

**Nove koordinate stalnih postaj omrežja SIGNAL  
na osnovi GNSS-izmere »EUREF Slovenija 2016«  
(koordinate ETRS89/D96-17)**

Datum: 12. 12. 2019

V drugi polovici leta 2016 je Geodetska uprava Republike Slovenije izvedla GNSS-izmero »EUREF Slovenija 2016«. Osnovni izračun, ki se je osredotočil predvsem na uradne EUREF-točke v Sloveniji, je bil [predstavljen](#) in [potrjen](#) na 28. EUREF-simpoziju, spomladi 2018 v Amsterdamu. Naknadno je bil po enaki metodologiji izveden še izračun, ki upošteva celoten časovni razpon GNSS-izmere (vseh 80 zaporednih dni) ter skupaj 117 GNSS-točk:

- 48 EUREF-točk,
- 16 stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL (vključno s koprsko postajo 0. reda),
- 21 v omrežje SIGNAL vključenih postaj sosednjih omrežij APOS, CROPOS, GNSSnet.hu in Rete GNSS FVG,
- 7 dodatnih stalnih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže 0. reda ter
- 25 dodatnih stalnih GNSS-postaj omrežij EPN in IGS.

Osnovni cilji GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 so bili:

- ugotoviti in izboljšati skladnost koordinat v mreži EUREF-točk in stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL,
- povezati mrežo EUREF-točk in omrežje SIGNAL s kombinirano geodetsko mrežo 0. reda ter
- ugotoviti vplive recentne tektonike na kakovost referenčnega koordinatnega sistema v Sloveniji.

Uradna realizacija ETRS89 v Sloveniji z oznako **ETRS89/D96** (v nadaljevanju: D96), temelji na GPS-izmerah v letih 1994–1996. Kombinirani izračun le-teh, ki je bil [predstavljen](#) in [potrjen](#) na 13. EUREF-simpoziju, spomladi 2003 v Toledu, je bil izveden v ITRF96, ogrodje realizacije je bil ETRF96.

Izračun GNSS-izmere v letu 2016 je bil izveden v IGB08, ogrodje realizacije pa je bil ETRF2000 – skladno z danes veljavnimi [smernicami EUREF](#). Rezultat izračuna GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 je nova realizacija ETRS89 v Sloveniji z oznako **ETRS89/D17** (v nadaljevanju: D17 – geodetski datum 2017); letnica predstavlja zaokrožitev srednjega trenutka GNSS-izmere, ki je 2016,75.

Zaradi omenjenih različnih ogrodij obeh realizacij, pa tudi dobrih dveh desetletij delovanja tektonike, koordinatne razlike med realizacijama D96 in D17 za EUREF-točke v Sloveniji presežejo 8 cm.

Velika koordinatna odstopanja med realizacijama D96 in D17 pomenijo težavo. Če bi želeli uveljaviti D17 kot novi državni referenčni koordinatni sistem, bi morali izvesti novo transformacijo koordinat vseh zbirk prostorskih podatkov, kar je seveda nesprejemljivo.

Pragmatična rešitev za nastalo težavo je bila uporaba optimalne toge prostorske (6-parametrične) transformacije iz D17 v D96. Nove koordinate z oznako **ETRS89/D96-17** (v nadaljevanju: D96-17) v največji možni meri ohranjajo tako koordinate EUREF-točk kot tudi koordinate stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL (tj. spremembe koordinat so kot se le da majhne), hkrati pa upoštevajo geometrijske odnose v obeh mrežah v času izvedbe GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016, torej dobrih 20 let po vzpostavitvi D96 (**preglednica 1**).

Postopek določitve koordinat v D17 je bil naslednji:

- izračun koordinat GNSS-mreže v IGB08, epoha 2016,75, vezan na izhodiščne IGS-točke Bukarešta (BUCU), Gradec (GRAZ), Grasse (GRAS), Józefosław (JOZE), Matera (MATE), Užgorod (UZHL), Wettzell (WTZR) in Zimmerwald (ZIMM) – t. i. ‘minimum constraint solution’,
- [14-parametrična transformacija](#) koordinat iz ITRF2008, epoha 2016,75, v ITRF2000, epoha 2016,75, ter nato še
- [14-parametrična transformacija](#) koordinat iz ITRF2000, epoha 2016,75, v ETRF2000, epoha 2016,75, (tj. v ETRS89/D17).

