

Primljeno / Received: 22.09.2017.
Prihvaćeno / Accepted: 17.11.2017.

UDK 528.236
Stručni rad / Professional article

UVOĐENJE NOVIH GEODETSKIH REFERENTNIH SISTEMA U BOSNI I HERCEGOVINI

INTRODUCTION OF A NEW GEODETIC REFERENCE SYSTEMS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Šeho Zimić, Eldin Đonlagić

SAŽETAK

Uvođenje novog referentnog sistema u Bosni i Hercegovini nije samo potreba nego i obaveza koju nameću Ujedinjene nacije (UN) i Evropska unija (EU). UN su na svojoj Generalnoj skupštini 26 februara 2015 godine usvojile rezoluciju pod naslovom „Globalni geodetski referentni okvir za održivi razvoj (Global Geodetic Reference Frame for Sustainable Development - GGRF)“ čime se prvi put geodetsko pitanje podiže kao političko pitanje na ovako visokom nivou. Rezolucija ističe snažnu potrebu tačnijeg pozicioniranja i navigacije od upotrebe smart telefona pa do proučavanja klimatskih promjena, migracije stanovništva i drugih naučnih istraživanja od značaja za cijeli svijet (<http://www.unggrf.org/>). Sve ovo nije moguće bez globalne razmjene geopodataka i zajedničkog globalnog geodetskog referentnog sistema. Kroz Inspire direktivu EU je jasno propisala koji sistemi koordinata i visina se primenjuju u Evropi. Zemlje u regionu su u svojoj zakonskoj regulativi prihvatile Evropski terestički referentni sistem ETRS89 kao novi referentni sistem. I Bosna i Hercegovina se kroz EUREF kampanju BALKAN98 i uvođenje Mreže permanentnih GNSS stanica priključila porodici korisnika ETRS89 ali ga nije zvanično usvojila.

Ključne riječi: referentni sistem, GGRF, ETRS89, GNSS, geoid

ABSTRACT

The introduction of a new reference system in Bosnia and Herzegovina is not only a necessity, but an obligation imposed by the United Nations (UN) and the European Union (EU). At the General Assembly on February 26, 2015, the UN has adopted a resolution titled "Global Geodetic Reference Frame for Sustainable Development - GGRF", which for the first time raise the geodetic issue as a political issue at such a high level. The resolution highlights the strong need for more precise positioning and navigation from the use of smartphones to the study of climate changes, population migrations and other scientific researches of relevance to the whole world (<http://www.unggrf.org/>). All this is not possible without a global exchange of geodata and a common global geodetic reference system. Through the Inspire Directive, the EU has clearly specified which coordinate and heights systems are being applied in Europe. The countries in the region have adopted the European terrestrial reference system ETRS89 as a new reference system in their legislation. Through the EUREF campaign BALKAN98 and the introduction of the Network of permanent GNSS stations Bosnia and Herzegovina has joined the family of ETRS89 users but did not officially adopt it.

Keywords: reference system, GGRF, ETRS89, GNSS, geoid, NVT

1 UVOD

Prostorni položaj tačke definisan je koordinatama na fizičkoj površini Zemlje - geoidu. Kako je geoid, nulta ekvipotencionalna površ koja se zbog svoje kompleksnosti ne može izraziti matematičkom funkcijom, umjesto geoida koriste se različite vrste elipsoida. Lokalni elipsoidi određuju se za prostor jedne ili više država, a za cijelu Zemlju koriste se globalni ili svjetki elipsoidi.

Prostorni podaci nastali primjenom različitih elipsoida i koordinatnih sistema, moraju biti transformisani u jedinstven geodetski referentni sistem, odnosno imati isti geodetski datum i koordinatni sistem. Geodetski datum predstavlja grupu parametara kojima je definisan koordinatni sistem, uključujući elipsoid, njegov položaj i orijentacija u odnosu na Zemlji i njenu osu rotacije. Lokalni elipsoidi korišteni u prošlosti su najbolje odgovarali obliku Zemlje i davali visoku položajnu tačnost, međutim problemi su nastali pri pokušaju integrisanja, odnosno razmene geoprostornih informacija. Navedeno je dovelo do prvog objedinjavanja nacionalnih geodetskih datuma u Evropi čime je uspostavljen European Datum 1950-ED50, na Hejfordovom elipsoidu, a zatim ED79, ED87 i European Terrestrial Reference System 1989 - ETRS89. Usvajanjem zajedničkog geodetskog referentnog sistema omogućena je razmjena podataka, odnosno ažuriranje i geometrijsko uskladjivanje.

