

# Pregled delovanja sekcije Geodezija Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko v obdobju 1993-2019

Bojan Stopar<sup>1</sup>, Božo Koler<sup>1</sup>, Oskar Sterle<sup>1</sup>, Miran Kuhar<sup>1</sup>, Polona Pavlovčič Prešeren<sup>1</sup>, Sandi Berk<sup>2</sup>, Klemen Medved<sup>2</sup>, Dalibor Radovan<sup>3</sup>

## Povzetek

Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko je bilo ustanovljeno dve leti po nastanku samostojne države Republike Slovenije. Geodezija je ena izmed ustanovnih sekcij in je del SZGG od samega začetka. O večini nalog s področja geodezije smo poročali na rednih letnih skupščinah SZGG. Opravljene naloge so bile temeljne državotvorne naloge, ki jih je morala opraviti državna geodetska služba samostojne države. Najpomembnejša naloga je bila vzpostavitev novega državnega koordinatnega sistema in zagotavljanje podpore uporabnikom pri praktični uporabi. Aktivnosti so potekale v okviru domačih raziskovalnih projektov in raziskovalnih programov, ki jih je (so)financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, rednega programa dela ministrstva, pristojnega za prostor, oziroma Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS), in projektov, ki so bili izvedeni s pomočjo sofinanciranja iz dveh donacij Norveškega finančnega mehanizma in Finančnega mehanizma Evropskega gospodarskega prostora. Nekaj aktivnosti so financirala tudi druga ministrstva, GURS pa je poskrbel za ustrezno integracijo rezultatov v uradne evidence geodetske službe in zakonodajno ureditev področja. Poleg vzpostavitve novega državnega koordinatnega sistema so potekale tudi druge raziskovalne aktivnosti, kot npr. spremljanje geodinamičnega dogajanja na slovenskem ozemlju, uvajanje sodobnih tehnologij v geodetsko prakso, razvoj modelov zbirke prostorskih podatkov, prostorske informatike, nepremičninskih evidenc ter upravljanja zemljišč za podporo prostorskemu načrtovanju.

**Ključne besede:** državni koordinatni sistem, geodinamika, prostorske zbirke, GNSS

**Key words:** national coordinate system, geodynamics, spatial records, GNSS

## Dejavnost geodetov v okviru SZGG in mednarodnih združenj

Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko je bilo ustanovljeno 26. februarja 1993. Geodezija je ena izmed ustanovnih sekcij in je del SZGG od samega začetka. SZGG je ustanovilo 12 predstavnikov različnih strok. Ustanovitelji društva s področja geodezije so bili Andrej Bilc, Dušan Miškovič, Dušan Mravlje in prof. dr. Florijan Vodopivec. Ustanovnega zbora SZGG se je udeležilo 54 predstavnikov različnih strok, od tega 14 geodetov. Prvi predsednik SZGG je bil dr. Janez K. Lapajne in podpredsednik prof. dr. Florijan Vodopivec. Član Izvršnega odbora je bil Miroslav Črnivec, dr. Dušan Kogoj je bil član Nadzornega odbora, Franc Černe je bil predstavnik geodezije v Častnem sodišču. Prof. dr. Florijan Vodopivec je bil predsednik združenja od 1997 do 2000 in od 2005 častni član SZGG.

Prvi predstavnik geodetske sekcije v SZGG je bil Andrej Bilc, od leta 1997 do 2001 je bil predstavnik sekcije doc. dr. Miran Kuhar, od 2001 do 2005 doc. dr. Aleš Breznikar in od 2005 do 2010 dr. Dalibor Radovan. Od leta 2010 je predstavnik geodezije prof. dr. Bojan Stopar. Od leta 1997 do 1999 je bil tajnik SZGG mag. Dušan Miškovič, ki ga je leta 2000

---

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

<sup>2</sup> Geodetska uprava Republike Slovenije, Zemljemerska ulica 12, 1000 Ljubljana

<sup>3</sup> Geodetski institut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

nasledil doc. dr. Miran Kuhar, ki je do danes ostal zadolžen za številne naloge povezane z delovanjem SZGG, ki jih zelo uspešno opravlja.

Za odmevnejša doktorska dela so priznanja SZGG dobili dr. Polona Pavlovčič Prešeren, za leto 2003, dr. Oskar Sterle za leto 2015, dr. Klemen Kregar za leto 2016 in dr. Tilen Urbančič za leto 2017.

Prvo strokovno posvetovanje, v okviru letne skupščine SZGG je bilo organizirano leta 1995. Razen leta 1998 smo na vsakem posvetovanju predstavili vsaj en prispevek. Skupno je bilo na temo geodezije objavljenih 63 prispevkov. Večino prispevkov so prispevali avtorji in soavtorji, zaposleni na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, Univerze v Ljubljani, Geodetskem inštitutu Slovenije, Geodetski upravi Republike Slovenije in Znanstveno raziskovalnem centru SAZU. Velik delež prispevkov je bil povezan s strokovnim, razvojnim in raziskovalnim delom, ki je bilo opravljeno v okviru številnih nalog povezanih z vzpostavitvijo novega državnega koordinatnega sistema in raziskav na področju geodinamike na območju Slovenije. Omenjene naloge so na kratko predstavljene v nadaljevanju.

Geodeti aktivno sodelujemo v številnih mednarodnih združenjih. Tako smo preko SZGG vključeni v delovanje Mednarodne zveze za geodezijo (IAG, angl. International Association of Geodesy), ki je del Mednarodne zveze za geodezijo in geofiziko (IUGG, angl. International Union of geodesy and Geophysics), ki je bila ustanovljena 1919 v Bruslju. IUGG oziroma IAG je leta 1987 v Vancouvru ustanovila novo podkomisijo EUREF (angl. European Reference Frame), v kateri aktivno sodelujemo. Redno se udeležujemo simpozijev, ki jih organizira EUREF, na katerih predstavljamo poročila o delu v okviru državnega koordinatnega sistema. Organizacija simpozija EUREF v letu 2020 je bila zaupana Geodetski upravi Republike Slovenije. Simpozij bo potekal od 27. do 29. maja. 2020 v Ljubljani.

