

KOMBINIRANI IZRAČUN EUREF GPS-KAMPANJ NA OBMOČJU SLOVENIJE

COMBINED SOLUTION OF THE EUREF GPS CAMPAIGNS
ON THE TERRITORY OF SLOVENIA

*Sandi Berk, Žarko Komadina, Marijan Marjanovič,
Dalibor Radovan, Bojan Stopar*

UDK: 528.28 (497.14)
POVZETEK

Za povezavo slovenskega koordinatnega sistema z enotnim evropskim koordinatnim sistemom so bile izvedene tri EUREF GPS-kampanje, ki so vključevale tudi točke na območju Slovenije. Rezultati teh kampanj so bili objavljeni za vsako kampanjo posebej v letih 1995-1997. Primerjava rezultatov je dala na nekaterih točkah koordinatna odstopanja do 5 cm. Nepričakovano velika odstopanja so privedla Geodetsko upravo Republike Slovenije do odločitve za ponovni preračun vseh treh kampanj. Izvedbo projekta je prevzel Geodetski inštitut Slovenije, in sicer v sodelovanju s Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter ob pomoči svetovalca z Državne geodetske uprave Republike Hrvaške. Strokovno podporo je nudil tudi Zvezni urad za kartografijo in geodezijo (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie - BKG) iz Frankfurta na Majni, Nemčija. Preračun je bil zaključen avgusta 2003. Rezultat so nove, bolj kakovostne koordinate vseh točk, določenih v EUREF GPS-kampanjah na območju Slovenije, kar je pomemben korak pri postopnem prehodu na nov državni koordinatni sistem. Predstavljeni sta strategija obdelave podatkov ter analiza rezultatov preračuna. Namen prispevka je seznanitev strokovne javnosti z izvedbo preračuna in posledično s spremembo ETRS-koordinat niza najnatančnejših geodetskih točk v Sloveniji.

KLJUČNE BESEDE

EUREF¹, Evropski terestrični referenčni sestav - ETRF, Evropski terestrični referenčni sistem - ETRS, kombinirani izračun GPS-kampanj, Mednarodna GPS-slужba za geodinamiko - IGS, Mednarodni terestrični referenčni sestav - ITRF

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.04
ABSTRACT

In order to establish a link between the Slovene coordinate system and the unified European coordinate system, three EUREF GPS campaigns with sites on the territory of Slovenia have been realized. Results were published separately for each campaign in years 1995-1997. Comparing these results, coordinate differences of up to 5 cm were obtained at certain sites. Unexpectedly large differences lead the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia to the decision for the re-computation of all three campaigns. The project was realized by the Geodetic Institute of Slovenia, in collaboration with the Faculty of Civil and Geodetic Engineering at the University of Ljubljana and an adviser from the State Geodetic Administration of the Republic of Croatia. The expert support was also kindly offered by the Federal Agency for Cartography and Geodesy, Frankfurt on the Main, Germany. The recomputation was completed in August 2003. The result are new, better quality coordinates of all the sites determined in the EUREF GPS campaigns on the territory of Slovenia. This is an important step on the way to a new national coordinate system. An outline of the data processing strategy and result analyses are given. The purpose of the paper is the provision of information in terms of realization of the recomputation and consequently with the change of the ETRS coordinates in a high quality geodetic network of Slovenia.

KEY WORDS

KEY WORDS: combined solution of GPS campaigns, EUREF, European Terrestrial Reference Frame - ETRF, European Terrestrial Reference System - ETRS, International GPS Service for Geodynamics - IGS, International Terrestrial Reference Frame - ITRF

¹ European Reference Frame - evropski referenčni sestav; EUREF je hkrati tudi zaščiteno ime Evropske podkomisije komisije X (ki pokriva področje globalnih in regionalnih geodetskih mrež) pri Mednarodnem združenju za geodezijo.

1 UVOD

V skladu s smernicami razvoja osnovnega geodetskega sistema (Miškovič idr., 2000; Radovan idr., 2001; Radovan idr., 2002; Radovan, Berk in Stopar, 2003) so se začele aktivnosti, ki bodo postopno privedle do novega, kakovostnega državnega koordinatnega sistema. Temeljil bo na novih tehnologijah, ki edine lahko zadostijo vse večjim potrebam po kakovostnih prostorskih podatkih. Ena izmed teh aktivnosti je tudi določitev kakovostnih koordinat 49-ih geodetskih točk, vključenih v tri EUREF GPS-kampanje, ki so bile izvedene na območju Slovenije.

