

O NASTANKU KOORDINATNEGA SISTEMA D48

THE ORIGIN OF THE D48 COORDINATE SYSTEM

Siniša Delčev, Gábor Timár, Miran Kuhar

UDK: 528.3/4"18/21"(497.4)
 Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
 Prispelo: 2.7.2014
 Sprejeto: 24.11.2014

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2014.04.681-694
 PROFESSIONAL ARTICLE
 Received: 2.7.2014
 Accepted: 24.11.2014

IZVLEČEK

V članku je opisana zgodovina razvoja temeljnih horizontalnih geodetskih mrež na območju Republike Slovenije. Predstavljena so dela od začetkov v XVIII. stoletju, prek razvoja trigonometrične mreže MGI, njene obnove v obdobju po prvi in drugi svetovni vojni do nastanka nove astrogeodetske mreže Slovenije v šestdesetih in sedemdesetih letih prejšnjega stoletja.

ABSTRACT

This article describes the development of horizontal control networks in the Republic of Slovenia. Presented are the earliest products in the 18th century, the development of trigonometric network of MGI, its reconstruction in the period after the first and the second World Wars, and the establishment of new astrogeodetic network of Slovenia in the sixties and seventies of the last century.

KLJUČNE BESEDE

D48, MGI, triangulacija, trigonometrična mreža

KEY WORDS

D48, MGI, triangulation, trigonometric network

1 UVOD

Od 1. januarja 2008 se v Sloveniji uporablja novi državni horizontalni koordinatni sistem z imenom D96/TM (ZEN, Uradni list RS, št. 47/2006, 65/2007, 79/2012). Aprila 2014 je začel veljati tudi Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu (ZDGRS, Uradni list RS, št. 25/2014), ki določa uveljavitev novega koordinatnega sistema za vse namene. S tem dnevom veljavnost starega koordinatnega sistema D48/GK ni povsem prenehala, saj se večina geodetskih nalog še izvaja s koordinatami geodetskih točk, podanimi v tem koordinatnem sistemu. Vsem geodetom je znano, da horizontalno sestavino državnega prostorskega koordinatnega sistema označujemo s kraticama geodetskega datuma in kartografske projekcije, kar za D48/GK pomeni: Geodetski datum 1948, Gauß-Krügerjeva projekcija (ZDGRS, Uradni list RS, št. 25/2014). Verjamemo pa, da je zgodovina nastanka starega koordinatnega sistema manj znana, predvsem pa je zanimivo pojasniti, od kod ravno ime D48.

V članku opisujemo zgodovino razvoja temeljnih geodetskih mrež na območju Republike Slovenije, ki so podlaga starega horizontalnega koordinatnega sistema.

2 RAZVOJ TEMELJNIH POLOŽAJNIH MREŽ NA OZEMLJU SLOVENIJE DO POLOVICE XIX. STOLETJA

Stari državni koordinatni sistem z oznako D48/GK sestavlja astrogeodetska mreža trigonometričnih točk prvega reda. Njegove korenine segajo v avstro-ogrsko monarhijo, v drugo polovico XIX. stoletja.

Temeljne geodetske mreže so se na našem ozemlju začele razvijati že prej. Med letoma 1762 in 1767 si je jezuit pater Joseph Liesganig (verjetno slovenskega rodu – Leskovnik) zamislil in izvedel stopinjsko merjenje ob »Dunajskem« meridianu: v ta namen je razvil in izmeril verigo trikotnikov od Brna do Varaždina. V severovzhodni Sloveniji so bile štiri točke te verige: zvoniki cerkev sv. Urbana nad Mariborom, sv. Magdalene na Kapelskem Vrh, v Jeruzalemu in sv. Urbana na Belskem Vrh (Južnič, 2006). Pozneje se je izkazalo, da je Liesganig zagrešil napako pri meritvi trikotnika Wildon–Sv. Urban nad Mariborom–Sv. Magdalena na Kapelskem Vrh, saj je postavil meridian ob Varaždinu preveč vzhodno. To je leta 1799 popravil Laplace (Južnič, 2006).

V začetku XIX. stoletja so se v avstrijskem cesarstvu resno lotili izdelave zemljiškega katastra, katerega načrti naj bi imeli enotno geodetsko podlago, veljavno za čim večje ozemlje. Osnovno triangulacijsko mrežo (1. reda) so takrat razvijali za potrebe vojaške kartografije in je bila dobrodošla podlaga tudi za katastrsko izmero. Podrejene mreže pa so katastrski geodeti (ki so bili prav tako vojaški častniki) raje razvijali na novo (Jenko, 2008). Prvo mrežo 1. reda so v naše primorske kraje »prinesli« Francozi iz severne Italije okrog leta 1806. Od leta 1816/17 naprej so Avstrijci prav od tam nadaljevali triangulacijo, in sicer zlasti proti severu, saj so se želeli sčasoma povezati z mrežo v današnji severni Avstriji (Jenko, 2008). Leta 1817 je nastal tudi krimski sistem, prvi katastrski koordinatni sistem v slovenskih in okoliških deželah. Merilo in orientacija sta bila povzeta po francoski stranici Slavnik–Učka, povezani s Krimom prek točk Snežnik in Nanos (Jenko, 2008). Osnovno triangulacijsko mrežo (1. reda) so takrat razvijali za potrebe vojaške kartografije in je bila dobrodošla podlaga tudi za katastrsko izmero. Triangulacijske mreže nižjih redov za potrebe katastrske izmere so bile podlaga za sistematsko izmero zemljišč v merilu 1 : 2880. Čez nekaj let so razvili mrežo 2. reda in še eno, gostejšo mrežo, tako imenovano mrežo dodatnih trikotnikov 3. reda. Detaljno triangulacijo so od 3. reda naprej razvijali grafično z merskimi mizami, kar je tako imenovana grafična triangulacija (Ferlan, 2005). Z glavno in dopolnilno mrežo triangulacije naj

bi pokrili celotno pokrajino, tako da so na listu (ene kvadratne avstrijske milje) vsaj tri triangulacijske točke približno enakomerno razporejene na medsebojni razdalji približno 5 kilometrov (Feucht, 2008).

3 TRIGONOMETRIČNA MREŽA MGI

Leta 1839 so na Dunaju ustanovili Vojaški geografski inštitut (*K.u. k. Militärgeographisches Institut – MGI*). MGI je začel dolgotrajno obnovo mreže 1. reda v celotni državi. Naše ozemlje je prišlo na vrsto v zadnjih desetletjih XIX. stoletja. Uradni rezultati več kot petdesetletnega dela so objavljeni v štirih zvezkih z imenom: Rezultati triangulacije C. in kr. vojaškega geografskega inštituta (*Die Ergebnisse der Triangulierungen des K. u. k. Militär-Geographischen Institutes*; v nadaljevanju vir imenujemo Rezultati). Za nas je pomemben prvi zvezek, izdan leta 1902: *I. Band: Triangulierung I. Ordnung im westlichen Teile der Monarchie und den südlich anschliessenden Gebieten*, saj vsebuje seznam geodetskih koordinat trigonometričnih točk, podanih v tako imenovanem pariškem sistemu. Geografske dolžine se nanašajo na začetni meridian na skrajnem otoku Kanarskega otočja Ferro (danes Hierro – svetilnik na južnem koncu otoka). V tem sistemu ima Pariz okroglo geografsko dolžino 20° E. Geografske (geodetske) koordinate se nanašajo na Besslov elipsoid iz leta 1841.