Postopek določitve koordinat v D96-17 je bil naslednji:

- določitev optimalne 6-parametrične transformacije koordinat iz D17 v D96, upoštevaje EUREF-točke iz prvotne realizacije ETRS89 v Sloveniji,
- določitev optimalne 6-parametrične transformacije koordinat iz D17 v D96, upoštevaje stalne GNSS-postaje omrežja SIGNAL, in nato
- 6-parametrična transformacija koordinat iz D17 v D96 (tj. v ETRS89/D96-17), ki predstavlja ‘sredino’ obeh optimalnih transformacij zgoraj – transformirane točke so težišča položajev, dobljenih iz obeh različnih transformacij v D96 za vsako posamezno točko.

Tako so vse točke osnovne pasivne (EUREF) kot tudi aktivnih GNSS-mrež v Sloveniji (SIGNAL in 0. red) dobile nove, na enoten način določene koordinate D96-17, ki odražajo današnje stanje na terenu (odprava napetosti v mrežah in njihova medsebojna uskladitev).

Poleg uskladitve koordinat pasivnega (EUREF-točke) in aktivnega GNSS-omrežja (stalne postaje omrežja SIGNAL), ki je bilo potrebno zaradi [naknadne določitve](#) koordinat v omrežju SIGNAL – osnova je bil izračun t. i. »mini EUREF-kampanje 2007«, pri čemer EUREF-točke niso bile uporabljene za določitev datuma mreže, saj jih je bilo v izmero vključenih premalo – so bile z novim izračunom koordinat odpravljena tudi:

- odstopanja koordinat stalne postaje Koper (KOPE), ki so nastala zaradi ugotovljene lokalne nestabilnosti postaje,
- odstopanja koordinat stalne postaje Lendava (LEND), ki so nastala ob prenovi strehe stavbe (november 2019) – treba je bilo začasno odstraniti in nato ponovno namestiti GNSS-anteno, kot tudi nosilni drog zanjo –, ter
- odstopanja koordinat stalnih postaj sosednjih omrežij, ki so nastala zaradi [naknadne določitve](#) koordinat teh postaj (gl. tudi [log-datoteke](#)) – koordinate so bile določene v okviru lokalnih GNSS-mrež, ki so vključevale bližnje postaje omrežja SIGNAL.

Spremembe koordinat stalnih GNSS-postaj v omrežju SIGNAL tako znašajo do največ 4,65 cm na koprski postaji. **Uveljavitev novih koordinat** (D96-17) stalnih GNSS-postaj v omrežju SIGNAL glede na [zahtevano natančnost](#) ne bo vplivala na meritve v zemljiškem katastru. Izvedeni testi so pokazali, da so pri RTK-meritvah za večino storitev (npr. VRS, MAC) spremembe koordinat bistveno manjše od sprememb koordinat stalnih GNSS-postaj (**preglednica 2**).

Popravki koordinat stalnih GNSS-postaj v omrežju SIGNAL kot tudi koordinat EUREF-točk bodo vplivali tudi na boljšo skladnost koordinat, določenih s kinematično metodo izmere v realnem času z uporabo storitev omrežja SIGNAL ali pa s statično oziroma hitro statično metodo izmere z naknadno obdelavo GNSS-opazovanj in navezavo ali na omrežje SIGNAL ali pa ne mrežo EUREF-točk.

Poleg novih koordinat so se zaradi pridobitve enoličnih mednarodnih oznak (DOMES numbers) spremenile tudi oznake nekaterih stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL, in sicer za Bovec (BOVE → BOVC), Brežice (BREZ → BRZC), Črnomelj (CRNO → CRNM), Maribor (MARI → MRBR), Radovljico (RADO → RDVL) in Trebnje (TREB → TRBN).

