

XII МЕЂУНАРОДНА НАУЧНО-СТРУЧНА КОНФЕРЕНЦИЈА

САВРЕМЕНА ТЕОРИЈА  
И ПРАКСА У ГРАДИТЕЉСТВУ

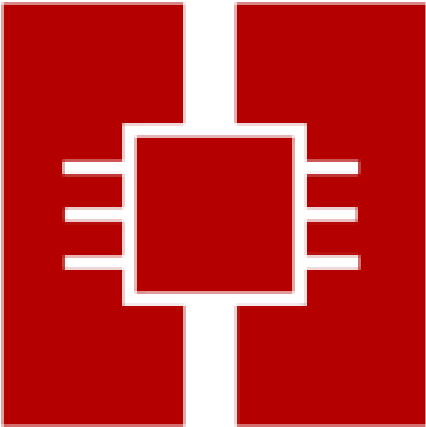
# ЗБОРНИК РАДОВА

12th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL CONFERENCE ON

CONTEMPORARY THEORY  
AND PRACTICE IN CONSTRUCTION

# BOOK OF PROCEEDINGS





**XII МЕЂУНАРОДНА НАУЧНО-СТРУЧНА КОНФЕРЕНЦИЈА  
САВРЕМЕНА ТЕОРИЈА И ПРАКСА У ГРАДИТЕЉСТВУ**

12<sup>th</sup> INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL  
CONFERENCE ON CONTEMPORARY THEORY AND  
PRACTICE IN CONSTRUCTION

**ЗБОРНИК РАДОВА  
BOOK OF PROCEEDINGS**

**Издавач** Универзитет у Бањој Луци  
**Publisher** Архитектонско-грађевинско-геодетски  
факултет

University of Banja Luka  
Faculty of Architecture, Civil Engineering and  
Geodesy

**За издавача** др Бранкица Милојевић, ванр. професор  
**On behalf of publisher** Brankica Milojević, PhD, associate professor

**Уредник** др Биљана Антуновић, ванр. професор  
**Editor** Biljana Antunović, PhD, associate professor

**ЕЛЕКТРОНСКО ИЗДАЊЕ –  
ДИСТРИБУЦИЈА ПУТЕМ ПРЕНΟΣНЕ  
УСБ МЕМОРИЈЕ И ИНТЕРНЕТ  
СТРАНИЦЕ КОНФЕРЕНЦИЈЕ:  
[stepgrad16.aggfbl.org](http://stepgrad16.aggfbl.org)  
DIGITAL PUBLICATION – DISTRIBUTION  
THROUGH REMOVABLE USB MEMORY  
AND CONFERENCE WEB SITE:  
[stepgrad16.aggfbl.org](http://stepgrad16.aggfbl.org)**

**Бања Лука, 2016.**  
Banja Luka, 2016

**ISBN** 978-99976-663-3-8  
**UDK** 69:71/72(082)(0.034.2)  
624(082)(0.034.2)  
**COBISS.RS-ID** 6240024

ISBN 9789997666338





**XII МЕЂУНАРОДНА НАУЧНО-  
СТРУЧНА КОНФЕРЕНЦИЈА  
САВРЕМЕНА ТЕОРИЈА И  
ПРАКСА У ГРАДИТЕЉСТВУ**

12<sup>th</sup> INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND  
PROFESSIONAL CONFERENCE ON  
CONTEMPORARY THEORY AND  
PRACTICE IN CONSTRUCTION

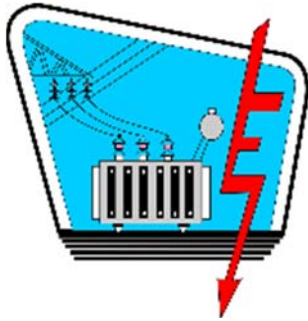
**ЗБОРНИК РАДОВА  
BOOK OF PROCEEDINGS**

**Бања Лука, 7-8. децембар 2016.**  
Banja Luka, December 7-8, 2016

## ПАРТНЕРИ PARTNERS



Републичка управа  
за геодетске и имовинско-правне послове



**ЗЛАТНИ СПОНЗОР GOLDEN SPONSOR**



**СРЕБРНИ СПОНЗОРИ SILVER SPONSORS**



**БРОНЗАНИ СПОНЗОРИ BRONZE SPONSORS**



## ОРГАНИЗАТОР ORGANISER

**Универзитет у Бањој Луци**  
**Архитектонско-грађевинско-геодетски**  
**факултет**  
University of Banja Luka  
Faculty of Architecture, Civil Engineering and  
Geodesy



## СУОРГАНИЗАТОРИ CO-ORGANISERS

**Министарство за просторно уређење,**  
**грађевинарство и екологију**  
**Републике Српске**  
Ministry of Spatial Planning, Civil Engineering  
and Ecology of the Republic of Srpska



**Министарство просвјете и културе**  
**Републике Српске**  
Ministry of Education and Culture of the  
Republic of Srpska



**Град Бања Лука**  
The City of Banja Luka



ГРАД БАЊА ЛУКА  
CITY OF BANJA LUKA

**Инжењерска комора Републике Српске**  
Chamber of Engineers of the  
Republic of Srpska



**Привредна комора Републике Српске**  
Chamber of Commerce and Industry of the  
Republic of Srpska



**ЈУ Институт за урбанизам,**  
**грађевинарство и екологију**  
**Републике Српске**  
PI Institute for Urbanism, Civil Engineering  
and Ecology of the Republic of Srpska