Veliko srednjeevropskih držav je pri vzpostavitvi državnih koordinatnih sistemov kot referenčnega uporabilo Besslov elipsoid. Mnogi avtorji so navajali tehten razlog za to: »Besslov elipsoid se najbolj prilaga geoidu na območju srednje Evrope.« Friedrich Wilhelm Bessel je imel za izračun parametrov elipsoida na voljo deset stopinjskih meritev, opravljenih med letoma 1737 in 1841: Peru, Indija (dve), Francija, Anglija, Saška - Hannover (Gauss), Danska, Prusija (Bessel), Rusija in Švedska (Jordan, Eggert, 1923). Meritve v južni Ameriki in Indiji so bile najstarejše in slabše kakovosti, torej so večino novejših (kakovostnejših in natančnejših) meritev izpeljali na območju širše srednje Evrope. Bessel je parametre elipsoida podal v francoskih dolžinskih enotah »toise« (v pariških sežnjih), v metrski sistem so jih preračunali pozneje, saj so ga v Evropi začeli uvajati leta 1875, po sprejetju metrske konvencije (Hooijberg, 2008).

Trigonometrična mreža MGI (1. reda) na ozemlju avstro-ogrske monarhije je obsegala več kot 600 točk. V njej je bilo izmerjenih 16 baz, od tega pet na ozemlju nekdanje Jugoslavije. Baze so bile v naslednjih krajih: Mariboru (izmerjena leta 1860, dolžina 5,7 km), Sinju (izmerjena leta 1870, dolžina 2,5 km), Dubici (izmerjena leta 1878, dolžina 2,9 km), Sarajevu (izmerjena leta 1882, dolžina 4,0 km) in Vršču (izmerjena leta 1895, dolžina 4,0 km) (GGU, 1948). Skica mreže na območju zahodnega Balkana je prikazana na sliki 1. Mrežo sta v grobem sestavljali dve trikotniški verigi od Slovenije do Vojvodine in od Slovenije vzdolž Dalmacije do Črne gore, ki sta bili pozneje povezani s trikotniško verigo prek ozemlja Bosne in Hercegovine. Izhodišče celotne mreže je točka Hermannskogel pri Dunaju, njene geografske koordinate so bile astronomsko določene leta 1892 (preglednica 1) (Adamik, 1949).

Preglednica 1: Astronomske geografske koordinate točke Hermannskügel.

Koordinata	Vrednost	Opomba
Φ	48°16'15,29"	
Λ	33°57'41,06"	vzhodno od Ferra
Λ	16°17'55,04"	vzhodno od Greenwicha
A	107°31'47,70"	azimut na točko Hundsheimer Berg

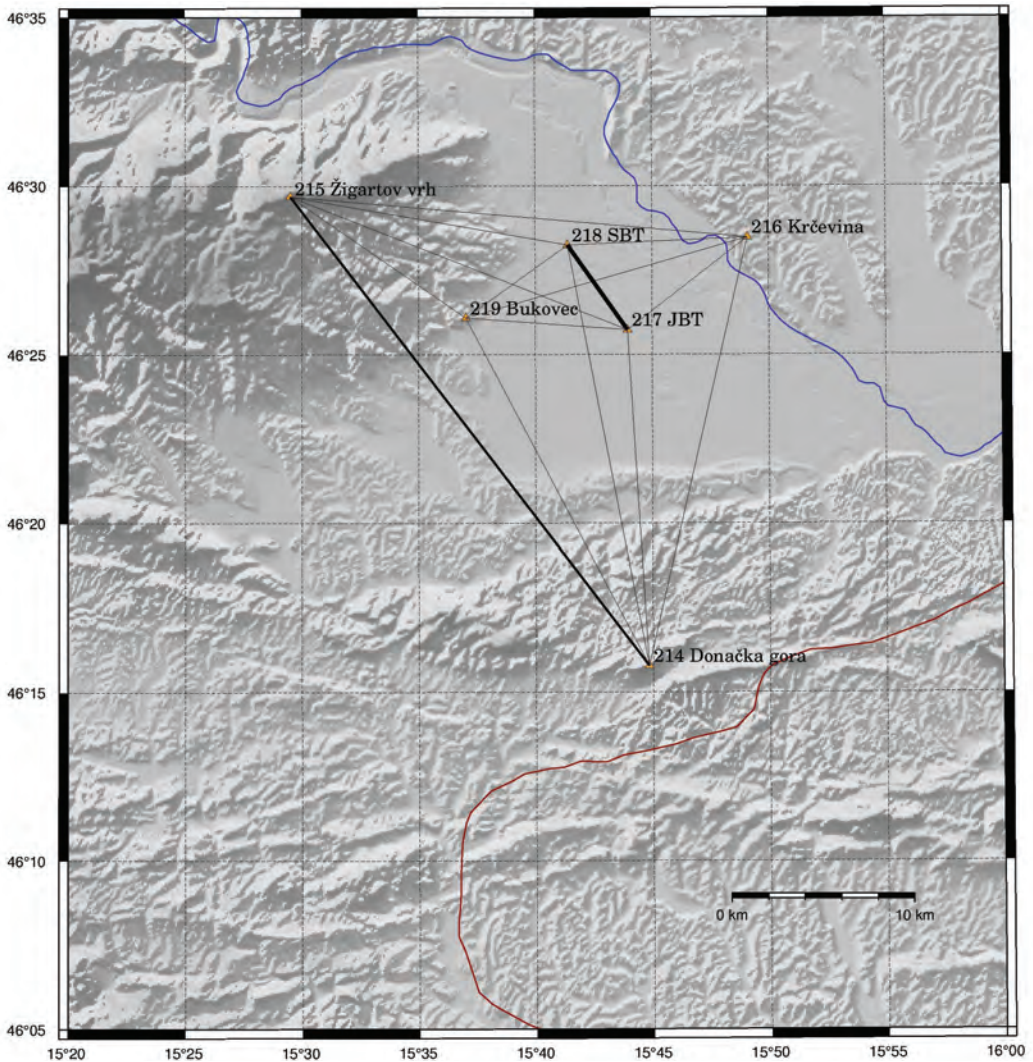
Poznejša primerjava koordinat trigonometričnih točk jugoslovanske mreže s točkami mreže sosednjih držav je pokazala precejšnje razlike, predvsem v geografski dolžini. Z vnovično določitvijo koordinat točke Hermannskügel se je pokazalo, da so bili rezultati iz leta 1892 napačni. Viri navajajo različne vrednosti napake (Muminagić, 1967). Vse to kaže, da je bila orientacija mreže MGI na elipsoidu napačna.