**Vse navedene spremembe v omrežju SIGNAL bodo pričele veljati s 1. januarjem 2020.** Po tem datumu bodo na spletni strani Službe za GNSS na voljo tudi nove log-datoteke za vse stalne GNSS-postaje omrežja SIGNAL in vanj vključene postaje sosednjih omrežij. Nove koordinate bodo po tem datumu navedene tudi v glavah RINEX-datotek.

**Preglednica 1:** Nove koordinate (ETRS89/D96-17) stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL in vanj vključenih postaj sosednjih omrežij.

Lokacija	Oznaka	X	Y	Z	e	n	h
Bleiburg/Pliberk	<b>BLEI</b>	4245735,7266	1121289,3556	4610928,0435	484207,9575	161138,0269	537,8687
Bodonci	<b>BODO</b>	4207416,5597	1213625,9675	4622309,2585	583305,0907	178485,6519	340,2169
Bovec	<b>BOVC</b>	4289324,1707	1033108,8907	4591204,8050	387755,9663	133578,0860	485,8483
Brežice	<b>BRZC</b>	4282493,3048	1195090,3372	4558011,4071	545972,3901	85110,5046	222,4360
Čakovec	<b>CAKO</b>	4227250,7757	1247280,6244	4595193,2989	610683,7336	139606,5010	222,0698
Celje	<b>CELJ</b>	4263713,1237	1161749,0421	4584088,7691	518630,5732	122476,9405	295,1426
Črnomelj	<b>CRNM</b>	4315744,0168	1172019,9152	4532759,2058	515085,5209	48765,2516	236,3838
Delnice	<b>DELN</b>	4338244,0654	1146296,0712	4518692,4367	484420,2131	28156,8361	776,0512
Deutschlandsberg/Lonč	<b>DLBG</b>	4219870,8942	1147553,6717	4627915,3103	516266,0855	186019,0570	430,5476
Feldbach/Vrbna	<b>FLDB</b>	4195227,8000	1193658,1404	4638461,3553	567172,4721	201890,2255	348,2658
Ljubljana	<b>GSR1</b>	4292609,8207	1113638,9969	4569215,3885	464688,6085	101026,8150	351,6721
Idrija	<b>IDRI</b>	4305896,8669	1075956,1505	4565801,5620	424854,2143	96439,5813	378,5169
Ilirska Bistrica	<b>ILIB</b>	4335545,4319	1100950,4650	4532050,3199	441323,5171	47746,0085	494,6074
Karlovac/Karovec	<b>KARL</b>	4314845,0980	1201021,5865	4525976,2331	543328,8314	39277,7708	174,1479
Klagenfurt/Celovec	<b>KLAG</b>	4253508,1254	1085734,8411	4612212,8608	447858,5502	163251,7327	500,2900
Koper	<b>KOPE</b>	4346595,4390	1061559,2125	4530252,6639	400408,4789	46146,0109	52,7031
Landskron/Vajškra	<b>LANK</b>	4259654,7420	1053590,3027	4614096,7564	415221,5423	166276,8861	583,0808
Lendava	<b>LEND</b>	4213343,1726	1243819,0427	4608789,6596	610939,7347	159360,2957	219,9141
Maribor	<b>MRBR</b>	4230543,8923	1185068,1822	4608685,1778	549735,9953	158265,4670	342,9379
Nova Gorica	<b>NOVG</b>	4321545,6165	1047464,5525	4557315,7484	393277,3227	84976,0016	110,1234
Poreč	<b>PORE</b>	4373762,0823	1057723,7401	4505121,2713	389670,9419	10521,4994	66,2049
Ptuj	<b>PTUJ</b>	4236961,2752	1205419,2076	4597491,9089	567732,0302	142245,0834	283,9700
Cervignano/Červinjan	<b>RCER</b>	4331990,3452	1027163,0670	4551982,3863	370958,2628	77792,0729	59,6640
Radovljica	<b>RDVL</b>	4276891,4269	1079960,3405	4592110,8078	436230,4182	134118,8713	554,3139
Gorizia/Gorica	<b>RGOR</b>	4317947,4875	1046521,1040	4560977,5935	393298,0121	90195,6267	153,4164
Rijeka/Reka	<b>RIJE</b>	4349004,2757	1112279,7906	4516236,3174	448781,3157	25300,7647	330,6246
Moggio Udinese/Možnica	<b>RMOG</b>	4289568,4383	1005971,3296	4596811,4691	361471,9858	142360,1065	377,9540
Tarvisio/Tribič	<b>RTAR</b>	4275305,1994	1033723,2653	4604417,2884	391982,9516	152379,6700	761,1435
Trieste/Trst	<b>RTRI</b>	4336818,1911	1064245,6003	4539078,1807	405536,1087	58571,6388	161,6225
Udine/Videm	<b>RUDI</b>	4316423,3086	1014588,7211	4569607,1044	362841,3773	103195,2377	180,5719
Slovenj Gradec	<b>SLOG</b>	4246111,3330	1144100,8515	4604923,5072	506141,0139	152460,5392	471,8822
Trebnje	<b>TRBN</b>	4294299,3898	1151308,2909	4558323,8999	500631,8488	85276,0885	331,6940
Villach/Beljak	<b>VLCH</b>	4262285,8603	1050898,0995	4612277,6109	411939,9646	163686,9618	572,0714
Völkmarkt/Velikovec	<b>VLKM</b>	4243387,3879	1107380,9434	4616396,3232	471383,4132	169157,4203	527,3068
Zabok	<b>ZABO</b>	4266157,3418	1215990,9995	4567726,4698	570387,7065	99317,1800	222,2290
Zagreb	<b>ZAGR</b>	4282038,1296	1224885,9163	4550534,2877	574869,5888	74685,5381	194,3867
Zalaegerszeg/Jageršek	<b>ZALA</b>	4183195,2838	1266312,0661	4629927,5518	640476,8359	190815,5945	214,0946