**Архитектонски факултет,**  
**Универзитет у Београду**  
Faculty of Architecture, University of Belgrade



**ОРГАНИЗАЦИОНИ  
ОДБОР**      **ORGANISING  
COMMITTEE**

**Проф. др Биљана Антуновић,**  
**Архитектонско-грађевинско-**  
**геодетски факултет,**  
**Универзитет у Бањој Луци,**  
**предсједник**

Prof. Biljana Antunović, PhD,  
Faculty of Architecture, Civil  
Engineering and Geodesy,  
University of Banja Luka, chair

**Миладин Гаћановић,**  
**Министарство за просторно**  
**уређење, грађевинарство и**  
**екологију Републике Српске**

Miladin Gaćanović, Ministry of  
Spatial Planning, Civil Engineering  
and Ecology of the  
Republic of Srpska

**Радмила Пејић, Министарство**  
**просвјете и културе Републике**  
**Српске**

Radmila Pejić, Ministry of  
Education and Culture of the  
Republic of Srpska

**Зоран Ињац, Инжењерска**  
**комора Републике Српске**

Zoran Injac, Chamber of Engineers  
of the Republic of Srpska

**Мр Борко Ђурић, Привредна**  
**комора Републике Српске**

Borko Đurić, M.Sc., Chamber of  
Commerce and Industry of the  
Republic of Srpska

**Стеван Јовановић, ЈУ Институт**  
**за урбанизам, грађевинарство и**  
**екологију Републике Српске**

Stevan Jovanović, PI Institute for  
Urbanism, Civil Engineering and  
Ecology of the Republic of Srpska



## НАУЧНИ ОДБОР

Проф. др Бранкица Милојевић,  
Универзитет у Бањој Луци, БиХ, председник

Проф. др Јусуке Обучи, Универзитет у Токију, Јапан

Проф. др Миленко Станковић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ

Проф. др Миленко Пржуљ, Словенија

Проф. др Маркус Швај, НТНУ Трондхејм, Норвешка

Проф. др Александра Крстић-Фурунџић,  
Универзитет у Београду, Србија

Проф. др Драган Благојевић, Универзитет у Београду, Србија

Проф. др Звонко Томановић, Универзитет Црне Горе, Црна Гора

Проф. др Карел Павелка, Технички универзитет у Прагу, Чешка

Проф. др Андреј Зајц, Институт за испитивање материјала и  
примјену, Словенија

Проф. др Чедо Максимовић, Имperiјал колеџ, Велика Британија

Проф. др Мато Уљаревић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ

Проф. др Драган Милашиновић, Универзитет у Новом Саду, Србија

Проф. др Љубиша Прерадовић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ

Проф. др Амир Пашић, Комисија за очување  
националних споменика БиХ

Проф. др Хуан Луис Ривас Наваро, Универзитет у Гранади, Шпанија

Проф. др Миро Говедарица, Универзитет у Новом Саду, Србија

Проф. др Биљана Антуновић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ

Проф. др Жељко Бачић, Свеучилиште у Загребу, Хрватска

Проф. др Петар Гверо, Универзитет у Бањој Луци, БиХ

Проф. др Мила Пуцар, Институт за архитектуру и урбанизам, Србија

Проф. др Драгослав Стојић, Универзитет у Нишу, Србија

Др Јакоб Шуштершич, Институт за испитивање материјала и  
примјену, Словенија

Др Петер Нигст, Корушки универзитет  
примијењених наука, Аустрија

## SCIENTIFIC COMMITTEE

- Prof. Brankica Milojević, PhD, University of Banja Luka, BiH, chair
- Prof. Yusuke Obuchi, PhD, University of Tokyo, Japan
- Prof. Milenko Stanković, PhD, University of Banja Luka, BiH
- Prof. Milenko Pržulj, PhD, Slovenia
- Prof. Markus Schwai, PhD, NTNU Trondheim, Norway
- Prof. Aleksandra Krstić-Furundžić, PhD, University of Belgrade, Serbia
- Prof. Dragan Blagojević, PhD, University of Belgrade, Serbia
- Prof. Zvonko Tomanović, PhD, University of Montenegro, Montenegro
- Prof. Karel Pavelka, PhD, Technical University in Prague, Czech Republic
- Prof. Andrej Zajc, PhD, Institute for Research in Materials and Applications, Slovenia
- Prof. Čedo Maksimović, PhD, Imperial College, UK
- Prof. Mato Uljarević, PhD, University of Banja Luka, BiH
- Prof. Dragan Milašinović, PhD, University of Novi Sad, Serbia
- Prof. Ljubiša Preradović, PhD, University of Banja Luka, BiH
- Prof. Amir Pašić, PhD, Commission to Preserve National Monuments of Bosnia and Herzegovina
- Prof. Juan Luis Rivas Navarro, PhD, University of Granada, Spain
- Prof. Miro Govedarica, PhD, University of Novi Sad, Serbia
- Prof. Biljana Antunović, PhD, University of Banja Luka, BiH
- Prof. Željko Bačić, PhD, University of Zagreb, Croatia
- Prof. Petar Gvero, PhD, University of Banja Luka, BiH
- Prof. Mila Pucar, PhD, Institute of Architecture and Urban and Spatial Planning, Serbia
- Prof. Dragoslav Stojić, PhD, University of Niš, Serbia
- Jakob Šušteršič, PhD, Institute for Research in Materials and Applications, Slovenia
- Arch. Dipl.-Ing. Dr. techn. Peter Nigst,  
Carinthia University of Applied Sciences, Austria