Slika 1: Mreža MGI na območju zahodnega Balkana.

Bazo pri Mariboru z imenom Kranichsfeld (nemško ime za Rače) so izmerili leta 1860. Dolga je 5697,405 metra, skrajnji točki sta 217 Starošince (JBT) in 218 Orehova vas (SBT), slika 2. Izhodna računsko stranica bazne mreže je bila med točkama 214 Donati (Donacka gora) in 215 Bacher (Žigartov vrh), vmesni točki sta bili 216 Würtemberg (Krčevina) in 219 Buchberg (Bukovec) (Svečnik, 1953).

Mreža MGI ni v celoti pokrivala ozemlja sedanje Slovenije, Hrvaške, Bosne in Hercegovine ter črnogorskega primorja. V Sloveniji je bila vrzel med Pohorjem in Gorjanci, velika praznina je bila tudi v zahodni Bosni, od Save do Biokovega; pas od Pomurja do zahodne Slavonije je bil slabo pokrit.



Slika 2: Bazna mreža Maribor.

Podatkov o oceni natančnosti opravljenih meritev v mreži MGI ni zaslediti. Svečnikov (1953) je naknadno izračunal oceno natančnosti avstrijskih meritev. To je opravil na podlagi popravkov za smeri, navedenih v zvezku 1 Rezultatov. Mreža točk vsebuje 1245 trikotnikov s 1817 smermi, ki so bili opazovani s 356 točk. Standardni odklon merjene smeri je izračunal po enačbi (1):

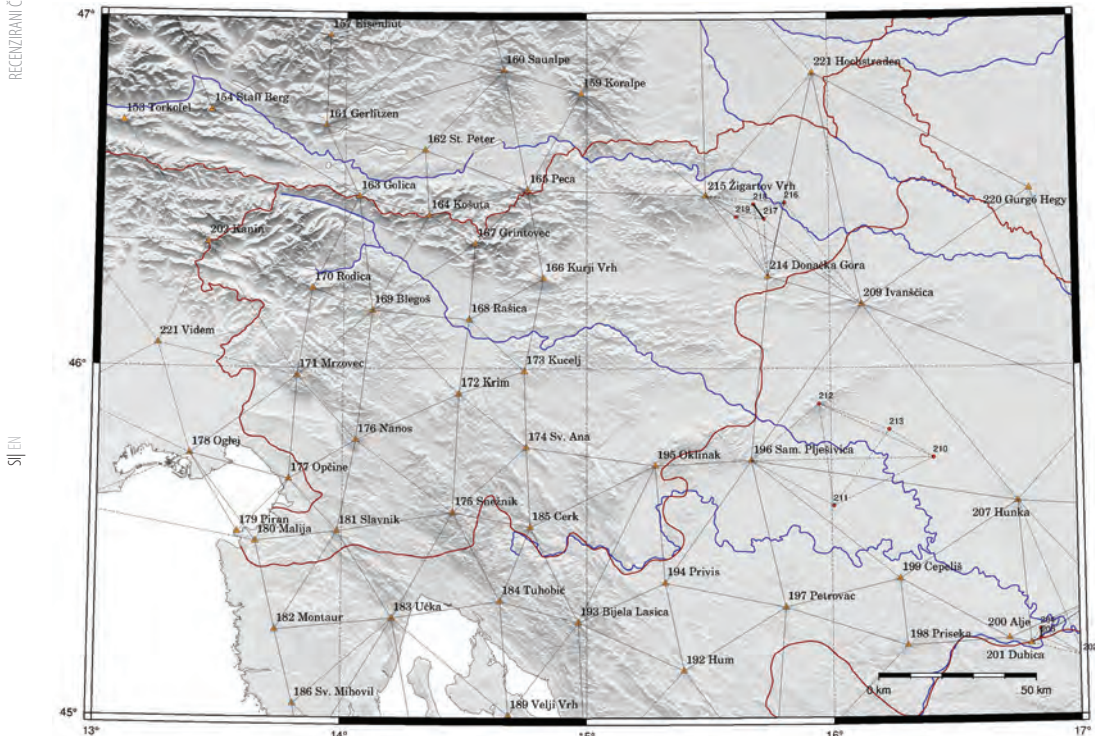
$$\sigma_s = \sqrt{\frac{[w]}{n-3k}} \quad (1)$$

pri čemer sta: n – število smeri, k – število točk. Izračunana vrednost je bila $\sigma_s = 1,11''$ (Svečnikov 1953). Na koncu je Svečnikov izračunal še standardni odklon merjenega kota iz odstopanj zapiranja trikotnikov po enačbi Ferrera (2):

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{[ff]}{3n}} = 0,90'' \quad (2)$$

pri tem so: f – odstopanja vsote kotov v trikotniku, n – število trikotnikov v mreži.

Mrežo MGI na ozemlju Slovenije in njene sosesčine prikazujemo na sliki 3.



Slika 3: Mreža MGI na ozemlju današnje Slovenije.

4 OBDOBJE MED DVEMA SVETOVNIMA VOJNAMA

Kraljevina SHS je sprejela osnovno trigonometrično mrežo MGI kot horizontalno podlago za vse potrebe geodezije v državi. Vsa dela na trigonometrični mreži 1. reda sta opravila Vojaški geografski inštitut (VGI) iz Beograda in oddelek za kataster pri finančnem ministrstvu (Svečnikov, 1953). Vpeljali so tudi Gauß-Krügerjevo projekcijo v treh meridianskih conah z osmi 15°, 18° in 21° vzhodno od Greenwica. Geografske dolžine vseh točk so bile podane glede na pariški meridian. Da bi jih preračunali v sistem glede na Greenwich, so jih morali vse zmanjšati za 17°39'46,02" (tako imenovana Albrechtova konstanta) (Adamik, 1949). Potem so lahko začeli pretvorbo geografskih koordinat točk v pravokotne GK-koordinate. Osnovno trigonometrično mrežo kraljevine sta dejansko sestavljali dve mreži: mreža MGI in mreža, ki jo je v obdobju 1900–1923 določil VGI iz Beograda in je s prvo povezana prek sedmih točk (Svečnikov, 1953).

Med dvema svetovnjima vojnoma si je VGI prizadeval za izboljšanje in zgostitev mreže. Leta 1937 so se

začela dela na mreži 1. reda v zahodnem delu države. Sprva so nameravali le zapolniti zgoraj navedene praznine, ko pa so odkrili mnogo poškodovanih in nezanesljivo obnovljivih ter celo uničenih avstro-ogrskih točk, so izmerili celoten blok od osrednje Bosne in Slavonije do Ljubljane ter do avstrijske in madžarske meje, pri čemer niso upoštevali morebitnih delno ohranjenih delov mreže MGI. Takrat so bile izbrane naslednje nove točke: 222 Kalnik, 223 Uršlja gora, 224 Orljek, 372 Velika Kopa, 373 Mrzlica, 374 Javornik, 375 Gorjanci, 384 Brusnik, 385 Grmada, 386 Lokavec, 387 Kamenek, 388 Lendavske Gorice, 389 Kotoriba, 396 Zglavnica. Skupaj so opravili meritve horizontalnih kotov na 95 točkah; vizirali so večinoma na piramide, manj na heliotrope (Adamik, 1949).

