

UDK 528.482.3+528.482.4

Stručni rad

U POVODU STOGODIŠNJICE KATASTROFALNOG ZEMLJOTRESA U ZAGREBU

Marijan BOŽIČNIK — Zagreb*

Deset sekunda! Šesti dio jedne minute! Časak, da dva tri puta dahneš, manje neg što treba na smrt ranjenu crvu, da pogine, šta je to u životu čovjeka? Šta je to u povijesti naroda? Ništa. U tečaju povijesti svijeta čini ti se, da te mjere ne ima. Al sada, kad nam se pomalo vraća svijest i dah, kad je i sam bijes prirode, bijući nas, sustao te se možeš poslije dugih deset dana položiti na uzglavlje, kad ti pod drhtavima nogama ne riče podzemni vatreni zmaj udarajući svojom kobnom pandžom u srce hrvatske domovine — istom sad, prolazeći kućami glavnoga grada, mjerimo deset sekunda, pa nam se čini, da je to bio cio vijek, proklet vijek. Vi, koji toga vidjeli, oćutili niste, poznajete strah, prepast, zdvojnost samo po imenu, mi sve to poznajemo po istini. Kroz osam punih dana potrese podzemni, nepobjedivi demon prirode tlo pod temelji naše prijestolnice dvadeset i sedam puta.

Vrijedno bi bilo zapisati, kako je ovoga ili onoga iznenadila strašna zgoda u 8 sati 35 minuta ujutro. Meni je to pripovijedalo sto ljudi, svaki na svoj način, svaki način bijaše užasan. Neki mi kapetan reče: Vodio sam svoju kumpanju od velikoga vježbanja pri Savi. Pred nama stajaše Zagreb. Ujedamput potrese se pod nama zemlja, pred nama počne klimati gora, a tornjevi zagrebački počеше se njihati kao šibe o vjetru. — Momci, — rekoh, — mi već ne ćemo naći kasarne, jer ne ćemo naći Zagreba! — Tako kapetan. Drugi čovjek mi ispriča: — Stajah u svom vrtu sred grada. Nešto me gurnu pod nogama, uhvatih se za drvo. Bilo je, da su sav grad, sve grдне kuće i crkve skoknule uvis i opet se spustile. Po tom počе se grad zibat na desno, nalijevo, i u taj par popadahu dimnjaci s krovova, daždio je crijep na zemlju. Mišljah, da je sudnji dan. — Tako pričahu ovi, a ja ću, što sam ja u prvi mah doživio. Spremah se upravo od kuće u Zagrebačku goru po službenom poslu. Još da uzmem šešir. Ujedamput sruši se vjesilo odjeće, visoko, tanko, sa širokim temeljem, na mene, a bilo mi je, da stojim sred burna mora na brodu, koj se ljulja amo i tamo. Potres, pomislih, skočim pod prag. K meni sunu žena, djeca, sva družina. Visisvjetiljka nihala se kao nihalo ure od istoka k zapadu, ure udarahu silovito u zaklopno staklo. Kameni kipovi počеше skakutati na ormarih, a posude vrcale sa police na zemlju u crti parabole, kanda si ih izbacio iz topa. Pod zemljom tutnji mukla grmljavina, s vana čuje se prasak crijepa, kuća se ziba i ziba ko brod na moru. Oblio me leden znoj, pritiskivah još jače svoje. Napokon stiša se bijes. Izidjoh iz kuće. Proti meni stanuje prijatelj mjernik. Krenusmo obojica, da vidimo, šta je. U prvi mah nismo govorili ništa. Po ulicah prolazi uzjareno ljudstvo. Gomile crijepa, dimnjaka leže na taracu, visoke zidine zijevaju. Ljudi mameni dovikuju si kojekakve glasove. Svetilište u prvostolnoj crkvi se srušilo, vele; mene je to zabolo kao nož u srcu. Pohitismo u crkvu svetoga Marka. Vršak pročelja se slomio. Unidjemo, popnemo se na kor. Između gotskih rebara pao je svod na orgulje, razbio ih. U tren potrese se pod nama zemlja. Bilo je bježat iz crkve. Zadjosmo u hram svete Katarine. Pročelje je popucalo, sa oltara svalio se mramorni kip sv. Ignaca, glava mu odletila, sa svoda popadale fresko-slike. Užasna li prizora! — Prijatelju! Da vidimo akademijsku palaču, jesu li stupovi cijeli, — rekoh. Podjosmo. Da, stupovi stoje, palača, stoji, ni za vlas da se je pomakla, al ornamentika, slikarija sve pocuri curkom na zemlju, dimnjak razbi stakleni krov, staklo razbi bakarske starine, potres protrese i razbi grčke posude, pobaca knjige sa police, kanda su bačene iz topa. Izadjosmo, jedva odahnuismo. Šta vele ljudi? Evo, sa palača Zrinskog trga srušili se kameni kipovi, fratarski toranj popucao na četiri strane, remetska stara crkva, grobnica Alapića i Karlovića nije nego ruševina. Školske zbirke leže razlupane, izmiješane, meteorološkička stanica je uništena. Bilo mi je kanda mi je gvozdена šaka stisla srce, pomislih, bog i duša, na Pompeji i Herkulanium. — Minu dan, dva u smrtnom strahu. Zalazio sam u kuće. Tu potrgane stubе, ispućani zidovi, rasprsnuli svodovi. Ljudi bježe bez obzira iz stanova, u svakoj pukotini vide gotovu smrt. Ne ima škole, ne ima ureda, ljudstvo bježi iz Zagreba. Da zdvojiš.