## **ПОЧАСНИ ОДБОР**

**Милорад Додик, председник Републике Српске**

**Жељка Цвијановић, премијер, Влада Републике Српске**

**Проф. др Рајко Кузмановић, председник Академије наука и умјетности Републике Српске**

**Сребренка Голић, министар, Министарство за просторно уређење, грађевинарство и екологију Републике Српске**

**Др Дане Малешевић, министар,  
Министарство просвјете и културе Републике Српске**

**Проф. др Јасмин Комић, министар,  
Министарство науке и технологије Републике Српске**

**Мр Игор Радојичић, градоначелник, град Бања Лука**

**Проф. др Милан Матаруга, ректор, Универзитет у Бањој Луци**

**Проф. др Владимир Лукић, проф. емеритус,  
Универзитет у Бањој Луци**

**Проф. др Владан Ђокић, декан, Архитектонски факултет,  
Универзитет у Београду**

**Проф. др Бранко Божић, декан, Грађевински факултет,  
Универзитет у Београду**

**Проф. др Раде Дорословачки, декан, Факултет техничких наука,  
Универзитет у Новом Саду**

## HONORARY COMMITTEE

Milorad Dodik, President of the Republic of Srpska

Željka Cvijanović, Prime Minister, The Government of the Republic of Srpska

Prof. Rajko Kuzmanović, PhD, President of the Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska

Srebrenka Golić, Minister, Ministry of Spatial Planning, Civil Engineering and Ecology

Dane Malešević, PhD, Minister, Ministry of Education and Culture of the Republic of Srpska

Prof. Jasmin Komić, PhD, Minister, Ministry of Science and Technology of the Republic of Srpska

Mr. Sci. Igor Radojičić, Mayor of the City of Banja Luka

Prof. Milan Mataruga, PhD, Rector, University of Banja Luka

Prof. Emeritus Vladimir Lukić, PhD, University of Banja Luka

Prof. Vladan Đokić, PhD, Dean, Faculty of Architecture, University of Belgrade

Prof. Branko Božić, PhD, Dean, Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade

Prof. Rade Doroslavački, PhD, Dean, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad

## РЕЦЕНЗЕНТИ

Проф. др Биљана Антуновић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Проф. др Бранкица Милојевић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Проф. др Миодраг Регодић, Универзитет одбране, Београд, Србија  
Проф. др Хуан Луис Ривас Наваро, Универзитет у Гранади, Шпанија  
Проф. др Мато Уљаревић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Проф. др Владан Ђокић, Универзитет у Београду, Србија  
Проф. др Жељко Бачић, Свеучилиште у Загребу, Хрватска  
Проф. др Александра Ђукић, Универзитет у Београду, Србија  
Проф. др Миленко Станковић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Проф. др Драгољуб Секуловић, Универзитет одбране, Београд, Србија  
Проф. др Петар Гверо, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Проф. др Драган Благојевић, Универзитет у Београду, Србија  
Проф. др Мила Пуцар, Институт за архитектуру и урбанизам, Србија  
Проф. др Љубиша Прерадовић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Проф. др Маркус Швај, НТНУ Трондхејм, Норвешка  
Проф. др Миро Говедарица, Универзитет у Новом Саду, Србија  
Проф. др Карел Павелка, Технички универзитет у Прагу, Чешка  
Проф. др Драган Милашиновић, Универзитет у Новом Саду, Србија  
Проф. др Александра Крстић-Фурунџић, Универзитет у Београду, Србија  
Проф. др Звонко Томановић, Универзитет Црне Горе, Црна Гора  
Проф. др Драгослав Стојић, Универзитет у Нишу, Србија  
Проф. др Бранко Божић, Универзитет у Београду, Србија  
Проф. др Манојло Миладиновић, Универзитет у Београду, Србија  
Проф. др Загорка Госпавић, Универзитет у Београду, Србија  
Проф. др Тина Дашић, Универзитет у Београду, Србија  
Проф. др Љиљана Дошенивић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Проф. др Снежана Митровић, ВГГШ, Београд, Србија  
Проф. др Љиља Вукић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Проф. др Јаћимовић Ненад, Универзитет у Београду, Србија  
Проф. др Љубомир Мајданџић, Универзитет у Осиеку, Хрватска  
Проф. др Ратко Дејановић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Проф. др Сашо Медвед, Универзитет у Љубљани, Словенија  
Проф. др Снежана Петровић, Институт за кукуруз “Земун Поље“, Србија  
Доц. др Љиљана Милић-Марковић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Доц. др Игор Јокановић, Универзитет у Новом Саду, Србија  
Доц. др Тања Тркуља, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Доц. др Александар Борковић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Доц. др Дарија Гајић, Универзитет у Бањој Луци, БиХ  
Др Петер Нигст, Корушки универзитет примијењених наука, Аустрија

