

O S V R T

NA ČLANAK DUŠANA MANZALoviČA: NEPOSREDNO MERENJE KOMPONENATA Odstupanja VERTIKALA, GEODETSKI LIST BROJ 7—9 1962.

Prošla je eto godina dana od objavljivanja u Geodetskom listu članka D. Manzalovića: Neposredno merenje komponenata odstupanja vertikalna. Ne dospijemo odmah sve pročitati, čitamo ono što smatramo interesantnim obzirom na probleme kojima se sami upravo bavimo, pa mi je tako i ovaj članak, iako je već sa svojim naslovom morao izazvati moju pažnju, do pred par dana ostao nezapažen i nepročitan.

Vjerujem da je glavni urednik Geodetskog lista dao članak u štampu a da ili nije ulazio u njegov sadržaj obzirom na poznatog autora ili možda u namjeri da izazove polemiku, naročito od mlađih stručnjaka, da se tako, kroz takvu polemiku bolje upoznaju sa problemima određivanja oblika Zemlje. Nadam se i vjerujem da su se mnogi od naših mlađih stručnjaka i kritički ponijeli prema spomenutom članku, ali da su to zadržali za sebe, ne želeći da se upuštaju u kakvu polemiku.

Budući da do sada nije o tom članku ništa rečeno, nije ništa napisano, a članak ima karakter javnosti, moramo u javnosti ograditi našu geodetsku struku i nauku od tog članka i takvog tretiranja naučnih problema, jer je u potpunosti pogrešno, ukazati na pogreške i neispravnosti, pogotovo kad autor tog članka ima pretenzije da tu rješava jednu veoma krupnu stvar u geodeziji: Oblik Zemlje. Kad se već nije nitko od mlađih kolega javio svojom kritikom na taj članak, osjećam se nekako obavezan, da dam kritiku na taj članak. To činim, i ako nerado, jer osjećam da sam to dužan, pa nek mi to autor D. Manzalović uzme u obzir.

Kad bi se željelo podržati kritici spomenuti članak u općenitosti kao i u svima njegovim pojedinostima naučno dokazujući neispravnost svake pojedine tvrdnje, ta bi kritika bila nekoliko puta veća od samog članka.

Općenito možemo ovdje već na početku reći, da je autor u svojim izlaganjima veoma neprecizan, iznosi razne samovoljne tvrdnje, a to ga dovodi do daljnjih pogrešnih zaključaka.

Članak me podsjeća na razne dokaze o kvadraturi kruga, o izumima perpetuum mobile, što je naučno dokazano da je nemoguće, ali se ipak

nade ljudi, koji uzevši neku pogrešnu premisu, dalje ispravnim računanjem dobiju traženi rezultat što im je bio i cilj.

Za primjer nepreciznosti i samovoljnog iznošenja može poslužiti već u samom početku članka treći pasus (str. 252.):

»Neravna površina zemljine kore i saznanje o nejednakoj gustini zemljine kore stvorilo je shvatanje kod nekih autora, da bi to moglo da izazove odstupanje slobodne površine okeana i mora od elipsoida, što je dovelo do stvaranja pojma geoida. Ovaj pojam nije naišao na opšte odobravanje geodeta sve dotle dok se nije pojavila razlika između određivanja geografskih koordinata astronomskim i geodetskim putem. To je stvorilo pojam o odstupanju vertikalala i u vezi s tim opšte ubedenje kod geodeta o postojanju geoida koji predstavlja mirnu površinu okeana i mora«.