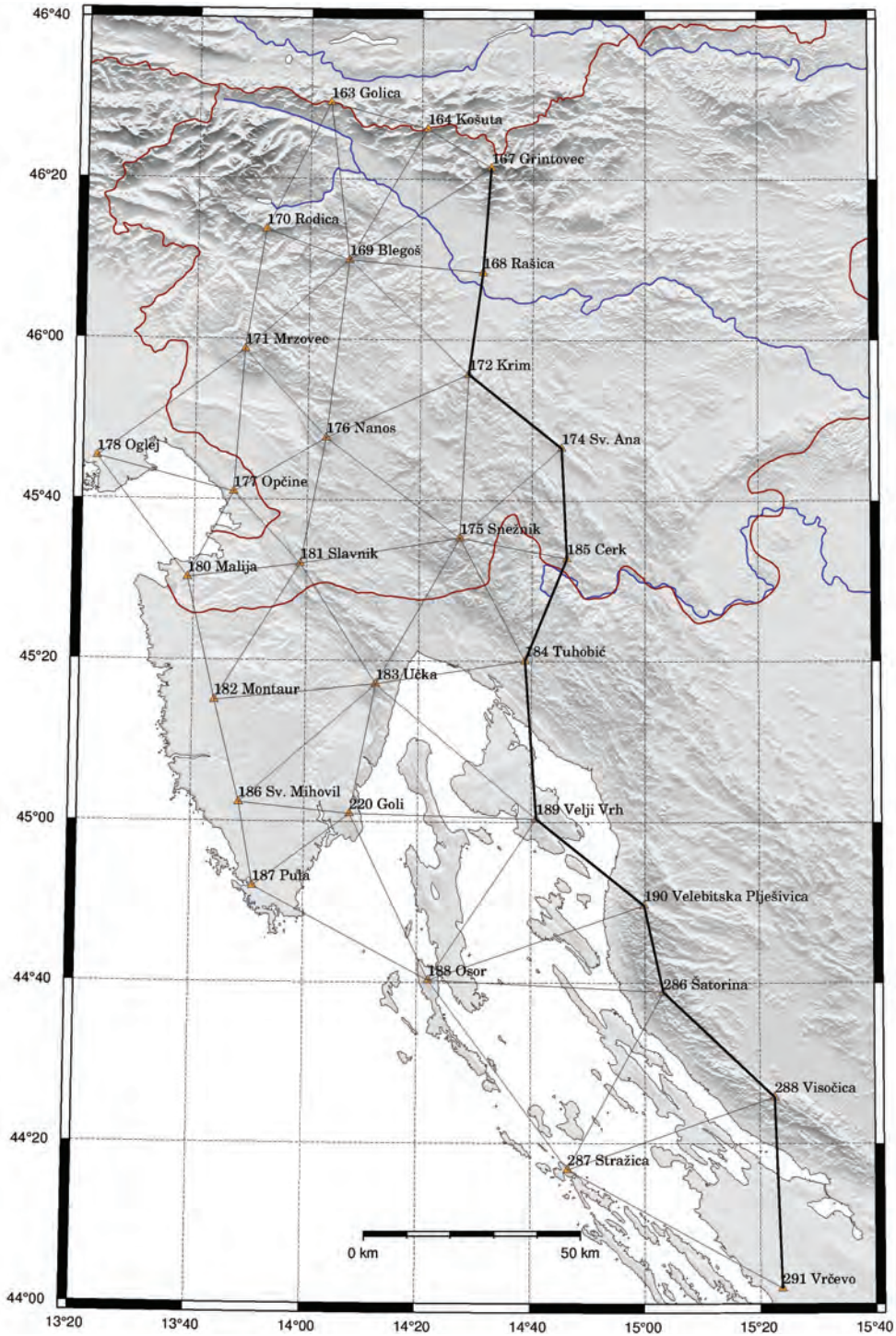
V okviru teh del so leta 1939 vnovič izmerili Mariborsko bazno mrežo, vse zaradi kontrole točk Žigartov vrh in Donačka gora. Vključili so tudi novo točko Grmada v bližini avstrijske točke Krčevina (Wurmberg). Zaradi pozidave na sami bazi niso mogli ponoviti vseh kotnih meritev niti merjenja dolžine baze. Kotne meritve v mreži so izravnali po pogojni metodi. Na podlagi koordinat točk Bukovec in Krčevina, prevzetih iz Rezultatov, so nato izračunali koordinate preostalih točk v bazni mreži (Svečnikov, 1953).

Leta 1940 je bilo terensko delo končano. To sicer enovito mrežo so računsko razdelili na pet skupin. Slovenijo sta zajemali 2. skupina (pas od dveh danih točk v zahodni Slavoniji do obnovljene mariborske bazne mreže) in precej večja 4. skupina, ki se je naslanjala na 2. skupino, in sicer na stranici Žigartov vrh–Donačka gora–Sljeme. Zahodna meja 4. skupine je bila črta Grintovec–Rašica–Krim–Sv. Ana–Cerk. Računanje je bilo končano po drugi vojni. S to izravnavo so dobile ohranjene točke (Krim, Rašica ...) nove koordinate. V 4. skupini so se žal pokazale sistematske, proti zahodu naraščajoče razlike v koordinatah. Koordinate točk y Krim, Kucelj, Sv. Ana, Rašica, Vivodnik, Grintovec so se na primer razlikovale za približno tri metre, koordinate x pa za približno en meter (čeprav je od Krima do Donačke gore le 105 kilometrov). Koordinate točke Blegoš, ki je bila takrat pri meji z Italijo, so izračunali posebej, meritve z nje niso opravili, večinoma so uporabili avstrijske meritve (Adamik, 1949). Odstopanja med MGI in novimi koordinatami so tudi pri točki Blegoš podobna kot pri preostalih točkah.

