

Dr. Ing. Nikola Čubranić — Zagreb

## Točnost visinskog povezivanja otoka trigonometrijskim nivelmanom

Geometrijski — precizni nivelman je geodeska operacija, koja daje visoko točne rezultate. Općenito se uzima, da se može postići točnost  $\pm 1$  mm na 1 km. Osim toga kod ove vrsti rada srednja pogreška sa dužinom vlaka raste vrlo sporo t. j. sa drugim korjenom dužine.

Obzirom na dužine vizura 40—60 met., kojima je donekle definiran i koje se primjenjuju kod preciznog nivelmana, ne može se isti primijeniti za visinsko povezivanje otoka.

Za dobivanje visina mogao bi se na pojedinom otoku postaviti mareograf, kojim bi se odredio neki srednji vodostaj, od kog bi onda dalje nivelmanskom metodom mogli dobiti visine pojedinih točaka na samom otoku. Svaki takav otok imao bi svoj visinski sustav, koji ovisi o uzetom srednjem vodostaju. Svakako, što je srednji vodostaj određen iz dužeg perioda motrenja bit će bolje određen — sigurniji. Ali kako bio da bio pouzdan, ne će odgovarati onom, koji je usvojen za određivanje visina na kontinentu.

Nadmorske visine u Jugoslaviji računaju se od normalnog repera — marke, koji se nalazi na molu Sartorio u Trstu, koji ima kotu 3,3520 met, t. j. nulta nivo ploha odnosno srednji vodostaj nalazi se za 3,3520 ispod normalnog repera. Visina normalnog repera na molu Sartorio dobivena je prema srednjem vodostaju za god. 1875. Već je Robert v. Sterneck iz podataka istog mareografa za god. 1875, 76, 78, 79, 1901, 02, 03, 1904 ustanovio, da je srednja razina Jadranskog mora za 8,99 cm viša.

Geofizički zavod u Zagrebu postavio je mareograf u Bakru kog je povezao s državnim preciznim nivelmanom. Iz srednjih vodostaja ovog mareografa za godine 1930—1938 dobiva se, da je srednja razina Jadranskog mora viša za 8,93 cm od one što je usvojena. Ovo potvrđuje raniji Sterneckov nalaz, a ujedno ukazuje, kako se srednjak iz cijele godine može razlikovati od srednjaka iz više godina. Općenito možemo reći, da su visine svih repera u Jugoslaviji za 9 cm previsoke.

Oceanografski institut u Splitu kontrolira mareograf na rtu Marjana. Hidrografski institut u Splitu postavio je nekoliko mareografa duž dalmatinske obale, osim toga posjeduje i prenosni mareograf, kojeg koristi na otocima. Za potpuno korišćenje podataka mareografa (kolebanja morskih razina, poniranje ili izdizanja kopna i t. d.) potrebno je da se visinski točno povežu. Mareografe na kopnu u jedinstveni visinski sustav možemo lako povezati preciznim nivel-

manom. Ostaje kao problem visinska veza kopna sa otocima, t. j. određivanje visinskih razlika preko mora.

Visinsku vezu preko mora, vode možemo dobiti najtočnije primjenom hidrostatskog nivelmana. Za ovu svrhu potrebne su posebne cijevi, koje se spuštaju s jednog kopna po dnu mora na drugo kopno, ispune vodom i posebnim napravama određuju visinu, koju zauzme voda na oba kraja. Zamisao je svakako jednostavna no nije lako izvediva. Na točnost utjecat će zračni mjehuri veći ili manji, koji mogu u tim i tako dugačkim cijevima ostati. Samo pak izvođenje — potrebne cijevi i njihovo polaganje — je očito teško i skupo.

Najjednostavnije i najlakše možemo postići visinsku vezu preko mora trigonometrijskim nivelmanom, t. j. mjerenjem visinskih ili zenitnih kutova.

Nameće se odmah pitanje, kakvu točnost možemo postići trigonometrijskim nivelmanom. Želimo li trigonometrijskim nivelmanom postići visinsku vezu preko mora, kao specijalan zadatak, gdje ćemo imati vizure dugačke 5—10 pa i 20 km, gdje nam donekle trigonometrijski nivelman treba nadomjestiti precizni nivelman, moramo ne žaleći truda podesiti mjerenja tako, da nam dade maksimum točnosti, koju trigonometrijski nivelman uopće može dati, osim toga potrebno je prethodno provjeriti razne načine i ispitati na koji će se način dobiti najbolja točnost. Kod mjerenja na kopnu ovaj se zahtjev redovito ne postavlja. Na kopnu glavne visinske točke — repere — određujemo preciznim nivelmanom, a trigonometrijski ne nivelman onda veže na najbliže repere i njime određujemo kote trigonometrijskih točaka s relativno kratkim dužinama vizura (1—3 km).

Ako zanemarimo pogreške u dužini vizure, u visini instrumenta i u visini signala, koje pogreške možemo pažljivim radom svesti na par milimetara, onda srednju pogrešku visinske razlike  $m_h$  možemo dobiti po formuli:

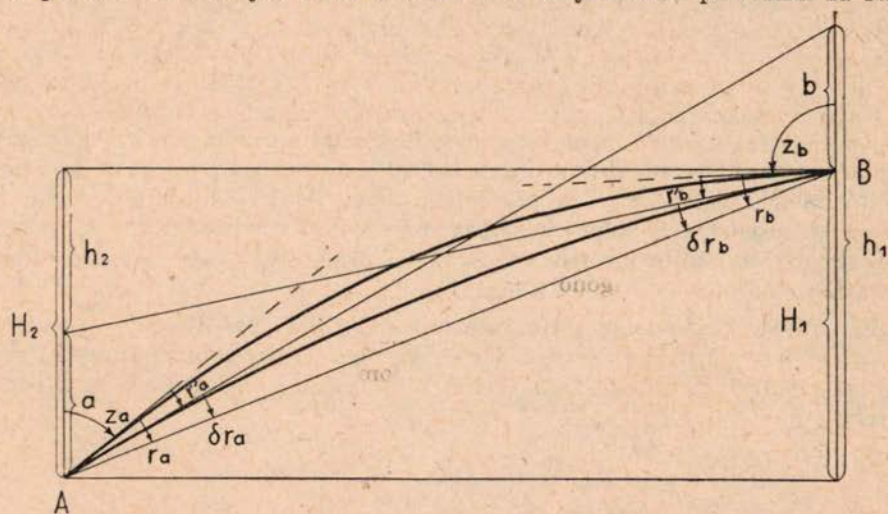
$$m_h^2 = \left( \frac{m_z''}{\sin \varphi} \right)^2 S^2 + m_k^2 \left( \frac{S^2}{2R} \right)^2$$