Na prvi pogled to nam izgleda tačno, ali kad bolje pogledamo nailazimo da je sve to prilično neprecizno i laički napisano. U stvari najprije su uočene razlike vertikalala i normala na elipsoid — prva takva neslaganja uočena su kod peruanskih mjerenja. — Prvi je bio Ruđer Bošković, koji je na osnovu mjerenja i takvih odstupanja, što su ih izveli i sračunali članovi pariške Akademije u Peru-u, protumačio ta odstupanja nejednakom gustoćom Zemljine kore, te dokazivao da pravi oblik Zemlje nije tačan rotacioni elipsoid, da meridijani nisu svi jednaki ni tačne elipse i da paralele neće bit tačne kružnice. Upravo da to dokaže i mjerenjima, preduzeo je Bošković ono svoje poznato mjerenje, pa je te razloge kao i samo mjerenje i rezultate opisao u knjizi: *De literaria expeditione per pontificiam ditionem ad dimetiendos duos meridiani gradus et corrigendam mappam geographicam*. (O naučnoj ekspediciji po papinskoj državi sa svrhom da se izmjere dva stupnja meridijana i ispravi geografska karta). Rim 1755. Boškoviću je uspjelo to svojim mjerenjem i dokazati. Za Boškovićevo vrijeme još nije bilo ni izrjekom tačno definirano, šta se smatra oblikom Zemlje. Slijedila su daljnja mjerenja te vrsti u Europi, Africi, Americi, Aziji (Indija) i ta su ukazivala na nepoklapanje vertikalala sa normalama na elipsoid. Slijedila je definicija oblika Zemlje, da je pravi oblik Zemlje nivo ploha mirnog mora koju zamišljamo produženu i kroz kontinente i koji je na prijedlog njemačkog fizičara Listinga 1873 nazvan geoidom. Obzirom na neravnost vanjske, fizičke površine zemlje i obzirom na mase razne gustoće Zemljine kore, nivo ploha bit će očito vrlo nepravilna ali ipak, pošto te nepravilnosti izazivaju relativno male mase u odnosu na cjelokupnu masu Zemlje, nivo ploha mora, geoid, bit će vrlo blizu rotacionom elipsoidu.

Trebalo je da prođe 100 godina od Boškovićeve hipoteze o nepravilnosti Zemljina oblika, od prvih Boškovićevih mjerenja u svrhu dokazivanja, kroz koje je vrijeme posebno teorija i posebno izvršena mjerenja dokazivala nepravilnost Zemljina oblika, pa da se to kao nesumnjivo u potpunosti i svagdje usvoji. Ni jedan naučni radnik na polju geodezije i geofizike u to ne sumnja.

D. Manžalović međutim u tom svom članku o obliku Zemlje ima potpuno oprečno shvaćanje, pa ću ovdje iznijeti, u sažetom vidu što pre-

glednije, suštinu njegovog članka, da nam budu njegove misli i ideje što bolje uočljive:

— Cjelokupna voda okeana i mora, izuzimajući izolovana mora i jezera, zaprema jedan sud. U takovom sudu postoji jedan opšti hidrostatički pritisak. Na bazi tog opšteg hidrostatičkog pritiska slobodna površina vode, okeana i mora, koja se je formirala dejstvom opštih gravitacionih sila predstavlja sferoidalnu površinu rotacionog sferoida. Neka lokalna odstupanja ove vodene površine od sferoidalne u plusu ili minusu čak i do 150 m su neodržive, jer su u suprotnosti sa zakonima hidrostatike (str. 259, 5 alineja).

Geoid kao fizička površina mora i okeana ne postoji, već samo kao jedna od ekvipotencijalnih površina. Slobodna površina okeana i mora kao nulta nivoska površina ima oblik sferoida (str. 261, alineja 2).

Slobodna se površina tečnosti stavlja u okomit položaj na vertikalu samo u zasebnom sudu. U libeli je tečnost u zatvorenom sudu, pa će tečnost libele biti paralelna sa ekvipotencijalnom plohom, plohom geoida. tj. niveliranjem dobivamo geoidne visine, a to je sve u skladu s hidrostatikom (str. 261 ali. 2).

Ako se, međutim, zna smjer odstupanja vertikale, taj se može grubo prethodno i odrediti, može se podesiti smjer, put niveliranja da odstupanje vertikale ne djeluje na libelu. Za tu svrhu put niveliranja i smjer odstupanja vertikale ne djeluje na libelu. Za tu svrhu put niveliranja i smjer odstupanja vertikale ne smije zatvarati kut manji od 75° . Niveliranjem na taj način dobit ćemo visine ne na geoidu već na sferoidu. (Tumačenje uz sl. 3 i 4).