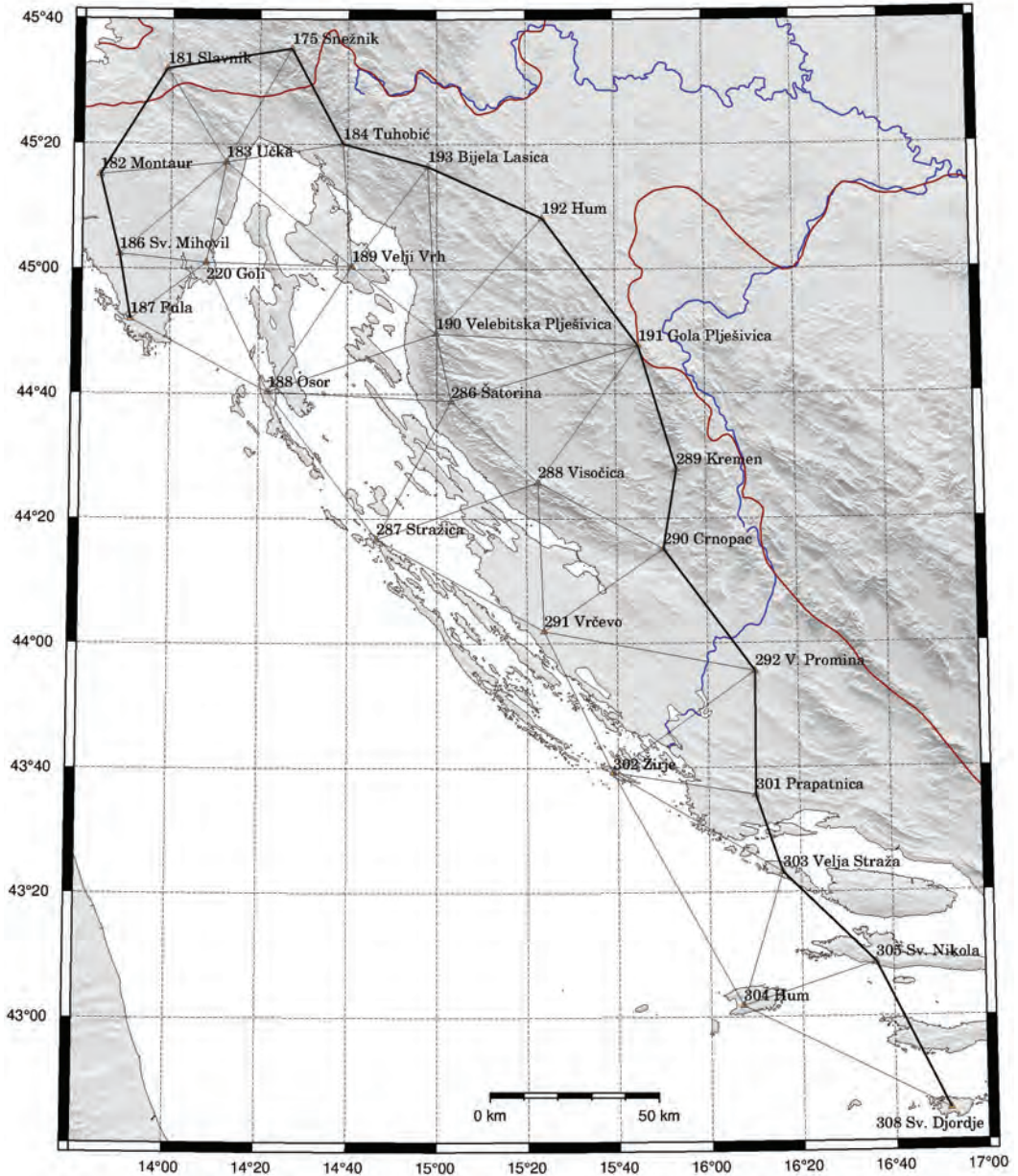
5 DELA PO DRUGI SVETOVNI VOJNI

Takoj po vojni je takratni VGI pospešeno razvijal triangulacijsko mrežo 2. in 3. reda na območju zahodne Slovenije ter cone B Slovenskega primorja in Istre. Mreže 1. reda tu ni obnovil, temveč je s kotnimi meritvami, privzetimi iz Rezultatov, zasnoval skupino obstoječih točk 1. reda od Karavank in čez Istro do Zadra, ter meritve izravnal tako, da je točke zahodnega roba 4., 5. in 3. skupine privzel kot dane (1947) (Svečnikov, 1953). Ta pas točk nekateri imenujejo računsko mrežo Grintovec–Vrčevo, pa tudi »mreža na priključenih območjih«, saj pokriva ozemlje, ki je bilo po 2. svetovni vojni vrnjeno matični domovini (slika 4).

Južni del tega pasu (od Reke naprej) je bilo treba zaradi nekaterih uničenih točk zares obnoviti, torej tudi v celoti izvesti meritve (1948). Ta skupina točk, imenovana Severni Jadran, je zajela tudi dalmatinsko otočje in je segala do Lastova, slika 5. Naj omenimo, da mreža vsebuje najdaljšo stranico v takratni jugoslovanski mreži: Žirje–Hum (otok Vis), ki je dolga 79,2 kilometra. Od vseh na novo določenih točk te mreže je za mrežo 1. reda v Sloveniji pomembna le Učka.



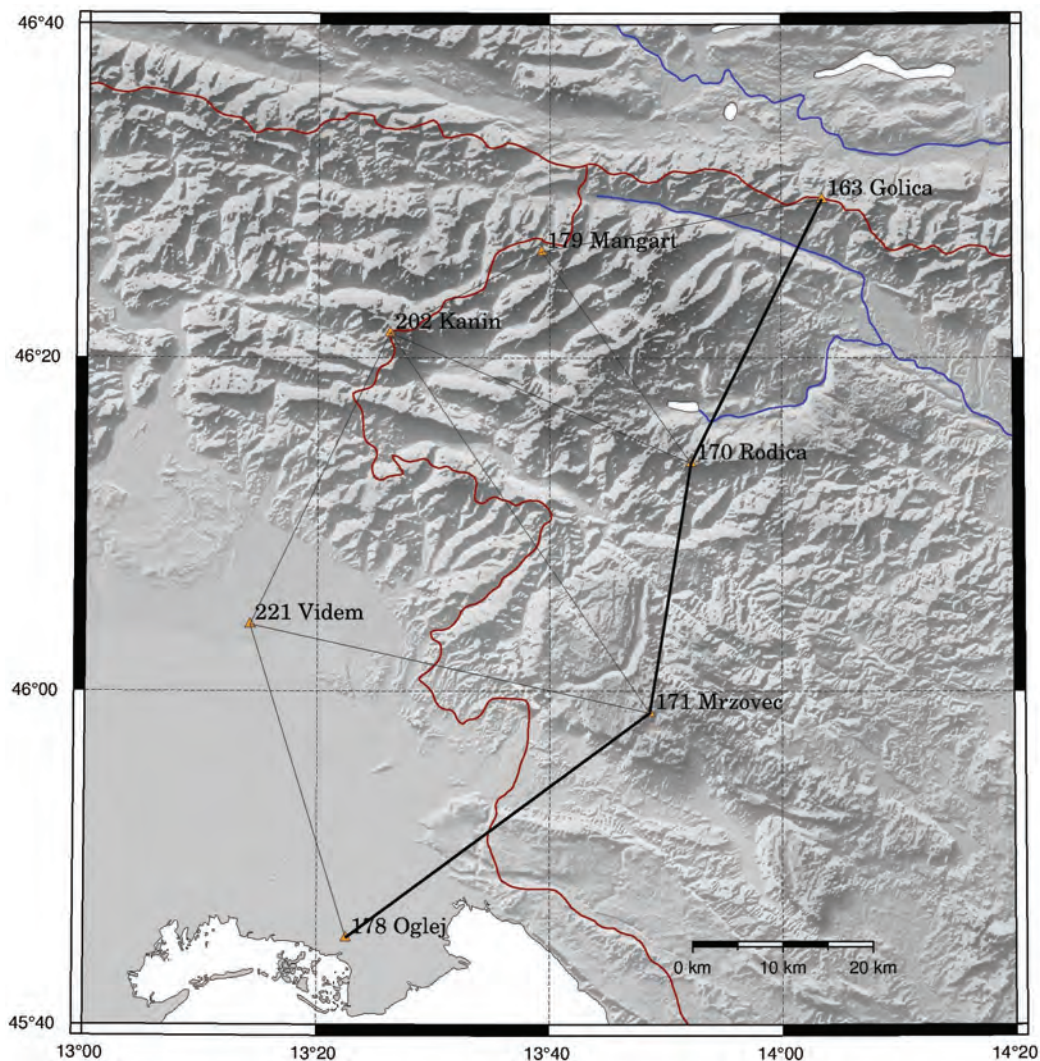
Slika 4: Računska mreža Grintovec–Vrčevo.



