

# ETRS89-SI – BREZPLAČNI PROGRAM ZA TRANSFORMACIJE KOORDINAT MED SLOVENSKIMI REALIZACIJAMI ETRS89

## ETRS89-SI – A FREEWARE TOOL FOR COORDINATE TRANSFORMATIONS BETWEEN THE SLOVENIAN REALIZATIONS OF ETRS89

*Sandi Berk*

### 1 UVOD

S 1. januarjem 2020 smo v Sloveniji uveljavili nove, izboljšane koordinate vseh treh osnovnih državnih GNSS-omrežij – osnovne mreže pasivnih GNSS-točk (tako imenovanih EUREF-točk), omrežja SIGNAL in kombinirane geodetske mreže ničtega reda. Z novim nizom koordinat GNSS-točk so med drugim odpravljena neskladja, nastala zaradi delovanja tektonike od prvotne realizacije ETRS89 – vezane na EUREF GPS-izmere iz let 1994–1996 (v nadaljevanju: D96 EUREF) – in zaradi naknadne določitve koordinat stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL – vezane na tako imenovano Mini-EUREF GPS-izmero iz leta 2007 (v nadaljevanju: D96 SIGNAL). V letu 2016 je bila izvedena nova EUREF GNSS-izmera, ki je prinesla novo realizacijo ETRS89 – D17 –, vendar ta zaradi prevelikih razlik v koordinatah (do ~80 mm) ni bila uveljavljena neposredno. Nove koordinate GNSS-točk – označujemo jih z D96-17 – so rezultat pragmatične rešitve, ki upošteva vse tri navedene realizacije ETRS89 v Sloveniji: D96 EUREF, D96 SIGNAL in D17. Koordinate v D96-17 so določene tako, da so odpravljena geometrijska neskladja v GNSS-mrežah, hkrati pa so spremembe predhodno določenih koordinat geodetskih točk najmanjše mogoče. Ključna prednost takšnega pristopa je, da so dobljene sistematične spremembe koordinat točk bistveno manjše (do ~24 mm) in ne terjajo (ponovne) transformacije državnih prostorskih podatkovnih zbirk, na primer zemljiškega katastra. Tako osvežena realizacija ETRS89 omogoča predvsem višjo natančnost in točnost določanja položajev (pozicioniranja) v prihodnje (Berk in sod., 2018 in 2020).

Med rezultati obdelave GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 so poleg novih nizov koordinat geodetskih točk v koordinatnih sestavih D17 in D96-17 tudi optimalni prehodi med vsemi dosedanjimi realizacijami ETRS89 v Sloveniji. Na Geodetski upravi Republike Slovenije smo pripravili brezplačni program **ETRS89-SI**, ki omogoča transformacije med dosedanjimi realizacijami ETRS89 v Sloveniji in tudi pretvorbe med različnimi koordinatnimi sistemi. Program je objavljen med aplikacijami na portalu Prostor in si ga lahko skupaj z uporabniškim priročnikom snamete s spletne strani: [http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/Transformacije\\_ETRS89/Aplikacije/ETRS89-SI.zip](http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/Transformacije_ETRS89/Aplikacije/ETRS89-SI.zip).

Program podpira štiri navedene geodetske datume (D96 EUREF, D96 SIGNAL, D96-17 in D17) in pretvorbe koordinat med štirimi koordinatnimi sistemi, in sicer geocentričnim kartezičnim (XYZ), geo-

detskimi ( $\lambda\phi h$ ) ter dvema sestavljenima koordinatnima sistemoma – z elipsoidno višino kombiniranima ravninskima sistemoma, ki temeljita na prečni Mercatorjevi projekciji (TM+h in UTM+h). Njihove kombinacije tvorijo 16 različnih referenčnih koordinatnih sistemov, ki jih povezuje 240 različnih transformacij in/ali pretvorb. Podprte so datoteke s koordinatami točk v najpogosteje uporabljenih besedilnih formatih (\*.crd, \*.csv, \*.txt in \*.xyz). V nadaljevanju sledi kratek opis delovanja programa ETRS89-SI, ki je povzet po uporabniškem priročniku (Berk, 2020).