Oblik Zemlje je dakle rotacioni sferoid. Astronomski instrument, kad ga horizontiramo pomoću libela, zauzet će položaj u kom će se njegova vertikalna okretna os poklapati sa smjerom vertikale toga mjesta. Treba odrediti i odstupanje vertikale, tj. odstupanje geoida od sferoida i za taj iznos ispraviti vertikalnu okretnu os teodolita (devertikalizirati, op. pisca) i postaviti je uspravno na sferoidalnu plohu (tj. na nivo plohu mora i okeana, a mjereći sa tako postavljenim instrumentom dobit ćemo prave, geografske koordinate stajališta, astronomski određene koje se u potpunosti poklapaju sa geodetskim i nema više nikakvih razmimoilaženja). Kako se to može izvesti opisuje D. Manžalović u 3. i 4. alineji str. 262.

Izabere se na terenu jedna tačka i na njoj postavi betonski stub za astronomska posmatranja. U blizini stuba usadi se reper. U smjeru sjever—istok—jug i zapad na udaljenosti 206 m od tačke za astronomska posmatranja izaberu se pomoćne tačke, svega 4 i na njima se usadi po jedan reper. Svaki se taj reper iznivelira u odnosu na onaj pored betonskog stuba. Kod tog niveliranja valja paziti na izbor puta niveliranja na naprijed opisan način, da se svlada uticaj skretanja vertikale, pa ćemo tako dobiti sferoidne (ne geoidne) visine tih repera. Na centralnu tačku t. j. betonski stub postavi se instrument za astronomska mjerenja.

Nivelmanom se od susjednog repera izmjeri visina horizontalne osi instrumenta. Na sve 4 pomoćne tačke (reper) koje se od instrumenta na-

laze na udaljenosti 206 m u pravcima: sjever, jug, istok, zapad postave se marke na visinu instrumenta. Za dobivanje te visine služi dobivena visinska razlika u odnosu na centralnu tačku, visina instrumenta i zakrivljenost zemlje. Na taj način će marke na sjevernoj i južnoj pomoćnoj tački odnosno na istočnoj i zapadnoj, u ravnini meridijana i u ravnini prvog vertikala, biti na istoj sferoidnoj površini (str. 265 5 alineja).

Kad se tako i obilježila markama sferoidalna površina, treba okomito na nju postaviti vertikalnu okretnu os instrumenta. To se čini tako da se navizira horizontalnim koncem marka na sjevernoj pomoćnoj tački, okrene instrument oko vertikalne osi, prema marki na južnoj pomoćnoj tački. Zbog skretanja vertikale, horizontalni konac ne će poklopiti marku. Polovicu tog odstupanja treba popraviti elevacionim vijkom, drugu polovicu, podnožnim vijkom (tj. devertikalizirati). Taj se postupak ponavlja dok se potpuno ne odstrani odstupanje. Kad je instrument tako postavljen okomito na sferoidalnu plohu, pri viziranju na sjevernu pa na južnu marku očita se talkotova libela, pa će polovica razlike čitanja dati otklon vertikale u smjeru meridijana. Sličnim postupkom određuje se i otklon vertikale u smjeru prvog vertikala (str. 265, 6 alineja i 266, 1 alineja).

U budućnosti mogli bi potpuno da izbacimo libelu iz pozicijske astronomije, jer bi putem nivelmana visoke tačnosti (tj. na napred opisani način) mogli postaviti instrument u vertikalni položaj ne na geoid već na površinu fizičkog sferoida (str. 266—267 zadnja alineja). —

Mislim da sam eto ovdje u nešto sažetijem vidu istakao i objasnio ideju i suštinu članka D. Manzalovića.

Pa šta da na sve to kažem? Pa to je nova nauka. Bilo bi to genijalno, kad bi bilo ispravno. Odnosno kad bi to bilo tako, tad bi to vjerojatno bilo davno riješeno na taj ili sličan način.