Geodeti smo vključeni tudi v razvojno-raziskovalne aktivnosti na področju novih tehnologij za pridobivanje in združevanje prostorskih podatkov, geoinformatike, opazovanja Zemlje, kartografije in vizualizacije prostora in drugih. Ta področja so zastopana v drugih strokovnih in znanstvenih stanovskih združenjih, kot so Mednarodna zveza geodetov (FIG, fr. Federation Internationale des Geometres), Mednarodno združenje za fotogrametrijo in daljinsko zaznavanje (ISPRS, angl. International Society of Photogrammetry and Remote Sensing), ter Mednarodnem kartografskem združenju (ICA, angl., International Cartographic Association) in druge.

### **Vzpostavitev novega državnega prostorskega koordinatnega sistema**

Vzpostavitev novega državnega koordinatnega sistema je potekala v okviru strategije, ki jo je leta 2004 sprejela Vlada Republike Slovenije. Opravljeno delo je izjemno obsežno in je potekalo skoraj tri desetletja. Danes imamo v Sloveniji vzpostavljen sodoben državni koordinatni sistem, ki izpolnjuje potrebe geodezije in vseh drugih strok, ki delujejo v prostoru, pa tudi zahteve mednarodne in čezmejne skladnosti.

Novi državni koordinatni sistem Slovenije je realizacija evropskega prostorskega referenčnega sistema ESRS (angl. European Spatial Reference System) na ozemlju Slovenije. ESRS naj bi zagotavljal dolgoročno stabilno referenčno osnovo za potrebe vseh strok in dejavnosti, ki proizvajajo ali uporabljajo podatke, vezane na prostor. ESRS sestavljata horizontalni sistem ETRS89 (angl. European Terrestrial Reference System 1989) in vertikalni sistem EVRS (angl. European Vertical Reference System). Ob vzpostavitvi novega državnega koordinatnega sistema smo definirali tudi novo državno kartografsko projekcijo.

## Vzpostavitev novega državnega horizontalnega koordinatnega sistema

S pojavom geografskih informacijskih sistemov in pričakovano široko praktično uporabo tehnologije GNSS so se konec osemdesetih let prejšnjega stoletja pojavile zahteve za vzpostavitev enotnega horizontalnega geodetskega referenčnega sistema na območju Evrope. Naloga je bila na zasedanju generalne skupščine IUGG oziroma IAG leta 1987 zaupana novo ustanovljeni podkomisiji EUREF pri IAG. Naloga komisije je bila zagotovitev možnosti za povezave novega in obstoječih (starih) državnih koordinatnih sistemov v enotno referenčno osnovo.

V maju 1989 so tako v okviru podkomisije EUREF na območju Evrope začele izvajati geodetske izmere GNSS. Leta 1994 so potekale izmere EUREF na območju Slovenije in Hrvaške ter Romunije. Prvi izmeri EUREF na območju Slovenije sta sledili še druga in tretja v letih 1995 in 1996. Vse so bile namenjene vzpostavitvi geodetske referenčne osnove in za prihodnje geodinamične raziskave našega ozemlja. Na osnovi izmer in pravil EUREF so bile določene koordinate geodetskih referenčnih točk v koordinatnem sistemu ETRS89. Izračun koordinat EUREF izmere na območju Slovenije v letu 1994 je bil objavljen leta 1995, rezultati druge in tretje izmere EUREF pa leta 1997. Koordinate točk, določene v posameznih izmerah so se razlikovale za več kot 3 cm in so bile za takratne in predvidene bodoče potrebe premalo kakovostne.

Ob koncu 90-ih let prejšnjega stoletja je postajalo jasno, da star državni koordinatni sistem ne more več izpolnjevati vse višjih zahtev glede kakovosti in da bo potrebno uvesti novi državni koordinatni sistem Slovenije. S podelitvijo koordinacijske vloge Geodetskemu inštitutu Slovenije in razvojne vloge Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo UL je GURS pristopila k postopni izdelavi seznama nalog, projektov in metodoloških smernic razvoja osnovnega geodetskega sistema. Prvi korak je predstavljala izdelava strategije razvoja državnega omrežja stalnih postaj GPS (kasneje GNSS), ki je postalo temeljna infrastruktura za razvoj ostalih komponent državnega geodetskega sistema. Vzporedno s tem smo od 2001 do 2004 v aplikativnem projektu ARRS, *Zasnova vzpostavitve novega državnega koordinatnega sistema Slovenije*, zasnovali podrobno tehnično in procesno metodologijo za vzpostavitev novega državnega koordinatnega sistema Slovenije (Stopar in sod., 2004). V okviru skupnega izračuna vseh izmer EUREF smo pridobili koordinate v koordinatnem sistemu ETRS89, ki so predstavljale uradno materializacijo novega državnega horizontalnega koordinatnega sistema Slovenije z oznako ETRS89/D96. Rezultat izmer in izračuna je bil verificiran s strani EUREF.

V drugi polovici 2016 je GURS izvedla GNSS-izmero EUREF Slovenija 2016. Osnovni cilji te izmere so bili izboljšanje skladnosti koordinat v mreži EUREF-točk in stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL, povezati mrežo EUREF-točk in omrežje SIGNAL s kombinirano geodetsko mrežo 0. reda, ter ugotoviti vplive trenutne tektonike na kakovost referenčnega koordinatnega sistema v Sloveniji. Rezultat je nova realizacija ETRS89 v Sloveniji z oznako ETRS89/D17. Tudi to realizacijo je verificiral EUREF TWG.

Zaradi različnih terestričnih referenčnih sistemov obeh realizacij državnega koordinatnega sistema, in dobrih dveh desetletij tektonskih vplivov so koordinatne razlike med realizacijama D96 in D17 za EUREF-točke v Sloveniji presegle 8 cm. Velike koordinatne razlike med realizacijama D96 in D17 danes pomenijo težavo. Če bi želeli uveljaviti D17 kot novi državni referenčni koordinatni sistem, bi morali izvesti novo transformacijo koordinat vseh zbirk prostorskih podatkov, kar pa je nesprejemljivo, zato je bila izbrana pragmatična rešitev. Za izboljšanje kakovosti in skladnosti koordinat GNSS-mrež je bila uporabljena optimalna podobnostna prostorska transformacija iz D17 v D96. Nove koordinate z oznako ETRS89/D96-17 oz. kar D96-17 v največji možni meri ohranjajo tako koordinate EUREF-točk kot tudi koordinate stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL.