Prva izmed treh kampanj, »Slovenija in Hrvaška '94« (Altiner idr., 1995), je bila izvedena leta 1994 in je trajala štiri dni. V kampanjo je bilo vključenih osem slovenskih točk; pet izmed njih je dobilo tudi status uradnih EUREF-točk. Izračun koordinat je bil izveden v ITRF '92, trenutek 1994,41, nato pa so bile koordinate transformirane v ETRS '89. Koordinate točk iz tega preračuna so bile sprejete kot uradne na EUREF-simpoziju v Helsinkih, maja 1995. Druga kampanja, »Slovenija '95« (Altiner idr., 1997a), je bila namenjena zgostitvi točk iz prve kampanje. Izvedena je bila leta 1995 in je trajala sedem dni. Na območju Slovenije je bilo v kampanjo vključenih 48 točk. Izračun koordinat je bil izveden v ITRF '93, trenutek 1995,74, nato pa so bile koordinate transformirane v ETRS '89. Rezultati te kampanje nikoli niso bili predloženi v potrditev na EUREF, čeprav so bile v Sloveniji odtlej v rabi koordinate, dobljene iz te kampanje (Tavčar, 1997), in ne uradne koordinate iz prve kampanje. Tretja kampanja, »Hrvaška '96« (Altiner idr., 1997b), je bila namenjena zgostitvi točk iz prve kampanje za območje Hrvaške, vanjo pa je bilo vključenih šest točk na območju Slovenije. Izvedena je bila leta 1996 in je trajala 14 dni. Izračun koordinat je bil izveden v ITRF '94, trenutek 1996,68, nato pa so bile koordinate transformirane v ETRS '89.

Zaradi prevelikih odstopanj med koordinatami identičnih točk, določenih v omenjenih treh kampanjah, je bil izveden ponovni preračun (Altiner idr., 1999), ki pa se je izkazal za neustreznega, o čemer je EUREF TWG² razpravljala na sestanku v Tromsøju, junija 2000. Problem je bil v tem, da so se za točke, ki so bile vključene v samo eno izmed kampanj, končni rezultati nanašali na srednji trenutek opazovanj le na teh točkah, ne pa na srednji trenutek opazovanj na vseh točkah, vključenih v preračun. Razlogi za ponovni preračun so bili predstavljeni na EUREF-simpoziju v Dubrovniku, maja 2001 (Stopar, Koler in Kuhar, 2002). Zaradi zahtev glede kakovosti preračunov EUREF GPS-kampanj in predvsem enotnih standardov in strategij je bila prva faza preračuna opravljena na Zveznem uradu za kartografijo in geodezijo (bivši Inštitut za uporabno geodezijo - IfAG) v Frankfurtu na Majni. Nadaljnja obdelava je nato potekala na Geodetskem inštitutu Slovenije. Marca 2003 so bili predstavljeni predhodni rezultati preračuna na sestanku EUREF TWG v Parizu. S strani EUREF TWG je bila potrjena ustreznost strategije preračuna, dana pa so bila še nekatera dodatna priporočila.

Upoštevanje priporočila s sestanka v Parizu je bil preračun zaključen maja 2003. Junija 2003 so bili na 13. EUREF-simpoziju v Toledu predstavljeni še končni rezultati preračuna. S strani EUREF so bili potrjeni z resolucijo št. 1. Uradno ime novega, kombiniranega izračuna je »EUREF-

² Technical Working Group - Tehnična delovna skupina, ki deluje v okviru EUREF.

SLOVENIA-94/95/96«. Gre za izboljšanje koordinat obstoječih točk ter za nadomestitev EUREF-točke Lendavske gorice z novo EUREF-točko Donačka gora. Projekt ponovnega preračuna je bil tudi formalno zaključen avgusta 2003 (Berk idr., 2003). Končni rezultati preračuna s podrobno analizo bodo objavljeni v zborniku EUREF-simpozija v Toledu, domači javnosti pa bodo podrobneje predstavljeni tudi na posvetovanju »Raziskave s področja geodezije in geofizike 2003«, ki ga pripravlja Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko in ki bo januarja 2004. V nadaljevanju je povzetek obeh še neobjavljenih prispevkov.