## 2 GEODETSKI DATUMI IN KOORDINATNI SISTEMI

Program ETRS89-SI podpira realizacije koordinatnih sistemov, ki temeljijo na tehnologiji GNSS in v Sloveniji vzpostavljajo ETRS89 – horizontalno sestavino skupnega evropskega prostorskega referenčnega sistema ESRS (Stopar, 2007). Ta temelji na GRS80 (Moritz, 2000); začetni (ničelni) meridian gre skozi Greenwich, uporabljen je referenčni elipsoid GRS80.

Program ETRS89-SI podpira štiri geodetske datume, in sicer:

### D96 EUREF

... prvotna slovenska realizacija ETRS89 – tudi ETRS89/D96 –, ki temelji na EUREF GPS-izmerah iz let 1994–1996 s srednjo epoho izmer 1995,55 (Berk in sod., 2003 in 2004). Kombinirani izračun vseh treh izmer je bil predstavljen in potrjen na simpoziju EUREF 2003 v Toledu. Ogradje realizacije je ITRF96/ETRF96. V izračun je bilo vključenih 49 EUREF-točk. Praviloma imajo točke koordinate v D96 EUREF, če so bile določene z (oziroma vezane na) GNSS-izmero pred 21. decembrom 2007 oziroma če so bile pred 1. januarjem 2020 določene z navezavo (posredno ali neposredno) na EUREF-točke.

### D96 SIGNAL

... je kasnejša slovenska realizacija ETRS89, ki temelji na tako imenovani Mini-EUREF GPS-izmeri iz leta 2007 s srednjo epoho izmere 2007,26 (Obvestilo, 2007). Izvedena je bila zaradi določitve koordinat stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL. Ogradje realizacije je ITRF2005/ETRF96, vendar so bile končne koordinate transformirane v epoho 1995,55 (D96). V izračun je bilo vključenih 5 uradnih EUREF-točk in 15 stalnih postaj omrežja SIGNAL. Točke imajo koordinate v D96 SIGNAL, če so bile določene med 21. decembrom 2007 in 1. januarjem 2020 z navezavo na omrežje SIGNAL oziroma z uporabo storitev omrežja SIGNAL.

### D17

... je zadnja slovenska realizacija ETRS89 – tudi ETRS89/D17 –, ki temelji na EUREF GNSS-izmeri iz leta 2016 s srednjo epoho izmere 2016,75 (Berk in sod., 2018 in 2020). Izračun je bil predstavljen in potrjen na simpoziju EUREF 2018 v Amsterdamu. Ogradje realizacije je IGB08/ETRF2000. V izračun je bilo vključenih 46 EUREF-točk, 16 stalnih postaj omrežja SIGNAL ter 7 takrat delujočih stalnih postaj kombinirane geodetske mreže ničtega reda. Ta realizacija ni bila uveljavljena v praksi, saj bi prinesla prevelike spremembe koordinat geodetskih točk; namesto nje je bila uporabljena pragmatična rešitev D96-17 (glej spodaj). Vendar pa je D17 pomemben vezni člen med dosedanjimi statičnimi in tudi prihodnjo realizacijo ETRS89, ki bo predvidoma temeljila na (pol)kinematičnem geodetskem datumu (Medved in sod., 2018).

### D96-17

... je pragmatična rešitev za izboljšanje kakovosti koordinat v obstoječih pasivnih in aktivnih GNSS-mrežah, ki temelji na vseh treh realizacijah ETRS89 (glej zgoraj). Upošteva dejanske spremembe v fizičnem prostoru in prinaša uskladitev koordinat v in med mrežami EUREF-točk, omrežjem SIGNAL in kombinirano geodetsko mrežo ničtega reda, in sicer tako, da so spremembe koordinat točk, vključenih v predhodni realizaciji ETRS89 (D96 EUREF in D96 SIGNAL), najmanjše možne (Berk in sod., 2020). Koordinate v D96-17 so v omrežju SIGNAL v rabi od 1. januarja 2020 (Obvestilo, 2019).