## REVIEWERS

Prof. Biljana Antunović, PhD, University of Banja Luka, BiH  
Prof. Brankica Milojević, PhD, University of Banja Luka, BiH  
Prof. Miodrag Regodić, PhD, University of Defence, Serbia  
Prof. Juan Luis Rivas Navarro, PhD, University of Granada, Spain  
Prof. Mato Uljarević, PhD, University of Banja Luka, BiH  
Prof. Vladan Đokić, PhD, University of Belgrade, Serbia  
Prof. Željko Bačić, PhD, University of Zagreb, Croatia  
Prof. Aleksandra Đukić, University of Belgrade, Serbia  
Prof. Milenko Stanković, PhD, University of Banja Luka, BiH  
Prof. Dragoljub Sekulović, University of Defence, Serbia  
Prof. Petar Gvero, PhD, University of Banja Luka, BiH  
Prof. Dragan Blagojević, PhD, University of Belgrade, Serbia  
Prof. Mila Pucar, PhD, Institute of Architecture and Urban and Spatial Planning, Serbia  
Prof. Ljubiša Preradović, PhD, University of Banja Luka, BiH  
Prof. Markus Schwai, PhD, NTNU Trondheim, Norway  
Prof. Miro Govedarica, PhD, University of Novi Sad, Serbia  
Prof. Karel Pavelka, PhD, Technical University in Prague, Czech Republic  
Prof. Dragan Milašinović, PhD, University of Novi Sad, Serbia  
Prof. Aleksandra Krstić-Furundžić, PhD, University of Belgrade, Serbia  
Prof. Zvonko Tomanović, PhD, University of Montenegro, Montenegro  
Prof. Dragoslav Stojić, PhD, University of Niš, Serbia  
Prof. Branko Božić, University of Belgrade, Serbia  
Prof. Manojlo Miladinović, University of Belgrade, Serbia  
Prof. Zagorka Gospavić, University of Belgrade, Serbia  
Prof. Tina Dašić, University of Belgrade, Serbia  
Prof. Ljiljana Došenović, University of Banja Luka, BiH  
Prof. Snežana Mitrović, College of Applied Sciences of Civil Engineering and Geodesy in Belgrade, Serbia  
Prof. Ljilja Vukić, University of Banja Luka, BiH  
Prof. Jaćimović Nenad, University of Belgrade, Serbia  
Prof. Ljubomir Majdandžić, University of Osijek, Croatia  
Prof. Ratko Dejanović, University of Banja Luka, BiH  
Prof. Sašo Medved, University of Ljubljana, Slovenia  
Prof. Snežana Petrović, Maize research institute “Zemun Polje“, Serbia  
Assistant Prof. Ljiljana Milić-Marković, PhD, University of Banja Luka, BiH  
Assistant Prof. Igor Jokanović, University of Novi Sad, Serbia  
Assistant Prof. Tanja Trkulja, University of Banja Luka, BiH  
Assistant Prof. Aleksandar Borković, University of Banja Luka, BiH  
Assistant Prof. Darija Gajić, University of Banja Luka, BiH  
Arch. Dipl.-Ing. Dr. techn. Peter Nigst, Carinthia University of Applied Sciences, Austria

## **УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР**

**проф. др Бранкица Милојевић**

**доц. др Малина Чворо**

**доц. др Александар Борковић**

**проф. др Мато Уљаревић**

**доц. др Драган Мацановић**

**доц. др Тања Тркуља**

## **EDITORIAL COMMITTEE**

**Prof. Brankica Milojević, PhD**

**Assistant Prof. Malina Čvoro, PhD**

**Assistant Prof. Aleksandar Borković, PhD**

**Prof. Mato Uljarević, PhD**

**Assistant Prof. Dragan Macanović, PhD**

**Assistant Prof. Tanja Trkulja, PhD**

## **ТЕХНИЧКО УРЕДНИШТВО**

**Мирослав Малиновић**

**Уна Умићевић**

**Дијана Мајсторовић**

**Драгана Зељић**

**Младен Амовић**

**Славко Васиљевић**

**Дејан Васић**

**Александар Јанковић**

**Гордана Јаковљевић**

**Слађана Јанковић**

**Стаменко Мијатовић**

**Дизајн корица: Уна Умићевић**

**Прелом и техничка обрада: Мирослав Малиновић**

## **TECHNICAL EDITORIAL**

Miroslav Malinović

Una Umićević

Dijana Majstorović

Dragana Zeljić

Mladen Amović

Slavko Vasiljević

Dejan Vasić

Aleksandar Janković

Gordana Jakovljević

Slađana Janković

Stamenko Mijatović

Cover page design: Una Umićević

Graphic design and prepress: Miroslav Malinović



70 | стручни рад



## USPOSTAVA GEODETSKE MREŽE PRIMJENOM GLOBALNIH NAVIGACIONIH SATELITSKIH SISTEMA

Kornelija Ristić, [kornelijar@agfbl.org](mailto:kornelijar@agfbl.org), Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet  
Univerziteta u Banjoj Luci

Sanja Tucikešić, [svisnjic@aggfbl.org](mailto:svisnjic@aggfbl.org), Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet  
Univerziteta u Banjoj Luci

Ankica Milinković, [ankica.milinkovic@vekom.com](mailto:ankica.milinkovic@vekom.com), VEKOM Geo d.o.o.

Branko Božić, [bozic@grf.bg.ac.rs](mailto:bozic@grf.bg.ac.rs), Građevinski fakultet u Beogradu

Sanja Jaćimović, [sjacimovic@agfbl.org](mailto:sjacimovic@agfbl.org), Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet  
Univerziteta u Banjoj Luci

### **Rezime:**

Primjenom GNSS (Global Navigation Satellite System) znatno se promjenio pristup svakidašnjim zadacima geodetske profesije. U ovom radu dat je prikaz uspostave geodetske mreže primjenom moderne GNSS tehnologije za potrebe izgradnje i monitoringa. U cilju preciznijeg određivanja položaja tačaka geodetske mreže prateći savremena rješenja korišćene su usluge visokopreciznog servisa pozicioniranja SRPOS mreže. U okviru uspostavljene geodetske mreže analiziraće se tačnost dobijenih rezultata i mogućnosti primjene GNSS tehnologije u oblasti izgradnje i monitoringa.

*Ključne riječi: GNSS, geodetska mreža, monitoring, SRPOS*

## ESTABLISHMENT OF SURVEYING NETWORK USING GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM

### **Abstract:**

The application of GNSS (Global Navigation Satellite System) has significantly changed the approach to everyday performance of the tasks of the geodetic profession. This paper gives an overview of the establishment of a geodetic network, with the application of modern GNSS technology, for the needs of construction and monitoring activities. In order to precisely determine the position of points in a geodetic network, with the application of modern solutions, the advantages of high precision SRPOS network positioning service have been used. The accuracy of the results and the applicability of GNSS technology in the field of construction and monitoring within the established geodetic network will be analyzed here.

