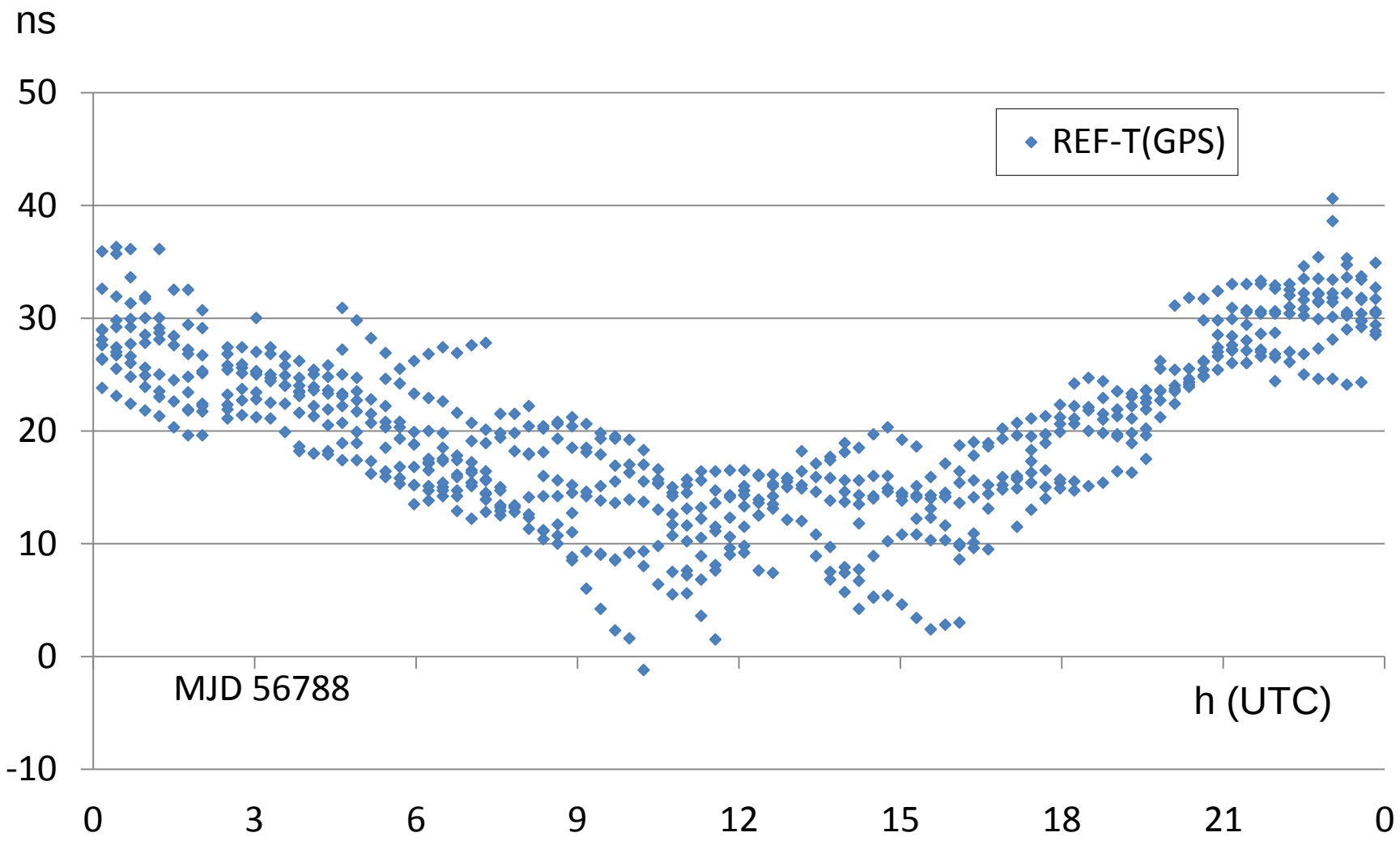


Kontrolni panel program za generisanje CLOCK fajlova

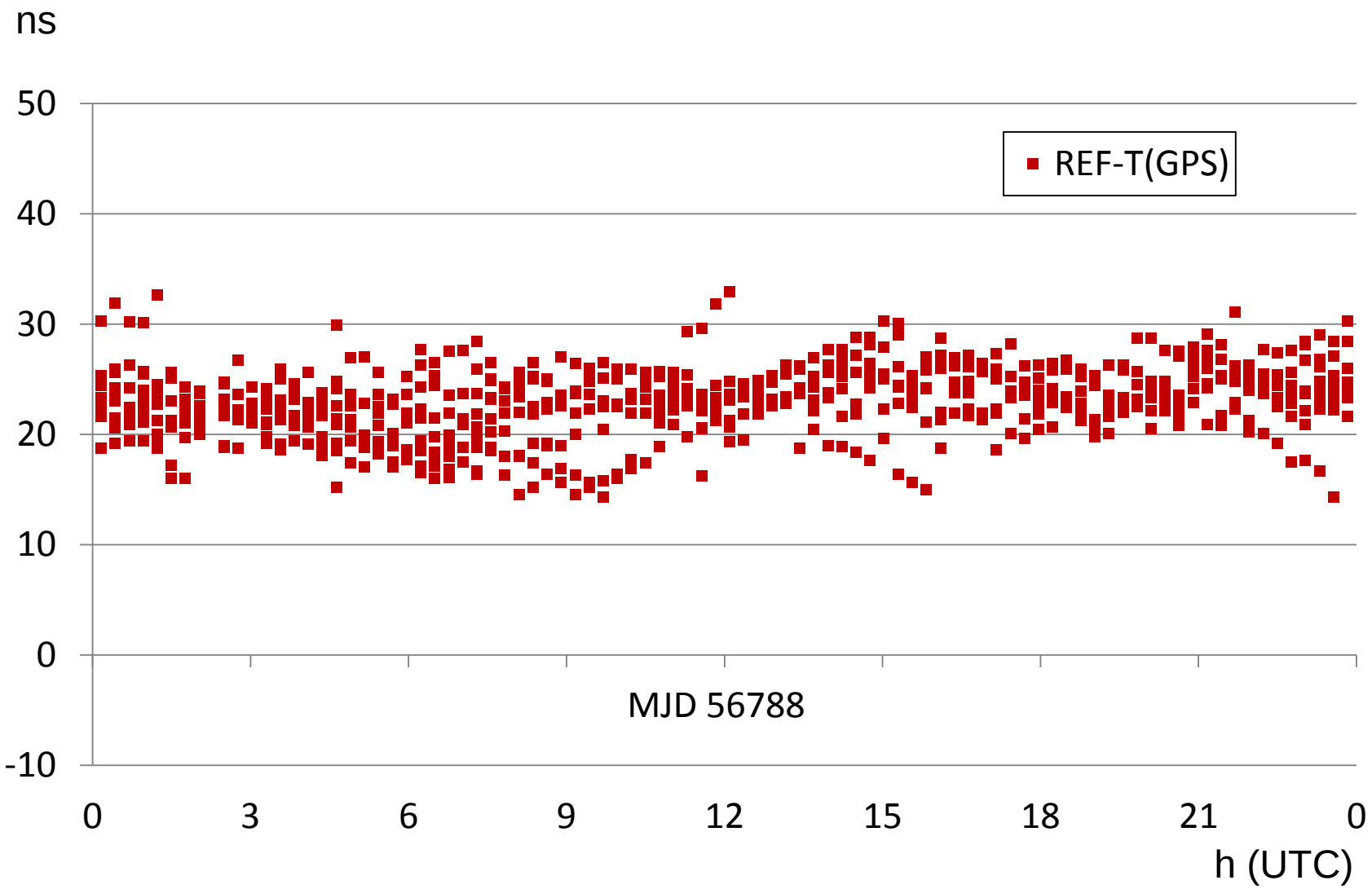
Obrada GPS podataka

- Sami izračunavamo srednje dnevne vrednosti razlike UTC(DMDM) -T(GPS).
- Prvo se izračunavaju srednje vrednosti [UTC(DMDM)-T(GPS)] svih satova „vidljivih“ satelita za svaku epohu, uz odbacivanje vrednosti koje odstupaju za više od 3 standardne devijacije, a zatim se izračunavaju srednje dnevne vrednosti ovih razlika.
- UTCr(DMDM) se izračunava samo na osnovu podataka sa dvofrekvencijskog prijemnika GPS 2, što nas je podstaklo da koristimo i L3P podatke u kojima se, za razliku od CGGTTS formata, umesto modelovane koristi izmerena vrednost jonosferskog kašnjenja. L3P podaci su tačniji i mnogo pogodniji za izračunavanje srednjih vrednosti.