Program ETRS89-SI podpira štiri koordinatne sisteme, in sicer:

### XYZ

... je geocentrični kartezični koordinatni sistem. Os Z je usmerjena proti severnemu polu, os X proti presečišču izhodiščnega meridiana (skozi Greenwich) in ekvatorja, os Y pa je na obe pravokotna in usmerjena tako, da je sistem desno orientiran. Koordinate so podane v metrih [m].

### $\lambda\phi h$

... je krivočrtni geodetski koordinatni sistem.  $\lambda$  je geodetska dolžina (angl. *geodetic longitude*),  $\phi$  je geodetska širina (angl. *geodetic latitude*),  $h$  pa je elipsoidna višina. Geodetske dolžine so merjene od začetnega (ničelnega) meridiana skozi Greenwich, geodetske širine pa od ekvatorja. Geodetska dolžina in širina sta podani v ločnih stopinjah [°], elipsoidna višina pa v metrih [m].

### TM+h

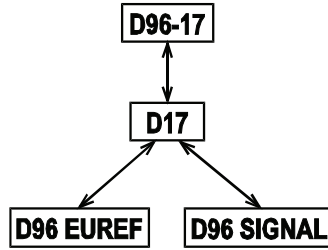
... je z elipsoidno višino ( $h$ ) kombiniran ravninski koordinatni sistem, ki temelji na prečni Mercatorjevi projekciji (angl. *transverse Mercator* – TM) – uradni državni ravninski koordinatni sistem. Koordinata  $e$  (angl. *easting*) je oddaljenost od projekcije srednjega meridiana cone ( $15^\circ$ ), pri čemer je ta navidezno zamaknjen (koordinatam prištejemo 500 km); koordinata  $n$  (angl. *northing*) je oddaljenost od projekcije ekvatorja, pri čemer je tudi slednji navidezno zamaknjen (koordinatam odštejemo 5000 km). Obe ravninski koordinati sta pomnoženi še z izbranim faktorjem merila (0,9999).

### UTM+h

... je z elipsoidno višino ( $h$ ) kombiniran ravninski koordinatni sistem, ki temelji na univerzalni prečni Mercatorjevi projekciji (angl. *universal transverse Mercator* – UTM); UTM33N (oziroma UTM33T) uporablja slovenska vojska (Kete in Berk, 2012). Matematična definicija je ista kot za TM+h (glej zgoraj); razlika je le v parametrih kartografske projekcije – uporabljen je isti srednji meridian cone ( $15^\circ$ ) in enak zamik  $e$ -koordinat; zamikanja  $n$ -koordinat ni, drugačen pa je tudi faktor merila (0,9996).

## 3 TRANSFORMACIJE IN PRETVORBE KOORDINAT

Neposredne povezave med geodetskimi datumi, ki jih podpira program ETRS89-SI, so tri in so prikazane na sliki 1.



Slika 1: Neposredne povezave med geodetskimi datumoma.

Za vse tri neposredne prehode, ki povezujejo štiri dosedanje realizacije ETRS89 v Sloveniji, je uporabljena toga prostorska (6-parametrična) transformacija. Uporabljena metoda transformacije sledi IERS-konvenciji (Berk in sod., 2020, enačba 3); pozor: parametri, podani v istem viru so izračunani z modulom HELMRI programa Bernese, ki ne sledi navedeni konvenciji – uporabljeni parametri rotacij imajo nasprotno predznake (!).

Neposredne transformacije, ki jih izvaja program ETRS89-SI, so:

D96 EUREF ↔ D17

... prehod med geodetskima datumoma D96 EUREF in D17 je določen na podlagi 41 skrbno preverjenih EUREF-točk, ki so bile vključene v obe realizaciji ETRS89. RMS koordinat veznih točk pri optimalni togi transformaciji je 13 mm.