gdje je  $m_z''$  srednja pogreška visinskog kuta,  $m_k$  srednja pogreška koeficijenta refrakcije,  $R$  radij zakrivljenosti Zemlje a  $S$  udaljenost točaka (duljina vizure) na nivo plohi mora. Iz prednje formule vidi se da pogreška u visinskom kutu utiče na visinsku razliku proporcionalno sa dužinom. Refrakcioni kut  $r$  raste proporcionalno sa dužinom ( $r = kS/2R$ ), pa netočno poznavanje refrakcije, kako izlazi i iz formule utiče na visinsku razliku sa kvadratom dužine. Kod velikih dužina vizure, netočnost poznavanja koeficijenta refrakcije utjecat će vrlo loše na točnost visinskih razlika. Ako uzmemo, da je pogreška u koeficijentu refrakcije  $m_k = \pm 0,05$  (vidjet ćemo da ova netočnost može biti i mnogo veća), dobivamo pri dužini vizura od 4 km pogrešku u visini 6,3 cm, pri dužini vizure od 10 km pogrešku 39,3 cm, a pri dužini vzure od 20 km pogrešku 157,4 cm.

Da bi se eliminirala pogreška zbog netočnog poznavanja refrakcije u momentu opažanja, izvode se istovremeno obostrana mjerenja. Pretpostavlja se da je refrakcioni kut u istom momentu na oba kraja vizure, točnije na oba suprotna početka jednak. Praksa je pokazala da je ta pretpostavka, ako ne potpuno, a ono prilično točna. U aritmetskoj sredini iz para obostranih i istovremenih mjerenja je tada eliminiran utjecaj refrakcije.

Da bi ispitao točnost, koju može pružiti trigonometrijski nivelman, izabrao sam nekoliko točaka u kaštelanskom zaljevu, između kojih da se u svrhu odre-

divanja visinskih razlika izmjere visinski kutevi. Situaciju točaka prikazuje sl. 1. Kaštelanski zaljev pruža mogućnost, da se sve točke, pa i one na otoku Čiovu mogu iznivelirati preciznim nivelmanom preko mosta u Trogiru. Uspoređujući podatke samo iz trigonometrijskog nivelmana iz pojedinih mjerenja ili iz zatvorenih figura dobit ćemo unutarnju točnost. Uspoređujući pak trigonometrijski dobivene visine s visinama iz preciznog nivelmana dobit ćemo svakako objektivniju i sigurniju ocjenu. Točke su zabrane na raznim nadmorskim visinama s namjerom da se ispita i utjecaj blizine tla odnosno mora. Izabrane su slijedeće trigonometrijske točke 57, 89, 91, 27, 245, 244, 190, 68 i 60. Ovo su točke državne triangulacije. Za kontrolu njihovih koordinata izvršio sam mjerenje horizontalnih kuteva. Ova su mjerenja pokazala, da su preuzete koordinate pouzdane i dovoljno točne u svrhu dobivanja dužina potrebnih za raču-



Sl. 1

nanje visinskih razlika. Ovaj račun kao i podaci mjerenja su u ovom prikazu izostavljeni kao nebitni. Na rtu Marjana postavljene su za ovo ispitivanje (na raznim visinama) još dvije točke P i Q, obilježene su sa gvozdanim reperima, pa smo njihove koordinate odredili mjerenjem horizontalnih kuteva.

1951. god obnovljen je precizni nivelman od Oceanografskog instituta na rtu Marjana kroz Split i cestom kroz Kaštela do Trogira, i visinski oslonjen na ispitane i sigurne točke austrijskog preciznog nivelmana. Na najbliže repere ovog nivelmana vezane su točke P, Q 244, 245, 190, 68 i 60 niveliranjem tamo i natrag. Tu je najveću poteškoću pružilo niveliranje točke 60, jer je trebalo kroz kamenjar svladati visinu od 3 m do 147 met. nadmorske visine. Na otoku Čiovu proveden je posebno za ovu svrhu nivelman u vidu zatvorenog poligona, pa su tim nivelmanom obuhvaćena i trigonometrijske točke na Čiovu. Svladanje visina (kote 57 = 217 met.), bespuće i kamenjar bile su glavne poteškoće kod izvođenja ovog nivelmana. Nivelman na Čiovu oslonjen je na reper 14757 u Trogiru, koji je ispitivan da su iznivelirana još zadanih 6 repere u vlaku prema Kaštelima do repere 3443.

Podaci mjerenja i obračun visina predane je na čuvanje Geodetskoj upravi u Zagrebu. Iz obračuna uzimamo visine točaka:

točka	visina	točka	visina
190	1,7312	27	(94,7147)
244	3,3929	89	(40,3845)
245	147,7530	91	(14,1191)
68	4,2930	57	(217,0901)
60	149,1451	27	94,7252
P	27,3139	89	40,3940
Q	65,9495	91	14,1296
		57	217,1006

Za repere na Čiovu iznesene su ovdje dvojake visine, koje se razlikuju konstantno za 1,05 cm. Visine u zagradi su date obzirom na kote preciznog nivelmana u Trogiru, koje su pretrpjele popravku izjednačenja obzirom na stare austrijske repere, dok bi kote bez zagrade bile oslobođene tih popravaka u nivelmanu od Splita do Trogira. Svakako pravilnije je da za naša razmatranja uzmemo posljednje kote u obzir.

Koordinate trigonometrijskih točaka date su u Gauss-Krügerovoj projekciji u šestoj zoni kao reducirane koordinate, pa su računskim postupkom svedene na tangirajući valjak. Točke P i Q su određene presjecanjem sa izjednačenjem:

	Y	X
27	— 130 117, 22 <sub>8</sub> . . . . .	4 817 571, 85 <sub>1</sub>
89	— 134 337, 48 <sub>1</sub> . . . . .	4 819 150, 62 <sub>0</sub>
91	— 131 828, 52 <sub>3</sub> . . . . .	4 818 165, 34 <sub>4</sub>
190	— 128 567, 67 <sub>6</sub> . . . . .	4 824 079, 86 <sub>3</sub>
244	— 128 752, 02 <sub>0</sub> . . . . .	4 820 740, 12 <sub>1</sub>
245	— 128 668, 19 <sub>5</sub> . . . . .	4 820 019, 53 <sub>5</sub>
68	— 136 897, 45 <sub>3</sub> . . . . .	4 822 536, 96 <sub>0</sub>
60	— 139 557, 96 <sub>0</sub> . . . . .	4 822 587, 63 <sub>0</sub>
57	— 136 580, 94 <sub>0</sub> . . . . .	4 818 698, 68 <sub>4</sub>
P	— 129 825, 60 <sub>6</sub> . . . . .	4 820 011, 83 <sub>0</sub>
Q	— 129 539, 19 <sub>3</sub> . . . . .	4 820 005, 24 <sub>7</sub>