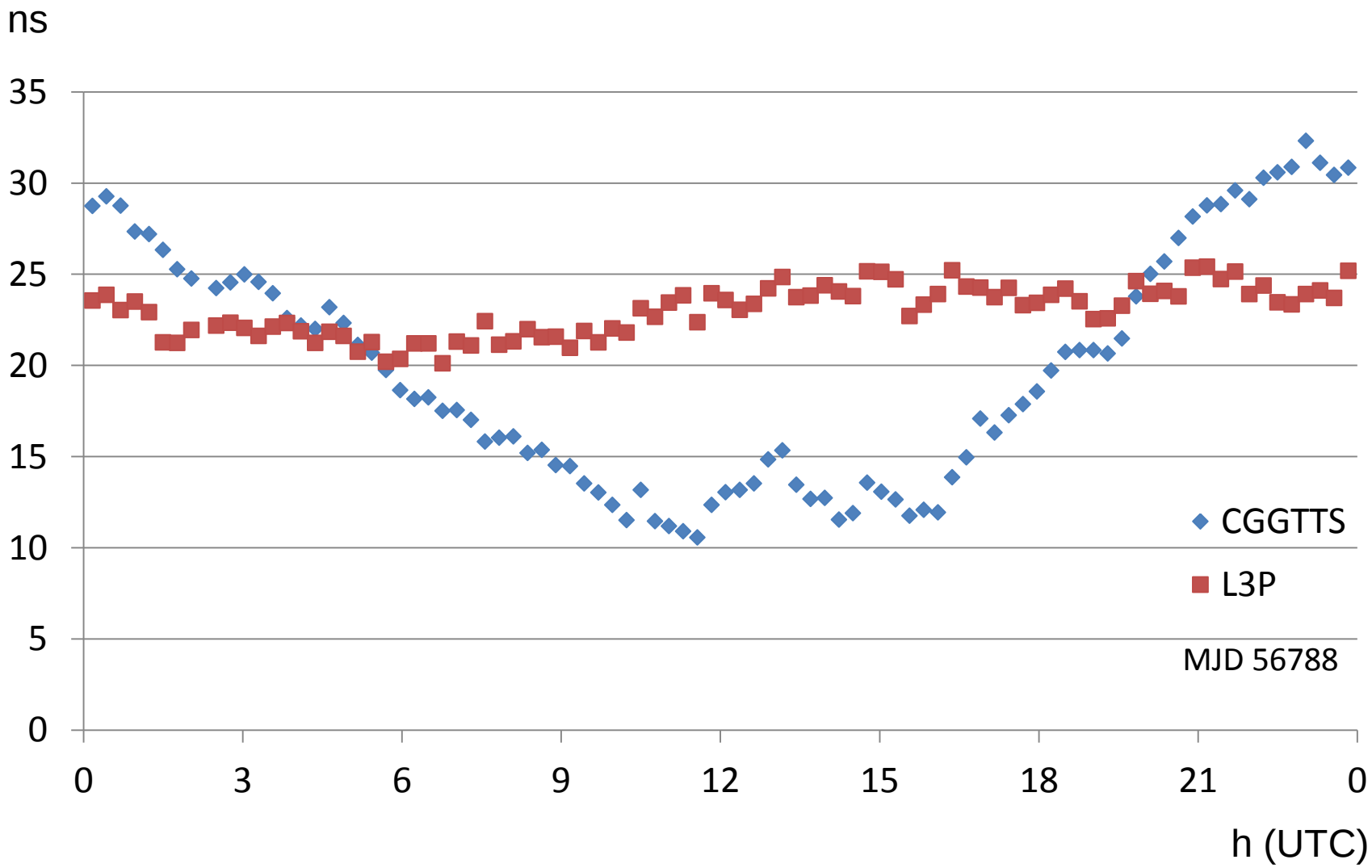
GPS CGGTTS format



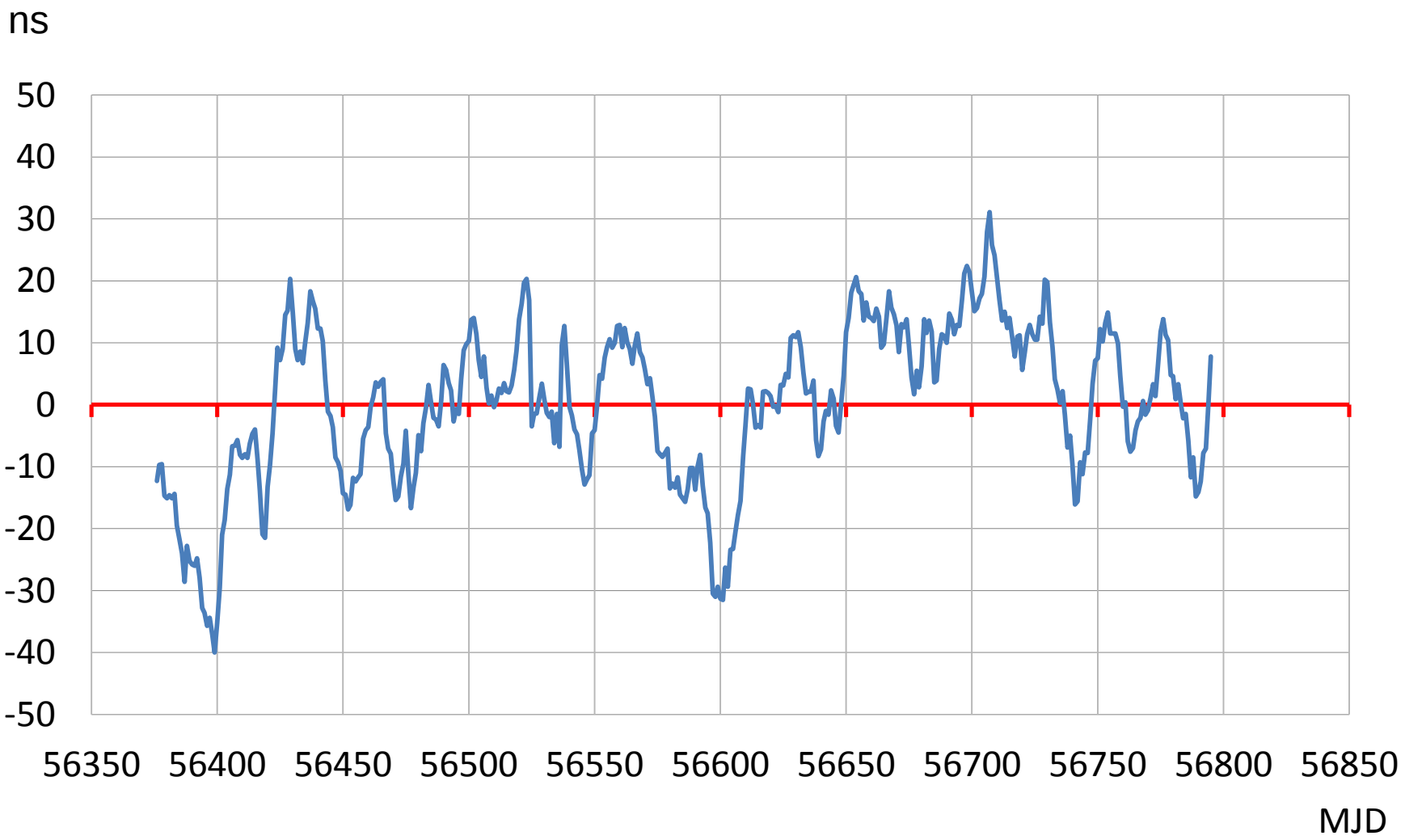