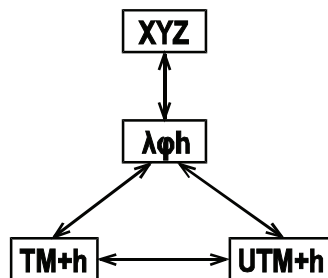
D96 SIGNAL ↔ D17

... prehod med geodetskima datumoma D96 SIGNAL in D17 je določen na podlagi 15 skrbno preverjenih stalnih postaj omrežja SIGNAL, ki so bile vključene v obe realizaciji ETRS89. RMS koordinat veznih točk pri optimalni togi transformaciji je 6 mm.

D17 ↔ D96-17

... prehod med geodetskima datumoma D17 in D96-17 je določen tako, da so dobljene koordinate točk v D96-17 kar težišča parov točk, dobljenih s transformacijo istih točk najprej iz D17 v D96 EUREF, nato pa še iz D17 v D96 SIGNAL (glej zgoraj). Parametri takšne transformacije, ki je tudi toga prostorska transformacija, iz D17 v D96-17 so kar aritmetične sredine parametrov obeh navedenih transformacij.

Neposredne povezave med koordinatnimi sistemi, ki jih podpira program ETRS89-SI, so štiri in so prikazane na sliki 2.



Slika 2: Neposredne povezave med koordinatnimi sistemi.

$\lambda\phi h \leftrightarrow XYZ$ 

... prehod iz krivočrtnega geodetskega v geocentrični kartezični koordinatni sistem, torej iz  $\lambda\phi h$  v XYZ, je zelo enostaven; uporabljene so stroge enačbe (Vaníček in Krakiwsky, 1986, str. 325). Prehod iz geocentričnega kartezičnega v krivočrtni geodetski koordinatni sistem je matematično nekoliko zahtevnejši; uporabljena je Sjöbergova stroga rešitev (Sjöberg, 2008).

 $\lambda\phi h \leftrightarrow TM+h$ 

... prehoda med krivočrtnim geodetskim in ravninskim koordinatnim sistemom, ki temelji na prečni Mercatorjevi projekciji, sta tudi matematično zahtevnejša. Čeprav obstaja tudi stroga rešitev, so uporabljene razširjene Krügerjeve enačbe (Karney, 2011), ki so primerljive natančnosti, a omogočajo nekajkrat hitrejši izračun.

 $\lambda\phi h \leftrightarrow UTM+h$ 

... prehoda med krivočrtnim geodetskim in ravninskim koordinatnim sistemom, ki temelji na univerzalni prečni Mercatorjevi projekciji, sta matematično enaka prehodoma med  $\lambda\phi h$  in  $TM+h$  (glej zgoraj), razlikujejo se le parametri projekcije. Zato so za obe pretvorbi uporabljene iste enačbe.

 $TM+h \leftrightarrow UTM+h$ 

... prehoda med obema ravninskima koordinatnima sistemoma sta seveda izvedljiva tudi v dveh korakih (prek krivočrtnih geodetskih koordinat, glej sliko 2), vendar sta na voljo tudi bistveno enostavnejši in natančnejši neposredni pretvorbi (Kete in Berk, 2012); program ETRS89-SI zato tidve pretvorbi izvaja neposredno.

Povratnost (reverzibilnost) vseh uporabljenih neposrednih transformacij in pretvorb je na območju Slovenije znotraj 20 nm (0,00000002 m) – gre za največje zabeleženo odstopanje koordinat po transformaciji/pretvorbi iz izvirnega v ciljni datum/sistem in nazaj. Za testiranje je bilo uporabljenih ~54000 točk, ki tvorijo obod države (točke državne meje). Pri vseh pretvorbah med koordinatnimi sistemi je tako kakovost koordinat v ciljnem sistemu odvisna zgolj od njihove kakovosti v izvornem sistemu. Pri datumskih transformacijah pa je seveda kakovost koordinat v ciljnem sistemu odvisna tudi od kakovosti določitve transformacijskih parametrov; za transformacijo iz D96 SIGNAL v D17 je na primer dobljeni RMS koordinat 6 mm.

Razen navedenih treh parov datumskih transformacij in štirih parov pretvorb (skupaj 14 neposrednih prehodov) med referenčnimi koordinatnimi sistemi so vsi ostali prehodi izvedeni v več korakih. Oglejmo si tri zanimivejše primere sestavljenih prehodov.