2 TOČKE, VKLJUČENE V PRERAČUN

V preračun treh EUREF GPS-kampanj, ki so bile izvedene na območju Slovenije, je bilo skupaj vključenih 49 točk (vključno s točko Gorjanci, ki leži na slovensko-hrvaški meji); 35 izmed njih je točk slovenske triangulacijske mreže I. reda, preostale pa so točke II. reda in geodinamične točke (glej sliko 1).



Slika 1: Točke na območju Slovenije, ki so bile vključene v preračun.

Za umestitev mreže so bile uporabljene štiri referenčne IGS-točke³, šest dodatnih novih točk na območju sosednjih držav, ki so ali uradne EUREF-točke ali pa IGS-točke, pa je bilo uporabljenih za izboljšanje geometrije mreže in hkrati kot kontrolne točke (glej sliko 2).

Število referenčnih, kontrolnih, uradnih EUREF-točk in ostalih točk, vključenih v preračun posameznih kampanj, je razvidno iz preglednice 1.

³ Permanentne GPS-postaje, ki delujejo v okviru Mednarodne GPS-službe za geodinamiko



Slika 2: IGS-točke in uradne EUREF-točke, ki so bile vključene v preračun.

Kampanja	SI & Hr '94	Slovenija '95	Hrvaška '96
Referenčne IGS-točke	3	4	4
Kontrolne IGS-točke	0	2	2
Kontrolne EUREF-točke	4	3	4
Slovenske EUREF-točke	4	5	3
Slovenske točke triangulacije I. in II. reda	3	31	2
Slovenske geodinamične točke	0	12	1
Skupno število točk	14	57	16

Preglednica 1: Število točk, vključenih v preračun posameznih kampanj.

3 IZBOR VEKTORJEV

Skupaj je bilo v vseh treh kampanjah izvedenih 25 celodnevni serij opazovanj: štiri v prvi kampanji, sedem v drugi kampanji in 14 v tretji kampanji. Različna razporeditev točk v posameznih serijah opazovanj je botrovala 12-im različnim izborom vektorjev, kar je zahtevalo 12 ločenih faz obdelave kampanj. Vseh različnih vektorjev je bilo 80. Dolžina najkrajšega vektorja je znašala 7,8 km (Sveta Ana–Ribnica), najdaljšega pa 658,3 km (Padova–Matera). Srednja dolžina vektorjev v vseh treh kampanjah je bila 67,3 km, kolikor je znašala tudi srednja dolžina vektorjev samo iz prve kampanje. Število različnih vektorjev in srednje dolžine vektorjev po fazah opazovanj v posameznih kampanjah ter v kombiniranem izračunu je razvidno iz preglednice 2.

Kampanja	SH'94	Slovenija '95				Hrvaška '96							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Št. razl. vektorjev	13	33	11	34	12	8	13	11	12	8	12	13	
	13	64			19								
	80												
Sr. dolžina vektorja [km]	67	21	99	24	129	177	119	139	136	178	126	133	
	67	24			139								
	67												

Preglednica 2: Število različnih vektorjev in srednje dolžine vektorjev v preračunu posameznih kampanj.

4 UPORABLJENA OPREMA, VHODNI PODATKI IN STRATEGIJA OBDELAVE

Uporabljenih je bilo šest različnih tipov GPS-sprejemnikov. Med njimi sta bila najbolj pogosta Trimble 4000SSE in Trimble 4000SSI. Le na nekaterih IGS-točkah so bili uporabljeni sprejemniki Rogue SNR-8, Rogue SNR-8C, Rogue SNR-8000 ali Rogue SNR-8100. Uporabljeni so bili štirje različni tipi GPS-anten. Najbolj pogosta sta bila tipa 4000ST L1/L2 GEOD (TRM14532.00) in TR GEOD L1/L2 GP (TRM22020.00+GP). Na nekaterih IGS-točkah so bile nameščene antene Dorne Margolin B (AOAD/M_B) ali pa Dorne Margolin T (AOAD/M_T). Vsa obdelava podatkov je bila izvedena na prenosnem računalniku HP Omnibook XE 4500, Intel Pentium 4M, 1,7 GHz, 256 MB RAM. Nameščen je bil operacijski sistem Windows 2000 Professional. Za preračun je bil uporabljen programski paket Bernese, in sicer različica 4.2. Za transformacijo tirnic satelitov in parametrov rotacije Zemlje je bil uporabljen program Trnfs3n, ki ga je razvil Jan Kouba.