GPS L3P format



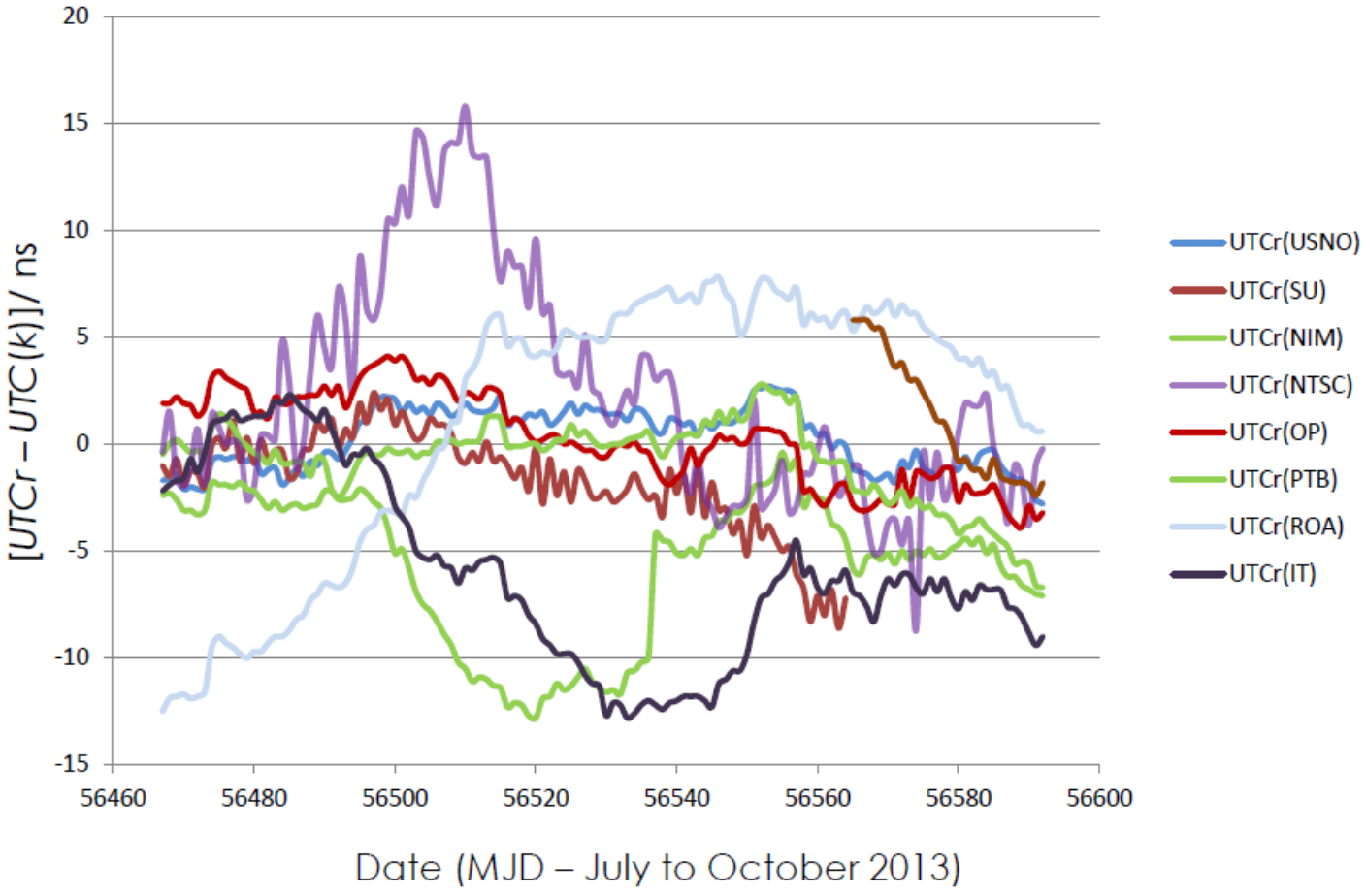
Obrađeni GPS podaci



UTCr-UTC(DMDM)



UTCr(k) i GNSS



Izvor: F. Arias, BIPM

Upravljanje skalom UTC(DMDM)

