

Jurij REŽEK  
 Sandi BERK  
 Matjaž GRILC

## Lahko slabi prostorski podatki »spremenijo tok vode«?

Strokovnost na delovnem področju in odgovorna raba prostorskih podatkov sta nujni osnovi za kakovostne rešitve. Množica ponudnikov zbirk prostorskih podatkov in sodobne tehnologije za njihovo pridobivanje lahko povzročijo nekritičnost pri uporabi prostorskih podatkov. Zato so lahko rešitve, predlogi in ukrepi, ki temeljijo na takih podatkih, dvomljive kakovosti. V prispevku je opisan pomen georeferenčne infrastrukture, ki jo predstavljajo državni prostorski koordinatni sistem in nekateri prostorski podatki, pomembni predvsem za predstavitev višinske sestavine prostora. Opisana so tudi prizadevanja geodetske stroke, javnega in izobraževalnega sektorja za strokovno vzpostavitev geodetske in podatkovne georeferenčne infrastrukture, skladno z mednarodnimi standardi. Navedene so tudi

nekatero dejavnosti, ki so in še potekajo v okviru projektov, financiranih iz mednarodnih finančnih mehanizmov. Glavni namen prispevka pa je opozoriti strokovnjake in uporabnike prostorskih podatkov z drugih področij dela na nevarnost, da so zaradi nepoznavanja značilnosti geodetskih in prostorskih podatkov, ki predstavljajo vhodne podatke pri njihovem strokovnem delu, njihove rešitve in predlogi lahko dvomljive kakovosti, tudi če uporabljajo najboljše strokovne metode na svojem področju dela.

**Ključne besede:** prostorski podatki, višinski sistem, geoid, geodezija

### 1 Uvod

Količina preprosto dostopnih prostorskih podatkov se iz leta v leto eksponentno povečuje. Skoraj vse vodilne spletne korporacije večinoma brezplačno ponujajo v uporabo tovrstne podatke, saj se dobro zavedajo, da se večina odločitev v vsakdanjem življenju sprejema na podlagi prostorskih podatkov oziroma – posplošeno rečeno – na osnovi lokacije. S tem sicer prispevajo k razširjenosti »laične« uporabe prostorskih podatkov in povečujejo možnosti koristne uporabe teh podatkov, hkrati pa izboljšujejo svojo tržno prepoznavnost. K temu pojavu dodatno prispevajo moderne tehnologije, ki že skoraj vsakemu uporabniku omogočajo pridobivanje položajnih in drugih podatkov o objektih in fizičnem površju Zemlje. Omogočajo nam tudi preprosta »merjenja« in prikazovanja teh prostorskih objektov in lastnosti površja. V skrajni obliki se za tak množični zajem prostorskih podatkov uporablja izraz »crowdsourcing«. Že dejstvo, da taki podatki obstajajo in da so lahko dostopni, odpira možnosti za nekritično uporabo tudi pri odgovornejših delih in projektih.

Nekoč smo uporabniki in strokovnjaki pred pridobivanjem prostorskih podatkov opravili strokovno presojo, katere podatke res potrebujemo, kako natančni, naj bodo, in katere metode bomo izbrali za njihovo pridobivanje. Danes pa imamo drug

problem. Uporabnik ima na voljo veliko količino prostorskih podatkov, ki jih lahko prosto uporablja, včasih tudi ne da bi poznal njihovo kakovost in metodo pridobivanja, zanesljivost oziroma veljavnost podatkov, referenčni koordinatni sistem, v katerem so ti podatki prikazani, časovno komponento teh podatkov ... Na podlagi vsakodnevnih izkušenj lahko ugotovimo, da je splošna uporaba prostorskih podatkov s strani uporabnikov v veliko primerih popolnoma nekritična, različne kombinacije podatkov pa velikokrat dajejo napačne rezultate oziroma podlage za odločitve, ki se jih uporabniki ne zavedamo. Zato želimo avtorji prispevka osvetliti to problematiko ter poudariti pomen poznavanja lastnosti in kakovosti uporabljenih prostorskih (georeferenciranih) podatkov.

Georeferenciranje je izražanje položaja na zemeljskem površju, običajno s koordinatami v nekem izbranem, strokovnem in uradnem prostorskem koordinatnem sistemu. Posledica tehnološkega razvoja, razvoja geodetske stroke in meddržavnega teritorialnega povezovanja in sodelovanja je tudi uvajanje enotnih skupnih geodetskih koordinatnih datumov in njihovih realizacij na posameznih območjih ali državah in obveznost njihove uporabe. Posledica tega je homogenost, standardiziranost, mednarodna povezanost in primerljivost georeferen-

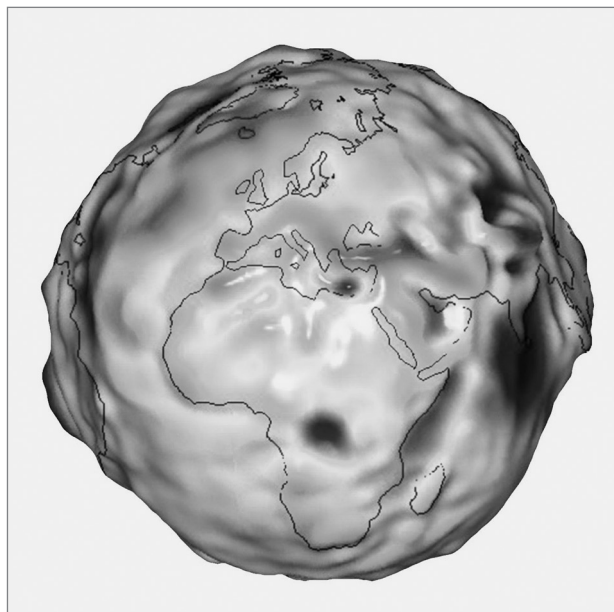
ciranih podatkov. Ena od pomembnih sestavin teh procesov je tudi seznanjanje o kakovosti prostorskih podatkov. V Sloveniji sledimo splošnim trendom na tem področju, priporočilom stroke in pravnim zahtevam EU (predvsem direktiva Evropske komisije INSPIRE – infrastruktura za prostorske informacije). Trenutno smo na Geodetski upravi Republike Slovenije v postopku vzpostavljanja državnega georeferenčnega sistema. Za izvajanje in financiranje teh fundamentalnih geodetskih del pa zaradi splošnih proračunskih okoliščin izkoriščamo možnosti različnih finančnih mehanizmov. Konkretno si pomagamo z donacijami finančnega mehanizma Evropskega gospodarskega prostora (EGP) in norveškega finančnega mehanizma (NFM) (EEA Grants in Norway Grants).