Na osnovu ovih koordinata sračunate su dužine za potrebne vizure u koordinatnom sistemu, sračunat je i utjecaj zbog deformacije projekcije pa dužine geodetskih linija na elipsoidu S između odgovarajućih točaka jesu:

Red. broj	Od — do	Dužina u Gauss-Krüg. projekcije D	Dužina na elipsoidu S	log S
1.	60—245	11 188,46	11 185,98	4,048 6740
2.	60— 89	6 216,94	6 215,51	3,793 4768
3.	89—245	5 775,03	5 773,80	3,761 4617
4.	89— 68	4 221,07	4 220,12	3,625 3248
5.	68—245	8 605,68	8 603,81	3,934 6908
6.	89— 27	4 543,38	4 542,40	3,657 2854
7.	27—245	2 844,44	2 843,85	3,453,9066
8.	27— 91	1 811,29	1 810,91	3,257 8967
9.	91—245	3 664,11	3 663,35	3,563 8784
10.	57—245	8 022,23	8 020,49	3,904 2009
11.	57— 27	6 561,25	6 559,82	3,816 8919
12.	68— 91	6 693,65	6 692,16	3,825 5663
13.	60— Q	10 346,25	10 343,96	4,014 6868
14.	89— Q	4 913,19	4 912,14	3,691,2707
15.	60— P	10 067,46	10 065,23	4,002 8237
16.	89— P	4 632,64	4 631,65	3,665 7357
17.	68— Q	7 781,59	7 779,89	3,890 9734
18.	68— P	7 509,14	7 507,50	3,075 4953
19.	91— Q	2 937,05	2 936,41	3,467 8167
20.	91— F	2 724,19	2 723,62	3,435 1465
21.	27— Q	2 501,10	2 500,58	3,398 0407
22.	57— Q	7 161,94	7 160,38	3,854 9361
23.	57— P	6 881,81	6 880,31	3,837,6080
24.	190—244	3 384,76	3 384,07	3,529 4394
25.	244— 89	5 845,71	5 844,47	3,766 7451
26.	60— 57	4 897,61	4 896,46	3,689,8822

Koordinate trigonometrijskih točaka, iako su posebnim mjerenjima kontrolirane, ne će biti apsolutno točne. Da bi se uklonila pogreška u visini zbog eventualnih manjih pogrešaka (10—15 cm) u dužini vizura, poželjno je birati za ovu svrhu točke na približno istim visinama. Kod tako položenih vizura može se s većim pravom pretpostavljati i očekivati, da će i refrakcioni kut na jednom i drugom kraju vizure u isto vrijeme biti isti.

Kod izbora točaka za visinsku vezu između otoka potrebno je voditi brigu o ovoj okolnosti. Jasno je, da ne će biti moguće izabrati obje točke na potpuno istim nadmorskim visinama, i da manja odstupanja od tog zahtjeva ne će na rezultat mjerenja imati nikakvog praktičnog značenja. Uvijek će biti moguće sračunati utjecaj pogreške dužine strane na traženu visinsku razliku. Kako je  $h = S \operatorname{tg} \alpha$  to diferencirajući dobivamo

$$dh = \operatorname{tg} \alpha \cdot ds \quad \text{ili} \quad ds = \frac{dh}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (\text{a})$$

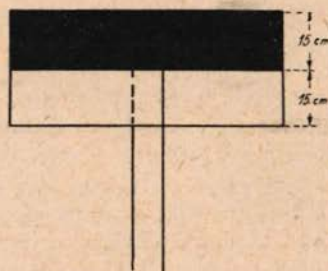
kod toga smo za ovu svrhu smatrali  $\alpha$  konstantnim.

Točnost nekih elemenata, koji ulaze u račun visinske razlike kao što su visina signala, visina instrumenta, pa tako i dužine strane možemo uzeti po volji točno. Obzirom na to uzimat ćemo te elemente što točnije, da utjecaj njihove pogrešnosti praktički iščezava pred pogreškama uslijed pogrešaka u mjerenju kuteva i refrakcije. Uzmimo da gornje elemente određujemo sa točnošću  $\pm 3$  mm, pa taj zahtjev postavimo i na točnost zbog pogrešnosti dužine strane, tako da je  $dh = 3$  mm možemo za razne nagibe vizura sračunati s kojom točnošću,  $ds$ , trebamo znati dužinu strane  $S$ . Za visinski kut od  $1'$  (vizura 68—244) može pogreška  $ds$  u dužini strane biti i do 10 m

za visinski kut od	2' (60—245)	$ds = 5$ m
" " " "	10' (68—P)	$ds = 1$ m
" " " "	30' (57—245)	$ds = 0,35$ m
" " " "	1° 06' (27—245)	$ds = 0,16$ m

Ako smatramo, da kod dobre triangulacije maksimalna pogreška u dužini strane dobivene iz koordinate ne bi smjela preći 15 cm, pa da računamo s ovom veličinom kao krajnjom granicom pogrešnosti dužine, to da osiguramo točnost u visini od 3 mm ne bi smjeli uzimati vizure većeg nagiba od  $1^{\circ} 09'$ . Vizure, na kojima su mjereni visinski kutovi u Kaštelanskom zaljevu, su sve ispod ove veličine osim vizure 27—91, gdje visinski kut iznosi  $2^{\circ} 29'$ .

U svrhu opažanja visinskih kuteva postavljene su piramidice, centrično smještene nad samom točkom. Za viziranje učvršćene su na srednji stupić piramidice (popa) marke izrađene od lesanit ploče, tako da je gornji rub tih četiri daščica, koje čine jednu marku bio na istoj visini. Gornji dio obojadisan je masnom crnom bojom a donji bijelom. Vizirna marka redovito je bila granica između crnog i bijelog polja. Ukoliko je ta linija pri viziranju bila nejasna (u sjeni) viziralo se je na gornji rub. Kod mjerenja pisano je uvijek na što je vizirano. (sl. 2).