(Izvod iz fejltona Augusta Šenoе o zagrebačkom zemljotresu 1880, Zagrebulje 1880.)

* Adersa autora: Marijan Božičnik, dipl. inž. Republička geodetska uprava, Gruška 20, Zagreb

UVOD

9. 11. 1880. godine zadesio je grad Zagreb potres, koji je zbog svoje rušilačke jače ušao u svjetsku literaturu koja obrađuje i opisuje Zemljine trusne zone i katastrofalne potrese.

Znanstvenici raznih usmjerenja a posebno geolozi i geodeti iako se još tlo treslo od nogama tadanjih Zagrepčana, počeli su marljivo prikupljati materijale o vrsti i načinu djelovanja tog teškog prirodnog udesa.

Ozbiljnost događaja i njegovi vidljivi efekti dali su osnov geodetima da počnu zmišljati o mogućim pomacima nivo-ploha kao i otklona težišnica, tj. na utvrditi eventualnih horizontalnih i vertikalnih pomaka zemljine kore, na tom izratu trusnom području Hrvatske.

O znanstvenim aspektima istraživanja navedenog potresa raspravljala je Akademija znanosti u Beču već 1882. godine na osnovi elaborata svog člana dr Franza Španera, a ugarsko kraljevski geološki zavod kao i ministarstvo poljoprivrede industrije i trgovine izdalo je iste godine posebne prigodne stručne publikacije o zatrebačkom potresu.

Nakon što su geolozi znanstveno pokušali geološkim istraživanjima ući u bit problema, došao je red na geodete, da se za tada mogućim geodetskim metodama mjenja, izjasne o efektima potresa.

Na takvu akciju bili su potaknuti jednim od zaključaka međunarodne konferencije za gradusna mjerenja — CONSTANZA 1867 — da se visinska pomicanja zemljine kore mogu nedvojbeno utvrditi ponovljenim mjerenjima preciznog nivelmana. Isti zaključak je potvrđen na slijedećoj sjednici te međunarodne konferencije u Veneciji 1881. god.

Najstariji podaci o potresima u Hrvatskoj sežu u 1502. god. (vidi: Zagrebački potresi, Godišnje izvješće kraljevske velike realne škole u Zagrebu, prof. Kišpatić 1879. god.).

Zabilježeni potresi, potresali su Zagreb: 1502, 1590, 1686, 1699, 1756. (Lisaonski potres), 1757, 1775, 1778, 1827, 1830, 1832, 1834, 1836, 1837, 1839, 1840, 1843, 1848, 1853, 1854, 1857, 1858, 1861, 1868, 1869, 1870, 1871, 1872, 1876, 1877, 1879 i najjači od svih onaj u 1880. god, koji se osjetio u čitavoj Hrvatskoj.

Dakle u 378 godine 32 potresa odnosno u prosjeku svake 11-te godine jedan potres. Sekundarni potresi iz 1880. godine potresali su Zagreb kroz idućih 3 mjeseca svakog dana, osim na dane 17. i 26. siječnja 1881. kada nije bilo ni jednog udara.

1. GEODETSKI PROGRAM ISPITIVANJA EFEKATA POTRESA [1, 2]

Poremećene položajne i visinske odnose mogli su do sada utvrđivati poznatim i orisanim metodama jedino geodeti ponavljanjem mjerenja preciznog nivelmana, trigonometrijskog nivelmana i triangulacije.

Da se mogu obaviti bilo kakva ispitivanja posljedica potresa na pokretanje nivo plohe, moraju se uzeti u obzir raniji (stariji) geodetski radovi.

Snaga potresnog udara zagrebačkog potresa išla je u smjeru sjever-jug i bilo joj je teško odrediti granicu u tom pravcu, dok je lakše bilo utvrditi prostiranje potresnog udara u pravcu istok-zapad. Na osnovi takvih istraživanja i razmišljanja stručnjaci su u tom času zaključili, da je za nivelmanske radove bila relativno najsigur-

nije mirna zona na zapadnoj strani Zagreba i to od Brežica preko Samobora do Jasko odnosno na istočnoj strani od Vrbovca do Lekenika. Sredina tog rastojanja tj. područje samog grada Zagreba ležalo je na liniji potresa rušilačke snage, pa je bilo moguće podrobnim ispitivanjem tog užeg područja Zagreba i okolice razmatrati seismičke pojave. U protivnom bi za ispitivanje pomaka nivo ploha bilo potrebno odrediti mnogo šire područje, a zagrebački potres se osjetio na području cijele Hrvatske.