## 2 Višinska sestavina geodetskega referenčnega sistema in določanje višin

Modeliranje poplavne nevarnosti in poplav je v celoti odvisno od določanja višine zemeljskega površja. Zato je zelo pomembno, da poznamo oblike zemeljskega površja, po katerem teče in se razliva voda. Pomembna pri določanju višine karakterističnih točk na zemeljskem površju sta **geodetski datum**, to je izhodišče referenčnega sistema, in **referenčna ploskev**, ki jo izberemo za državni višinski sistem. Če danes rečemo, da ima neka lokacija oziroma točka višino 252 m, se predvideva, da govorimo o nadmorski višini, ki je definirana kot višina nad srednjo ravnjo morja, ki je določena kot izhodišče višinskega sistema. Kadar želimo dobiti odgovor, kako določiti to razdaljo (višino) do posamezne točke na zemeljskem površju, pa moramo nujno najprej uvesti in razložiti pojme, kot so elipsoid, geoid in nivelman.

**Višine nad geoidom** so odvisne od Zemljinega gravitacijskega polja in se imenujejo tudi višine nad srednjo ravnjo morja. Če ne bi bilo plimovanja, morskih tokov in vetrov, bi se voda v morjih popolnoma izenačila z obliko **geoida**. Če bi jo lahko celo »razlili pod zemeljsko površje«, bi zavzela ploskev geoida. V naravi pa ni vse tako preprosto, zato se oblika geoida določa z lokalnimi gravimetričnimi meritvami ter izračunava z zahtevnimi matematičnimi in fizikalnimi modeli.

Preprostejša predstavitev oblike Zemlje je **elipsoid**. To je matematična ploskev, ki se kar najbolj približa obliki geoida. Nadomestitev geoida z elipsoidom močno poenostavi določanje položajev in omogoča matematično preproste kartografske projekcije za prikaz zemeljskega površja. Čeprav je elipsoid preprost za uporabo, pa taka posplošitev v veliko primerih ni dopustna, saj se lahko elipsoidne višine od geoidnih razlikujejo tudi do 100 m, v Sloveniji ta razlika znaša približno 45 m.

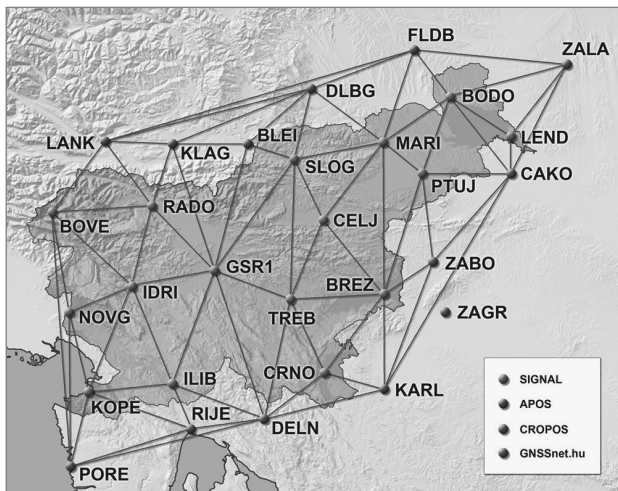


Slika 1: Prikaz oblike Zemlje z gravitacijskim modelom GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) in različnih približkov oblik Zemlje

Za geodetsko referenciranje položaja (horizontalne in vertikalne sestavine) in teoretične definicije (določitev datuma in izhodišča) se v horizontalnem in višinskem smislu uporabljata elipsoid in geoid. V Sloveniji imamo definiran državni prostorski koordinatni sistem, ki smo ga leta 2014 uzakonili z zakonom o državnem geodetskem referenčnem sistemu. Horizontalna sestavina (komponenta) je določena z merili evropskega terestričnega sistema ETRS89,0 in koordinatami 49 temeljnih državnih geodetskih točk, njegova oznaka pa je **D96**. Vertikalna sestavina pa je določena z višinsko in gravimetrično. Višinski datum je Trst (epoha 1875), sistem višin normalne ortometrične višine, ime pa Slovenski višinski sistem SVS2000. Gravimetrična sestavina je določena z merili mednarodne gravimetrične standardne mreže z imenom IGSN71, merili elipsoida GRS80 in težnimi pospeški 35 temeljnih gravimetričnih točk na območju Slovenije, določenih leta 2006. Ime (oznaka) gravimetričnega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema (oznaka gravimetričnega geodetskega datuma) je **GD06**.

V sodobnem času se za določanje položajev na zemeljskem površju v glavnem uporablja tehnologija GNSS. Kratica GNSS opredeljuje tehnologijo, s katero prek sistema (sistemov) satelitov določamo položaje na Zemlji. Oznaka GNSS pomeni »**globalni navigacijski satelitski sistem**«. Satelitskih sistemov, ki omogočajo določanje položajev, je več, najbolj priljubljen je še vedno ameriški sistem GPS (Global Positioning System), ruski se imenuje GLONASS, evropski pa GALILEO.

Poleg sistema satelitov (vesoljski segment) in njihovega signala potrebujemo še uporabniški sprejemnik teh signalov in



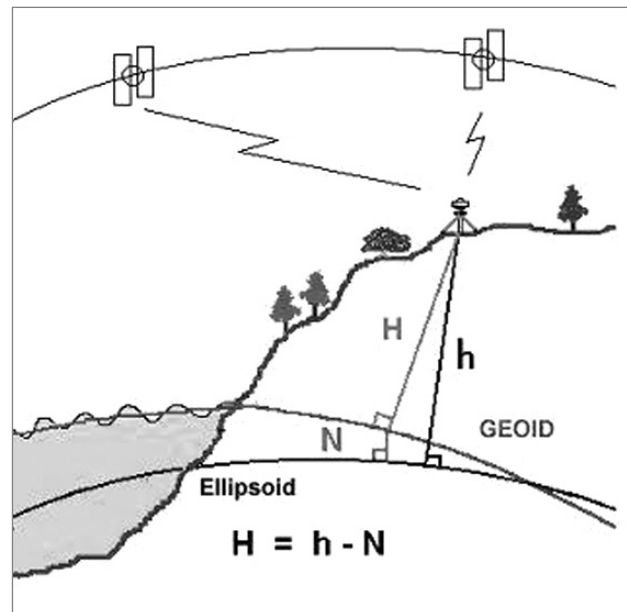
Slika 2: Omrežje stalnih postaj SIGNAL

ustrezno programsko opremo. Ker pa je natančnost določitve horizontalnih koordinat neposredno z uporabo satelitov za strokovne namene običajno premajhna (približno 5 m v horizontalnem smislu), jo lahko izboljšamo s postavitvijo zemeljskega sistema referenčnih postaj, ki omogočajo izračun popravkov tega položaja in ga posredujejo uporabniku (lahko kar neposredno v njegov sprejemnik).