RECEZIRANI CLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES
SI | EN

Slika 5: Mreža Severni Jadran.

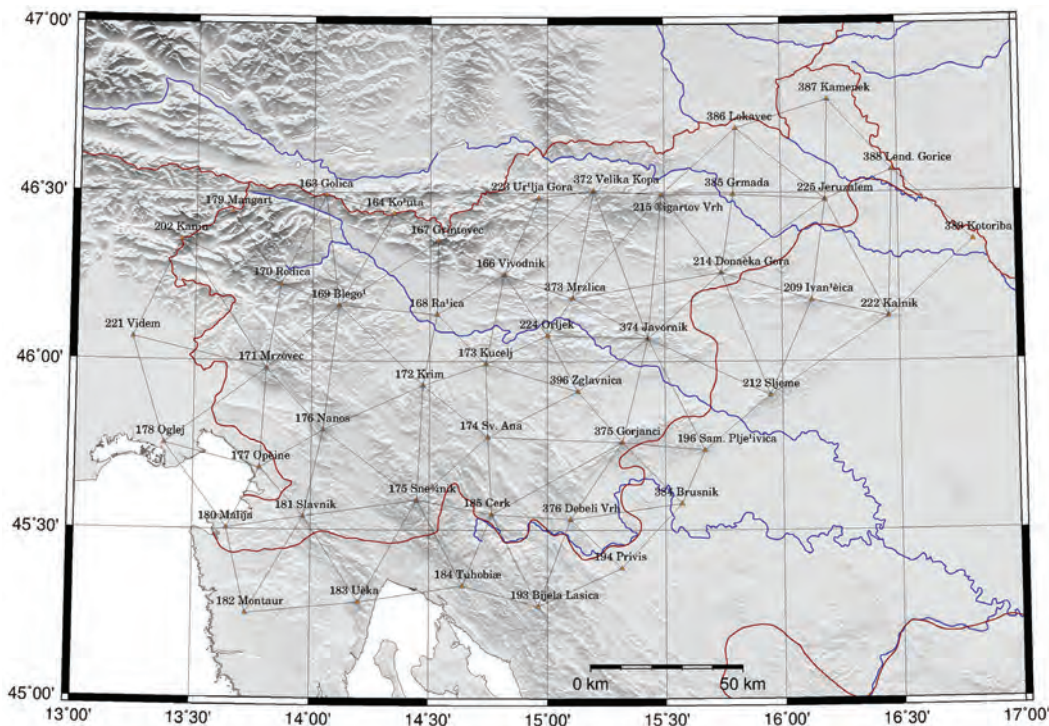
Na skrajnem severozahodu Slovenije je bilo treba po priključitvi Primorske dodati še točki Kanin in Mangart, ki ju ni bilo v Rezultatih. V sodelovanju z Italijo je tako nastala še skupina Mangart–Kanin–Videm, naslonjena na dane točke Ogled, Mrzavec, Rodica in Golica (slika 6) (Svečnikov, 1953).



Slika 6: Mreža v severozahodni Sloveniji.

Z izračunom te skupine (1948) je bila mreža 1. reda v celotni Sloveniji končana in je še danes uporaben, čeprav z napakami in deformacijami obremenjen koordinatni sistem, ki mu pravimo »Datum ,48« (D48), slika 7.

Leta 1949 je bila stabilizirana, leta 1950 pa izmerjena Radovljiška baza s pripadajočo mrežo. Meritve je opravil VGI (Vojno geografski inštitut) iz Beograda. Ko so iz baze in izravnanih meritev v bazni mreži izračunali dolžino stranice 1. reda Golica–Košuta (približno 23 kilometrov), so ugotovili, da je 0,552 metra daljša od vrednosti, računane iz koordinat, podanih v Rezultatih (Svečnikov, 1953). Neposredna meritev baze s telurometrom leta 1965 je ta rezultat potrdila (Jenko, 1976). To je bil prvi pravi dokaz za deformacije merila trigonometrične mreže, ki po poznejših raziskavah ponekod na severnem Primorskem



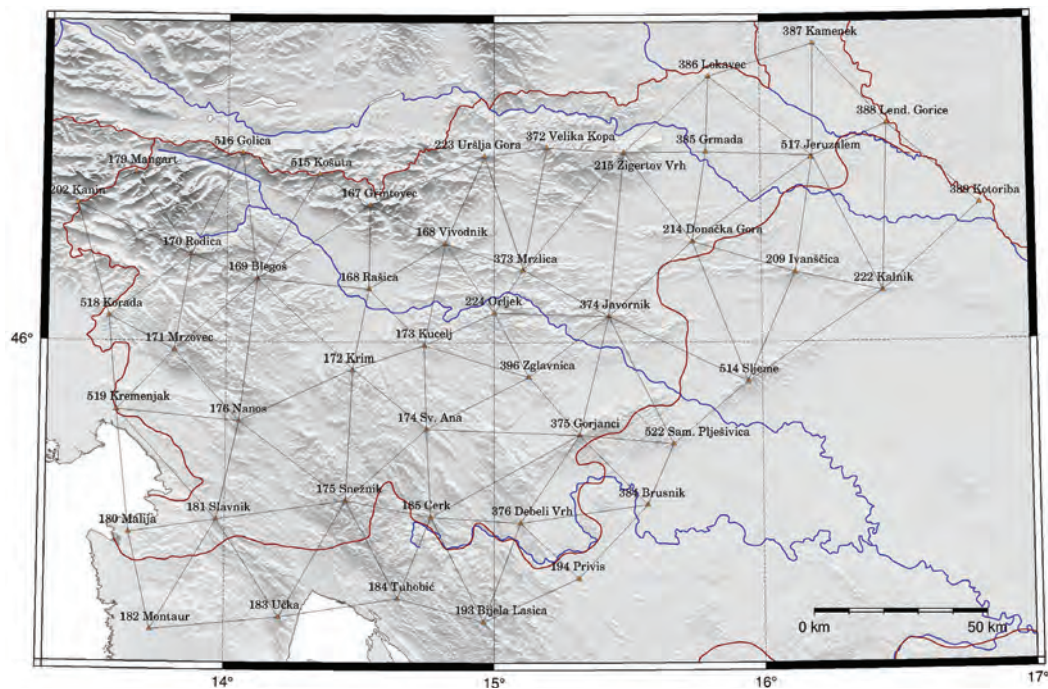
Slika 7: Trigonometrična mreža 1. reda v Sloveniji leta 1948.