Mislim da moram ovdje najprije objasniti, što je to »odstupanje vertikale« jer je možda upravo taj naziv i zaveo autora. Vertikalna je smjer sile teže u nekoj tački. Instrument stavljamo pomoću libela u vertikalni položaj. Vertikalna je tako reći jedino što sigurno imamo i što je nepromjenljivo (izuzimajući neke vrlo male uticaje zbog promjene položaja Sunca i Mjeseca. Njihov ukupni utjecaj može iznositi 0,02" maksimum). Kakav elipsoid, i sa kojim dimenzijama uzimamo da aproksimiramo geoid i kako ga gdje priljubimo, orijentiramo, o tom elipsoidu, o boljoj ili lošijoj orijentaciji ovisit će veličina odstupanja elipsoida od geoida. Ta se odstupanja očituju u razlikama normale na elipsoid i vertikala. U stvari elipsoid odstupa odnosno normale na elipsoid odstupaju od vertikala. U praksi, računanje koordinata vršimo na elipsoidu, pa nam izgleda i govorimo o odstupanju vertikala.

Autor članka ne dokazuje, on jednostavno tvrdi: »na bazi tog opšteg hidrostatičkog pritiska slobodna površina vode, okeana i mora, koja se je formirala dejstvom opštih gravitacionih sila predstavlja sferoidalnu plohu rotacionog sferoida. Neka lokalna odstupanja ove vodene površine od sferoidalne u plusu ili minusu su neodrživa jer su u suprotnosti sa zakonima hidrostatičke«. Za dokaz te tvrdnje, valjda, poziva se na udžbenik fizike Vučić-Ivanović: Fizika I Beograd 1960. Prema D. Manzaloviću se

drugačije postavlja slobodna površina mora — površina u otvorenom sudu, a drugačije slobodna površina tečnosti u zatvorenom sudu. Svega toga u spomenutom udžbeniku nema i jasno, ne može biti. Autor je očito krivo shvatio poglavlje hidrostatike u tom udžbeniku.

U prvom redu što je to »opšti hidrostatički pritisak«. Moram naglasiti i reći autoru da opći hidrostatički pritisak ne postoji. Postoji hidrostatički pritisak u nekoj tački, a taj se mijenja u zavisnosti sa dubinom, ovisi o visini vertikalnog stupca tekućine nad tom tačkom. Hidrostatički pritisak kod formiranja nivo plohe ne sudjeluje. U citiranom udžbeniku fizike uopće se nigdje i ne spominje »Opšti hidrostatički pritisak«.

Slobodna se površina tečnosti (mora, jezera, kao i u posebnom sudu), znamo iz svih fizika, postavlja okomito na rezultantu svih sila koje u toj tački djeluju. Pa kako na formiranju te rezultante učestvuju sve sile, dakle i one koje bi proiztekle od privlačenja lokalnih masa veće ili manje gustoće, pa kako su te očito nepravilno raspoređene, to će i nivo ploha mora biti nepravilna a ne oblika tačnog rotacionog sferoida. Tu se nema više šta dokazivati, samo ne znam kako se autoru potkralo onakvo pogrešno shvaćanje. Pa i u spomenutoj Fizici na koju se autor poziva, u poglavlju Hidrostatika na str. 183. al. 1. piše:

»Slobodna površina tečnosti. S obzirom na opisana svojstva tečnosti može se lako videti da će slobodna površina tečnosti biti uvek upravna na sili koja na nju djeluje. Ako na tečnost deluju samo gravitacione sile, onda će slobodna površina biti horizontalna odnosno upravna na vertikalnoj gravitacionoj sili«. Eto i tu to tako lijepo i tačno piše. D. Manzalovića je vjerojatno zavela daljna rečenica. U tom istom poglavlju dalje piše: »Tako mirna površina mora da zauzima sferni oblik, s obzirom na gravitacione sile koje su uvek usmerene prema centru Zemlje«. To je očito jedna gruba aproksimacija koja je učinjena zbog zornosti vjerojatno obzirom na namjenu udžbenika. I ona je tačna pod pretpostavkom koju uzima t.j. da su sile teže usmjerene prema centru Zemlje. To nije ni D. Manzalović tako shvatio jer nije tumačio da je oblik Zemlje sfera nego sferoid. Iz daljnje pak rečenice tog istog poglavlja spomenute Fizike tačno se razabire, da će slobodna površina biti upravna na rezultantu svih sila koje tu djeluju.