V Sloveniji se ta sistem referenčnih postaj, ki predstavlja realizacijo horizontalnega dela državnega koordinatnega sistema, imenuje **SIGNAL** (Slovenija-Geodezija-Navigacija-Lokacija). Natančnost tako določenega horizontalnega položaja uporabniškega sprejemnika je nekaj cm. Horizontalne koordinate, določene na ta način, so izražene na tako imenovanem referenčnem elipsoidu, ki je **GRS80**, ta ploskev elipsoida (in elipsoidne koordinate) pa se prek kartografske projekcije (v Sloveniji je uradna kartografska projekcija prečna Mercatorjeva projekcija (TM)) preslikajo (preračunajo) v ravninske koordinate.

Omrežje stalnih postaj GNSS z imenom SIGNAL tvori 16 postaj, ki so enakomerno razporejene po vsej državi. Posamezne postaje stalno sprejemajo satelitske signale vesoljskega segmenta satelitov (GPS, GLONASS), na osnovi tega izračunavajo svoj položaj in množici uporabnikov prek sistema za distribucijo popravkov posredujejo korekcijske elemente za določitev natančnejšega položaja.

Omrežje stalnih postaj GNSS je geodetska uprava vzpostavila v okviru projekta, ki je bil sofinanciran z evropskimi sredstvi, in sicer z donacijo norveškega finančnega mehanizma (NFM). Projekt smo poimenovali »Vzpostavljanje omrežja postaj GPS in evropskega koordinatnega sistema v Sloveniji«. Trajal je štiri leta, med letoma 2007 in 2010. V okviru projekta je bilo fizično vzpostavljeno 15 stalnih GNSS-postaj na območju Slovenije in nadzorni center, celoten sistem pa omogoča določitev horizontalnega položaja poljubne točke z



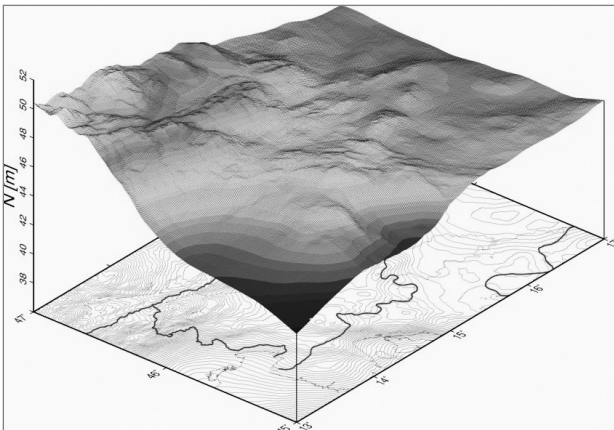
Slika 3: Prikaz elipsoidnih in geoidnih višin

GNSS-tehnologijo z natančnostjo 2 cm. Centralno umeščena ljubljanska stalna postaja je vključena tudi v evropsko mrežo stalnih postaj EPN (ang. *European Permanent Network*), ki je fizična osnova evropskega terestričnega referenčnega sistema (ETRS). V Sloveniji smo na (obvezno) uporabo GNSS-tehnologije formalno prešli leta 2008, ko je bila za izmero v zemljiškem katastru predpisana uporaba te tehnologije, dokončno pa je bila ta obveza definirana v zakonu o državnem geodetskem referenčnem sistemu.

V višinskem smislu pa je položaj nekoliko bolj zapleten. Višina GNSS-sprejemnika uporabnika se prav tako kot pri določanju horizontalnega položaja določi na referenčnem elipsoidu. Vendar ta višina nima praktične uporabe.

Če se na primer s kakšno od tako priljubljenih »GPS-naprav« postavimo na obalo slovenskega morja, bo ta naprava pokazala »GPS-višino« približno 45 m, čeprav bomo dejansko stali v vodi. Zato je nujno treba razumeti načine določanja in predstavitev višin ter ustrezno presojati možnosti in načine uporabe različnih vrst prostorskih podatkov, ki imajo vsebovano višinsko komponento (koordinato).

Kadar želimo poznati tako imenovano nadmorsko višino točke, ki se reprezentira kot razdalja po višini (težiščnici) med srednjo ravnjo morja in poljubno točko na površini Zemlje, je geodetsko najnatančnejša metoda za njeno določitev tako imenovani geometrični nivelman. Pri tem načinu merjenja določamo višinske razlike od srednje ravni morja. Te višinske razlike moramo korigirati še za vpliv merjenega gravitacijskega pospeška (g) na vsaki višinski točki (reperju). Vedeti moramo, da je gravitacijski pospešek zaradi nehomogenosti razporeditve



Slika 4: Ploskev geoida na območju Slovenije

mas v Zemlji in njihove različne gostote drugačen na vsaki točki zemeljskega površja.

Če je na primer z geometričnim nivelmanom določena višina neke točke od srednje ravni morja oddaljena 350 m in naslednja prav tako 350 m, pomeni da je teren med njima geometrično vodoraven, kar pa še ne pomeni, da bo voda na liniji, ki obe točki povezuje, stala. Če je gravitacijsko polje Zemlje močnejše (večji  $g$ ) v prvi točki, bo voda tekla od druge točke k prvi. Za predstavitev toka vode moramo torej poleg višinske razlike med točkama po težiščnici poznati tudi vrednost težnostnega pospeška.

Glede na metodo (formulo), v okviru katere se upošteva vpliv težnostnega polja Zemlje na geometrično določeno nadmorsko višino, poznamo normalne, ortometrične, normalne ortometrične in dinamične nadmorske višine. V Sloveniji trenutno uporabljamo **normalne ortometrične višine**, in to so tudi uradne višine na geodetskih višinskih točkah (reperjih). Te višine imajo izhodišče nivelmana na mareografu v Trstu. Kot del Avstro-Ogrske in pozneje jugoslovanske nivelmanske izmere je bila vzpostavljena tudi nivelmanska mreža v Sloveniji, ki je trenutno vezana na tržaško ničelno točko. Slovenija pa je v 60. letih postavila tudi mareograf v Kopru. Ugotovljena je bila razlika med srednjo ravnjo morja v Trstu in Kopru, ki znaša približno od 8 do 18 cm, zato bomo morali vse nadmorske višine točk korigirati za to razliko, ko bomo prešli z izhodišča (višinskega datuma) v Trstu na datum državnega višinskega sistema v Kopru.