Sl. 2

Mjerenja visinskih puteva vršena su istovremeno na tri točke. Opservaciju visinskih kuteva vršili su Kožuh Boris, Slavko Rako i Čubranić. Za ovu svrhu bila su raspoloživa 2 Wildova teodolita T3 i jedan T2 (Rako). Mjerenjem obostranih visinskih kuteva između 3 točke htjelo se postići ocjena točnosti iz visinskog zatvaranja figure. Ovo nije uvijek uspjelo, jer se neke točke nisu uvijek vidjele zbog nezgodnog projektiranja na pozadinu, a radi vidljivosti u takvim slučajevima potrebno je i naročito dobro osvjetljenje, što nije uvijek slučaj. Svakako najbolje je, ako se signal projicira na plavetilo neba.

Mjerenja su vršena po danu kroz cijeli dan, svakih pola sata, tako da su sva tri opažača počinjali mjeriti u isto vrijeme. Osim što se je sa svake točke viziralo na ostale dvije točke (trokut) viziralo se je i na još poneku točku prema (raspoloživom vremenu) točki, s koje će se drugi dan dobiti suprotna veza.

Sa T2 vizirano je sa gornjim srednjim i donjim koncem. Kako T3 ima samo jedan horizontalan konac, viziranje je vršeo zaredom 2 puta, i svaki put bilježeno. Ovako izvedena mjerenja u oba položaja durbina daju jedan podatak za vrijednost visinskog odnosno zenitnog kuta.

Između točaka 244—68 i 245—60 izvršena su mjerenja visinskih kutova i danju i noću. Svakako je interesantno praćenje promjene refrakcije dan-noć. Te su vizure u našoj mreži bile najduže, pa su promjene refrakcije mogle jače doći do izražaja. Napominje se, da su se signali kod tih vizura po danu slabo vidjeli, čemu je bio uzrok nepovoljna pozadina. Mjerenja na tim točkama u noći vršen su točno istovremeno svakih 15 minuta. Točno istovremeno, jer su se u isti momnat palila, a po svršetku girusa gasila svjetla. Noćna mjerenja izvršena su sa dva Wildova teodolita T3, u koju svrhu je primijenjeno unutar-nje osvjetljenje istih i Zeissovi reflektori TG S III sa akumulatorima. Reflektori su bili postavljeni na Zeissovima stativima.

Kod mjerenja noću možemo reć zbilja da su vizure bile točno obostrane — suprotne, jer je visina reflektora bila približno jednaka visini instrumenta. Kod mjerenja danju to baš nije slučaj, jer je visina instrumenta bila cca 1.60 m a visina signala cca 4 m, pa zbog promjene u temperaturnom gradijentu moglo bi se očekivati, da refrakcioni kut na udaljenost od terena od 1,60 m nije isti onom na udaljenost 4 m od terena. S druge pak strane može se opet očekivati, da će biti viziranje na signal, visok 4 m, postojanije i sigurnije nego na 1,60. Noćna mjerenja izvršili su Kožuh i Čubranić.

Pošto su pojedinačna mjerenja sređena, iznesena su u vidu priloženih tabela: I, II, III, IV, V, VI.

Takav način prikazivanja izabran je da se lakše može uočiti kolebanje i promjena dva suprotno mjerena zenitna kuta  $z_a$  i  $z_b$ , a također i njihove razlike  $\Delta$ .

U tabelama upisan je: datum mjerenja, točka  $T_a$  i  $T_b$  između kojih su vršena mjerenja, dužina, visine instrumenta i signala, a dalje su izneseni izmjereni podaci — pojedinačna mjerenja  $z_a$  i  $z_b$  za svaki pola sata kroz cio dan. Za istovremena mjerenja napravljene su razlike  $z_a - z_b = \Delta$ . Na dnu takovog stupca upisane su sredine od  $z_a - z_b$  i  $\Delta$ . Ove su sredine napravljene samo na temelju onih podataka, za koje postoji u tom času i suprotno mjerenje t. j. za koje postoji  $\Delta$ . Na temelju tih sredina izvršeno je računanje visinskih razlika, a ostala mjerenja nisu kod toga uzeta u obzir, a u cilju da bi stvorili mogućnost da se eliminiira netočno poznavanje refrakcije. U nekim stupcima tih tabela izneseni su podaci mjerenja izvršeni u dva (različita) dana, a u iste sate. Tako je s točke 57 na Q mjereno 18. VIII. a sa Q na 57 19. VIII.; sa točke 89 na 68 19. VIII., a sa 68 na 89 — 20. VIII. i t. d. U tabeli VI. iznesene su zenitne daljine mjerene noću. Između točaka 60—245 mjereno je kroz dvije noći; prvu je noć mjereno samo do 22<sup>h</sup>30, jer je ponestalo struje u akumulatorima. U tabeli VII iznesene su jednostrano izmjerene zenitne daljine sa točaka označenih sa  $T_a$  na  $T_b$ .

Između točaka 190 i 68 nije bilo povoljne vidljivosti — naročito zbog dima kaštelanskih tvornica, pa ta mjerenja nisu uopće vršena. Između pak točaka

OBOSTRANO MJERENE ZENITNE DALJINE

1.