 $D96\ EUREF/TM+h \leftrightarrow D17/TM+h$ 

... prehod med obema uradnima realizacijama ETRS89 v Sloveniji (potrjenima s strani EUREF), in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino. Izvede se v petih korakih:  $D96\ EUREF/TM+h \leftrightarrow D96\ EUREF/\lambda\phi h \leftrightarrow D96\ EUREF/XYZ \leftrightarrow D17/XYZ \leftrightarrow D17/\lambda\phi h \leftrightarrow D17/TM+h$ . Največje koordinatne razlike so zabeležene za n-koordinate, in sicer do 76 mm (morje, občina Piran). Razlike v 2R položaju znašajo med 22 mm (Pince - Marof, občina Lendava) in 80 mm (morje, občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do 12 mm (morje, občina Piran).

D96 EUREF/TM+h ↔ D96 SIGNAL/TM+h

... prehod med prvo uradno realizacijo ETRS89 v Sloveniji (potrjeno s strani EUREF) in kasnejšo realizacijo za določitev koordinat stalnih postaj v omrežju SIGNAL, in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino. Izvede se v šestih korakih: D96 EUREF/TM+h ↔ D96 EUREF/λφh ↔ D96 EUREF/XYZ ↔ D17/XYZ ↔ D96 SIGNAL/XYZ ↔ D96 SIGNAL/λφh ↔ D96 SIGNAL/TM+h. Največje koordinatne razlike so zabeležene za n-koordinate, in sicer do 48 mm (Breginj, občina Kobarid). Razlike v 2R položaju znašajo med 11 mm (Pince - Marof, občina Lendava) in 52 mm (morje, občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do 20 mm (morje, občina Piran).

D96 EUREF/TM+h ↔ D96-17/TM+h

... prehod med prvo uradno realizacijo ETRS89 v Sloveniji (potrjeno s strani EUREF) in pragmatično rešitvijo D96-17, in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino. Izvede se v šestih korakih: D96 EUREF/TM+h ↔ D96 EUREF/λφh ↔ D96 EUREF/XYZ ↔ D17/XYZ ↔ D96-17/XYZ ↔ D96-17/λφh ↔ D96-17/TM+h. Največje koordinatne razlike so zabeležene za n-koordinate, in sicer do 24 mm (Breginj, občina Kobarid). Razlike v 2R položaju znašajo med 6 mm (Pince - Marof, občina Lendava) in 26 mm (morje, občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do 10 mm (morje, občina Piran).

Povsem enake vrednosti največjih (absolutnih) koordinatnih razlik kot pri prehodu D96 EUREF/TM+h ↔ D96-17/TM+h (glej zgoraj) dobimo tudi pri prehodu D96 SIGNAL/TM+h ↔ D96-17/TM+h, vendar se te razlikujejo v predznakih, D96-17 je namreč ravno »na pol poti« med D96 EUREF in D96 SIGNAL (Berk in sod., 2020).

**4 VHODNI PODATKI ZA TRANSFORMACIJO**

Program ETRS89-SI podpira naslednje oblike vhodnih datotek:

- CRD-datoteke (koordinate v formatu Bernese),
- CSV-datoteke (MS DOS, ločeno z vejico ali s podpičjem),
- TXT-datoteke (MS DOS, ločeno s tabulatorji ali presledki, tudi PRN-datoteke) in
- XYZ-datoteke (tudi ASC-datoteke).

Pričakovan vrstni red koordinat v vhodnih datotekah je (X, Y, Z) za geocentrični kartezični koordinatni sistem, (λ, φ, h) za krivočrtni geodetski koordinatni sistem in (e, n, h) za oba sestavljena koordinatna sistema. Razen ko gre za formatiran zapis z vnaprej določenimi širinami stolpcev (crd-datoteke; glej Dach in sod., 2015, str. 726–729), so ločila med koordinatami in/ali drugimi atributi točk tabulatorji in/ali presledki (txt-, prn- in xyz-datoteke) oziroma vejica in/ali podpičje (csv- in asc-datoteke). Ločilo pri koordinatah je decimalna pika, pogojno tudi decimalna vejica – če vejica ni uporabljena že kot ločilo med atributi točke. Program prepozna tudi koordinate točk, ki so podane v narekovajih, na primer ‘515200.61’, »515200,61« ipd.