Zadatak ispitivanja posljedica zagrebačkog potresa, mjerenjem geodetskim metodama, bio je povjeren vojnogeografskom institutu u Beču koji je svoje rezultate objavio 1895. godine. Posebno povoljna okolnost u tom pogledu smatralo se, što je neposredno prije potresa 1880. godine dovršen precizni nivelman, u austrijskoj monarhiji u kojem su dva dvostruko i dva jednostruko mjerena vlakla imala stajalište baš u Zagrebu.

Jedan smjer preciznog nivelmana prolazio je iz pravca sjeveroistoka (Žakanj u Mađarskoj) prema jugozapadu (Ogulin), a drugi iz pravca sjeverozapada (Celje) u pravcu jugoistoka (Kostajnica).

To područje obuhvaćeno je uključujući grad Zagreb i njegovu okolicu triangulacijom 1816. godine a mjerenja su ponovljena 1855. godine. To su bile geodetskim stručnjacima osnove da geodetskim metodama pokušaju utvrditi posljedice potresa na pomicanje zemljine kore, bilo u visinskom pogledu kao i u međusobnim relativnim položajnim odnosima trigonometrijskih točaka.

2.1 Radovi na nivelmanu [1]

Prvo su uzeta u razmatranja ponovljena mjerenja preciznog nivelmana ranije spomenutih nivelmanskih vlakova, mjerenih neposredno prije potresa 1879. godine. Tako su obrađena mjerenja ponovljenog preciznog nivelmana izvedenog u jesen 1881. god. i to na relacijama:

1. Od Brežica do Zagreba kao dio ranijeg vlakla Celje—Zagreb,
2. Od Zagreba do Lekenika kao dio ranijeg vlakla Zagreb—Kostajnica,
3. Od Zagreba do Jaske kao dio ranijeg vlakla Zagreb—Ogulin i
4. Od Zagreba do Vrbovca kao dio ranijeg vlakla Žakanj (Mađarska)—Zagreb

Srednje pogreške vlakova ranijeg preciznog nivelmana iz 1879. god. (prije potresa) na dužini od 1km, iznosile su za gore navedene vlakove.

Brežice—Zagreb: $\pm 0,60$ mm; Zagreb—Kostajnica: $\pm 0,85$ mm;
Zagreb—Ogulin: $\pm 0,69$ mm; Zagreb—Žakanj: $\pm 0,83$ mm.

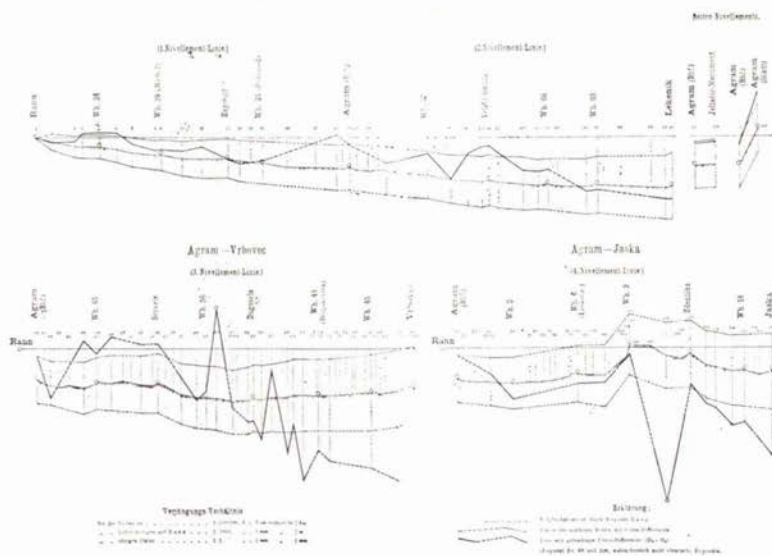
Ocjenujući rezultate mjerenja na taj način prema tim vrijednostima, izlazi da su točnosti pojedinih mjerenja bile približno istih vrijednosti.

U ponovljenom preciznom nivelmanu korišteni su isti instrumenti i pribor kao i za nivelman prije potresa, uz iste postupke niveliranja, i načina ispitivanja relevantnih podataka pribora i rezultata mjerenja.