Sat	Temperatura	18. VIII.			19. VIII.			18. VIII.			19. VIII.		
		$T_a = 60$ $T_b = 245$			$T_a = 27$ $T_b = Q$			$T_a = 57$ $T_b = Q$					
		$d = 11$ 165.98			$d = 2$ 500.58			$d = 7$ 160.38					
		$i_a = 1.422$	$i_b = 1.361$		$i_a = 1.917$	$i_b = 1.428$		$i_a = 1.530$	$i_b = 1.428$		$i_a = 1.530$	$i_b = 1.428$	
		$l_a = 3.620$	$l_b = 3.814$		$l_a = 4.040$	$l_b = 3.735$		$l_a = 4.560$	$l_b = 3.735$		$l_a = 4.560$	$l_b = 3.735$	
	$Z_a$	$Z_b$	$\Delta$	$Z_a$	$Z_b$	$\Delta$	$Z_a$	$Z_b$	$\Delta$	$Z_a$	$Z_b$	$\Delta$	
6 <sup>00</sup>		90 02	90 01		90 37 41.3	89 17 22.1	19.2	91 13	88 47				
6 <sup>30</sup>		19.0	20.7	58.3	43.6	20.6	23.0						
7 <sup>00</sup>		19.0	25.3	53.7	36.3	27.6	08.7						
7 <sup>30</sup>		15.0	25.2	49.8	37.6	25.3	12.3						
8 <sup>00</sup>		11.0	27.8	43.2	38.6	24.3	14.3						
8 <sup>30</sup>		15.0	29.9	45.1	43.3	22.6	20.7						
9 <sup>00</sup>		10.0	24.3	45.7	42.6	23.4	19.2						
9 <sup>30</sup>		16.0	23.2	52.8	41.3	23.7	17.6						
10 <sup>00</sup>		25.0	23.3	61.7	39.9	21.4	18.5						
10 <sup>30</sup>		25.0	30.7	54.3	40.0	23.1	16.9						
11 <sup>00</sup>		15.0	29.0	46.0	42.7								
11 <sup>30</sup>		23.0	27.1	55.9	40.0								
12 <sup>00</sup>			21.6		42.3	25.1	17.2	11.8	32.2	39.6			
12 <sup>30</sup>		19.0				25.5		14.5	35.0	39.5			
13 <sup>00</sup>		10.0											
13 <sup>30</sup>													
14 <sup>00</sup>		18.0	27.1	50.9	38.3	26.8	11.5	15.9	35.4	40.5			
14 <sup>30</sup>		13.0	24.7	48.3				18.6	36.7	41.9			
15 <sup>00</sup>		15.0	26.3	48.7	38.7	26.9	11.8	16.7	34.6	42.1			
15 <sup>30</sup>		15.0			36.0	25.5	10.5	17.0	36.9	40.1			
16 <sup>00</sup>		14.0			37.3	26.3	11.0	12.5	32.3	40.2			
16 <sup>30</sup>		13.0			37.7	24.1	13.6	08.5	35.7	32.8			
17 <sup>00</sup>		15.0			39.7	22.2	17.5	07.5	33.0	34.5			
17 <sup>30</sup>		13.0			39.0	23.5	15.5	07.9	34.4	33.5			
18 <sup>00</sup>		13.0			37.3	22.2	15.1	08.3	30.9	37.4			
Sredina		90 02 17.071	90 01 26.043	51.028	90 37 39.516	89 17 24.037	15.479	91 13 12.655	88 47 34.282	38.373			



OBOSTRANO MJERENE ZENITNE DALJINE

II.

Sat	Temperatura								
	19. VIII.			19. VIII.			20. VIII.		
	$T_a = 27$		$T_b = 89$	$T_a = 89$		$T_b = 68$	$T_a = 91$		$T_b = 68$
	$d = 4\ 542.40$			$d = 4\ 220.12$			$d = 6\ 692.16$		
	$i_a = 1.917$ $l_a = 4.190$	$i_b = 1.533$ $l_b = 3.375$	$\Delta$	$i_a = 1.533$ $l_a = 3.375$	$i_b = 1.445$ $l_b = 3.695$	$\Delta$	$i_a = 1.682$ $l_a = 3.990$	$i_b = 1.445$ $l_b = 3.695$	$\Delta$
$Z_a$	$Z_b$	$Z_a$		$Z_b$	$Z_a$		$Z_b$		
6 <sup>00</sup>	90 41 03.3	89 17		90 28	89 29 43.0		90 05	89 54	
6 <sup>30</sup>		02.3			46.0		20.7		
7 <sup>00</sup>		04.4	54.1 10.3		32.7	46.0 46.7		20.5	
7 <sup>30</sup>		07.3	57.0 10.3		32.7	50.0 42.7		19.1	
8 <sup>00</sup>		05.3	54.2 11.1		33.4	50.0 43.4		25.1	
8 <sup>30</sup>		05.6	54.9 10.7					16.9	
9 <sup>00</sup>		05.6	54.5 11.1					21.6	
9 <sup>30</sup>		09.6	54.5 15.1		34.7	49.0 45.7		16.5	
10 <sup>00</sup>		06.3	52.5 13.8		29.6			15.6	
10 <sup>30</sup>		09.7	52.6 17.1		35.1	52.0 43.1		28.0	
11 <sup>00</sup>		10.0	55.0 15.0		36.4	50.0 46.4		29.6	49.0 40.6
11 <sup>30</sup>		04.0	54.5 09.5		37.6	51.0 46.6		27.8	55.0 32.8
12 <sup>00</sup>		09.0	51.1 17.9		38.6	52.0 46.6		23.8	44.0 39.8
12 <sup>30</sup>			54.0		32.1	48.0 44.1		50.0	
13 <sup>00</sup>						47.0		53.0	
13 <sup>30</sup>								21.0	50.0 31.0
14 <sup>00</sup>		11.0	53.9 17.1		27.9			22.7	35.0 47.7
14 <sup>30</sup>		09.7	55.4 14.3		30.0	53.0 37.0		26.1	42.0 44.1
15 <sup>00</sup>		09.7	56.0 13.7		32.9	44.0 48.9		27.0	
15 <sup>30</sup>		10.0	58.5 11.5		33.7	47.0 46.7		45.0	
16 <sup>00</sup>		10.0	53.9 16.1		30.8	48.0 42.8		53.0	
16 <sup>30</sup>		06.0	53.5 12.5		31.7				
17 <sup>00</sup>		02.0	54.0 08.0		32.2				
17 <sup>30</sup>			53.4		33.1				
18 <sup>00</sup>			55.6		33.7				
Sredina	90 41 07.511	89 17 54.450	13.061	90 28 33.900	89 29 49.231	44.669	90 05 25.167	89 54 45.833	39.333

OBOSTRANO MJERENE ZENITNE DALJINE

III.