Spremembe koordinat so kar se le da majhne in hkrati upoštevajo geometrijske odnose v obeh mrežah v času izvedbe GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016. Nove koordinate so bile v omrežju SIGNAL uvedene s 1. januarjem 2020.

### **Vzpostavitev omrežja stalno delujočih postaj GNSS**

Za doseganje višje kakovosti koordinat na osnovi meritev GNSS so se v začetku 90-ih let prejšnjega stoletja začele vzpostavljati stalno delujoče postaje GNSS. Za določitev koordinat z GNSS s cm točnostjo na nekem območju je bilo potrebno zagotoviti veliko gostoto stalno delujočih postaj GNSS, saj je cm točnost, dosegljiva le na oddaljenostih 10-20 km od referenčne postaje. V Sloveniji je bila prva referenčna postaja GNSS vzpostavljena na stavbi Fakultete za gradbeništvo in geodezijo UL v začetku 90-ih let in je služila za raziskovalne namene. Prva stalno delujoča postaja GNSS v Sloveniji, ki je bila del uradne prostorske podatkovne infrastrukture v Sloveniji, je bila vzpostavljena v Ljubljani leta 2000, ki je predstavljala tudi začetek vzpostavitve državnega omrežja postaj GNSS, imenovanega SIGNAL (Slovenija-Geodezija-NAVigacija-Lokacija), ki je v lasti Geodetske uprave RS. Omrežje SIGNAL je bilo dokončano in je operativno delujoče od začetka leta 2007. Danes ga sestavlja 16 postaj GNSS na ozemlju Slovenije in 14 postaj v sosednjih državah; poleg stalno delujočih postaj GNSS sem sodita tudi Služba za GNSS, ki jo sestavljata podatkovni in analitični center in deluje v okviru GURS, nadzorne funkcije pa izvaja Geodetski inštitut Slovenije. Omrežje SIGNAL omogoča danes najpreprostejši način za določitev koordinat visoke točnosti s tehnologijo GNSS v državnem koordinatnem sistemu.

### **Vzpostavitev novega državnega vertikalnega koordinatnega sistema**

Za vzpostavitev novega državnega vertikalnega koordinatnega sistema, ki ga predstavljajo osnovna gravimetrična mreža Slovenije, višinski datum, sodoben višinski sistem in model geoida oziroma višinska referenčna ploskev, so bile v preteklih 25 letih izvedene številne obsežne raziskovalno-razvojne naloge. Sodoben državni vertikalni koordinatni sistem je del Evropskega višinskega referenčnega sistema (EVRs), ki je realiziran z EVRF2019 (Evropski višinski referenčni sestav 2019), je bil vzpostavljen v projektu *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav* oziroma podprojekta *Geodetski referenčni sestav*. Projekt je bil sofinanciran z donacijo Finančnega mehanizma Evropskega gospodarskega prostora za leta 2009–2014 (FM EGP), izvajala ga je GURS v sodelovanju z Ministrstvom za kmetijstvo in okolje ter s projektnima partnerjema Norveško geodetsko upravo (nor. Statens Kartverk) in Geodetsko upravo Islandije (isl. Landmaelingar Islands). Kakor horizontalni, tudi državni vertikalni koordinatni sistem izpolnjuje potrebe geodezije in vseh drugih strok, ki delujejo v prostoru.

### **Državna in regionalna gravimetrična izmera na območju Slovenije**

V Sloveniji je bilo med letoma 1995 in 1996 v sodelovanju z Mednarodno komisijo za gravimetrijo pri IAG, IGC (angl. International Gravimetric Commission), SZGG in GURS vzpostavljenih šest absolutnih gravimetričnih točk. Absolutne vrednosti težnega pospeška so bile določene z absolutnimi gravimetričnimi meritvami, opravljenimi med letoma 1995 in 2000. Ponovna izmera na t. i. absolutnih gravimetričnih točkah je bila opravljena leta 2014, v okviru podprojekta Geodetski referenčni sestav, ki je bil financiran z donacijo

Finančnega mehanizma Evropskega gospodarskega prostora (FM EGP). Absolutne gravimetrične točke tvorijo gravimetrično mrežo 0. reda in predstavljajo osnovo za določitev državne gravimetrične mreže in nadaljnja gravimetrične meritve v Sloveniji. Na osnovi raziskovalne naloge Študija stanja del na gravimetrični mreži v Republiki Sloveniji in predlog nadaljnjih del ([Radovan in sod., 2005](#)) je bila državna gravimetrična mreža v Sloveniji dopolnjena še z 29 točkami 1. reda, na katerih so bile vrednosti težnega pospeška določene z relativnimi gravimetri. Tekom vsakoletnih projektov Razvoj OGS 2007-2010 - Prehod na nov koordinatni sistem, ki je bil sofinanciran z Norveškim finančnim mehanizmom, je bila izvedena relativna gravimetrična izmera ([Radovan in sod., 2006](#)) in izračunane vrednosti težnega pospeška za gravimetrične točke 1. reda Slovenije ([Berk in sod., 2008](#)).

Za potrebe uvedbe novega višinskega sistema oz. sanacije nivelmanske mreže je bila na več kot 2000 reperjih nivelmanske mreže 1. reda opravljena gravimetrična izmera, ki se je izvajala od 2009 do 2016. Gravimetrični podatki omogočajo izračun geopotencialnih višin reperjev, kar predstavlja osnovo za vzpostavitev sodobnega višinskega sistema. Za potrebe izračuna novega geoida oz. višinske referenčne ploskve se je izvedla regionalna gravimetrična izmera Slovenije v obliki celične mreže z velikostjo celice 4 km × 4 km, ki je potekala od leta 2015 do 2019 ([Stopar in sod., 2016a](#)). Vsi gravimetrični podatki v Sloveniji se nanašajo na parametre mednarodne standardne gravimetrične mreže (angl. International Gravity Standardisation Network 1971 – IGSN71).

### **Vzpostavitev novega višinskega sistema**

Izračun stare nivelmanske mreže leta 2000 je bil izveden v sistemu normalnih-ortometričnih višin in v višinskem datumu Trst (1875). V izračunu določene višine reperjev so predstavljale realizacijo državnega višinskega sistema z oznako SVS2000.