Dovršenjem ponovljenoga preciznog nivelmana u jesen 1881. godine, postavilo se pitanje koji se horizont može uzeti za uspoređivanje. Za čvorište vlakova nije smogao za tu svrhu uzeti u obzir Zagreb jer se 1880. godine nalazio u središtu katastrofe. Za uspoređivanje oba nivelmana mogli su doći u obzir samo reperni z

koje se pretpostavljalo da su ostali nepomični a to su bili oni u Brežicama, Lekeniku, Jaski ili Vrbovcu.

Od navedenih repera najbolje uvjete imao je reper u Brežicama sa svojom visinom 154, 5680 metara.



Sl. 1

Na slici 1. grafički su predočeni rezultati mjerenja odnosno uspoređivanje određenih parametara. Za opisana četiri ponovljena nivelmanska vlaka uzete su grafičke vrijednosti:

- za horizontalna odstojanja: 1 cm = 2 km
- za visinske vrijednosti: 1 m/m = 2 m

Kroz reper u Brežicama položen je uporedbeni horizont (tanka puna linija), a posebno je šrafirano obilježen profil terena.

Razliku visinskih vrijednosti drugog i prvog nivelmana prikazuje debela linija, za čiju konstrukciju su korištene stvarne veličine.

Za ekstremno veliko odstupanje u točkama broj 60 i 108 može se pretpostaviti da se u postupku ponovljenog nivelmana nije pronašla identična točka iz prethodnog nivelmana.

Iz grafičkog prikaza slijedi:

- 63 visinske razlike su pozitivne a 31 negativne, dok je samo jedna visinska razlika jednaka u oba nivelmana.
- Na liniji Brežice—Zagreb, visinske razlike su uglavnom sve pozitivne dok na liniji Zagreb—Jaska sve su negativne. Na liniji Zagreb—Vrbovec 8 visinskih razlika je pozitivnih a 12 negativnih.

- Sve visinske razlike na području Zagreba su pozitivne.
- Granica gdje srednja pogreška prelazi pozitivne visinske razlike može se smatrati za uzdizanje terena i obratna slučaj spuštanje terena.

Iz svih ovih rezultata i opažanja moglo bi se zaključiti da je na određenim dijelovima zamljišta u Zagrebu i njegovoj okolici došlo do uzdizanja zemljišta odnosno na nekim područjima do spuštanja. Ovakvo provedenim ispitivanjem pomoću ponovljenog preciznog nivelmana vjerojatno se po prvi puta u povijesti geodezije pokušalo utvrditi eventualno vertikalno pomicanje zemljine kore odnosno promjene nivo plohe na određenom području. Razlog da je to prvi put baš u Zagrebu učinjeno je u tome, što je precizni nivelman tih godina tek uveden kao posebna geodetska disciplina u evropskim zemljama.

Konačan zaključak geodetskih stručnjaka koji su prije punih stotinu godina proveli tako opsežna ispitivanja glasi:

»Ponovljenim preciznim nivelmanom stvara se osnova s kojom se može steći uvjerenje, da je precizni nivelman sigurna geodetska metoda, kojom se mogu nedvojbeno utvrđivati vertikalna pomicanja zemljine kore«.

Da bi to u budućnosti bilo moguće, prvenstveno je potrebno brižljivo održavati mrežu preciznog nivelmana kao i ostalih nivelmanskih vlakova.

2.2 *Triangulacioni radovi*

Triangulacionim radovima bilo je neophodno i od velike teoretske važnosti da se ustanovi dali se vrh Sljemena — Zagrebačke gore (trigonometrijska točka Bistra) pomaknuo u odnosu na ostale trigonometrijske točke. Ono što je vrijedilo za nivelman, očito je odgovaralo i za triangulaciju. Smatralo se da su u odnosu na Sljeme, ostale nepomične točke na zapadu Plešivica, na sjeveru Ivančica, na istoku Kloštar Ivanić, a na jugu Kozjača (Kozil). Ova ispitivanja kao i ponovljeni precizni nivelman povjeren je također Vojnogeoграфskom institutu u Beču.

Epicentralna linija potresa tekla je u pravcu sjever-jug, pa se može pretpostaviti da su trigonometrijske točke I reda, koje su ležale neposredno na toj liniji, a to su, Bistra (Sljeme) i (Zagreb) (katedrala), koja je pretrpjela znatna (fizička) oštećenja bile najpodesnije za ispitivanje relativnih položajnih odnosa i promjena nivo ploha na području Zagreba i njegove okolice.

