

Referentna geodetska osnova Dunava

BRANKO BOŽIĆ, Građevinski fakultet, Beograd

Stručni rad

UDC:523.47:711.76(282.243.7)=861

Izrada informacionog sistema plovidbe Dunavom od izuzetnog je ekonomskog značaja za Republiku Srbiju. Užoj javnosti je poznato da Javno preduzeće PLOVPUT već duži niz godina održava međunarodni plovni put Dunavom kroz teritoriju Republike Srbije. Sa pojavom globalnih tehnologija pozicioniranja pojavila se potreba za definisanjem jedinstvenog geodetskog okvira u kome će se obezbediti univerzalan način upravljanja sistemom saobraćaja, nezavisan od nacionalne teritorije kroz koju Dunav prolazi. Kao logično rešenje, nameće se jedinstven evropski geodetski referentni okvir, poznatiji kao EUREF – EUropean REference Frame. Istovremeno, jednako važno pitanje jeste i prisustvo velikog broja postojećih grafičkih i digitalnih podloga na ovim prostorima koje su u upotrebi i koje nisu georeferencirane u okviru EUREF-a. U takvim okolnostima nameće se potreba povezivanja geocentričnog koordinatnog sistema u kojem funkcionišu globalne tehnologije i državnog, u kojem su (za sada) definisani svi postojeći topografsko-hidrografske premeri, na teritoriji Dunavskog koridora kroz Srbiju.

Ključne reči: Dunav, geodezija, GPS, geodetske mreže, navigacija

1. UVOD

Na osnovu projektnog rešenja za potrebe uspostavljanja informacionog sistema plovidbe Dunavom, predviđena je izrada nove homogene matematičke osnove koja bi se realizovala primenom GPS tehnologije.

Na području Dunava od ulaska u Srbiju kod Bezdana do Đerdapa, postoji mreža tačaka čije su koordinate i visine određene klasičnim geodetskim metodama merenja. Postojeća geodetska mreža, po tačnosti, ispod je mogućnosti pozicioniranja GPS tehnologijom. S obzirom na potrebu tehnološke modernizacije i sigurnosti plovidbe Dunavom, neophodno je realizovati novu prostornu mrežu koja će zadovoljiti sve praktične potrebe, omogućiti primenu savremenih uređaja i opreme za pozicioniranje i biti sastavni deo budućeg informacionog sistema plovidbe.

Za projektovanje mreže korišćene su sledeće podloge:

- Osnovna državna karta 1:5000,
- Karta tačaka postojeće mreže Dunava, i
- Topografska karta 1:25000.

Adresa autora: Branko Božić, Građevinski fakultet, Beograd, Bul. kralja Aleksandra 73

Rad primljen: 21. 03. 2007.

Na osnovu zahteva investitora, izvršena je analiza postojeće stabilizacije i nakon rekognosciranja terena, utvrđen je konačan položaj tačaka Referentne GPS mreže Dunava.

Navedeni podaci služili su kao osnova za izradu projekta.

2. KONCEPT MREŽE

Područje referentne GPS mreže Dunava nalazi se u okviru Centra za katastar nepokretnosti Novi Sad i Centra za katastar nepokretnosti Beograd.

Konceptualno, projekat referentne GPS mreže Dunava polazi od sledećeg:

- Geometrijski oblik mreže je sistem zatvorenih poligona;
- Usvojena je postojeća stabilizacija tačaka koju je predložio investitor;
- GPS merenja vrše se nakon obilaska terena i odvijaju se u kontinuitetu;
- Definitivne koordinate tačaka određuju se izravananjem mreže po metodi najmanjih kvadrata;
- Merene veličine u izravanju su GPS vektori;
- Koordinatni sistem definiše tačke postojeće državne referentne GPS mreže Srbije; i
- Ocena tačnosti referentne GPS mreže Dunava izvršiće se na osnovu podataka merenja i izravanja mreže.

3. PROJEKTNO REŠENJE

Projektom rešenjem definisani su osnovni podaci o mreži, način stabilizacije tačaka i koordinatni sistem buduće mreže.

Referentna GPS mreža Dunava pokriva područje Dunava od Bezdana do Đerdapa u ukupnoj dužini od preko 400 km. Mrežu čine 46 novoodređenih tačaka, 54 tačaka Državne trigonometrijske mreže i 11 tačaka državne referentne GPS mreže.