U ovom radu datje kratak osvrt na postojeće referentne sisteme u BiH, kao i pregled aktivnosti na uvođenju novih referentnih sistema.

2 VAŽEĆI REFERENTNI SISTEMI U BOSNI I HERCEGOVINI

Referentni sistemi koji su još uvijek na snazi datiraju iz bivše države SFRJ a njihov razvoj je započeo još u vrijeme Austro-Ugarske.

Postojeći horizontalni referentni sistem BiH koji se zasniva na negeocentričnom Beselovom elipsoidu i Gaus-Krigerovoj projekciji mjeridijanskih zona je postao nefunkcionalan i nedovoljno tačan da odgovori svim savremenim zahtjevima. Trigonometrijska mreža tačaka kojom je sistem realizovan i definisan klasičnim geodetskim datumom u tački Hermannskogel kod Beča je danas praktično neupotrebljiva jer je veliki broj tačaka uništen i zbog dugogodišnjeg neodržavanja nepristupačan.

Važeći vertikalni referentni sistem NVT1 koji je realizovan u vremenu 1946-1963 je praktično nastavak i dopuna nivelmanskih mreža razvijanih u vremenu Austro-Ugarske od 1873 i Kraljevine Jugoslavije sve do 1941 godine. Vertikalni datum je reper na molu Sartorio u Trstu čija se visina odnosi na srednji nivo Jadranskog mora u periodu 1875-1900. Visine NVT1 su sračunate iz podataka mjerenja u različitim epohama i bez podataka gravitacionog polja što ne zadovoljava današnje potrebe. Ova mreža je kasnije proglašena i kompletirana mrežom nivelmana NVT2 na teritoriji cijele Jugoslavije. U periodu 1970-1973 obavljena su kompletna mjerenja visinskih razlika u mreži te na oko 30% tačaka i gravimetrijska mjerenja. Zbog reorganizacije geodetske službe SFRJ obrada podataka mjerenja se prekida i nastavlja 1980 od strane Geodetskog fakulteta u Zagrebu i Građevinskog fakulteta u Beogradu. Za datum je usvojena visina Normalnog repera u Maglaju koja je određena od šest mareografa na Jadranu u

epohi 3. juli 1971. Na žalost sistem NVT2 nije nikada zvanično usvojen i stavljen u službenu upotrebu.

Uporedo sa razvijanjem trigonometrijskih mreža izvođena su astronomska određivanja koordinata tačaka trigonometrijskih mreža, odnosno određivanja astrogeodetskih odstupanja vertikalna. Nedostatak finansijskih sredstava i skupi radovi uslovljeni tadašnjeom tehnologijom rezultirali su malim broj neravnomojno raspoređenih tačaka na kojima su izvršena merenja, što nije bilo dovoljno za određivanje astrogeodetske mreže SFRJ niti precizno određivanje geoida.

U periodu 1951-1953 razvijena je gravimetrijska mreža prvog reda SFRJ koja se kasnije proglašavala sa mrežom drugog reda za potrebe određenih institucija bez nekog globalnog plana. U periodu 1964-1967 formirana je osnovna gravimetrijska mreža kao realizacija gravimetrijskog referentnog sistema SFRJ. Uporedo sa ovim radovima vršen je i detaljni gravimetrijski premjer te gravimetrijska mjerenja posebne namjene. Naknadnim radovima obezbeđen je model transformacije ubrzanja Zemljine teže u sistem IGSN71. S obzirom na nedovoljnu tačnost tadašnjih gravimetrijskih mjerenja i pozicioniranja tačaka na kojima je vršeno mjerenje, ova mjerenja se ne mogu koristiti za precizno određivanje geoida.

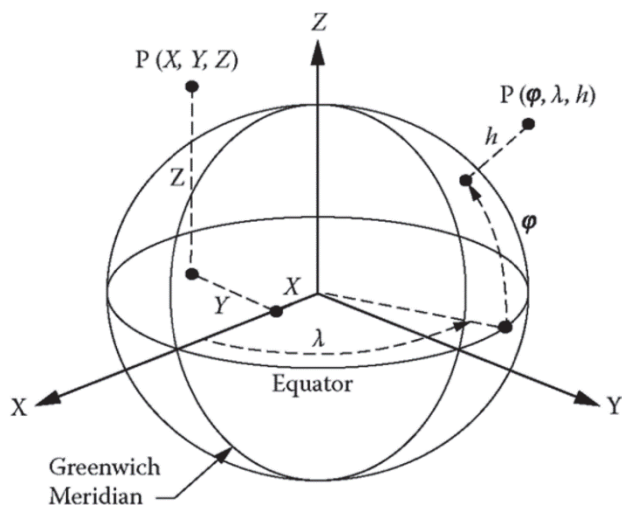
Iz svega navedenog uviđa se potreba uvođenja novih referentnih geodetskih sistema u BiH koji će po svojoj definiciji zadovoljiti sve standarde koje pred nas stavljaju međunarodne geodetske asocijacije. Većina evropskih zemalja je propisala četiri geodetska referentna sistema:

- 1 Prostorni referentni sistem – 3D
- 2 Horizontani referentni sistem – 2D
- 3 Vertikalni (visinski) referentni sistem – 1D
- 4 Gravimetrijski referentni sistem

3 GLOBALNI REFERENTNI SISTEMI EVROPE

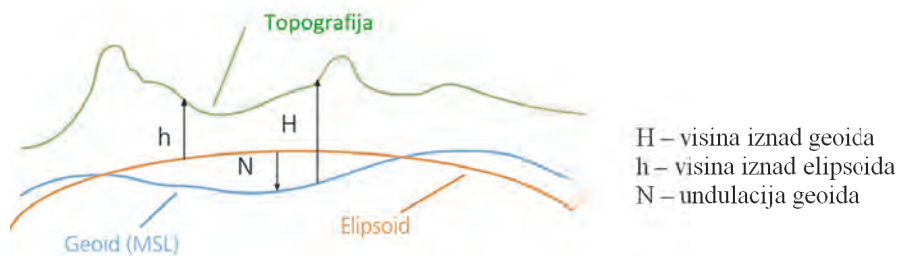
Na inicijativu Međunarodne unije za astronomiju (International Astronomical Union – IAU) 1989. godine definisan je Međunarodni terestrički referentni sistem (ITRS) koji je iste godine materijalizovan kroz uspostavljanje Međunarodnog terestričkog referentnog okvira (ITRF89). Usvajanjem ITRS i zadržavanjem tačaka ITRF koje se nalaze na Evro-Azijskoj ploči, Evropa definiše svoj Evropski terestrički referentni sistem 1989. godine (ETRS89), odnosno Evropski terestrički referentni okvir 1989. godine (ETRF89). Koordinate tačaka u ETRS se definišu prostornim pravouglim koordinatama X , Y i Z u geocentričnom koordinatnom sistemu ili geodetskom širinom φ i geodetskom dužinom λ te visinom h iznad geodetskog referentnog elipsoida (Geodetic Reference System 1980 – GRS80).

U cilju šire primjene ETRS u praksi svaka država radi na proglašavanju referentnog okvira na svojoj teritoriji kreirajući pasivne referentne mreže sa međusobnim razmakom tačaka oko 10 km i aktivne referentne mreže sa međusobnim razmakom tačaka oko 50 km. U ruralnom području razmak između ovih tačaka može biti i nešto veći dok u se u gradovima i gusto naseljenim mjestima broj tačaka značajno povećava i pasivna mreža preuzima ulogu ranijih gradskih geodetskih mreža.



Slika 1. Geodetske koordinate u prostornom referentnom sistemu

Referentne stanice su opremljene satelitskim prijemnicima koji kontinuirano primaju signale iz GNSS sistema (GPS, GLONASS i Galileo) i putem direktne veze prosleđuju u Centar za upravljanje i postobradu podataka. Ovi centri nude tačno pozicioniranje korisničkog prijemnika putem tzv Mrežne-RTK usluge (Real Time Kinematic) uz pristupačnu naknadu. Tačnost horizontalnog pozicioniranja je oko 2 cm dok vertikalnog nešto manja oko 4 cm. Nadmorsku visinu nije moguće dobiti direktno nego naknadnom obradom iz visine h iznad referentnog geodetskog elipsoida GRS80 i undulacije geoida u dotičnoj tački.



Slika 2. Undulacije geoida

Putem gravimetrijskog premjera i tzv satelitskog nivelmana u dovoljnom broju pravilno raspoređenih tačaka na terenu moguće je odrediti geoid i njegovo odstupanje od referentnog elipsoida (undulaciju geoida). Interpolacijom između tačaka sa poznatom undulacijom geoida moguće je sračunati undulaciju za bilo koju novu GNSS-tačku odnosno visinu iznad geoida po formuli:

$$H = h - N \tag{1}$$

U praksi se najčešće formira dovoljno gusta mreža kvadrata (grid) gdje se za svaki pojedini kvadrat unaprijed sračunaju undulacije geoida te na osnovu toga brzo dobijaju nadmorske visine za bilo koju tačku u gridu sa izmjenom visinom h pomoću GNSS-prijemnika. U nekim državama ovaj grid se pohranjuje u memoriju samog GNSS-prijemnika i procesuiranje obavlja u instrumentu dok u drugim, Centri nude usluge računanja u realnom vremenu.