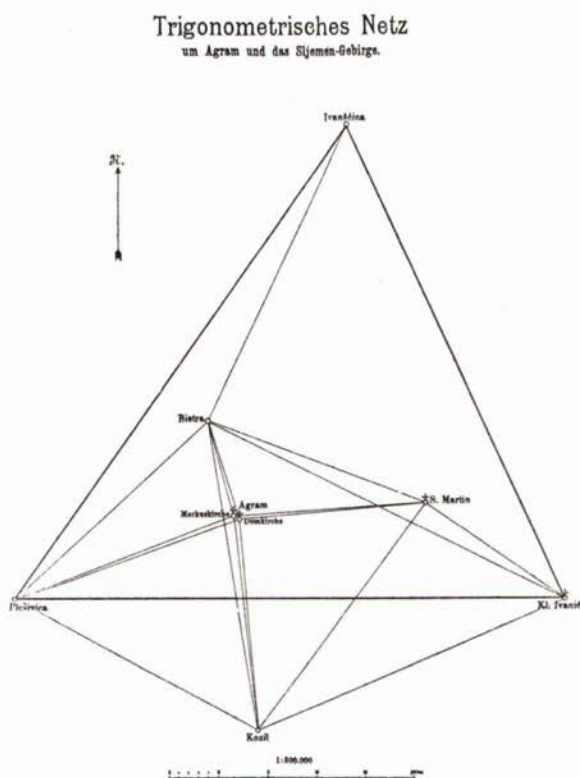
Te dvije točke odnosno pravac (stranica) koji ih spaja, bile su u triangulacionoj obradi već 1816. godine, kao i u ponovljenim triangulacionim radovima 1855. godine.

1816. godine linija Bistra-Zagreb uključena je u lanac donjoaustrijske triangulacije i na taj način bila je vezana preko venecijanskog trokuta na francusko talijansku triangulaciouu mrežu.

1855. godine je ponovno linija Bistra—Zagreb uključena u triangulacionu mrežu gradusnih mjerenja kojima se triangulacija sjeverne Evrope vezala na Balkan, na astronomske točke Splita, Rijeke i Kloštar Ivanića.

1881.—1886. god. u trećem periodu nakon potresa obuhvatila je kontrolna triangulacija zagrebački trokut (slike 2. i 3.), i cijela je mreža oslonjena na trigonometrijsku stranicu Plešivica—Ivančica, kako bi se za znanstvene i praktičke potrebe dokazalo eventualno pomicanje točaka Zagreb i Bistra u odnosu na točke Ivančica i

Mešivica, za koje se smatralo da su u vremenu od 1816. do 1886. godine ostale ne-
pomične.



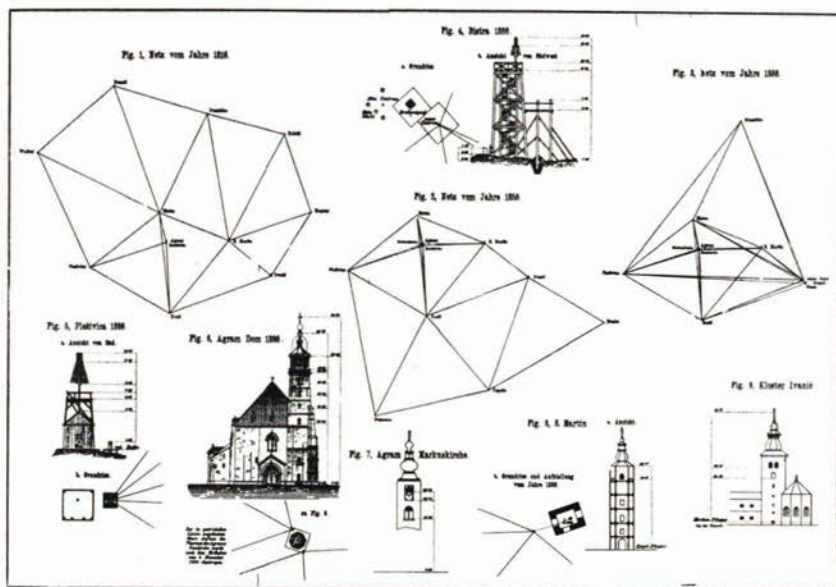
Sl. 2

Sve tri mreže, iz 1816. 1855. i 1886. godine bile su izjednačene metodom naj-
manjih kvadrata. Na slici 3. prikazane su sve tri mreže, kao i stvarni izgled pojedinih
detalja točaka treće mreže u vrijeme kotnrolnih mjerenja.

2.2.1 Triangulacija iz 1816. godine

Mreža je bila opažana Reichenbachovim multiplikacionim krugom u 8—12
ponavljanja svakog pravca, a zenitne udaljenosti radi redukcije kutova na horizont
u 4—6 ponavljanja. Zenitne udaljenosti mjerene su u svako doba dana.

Srednja pogreška kutova računata je prema formuli $m = \sqrt{\frac{\sum \omega^2}{3n}}$, (gdje je ω
odstupanje opažanih kutova od teoretskog zbroja) iznosila je 2"650, uz srednju



Sl. 3

dužinu stranica trokuta i oko Zagreba od 30,2 km i linearnu srednju pogrešku po jedinog pravca od 0,194 m (cca 0,2 m).