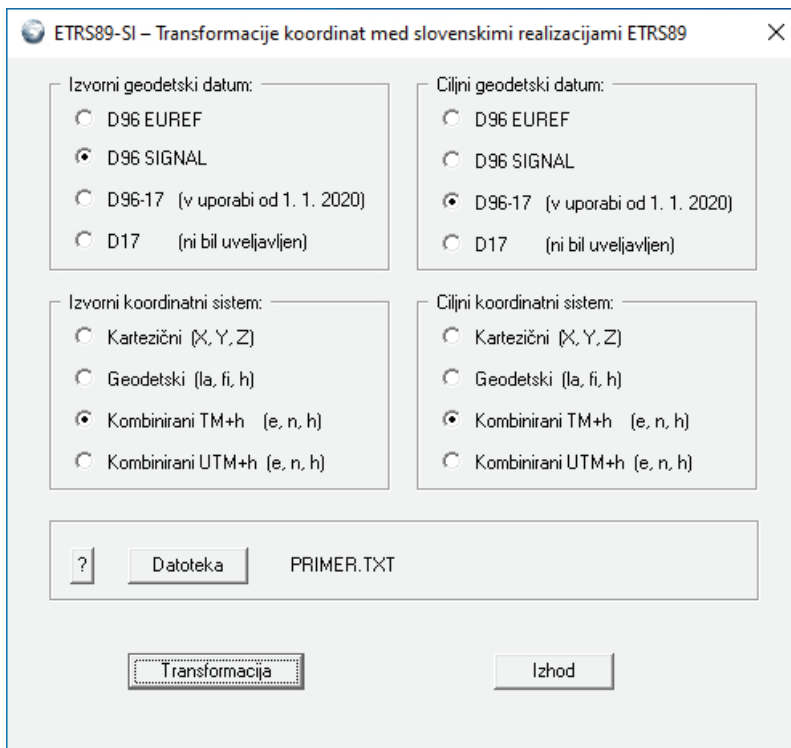
Program ETRS89-SI je namenjen transformacijam in/ali pretvorbam koordinat geodetskih točk v Sloveniji, vendar je definicijsko območje transformacije v horizontalnem smislu razširjeno na območje

celotne Evrope ( $-32^\circ \leq \lambda \leq +70^\circ$  in  $+34^\circ \leq \varphi \leq +82^\circ$ ), v vertikalnem smislu pa vključuje celotno Zemljino skorjo kot tudi atmosfero ( $-100 \text{ km} \leq h \leq +100 \text{ km}$ ). Koordinate vsake točke program preveri pred izvedbo transformacije; morebitne točke, ki se nahajajo zunaj definicijskega območja transformacije, pa v izhodno datoteko samo prepíše.

## 5 UPORABA PROGRAMA ETRS89-SI

Program ETRS89-SI je bil razvit v okolju MS Visual Studio 2017, v programskem jeziku Visual C++. Program zahteva operacijski sistem MS Windows, ki je novejši od Windows XP. Posebna namestitev ni potrebna. Ob zagonu programa se odpre pogovorno okno (slika 3), v katerem izberete:

- izvorni geodetski datum,
- ciljni geodetski datum,
- izvorni koordinatni sistem,
- ciljni koordinatni sistem in
- ime vhodne datoteke za transformacijo.



Slika 3: Pogovorno okno programa ETRS89-SI.

Privzeta izvorni in ciljni geodetski datum sta D96 SIGNAL in D96-17, privzet izvorni in ciljni koordinatni sistem pa je TM+h (slika 3); ta kombinacija izvornega in ciljnega referenčnega koordinatnega sistema bo verjetno najpogosteje uporabljena, saj omogoča transformacijo koordinat točk, določenih v letih 2008–2020 z navezavo na omrežje SIGNAL, v D96-17-koordinate, ki so v uporabi od 1. januarja

letos. Koordinatne razlike znašajo od nekaj milimetrov v Prekmurju pa do 24 milimetrov na skrajnem zahodu države.