Usvajanje ETRS za prostorni referentni sistem značajno mijenja i rješavanje problema horizontalnog pozicioniranja. Za transformaciju navedenih pravougljih koordinata u elipsoidne koordinate IAG preporučuje geocentrični elipsoid definisan u okviru Geodetskog referentnog sistema GRS80. Veći broj evropskih država zamjenjuje svoj referenc elipsoid geocentričnim elipsoidom sistema GRS80 i definiše svoje horizontalne referentne sisteme primjenom Univerzalne Transferzalne Merkatorove projekcije (Universal Transversal Mercator – UTM). Neke zemlje kao naprimjer Švedska koristi modifikovanu UTM projekciju sa centralnom meridijanom 15° istočno od Grinwich-a i zonom većom od 6° širine što omogućava pohranjivanje prostornih podata u jednoj zoni za cijelu teritoriju države. Radi smanjenja deformacija projekcije za lokalne i komunalne radove koriste se 12 lokalnih TM-projekcija sa odgovarajućim centralnim meridianom i širinom zone oko 1° .

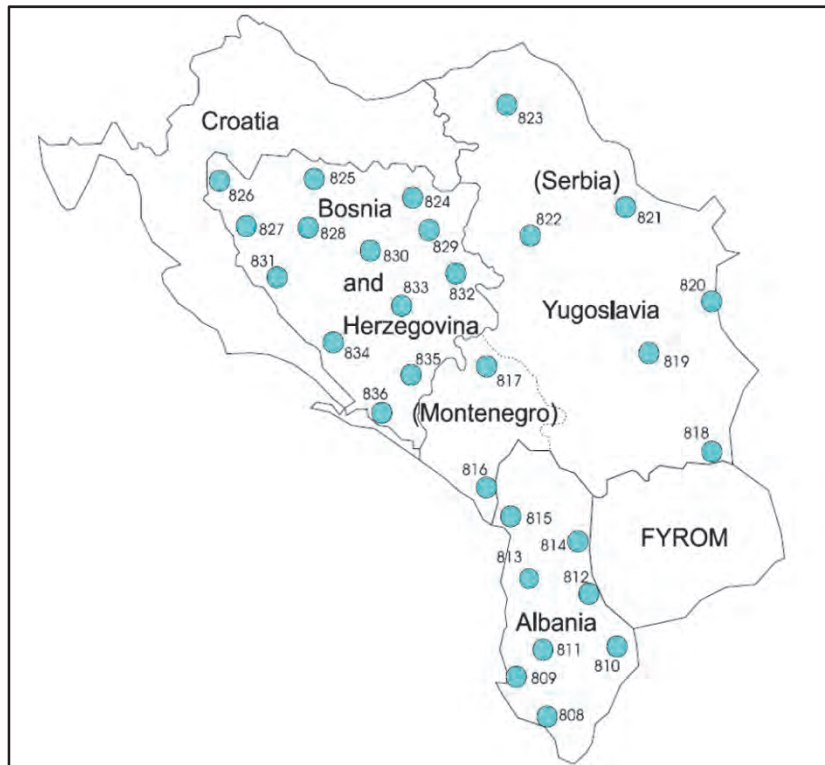
I pored usvajanja globalnog prostornog referentnog sistema većina evropskih zemalja je zadržala horizontalni 2D i vertikalni 1D sistem te radila na njihovoj modifikaciji i dopuni.