Uz povoljnu srednju pogrešku kutova, pojedine popravke su iznosile i do 5" a zbog nepovoljnog rasporeda i gomilanja pogrešaka, pojedine su točke u položaju netočne i do jednog metra.

2.2.2 Triangulacija iz 1855. godine

Horizontalni kutovi mjereni su repectionom metodom u četiri a dijelom i dvije repeticije. Zenitne udaljenosti opažane su samo od 4—6 sati poslije podne, a dobivene visinske razlike korištene su u postupku određivanja visinskih razlika između Jadranskog i Crnog mora.

Srednja pogreška kutova iznosila je 0"592 i smatralo se da je vrlo povoljna, jer je ona iz gradusnih mjerenja dosizala i do 0"7 i 0"9. Točnost točaka u smislu položaja postignuta je u nekoliko desetina dijelova metra.

Dok su visinski odnosi u 1816. godini bili određeni popravkama i do 1 metar, dotle su popravke u mreži od 1885. godine iznosile prosječno 0,26 m, uz srednju pogrešku visina koja je iznosila 0,16 m.

2.2.3 Triangulacija u 1881—1886. godini

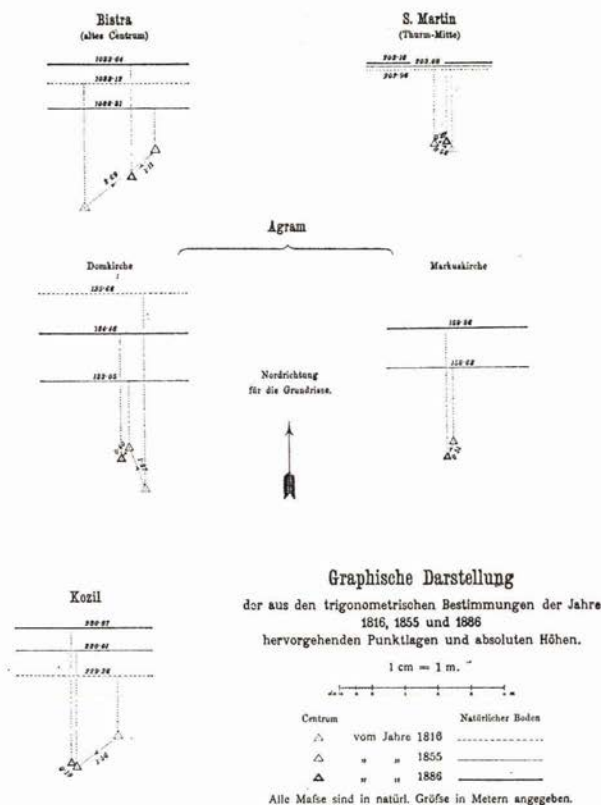
Sva mjerenja i računanja su provedena prema propisima za gradusna mjerenja. U gradusnoj mreži od 53 trokutova, od Štajerske do Sinja u Dalmaciji, srednja

ogreška u trokutu iznosila je $0''891$, uz srednju dužinu stranica zagrebačkog trokuta od 30 km i srednje linearne pogreške pravca od 0,065 m.

Uz ove uvjete i okolnosti, izjednačenjem mreže po metodi najmanjih kvadrata, položaj točaka je vrlo vjerojatno »visoko« točno određen, i njihovo odstupanje od najvjerojatnijeg položaja iznosi jedva par centimetara.

Postignuti rezultati mjerenja u 1816, 1855. i 1886. godini svedeni su računanjem mreže na poznate položaje točaka utvrđenih u gradusnim mjerenjima. Na osnovi tako dobivenih rezultata utvrđivana su linearna odstupanja pojedinih točaka mreže.

Za trigonometrijske radove, čija je srednja pogreška kuta iznosila $0''592$, odnosno kasnije $0''891$, ako se isključi svaka sumnja u identičnost viziranih točaka u raznim epohama, dobivena su tolika odstupanja u pojedinim trokutima da ipak dozvoljavaju sumnju u nepomičnost trigonometrijskih točaka. Prihvaća se mišljenje da su pojedine točke promjenile svoj relativni međusobni odnos u horizontalnom i vertikalnom smislu, a posebno se to odnosi na položaj trigonometrijskih točaka Bistra i Zagreba (katedrala — južni toranj).



Sl. 4

Radovi i ispitivanja takve vrste, svojevrsno su pobudili veliko znanstveno i praktičko zanimanje. Preporuka autora tog časa bila je pažnje vrijedna i za današnje

prilike, a ta je, da je potrebno čuvati i održavati stabilizaciju trigonometrijske mreže s najvećom pažnjom.

Za ispitivanje i zaključak posebno su značajne visine trigonometrijskih točaka iz 2. i 3. epohe i to posebno: Zagreb (katedrala) je u 1886. god. viša za 1,4 m, Zagreb (crkva sv. Marka) je u 1886. god. viša za 1,2 m, Bistra (Sljeme) je u 1886. godini viša za 1,3 metara.