*Keywords: GNSS, geodetic network, monitoring, SRPOS*

## 1. UVOD

Mahovljanska petlja, jedan je od najsloženijih i najvažnijih infrastrukturnih objekata u Republici Srpskoj koji spaja auto-put Banja Luka - Gradiška sa postojećim magistralnim putem M-16, a i sa auto-putem Banja Luka - Doboj koji je u izgradnji. Tokom izgradnje auto-puta Banja Luka - Gradiška, došlo do pojave klizišta kod Mahovljanske petlje čime su radovi na izgradnji znatno usporeni. Klizište je sanirano gradnjom betonskog potpornog zida.

Za potrebe izgradnje i monitoringa potpornog zida bilo je neophodno uspostaviti geodetsku mrežu. Pored klasičnih terestričkih geodetskih metoda razvijanja geodetskih mreža, u radu je prikazana mogućnost primjene GNSS tehnologije.

## 2. SRPOS MREŽA PERMANENTNIH GNSS STANICA

U cilju uspostavljanja multifunkcionalne mreže GNSS (*Global Navigation Satellite System*) referentnih stanica u zemljama centralne i istočne Evrope 2002. godine započet je program EUPOS (*European Position Determination System*) podržan od Evropske Akademije za urbanu sredinu. Saglasno standardima EUPOS-a usvojeno je da maksimalno rastojanje između permanentnih stanica iznosi 70 km, te da se koordinate stanica određuju u sistemu ETRS89<sup>1</sup> (*European Terrestrial Reference System 1989*) i u konvencionalnim geodetskim referentnim sistemima oslanjajući se na EUREF (*Regional Reference Frame Sub-Commission for Europe*) tačke.

Realizacijom projekta BIHPOS (Bosanskohercegovački pozicioni sistem), 2011. godine, Bosna i Hercegovina svrstana je u red zemalja koje su uvele u upotrebu tehnologiju permanentnih GNSS stanica. U okviru ovog projekta implementirane su dvije mreže: SRPOS i FBiHPOS.

SRPOS mreža permanentnih GNSS stanica omogućava razvoj geodetskih metoda mjerenja različitih nivoa tačnosti, brzo i pouzdano pozicioniranje tačaka za potrebe geodetskog premjera, uspostavljanje i održavanje katastra, kao i primjene u inženjerskoj geodeziji, hidrografiji i aerofotogrametriji. Mreža značajno poboljšava produktivnost i ubrzava radove u geodeziji i proširuje razvoj nauke kroz upotrebu jedinstvenog međunarodnog referentnog sistema, definiciju

---

<sup>1</sup> Svjetski geodetski sistem (*World Geodetic System*) predstavlja standardni sistem za pozicioniranje pri upotrebi GPS satelitskog sistema i univerzalnog je karaktera (koristi se svuda u svijetu). WGS84 koristi GRS80 elipsoid i realizovan je skupom geodetskih tačaka pravilno raspoređenih duž zemaljske kugle koje čine osnovu ili standardni koordinatni frame Zemlje, zajedno sa drugim parametrima od važnosti za definisanje datuma i geoida i njegovi numerički elementi vezani su za epohu 1984. Realizacija sistema WGS84 jeste oko  $\pm 1$  m. Evropski terestrički referentni sistem (*European Terrestrial Reference System 1989, ETRS89*) predstavlja globani geodetski prostorni referentni sistem sa koordinatnim ishodištem u centru mase Zemlje, primarno se koristi na evropskom prostoru. Sistem je zvanično u upotrebi od 1990. godine i realizovan je tačkama EUREF (F, frame, osnova) koje predstavljaju dio opšteg globalnog skupa tačaka kojima je definisana osnova Internacionalnog Terestričkog Referentnog Sistema (ITRS). ITRS se permanentno unapređuje i za tu svrhu, između ostalog, koristi se i skup stabilnih tačaka Evropske tektonske ploče, tako da ETRS89 i ITRS nisu identični. ETRS89 se konstantno prati i unapređuje korišćenjem EUREF kroz mrežu Evropskih permanentnih stanica (EPN).

preciznih satelitskih orbita, uvođenje zajedničkih standarda u geodeziji, geodinamici i astronomiji.

Korisnicima SRPOS mreže na raspolaganju su tri servisa koji se međusobno razlikuju po metodi prikupljanja podataka, načinu prenosa podataka i vremenu dostupnosti, te tačnosti određivanja polazaja i formatu podataka [1]:

- DSP – diferencijalni servis pozicioniranja u realnom vremenu sa tačnošću pozicioniranja 1-3 m;
- VPSP – visokoprecizni servis pozicioniranja u realnom vremenu sa tačnošću pozicioniranja 1-2 cm;
- GPSP – geodetski precizni servis pozicioniranja u realnom vremenu sa naknadnom obradom (*post-processing*) sa tačnošću pozicioniranja do 1 cm.

### 3. GEODETSKA MREŽA POSEBNE NAMJENE U REONU MAHOVLJANSKE PETLJE

Geodetska mreža predstavlja neophodnu osnovu u mnogim geodetskim zadacima, pa tako i u zadacima inženjerske geodezije kao što je izgradnja geodetskih podloga za projektovanje raznih objekata, obilježavanje geometrije objekata, praćenje građenja, kontrola geometrije objekata, praćenje pomjeranja i deformacija objekata i tla. Poznato je da postoje državne geodetske mreže, ali one u najvećem broju slučajeva svojom lokacijom i tačnošću položaja tačaka mreže ne zadovoljavaju potrebe geodetskih radova u inženjerstvu. Zbog toga se projektuju i uspostavljaju geodetske mreže posebne namjene – geodetske mikromreže [2].