Uporabljena so bila opazovanja 24-urnih serij opazovanj s 15-sekundnim intervalom registracije opazovanj na vseh novih točkah ter sočasna opazovanja s 30-sekundnim intervalom registracije opazovanj na IGS-točkah (permanentna opazovanja). Registracija opazovanj je bila omejena na satelite, ki so bili vsaj 15 ločnih stopinj nad obzorjem. Skupaj je bilo v vseh treh kampanjah okoli 8,8 milijona opazovanj, od tega 1,2 milijona (14 %) v prvi kampanji, 5,1 milijona (58 %) v drugi kampanji in 2,5 milijona (28 %) v tretji kampanji. Za vklop mreže je bil uporabljen uradni niz koordinat referenčnih točk in ustreznih komponent hitrosti v ITRF '96, trenutek 1997,0. Za približne koordinate novih točk so bili uporabljeni rezultati prejšnjih obdelav kampanj. Podatki o višinah anten so bili za IGS-točke vzeti iz tako imenovanih log-datoteke, dostopnih preko spletnih strani IGS. Vse ostale višine anten so bile privzete iz terenskih zapisnikov, pri čemer je bila ponovno preverjena pravilnost njihovih določitev. Upoštewane so bile korekcije faznih centrov, ki so določeni za posamezne tipe anten. Uporabljene so bile natančne IGS-tirnice satelitov in parametri rotacije Zemlje, in sicer v ITRF '92 za prvo kampanjo, ITRF '93 za drugo kampanjo in ITRF '94 za tretjo kampanjo. Za izločanje opazovanj na odsekih slabo določenih tirnic satelitov so bili uporabljeni tudi podatki s tako imenovanih sat-crx-datoteke, ki se nanašajo na kakovost določitve tirnic satelitov.

Preračun EUREF GPS-kampanj je obsegal tri ključne korake. Najobsežnejši je bil ponovni preračun vseh treh kampanj, in sicer v enotnem referenčnem sestavu ITRF '96. Sledil mu je

kombinirani izračun vseh treh kampanj v ITRF '96; rezultati so se nanašali na srednji trenutek opazovanj v vseh treh kampanjah, ki je 1995,55. Zadnji korak je bila transformacija koordinat iz ITRF '96 v ETRS '89.

Najprej so bili natančne IGS-tirnice satelitov in parametri rotacije Zemlje iz originalnih referenčnih sestavov (ITRF '92, ITRF '93 in ITRF '94) transformirani v ITRF '96. Koordinate referenčnih IGS-točk so bile iz ITRF '96, trenutek 1997,0, transformirane v srednje trenutke opazovanj v posameznih kampanjah, z upoštevanjem ustreznih komponent hitrosti teh točk. Uporabljen je bil Saastamoinenov model troposfere z 2-urnim intervalom določitve parametrov za posamezno točko. Uteži opazovanj so bile določene glede na višinski kot satelita (cosz-model). Izbor vektorjev oziroma enojnih razlik (angl. single-differences) je bil izveden po načelu najkrajše možne povezave vseh točk brez zapiranja zank. Izjemoma tak pristop ni bil upoštevan zaradi povečanja števila opazovanj, zaradi zmanjšanja števila različnih vektorjev ali pa z empiričnimi poskusi zmanjšanja RMS-vrednosti z drugačnimi kombinacijami vektorjev.

Obdelava dvojnih razlik (angl. double-differences) je temeljila na ionosfere prosti linearni kombinaciji L3. Za določitev števila celih valov L5 je bil uporabljen model ionosfere. Za določitev števila celih valov L1 in L2 je bila za kratke vektorje (do 150 km) uporabljena tako imenovana strategija sigma, za ostale vektorje pa kvazi ionosfere prosta strategija. Prosti dnevni izračuni so bili izvedeni z uporabo strogega korelacijskega modela. Končni izračuni posameznih kampanj so bili izvedeni s kombiniranjem normalnih enačb prostih dnevnih izračunov, končni izračun vseh treh kampanj pa s kombiniranjem normalnih enačb prostih izračunov posameznih kampanj. Za kombinirani izračun vseh treh kampanj so bile na IGS-točkah upoštewane empirično določene komponente hitrosti (na podlagi neprekinjenih večletnih meritev), za vse nove točke pa je bil uporabljen a priori model Nuvel1A-NNR, upoštevaje evrazijsko tektonsko ploščo.