Za uvedbo novega sodobnega fizikalnega višinskega sistema, ki bi zadovoljil potrebe uporabnikov, potrebujemo kakovostne podatke o izmeri nivelmanske (višinske) in gravimetrične mreže Slovenije. Zato je GURS od leta 2006 sistematično izvajala sanacijo nove nivelmanske mreže 1. reda, ki je bila zaključena leta 2015. Parametri novega državnega višinskega sistema so določeni z *Uredbo o določitvi parametrov višinskega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema* ([Uradni list RS, št. 80/2018](#)). Ime novega državnega višinskega sistema je Slovenski višinski sistem 2010 z oznako SVS2010 (datum Koper). Višinsko izhodišče je vezano na mareografsko postajo v Kopru (višinski datum Koper), ki se nanaša na opazovanja gladine morja na tej mareografski postaji v Kopru. Upoštewane so bile meritve za obdobje 18,6 let, pri čemer je za srednjo epoho izmere izbran datum 10. 10. 2010. Ta sovpada s srednjo epoho izvedenih nivelmanskih meritev mreže 1. reda ([Stopar in sod., 2016b](#)).

Razlika med novim višinskim datumom Koper in starim višinskim datumom Trst, merjena na vodomerni lati v Kopru, znaša 15,5 cm. Razlike višin med SVS2010 in SVS2000 na območju Slovenije zaradi različnih razlogov niso konstantne in znašajo od -5,1 cm do -20,9 cm (Koper–Trst na vzorcu 8239 reperjev). Srednja vrednost razlik višin vseh reperjev, določenih v obeh višinskih datumih znaša -13,1 cm.

## Nova mareografska postaja

Agencija RS za okolje (ARSO) je v okviru evropskega projekta FP5 ESEAS–RI (Framework Programme 5 European Sea Level Service – Research Infrastructure) in nacionalnega projekta posodobitve hidrološke mreže prenovila in nadgradila mareografsko postajo Koper. Po priporočilih medvladne oceanografske komisije IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission), je posebej pomembna nedvoumna in kakovostna povezava opazovanj nivoja morja s terestričnimi koordinatnimi sistemi (vir). Da pridobimo »pravi« nivo morja kot funkcijo časa, moramo spremljati stabilnost mareografske postaje (GNSS, geometrični nivelman) (Stopar in sod., 2006, 2007a). Z geodetskega stališča je MP Koper pomembna za določitev višinskega datuma. Z določitvijo srednjega nivoja morja je povezan tudi globinski datum, ki je pomemben za izdelavo pomorskih kart in zagotavljanje varne plovbe na območju slovenskega morja (Koler in sod., 2018).

### Določitev državnega modela geoida oziroma državne višinske referenčne ploskve

Z uporabo GNSS pridobimo elipsoidno višino nad geocentričnim referenčnim elipsoidom. Običajne nadmorske višine se nanašajo na referenčno–ničelno ekvipotencialno ploskev Zemlje (srednji nivo morja), torej na geoid oz. kvazi-geoid. Če želimo določiti višino točke v težnostnem polju Zemlje s satelitskimi metodami izmere, moramo v merjeni točki poznati razliko med (kvazi)geoidom in elipsoidom, ki jo imenujemo geoidna višina (ondulacija). Določanje (kvazi)geoida je zapleten postopek fizikalne geodezije. Izračunani (kvazi)geoid nato vpneemo–povežemo z državnim višinskim sistemom. S tem dobimo višinsko referenčno ploskev (angl. height reference surface), ki nam omogoča posredno določanje višin v državnem višinskem sistemu s pomočjo GNSS-tehnologije – t. i. GNSS-višinomerstvo.

Stari model geoida (višinska referenčna ploskev), ki se je uporabljala v višinskem sistemu SVS2000 (datum Trst), nosi oznako SLO\_AMG2000/Trst, kar je okrajšava za SLOvenski Absolutni Model Geoida iz leta 2000, datum Trst (Vodopivec in sod., 1999a). Stari model geoida ni omogočal kakovostnega izvajanja GNSS višinomerstva. Tako je bila nova višinska referenčna ploskev za območje Slovenije (SLO\_VRP2016/Koper) izračunana v okviru projekta *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav*, ki se je zaključil leta 2016. V izračun modela so bili vključeni globalni geopotencialni model (EGM2008), terestrična gravimetrična opazovanja na območju Slovenije in sosednjih držav ter podatki o topografiji terena. Nanaša se na geocentrični elipsoid GRS80. Vklon modela kvazi-geoida v novi višinski sistem SVS2010 (datum Koper) je izveden na 66 GNSS/nivelman točkah. Model je podan v celični mreži  $241 \times 321$  celic, ki so velikosti  $30'' \times 45''$ , kar v naravi predstavlja kvadrat s stranico dolžine približno 900 m (Stopar in sod., 2016c).

### Vzpostavitev državne kombinirane geodetske mreže

Sčasoma so se pojavile zahteve uporabnikov za hkratno določitev položaja v trirazsežnem prostoru, brez ločevanja na horizontalno in vertikalno komponento. Državni koordinatni sistem naj bi namreč uporabnikom zagotavljal pogoje za določitev horizontalnih koordinat in višin z enako kakovostjo na celotnem državnem ozemlju. Ob koncu 90-ih let pr. stol. se je za izpolnitev te naloge pojavila zamisel o vzpostavitvi t. i. kombiniranih geodetskih mrež



oziroma omrežij. Točke kombinirane geodetske mreže naj bi bile vzpostavljene po zgledu sodobnih geodetskih observatorijev, v okviru katerih se z uporabo razpoložljivih tehnologij določajo koordinate v različnih koordinatnih sistemih.

Državna kombinirana geodetska mreža Slovenije je bila vzpostavljena z namenom zagotovitve povezave horizontalnega in vertikalnega državnega koordinatnega sistema v enoten prostorski koordinatni sistem. Drugi razlog pa so težave z dolgoročno stabilnostjo in uporabo lokacij oziroma objektov, na katerih se nahajajo postaje GNSS v omrežju SIGNAL. V okviru vzpostavitve kombinirane geodetske mreže Slovenije smo tako vzpostavili povezavo točk EUREF, postaj omrežja SIGNAL, gravimetrične in nivelmanske mreže na enotni geodetski osnovi ter po drugi strani vzpostavili omrežje stalno delujočih postaj GNSS, ki je nadrejeno omrežju SIGNAL. Državna kombinirana geodetska mreža je geodetska mreža najvišjega reda (imenujemo jo tudi državna geodetska mreža 0. reda) in predstavlja osnovo za kakovostno realizacijo državnega prostorskega koordinatnega sistema ([Stopar in sod., 2015](#)).