Z GNSS-tehnologijo se torej neposredno določa elipsoidna višina, to je oddaljenost od ploskve referenčnega elipsoida GRS80 (količina  $h$  na sliki 3) (GNSS-višinomerstvo). To višino dobimo tudi neposredno iz izvornih podatkov laserskega skeniranja terena (LIDAR). Če pa želimo dobiti nadmorsko višino točke terena, je treba od te (elipsoidne) višine odšteti razliko med ploskvijo elipsoida in geoida, ki jo imenujemo

geoidna ondulacija. Za določanje višin z GNSS-tehnologijo moramo torej nujno poznati ploskev referenčnega geoida.

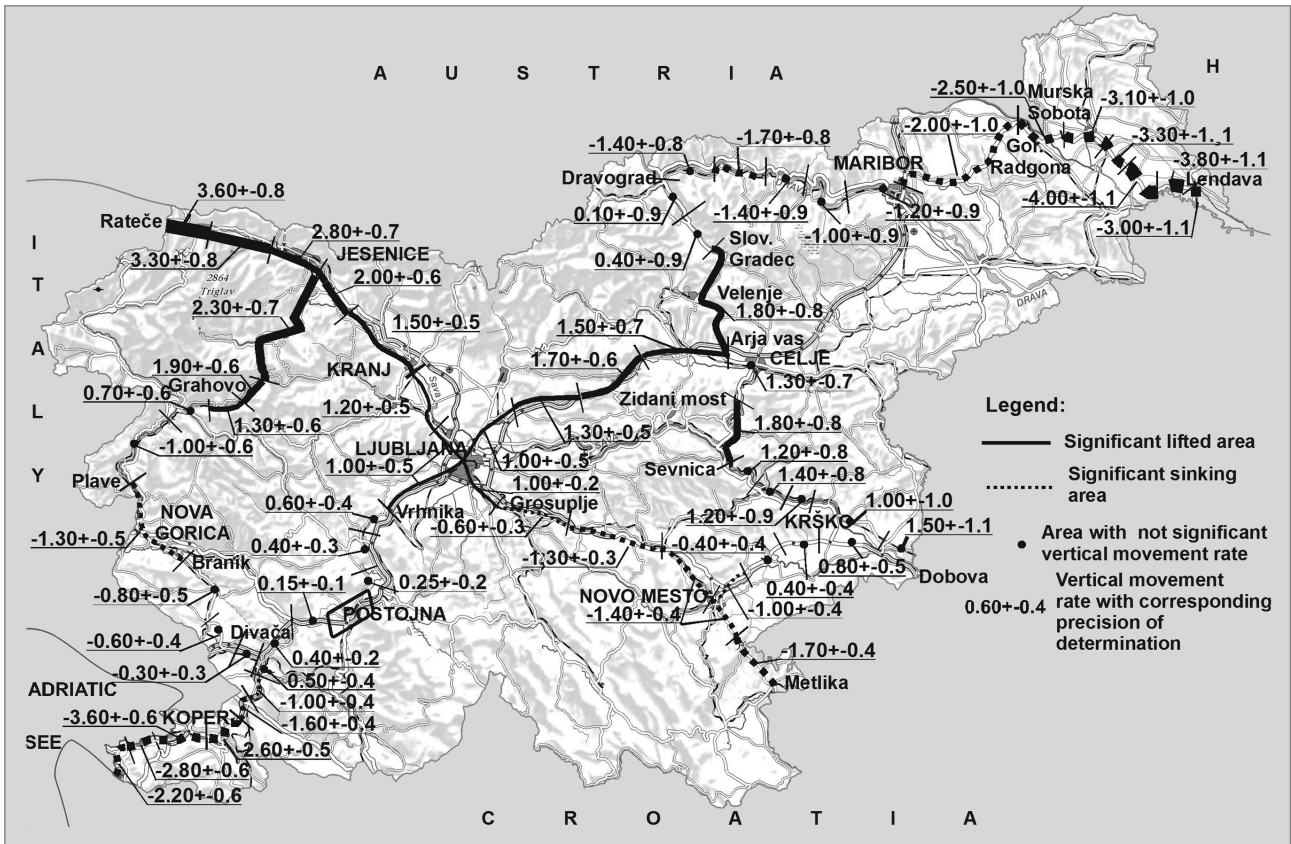
Čeprav je koncept geoida star že 150 let, je šele v zadnjih desetletjih na voljo tehnologija za merjenje gravitacijskega pospeška, ki omogoča določanje ploskve geoida z dovolj veliko (centimetrsko) natančnostjo. Z novimi generacijami te opreme in modeli izračunavanja ploskve geoida se dosednji modeli geoida nadomeščajo z vse boljšimi. Seveda pa ni samo tehnologija tista, ki se spreminja; z geofizikalnimi spremembami in geotektoniko se spreminja tudi razporeditev zemeljskih mas, kar prav tako vpliva na obliko geoida.

Določanje ploskve geoida je torej fizikalni problem in zahteva uporabo posebne opreme. Z gravimetričnimi meritvami določimo na čim več točkah vrednosti težnostnega pospeška in seveda tudi njihov horizontalni položaj. Nato na podlagi teh merjenih podatkov na diskretnih točkah prek izbranega matematičnega modela izračunamo ploskev geoida. V Sloveniji je uradni model geoida iz leta 2000, njegova natančnost pa je nekaj decimetrov (približno 20 cm). Pomeni, da je natančnost nadmorske višine, določena posredno, 20 cm. Sama ploskev geoida pa na območju Slovenije odstopa od referenčnega elipsoida med 44 in 49 m; elipsoidna višina gladine morja v Kopru je približno 44 m.