Za vrijeme izgradnje auto-puta E-661, Banja Luka - Gradiška, došlo je do pojave klizišta kod Mahovljanske petlje, sjeverno od tunela Laktaši. Sanacija klizišta izvršena je izgradnjom betonskog potpornog zida. Za potrebe izgradnje i monitoringa potpornog zida uspostavljena je geodetska mreža posebne namjene. Geodetska mikromreža na Mahovljanskoj petlji sastoji se od osnovne mreže (mreža tačaka izvan objekta) koju čini pet tačaka, i mreže tačaka na objektu koju čini dvanaest detaljnih tačaka potpornog zida. Geometrija osnovne mreže prilagođena je konfiguraciji terena, karakteristikama objekta, zahtjevima tačnosti kao i mogućnostima izvođenja terestričkih i GNSS mjerenja. Pored navedenog, raspored tačaka osnovne mreže odabran je tako da se tačke nalaze na stabilnom terenu, izvan zone deformacija. Tačke na potpornom zidu raspoređene su tako da što bolje reprezentuju ponašanje samog objekta.

Kako geodetska mikromreža ne služi samo za izgradnju objekta, nego i geodetsko osmatranje (monitoring) objekta, odnosno za ispitivanje slijeganja, pomjeranja i deformacija objekta i tla u toku gradnje i eksploatacije neophodno je obezbijediti kvalitetnu stabilizaciju tačaka. Tačke osnovne mreže na Mahovljanskoj petlji stabilizovane su betonskim stubovima (Slika 1).



Slika 1. Prikaz stabilizacije dijela tačaka osnovne mreže - 1, 2 i 3

#### 4. GNSS OPAŽANJA U OSNOVNOJ MREŽI

Pozicioniranje tačaka osnovne mreže na Mahovljanskoj petlji izvršeno je GNSS statičkom metodom, jednostrukim zaposjedanjem tačaka. Dužina mjerne sesije iznosila je oko 30 min sa intervalom registracije podataka od 1 sekunde. Za elevacionu masku odabrana je vrijednost od  $15^\circ$ . Minimalan broj satelita je iznosio pet. Za potrebe preciznijeg pozicioniranja tačaka, u mjernu kampanju uključene su permanentne stanice SRPOS mreže, Banja Luka i Srbac.

Obrada GNSS podataka obuhvata dva koraka, obradu vektora i izravnaje mreže. Pri obradi GNSS vektora primjenjen je način računanja vektor po vektor, tako da greške jednog vektora ne opterećuju ostale vektore. Korišćene su precizne efemeride. Prihvaćena su samo "fiksna" rješenja, što podrazumijeva da su tzv. neodređenosti (*ambiguity*) uspješno zaokružene na cijeli broj (*solution type: fixed*). Nakon analize kvaliteta vektora i provedene kontrole zatvaranja geometrijskih figura izvršeno je izravnaje mreže kao slobodne. Mjerene veličine u izravnaju su nezavisni vektori. Izravnaje mreže obuhvata sljedeće procese [3]:

- formiranje jedinstvene mreže od svih GNSS vektora,
- zatvaranje geometrijskih figura uz male korekcije na vektorima i
- računanje koordinata svih tačaka u mreži.

S obzirom da su kao fiksne tačke korišćene permanentne stanice, rezultat obrade GNSS podataka su 3D pravouglo koordinata tačaka osnovne mreže u ETRS89 sistemu. Podaci GNSS opažanja obrađeni su u softveru LEICA Geo Office 4.0.

Radi računanja koordinata tačaka u Državnom koordinatnom sistemu (DKS) pristupljeno je sedmoparametarskoj koordinatnoj transformaciji primjenom transformacionog seta za područje Opštine Laktaši (Poglavlje 5).

U Republici Srpskoj, do prelaska na novi referentni sistem ETRS89, u službenoj upotrebi je sistem Gauss-Kriggerovih koordinata u ravni ( $y, x$ ) i ortometrijskih visina  $H$ , a kao referentni elipsoid koristi se lokalni Besselov elipsoid [4].

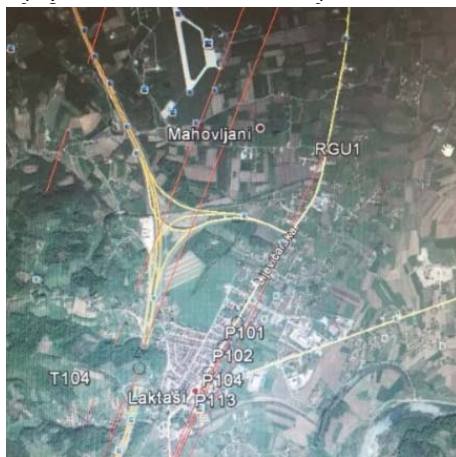
Za teritoriju Republike Srpske, Gaus-Kriggerova projekcija definisana je sljedećim parametrima [4]:

- brojevi zona: 5, 6 i 7
- širina zone:  $3^\circ$ ,

- centralni meridijani:  $15^\circ$ ,  $18^\circ$  i  $21^\circ$ ,
- razmjera duž centralnih meridijana: 0,9999,
- apscisna konstanta: 500 000 m.