Po predlogu investitora, usvojena je postojeća stabilizacija tačaka referentne GPS mreže Dunava.

Prostorni koordinatni sistem referentne GPS mreže Dunava definisan je tačkama državne referentne GPS mreže.

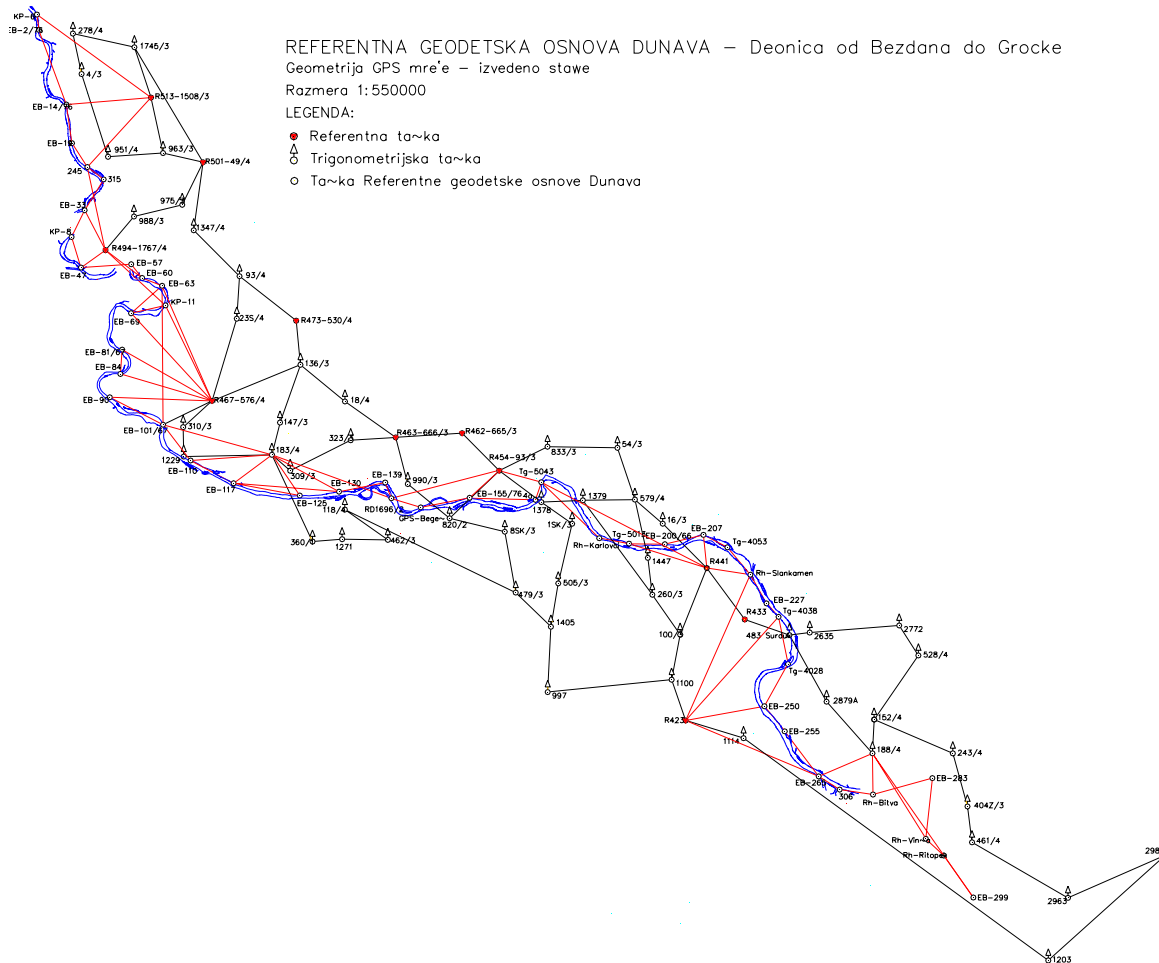
4. UPUTSTVO ZA REALIZACIJU MREŽE

U okviru projekta, uputstvom o realizaciji mreže obuhvaćeni su sledeći elementi:

1) stabilizacija tačaka, 2) izbor metode merenja, 3) instrumenti i pribor za merenje, 4) uslovi merenja, 5) obrada merenja, 6) kriterijumi za kontrolu dobijenih ocena i 6) formiranje tehničke dokumentacije.

Skica položaja tačaka državne referentne GPS mreže u pojasu Dunava data je na slici 1.