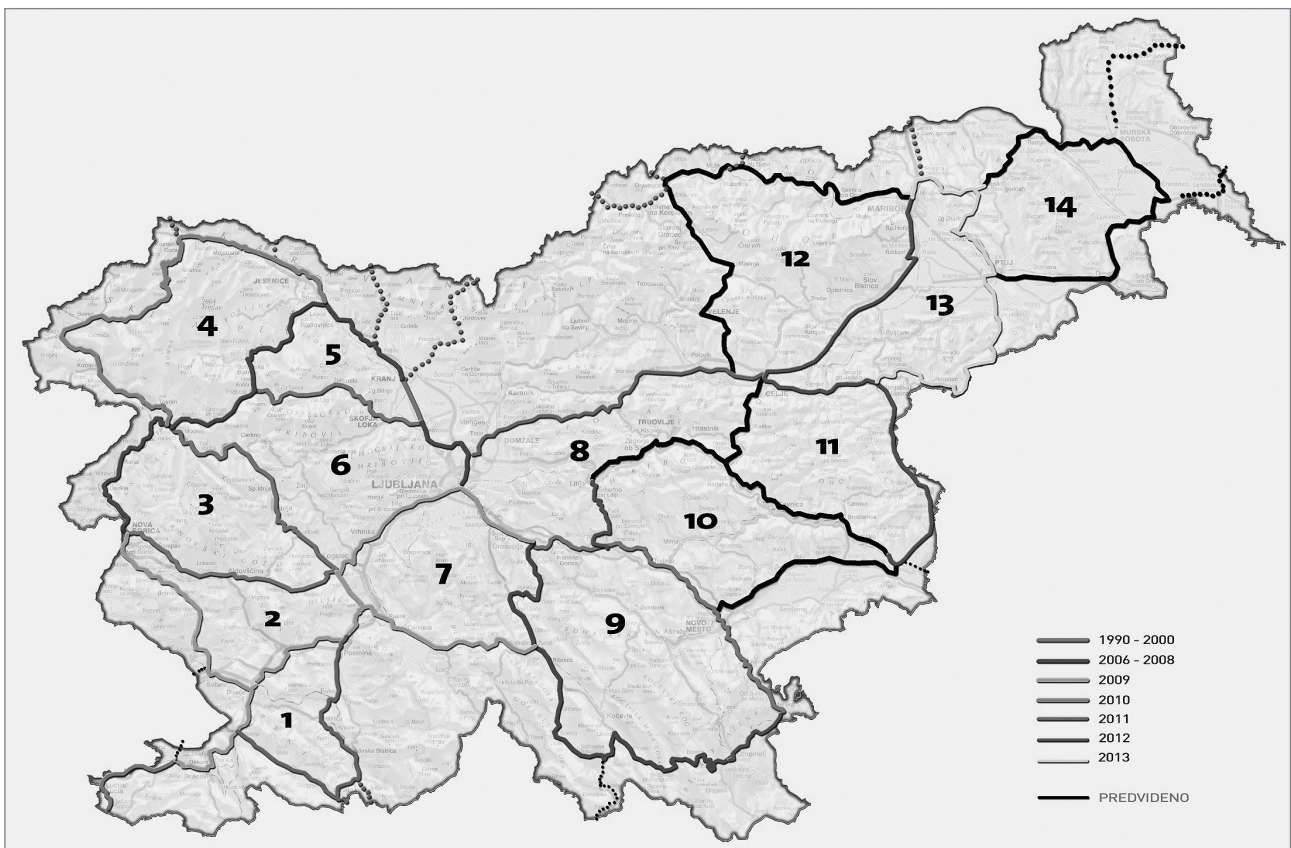
Ko je ploskev geoida določena, znan pa je tudi referenčni elipsoid, lahko za poljubno točko na zemeljskem površju, ki ima znane horizontalne koordinate na elipsoidu, določimo količino  $N$  (geoidno ondulacijo). Če izmerimo še višino te točke z GNSS-tehnologijo, lahko posredno določimo tudi njeno nadmorsko višino; seveda z natančnostjo modela geoida (in natančnostjo meritve same).

Vzpostavljane višinske sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema je strokovno zahtevna in dolgotrajna naloga. Poleg tega v Sloveniji (na Geodetski upravi RS) temeljno referenčno infrastrukturo za določanje položajev vzpostavljamo prav v času gospodarske krize in krčenja državnega proračuna. Zato smo kot nadaljevanje omenjenega »norveškega« projekta leta 2011 za financiranje iz evropskih sredstev spet prijavi projekt, v okviru katerega je temeljni cilj **vzpostaviti višinsko sestavino državnega prostorskega koordinatnega sistema**. Temeljni namen tega projekta je zagotavljanje referenčne podlage za kakovostnejše delo na področju hidrografije, pri ocenjevanju poplavne ogroženosti in izvajanja ukrepov poplavne varnosti.

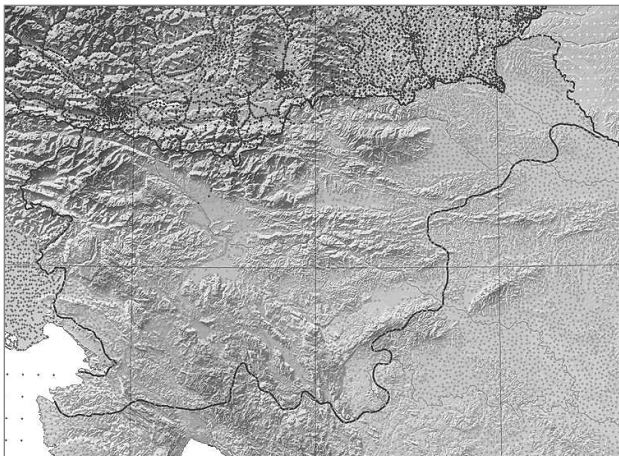
V okviru tega projekta bo izmerjena nova temeljna nivelmanska mreža Slovenije, saj je bila stara jugoslovanska nivelmanska izmera izvedena v daljnih 70. letih. Njena težava je, da so v njej nakopičene napake v uradnih višinah referenčnih točk, ki jih je povzročila geotektonika. Na podlagi delnih ponovnih meritev



Slika 5: Stara nivelmanska mreža in nakopičene napake zaradi geotektonike



Slika 6: Nova nivelmanska mreža v Sloveniji (stanje v začetku 2014)



Slika 7: Stanje merjenih gravimetričnih točk (2008–2014)

je bilo ugotovljeno, da je vpliv geotektonike med približno +4 in -4 mm na leto, kar lahko pomeni, da se lahko uradne višine višinskih točk na nivelmanu v 50 letih, odkar je bila izvedena sistematična izmera, od dejanskih razlikujejo tudi do 20 cm. Hkrati pa bo nova nivelmanska mreža Slovenije teritorialno prilagojena slovenskemu ozemlju, v nasprotju s staro jugoslovansko izmero, v kateri je bila Slovenija samo del jugoslovanske nivelmanske mreže, zato se nivelmanske zanke niso zapirale na območju Slovenije.