presežejo 30 milimetrov na kilometer. Vrednosti določene radovljiške baze tako pri nadaljnjih računanjih niso upoštevali. Če bi jo namreč vključili v vnovično računanje mreže 1. reda, bi nastale velike, tudi nekajmetrske spremembe koordinat. Vnovično računanje mrež nižjih redov, ki so bile do tedaj razvite in so se uporabljale v osrednji in zahodni Sloveniji, pač ni prišlo v poštev. Tudi pozneje, v novi astrogeodetski mreži (AGM), radovljiška baza ni imela vloge.

Takratna jugoslovanska mreža 1. reda po kakovosti ni ustrezala mednarodnim standardom. Tudi zato so v 60. letih 20. stoletja začeli priprave za izdelavo povsem nove mreže, ki bi naj imela dobro in homogeno natančnost kotnih meritev, pravilno razporejene triangulacijske baze, Laplaceove azimute in geoidne točke. V okviru del za to novo »astronomsko-geodetsko mrežo« (AGM), ki so se začela leta 1961, so za Slovenijo pomembne zlasti fizična obnova mreže in kotne meritve, opravljene v obdobju 1963–1965 (Marić, Jovanović, 1976).

Stare opazovalne stebre so skoraj povsod nadomestili z novimi, ki so bili bolj masivni in so imeli značilen štirioglat vrh. Na osmih točkah so (v glavnem zato, ker stojijo v gozdu) stebri visoki od 6 do 22 metrov; zato so bili opremljeni z lesenim odrom za opazovalce. Točke na italijanskem ozemlju so bile opuščene in nadomeščene z novima trigonometričnima točkama Korada in Kremenjak. Točke Golica, Košuta in Jeruzalem so bile predstavljene, enako velja za Sljeme in Samoborsko Plješivico, zato so dobile nove oznake (slika 8). Kakovost izmerjenih kotov je bila v skladu s priporočili Mednarodne zveze za geodezijo in geofiziko (Marić, Jovanović, 1976).

Vsa dela in merjenje kotov sta opravili beograjski ustanovi VGI in ZZF (Zavod za fotogrametrijo, Beograd) (Činklović, 1984). Geodetska uprava RS je pozneje skrbela za vzdrževanje opazovalnih stebrov (zlasti visokih). Namesto lesenih odrov za opazovalce so bili pod vrhom stebrov vgrajeni kovinski nosilci za montažne podeste (Jenko, 1986).



Slika 8: Astrogeodetska mreža v Sloveniji.

6 DELA V ZADNJEM OBDOBJU

Leta 1975 se je začelo večletno raziskovanje kakovosti obstoječih trigonometričnih mrež. Z uvajanjem elektronsko merjenih dolžin v računanje geodetskih mrež so se namreč pogosto odkrivale sicer ne ravno velike, a moteče napake v koordinatah triangulacijskih točk.

Na področju 1. reda so se raziskovalci omejili na Slovenijo (35 točk), s pasom onkraj hrvaške meje (do črte Montaur–Privis–Kotoriba s še 11 točkami). Z laserskimi razdaljmeri je bilo do 1981. leta izmerjenih 49 razdalj med točkami 1. reda (pozneje so jih dodali še osem). Obstajajo sklenjen obodni poligon izmerjenih stranic in dva diagonalna poligona (Jenko, 1986).

Izmerjene dolžine so raziskovalci združili s kotnimi meritvami v AGM in z njimi opravili raziskovalne izravnave opisanega bloka 46 točk. Pomembna je bila tako imenovana »I4« – zelo uspešna izravnava meritev v prosti mreži s 66 trikotniki, 22 smermi in 49 merjenimi stranicami. Orientacija mreže je sicer približna; dana je le osrednja točka Kucej s smernim kotom proti Zglavnici (Jenko, 1986).

Rezultati I4 se niso uporabljali le za analizo stare mreže 1. reda, temveč tudi pri sanacijah mrež 2. in 3. glavnega reda. Metoda sanacije je bila v bistvu taka: na izbranem območju so se izmerile izbrane stranice,

redko tudi koti; skupno s starimi kotnimi merjenji so se te meritve izravnavale v okviru trikotnikov mreže I4 na tistem območju, tako izračunane koordinate saniranih točk so se zatem z afino transformacijo transformirale v okvir uradno veljavne koordinate mreže 1. reda. To je bilo nujno za praktično uporabo državne geodetske mreže, čeprav se je natančnost sanirane mreže s tem nekoliko poslabšala (Jenko, 1986).

Takratne skupine točk 2. oziroma 3. reda, namenjene sanaciji, bi se dandanes lahko večinoma izravnale v sistemu D96 (seveda, če se v arhivih še vedno najdejo originalni podatki terenskih meritev). Tako bi bil dosežen končni cilj teh sanacij, in to brez novih terenskih merenj.

7 SKLEP

Po osamosvojitvi Slovenije se je z analizo mreže AGM in možnostjo vključitve izmerjenih baznih vektorjev GPS v izravnavo ukvarjal Stopar (2001), opis modeliranja distorzij mreže na podlagi izvedenih meritev GPS lahko najdemo v Stopar, Kuhar (2003). Na širšem območju mreže je analize opravljenih klasičnih meritev izdeloval tudi eden od soavtorjev tega prispevka (Delčev, 2001). Leta 1994 smo dočakali prvo uradno EUREF-ovo kampanjo GPS na ozemlju Slovenije (EUREF SLO-CRO'94), pri čemer so bile meritve opravljene na osmih točkah mreže AGM. Čez eno leto je sledila kampanja SLOEUREF'95, v kateri so meritve izvedli na vseh 34 točkah mreže. S tema merskima kampanjama in priključitvijo kampanji na Hrvaškem leta 1996 je bila vzpostavljena podlaga za izračun koordinat točk mreže v koordinatnem sistemu ETRS89, s čimer se je vzpostavil in zakonsko uveljavil nov državni koordinatni sistem D96 (ZDGRS, UL RS, št. 25/2014).