Kombinirano geodetsko mrežo Slovenije sestavlja šest geodetskih točk. Izbira lokacij, fizična postavitvev lokacij ter izbira in namestitvev merske opreme je bila opravljena v skladu s standardi ECGN (angl. European Combined Geodetic Network), priporočili za vključitev postaj GNSS v EPN (angl. EUREF Permanent GNSS Network). Fizična vzpostavitvev kombinirane geodetske mreže je bila izvedena v okviru projekta *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav* oziroma podprojekta *Geodetski referenčni sestav*, ki je bil eden od štirih podprojektov ([Stopar in sod., 2016a](#)).

V letu 2019 pa je bil zaključen ciljni raziskovalni projekt ARRS *Povečanje zanesljivosti javnih omrežij GNSS SIGNAL in 0. red* tako s stališča uporabnikov, tehničnega delovanja obeh omrežij in nadzora procesov kakovostnega določanja položaja ([Triglav Čekada in sod., 2019](#)).

### **Določitev dnevni koordinat v omrežju SIGNAL in geodetski mreži 0. reda**

Vzpostavitev koordinatnega sistema predstavlja le prvi korak k sodobnemu in kakovostnemu koordinatnemu sistemu. Zagotovitev kakovosti državnega koordinatnega sistema na dolgi rok je možna preko obdelave opazovanj GNSS stalno delujočih postaj GNSS za vsak dan posebej in preko vzpostavljenih časovnih vrst koordinat točk, ki realizirajo koordinatni sistem. Koordinate točk se v času spreminjajo, z analizo časovnih vrst pa lahko vrednotimo kakovost realizacije državnega koordinatnega sistema.

Prva konkretnjša obdelava dnevni opazovanj GNSS vseh stalno delujočih postaj GNSS na območju Slovenije in njene okolice je bila opravljena za opazovanja GNSS za obdobje od leta 1999 do 2010 za stalno delujoče postaje GNSS in za časovno obdobje od 1994 do 2010 za geodinamične točke na območju Slovenije in Hrvaške ([Sterle, 2015](#)). Stalno delujoče postaje GNSS so postaje omrežju SIGNAL na območju Slovenije ter omrežij EPN in IGS v okolici Slovenije. Rezultati so ponovno pokazali, da je območje Slovenije geodinamično aktivno in da se geometrija območja Slovenije spreminja do nekaj mm v enem letu. Posledica tega dejstva je, da kakovost koordinatnega sistema, v katerem zanemarimo geodinamično dogajanje Slovenije, pade na raven nekaj centimetrov v roku 10-ih let in s tem ne zagotavlja več osnovnega namena – zagotovitve realizacije državnega koordinatnega sistema za vse potrebe z visoko kakovostjo.

V letu 2016 se je zato začela redna obdelava opazovanj GNSS na dnevni osnovi. Obdelava pa poteka v skoraj realnem času in to za obe omrežji stalno delujočih postaj, SIGNAL in kombinirano geodetsko mrežo Slovenije. Trenutno so obdelana opazovanj

GNSS v obeh omrežjih za tri leta, to je za obdobje od 2016 do 2019 (Sterle in Stopar, 2019). Potekajo pa tudi aktivnosti za obdelavo opazovanj od 2010 do 2016. Kakovost časovnih vrst je na milimetrskem nivoju za ponovljivost dnevnih koordinat in je dovolj visoka, da lahko na osnovi dnevnih koordinat določimo vektorje hitrosti spreminjanja koordinat, kakor tudi možne lokalne vplive na položaj točk.

### **Povezava starega in novega državnega koordinatnega sistema**

V aplikativnem projektu ARRS *Razvoj modelov prehoda v nov državni koordinatni sistem s sistemom opisa kakovosti prostorskih podatkov*, ki je potekal od 2004 do 2007, smo ovrednotili različne vrste geodetskih podatkov, ki so bili pridobljeni v preteklosti in bi jih lahko uporabili pri vzpostavitvi novega državnega koordinatnega sistema Slovenije (Stopar, 2007b). V projektu smo začeli razvijati tudi modele za transformacijo prostorskih podatkov iz starega v nov državni koordinatni sistem.

Za potrebe praktične uporabe tehnologije GNSS v starem državnem koordinatnem sistemu in za združevanje novo pridobljenih položajnih podatkov z obstoječimi smo že v začetku praktične uporabe tehnologije GNSS v Sloveniji izdelali programsko opremo, ki je omogočala transformacije med koordinatnimi sistemi v geodeziji. Za praktično uporabo tehnologije GNSS v geodetski praksi smo izdelali dve aplikaciji, SiTra, ki je na razpolago pooblaščenim inženirjem geodezije in SiTraNet, ki je prosto dostopna na spletnem naslovu <http://www.sitranet.si> (Kozmus Trajkovski in Stopar, 2007).

Za potrebe prehoda položajno najnatančnejših podatkovnih zbirk je GURS zagotovil vsedrjavni model trikotniške transformacije. Trikotniška transformacija je odsekoma afina ravninska transformacija, ki je neprekinjena (zvezna) in povratna (reverzibilna) na celotnem območju države in širše okolice, kar omogoča tudi transformacijo vseh državnih sistemskih kart, ki pokrivajo območja sosednjih držav, kot tudi uporabo na morju. Temelji na pravilni trikotniški mreži in virtualnih veznih točkah, deformacije dolžin so manjše od 6 cm/km, deformacije površin so manjše od 0,9 m<sup>2</sup>/ha, točnost transformacije pa je višja od 10 cm za pretežni del ozemlja države (Berk in sod., 2016).