Skupaj z nivelmanom bo v okviru projekta izračunan tudi **novi slovenski geoid z datumom 2016**, ki bo omogočal določitev višin z **natančnostjo pod 10 cm**, upamo, da okrog 5 cm. Za njegov izračun so bile v okviru projekta izvedene zahtevne absolutne gravimetrične meritve (izvedli so jih geodeti iz avstrijske geodetske uprave BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, ki imajo ustrezno tehnično opremo), sami pa izvajamo relativne gravimetrične meritve na približno 2.100 točkah v Sloveniji. Za izračun novega geoida bo uporabljeno tudi približno 4.000 točk na območju Slovenije, ki so bile izmerjene v 70. letih, pridobljeni pa so tudi podatki merjenega težnostnega pospeška na območju sosednjih držav. V okviru projekta tesno sodelujemo s sodelavci iz norveške in islandске geodetske uprave, predvsem pri matematičnem izračunu ploskve geoida na podlagi omenjenih merjenih podatkov.

### 3 Horizontalna sestavina geodetskega referenčnega sistema

Kakovost rezultatov hidroloških študij je zelo odvisna od kakovosti georeferenciranja uporabljenih prostorskih podatkov. Pri tem je kljub v predhodnem poglavju poudarjeni vlogi višin zelo pomemben tudi horizontalni položaj posamezne točke ali objekta v prostoru. Ključno pri hidravličnem modeliranju in izdelavi kart poplavne nevarnosti je kakovostno modeliranje zemeljskega površja. Danes se v ta namen največ uporabljajo

**lidarski podatki**, ki jih dobimo z aerolaserskim skeniranjem. Eden od izdelkov aerolaserskega skeniranja je tudi **digitalni model reliefa (DMR)**. Uporabnost teh podatkov je odvisna predvsem od (Bric idr., 2013):

- dosežene natančnosti koordinat in višin zajetega oblaka točk in
- stopnje podrobnosti (ločljivosti) iz oblaka točk tvorjenega modela.

Pri georeferenciranju lidarskega DMR, ki ga sistematično zagotavlja država (2011–2015), se zahtevajo (Bric idr., 2013):

- natančnost horizontalnih koordinat (RMSE) vsaj 30 cm,
- natančnost elipsoidnih višin (RMSE) vsaj 15 cm in
- celica končnega DMR velikosti 1 m × 1 m.

Oba podatka o zahtevani natančnosti se nanašata na novi terestrični (horizontalni) geodetski datum (D96), v katerem se izvaja neposredno georeferenciranje zajetih točk aerolaserskega skeniranja (Bric idr., 2013). Pri naknadni transformaciji v stari datum (D48), v katerem je še vedno georeferencirana večina drugih prostorskih podatkov v državi, lahko izgubimo dodaten decimeter pri horizontalnih koordinatah (Kete in Berk, 2012) in še nekoliko več pri transformaciji v državni višinski sistem (odvisno od kakovosti modela geoida – natančnost uradno veljavnega geoida Slovenije iz leta 2000 je približno 20 cm) (Kuhar idr., 2011).

Kombiniranje z drugimi prostorskimi podatki (ortofoto, topografski in katastrski podatki – stavbe, infrastruktura, parcelne meje idr.) lahko privede do dodatnih medsebojnih neujemanj, ki so posledica različnega porekla teh podatkov. To se izraža tudi v različni kakovosti georeferenciranja. Na doseženo kakovost vplivajo predvsem:

- uporabljena tehnologija zajema podatkov,
- kakovost geodetskega referenčnega sistema,
- postopki digitalizacije podatkov in ponovnega georeferenciranja in
- kakovost transformacije pri prehodu na novi koordinatni referenčni sistem.

Pri večini podatkov zemljiškega katastra je značilna tehnologija zajema z mersko mizo iz začetka 19. stoletja. Pozneje jo je nadomestila klasična geodetska izmera (ortogonalna, polarna) in proti koncu 20. stoletja izmera s sodobnimi elektronskimi tahimetri. Šele z vzpostavitvijo omrežja stalnih GNSS-postaj SIGNAL konec leta 2006, ki omogoča kakovostno izmero v realnem času, je dokončno prevladala GNSS-izmera. Različnim stopnjam kakovosti georeferenciranja smo bili priča tudi pri metodah daljinskega zaznavanja, na primer pri cikličnem aerofotografiranju (analogna doba, digitalna doba), kar se izraža predvsem pri kakovosti georeferenciranja ortofotov (Bric idr., 2015), kakovosti fotogrametričnega DMR in kakovosti ste-

reozajema topografskih vsebin. Natančnost topografskih podatkov, ki se vodijo v topografski zbirki podatkov geodetske uprave (DTK5) in so bili zajeti iz stereoparov aeroposnetkov cikličnega snemanja Slovenije (CAS), je na oslonilnih točkah 20–30 cm. Natančnost višin, ki se zajemajo iz teh stereoparov, pa je okoli 1 m (RMSE). Primerljiva je tudi natančnost višin zajetih vodotokov iz stereoparov CAS.

Pri predstavitev reliefa se lahko uporabijo tudi druge zbirke podatkov, kot so DMR5, DMR12,5, DMR25, DMR100, vendar ne dosežajo natančnosti DMR1 (LIDAR). Kljub temu pa so lahko uporabne za posamezne namene, vendar se je treba zavedati slabše natančnosti višin, in sicer se ta giblje med 1 m na dobro razpoznavni površini (na primer asfaltirana cesta) in do 4 m (gozd).

Za prve zemljiško katastrske izmere so bili izvorni koordinatni referenčni sistemi nekdanje avstro-ogrske monarhije. Stari državni koordinatni referenčni sistem poveljne Jugoslavije označujemo z D48/GK in je v bil uporabi od leta 1948. Sodobni državni koordinatni referenčni sistem, ki temelji na skupnem evropskem (ETRS89) in s tem sledi priporočilom direktive INSPIRE, pa je bil vzpostavljen leta 2003. V zemljiškem katastru je uradno v rabi od 1. januarja 2008. Z vzpostavitvijo sodobnega koordinatnega referenčnega sistema, ki temelji na tehnologiji GNSS, smo odpravili slabosti starega sistema, ki se izražajo v njegovi nehomogeni natančnosti. Če vemo, da novi sistem zagotavlja nekajcentimetrsko natančnost izmere (4 cm je zahteva za zemljiški kataster), dosežejo deformacije starega sistema na nekaterih območjih države tudi več kot 1 m (Kete in Berk, 2012).