Sva računanja u mreži koncipirana su s ciljem ocene parametara i težina u izravanju, te kontrole i ocene kvaliteta izvršenih merenja.



Slika 2: Položaj tačaka mreže

5. PREDMER RADOVA

Predmer je urađen u cilju lakšeg sagledavanja potrebnog vremena za realizaciju mreže i služi kao polazna osnova za planiranje obima posla. Učinci su dati na osnovu iskustvenih normi vezanih za: 1)

stabilizaciju tačaka, 2) GPS merenja, 3) obradu merenja i 4) formiranje tehničke dokumentacije.

Predmer radova je obuhvatio analizu:

1) angažovanja opreme i 2) sastav terenskih ekipa.

6. REALIZACIJA PROJEKTA REFERENTNE GEODETSKE OSNOVE DUNAVA

Projekat referentne geodetske osnove Dunava realizovan je prema glavnom projektu, po sledećim fazama:

- Terenska merenja.
- Obrada podataka rezultata merenja (računavanja vektora strana) i ocena koordinata tačaka u sistemu državne referentne GPS mreže.
- Računanje parametara trodimenzionalne transformacije sličnosti između Državne referentne GPS mreže i državnog koordinatnog sistema i sistema visina, realizovanih koordinatama i visinama tačaka državne trigonometrijske mreže u upotrebi, na teritoriji projekta.

6.1. Terenska merenja

Kampanja terenskih GPS merenja u referentnoj geodetskoj osnovi Dunava realizovana je u periodu od 18. do 29. februara 2004. godine. Kampanju je realizovala ekipa sastavljena od strane predstavnika dve institucije, i to:

1. Doc. dr Branko Božić, dipl.geod.inž. – Građevinski fakultet u Beogradu – rukovodilac projekta,
2. Jovan Popović, dipl.geod.inž. – Građevinski fakultet u Beogradu – član ekipe,
3. Nenadović Milan, dipl.geod.inž. – PLOVPUT Beograd – član ekipe,
4. Jevtić Radan, dipl.geod.inž. – PLOVPUT Beograd – član ekipe,
5. Lukić Velibor, – PLOVPUT Beograd – član ekipe,
6. Vujnović Predrag, – PLOVPUT Beograd – član ekipe, i
7. Petrović Miloš, – PLOVPUT Beograd – član ekipe.

Terenska ekipa je na raspolaganju imala dva terenska vozila i brod – MB EHO (slika 2), sa članovima posade.

Kampanja merenja realizovana je u dva dela. Prvi deo realizovan je od 18. do 21. februara. U tom periodu merenja su izvedena od Grocke do Novog Sada, a od 25. do 29. februara od Bezdana do Novog Sada. Ukupna dužina plovnog puta duž kojeg je realizovana mreža iznosi oko 310 km, ili od 1133. do 1432. kilometarske table.

Merenja GPS vektora u referentnoj geodetskoj osnovi Dunava izvršena su u nezavisnim sesijama, sledeći geometriju datu glavnim projektom. Među-

tim, zbog problema u realizaciji terenskih merenja prouzrokovanih lošim vremenskim uslovima (kiša, sneg) kao i zaraslosti tačaka vegetacijom, s obzirom da pojedinim tačkama nije bilo moguće pristupiti, projektovana geometrija je donekle izmenjena. Pojedine tačke referentne geodetske osnove Dunava kojima nije bio moguć pristup zamenjene su tačkama u njihovoj neposrednoj blizini. Takođe, i tačke državne trigonometrijske mreže, odnosno referentne mreže kojima se nije moglo pristupiti čak ni terenskim vozilom (zbog blata) zamenjene su pogodnim tačkama čiji je položaj bio podesniji za pristup.



Slika 2 – Brod EHO

Podaci o tačkama referentne mreže, državne trigonometrijske mreže i tačkama postojeće geodetske osnove Dunava uključenih u realizaciju referentne geodetske osnove Dunava prikazani su u tabelama 1 -4.

Realizovana geometrija GPS mreže referentne geodetske osnove Dunava prikazana je na slici 1.