V letih 2014–2016 je bila kakovost trikotniške transformacije dodatno preverjena na vzorcih zemljiškokatastrskih točk po vsej državi, posebej tam, kjer je kakovost podatkov najvišja (npr. večja urbana središča). Vključenih je bilo 80 testnih območij s približno 2500 ponovno izmerjenimi zemljiškokatastrskimi točkami. Po naknadni zgostitvi veznih točk na nekaterih območjih države – tudi s točkami izmeritvenih mrež – na skupaj 3540 točk je bil pripravljen končni model trikotniške transformacije, različica 4.0, ki je bil nato tudi uporabljen za transformacijo prostorskih podatkovnih zbirk GURS. Slednja je bila končana v začetku leta 2019. Geodetska uprava je zagotovila tudi brezplačni program 3tra. Program omogoča transformacijo prostorskih podatkov med D48/GK in D96/TM v nekaterih bolj razširjenih vektorskih in rastrskih formatih (shp, dxf, csv, txt, xyz, jpg, tif ...). Namenjen je posebej transformacijam tistih prostorskih podatkovnih zbirk, ki niso v pristojnosti GURS.

### **Nove državne kartografske projekcije**

Poleg novega državnega koordinatnega sistema, s katerim je določen sistem pravil za dodeljevanje koordinat objektov, pojavov in stanj v prostoru smo določili tudi sistem državnih kartografskih projekcij, s katerimi je omogočeno prikazovanje prostora na območju Slovenije v dvorazsežni obliki, v obliki vseh vrst načrtov in kart.



Slovenske državne topografske karte so izdelane v modulirani prečni Mercatorjevi TM (Transverse Mercator oziroma Gauß-Krügerjevi – GK) projekciji na referenčnem elipsoidu GRS-80 (angl. Geodetic Reference System 1980). Mercatorjeva (pokončna) projekcija pa je po standardih IHO (angl. International Hydrographic Organization) zahtevana za vse pomorske karte in jo uporabljamo tudi v Sloveniji za prikazovanje podmorske topografije in batimetrije v priobalnem pasu in na odprtem morju že od izdelave prve slovenske pomorske karte naprej. V Slovenski vojski je zaradi članstva Slovenije v zvezi NATO v rabi pravokotni koordinatni sistem univerzalne prečne/transverzalne Mercatorjeve projekcije (UTM).

## **Zakonodajna ureditev novega državnega koordinatnega sistema**

Državni prostorski koordinatni sistem je uradno veljavni koordinatni sistem na območju države. Zato ga je bilo potrebno tudi uzakoniti. Že *Zakon o evidentiranju nepremičnin – ZEN* (Ur. l. RS, št. 47/2006 in naslednji) je v 139. členu s 1. 1. 2008 uvedel uporabo novega koordinatnega sistema pri vzdrževanju podatkov v zemljiškem katastru. Vse zemljiškokatastrske točke (mejniki), ki so bili izmerjeni po tem datumu, imajo koordinate določene tudi v novem državnem koordinatnem sistemu, kar je bilo podrobneje opredeljeno s *Pravilnikom o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru* (Ur. l. RS, št. 8/2007 in naslednji).

Sistemsko pa je novi koordinatni sistem uredil *Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu – ZDGRS* (Ur. l. RS, št. 25/2014), ki podrobneje opredeljuje državni geodetski referenčni sistem ter naloge in pristojnosti za njegovo vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje. Hkrati je zakon opredelil tudi transformacijo podatkov vseh uradnih zbirk prostorskih podatkov v novi koordinatni sistem.

Njegovi podzakonski akti podrobneje definirajo tako horizontalno kot vertikalno sestavino. Tu sta pomembni predvsem *Uredba o določitvi parametrov horizontalne sestavine in gravimetričnega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema, imen teh sestavin in državne kartografske projekcije* (Ur. l. RS, št. 57/2014) in *Uredba o določitvi parametrov višinskega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema* (Ur. l. RS, št. 80/2018).

## **Druge raziskovalne aktivnosti na področju geodezije**

### **Geodinamične raziskave na območju Slovenije**

Prva praktična uporaba tehnologije GNSS na območju Slovenije je bila uporaba v okviru geodinamičnih raziskav v okviru t. i. geodinamičnih geodetskih mrež. Od 1993 do 1999 je potekal mednarodni geodinamični projekt CERGOP 1 (angl. Central European Geodynamical Project), katerega namen je bilo spremljanje geodinamičnih procesov na širšem območju srednje Evrope. V okviru projekta je bila vzpostavljena mreža geodetskih točk CEGRN (angl. Central European Geodynamic Reference Network). Koordinate točk so bile določene vsako leto na osnovi opazovanj GPS. Številne točke mreže CEGRN so z leti postale stalno delujoče postaje GNSS. Slovenija je bila v mrežo CEGRN vključena najprej z eno točko (na strehi UL FGG), kasneje pa še s petimi geodinamičnimi točkami v Sloveniji. Nadaljevanje projekta CERGOP 1 je bil projekt 5. OP raziskav evropske komisije CERGOP 2/Environment, ki je potekal v obdobju od 2003 do 2006. Nacionalni koordinator obeh projektov v Sloveniji je bil prof. dr. F. Vodopivec.

Prof. dr. F. Vodopivec je vodil tudi dva nacionalna raziskovalna geodinamična projekta *Projekt stalnega geodetskega določanja tektonskih premikov v okolici jedrske elektrarne Krško*, ki je potekal v obdobju od 1996 do 1998 (Vodopivec in sod., 1998) ter *Projekt stalnega določanja tektonskih premikov vzdolž Orliškega preloma*, ki je potekal v obdobju od 1999 do 2001 (Vodopivec in sod., 1999b). Kot je razvidno iz naslovov, sta bila namenjena vzpostavitvi geodinamične mreže in spremljanju geodinamičnega dogajanja na območju Krške kotline.

Na osnovi primerjave nadmorskih višin starih nivelmanskih izmer so bili določeni vertikalni pomiki na območju Slovenije. V sodelovanju z geologi so bile identificirane potencialno aktivne strukture vzdolž reke Save in trenutna aktivnost regionalnih geoloških struktur v zahodni Sloveniji. Od leta 2009 do leta 2011 smo z Geološkim zavodom Slovenije in Oddelkom za geologijo Naravoslovno tehniške fakultete UL, sodelovali na aplikativnem projektu ARRS *Seizmotektonski model Ljubljanske kotline* (Bavec in sod., 2013).