4 REALIZOVANE AKTIVNOSTI NA USPOSTAVI NOVIH REFERENTNIH SISTEMA U BOSNI I HERCEGOVINI

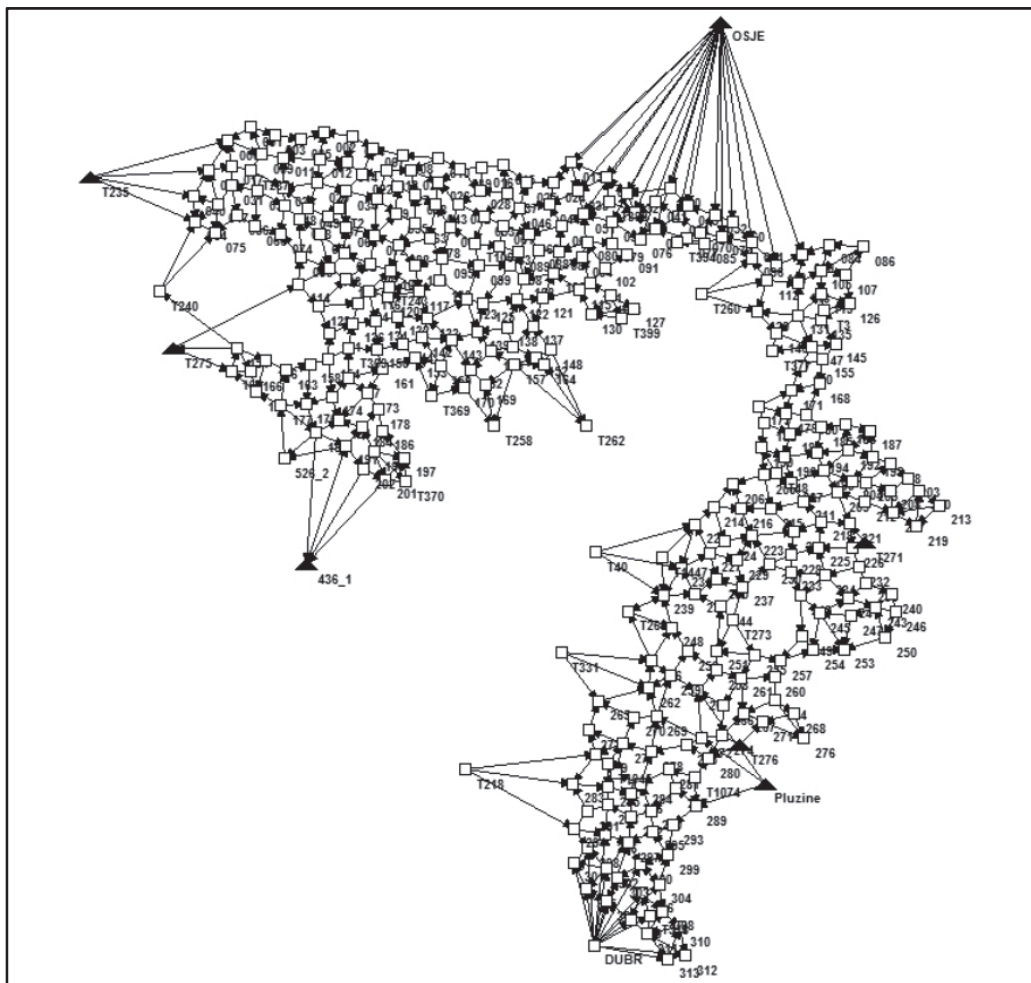
U nastojanju da dostignu standarde evropskih država, Uprave za geodetske i imovinsko-pravne poslove oba entiteta BiH su kroz donatorske projekte međunarodne zajednice i vlastite projekte imale značajne aktivnosti u oblasti osnovnih geodetskih radova:

- 1 Izvedene neophodne aktivnosti za uključenje teritorije BiH u EUREF inicijative još 1998. godine;
- 2 Kreirana pasivna referentna mreža BIHREF koja je predstavljala prvo progušćenje mreže na oba entiteta 2000. godine;
- 3 Uspostavljeno nekoliko lokalnih (gradskih) GNSS mreža na teritoriji oba entiteta;
- 4 Teritorija Republike Srpske u potpunosti pokrivena pasivnom mrežom sa 313 tačaka, prostorne rezolucije 10 km. Na teritoriji Federacije BiH je do sada stabilizovano 170 tačaka od kojih je 30 uključeno u Osnovnu gravimetrijsku mrežu BiH a oko 100 tačaka će prema projektu biti uključeno u novu nivelmansku mrežu NVT3.
- 5 Kreirana mreža permanentnih stanica sastavljena od dvije nezavisne komponente: SRPOS, na teritoriji Republike Srpske i FBIHPOS, na teritoriji Federacije Bosne i Hercegovine;
- 6 Sračunati parametri transformacije između važećeg državnog koordinatnog sistema BiH i prostornog referentnog sistema ETRS89 na osnovu GNSS mjerenja na preko 2500 tačaka;
- 7 Određene vrijednosti ubrzanja Zemljine teže na 4 tačke na teritoriji BiH upotrebom apsolutnog gravimetra Micro-g LaCoste FG5;