Ovi podaci na osnovi mjerenja i računanja te tako utvrđenim visinama daju vrlo uočljivu sliku i skladnu međusobnu povezanost. No prije nego se izvede zaključak, potrebno je bilo istražiti da nije slučajno uslijed izjednačenja visinske mreže zatim uvođenjem prisilnih uvjeta i odnosa težina, izbora uporedbenog horizonta ovakav skladan odnos povišenih visina za navedene tri točke, slučajno i umjetno izazvan.

Da bi se ispitala i ta pretpostavka, uspoređene su i neizjednačene visinske razlike tih triju točaka u odnosu na trigonometrijske točke Plješivice i Sveti Martin. Iz tih neizjednačenih visinskih razlika i međusobnog uspoređivanja proizlaze razlike za 2. i 3. epohu:

Plješivica—Zagreb (katedrala) + 1,30 m, Sv. Martin—Zagreb (katedrala) + 0,52 m, Sv. Martin—Zagreb (Sv. Marko) + 0,52 m, ovo u svemu i uz mnoge druge dobivene rezultate potvrđuje da je ispravna pretpostavka o uzdizanju zemljine površine na liniji Zagreb—Bistra (Sljeme).

Ovakav slijed radova, ocjenjivanja, razmišljanja i odmjeravanja mjerenih i izjednačenih rezultata doveli su autore da daju svoj konačni sud, koji je u svakom slučaju vrlo oprezan, što je za pravog znanstvenika sasvim razumljivo, posebno što su u taj čas, to bila prva takva ispitivanja u tu svrhu namijenjena.

Iz vrlo opsežnog elaborata koji ima veliku povijesnu geodetsku vrijednost autori izjavljaju na osnovi ispitivanja i dobivenih rezultata da se smatraju »ovlašteni« da izjave, da kako u položajnom tako i u visinskom pogledu ne postoji apsolutna stabilnost trigonometrijskih točaka, kada se one promatraju kroz dulji vremenski period.

3. IZ EPOHE »DANAS«

Vrlo je vjerojatno da u posljednje vrijeme u nas više pažnje, sadašnjim vertikalnim pomicanjima zemljine kore, posvećuju geofičari, geolozi i stručnjaci za daljinska istraživanja, nego što bi to radili geodeti. Izgleda da geodeti nisu dobivali potreban poticaj, da se radovima na triangulaciji i nivelmanu visoke točnosti istaknu na tom vrlo zanimljivom području znanstvenih istražnih radova.

Sigurno je da će u nadolazećoj eri istraživanja naše planete što zahvaća čitav kontinent, biti tome posvećeno više pažnje.

Upravo je područje vertikalnog pomicanja zemljine kore, gdje se triangulacijom i nivelmanom visoke točnosti, dakle geodetskim metodama, mogu egzaktno dokazati takva pomicanja. Geodeti su više zauzeti manjim opsegom svojih radova (gradnja NE, autoputova, hidrocentrala) i pružaju drugima osnovu za takva ispitivanja. Zapravo bi trebalo sistematičnim ponavljanjima, posebno preciznim nivelmanom samostalno stvarati mogućnosti za ova ispitivanja.

3.1 Nekonvencionalne metode istraživanja seizmičkih pojava

Od 1957. godine kada je lansiran prvi umjetni zemljini satelit, počela je nova epoha u istraživanju svemirskih prostora i zemljine površine. Satelitski, snimljene su praktički sve površine na Zemlji.

Pomoću nekonvencionalnih sredstava snimanja i interpretacije (multispektralna, infracrvena, utraljubičasta tehnika), u postupku tzv. daljinskih istraživanja pomoću multispektralnih scanera, mogu se nedvojbeno uspješno utvrđivati stanja i procesi koji se događaju na površini zemlje. Tako su uz poznate metode snimanja površine Zemlje danas poznate i nekonvencionalne metode:

— Skanerski postupak (hvatanje i registriranje toplotne energije odnosno elektromagnetskih zračenja koje izazivaju objekti odnosno cijela površina zemlje)

— radarski postupak (emitiranje signala iz jednog središta i ponovno hvatanje odbijenog signala, neovisno o vremenskim prilikama pa čak i vegetaciji)

Na ovakav način snimljena površina Zemlje može biti predočena u analognoj ili digitalnoj tehnici. Primjena ovih tehnika daje u relativno kratkom vremenu vrlo vrijedne podatke, uz postizavanje velike ekonomičnosti.

Analizom satelitskih snimaka geosatelita LANDSET za sjeverozapadno područje Jugoslavije, identificirana su područja koja se u cijelosti poklapaju sa seizmičko aktivnim područjima tog dijela Jugoslavije. Pojačana seizmička aktivnost javlja se posebno na presjecištima rasjednih zona.