Od leta 2010 sodelujemo v projektu EPOS (angl. European Plate Observing System), ki je najprej potekal v 7. OP raziskav evropske komisije. EPOS je integrirana raziskovalna infrastruktura na področju geo-znanosti, ki jo je Evropski strateški forum za raziskovalne infrastrukture ESFRI (angl. European Strategy Forum on Research Infrastructures) vključil v svoj razvojni načrt. Cilj projekta EPOS je, da se zagotovijo pogoji za inovativne pristope, ki bi vodili v boljše razumevanje fizikalnih procesov, ki spodbujajo tektoniko in dinamiko zemeljskega površja. V letu 2014 je projekt EPOS prešel v »Fazo vzpostavitve« (angl. EPOS Implementation Phase) in je v obdobju 2015–2019 financiran v okviru raziskovalnega programa Horizon 2020. Geodezija sodeluje v projektu EPOS v okviru osrednjega tematskega servisa (angl. EPOS Thematic Core service) GNSS Data & Products, katerega namen je vzpostavitev odprte platforme za distribucijo podatkov opazovanj GNSS stalno delujočih postaj, meta podatkov, produktov in programskih rešitev za podporo raziskavam čvrste Zemlje na območju Evrope.

## Raziskave na področju tehnologije GNSS

V okviru 6. OP raziskav Evropske komisije smo sodelovali v projektu GEOLOCALNET (*Innovative Concepts for High Accuracy Local Geodetic Networks*), v okviru katerega smo raziskovali možnosti uporabe bodočega evropskega GNSS-sistema Galileo v geodinamičnih raziskavah. Prav tako v okviru 6. OP raziskav evropske komisije smo delovali v vlogi supernadzornika v projektu MONITOR (*Land Surveying and Civil Engineering Monitoring–Applications, Analysis and Assessment*), v katerem je sodelovalo 20 partnerjev (14 podjetij in 6 univerz). Glavni namen tega projekta je bila ocena možnosti uporabe GNSS sistema Galileo v aplikacijah zaščite premoženja in življenja.

V obdobju 2010 do 2013 smo sodelovali v raziskovalnem projektu ARRS *Določitev in ocena vplivov izrednih Sončevih aktivnosti na satelitsko določanje lokacije*. Glavni cilj projekta je bila identifikacija in ocena vrst Sončeve aktivnosti, ki vplivajo na dostopnost, uporabnost in kakovost določanja položaja v globalnih navigacijskih satelitskih sistemih.

## Zaključek

V prispevku smo predstavili nekaj aktivnosti, ki so potekale v okviru sekcije Geodezija SZGG v obdobju do njene ustanovitve do 2009. Naštete raziskovalne aktivnosti so, razen v okviru naštetih projektov, potekale tudi v okviru raziskovalnega programa *P2-0227 Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije* Javne agencije za

raziskovalno dejavnost Republike Slovenije – ARRS, ki poteka na Oddelku za geodezijo UL FGG in je bil do leta 2018 edini raziskovalni program ARRS na področju geodezije. V letu 2019 smo na področju geodezije pridobili nov raziskovalni program *P2-0406 Opazovanje Zemlje in geoinformatika*, ki poteka na Oddelku za geodezijo UL FGG in ZRC-SAZU.

Rezultate raziskovalnega dela smo predstavljali na domačih in mednarodnih znanstvenih in strokovnih konferencah, objavljali v znanstvenih revijah s področja geodezije in sorodnih strok. Skupaj smo objavili 80 znanstvenih člankov v znanstvenih revijah, ki so uvrščene v bazi WoS v 1. kvartil revij na svojih področjih, 30 v revijah v 2. kvartilu, 26 v revijah v 3. kvartilu in 208 člankov v revijah 4. kvartila. Ta dela so bila v zadnjih 10 letih citirana 2300 krat v revijah iz baze WoS in 3000 krat v revijah, vključenih v bazo SCOPUS.

Kot pomembno štejemo tudi uredništvo slovenske znanstvene revije s področja geodezije *Geodetski vestnik*, ki se je razvila v eno izmed mednarodno najbolj prepoznanih znanstvenih revij, ki jih izdajamo v Sloveniji.

V prispevku smo predstavili nekaj aktivnosti, ki so vsebinsko povezane s področji delovanja IAG, kot najvišjega mednarodnega znanstvenega združenja s področja geodezije. Omejili smo se na aktivnosti, ki so potekale v okviru vzpostavitve sodobne temeljne državne prostorske podatkovne infrastrukture in so v znatni meri tudi že dokončane.

## Literatura

- Bavec, M., Ambrožič, T., Atanackov, J., Celarc, B., Gosar, A., Jamšek Rupnik, P., Jemec Auflič, M., Kogoj, D., Koler, B., Komac, M., Kozmus Trajkovski, K., Kuhar, M., Markič, M., Novak, M., Pavlovčič Prešeren, P., Rajver, D., Savšek, S., Sterle, O., Vrabc, M., Žibret, L. (2013): Seizmotektonski model Ljubljanske kotline: zaključno poročilo raziskovalnega projekta. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije, 2013. 22 str.
- Berk, S., Bajec, K., Fajdiga, D., Klanjšček, M., Likovič, D., Mahnič, G., Mesner, N., Radovan, D., Koler, B., Kozmus Trajkovski, K., Kuhar, M., Sterle, O., Stopar, B. (2008): Razvoj DGS 2007: prehod na nov koordinatni sistem: končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije, 2008. 3 zv. (loč. pag.).
- Berk, S., Fabiani, N., Bric, V., Žagar, T., Janežič, M., Mivšek, E., Oven, K., Lisec, A., Čeh, M., Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B. (2016): Kontrola, izboljšava in verifikacija modela trikotniške transformacije za potrebe prehoda sloja ZK in drugih prostorskih zbirk iz D48/GK v D96/TM: končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije, 2016. 70 str.
- Koler, B., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Urbančič, T., Triglav Čekada, M., Ritlop, K., Karničnik, I., Bric, V., Radovan, D. (2018): Določitev državnega globinskega referenčnega sistema na morju: izračun geoida na morju in realizacija globinskega datuma: končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije, 2018. 147 str.
- Kozmus Trajkovski, K., Stopar, B. (2007): Navodila za uporabo spletne aplikacije za transformacije koordinatnih sistemov SiTraNet: v1.0. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2007. 19 str.
- Radovan, D., Koler, B., Kuhar, M., Medved, K., Mesner, N. (2005): Študija stanja del na gravimetrični mreži v Republiki Sloveniji in predlog nadaljnjih del: končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije, 2005. 73 str.
- Radovan, D., Berk, S., Koler, B., Kuhar, M., Barišič, B., Grgič, I., Liker, M. (2006): Izmera osnovne gravimetrične mreže: končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije, 2006. 26 str.
- Sterle, O. (2015). Časovno odvisne geodetske mreže in koordinatni sistemi. Doktorska disertacija. Ljubljana, Slovenija, 2015, 194 str.
- Sterle, O., Stopar, B. (2019): Analitični del delovanja GNSS omrežij. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo, 2019. 216 str.