Tabela 1 - Spisak približnih koordinata tačaka referentne GPS mreže u okviru referentne geodetske osnove Dunava

Red. broj	Oznaka tačke	B	L	h (m)
1	R423	44° 55' 33"	20° 08' 51"	120.148
2	R433	45° 04' 08"	20° 15' 46"	141.517
3	R441	45° 08' 26"	20° 11' 11"	163.384
4	R454	45° 16' 26"	19° 46' 17"	127.412
5	R462	45° 19' 33"	19° 41' 46"	132.522
6	R463	45° 19' 05"	19° 33' 50"	129.666
7	R467	45° 21' 51"	19° 11' 48"	129.295
8	R473	45° 28' 46"	19° 21' 41"	129.467
9	R494	45° 34' 21"	18° 58' 37"	126.652
10	R501	45° 47' 58"	19° 10' 05"	131.348
11	R513	45° 41' 19"	19° 03' 38"	137.588

Tabela 2 - Približne koordinate tačaka referentne GPS mreže u Državnom sistemu

Red. broj	Oznaka tačke	Y (m)	X (m)	H (m)	Oznaka kao trigonom. tačke
1	R454	7404034	5015112	83.73	93/3
2	R462	7398231	5020978	88.99	665/3
3	R463	7387858	5020310	86.02	666/3
4	R467	6594159	5025142	85.55	576/4
5	R473	6606832	5038157	85.88	530/4
6	R494	6576656	5048060	83.07	1767/4
7	R501	6591362	5062352	87.71	49/4
8	R513	6582862	5072153	94.04	1508/3

Tabela 3 - Tačke postojeće trigonometrijske državne mreže uključene u referentnu geodetsku osnovu Dunava

Redni broj	Oznaka tačke	Y (m)	X (m)	H (m)
1	23S/4	6597542	5038132	86.80
2	310/3	6589810	5020882	84.84
3	136/3	6607748	5031304	86.88
4	18/4	6614902	5025823	
5	147/3	6604901	5022166	87.41
6	323/3	6616029	5019809	89.30
7	183/4	6603821	5017076	85.74
8	309/3	6606765	5014700	83.11
9	118/4	6615521	5008945	131.72
10	278/4	6570301	5081683	89.86
11	1745/3	6579980	5079915	99.43
12	963/3	6585063	5063563	88.79
13	975/3	6588360	5055592	88.17

Tabela 4 - Postojeće tačke mreže Dunava uključene u referentnu geodetsku osnovu Dunava

Редни број	Ознака тачке	Y [m]	X [m]	H [m]
1	КП-6 ло	7331825	5086389	
2	ЕБ-2/76 ло	7332167	5083978	86.873
3	ЕБ-14/76 ло	7336422	5072326	86.070
4	ЕБ-19 ло	7337296	5066289	85.286
5	245 ло	7339705	5062562	84.099
6	315 ло	7342258	5060635	86.270
7	ЕБ-33 ло	7339281	5055813	84.175
8	КП-8 ло	7337233	5051629	85.000
9	ЕБ-47 ло	7338709	5046845	82.615
10	ЕБ-57 ло	7346550	5047369	83.692

11	ЕБ-60 ло	7348262	5045218	82.251
12	ЕБ-63 ло	7351377	5044006	83.314
13	КП-11 ло	7351904	5040943	82.858
14	ЕБ-69 ло	7346537	5039716	82.998
15	ЕБ-81/67 ло	7345138	5034021	80.701
16	ЕБ-84 ло	7344866	5030234	81.275
17	ЕБ-90 ло	7343205	5026582	81.242
18	ЕБ-101/67 ло	7351525	5022293	80.698
19	ЕБ-110 ло	7355823	5016695	80.533
20	ЕБ-117 ло	7362540	5013145	80.321
21	ЕБ-125 ло	7372880	5011220	79.188
22	ЕБ-130 ло	7379017	5011829	79.465
23	ЕБ-139 ло	7386221	5013258	
24	РД1696/2 ада	7387185	5010791	
25	ГПС-Бегеч ло	7391777	5009376	
26	ЕБ-155/76 ло	7399413	5010875	78.665
27	4а ло	7409695	5010558	77.857
28	Тг 5043 ло	7410606	5013309	78.816
29	Рх-Карловци до	7419660	5004560	
30	Тг 5013 ло	7424306	5003701	
31	ЕБ-200/66 ло	7429905	5003617	75.725
32	ЕБ-207 ло	7435928	5005079	75.674
33	Тг 4053 ло	7439673	5003136	75.650
34	Рх-Сланкамен ада	7443259	4998855	
35	ЕБ-227 до	7445772	4994377	74.164
36	Тг 4038 до	7447658	4992268	74.497
37	Тг 4028 ада	7449134	4984888	
38	ЕБ-250 ло	7445449	4978299	74.564
39	ЕБ-255 ло	7448622	4974379	
40	ЕБ-265 до	7453931	4967335	75.851
41	306 до	7457210	4965275	74.520
42	Рх-Битва до	7462410	4964508	
43	ЕБ-283 ло	7471685	4967063	72.453
44	Рх-Винча до	7470664	4957577	
45	Рх-Ритопек до	7473481	4954962	
46	ЕБ-299 до	7478087	4948402	