Vsi katastrski načrti, ki niso bili ponovno izmerjeni in nastavljeni numerično, so bili v okviru obsežnega projekta v 90. letih prejšnjega stoletja iz analogne oblike (načrtov na papirju in folijah) pretvorjeni v digitalno. Pri tem je skeniranju načrtov sledila vektorizacija vsebine, ki je kakovost izvornih podatkov še nekoliko poslabšala. Digitalizaciji je sledilo ponovno georeferenciranje podatkov. Izvedena je bila transformacija/vklop v državni koordinatni referenčni sistem D48/GK, ki je kompenziral tako spremembo geodetskega datuma kot tudi kartografske projekcije, torej ravninskega koordinatnega sistema. Postopek je vključeval mozaičenje listov, popačenje zaradi skrčkov/raztezkov in usklajevanje vsebin na mejah katastrskih občin. Vse to je privedlo do položajnih odstopanj, ki na nekaterih območjih znašajo nekaj metrov, lahko pa tudi 10 metrov in več.

Pri prehodu iz starega v novi koordinatni referenčni sistem smo nekje na polovici poti. Nekateri podatki so trenutno na voljo v obeh sistemih (na primer ortofoto, DMR, topografski načrti in karte), do konca leta 2018 pa je predvidena dokončna transformacija vseh prostorskih podatkov v državi v novi koor-

dinatni referenčni sistem D96/TM. Za natančnejše podatke je ta prehod nujno treba izvesti z modeliranjem distorzij starega sistema, kar bo omogočilo ohranitev kakovosti georeferenciranja prostorskih podatkov na približno isti ravni kot v izvorni obliki (Kete in Berk, 2012).

## 4 Pomen donacijskih finančnih mehanizmov

Geodetska uprava Republike Slovenije je zaradi potrebe po vzpostavitvi sodobnega slovenskega državnega prostorskega koordinatnega sistema že pred desetletjem začela priprave na vzpostavitev takega sistema. Pripravila je dokument **Strategija osnovnega geodetskega sistema**, ki ga je vlada potrdila leta 2004. V nadaljevanju je Geodetska uprava RS zaradi pomanjkanja proračunskih sredstev za te namene pričela izvajati dejavnosti za sofinanciranje teh del iz tujih (donacijskih) finančnih mehanizmov. Vzpostavljeni so bili stiki s potencialnimi državami donatoricami, z Islandijo in Norveško, in leta 2006 je bil za sofinanciranje iz norveškega finančnega mehanizma prijavljen projekt z imenom »**Vzpostavljanje omrežja GPS-postaj in evropskega koordinatnega sistema v Sloveniji**«. Projekt je trajal do leta 2010. Po njegovem uspešnem zaključku je bil na podlagi uspešnosti in verodostojnosti preteklega dela leta 2012 prijavljen nov projekt z imenom »**Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav**«, in sicer v finančni mehanizem Evropskega gospodarskega prostora (EGP). V obeh finančnih mehanizmih je bilo treba zagotoviti tudi ustrezno sofinanciranje iz slovenskega proračuna, saj gre ne nazadnje za vzpostavljanje enega temeljnih konstitutivnih elementov države – **državne geodetske geoinformacijske infrastrukture**. Skupna višina obeh donacij znaša 2,5 milijona evrov.

Rezultat prvega projekta je vzpostavljena horizontalna sestavina novega državnega prostorskega koordinatnega sistema in že omenjeno omrežje SIGNAL – omrežje tedaj 15 stalnih GNSS-postaj po celotni Sloveniji (ena, 16., je bila dodana pozneje), ki omogoča kakovostno GNSS-izmero v realnem času na celotnem ozemlju države – in pripravljena kakovostna transformacija v novi koordinatni referenčni sistem za vse prostorske podatke (vsedrjavni model transformacije med D48/GK in D96/TM).

V okviru drugega projekta se je začelo praktično uvajanje evropskega višinskega sistema v Sloveniji. Projekt, ki je trenutno na polovici izvajanja, ima dolgoročni cilj olajšati upravljanje voda, zmanjšati tveganje in vplive poplav ter obenem povečati skladnost prostorskih podatkov in z njimi povezanih storitev v skladu z zahtevami evropske direktive INSPIRE. Glede na zastavljene cilje je projekt organiziran v štiri pod-

projekte: geodetski referenčni sistem, topografska baza, podprojekt INSPIRE in podprojekt hidrografija.

Podprojekt geodetski referenčni sistem (GRS) se posveča višinski sestavini referenčnega sistema. Fizično se izvajajo izmera 1.900-kilometrsko nove mreže nivelmana visoke natančnosti v Sloveniji, gravimetrična izmera na 2.500 geodetskih točkah za izračun novega geoida Slovenije, postavitve kombinirane mreže državnih geodetskih točk 0. reda po mednarodnih standardih kot najnatančnejše materializacije georeferenčnega sistema. Zavedati se namreč moramo, da sta obe sestavini, horizontalna in višinska, neločljivo povezani, saj je prostor trirazsežen. Kombinirana geodetska mreža, ki bo zgrajena v okviru tega projekta, bo omogočala ugotavljanje časovno odvisnih sprememb obeh sestavin državnega koordinatnega referenčnega sistema. Z njeno vzpostavitev bosta zagotovljena realizacija in vzdrževanje državnega geodetskega referenčnega sistema na dolgi rok, kar pomeni tudi spremljanje in upoštevanje vplivov geodinamike državnega ozemlja (Stopar idr., 2015). Vsa dela se izvajajo s sodelovanjem stroke, Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, Geodetskega inštituta Slovenije ter norveških in islandskih geodetov (Statens Kartverk in Landmaeliger Islands).

Rezultat podprojekta topografija bo nov slovenski topografski podatkovni model, skladen s podatkovnimi pravili direktive INSPIRE. Na tej podlagi bo izdelan fizični model topografske baze in izveden prenos vseh obstoječih topografskih podatkov v novi model. Izveden bo zajem manjkajočih topografskih podatkov v skladu z novimi tehničnimi pravili in vzpostavljeni bodo procesi za vzdrževanje topografskih podatkov. Pripravljen bo tudi omrežna storitev za izdelavo prikaza teh podatkov kot nadomestek starega državnega temeljnega topografskega načrta (TTN 5).

Podprojekt INSPIRE ima ambiciozen cilj promovirati direktivo INSPIRE med vsemi producenti prostorskih podatkov prek programa izgradnje zmogljivosti, z navodil za zagotavljanje medopravnosti in usklajenosti zbirk prostorskih podatkov in modernega metapodatkovnega sistema. V praktičnem delu bodo preoblikovane nekatere obstoječe zbirke prostorskih podatkov, skladno s pravili direktive INSPIRE, in izdelane omrežne storitve iskanja, vpogleda, prenosa in preoblikovanja podatkov, ki bodo vključene v slovenski in evropski geoportali.