**Preglednica 2:** Koordinatne razlike\* med starimi (D96) in novimi koordinatami (D96-17) stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL in vanj vključenih postaj sosednjih omrežij.

Lokacija	Oznaka	$\Delta X$ [mm]	$\Delta Y$ [mm]	$\Delta Z$ [mm]	$\Delta e$ [mm]	$\Delta n$ [mm]	$\Delta h$ [mm]
Bleiburg/Pliberk	BLEI	29,5	7,2	-6,8	-0,6	-26,7	16,0
Bodonci	BODO	11,6	8,4	-8,4	5,1	-15,5	3,1
Bovec	BOVC	25,1	7,7	-24,8	1,0	-36,1	0,2
Brežice	BRZC	4,0	12,2	-2,9	10,7	-7,1	2,9
Čakovec	CAKO	14,7	2,4	-7,1	-1,6	-15,6	5,0
Celje	CELJ	8,3	2,6	12,6	0,4	2,5	15,1
Črnomelj	CRNM	-1,0	11,5	1,8	11,4	-0,2	2,7
Delnice	DELN	36,4	-19,8	-20,3	-28,5	-35,6	6,7
Deutschlandsberg/Lonč	DLBG	40,7	-15,0	-13,0	-25,1	-34,7	14,7
Feldbach/Vrbna	FLDB	11,7	6,1	-10,1	2,8	-16,3	1,5
Ljubljana	GSR1	14,0	8,0	-1,4	4,2	-12,2	9,8
Idrija	IDRI	16,8	6,4	-5,0	2,0	-16,3	8,8
Ilirska Bistrica	ILIB	17,3	18,1	-5,2	13,1	-19,0	11,1
Karlovac/Karlovec	KARL	13,0	10,5	1,1	6,7	-10,1	11,5
Klagenfurt/Celovec	KLAG	18,2	5,1	-14,1	0,2	-23,4	2,8
Koper**	KOPE	6,5	49,7	-3,9	46,5	-16,4	9,9
Landskron/Vajškra	LANK	48,3	12,6	5,2	0,2	-32,7	38,1
Lendava***	LEND	6,1	-33,6	10,9	-34,1	9,5	5,4
Maribor	MRBR	9,8	7,6	-3,0	4,7	-10,3	5,7
Nova Gorica	NOVG	16,1	11,5	-4,9	7,1	-16,7	9,3
Poreč	PORE	13,3	21,1	-8,7	17,1	-19,1	6,4
Ptuj	PTUJ	7,9	3,1	-10,8	0,9	-13,6	-2,0
Cervignano/Červinjan	RCER	18,2	11,3	-14,2	6,2	-24,6	3,9
Radovljica	RDVL	25,5	7,3	-10,9	0,6	-26,7	10,4
Gorizia/Gorica	RGOR	11,5	6,0	-6,5	2,9	-13,6	4,1
Rijeka/Reka	RIJE	4,7	12,6	-8,6	10,9	-11,6	-0,7
Moggio Udinese/Možnica	RMOG	16,1	10,0	-26,8	5,3	-31,6	-7,0
Tarvisio/Tribiž	RTAR	37,4	3,3	-21,6	-6,3	-41,7	9,9
Trieste/Trst	RTRI	36,1	19,3	5,7	9,7	-24,5	31,8
Udine/Videm	RUDI	19,2	9,9	-15,9	4,7	-26,2	3,1
Slovenj Gradec	SLOG	24,9	13,6	-10,1	6,7	-26,9	11,7