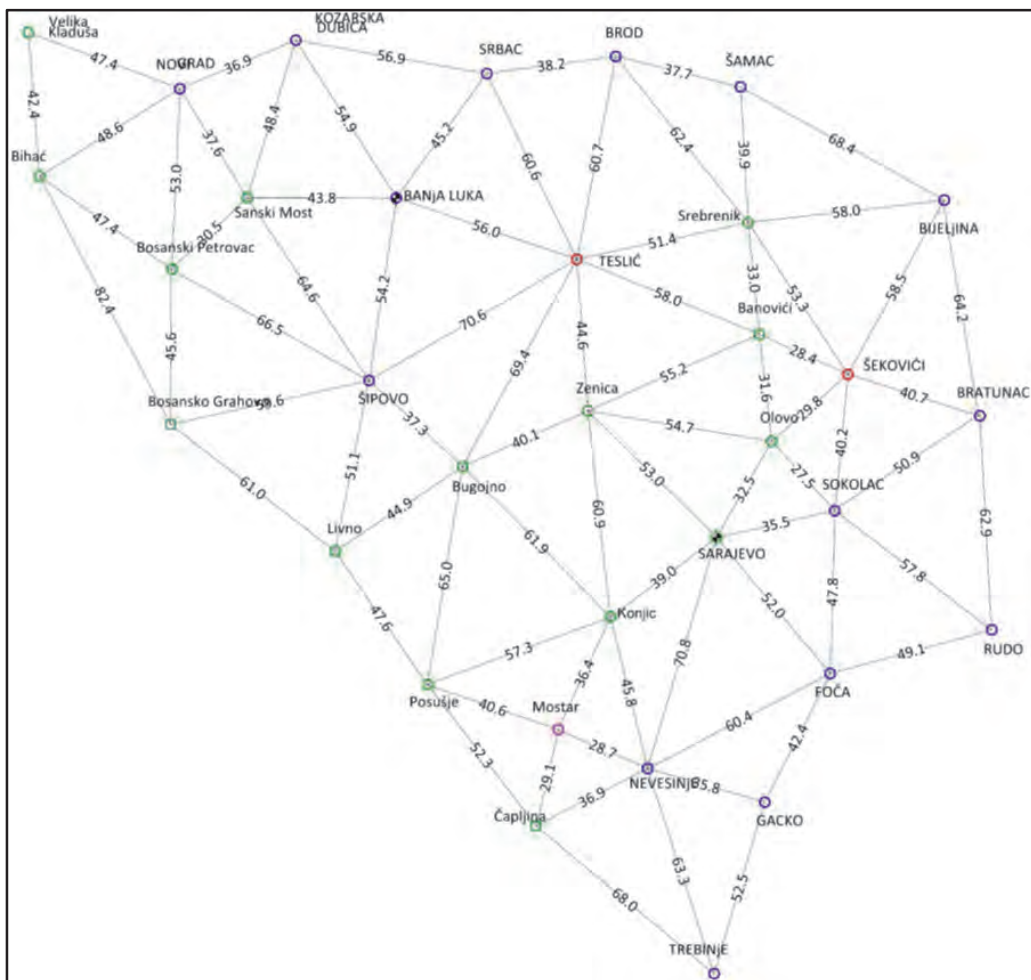
- 8 Određena osnovna gravimetrijska mreža (OGM) na teritoriji čitave BiH;
- 9 Kreirani digitalni modeli terena BiH adekvatne rezolucije koji se mogu koristiti za određivanja kratkotalasnih karakteristika funkcionala anomalijskog potencijala;
- 10 Utvrđeno faktično stanje mreže nivelmana visoke tačnosti NVT1 i NVT2.