## 5. USPOSTAVLJANJE TRANSFORMACIONOG SETA NA PODRUČJU OPŠTINE LAKTAŠI

Za određivanje transformacionih parametara na području Opštine Laktaši odabrano je trinaest postojećih geodetskih tačaka sa definisanim položajima u Državnom koordinatnom sistemu, tri trigonometrijske i deset poligonskih tačaka. Na Slici 2 prikazan je dio tačaka uključenih u određivanje transformacionog seta. Prikupljanje podataka izvršeno je GNSS RTK (*Real Time Kinematic*) metodom, trostrukim zaposjedanjem tačaka. Interval registracije podataka iznosio je 9-12 s. Za elevacionu masku odabrana je vrijednost od  $10^\circ$ . Za potrebe preciznijeg i bržeg pozicioniranja tačaka korišćene su usluge VPSP servisa SRPOS mreže. U mjernu kampanju uključena je permanentna stanica Banja Luka.



Slika 2. Prikaz dijela tačaka uključenih u određivanje transformacionog seta na području Opštine Laktaši

Primjenjena je sedmoparameterska koordinatna transformacija [3], [5], kojom je na pomenutom području uspostavljena veza između ETRS89 sistema definisanog GRS80 elipsoidom i sistema definisanog Besselovim elipsoidom. Uključivanjem permanentne stanice Banja Luka dobijene su preciznije vrijednosti koordinata, a samim tim tačnije i pouzdanije vrijednosti transformacionih parametara. U Tabeli 1 prikazane su vrijednosti transformacionog seta koga čini sedam parametara, tri parametra translacije, tri parametra rotacije i parametar razmjere. Za određivanje seta transformacionih parametara korišćeni su Leica Geo Office 4.0 i Matlab R2010a.

*Tabela 1. Set transformacionih parametara za područje Opštine Laktaši*

$t_x$ (m)	$t_y$ (m)	$t_z$ (m)	$\alpha_x$ (")	$\alpha_y$ (")	$\alpha_z$ (")	$s$ (ppm)
-765,899	175,095	-340,932	-1,08	-5,82	-2,78	-4,6989

Na osnovu seta transformacionih parametara prikazanih u Tabeli 1, 3D pravouglo koordinata pet tačaka (1, 2, 3, 4, 5) osnovne mreže ( $X_{GNSS}$ ,  $Y_{GNSS}$ ,  $Z_{GNSS}$ ) transformisane su u sistem definisan Besselovim elipsoidom (1), (2), (3).

$$X_{Bessel} = X_{GNSS} - \alpha_y \cdot Z_{GNSS} + \alpha_z \cdot Y_{GNSS} + t_x + s \cdot X_{GNSS}, \quad (1)$$

$$Y_{Bessel} = Y_{GNSS} + \alpha_x \cdot Z_{GNSS} - \alpha_z \cdot X_{GNSS} + t_y + s \cdot Y_{GNSS}, \quad (2)$$

$$Z_{Bessel} = Z_{GNSS} - \alpha_x \cdot Y_{GNSS} + \alpha_y \cdot X_{GNSS} + t_z + s \cdot Z_{GNSS}, \quad (3)$$

gdje su:

$t_x, t_y, t_z$  - tri parametra translacije kojima se koordinatni počeci dva koordinatna sistema dovode do poklapanja;

$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$  - tri parametra rotacije kojima treba zarotirati koordinatni sistem oko sve tri ose, da bi se dovele do poklapanja;

$s$  - parametar razmjere.

Zatim, sračunate su elipsoidne koordinate tačaka osnovne mreže ( $\varphi, \lambda, h$ ), na Besselovom elipsoidu, iterativnim rješavanjem sljedećih jednačina:

$$X = (N + h) \cdot \cos \phi \cdot \cos \lambda, \quad (4)$$

$$Y = (N + h) \cdot \cos \phi \cdot \sin \lambda, \quad (5)$$

$$Z = \left( \frac{b^2}{a^2} N + h \right) \cdot \sin \phi, \quad (6)$$

gdje su:

$\varphi$  - elipsoidna širina (latituda), ugao koji obrazuju ravan ekvatora i normala na elipsoid kroz posmatranu tačku na fizičkoj površi Zemlje;

$\lambda$  - elipsoidna dužina (longituda), ugao koji obrazuju ravan početnog meridijana i ravan meridijana posmatrane tačke u ravni ekvatora;

$h$  - elipsoidna visina, rastojanje od posmatrane tačke na fizičkoj površi Zemlje, duž normale, do elipsoida;

$N$  - poluprečnik krivine elipsoida u pravcu prvog vertikalala;  $a, b$  – velika i mala poluosa elipsoida.

Primjenom odgovarajućih projekcionih matematičkih izraza, iz elipsoidnih koordinata ( $\varphi, \lambda$ ) određene su pravouglo koordinate tačaka u DKS-u (Tabela 2).

Tabela 2. DKS pravouglo koordinata tačaka osnovne mreže

Tačka	y (m)	x (m)
1	6 444 806,126	4 974 200,782
2	6 444 884,259	4 974 431,214
3	6 445 037,888	4 974 976,386
4	6 445 041,050	4 975 112,456
5	6 444 794,101	4 975 409,579