- Stopar, B., Ambrožič, T., Berk, S., Kogoj, D., Koler, B., Kozmus Trajkovski, K., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Radovan, D., Vodopivec, F. (2004): Zasnova vzpostavitve novega državnega koordinatnega sistema Slovenije: za obdobje 2001-2004: zaključno poročilo o raziskovalnem projektu L2-3033. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo, 2004.
- Stopar, B., Kogoj, D., Koler, B., Ambrožič, T., Savšek, S., Sterle, O., Kuhar, M., Radovan, D. (2006): Izvedba geodetskih del na modernizirani mareografski postaji Koper: tehnično poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije, 2006. 75 str.
- Stopar, B., Kogoj, D., Koler, B., Ambrožič, T., Kuhar, M., Savšek, S., Sterle, O. (2007a): Izvedba dodatnih geodetskih del na modernizirani mareografski postaji Koper: tehnično poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2007. 74 str.
- Stopar, B. (2007b). Vzpostavitev ESRS v Sloveniji. Geodetski vestnik, 51 (4), str. 763–776.
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Kregar, K., Štebe, G., Urbančič, T., Goršič, J., Mencin, A., Berk, S., Bajec, K., Mesner, N., Fabiani, N., Caserman, M., Bric, V., Triglav Čekada, M., Karničnik, I., Janežič, M., Oven, K. (2015): Razvoj geodetskega referenčnega sistema 2014: zaključni elaborat. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, 2015. 295 str.
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Kregar, K., Štebe, G., Urbančič, T., Goršič, J., Mencin, A., Berk, S., Fabiani, N., Mesner, N., Caserman, M., Bric, V., Triglav Čekada, M., Karničnik, I., Janežič, M., Oven, K. (2016a): Implementacija kombinirane geodetske mreže in višinske komponente ESRS v državni geodetski referenčni sistem: končno poročilo. Sklop 3. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: Geodetski inštitut Slovenije, 2016. 537 str.
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Kregar, K., Štebe, G., Urbančič, T., Goršič, J., Mencin, A., Berk, S., Fabiani, N., Mesner, N., Caserman, M., Bric, V., Triglav Čekada, M., Karničnik, I., Janežič, M., Oven, K. (2016b): Implementacija kombinirane geodetske mreže in višinske komponente ESRS v državni geodetski referenčni sistem: končno poročilo. Sklop 2. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: Geodetski inštitut Slovenije, 2016. 151 str.
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Kregar, K., Štebe, G., Urbančič, T., Goršič, J., Mencin, A., Berk, S., Fabiani, N., Mesner, N., Caserman, M., Bric, V., Triglav Čekada, M., Karničnik, I., Janežič, M., Oven, K. (2016c): Implementacija kombinirane geodetske mreže in višinske komponente ESRS v državni geodetski referenčni sistem: končno poročilo. Sklop 1. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: Geodetski inštitut Slovenije, 2016. 216 st.
- Triglav Čekada, M., Berk, S., Janežič, M., Barborič, B., Kete, P., Radovan, D., Pegan Žvokelj, B., Brajnik, M., Režek, P. (2008): Podrobna opredelitev protokola prehoda prostorskih podatkovnih zbirk Geodetske uprave RS v nov državni koordinatni sistem: končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije, 2008.
- Triglav Čekada, M., Ritlop, K., Oven, K., Fabiani, N., Bric, V., Radovan, D., Pavlovčič Prešeren, P., Sterle, O., Kuhar, M., Stopar, B. (2019): Povečanje zanesljivosti javnih omrežij GNSS SIGNAL in 0. red: končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije, 2019. 138 str.
- Uradni list Republike Slovenije, št. 47/2006. Zakon o evidentiranju nepremičnin – ZEN. Uradni list Republike Slovenije, št. 47/2006, spr. 65/2007-odl. US št. U-I-464/06-13. Ljubljana.
- Ur. l. RS, št. 8/2007. Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru. Uradni list Republike Slovenije, št. 8/2007, z dne 22. 1. 2007, Ljubljana.
- Uradni list Republike Slovenije, št. 25/2014. Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu – ZDGRS. Uradni list RS, št. 25/2014 z dne 11.4.2014, Ljubljana.
- Uradni list Republike Slovenije, št. 57/2014. Uredba o določitvi parametrov horizontalne sestavine in gravimetričnega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema, imen teh sestavin in državne kartografske projekcije. Uradni list RS, št. 57/2014 z dne 25.6.2014, Ljubljana.

- Uradni list Republike Slovenije, št. 80/2018. Uredba o določitvi parametrov višinskega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema, Uradni list RS, št. 80/2018 z dne 7.12.2018, Ljubljana.
- Vodopivec, F., Kogoj, D., Koler, B., Breznikar, A., Stopar, B., Kuhar, M., Jaklič, S. (1998): Projekt stalnega določanja tektonskih premikov v okolici JE Krško. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, 1998.
- Vodopivec, F., Pribičević, B., Stopar, B., Kuhar, M. (1999a): Nov preračun geoida Republike Slovenije: elaborat raziskovalne naloge. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, 1999.
- Vodopivec, F., Kogoj, D., Breznikar, A., Koler, B., Stopar, B., Kuhar, M., Savšek, S., Ambrožič, T., Jaklič, S., Pavlovčič Prešeren, P. (1999b): Projekt stalnega določanja tektonskih premikov vzdolž Orliškega preloma. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, 1999.