Takvi rasjedi pružaju se od desetak, pa sve do više stotina kilometara. Što su ti rasjedi duži to je njihova seizmička aktivnost jača, a amplitude aktivnosti su maksimalne posebno na mjestima gdje se rasjedi tangencijalno dodiruju ili čaka ukrštavaju.

Među takve rasjede spada i tzv. »Savski rasjed« (jedan je od onih koji u tektonici imaju prvorazredno značenje) koji se proteže od Zagreba, preko Ljubljane sve do Tolmina. Taj se Savski rasjed baš na području Furlanije sukobljava s Idrijskim rasjedom, a koji je prirodni nastavak Dinarskog rasjeda.

Zagreb, ležeći na Savskom rasjedu, osim što je presječen u pravcu sjever jug još jednim rasjedom prvog reda, okružen je sa sjeverozapadne strane i posebnim frakturama i rasjedima zemljine kore, na kojima leži 90% svih izvorišta termalnih voda bazena Hrvatskog Zagorja.

Iz posebnih karata kartografiranih iz satelitskih snimaka, može se uočiti čitav niz epicentralnih središta potresa koji se od Zagreba protežu čitavim Savskim rasjedom sve do Furlanije i čija je magnituda jednaka ili veća od $M = 6,3$.

Uočavajući te pojedinosti, posebno okolnosti da na području između Zagreba i Celja ima u okomitom smislu na taj pravac pružanja, pet rasjeda prvog reda, i na osnovi laičkog razmišljanja o tome, nameće se pitanje da li je ispravno izabran prije 100 godina uporedbeni horizont, reper, u Brežicama za utvrđivanje posljedica Zagrebačkog potresa. No to su već teme za dalja znanstvena istraživanja.

LITERATURA

- [1] LEHRL Franz: Untersuchungen über etwaigen in Verbindung mit dem Erdbeben von Agram, am 9. November 1880. eingetretene Niveauänderungen. »Mitteilungen des k. u. k. Militargeographischen Institutes« Wien 1895. (str. 47—118)

- [2] WEIXLER A.: Untersuchungen über die Wirkungen des Erdbebens vom 9. November 1880. auf die und zunächst Agram gelegenen trigonometrische Punkte. »Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes« Wien 1895. (str. 119—202)
- [3] OLUJIĆ M.: Tektonska i seizmička aktivnost sjeverozapadne Jugoslavije i dijela Italije. IX Kongres geologa Jugoslavije — Zbornik radova — str. 242—249.

SAŽETAK

Jesmo li se ikada pokušali zamisliti da je pokretanje zemljine kore pokrenulo i sistem (mrežu) stalnih geodetskih točaka, pa je time otežalo, u pogledu dozvoljenih točnosti, priključak mjerenja na nju? Možda, i jesmo ali o tome nismo uglavnom »glasno« razmišljali.

Kada je riječ o stalnim geodetskim točkama, nebi se smjeli predati utjecaju da je njihov položaj za uvijek nepromjenjeno određen, nakon što smo u času izjednačenja te mreže dobili i najidealnije rezultate.

Stotinu je godina za nama od katastrofalnog potresa u Zagrebu. Vrijedni naši geodetski prethodnici pošli su odmah putovima koje je tadašnja geodetska znanost tek navještala a to je: ponovljenim mjerenjima preciznog nivelmana i triangulacije viših redova, trealo bi biti moguće ustanoviti eventualne promjene zemljinih nivo ploha i relativnih položajnih odnosa točaka u geodetskim mrežama.

Nisu to činili »akademske« diskusijama već praktičkim radom, koji je u ono vrijeme bio pionirski. Njihovi nas zaključci mogu i ne moraju zadovoljiti, ali za čistoću njihovog rada i sistematičnost, treba im odati priznanje.

U ovom je članku iz opsežnog elaborata rekapituliran njihov rad.

ZUSAMMENFASSUNG

Aus den beiden Aufsätze unter den agewandter Literatur, ergibt sich buchstäblich:

Am 9. November des Jahres 1880. fand eine grosse Erdschütterung statt, deren Centrum in der Gegend von Zagreb gelegen war, und die, deshalb auch das »Erdbeben von Zagreb« genannt worden ist.

Nach den ersten, dem Mitgeföhle für unsere heimgesuchten Mitmenschen geweiheten Augenblicken zeigte sich sofort ein allseitiges, den Erkenntnis und Wissendrang der Menschheit kennzeichnendes Interesse für den ganzen Verlauf der Erscheinung.

Zur Entscheidung der Frage, ob durch Erdbeben wahrnehmbare Änderungen in der relative Lage der trigonometrische Punkte und Niveau-Veränderungen der Erdrinde stattgefunden haben, sind in den Jahren 1881/86 einschlägige nivellistische und trigonometrische Arbeiten durchgeführt.

Primljeno: 1980—01—20