Na koncu so bile koordinate novih točk iz ITRF '96, trenutek 1995,55, transformirane v ETRS '89. Parametri transformacije so bili vzeti iz Specifikacij za vklop referenčnih sestavov v analizi EUREF GPS-kampanj (Boucher in Altamimi, 2001).

5 ANALIZA REZULTATOV PRERAČUNA

Predhodni rezultati preračuna so dali zadovoljivo kakovost končnih koordinat povsod razen na točki Lendavske gorice. Medtem ko je bila ponovljivost koordinat v okviru vseh treh posameznih kampanj zadovoljiva, so se v kombiniranem izračunu pojavila večja odstopanja (2–3 cm). To je nakazovalo nestabilnost te točke na daljši rok. Postavljena je bila domneva, da je razlog za nestabilnost 12-metrške piramide na Lendavskih goricah težka gasilska lestev, ki je bila uporabljena za dostop do točke in za namestitev antene. S pomočjo kolegov gradbenikov s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo je bilo izvedenih nekaj statičnih izračunov, upoštevaje težo in položaj lestve, višino in obliko ter način gradnje piramide. Izkazalo se je, da je to lahko razlog za odstopanja.

Odločitev po posvetovanjih z Geodetsko upravo Republike Slovenije je bila, da se v končnem preračunu obdrži tudi točko Lendavske gorice, vendar pa se v preračun vključijo le opazovanja iz druge kampanje (Slovenija '95). S tem so bila odpravljena trenja v mreži, ki so nastala zaradi

nestabilnosti te točke. Ker je bila točka Lendavske gorice tudi uradna EUREF-točka, je bil predlog Geodetske uprave Republike Slovenije, da jo nadomesti bolj kakovostno stabilizirana točka Donačka gora. Vsi predlogi so bili sprejeti s strani EUREF TWG po predstavitvi predhodnih rezultatov preračuna na sestanku v Parizu. Tako je uradno EUREF-točko Lendavske gorice nadomestila točka Donačka gora. Ker je bilo ugotovljeno, da piramida na točki Lendavske gorice ni dovolj stabilna, se uporaba te točke za natančne geodetske ali geodinamične meritve odsvetuje.

Komponente hitrosti, določene na podlagi neprekinjenih večletnih opazovanj, so bile na voljo le za štiri referenčne in dve kontrolni IGS-točki. Za vse ostale točke je bil v končnem kombiniranem izračunu uporabljen a priori model Nuvel1A-NNR. Da bi lahko ocenili red velikosti napak v koordinatah točk zaradi morebiti preslabega modela, je bila izvedena tudi izravnava, kjer so bile neznane komponente hitrosti upoštevane kot nove neznanke v sistemu (angl. free site velocity estimation). Neznane komponente hitrosti so bile zato uvedene kot nove neznanke le na točkah, ki so bile določene vsaj v dveh kampanjah. Takšnih točk je bilo 13. Ker je bil interval opazovanj prekratek, so bili v izravnavi upoštevani a priori standardni odkloni 99,99 za horizontalne in 0,01 za vertikalne komponente hitrosti (Hugentobler, Schaer in Fridez, 2001). Razlike v končnih koordinatah točk, ko so bile uporabljene a priori ocene komponent hitrosti po modelu oziroma ko so bile komponente hitrosti uvedene kot nove neznanke, so znašale do 1,3 mm v smeri sever-jug (Gorjanci) in do 2,2 mm v smeri vzhod-zahod (Blegoš). Razen ene točke (Koper) so vse točke, ki so določene samo v eni kampanji, tiste iz kampanje Slovenija '95. Na srečo je razlika med srednjim trenutkom opazovanj iz te kampanje (1995,74) ter srednjim trenutkom opazovanj iz vseh treh kampanjah (1995,55) le 0,19 (69 dni), tako da je vpliv neznanih komponent hitrosti na končne koordinate teh točk neznamen.