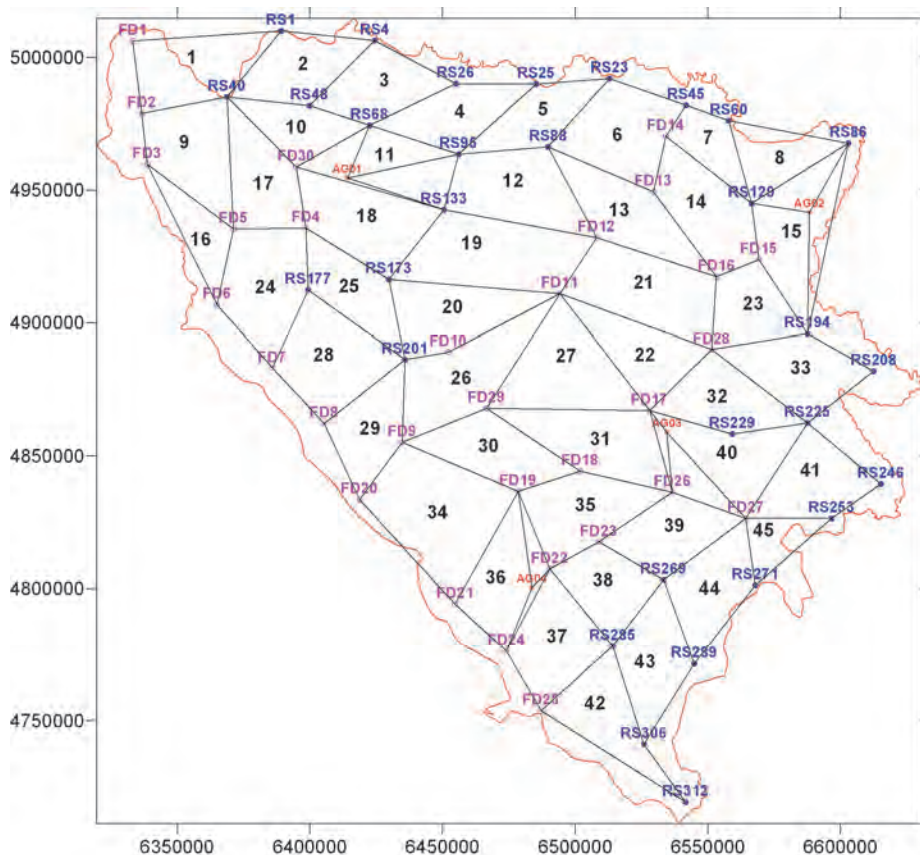
Slika 3. Dispozicija tačaka određenih u EUREF GPS kampanji BALKAN98.



Slika 4. Dispozicija tačaka pasivne referentne mreže RS



Slika 5. TIN-model BIHPOS mreže.



Slika 6. Osnovna gravimetrijska mreža BiH

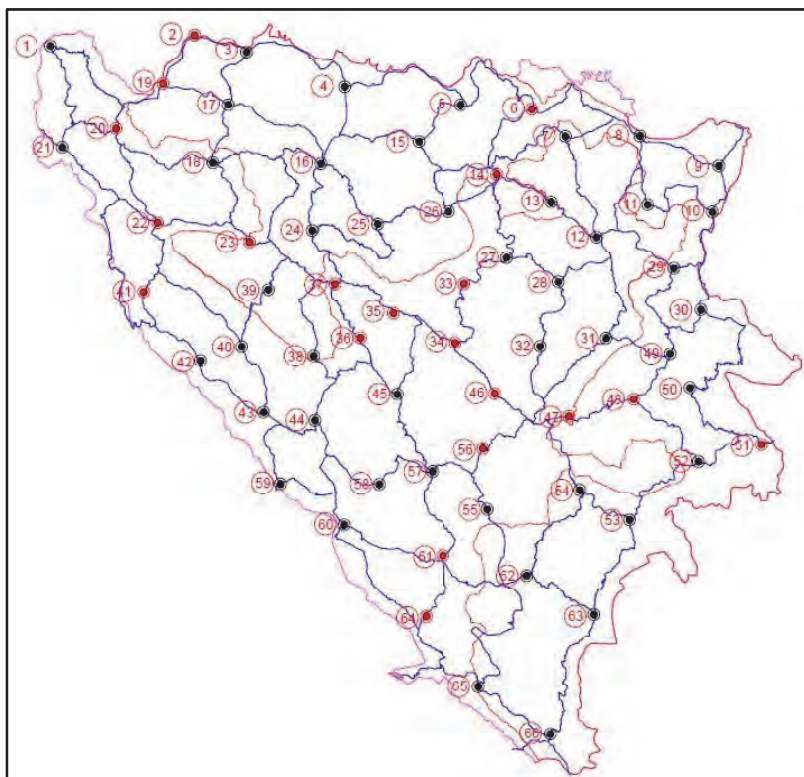
5 PLANIRANE AKTIVNOSTI NA USPOSTAVI NOVIH REFERENTNIH SISTEMA U BOSNI I HERCEGOVINI

Pored navedenih aktivnosti urađena je projektna dokumentacija koja je definisala razvoj trenutnih aktivnosti i trasirala put budućih aktivnosti na uspostavi novih referentnih sistema i razvijanju novih referentnih mreža i to:

- 1 Studija o nivelmanu visoke tačnosti (NVT) BiH;
- 2 Projekat nivelmana visoke tačnosti RS;
- 3 Projekat određivanje geioda RS,
- 4 Projekat horizontalne transformacije na teritoriji RS;
- 5 Projekat horizontalne transformacije na teritoriji FBiH;
- 6 Projekat gravimetrijskog premjera BiH;
- 7 Strategija implementacije novih referentnih sistema u RS i FBiH;
- 8 Usaglašeni projekt mreže nivelmana visoke tačnosti u RS i FBiH;
- 9 Detaljne tehničke specifikacije nivelmana visoke tačnosti BiH

U toku su trenutne aktivnosti:

- 1 Neophodna testiranja modela (grid) transformacije iz važećeg državnog referentnog sistema baziranog na Beselovom elipsoidu u sistem ETRS89 prije puštanja u zvaničnu upotrebu,
- 2 Nakon prihvatanja ponude za javnu nabavku „Rekognosciranje i stabilizacija mreže trećeg nivelmana visoke tačnosti“ započeti su radovi na teritoriji FBiH a u RS je raspisivanje javne nabavke u toku. Za ove radove su obezbjeđena budžetska sredstva oba entiteta BiH i sredstva švedskog donatorskog projekta CILAP;
- 3 Kandidiranje projekta mjerenja mreže NVT3 i detaljnog gravimetrijskog premjera kod Ministarstva civilnih poslova BiH (MCP) i Norveške vlade kao donatora. Oba finansiera su pozitivno ocijenila projekt i stavila u proceduru njegovo finansiranje,
- 4 Izrada Pravilnika za osnovne geodetske radove u FBiH i RS. Pravilnikom će biti definisano koja epoha će biti usvojena za referentne sisteme, kartografska projekcija i indeksna podjela na listove planova i karata odgovarajućig razmjera.



Slika 7. Fundamentalni reperi u mreži NVT3 (crno – novi; crveno – postojeći)

U ovisnosti od ishoda odluke za finansiranje mjerenja u mreži NVT3 i gravimetrijskog premjera BiH planirane su slijedeće aktivnosti do kraja 2019. godine:

- 1 Raspisivanje javne nabavke i izbor izvođača za mjerenja mreže NVT3 i detaljnog gravimetrijskog premjera,

- 2 Nivelmanska, gravimetrijska i GNSS mjerenja u mreži NVT3,
- 3 Detaljni gravimetrijski premjer BiH,
- 4 Obrada nivelmanskih mjerenja i računanje visina tačaka mreže NVT3,
- 5 Izrada modela transformacija visina NVT1 \leftrightarrow NVT2 \leftrightarrow NVT3
- 6 Obrada gravimetrijskih mjerenja i računanje geoida,
- 7 Izrada grida undulacija geoida u odnosu na referentni elipsoid GRS80
- 8 Aktivnosti na usvajanju novih referentnih sistema i okvira kod državnih organa i međunarodnih organizacija

6 ZAKLJUČAK

Može se reći da se aktivnosti na stvaranju novog referentnog okvira i usvajanju novih referentnih sistema u BiH kreću u pozitivnom smjeru i da se očekuje njihovo ozvaničenje u 2020. godine. Jasno je da je konverzija ogromnog broja podataka iz starog u novi sistem dugotrajan proces i da će još neko vrijeme stari sistemi biti na snazi ali konverziju podataka treba detaljno planirati i započeti što prije. Ovu konverziju treba sinhronizirati sa radom na infrastrukturi prostornih podataka BiH (IPP).

LITERATURA I IZVORI

Odalović, O., Blagojević, D. (2015). Strategija implementacije novih referentnih sistema u RS i FBiH. Sarajevo: CILAP.

Odalović, O. (2015). Projekt mreže nivelmana visoke točnosti. Sarajevo: CILAP.

Bilajbegović, A., Odalović, O. (2017). Detaljne tehničke specifikacije nivelmana visoke tačnosti BiH. Sarajevo: CILAP.

Starčević, M. (2014). Osnovna gravimetrijska mreža RS i FBiH. Sarajevo: CILAP.

Autori:

Šeho Zimić, dipl.inž.geod.

Lantmäteriet

CILAP-projekt

Hamdije Kreševljakovića 96, Sarajevo

E-mail: seho.zimic@lm.se

Eldin Đonlagić, dipl.inž.geod.

Federalna Uprava za Geodetske i Imovinsko-pravne poslove

Hamdije Kreševljakovića 96, Sarajevo

E-mail: eldin.donlagic@fgu.com.ba