V zadnjih dveh desetletjih so sodelavci Urada za geodezijo na Geodetski upravi RS opravili dodatno fizično sanacijo več kot desetih stebrov točk mreže AGM. Lani so dali tudi pobudo, da bi deset točk mreže uvrstili v tehniško dediščino Slovenije in tako ohranili stoletno tradicijo del v okviru geodetskih mrež na slovenskem ozemlju (Miklič, 2013).

Zahvala

Prispevka ne bi bilo brez velike podpore tvorca termina D48, gospoda Marjana Jenka, univ. dipl. inž. geod. Osnutek je nastal že pred uvedbo novega državnega koordinatnega sistema, saj se je v praksi veliko govorilo o D48, nihče pa ni znal točno odgovoriti na vprašanje, kaj pravzaprav to je. Kolega Marjan Jenko nas je napotil na študij osnovnih virov: Rezultatov (1902) in obširne monografije Svečnikova iz leta 1953, ter nam posredoval veliko informacij iz lastnih izkušenj pri raziskavah trigonometričnih mrež v Sloveniji.

Vse slike mrež v članku smo izdelali v programskem paketu GMT ver. 5.1.1 (Generic Mapping Tools) (Wessel in ost. 2013). Za ozadje smo uporabili digitalni model višin, pripravljen za novi izračun geoidne ploskve na območju Slovenije (Žagar in Berk, 2009). Zahvaljujemo se kolegu mag. Oskarju Sterletu, univ. dipl. inž. geod., za koristne nasvete pri uporabi programa GMT. Del raziskave je nastal tudi v okviru raziskovalnega programa ARRS P2-0227 »Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije«.

Literatura in viri:

- Adamik, E. (1949). Osvrnt na radove trigonometrijske mreže I. reda na području Jugoslavije. *Geodetski list*, 3(8–12), 207–244.
- Činklovič, N. (1984). Studija o stanju dosadašnjih radova na astro-geodetskoj mreži SFRJ sa predlogom mera za dalje radove. Zbornik Instituta za geodeziju št. 23. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Gradjevinski fakultet.
- Delčev, S. (2001). Postojeća državna trigonometrijska mreža SRJ u svetlu savremenih zahteva. Doktorska disertacija. Beograd, Univerza v Beogradu, Gradjevinski fakultet: 125 str.
- Ferlan, M. (2005). Geodetske evidence. Ljubljana: UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 262 str.
- Feucht, R. (2008). Flächenangaben im österreichischen Kataster. Diplomsko delo, Dunaj: TU Wien, Institut für Geoinformation und Kartographie. 95 str. ftp://gi28.geoinfo.tuwien.ac.at/other/DA_Feucht.pdf, pridobljeno 4. 11. 2014.
- Glavna geodetska uprava FNRJ (1948). Apsolutna orientacija naše mreže I. reda. *Geodetski list*, 2(9–12), 246–256.
- Hooijberg, M. (2008). *Geometrical Geodesy: Using Information and Computer Technology*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 432 str. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-68225-7>.
- Jenko, M. (1976). Raziskava natančnosti triangulacijske mreže I. reda v SR Sloveniji. V: P. Jovanović (ur.), *Simpozijum o osnovnim geodetskim radovima: Zbornik del (str. 110–120)*, Herceg Novi, Savez geodetskih inženjera i geometara Jugoslavije.
- Jenko, M. (1986). Dela na astronomski-geodetski mreži v letih 1975–1982. Ljubljana, Inštitut GZ SRS: 131 str.
- Jenko, M. (2008). Prva sistematska triangulacija na našem ozemlju. *Geodetski vestnik*, 52(1), 82–95.
- Jordan, W., Eggert, O. (1923). *Handbuch der Vermessungskunde. Tretji zvezek: Landesvermessung und Grundaufgaben der Erdmessung*. Stuttgart : J.B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung. 552 str.
- Južnič, S. (2006). Gabriel Gruber, od Ljubljanskega prekopa do jezuitskega generala. Ljubljana: Družina. 216 str.
- Marić, A., Jovanović, P. (1976). Osnovne geodetske mreže i njihov razvoj. V: P. Jovanović (ur.), *Simpozijum o osnovnim geodetskim radovima: Zbornik del (str. 101–109)*, Herceg Novi, Savez geodetskih inženjera i geometara Jugoslavije.
- MGI, Militär-Geographisches Institut (1902). *Die Ergebnisse der Triangulierungen des K. u. K. Militär-Geographischen Institutes, Band I. Abschnitt I.: Geodätische Coordinaten*. Wien: Druck der Kaiserlich-Königlichen Hof- und Staatsdruckerei, 122 str.
- Miklič, J. (2013). Geodetska tehnična dediščina je tudi deset stebrov državnih trigonometričnih točk 1. reda. Delovno gradivo 21 str., osebna komunikacija.
- Muminagić, A. (1967). Orientacija naše triangulacije. *Geodetski list*, 21(1–3), 3–8.
- Stopar, B. (2001). Second order design of horizontal GPS net. *Survey review*, 36(279), 44–53. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/sre.2001.36.279.44>.
- Stopar, B., Kuhar, M. (2003). A study of distortions of the primary triangulation network of Slovenia. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 38(1), 43–52. DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/ageod.38.2003.1.7>.
- Svečnikov, N. (1953). Osnovni geodetski radovi v FNR Jugoslaviji. Beograd: Zvezna geodetska uprava. 256 str.
- Wessel, P., Smith, W. H. F., Scharroo, R., Luis, J. F., Wobbe, F. (2013). *Generic Mapping Tools: Improved version released*, *EOS Trans. AGU*, 94, 409–410. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/2013E0450001>.
- Zakon o evidentiranju nepremičnin, ZEN. Uradni list RS, št. 47/2006: 5029, 65/2007: 9021 – odl. US in 79/2012: 8014 – odl. US.
- Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu, ZDGRS. Uradni list RS, št. 25/2014.
- Žagar, T., Berk, S., (2009). Primerjava podatkov SRTM z DMV Slovenije. V: M. Kuhar (ur.), *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2008: zbornik predavanj (str. 87–92)*. Ljubljana: Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko.

Delčev S., Timár G., Kuhar M. (2014). O nastanku koordinatnega sistema D48. *Geodetski vestnik*, 58 (4): 681–694.
DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2014.04.681-694

Izr. prof. Siniša Delčev, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Beogradu, Fakulteta za gradbeništvo
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija
e-naslov: delcev@grf.bg.ac.rs

Izr. prof. Gábor Timár, univ. dipl. inž. geof.
Eötvöseva Univerza v Budimpešti,
Oddelek za geofiziko in vesoljske znanosti
Pázmány Péter sétány 1/c, H-1117 Budimpešta, Madžarska
e-naslov: timar@ludens.elte.hu

Doc.dr. Miran Kuhar, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: miran.kuhar@fgg.uni-lj.si