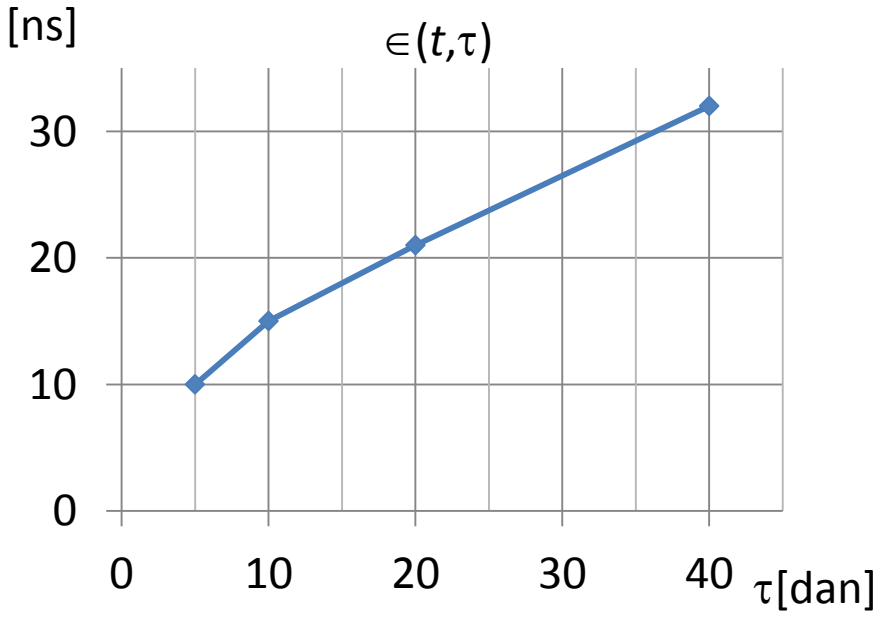
- Model predikcije skale:

$$x(t+\tau) = x(t) + \tau \times y(t,\tau) + \in$$

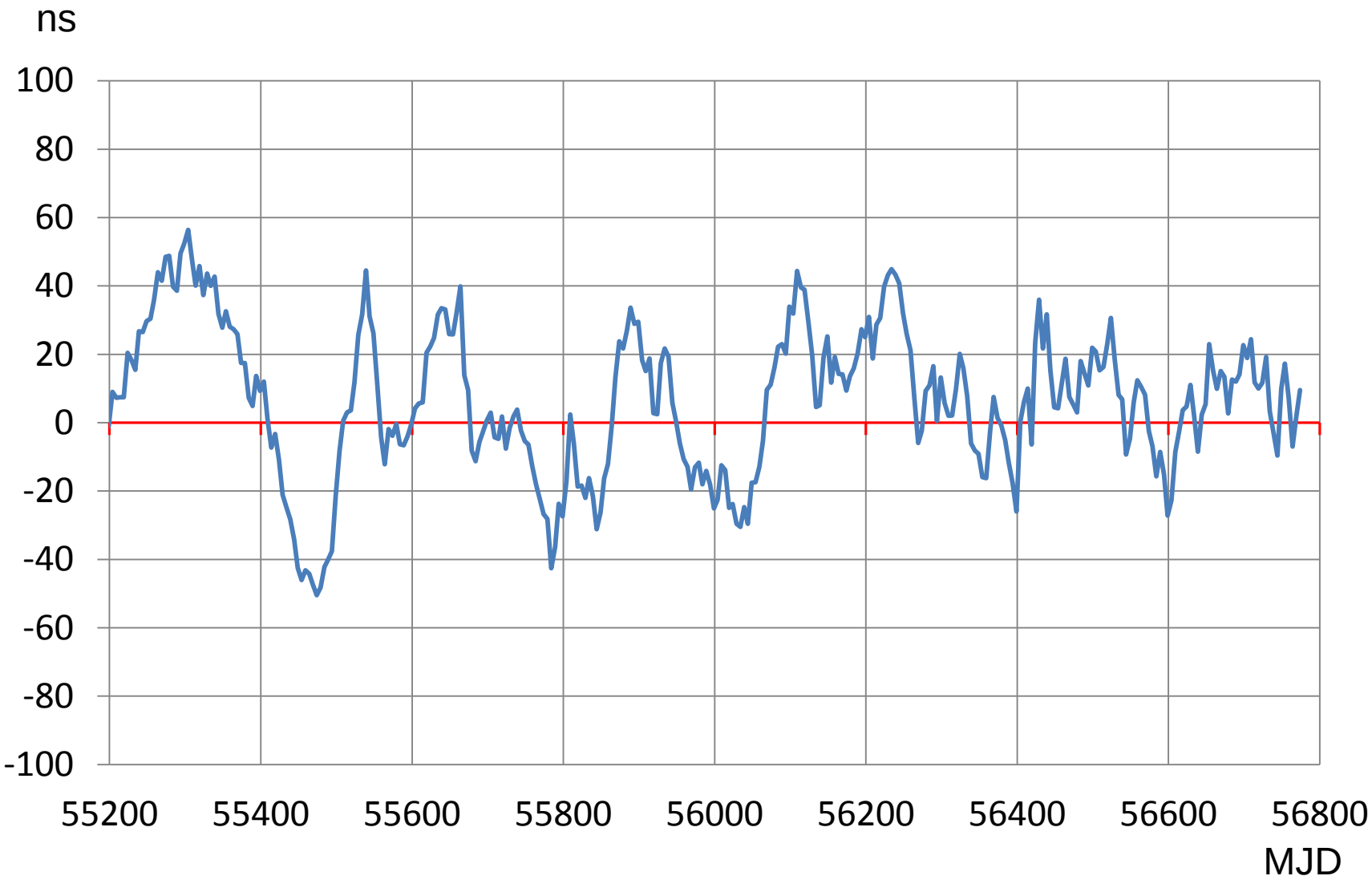
- Nesigurnost predikcije skale:

$$\in (t,\tau) = \sqrt{2}\ \tau\, \sigma_y(\tau)$$

je smanjena.



UTC-UTC(DMDM)


ns
100
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
-100
55200
55400
55600
55800
56000
56200
56400
56600
56800
MJD

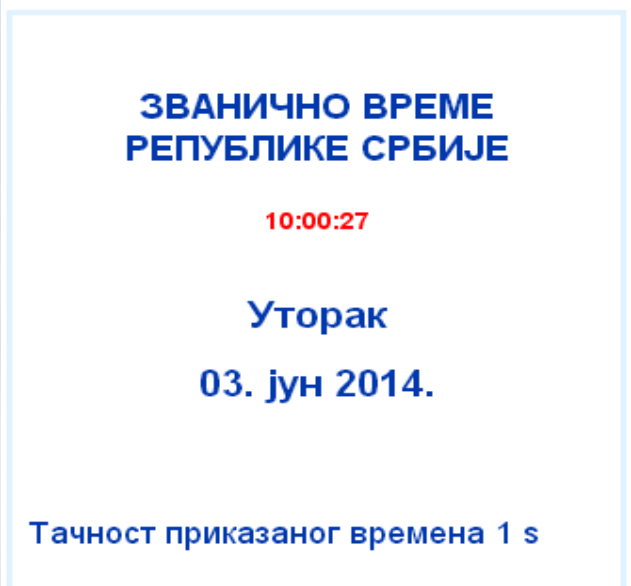
ZAKLJUČAK

- DMDM od marta 2013. godine učestvuje u BIPM projektu čiji je cilj brža dostupnost UTC, međunarodne reference i osnove za zakonsko vreme u svetu. Izvršena je automatizacija transfera svih podataka koji se šalju u BIPM i dodatna automatizacija generisanja nekih podataka.
- Učešće u UTCr pilot eksperimentu doprinelo je:
  - unapređenju efikasnosti rada
  - boljem korišćenju mernih podataka
  - boljoj oceni predikcije vremenske skale
  - uspešnijem upravljanju vremenskom skalom:

    smanjena je razlika [UTC(DMDM)-UTC] sa oko 30 ns na oko 22 ns.
- Dalje unapređenje skale:
  - izvor skale da bude cezijumski časovnik bolje kratkotrajne stabilnosti
  - da se izvrši etaloniranje GPS linka kroz saradnju u okviru EURAMET.

Bilten UTC(DMDM)

Datum	Datum	UTC(DMDM) – T(GPS)+M	UTC–UTC(DMDM)	UTC–T(GPS)+M
2014 Apr	MJD	12:00:00 UTC	00:00:00 UTC	00:00:00 UTC
1	56748	6.6		
2	56749	2.3	10.0	-2.1
3	56750	-0.4		
4	56751	-5.3		
5	56752	-2.5		
6	56753	-0.6		
7	56754	0.1	17.3	-0.8
8	56755	-4.8		
9	56756	3.6		
10	56757	-0.2		

Hvala na pažnji

- www.dmdm.rs
- http://www.dmdm.rs/cr/GrupaZaVremeFrekfencijuIDistribucijuVremena.php#TacnoVreme