6.2. Pripremni radovi

Prijemnici su pre početka merenja testirani (test nulte baze) i pripremljeni za realizaciju terenskih merenja. Takođe, izvršeno je ispitivanje i rektifikacija optičkih viskova.

Merenja su izvedena sa četiri GPS prijemnika, i to: dva dvofrekventna prijemnika tipa Trimble

5700 (brojevi 40406-46 i 0220267) i dva jedno-frekventna prijemnika tipa STRATUS- SOKKIA (brojevi 0831 i 0604). Operatori su obučeni za samostalno postavljanje instrumenata i uzimanja neophodnih podataka na stanicama i njihovo upisivanje u pripremljene terenske obrasce. Sva merenja su realizovana u skladu sa parametrima definisanim u projektnom zadatku i glavnom projektu.

6.3. GPS merenja

Opšte karakteristike Referentne geodetske osnove Dunava su sledeće:

- Većina tačaka je propisno stabilizovana trajnim belegama (tačke čija stabilizacija nije adekvatna, navedene su u napomeni terenskih obrazaca);
- Većina tačaka odgovara unapred definisanim uslovima merenja u smislu otvorenosti neba i odsustvu prepreka;
- Određen broj tačaka nalazi se blizu visokih stabala što može značajno uticati na kvalitet rezultata merenja, a posebno na mogućnost njihovog korišćenja u toku eksploatacije mreže. Problem se može prevazići doslednim i periodičnim čišćenjem terena oko tačaka mreže tako da oko njih nema fizičkih prepreka.
- Mrežu čini 46 novoodređenih tačaka sa poznatim horizontalnim položajem od kojih 33 imaju određene visine u sistemu koji je trenutno u državnoj upotrebi (tabela 4).
- Pri realizaciji referentne geodetske osnove Dunava u GPS mrežu uključeno je i 54 tačke državne trigonometrijske mreže i 11 tačaka referentne mreže Republike Srbije od kojih su 8 tačaka istovremeno i trigonometrijske tačke (tabele 1, 2, i 3), što ukupno iznosi 111 tačaka.
- Referentna geodetska osnova Dunava sadrži ukupno 162 vektora od kojih je 84 vektora određeno u ranijim kampanjama merenja, a 78 vektora određeno je u kampanji realizovanoj u periodu od 18. do 29. februara 2004. godine.

Pri merenju, GPS antene su postavljane na postolja i centrirane korišćenjem optičkih viskova ili su u slučaju stubova korišćena specijalna postolja za centriranje. Merenja visine antene vršena su specijalnim mernim trakama ili mernim štapovima, prema preporukama proizvođača GPS prijemnika. Merenja su vršena tri puta sa milimetarskom preciznošću očitavanja visine antene.

Vektori strana određivani su u nezavisnim sesijama u periodu od najmanje 45 minuta, što odgovara zahtevima statičkog određivanja. Vreme

merne sesije produžavano je u slučajevima zaklo-njenosti neba i dinamike prenošenja prijemnika između sesija. Interval registrovanja GPS podataka podešen je na 15 sekundi, u skladu sa dužinom merne sesije (statička određivanja). Merenja su svakog dana prenošena iz prijemnika u računar. Svakodnevno je vršeno preliminarno procesiranje vektora strana, kako bi postojao potpuni uvid u ostvareni kvalitet merenja. Kampanja merenja je završena 29. februara. Podaci merenja su arhivirani i pripremljeni za dalju obradu.

6.3. Obrada rezultata GPS merenja

Obrada merenja realizovana je kroz sledeće faze:

- Procesiranje vektora sa ocenom njihovog kvaliteta;
- Izravnjanje mreže kao slobodne sa ocenom kvaliteta merenja i sprovođenjem testa na prisustvo grubih grešaka; i
- Izravnjanje mreže oslonjene na date tačke čije su koordinate definisane Referentnom GPS mrežom Srbije.