V podprojektu hidrografija bo izveden prepis obstoječega testnega zajema hidrografskih podatkov v zbirko topografskih podatkov na Geodetski upravi RS, posodobljena prostorska podatkovna infrastruktura za uporabo v hidroloških modelih in izdelana zasnova upravljanja podatkov o vodah za izboljšavo procesov upravljanja voda.

Dodana vrednost projekta je poleg naštetih konkretnih ciljev tudi vzpostavljeno mednarodno sodelovanje partnerjev v projektu, saj poleg slovenskih strokovnjakov iz javnega in zasebnega sektorja sodelujejo tudi norveški in islandski strokovnjaki, ki z dragocenimi izkušnjami zagotavljajo prenos dobrih praks iz svojih okolij in s tem dodatno prispevajo k uspehu celotnega projekta. Obenem pa s takimi uspešnimi projekti promoviramo tudi slovensko stroko in sposobnost operativnega izvajanja kompleksnih projektov.

## 5 Sklep

Ključna sestavina hidrološkega modeliranja in odgovornega modeliranja poplavne nevarnosti so višinski podatki. Z naborem mogočih prostorskih podatkov, ki se pri teh delih lahko uporabljajo in so danes prosto dostopni uporabnikom, je treba ravnati zelo previdno. Še posebej je treba poznati kakovost višinske predstave v podatkih, ki jih uporabljamo v modelih in napovedih. Poleg višinske predstave je treba uporabiti tudi primerne topografske podatke in druge prostorske podatke, ki poleg položaja objektov vsebujejo tudi podatke o njihovi višini na zemeljskem površju in njihove druge karakteristične višine. Ob vsem tem je treba poznati čas, v katerem so bili konkretni podatki zajeti, saj stroka stalno izboljšuje kakovost teh podatkov. Poleg naštetega se moramo zavedati tudi nenehnega delovanja tektonike in sprememb v grajenem okolju, ki jih uradne zbirke podatkov včasih ne »utegnejo«<sup>2</sup> zaznati. Zato je priporočljivo, da pri odločanju, katere prostorske podatke bomo uporabili za modeliranje in napovedovanje, poleg strokovnjakov s področja vodarstva sodelujejo tudi strokovnjaki geodetske stroke, ki lahko pri tako pomembnih odločitvah razjasnijo negotovosti in pomagajo izbrati namenu najustrežnejše podatke ali svetujejo pridobitev potrebnih podatkov, če se izkaže, da obstoječi ne ustrezajo namenu.

In za konec še odgovor na uvodno vprašanje – *ali lahko slabi prostorski podatki spremenijo tok vode*. Da, z lahkoto!

Mag. Jurij Režek, univ. dipl. inž. geod.  
Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija  
E-pošta: jurij.rezek@gov.si

Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.  
Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija  
E-pošta: sandi.berk@gis.si

Matjaž Grilc, univ. dipl. inž. geod.  
Digi data d.o.o., Šenčur, Slovenija  
E-pošta: matjaz@digidata.si



## Viri in literatura

Alho, P., Hyyppä, H., Hyyppä, J. (2009): Consequence of DTM Precision for Flood Hazard Mapping: A Case Study in SW Finland. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research*, 6 (1), 21–39.

Bric, V., Berk, S., Oven, K., Triglav Čekada, M. (2015): Aerofotografiranje in aerolasersko skeniranje Slovenije. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2014. Zbornik del, str. 57–71.

Bric, V., Berk, S., Triglav Čekada, M. (2013): Zagotavljanje kakovosti georeferenciranja podatkov aerolaserskega skeniranja za upravljanje voda. *Geodetski vestnik*, 57 (2), 271–285.

GURS (2010): Navodilo za določanje višin z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov. Dostopno na: [http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2010p/Navodilo\\_za\\_GNSS-visinomerstvo\\_r2.pdf](http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2010p/Navodilo_za_GNSS-visinomerstvo_r2.pdf) (pridobljeno 11. 5. 2015).

Kete, P., Berk, S. (2012): Stari in novi državni koordinatni sistem v Republiki Sloveniji ter koordinatni sistem zveze Nato. *Geoprostorska podpora obrambnemu sistemu Republike Slovenije*. Zbornik, str. 259–279.

Koler, B., Medved, K., Kuhar, M. (2007): Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 51 (4), 777–792.

Kuhar, M., Berk, S., Koler, B., Medved, K., Omang, O. C. D., Solheim, D. (2011): Vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva. *Geodetski vestnik*, 55 (2), 226–234.

Mikoš, M. (2014): Zakaj nas lahko pred poplavami obrani le pravilen hidrografski model? (predavanje). Otvoritvena konferenca projekta »Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganja posledic poplav«. Ljubljana, 4. februar 2014. Dostopno na: <https://izs.mitv.si/asset/53DKRBbGccFehtd8R> (pridobljeno 11. 05. 2015).

NFM/EGP (2013–2016): Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganja posledic poplav (spletne strani projekta). Dostopno na: <http://www.gurs-egp.si> (pridobljeno 11. 5. 2015).

Sodnik, J., Vrečko, A., Podobnikar, T., Mikoš, M. (2012): Digitalni modeli reliefa in matematično modeliranje drobirskih tokov. *Geodetski vestnik*, 56 (4), 826–837.

Stopar, B. (2014): Zakaj je lahko višinski mm pri poplavah tako zelo visok? (predavanje). Otvoritvena konferenca projekta »Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganja posledic poplav«. Ljubljana, 4. februar 2014. Dostopno na: <https://izs.mitv.si/asset/zFWcrr584DrFGa3Gt> (pridobljeno 11. 5. 2015).

Stopar, B., Režek, J., Komadina, Ž., Medved, K., Berk, S., Bajec, K., Oven, K., Koler, B., Urbančič, T., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Sterle, O. (2015): Aktivnosti pri vzpostavitvi sodobnega geodetskega referenčnega sistema v Sloveniji. *Geodetska (r)evolucija*. 43. geodetski dan. Zbornik posveta, str. 37–56.

Wollersheim, M. (2015): What's up with vertical datums? (blog). *Intermap Technologies*. Dostopno na: <http://www.intermap.com/risks-of-hazard-blog/2015/04/whats-up-with-vertical-datums> (pridobljeno 11. 5. 2015).

ZDGRS (2014). *Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu*, Uradni list RS, št. 25/2014. Dostopno na: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2014-01-0962> (pridobljeno 11. 5. 2015).

Zaključno letno poročilo projekta »Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganja posledic poplav« za leto 2014, Ljubljana, december 2014. Dostopno na: <http://www.gurs-egp.si> (pridobljeno 11. 5. 2015).