Sat	Temperatura	19. VIII.			19. VIII.			19. VIII.			18. VIII.			20. VIII.			20. VIII.		
		$T_a = 89$			$T_b = Q$			$T_a = 89$			$T_b = 245$			$T_a = 68$			$T_b = P$		
		$d = 4\ 912.14$						$d = 5\ 773.80$						$d = 7\ 507.50$					
		$i_a = 1.533$		$i_b = 1.428$				$i_a = 1.533$		$i_b = 1.361$				$i_a = 1.445$		$i_b = 1.605$			
		$l_a = 3.375$		$l_b = 3.735$				$l_a = 3.375$		$l_b = 3.964$				$l_a = 3.695$		$l_b = 3.730$			
	$Z_a$	$Z_b$	$\Delta$		$\bar{Z}_a$	$Z_b$	$\Delta$		$Z_a$	$Z_b$	$\Delta$		$Z_a$	$Z_b$	$\Delta$				
6 <sup>00</sup>	89 41	90 17	33.7		88 55	91 03			89 49	90 10	56.3								
6 <sup>30</sup>		34.8				57.7					59.0								
7 <sup>00</sup>		39.4			52.7	58.0	05.3				54.7								
7 <sup>30</sup>	41.5	40.2	58.7		57.5	60.9	03.4				62.5								
8 <sup>00</sup>	43.3	37.2	53.9		56.1	58.9	02.8				64.0								
8 <sup>30</sup>	40.7	38.6	57.9		55.6	62.8	07.2				58.3								
9 <sup>00</sup>	39.9	32.7	52.8		57.3	57.6	00.3				59.1								
9 <sup>30</sup>	43.5	32.3	48.8		55.2	57.8	02.6				57.7								
10 <sup>00</sup>	45.8	30.8	45.0		53.8	57.3	03.5				58.8								
10 <sup>30</sup>	49.4	41.3	51.9								65.1								
11 <sup>00</sup>	45.5				64.0	61.5	57.5		47.0		68.2	21.2							
11 <sup>30</sup>	40.9				55.0	56.5	01.5		53.0		69.0	16.0							
12 <sup>00</sup>	39.4	39.0	59.6		54.2	53.9	59.7		50.0		65.1	15.1							
12 <sup>30</sup>	43.9	39.9	56.0		53.3	52.2	58.9		46.0		66.5	20.5							
13 <sup>00</sup>									51.0		62.9	11.9							
13 <sup>30</sup>									47.0										
14 <sup>00</sup>	38.3	39.3	61.0		58.1	58.3	00.2		47.0		60.4	13.4							
14 <sup>30</sup>	42.3	38.1	55.8		58.8	54.7	55.9		39.0		57.8	18.8							
15 <sup>00</sup>	39.7	40.9	61.2		57.3	51.0	53.7												
15 <sup>30</sup>	39.8	38.2	58.4		53.4	50.8	57.4		34.0										
16 <sup>00</sup>	41.0	34.0	53.0		55.0	54.9	59.9		45.0										
16 <sup>30</sup>	40.0	35.7	55.7		54.1	53.6	59.5												
17 <sup>00</sup>	39.9	32.8	52.9		54.7	54.9	00.2												
17 <sup>30</sup>	39.2	31.2	52.0		53.8	50.4	56.6												
18 <sup>00</sup>	33.5	30.9	57.4		52.7	50.8	58.1												
Sredina	89 41 41.172	90 17 36.283	55.111		88 55 55.630	91 03 55.840	00.210		89 49 47.571	90 11 04.271	16.700								

OBOSTRANO MJERENE ZENITNE DALJINE

IV.

Sat	Temperatura											
	20. VIII.			20. VIII.			20. VIII.			19. VIII.		
	$T_a = 91$			$T_b = P$			$T_a = 91$			$T_b = Q$		
	$d = 2\ 723.62$			$d = 2\ 936.41$			$d = 4\ 631.65$					
	$i_a = 1.682$		$i_b = 1.605$		$i_a = 1.682$		$i_b = 1.428$		$i_a = 1.533$		$i_b = 1.605$	
$l_a = 3.990$		$l_b = 3.730$		$l_a = 3.990$		$l_b = 3.735$		$l_a = 3.375$		$l_b = 3.730$		
$Z_a$		$Z_b$		$\Delta$		$Z_a$		$Z_b$		$\Delta$		
6 <sup>00</sup>	89 41		90 14 12.4			88 57		90 58 17.5		90 09	89 49 52.1	
6 <sup>30</sup>	19.9		11.7	51.8		33.3		17.4	44.1		55.9	
7 <sup>00</sup>	18.6		10.8	52.2		32.7		22.8	50.1		53.7	
7 <sup>30</sup>	20.1		13.4	53.3		31.9		23.9	52.0		57.1	
8 <sup>00</sup>	21.4		09.9	48.5		34.5		17.0	42.5	05.7	54.9 10.8	
8 <sup>30</sup>	19.7		11.8	52.1		33.4		20.9	47.5	07.5	52.1 15.4	
9 <sup>00</sup>	25.0		11.9	46.9		33.9		17.4	43.5	09.4	50.6 18.8	
9 <sup>30</sup>	21.1		13.5	52.4		33.8		16.8	43.0	07.9	56.3 11.6	
10 <sup>00</sup>	18.0		12.1	54.1		29.9		18.9	49.0	07.2	54.9 12.3	
10 <sup>30</sup>	29.1		15.1	46.0		34.7		23.3	48.6			
11 <sup>00</sup>	28.0		14.6	46.6		33.9				08.2	55.9 12.3	
11 <sup>30</sup>	23.9		14.1	50.2		35.6				05.2	58.3 06.9	
12 <sup>00</sup>	17.9		12.3	54.4		36.2		18.6	42.4	02.2	54.9 07.3	
12 <sup>30</sup>	22.2		10.2	48.0				18.8		09.4	55.5 13.9	
13 <sup>00</sup>			10.7								55.1	
13 <sup>30</sup>						34.3						
14 <sup>00</sup>	24.6		09.3	44.7		36.0		19.6	43.6	04.4	50.6 13.8	
14 <sup>30</sup>	24.1		10.4	46.3		34.4		17.0	42.6	10.4	55.0 15.4	
15 <sup>00</sup>	27.3		12.0	44.7		39.1		18.9	39.8	07.4	51.3 16.1	
15 <sup>30</sup>	22.3		08.7	46.4		38.8		20.5	41.7	07.8	52.3 15.5	
16 <sup>00</sup>			07.0					19.2		08.4	52.0 16.4	
16 <sup>30</sup>								18.9				
17 <sup>00</sup>								17.0				
17 <sup>30</sup>								16.3				
18 <sup>00</sup>								15.5				
Sredina	89 41 22.541		90 14 11.871	49.330		88 57 34.471		90 58 19.500	45.029	90 09 07.221	89 49 53.900 13.321	

OBOSTRANO MJERENE ZENITNE DALJINE

V.