Procesiranje vektora i ocena njihovog kvaliteta

Mreža sadrži ukupno 162 vektora od kojih je 84 vektora određeno u ranijim kampanjama merenja, a 78 vektora određeno je u kampanji realizovanoj u periodu od 18. do 29. februara 2004. godine. Karakteristike vektora određenih u prethodnim mernim kampanjama date su u glavnom projektu (Sveska 1). Novoodređeni vektori procesirani su u programskom paketu Trimble Geomatic Office - verzija 1.50. Kao pokazatelji kvaliteta ocena vektora korišćeni su sledeći pokazatelji:

- tip rešenja,
- količnik dva rešenja,
- referentna varijansa i
- koren srednje greške ocene vektora.

U pogledu datih pokazatelja ispoštovani su svi kriterijumi iz glavnog projekta.

Izravnjanje GPS referentne mreže Dunava

Preliminarna računanja i testiranje mreže na prisustvo grubih grešaka obuhvatalo je kontrolu prostornog zatvaranja poligona u GPS mreži. Mreža sadrži ukupno 45 poligona dužine od 22.5 km do 224.3 km. Maksimalno prostorno nezatvaranje poligona iznosi 2 ppm, dok je prosečno prostorno nezatvaranje oko 1 ppm.

Izravnjanje GPS mreže kao slobodne

U cilju objektivnog testiranja kvaliteta izvedene mreže izvršeno je izravnjanje mreže kao slobodne, u sistemu WGS84.

Stohastički model izravnjanja čini kovarijaciona matrica procesiranih vektora. Globalni test modela zadovoljio je kriterijum definisan u odnosu na nivo poverenja i broj stepena slobode. Merenja su testirana na prisustvo grubih grešaka, pri čemu nije konstatovano njihovo prisustvo.

Maksimalna vrednost velike poluose položajne elipse grešaka za nivo značajnosti 1σ iznosi 16.7 mm. Maksimalna vrednost standardnog odstupanja elipsoidne visine iznosi 30.2 mm. Rezultati slobodnog izravnjanja GPS mreže referentne geodetske osnove Dunava sastavni su deo elaborata realizacije mreže.

Izravnjanje GPS mreže kao neslobodne

Neslobodno izravnjanje GPS mreže referentne geodetske osnove Dunava izvršeno je u sistemu referentne GPS mreže Srbije (tabela 1) kao i koordinatama trigonometrijskih tačaka 183/4 i 188/4.

Ocena faktora disperzije iz izravnjanja iznosi 8.287. Globalnim testom modela ispitana je adekvatnost promenjenog modela izravnjanja i konstatovano je zadovoljenje kriterijuma definisanog nivoom poverenja i brojem stepeni slobode iz izravnjanja.

Maksimalna vrednost velike poluose položajne elipse grešaka za nivo značajnosti 1σ iznosi 21.0 mm. Maksimalna vrednost standardnog odstupanja elipsoidne visine iznosi 51.4 mm.

Ocene koordinata novoodređenih tačaka i njihove položajne greške nalaze se u elaboratu realizacije Projekta.

7. OCENA PARAMETARA TRANSFORMACIJE

Iz dva skupa koordinata identičnih tačaka (Državni koordinatni sistem i sistem Referentne GPS mreže Srbije) izračunati su parametri sedmoparametarske transformacije sličnosti između dva koordinatna referentna sistema. Kako za područje projekta ne postoji model referentne površi visina (geoid), primenjena je uobičajena aproksimacija gde je elipsoidna visina iznad Bessel-ovog elipsoida zamenjena visinom u upotrebi. Granične vrednosti odstupanja na zajedničkim tačkama definisane su glavnim projektom. Zbog izražene nehomogenosti položajne osnove (trigonometrijskih tačaka) na području projekta, kriterijum graničnog položajnog odstupanja nešto je umanjen i iznosio je 30 cm. Kriterijum graničnog vertikalnog odstupanja je zadržan i iznosi 20 cm. Pri ovakvim kriterijumima graničnih odstupanja, u izračunavanju parametara transformacije učestvovala je 51 tačka

(trigonometrijska ili tačka referentne geodetske osnove Dunava) sa položajnim koordinatama poznatim u oba koordinatna referentna sistema, odnosno 65 tačaka sa poznatom visinom u oba sistema visina. Vrednosti ocena parametara transformacije dati su u tabeli 5.