Program ohrani vhodne datoteke nespremenjene. Imena izhodnih datotek pa tvori iz imen vhodnih datotek, pri čemer je ime razširjeno z dodatkom, ki označuje izbrani ciljni referenčni koordinatni sistem. Program tvori tudi istoimensko datoteko s poročilom o izvedeni transformaciji s pripono ».rep« (iz angl. *report*). Vanjo zapiše osnovne podatke o izvedeni transformaciji/pretvorbi koordinat, in sicer:

- datum in čas izvedbe transformacije/pretvorbe,
- imeni vhodne in izhodne datoteke koordinat,
- izvorni in ciljni referenčni koordinatni sistem,
- postopek izračuna (izvedene korake) transformacije/pretvorbe in
- število transformiranih/pretvorjenih točk.

Koordinate točk v izhodnih datotekah niso zaokrožene; ne glede na mesto decimalne vejice/pike so vedno podane s 16 števki; izjema so crd-datoteke, kjer je zapis koordinat formatiran in omejen s petimi decimalnimi mesti (tj. na 0,01 mm).

## 6 SKLEP

D96-17 je pragmatična rešitev za uskladitev koordinat točk v GNSS-mrežah v Sloveniji in njihovo osvežitev, potrebno zaradi »razrahljanih« relativnih odnosov po dobrih dveh desetletjih delovanja tektonike. Uporabljeni pristop zagotavlja najmanjše možne spremembe koordinat geodetskih točk. Njihov sistematični del ne presega 25 mm, kar nas rešuje zadrege, ki bi sicer nastala s potrebo po (ponovni) transformaciji vseh prostorskih podatkovnih zbirk v državi.

Vendar pa pri geodetskih nalogah, kjer je zahtevana visoka natančnost in točnost določanja koordinat točk (na primer pasivne in aktivne geodetske GNSS-mreže, inženirske mreže, mreže točk za vpetje modela kvazigeoida ipd.), razlike med koordinatami v različnih realizacijah ETRS89 niso zanemarljive. Če so bile za določitev datuma vaše geodetske mreže uporabljene točke, ki so bile vključene tudi v določitev D96-17 (portal Prostor, 2020), je seveda priporočljivo, da jo z novimi koordinatami teh točk ponovno izravnate. Sistematični del koordinatnih odstopanj pa enostavno odpravite tudi kar z ustrezno transformacijo koordinat geodetskih točk, pridobljenih z navezavo na različne realizacije ETRS89, ki so bile doslej v uporabi. To je tudi edini način za uskladitev koordinat točk, določenih z GNSS-izmero v realnem času.

Program ETRS89-SI omogoča vseh 240 prehodov med 16 referenčnimi koordinatnimi sistemi, ki vzpostavljajo ETRS89 v Sloveniji. Samo 14 takšnih transformacij oziroma pretvorb je neposrednih; v splošnem lahko prehod med izbranimi referenčnimi koordinatnimi sistemoma zahteva do šest korakov (na primer iz D96 SIGNAL/TM+h v D96-17/TM+h). S program ETRS89-SI so vse te transformacije in pretvorbe dostopne za ceno nekaj klikov.

## Literatura in viri:

Berk, S. (2020). Program ETRS89-SI: Transformacije koordinat med slovenskimi realizacijami ETRS89. Različica 1.0. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije. [http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/Transformacije\\_ETRS89/Aplikacije/ETRS89-SI.zip](http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/Transformacije_ETRS89/Aplikacije/ETRS89-SI.zip), pridobljeno 30. 11. 2020.

Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. (2003). Kombinirani izračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. Geodetski vestnik, 47 (4), 414–422. [http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4\\_414-422.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_414-422.pdf), pridobljeno 30. 11. 2020.



- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. (2004). The Recomputation of the EUREF GPS Campaigns in Slovenia. Symposium of the IAG Reference Frame Subcommission for Europe (EUREF 2003, Toledo), *Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie*, 13 (33), 132–153. <http://www.euref.eu/symposia/book2003/4-02-Berk.pdf>, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Berk, S., Sterle, O., Medved, K., Komadina, Ž., Stopar, B. (2018). Computation of the EUREF Slovenia 2016 GNSS Campaign. Symposium of the IAG Reference Frame Subcommission for Europe (EUREF 2018, Amsterdam), 28. <http://www.euref.eu/symposia/2018Amsterdam/01-03-p-Berk.pdf>, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Berk, S., Sterle, O., Medved, K., Stopar, B. (2020). ETRS89/D96-17 – rezultat GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016. *Geodetski vestnik*, 64 (1), 43–67. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.01.43-67>
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P., Fridez, P. (2015). Bernese GNSS Software. Version 5.2. User manual. Bern: Astronomski inštitut Univerze v Bernu. <http://www.berne.se.unibe.ch/docs/DOCUS2.pdf>, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Karney, C. F. F. (2011). Transverse Mercator with an Accuracy of a Few Nanometers. *Journal of Geodesy*, 85 (8), 475–485. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-011-0445-3>
- Kete, P., Berk, S. (2012). Stari in novi državni koordinatni sistem v Republiki Sloveniji ter koordinatni sistem zveze Nato. V J. Balas, A. Kokalj, B. Kovič (ur.), *Geoprostorska podpora obrambnemu sistemu Republike Slovenije*. Zbornik, 259–279. Ljubljana: Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije.
- Medved, K., Berk, S., Sterle, O., Stopar, B. (2018). Izzivi in dejavnosti v zvezi z državnim horizontalnim koordinatnim sistemom Slovenije. *Geodetski vestnik*, 62 (4), 567–586. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.567-586>
- Moritz, H. (2000). Geodetic Reference System 1980. *Journal of Geodesy*, 74 (1), 128–133. DOI: <https://doi.org/10.1007/S001900050278>
- Obvestilo (2007). Izračun koordinat stalnih postaj omrežja SIGNAL – uskladitev s slovenskim geodetskim datumom D96. Ljubljana: Služba za GPS, Geodetski inštitut Slovenije. [http://www.gu-signal.si/sites/default/files/Obvestilo\\_MiniEUREF07\\_21\\_12\\_2007.pdf](http://www.gu-signal.si/sites/default/files/Obvestilo_MiniEUREF07_21_12_2007.pdf), pridobljeno 30. 11. 2020.
- Obvestilo (2019). Nove koordinate stalnih postaj omrežja SIGNAL na osnovi GNSS-izmere »EUREF Slovenija 2016« (koordinate ETRS89/D96-17). Ljubljana: Služba za GNSS, Geodetski inštitut Slovenije, in Geodetska uprava Republike Slovenije. [http://www.gu-signal.si/sites/default/files/Obvestilo\\_12\\_12\\_2019-EUREF\\_SVN\\_2016.pdf](http://www.gu-signal.si/sites/default/files/Obvestilo_12_12_2019-EUREF_SVN_2016.pdf), pridobljeno 30. 11. 2020.
- Portal Prostor (2020). Zbirka podatkov državnih geodetskih točk: Koordinate ključnih GNSS-točk. Geodetska uprava Republike Slovenije. <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-prostorski-koordinatni-sistem/zbirka-podatkov-drzavnih-geodetskih-tock/#tab3-1643>, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Sjöberg, L. E. (2008). A Strict Transformation from Cartesian to Geodetic Coordinates. *Survey Review*, 40 (308), 156–163. DOI: <https://doi.org/10.1179/003962608X290942>
- Stopar, B. (2007). Vzpostavitev ETRS v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 51 (4), 763–776. [http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4\\_763-776.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4_763-776.pdf), pridobljeno 30. 11. 2020.
- Vaniček, P., Krakiwsky, E. (1986). *Geodesy: The Concepts*. Second Edition. Amsterdam: Elsevier.

**Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.**

*Geodetska uprava Republike Slovenije, Urad za geodezijo  
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana  
e-naslov: sandi.berk@gov.si*