Z namenom odkrivanja prisotnosti sistematičnih napak v mreži je bilo preverjeno ujemanje koordinat na referenčnih točkah, in sicer za proste dnevne izračune, proste izračune posameznih kampanj ter prosti kombinirani izračun vseh treh kampanj. Stopnja ujemanja je bila ugotovljena z optimalnim vklopom dobljenih prostih izračunov na referenčne točke, in sicer z uporabo 7-parametrične podobnostne transformacije. Za proste izračune posameznih kampanj so bile RMS-vrednosti koordinat do 4 mm, za prosti kombinirani izračun vseh treh kampanj pa 2,3 mm.

Možnost pojava grobih napak je bila odpravljena z analizo popravkov koordinat v izračunih posameznih kampanj glede na končni kombinirani izračun. Ponovljivost koordinat je bila podana v lokalnem geodetskem koordinatnem sistemu. Pri tem je bil učinek pomikov posameznih točk tekom izvedbe kampanj (upoštevaje komponente hitrosti točk) odstranjen. Največji popravki koordinat točk na območju Slovenije iz izračunov posameznih kampanj glede na kombinirani izračun so 6,1 mm v smeri sever-jug (Kucelj, prva kampanja), 3,4 mm v smeri vzhod-zahod (Malija, druga kampanja) in 10,2 mm po višini (Korada, prva kampanja).

V preračun je bilo vključenih šest kontrolnih točk. Dve med njimi sta IGS-točki, preostale štiri pa so uradne EUREF-točke, določene v novem preračunu hrvaških kampanj (Marjanović in Bačić, 2002). Vse te točke so bile upoštevane kot nove točke v mreži. Ker so njihovi položaji določeni z veliko natančnostjo, je bila izvedena primerjava koordinat, in sicer v ITRF '96, trenutek 1995,55. Največja odstopanja so bila 2,2 mm v smeri sever-jug, 1,6 mm v smeri vzhod-zahod

ter 8,5 mm po višini; vsa največja odstopanja so na točki Hafelekar, ki je znana po nekoliko slabši ponovljivosti opazovanj. Na vseh ostalih kontrolnih točkah so bila odstopanja reda 1 mm po horizontalnih komponentah ter do 4 mm po višini.

6 ZAKLJUČEK

Ključ do izboljšanja koordinat točk določenih v EUREF GPS-kampanjah je uporaba enotnega in bolj kakovostnega referenčnega sestava. Izvesti je bilo treba transformacijo tirnic satelitov iz referenčnih sestavov, ki so bili v uporabi v času izvedbe meritev (ITRF '92, ITRF '93 in ITRF '94), v naknadno izboljšani ITRF '96. Poleg tega so k izboljšanju prispevale tudi nekatere spremembe algoritmov v najnovejši različici programske opreme (Bernese 4.2), uporaba uteži opazovanj glede na višinski kot satelita in upoštevanje korekcij faznih centrov anten glede na višinski kot satelita, izločitev opazovanj za satelite, katerih tirnice so bile (na posameznih odsekih) preslabo določene, ter izločitev opazovanj iz dveh kampanj za točko Lendavske gorice, ki se je izkazala za nestabilno.

Odstopanja koordinat med končnim kombiniranim izračunom in novimi izračuni posameznih kampanj dosegajo do okoli 6 mm za horizontalni komponenti ter do okoli 1 cm po višini. Rezultati novega preračuna so dobra osnova za povezavo slovenskega koordinatnega sistema s skupnim evropskim koordinatnim sistemom (ETRS '89). Skupaj je bilo v preračun vključenih skoraj 50 točk na območju Slovenije. Izmed teh ima pet točk status uradnih EUREF-točk (Donačka gora, Korada, Kucelj, Malija in Velika Kopa). Koordinate točk iz tega preračuna sodijo v kakovostni razred B (EUREF Product Class B), kar je najvišji razred za rezultate obdelav EUREF GPS-kampanj. Dobljeni niz kakovostno določenih geodetskih točk je tudi dobra osnova za vzpostavitev novega državnega koordinatnega sistema.

Zahvala

Zahvala gre vsem institucijam in posameznikom, ki so pripomogli k uspešni izvedbi projekta. Poleg strokovne podpore EUREF in njegove TWG ter IfAG/BKG je posebej pomembna tudi finančna podpora s strani EuroGeographica ter slovenskega Ministrstva za šolstvo, znanost in šport.