Trebnje	TRBN	11,0	8,9	-6,9	5,8	-14,0	4,0
Villach/Beljak	VLCH	27,0	7,8	-8,8	0,7	-26,4	12,8
Völkernmarkt/Velikovec	VLKM	28,4	7,6	-1,8	0,1	-22,6	18,8
Zabok	ZABO	12,8	11,5	-4,2	7,7	-13,9	7,7
Zagreb	ZAGR	-3,4	10,3	-1,3	10,9	-0,5	-1,3
Zalaegerszeg/Jageršek	ZALA	20,5	-13,3	-12,1	-18,1	-20,2	2,0

Opombe k preglednici 2:

\* Velja:  $X_{D96-17} = X_{D96} + \Delta X$ ,  $Y_{D96-17} = Y_{D96} + \Delta Y$ ,  $Z_{D96-17} = Z_{D96} + \Delta Z$ ,  
 $e_{D96-17} = e_{D96} + \Delta e$ ,  $n_{D96-17} = n_{D96} + \Delta n$ ,  $h_{D96-17} = h_{D96} + \Delta h$

\*\* Stalna postaja v Kopru ima največji zabeležen koordinatni popravek (46,5 mm po e). Ugotovljeno je bilo, da je postaja lokalno nestabilna. Ocenjeni dejanski lokalni premiki stalne postaje so: 36,1 mm proti vzhodu, 6,2 mm proti severu in 0,8 mm navzgor. Preostali deleži koordinatnih razlik so z naslova uskladitve v različnih obdobjih določenih koordinat pasivnih in aktivnih GNSS-mrež in vplivov geodinamike.

\*\*\* Stalna postaja v Lendavi je bila zaradi prenove strehe stavbe, na kateri je nameščena, premaknjena v novembru 2019; v času izvedbe GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 je bila še na prvotnem mestu. Na podlagi izmer v klasični mikromreži pred in po ponovni namestitvi GNSS-antene so bili ugotovljeni dejanski lokalni premiki stalne postaje, ki so: 33,8 mm proti zahodu, 19,1 mm proti severu in 4,0 mm navzgor (vendar le-ti ne vplivajo na kakovost delovanja omrežja SIGNAL, saj se postaja zopet vključi v omrežje s 1. januarjem 2020, torej ob uveljavitvi novih koordinat v preglednici 1, ki se nanašajo na stanje po ponovni namestitvi GNSS-antene). Preostali deleži koordinatnih razlik so z naslova uskladitve v različnih obdobjih določenih koordinat pasivnih in aktivnih GNSS-mrež in vplivov geodinamike.