Moramo odbaciti dakle tu osnovnu i početnu postavku D. Manzalovića da je mirna površina mora i okeana tačan rotacioni sferoid, jer je ona očito potpuno pogrešna.

Kad bi Manzalovićeve tvrdnje o obliku Zemlje i bile tačne i kad bi bilo ispravno da će nivelmanom dobiti za one pomoćne tačke sferoidalne visine, ni onda ne bi mogao na opisan način dobiti dovoljan pouzdani otklon vertikale, jer bi pogreške niveliranja ± 1 mm, pogreške nameštanja marke ± 1 mm, pa razlika u refrakciji, koja je velika naročito kod vizura koje prolaze blizu terena (vidi moj članak u istom broju geod. lista), odnosno jer bi suma svih tih uticaja mogla biti daleko veća od očekivanog otklona vertikale.

Moram upozoriti i na nepreciznosti, nepravilnosti izlaganja u zadnjoj alineji na str. 261. D. Manzalović poistovjetuje tu pars libele sa tačnošću libele. Ako mu je pars nivelacione libele 10" onda mu je i tačnost nive-

liranja $\pm 10''$. No očito je da sa tačnošću vrhunjenja $\pm 10''$ se nemože postići 1 mm na km. Te se libele vrhune sa tačnošću $1/40 \times 10''$ tj. $0,25''$. Osim toga uzgred napominjem da tačnost libele ovisi i o mnogim drugim faktorima.

Interesanatan je i način kako D. Manzalović misli nivelmanom svladati otklon vertikale i kakovu osnovnu pogrešku kod toga čini (tumačenje uz sl. 3 i 4 str. 263 i 264). Izborom puta niveliranja tj. da smjer niveliranja sa smjerom skretanja vertikale ne zatvara kut manji od 75° , smatra da će poništiti uticaj otklona vertikale. U stvari nije ga poništio i ne može ga poništiti. On je samo tim postupkom smanjio uticaj na jedinicu dužine puta, ali je povećao put, te konačan rezultat mora biti isti kao da se direktno nivelira (praktički zbog povećanog puta dobit će manju tačnost). Ako bi na pr. otklon vertikale u nekom smjeru bio $10''$, to bi uticaj otklona, nivelirajući u smjeru otklona na 206 m iznosio $206 \times 10''/\rho''$ m. Ako put niveliranja nije direktan nego siječe smjer otklona vertikale pod kutem 75° bit će ukupna dužina puta niveliranja $206/\cos 75^\circ$. U tom smjeru niveliranja iznosi tada otklon $10'' \times \cos 75^\circ$, pa će uticaj otklona na tako produženom putu biti

$$\frac{206 \text{ m}}{\cos 75^\circ} \frac{10'' \cos 75^\circ}{\rho''} = \frac{206 \cdot 10''}{\rho''} \text{ m,}$$

dakle isto kao i direktno.

Ako se piše o nekom problemu onda se mora prethodno proučiti barem najnovija literatura koja se na taj problem odnosi. Problemom oblika Zemlje bavili su se najpoznatiji matematičari, geofizičari, geodeti i astronomi. Postoje brojna naučna djela, postoje i brojni udžbenici. Nije ovdje mjesto, a i nemoguće bi bilo da ovdje navodimo sva ta djela i njihove autore, a imena njihova u nauci općenito visoko svijetle. D. Manzalović sve to zanemaruje. Zanemaruje i najnovija istraživanja i rezultate naučenjaka, koji su u cilju ispitivanja oblika Zemlje, geoida, koristili najnovije mogućnosti, putanju satelita.

Prof. dr inž. Nikola Čubranić