Literatura in viri:

Altiner, Y., Čolić, K., Gojčeta, B., Lipej, B., Marjanovič, M., Rašić, Lj., Seeger, H. (1995). *Results of the EUREF '94 Croatia and Slovenia GPS Campaign*. V E. Gruber in H. Hornik (ur.), *Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF)*, Helsinki, 3.-6. maj 1995 (str. 51-57). München: Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung.

Altiner, Y., Franke, P., Habrich, H., Mišković, D., Seeger, H., Seliškar, A., Tavčar, D. (1997a). *Results of the Slovenia '95 GPS Campaign*. V E. Gruber in H. Hornik (ur.), *Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF)*, Sofia, 4.-7. junij 1997 (str. 124-131). München: Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung.

Altiner, Y., Bašić, T., Čolić, K., Gojčeta, B., Marjanovič, M., Medić, Z., Rašić, Lj., Seeger, H. (1997b). *Results of the CROREF '96 GPS Campaign*. V E. Gruber in H. Hornik (ur.), *Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF)*, Sofia, 4.-7. junij 1997 (str. 108-123). München: Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung.

Altiner, Y., Čolić, K., Gojčeta, B., Habrich, H., Lipej, B., Neumaier, P., Marjanovič, M., Medić, Z., Mišković, D., Pribičević, B., Rašić, Lj., Seeger, H., Seliškar, A., Tavčar, D. (1999). *Results of a Recomputation of the EUREF GPS Campaigns in Croatia and Slovenia*. V E. Gruber in H. Hornik (ur.), *Report on the Symposium of the IAG*

Subcommission for Europe (EUREF), Bad Neuenahr - Ahrweiler, 10.–13. junij 1998 (str. 79–88). Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie.

Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. (2003). Preračun kombinirane rešitve EUREF GPS-kampanj iz let 1994, 1995 in 1996 – »EUREF-SLOVENIA-94/95/96«. Končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Boucher, C., Altamimi, Z. (2003). Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign. Pridobljeno 16. 04. 2003 s spletne strani: <http://lareg.ensg.ign.fr/EUREF/memo.pdf>

Hugentobler, U., Schaer, S., Fridez, P. (2001). Bernese GPS Software. Version 4.2. Bern: Astronomical Institute of the University of Berne.

Marjanovič, M., Bačić, Ž. (2002). Computation of the Combined Solution of EUREF GPS Campaigns 1994–1996 in the Republic of Croatia. V J. Agria Torres in H. Hornik (ur.), Reports on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Dubrovnik, 16.–18. maj 2001 (str. 171–188). Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie.

Miškovič, † D., Radovan, D., Berk, S., Stopar, B., Bilc, A. (2000). Osnutek strategije osnovnega geodetskega sistema za področje slovenskega omrežja permanentnih postaj GPS. Komisija za osnovni geodetski sistem pri Geodetski upravi Republike Slovenije. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Radovan, D., Berk, S., Bilc, A., Stopar, B. (2001). Tehnična podpora in razvoj osnovnega geodetskega sistema (OGS). Končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Radovan, D., Berk, S., Koler, B., Kozmus, K., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B. (2002). Tehnična podpora in razvoj osnovnega geodetskega sistema (OGS). Končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Radovan, D., Berk, S., Stopar, B. (2003). Razvoj osnovnega geodetskega sistema (OGS). Končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M. (2002). National Report of Slovenia. V J. Agria Torres in H. Hornik (ur.), Reports on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Dubrovnik, 16.–18. maj 2001 (str. 259–261). Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie.

Tavčar, D. (1997). Processing Results of the Slovenia 95 GPS Campaign. Internal Report. Frankfurt am Main: Institut für Angewandte Geodäsie.

Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.

*Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
e-pošta: sandi.berk@geod-is.si*

Žarko Komadina, univ. dipl. inž. geod.

*Geodetska uprava Republike Slovenije, Zemljemerska ulica 12, 1000 Ljubljana
e-pošta: zarko.komadina@gov.si*

mag. Marijan Marjanovič, univ. dipl. inž. geod.

*Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Gruška ulica 20, 10000 Zagreb
e-pošta: marijan.marjanovic@dgu.hr*

viš. pred. mag. Dalibor Radovan, univ. dipl. inž. geod.

*Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
e-pošta: dalibor.radovan@geod-is.si*

izr. prof. dr. Bojan Stopar, univ. dipl. inž. geod.

*Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
e-pošta: bstopar@fgg.uni-lj.si*

Prispelo v objavo: 20. oktober 2003