Sat	Temperatura											
	19. VIII.			18. VIII.			18. VIII.			22. VIII.		
	$T_a = 27$ $T_b = 24.5$			$T_a = 57$ $T_b = 24.5$			$T_a = 24.4$ $T_b = 19.0$					
	$d = 2\ 843.85$			$d = 8\ 020.49$			$d = 3\ 384.07$					
	$i_a = 1.917$ $l_a = 4.040$	$i_b = 1.361$ $l_b = 3.814$		$i_a = 1.530$ $l_a = 4.410$	$i_b = 1.361$ $l_b = 3.964$		$i_a = 1.365$ $l_a = 3.850$	$i_b = 1.590$ $l_b = 3.790$				
$Z_a$	$Z_b$	$\Delta$	$\bar{Z}_a$	$Z_b$	$\Delta$	$Z_a$	$Z_b$	$\Delta$				
6 <sup>00</sup>	88 54 17.5	91 01 28.0	10.5	90 30	89 30		89 59	89 56 14.0				
6 <sup>30</sup>	10.8	27.3	16.5		42.1			16.0				
7 <sup>00</sup>					43.1		30.3	11.0	19.3			
7 <sup>30</sup>	15.5	29.3	13.8		45.8		34.6	14.0	20.6			
8 <sup>00</sup>		27.8			48.5		26.9	12.0	14.9			
8 <sup>30</sup>	20.5	29.9	09.4	29.2	45.2	44.0	33.9	16.0	17.9			
9 <sup>00</sup>		29.0		32.4	45.8	46.6	36.8	18.0	18.8			
9 <sup>30</sup>	17.5	25.1	07.6	30.1	46.8	43.3	36.6	12.0	24.6			
10 <sup>00</sup>		29.2		36.5	45.4	51.1	33.3	14.0	19.3			
10 <sup>30</sup>	18.0	28.0	10.0	33.9	57.5	36.4	30.6	10.0	20.6			
11 <sup>00</sup>		26.6		31.0	54.1	36.9						
11 <sup>30</sup>	17.3	28.6	11.3	23.5	50.3	33.2	36.4	09.0	27.4			
12 <sup>00</sup>		26.3		36.5	45.6	50.9	19.7	13.0	06.7			
12 <sup>30</sup>		26.5		34.2	47.2	47.0						
13 <sup>00</sup>												
13 <sup>30</sup>												
14 <sup>00</sup>	22.3	28.2	05.9	36.1	44.0	52.1						
14 <sup>30</sup>		27.5		32.0	43.3	48.7	32.6	08.0	24.6			
15 <sup>00</sup>	21.0	24.9	03.9	34.3	40.7	53.6	24.0	55 48.0	36.0			
15 <sup>30</sup>		27.8		33.3	40.4	52.9	27.5	56 07.0	20.5			
16 <sup>00</sup>	18.7	26.9	08.2	33.6	44.1	48.5	12.9	55 59.0	13.9			
16 <sup>30</sup>		27.5		24.7	45.8	38.9	02.4					
17 <sup>00</sup>	19.3	27.5	08.2	27.2	44.0	43.2	09.2					
17 <sup>30</sup>	15.0	27.9	12.9	25.7	41.2	44.5	11.4					
18 <sup>00</sup>	16.3	26.6	08.3		39.9	45.2	07.3					
Sredina	88 54 17.823	91 01 27.554	09.731	90 30 31.017	89 30 45.628	45.389	89 59 29.721	89 56 09.357	20.364			

OBOSTRANO MJERENE ZENITNE DALJINE (NOĆU)

VI.

Sat	Temperatura								
	25.VIII.			24.VIII.			23.VIII.		
	T <sub>a</sub> = 60 T <sub>b</sub> = 24,5			T <sub>a</sub> = 60 T <sub>b</sub> = 24,5			T <sub>a</sub> = 24,4 T <sub>b</sub> = 68		
	d = 11 185,98			d = 11 185,98			d = 8 339,42		
	i <sub>a</sub> = 0.570 l <sub>a</sub> = 1.470	i <sub>b</sub> = 1.287 l <sub>b</sub> = 1.717	Δ	i <sub>a</sub> = 0.570 l <sub>a</sub> = 1.430	i <sub>b</sub> = 1.380 l <sub>b</sub> = 1.750	Δ	i <sub>a</sub> = 1.357 l <sub>a</sub> = 1.600	i <sub>b</sub> = 1.470 l <sub>b</sub> = 1.530	Δ
Z <sub>a</sub>	Z <sub>b</sub>	Z <sub>a</sub>		Z <sub>b</sub>	Z <sub>a</sub>		Z <sub>b</sub>		
19 30	90 02 34.0	90 02 01.0	33.0	90 02 25.1	90 01 60.3	24.8	89 59	90 00 40.3	
19 45	28.9	01.0	27.9	22.0	53.8	28.2	35.3	28.2	52.9
20 00	27.6	01 56.5	31.1	23.3	57.8	25.5	21.3	15.8	54.5
20 15	30.3	59.9	30.4	22.8	59.2	23.6	23.0	10.2	47.2
20 30	30.1	58.5	31.6	22.4	53.4	29.0	27.0	31.6	64.6
20 45	28.6	59.5	29.1	23.4	56.3	27.1	21.1	36.1	77.0
21 00	27.4	55.3	32.1	24.0	55.7	28.3	20.8	37.3	76.5
21 15	26.3	57.8	28.5	23.9	56.2	27.7	4.60	43.7	57.7
21 30	26.6	54.2	32.4	25.7	53.4	32.3	90 00 07.4	50.9	43.5
21 45	26.7	53.2	33.5	25.3	56.0	29.3	10.5	01 20.1	69.6
22 00	28.0	02 00.4	27.6	25.1	53.7	31.4	13.0	20.7	67.7
22 15	26.7	01 56.3	30.4	23.9	53.0	30.9	14.2	08.3	54.1
22 30	31.0	57.9	33.1	25.9	59.4	26.5	11.6	00 55.5	43.9
22 45	28.6	59.0	29.6				07.8	01 25.0	77.2
23 00	27.1	58.8	28.3				23.0	07.7	44.7
23 15	33.0	02 00.8	32.2				18.6	07.0	48.4
23 30	28.9	01 57.9	31.0				08.4	00 43.2	34.8
23 45	31.1	57.9	33.2				10.8	36.1	25.3
24 00	30.1	02 00.1	30.0				06.7	48.9	42.2
0 15	27.8	00.1	27.7				17.8	51.6	33.8
0 30	27.8	01 56.1	31.7				11.1	36.6	25.5
0 45	29.1	55.2	33.9				07.5	57.5	50.0
1 00	24.7	52.6	32.1				09.4	01 01.3	51.9
1 15	24.6	52.0	32.6						
1 30	22.3	50.5	31.8						
Sredina	90 02 28.292	90 01 57.300	30.992	90 02 24.061	90 01 56.015	28.046	89 59 57.832	90 00 49.786	31.955

JEDNOSTRANO MJERENE ZENITNE DALJINE

VII.