Tabela 5 - Parametri transformacije

Parametar	Vrednost
Razmera	0.99999002848
Rotacija oko X ose	5.3188"
Rotacija oko Y ose	0.8469"
Rotacija oko Z ose	-11.9580"
Translacija po X osi	-537.6484m
Translacija po Y osi	-148.2953m
Translacija oko Z ose	-415.1887m

Vrednosti transformisanih koordinata u državnom položajnom i sistemu visina kao i vrednosti odstupanja na identičnim tačkama prikazani su u elaboratu o realizaciji referentne geodetske osnove Dunava.

8. ZAKLJUČAK

Iz rezultata izravnjanja slobodne GPS mreže referentne geodetske osnove Dunava može se zaključiti da dobijeni rezultati u potpunosti zadovoljavaju zahteve propisane projektnim zadatkom i glavnim projektom referentne geodetske osnove Dunava. Neslobodno izravnjanje pokazuje visoku homogenost tačaka Referentne mreže Republike Srbije i potvrđuje visoki nivo kvaliteta ocena vektora, u skladu sa definisanom metodom merenja i zahtevima projekta. Prilikom ocene parametara transformacije, konstatovana je značajna nehomogenost postojeće geodetske osnove Dunava. Postoje tačke čiji položaj sa sigurnošću ne odgovara publikovanim koordinatama. Tačke su u Elaboratu posebno označene i prilikom njihove upotrebe treba koristiti transformisane koordinate, a ne originalne. Prema obrađenim podacima, može se konstatovati da ocenjeni transformacioni parametri sa zahtevanom tačnošću omogućuju transformaciju koordinata iz GPS sistema, kojeg definišu novoodređene tačke referentne geodetske osnove Dunava u Državni koordinatni sistem kojeg definišu koordinate trigonometrijskih tačaka. Na osnovu odabranog uzorka može se konstatovati da očekivana tačnost transformacije na području referentne geodetske osnove Dunava iznosi ± 30 cm po položaju i ± 20 cm po visini. Izvedene mere nesi-

gurnosti transformacije uzrokovane su nehomogenošću koordinata i visina tačaka državne trigonometrijske mreže kao i nepoznavanjem referentne površi visina (geoida) na teritoriji projekta.

LITERATURA

- [1] Abidin, H. Z.: On-the-fly ambiguity resolution: formulation and results, Manuscripta Geodetica, No. 18, 1993.
- [2] Rizos, C.: Network RTK Research and Implementation – A Geodetic Perspective, Journal of Global Positioning System, Vol.1, No. 2., 2003.
- [3] Federal Geodetic Control Committee: Standards and Specifications for Geodetic Control Networks, Maryland, USA, 1984.
- [4] Goad, C.: Kinematic Survey of Clinton Lake Dam, Journal of Surveying Engineering, No. 115, 1989.
- [5] Sickle, J. V.: GPS for Land Surveyors, 2nd edition, Taylor&Francis, 2001.
- [6] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J.: GPS Theory and Practise, Springer, New York, 1994.

SUMMARY

THE DANUBE REFERENCE GEODETIC NETWORK

The Danube is most important river in Europe today. It relates The Western European countries with The Eastern. The safety of the flowway is a primary aim of the Serbian company PLOVPUT wich is in charge to make it to be properly marked and realized. The realization of The Danube geodetic reference network is of a great importance to both - development of the river navigation system and economic development of Republic of Serbia. It is clear that all kind of transportation means through the Danube is in connection with the modern navigation equipment and can not work properly without uniform coordinate frame, specially if we have in mind that The Danube flows through several European countries. Except that, all of the graphic maps are not maked in global reference system. If we want to use them it is of great importance to georepherence the contents of the maps which are in a lokaly based system to the global one, in which GPS works. For solving this kind of a problem, the terrain GPS campaign was organized. Four GPS instruments were used and work was based on the existing The Republic of Serbia Control GPS network. The GPS campaign lasted two weeks and was conducted by University people and supported by PLOVPUT. After GPS measurements were processed, transformation parameters were estimated and coordinates of the Danube reference geodetic network stations were calculated. Based on the estimated coordinates, the Network has accuracy better than 5 cm, but the accuracy of the transformation between lokal and global system is about 0.20 cm to 0.30 cm.

Key words: *The Danube, Geodesy, GPS, Geodetic networks, Navigation.*