## 6. ODREĐIVANJE TRANSFORMACIONOG SETA ZA PODRUČJE MAHOVLJANSKE PETLJE

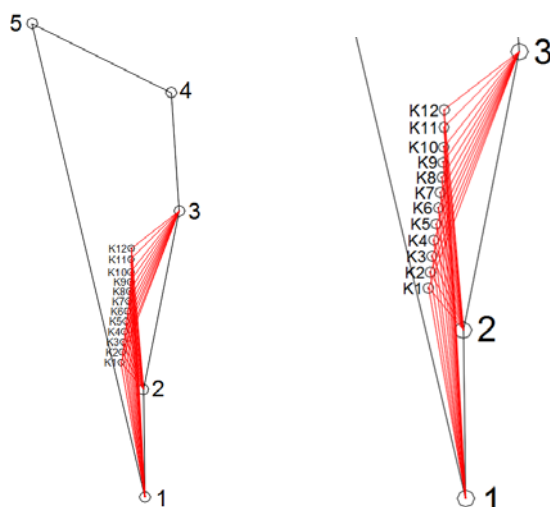
Za određivanje seta transformacionih parametara na području Mahovljanske petlje, kao identične tačke korišćeno je pet tačaka osnovne mreže. Prikupljanje podataka izvršeno je GNSS statičkom metodom, bez uključenja permanentnih GNSS stanica. Dužina mjerne sesije iznosila je oko 30 minuta. Obradom podataka, određene su 3D pravouglo koordinata tačaka osnovne mreže u sistemu WGS84 (*World Geodetic system 1984*). Sedmoparametarskom koordinatnom transformacijom između sračunatih WGS84 koordinata tačaka osnovne mreže i njihovih koordinata u DKS-u (Tabela 2) određen je transformacioni set od sedam parametara za područje Mahovljanske petlje (Tabela 3).

Tabela 3. Set transformacionih parametara za područje Mahovljanske petlje

$t_x(m)$	$t_y(m)$	$t_z(m)$	$\alpha_x(^{\circ})$	$\alpha_y(^{\circ})$	$\alpha_z(^{\circ})$	$s(ppm)$
-791,383	28,1874	-238,163	2,15	-8,96	-6,64	-7,8807

## 7. GNSS OPAŽANJA NA TAČKAMA OBJEKTA

Opažanja na karakterističnim tačkama potpornog zida na Mahovljanskoj petlji izvedena su GNSS RTK metodom. Dužina mjerne sesije iznosila je 5 minuta. Izvršeno je jednostruko zaposjedanje tačaka na objektu sa tri tačke osnovne mreže. Tokom opažanja nisu korišćene usluge SRPOS servisa. GNSS opažanja izvršena su u dvije vremenske epohe, u oktobru 2012. i februaru 2013. godine. U Tabeli 4 date su vrijednosti koordinatnih odstupanja za svih dvanaest tačaka između vremenskih epoha opažanja.



Slika 3. Skice obrađenih GNSS vektora

Za računanje DKS koordinata dvanaest karakterističnih tačaka na potpornom zidu korišćeni su transformacioni parametri određeni za područje Mahovljanske petlje (Tabela 3). S obzirom da su procesirani GNSS vektori sa tri tačke (Slika 3) dobijena su tri seta koordinata tačaka na potpornom zidu. Za konačnu vrijednost usvojena je aritmetička sredina koordinata. Podaci prikazani u Tabeli 4 su samo približne vrijednosti odstupanja, bez uzimanja u obzir stohastičkih osobina ocijenjene razlike u dvije epohe, ali sudeći po iznosima nameće se zaključak da su odstupanja po y osi beznačajna, dok po x osi na nekim tačkama treba izvršiti strogu analizu deformacija i testirati hipotezu o značajnosti pomjeranja pojedinačnih tačaka.

Tabela 4. Apsolutne vrijednosti odstupanja po koordinatnim osama na tačkama objekta između vremenskih epoha opažanja

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
$\delta y$ (mm)	1,8	3,5	1,9	0,2	1,8	2,6	1,9	2,8	0,8	0,8	0,9	0,1
$\delta x$ (mm)	11,7	12,9	7,8	8,8	9,8	1,7	12,9	15,7	4,8	15,7	2,8	10,7

## 8. ZAKLJUČAK

Cilj rada je bio da se provjeri mogućnost opažanja objekta GNSS tehnologijom kod uspostavljanja geodetske mikromreže za potrebe gradnje i monitoringa potpornog zida na Mahovljanskoj petlji.

DKS koordinate tačaka osnovne mreže sračunate su na osnovu transformacionog seta za područje Opštine Laktaši određenog korišćenjem 13 najbližih postojećih geodetskih tačaka. Zatim, tačke osnovne mreže, sa kojih su vršena opažanja



potpornog zida, poslužile su kao identične tačke za računanje transformacionog seta koji će bliže i preciznije predstaviti reon Mahovljanske petlje.

GNSS opažanja na tačkama potpornog zida izvedena su u dvije vremenske epohe, 2012. i 2013. godine. Dobijena milimetarska odstupanja po koordinatnim osama za 12 tačaka na potpornom zidu, između epoha, pokazala su da je moguće i prikladno koristiti metode GNSS tehnologije. Za ocjenu stabilnosti položaja tačaka neophodno je izvršiti strogu analizu stabilnosti tačaka mreže i objekta, kako bi se dao kritički osvrt na metodu koja je primjenjena.

U daljim istraživanjima, trebalo bi ispitati mogućnost dužeg perioda zaposjedanja tačaka na objektu, dužeg od 5 min, kako bi se pronašao model koji bi unaprijedio primjenjenu mjernu metodu.

## LITERATURA

- [1] [http://www.rgurs.org/dokumenti/SRPOS/SRPOS\\_Brosura.pdf](http://www.rgurs.org/dokumenti/SRPOS/SRPOS_Brosura.pdf)
- [2] Ašanin, S.,: Inženjerska geodezija 1, Ageo, Beograd, 2003.
- [3] Pravilnik o primjeni satelitskih mjerenja u Geodeziji, Službene novine F BiH, 2012.
- [4] Pravilnik za osnovne geodetske radove, Službeni glasnik Republike Srpske, 2004.
- [5] Mihailović, K., Aleksić, I.,: Kocepti mreža u geodetskom premeru, Geokarta, Beograd, 2008.