Sat	Temperatura	18. VIII.	18. VIII.	19. VIII.	19. VIII.	22. VIII.	19. VIII.	22. VIII.
		$T_a: 57$	$T_a: 245$	$T_a: 27$	$T_a: 244$	$T_a: 244$	$T_a: 244$	$T_a: 244$
		$T_b: 27$	$T_b: 68$	$T_b: 91$	$T_b: 89$	$T_b: 89$	$T_b: 190$	$T_b: 190$
		$d=6\ 559.82$	$d=8\ 603.81$	$d=1\ 810.91$	$d=5\ 844.47$	$d=5\ 844.47$	$d=364.07$	$d=3\ 384.07$
		$i_a=1.530$	$i_a=1.361$	$i_a=1.917$	$i_a=1.385$	$i_a=1.365$	$i_a=1.365$	$i_a=1.365$
		$l_b=4.190$	$l_b=3.695$	$l_b=3.990$	$l_b=3.375$	$l_b=3.375$	$l_b=3.790$	$l_b=3.790$
	$Z_a$	$Z_a$	$Z_a$	$Z_a$	$Z_a$	$Z_a$	$Z_a$	
6 <sup>00</sup>		91 04	90 58	92 29 25.8	89 38	89 37	89 59	89 59
6 <sup>30</sup>			20.3	23.8	15.0		58.8	
7 <sup>00</sup>			18.3	29.8	10.0	58.0	58.0	30.3
7 <sup>30</sup>			22.4		13.0	58.5	57.3	34.6
8 <sup>00</sup>			24.3	27.1	14.2	38 02.8	55.9	26.9
8 <sup>30</sup>		22.1	24.3		13.8	37 55.1	54.4	33.9
9 <sup>00</sup>		20.8	18.6	36.8	13.8	38 09.3	55.8	36.8
9 <sup>30</sup>		16.0	15.0		14.2	12.7	52.9	36.6
10 <sup>00</sup>		19.6	14.1	27.8	14.6	06.7	54.8	33.3
10 <sup>30</sup>		19.6	22.2		11.6	05.1	52.3	30.6
11 <sup>00</sup>		21.9	19.9	37.3	12.4	12.3	50.1	
11 <sup>30</sup>		18.2	21.2		13.0	03.2	50.6	36.4
12 <sup>00</sup>		13.5	19.4		12.8	12.4	47.4	19.7
12 <sup>30</sup>								
13 <sup>00</sup>								
13 <sup>30</sup>					11.2		43.1	
14 <sup>00</sup>		19.0	19.7		10.0	06.0	45.9	
14 <sup>30</sup>		13.1	19.4	32.9	09.0	06.2	44.2	32.6
15 <sup>00</sup>		21.7	16.5		13.2	09.3	43.1	24.0
15 <sup>30</sup>		18.3		31.0	14.4	05.9	42.9	27.5
16 <sup>00</sup>		20.7			12.4	05.5	42.7	12.9
16 <sup>30</sup>		12.1	14.5	28.7		09.0	44.7	02.4
17 <sup>00</sup>		14.1			13.2	05.0	44.9	09.2
17 <sup>30</sup>		13.6		24.7		08.0		11.4
18 <sup>00</sup>		10.2		24.3				07.3
Sredina		91 04 17.324	90 58 19.381	92 29 29.167	89 38 12.726	89 38 05.842	89 59 49.990	89 59 29.721

244 i 68 bila je situacija nešto bolja, ali zbog velike blizine mora, svega 4,5 m nad morem, uzevši u obzir i visinu instrumenta, signala i zakrivljenost zemlje, bila je promjenljivost refrakcije velika, što se očitovalo u velikom »plivanju vizure« pa viziranje uopće nije bilo moguće. To se plivanje očitovalo u tome, da pošto se je doveo vizurni pravac na marku signala, nakon cca  $1/2$  minute pogađa taj vizurni pravac signal na potpuno drugom mjestu.

Dana 22. VIII. kad su vršena opažanja na tim točkama, pri viziranju sa 244 na 68 kroz cijeli dan bilo je jako i titranje i »plivanje«. Frekvencija titranja bila je 2—10 titraja u sekundi a amplituda do 6" (6" iznosi na tu daljinu 24 cm). Ovo titranje i ne bi tako onemogućilo viziranje, ali zbog plivanja bilo je viziranje potpuno nemoguće. Amplituda plivanja je išla i do 20" i nepravilno nesimetrično u vremenskom periodu 0,5—1 minute, pa ovako pogrešno viziranje može da daje pogrešku u visinskoj razlici od 80 cm. Ista pojava bila je i na suprotnoj vizuri. Mjerenja tu praktički nisu bila moguća. Vršena su ipak da se konstatiraju gornji podaci, i napuštena za svako daljnje računanje, pa nisu ni iznesena u našim tabelama. U noći su ipak prilike za viziranje bile povoljnije, pa su mjerenja između 244 i 68 iznijeta u 3-ćem stupcu tabele VI.

Razmatrajuć sama mjerenja, međusobno slaganje pojedinih podataka, vrlo se teško može što zaključiti. Pokušat ćemo ovdje detaljnije analizirati pojedina mjerenja.

Čistu pogrešku mjerenja neovisnu od refrakcije teško je ocjeniti, jer je kod mjerenja to povezano. Ali ipak možemo i tu nešto učiniti ako izaberemo za ovu svrhu mjerenja u dane, za koje smo primjetili da je kolebanje zbog refrakcije minimalno. Za ovu svrhu uzimamo sa tabele VII mjerenja 13. VIII. sa 244 na 89 (sa kote 3,4 m na 40,4 m), za opažanje od 6<sup>h</sup> do 12<sup>h</sup> dobivamo srednju vrijednost mjerenog zenitnog kuta  $89^{\circ}38'13''$ . Ako smatramo da za cijelo to vrijeme nije bilo promjene u refrakciji, da su razlike između pojedinih mjerenja rezultat unutarnje točnosti t. j. samo mjerenja (vrhunjenja libele, viziranja, čitanja, tada iz odstupanja pojedinih mjerenja od aritmetičke sredine dobivamo prosječnu pogrešku mjerenja u 1 girusu  $1''07$ . Predemo li na srednju pogrešku dobivamo  $1''3$ . Svakako da u ovoj veličini ima još uvijek i dio uslijed refrakcije. Još veću točnost uočavamo istog dana kod mjerenja sa 244 na 190. (dužina vizure 3. 384 m srednja nadmorska visina 2,4 m). Ovdje se očituju promjene u zenitnom kutu zbog utjecaja refrakcije (blizina mora). I te su promjene vrlo pravilne i nekako proporcionalne s vremenom. Ako uzmemo to u obzir, za što možemo upotrebiti i grafički prikaz, dobivamo za srednju pogrešku jednog mjerenja  $0''5$ . Možemo dakle s dovoljnom sigurnošću ustvrditi da srednja pogreška mjerenja (bez utjecaja refrakcije) zenitnog kuta u jednom girusu nije veća od  $1''3$ , pa ovaj zaključak poopćit na sva mjerenja iznesena u tabelama.

(Nastavit će se)