

Ocjena točnosti teodolita Wild T3 s osvrtnom na potrebnu točnost u triangulaciji I. reda

Neposredno iza prvog svjetskog rata pojavili su se u praksi prvi teodoliti Wildovih konstrukcija. Prvu je ovakovu konstrukciju izradila tvrtka Zeiss u teodolitu Th 1, 1919. god. Zeiss nastavlja sa usavršavanjem a rezultat toga nastojanja su teodoliti: C, D i Th2. Wild nastavlja odvojeno u Švicarskoj i daje nekoliko tipova po veličini i točnosti namjenjenih za razne svrhe, od kojih je svakako po točnosti najsavršeniji T3.

Karakteristike tih teodolita jesu, što se očitavanje krugova vrši koincidiranjem pomoću optičkog mikrometra dviju diametralnih crta podjele kruga, što se tako čitanje obiju indeksa vrši odjednom na jednom mjestu neposredno uz viziranje, tako da opažać za očitavanje ne treba da vrši nikakovo kretanje, što je optičkim mikrometrom povećana točnost čitanja i konačno što je smanjena veličina i težina instrumenata obzirom na instrumente iste točnosti ranijih konstrukcija. Ove očite prednosti tih teodolita omogućile su, da je rad s njima postao komotniji, brži, olakšan je prenos instrumenta pa nije čudo, da je svaki triangulator nastojao raditi sa ovakovim instrumentima. Za rad na triangulaciji II, III i IV reda koriste se u Jugoslaviji danas uglavnom ti instrumenti.

Ovi teodoliti imaju za razliku od teodolita ranijih konstrukcija vertikalnu osovinu cilindričnu. Općenito se smatra, da konusna osovina daje veću sigurnost slobodnom kretanju alhidade, pa je ovo bila jedna od bitnih zamjerki Wildovoj konstrukciji teodolita. Kod naročito preciznih i važnih radova, da bi se imala bolja sigurnost u mjerene podatke, korišćeni su i dalje teodoliti ranijih konstrukcija.

Da bi osigurao što slobodnije kretanje alhidade oko vertikalne osi, Wild je u daljnjem usavršavanju ovih teodolita napravio kombinaciju u konstrukciji vertikalne osi, tako da je vertikalna osovina u gornjem djelu konusna, na takvoj konusnoj podlozi smještene su čelične kuglice, pa se gornji dio alhidadne osovine kreće tako na konusno-kugličnom ležaju.

Povećavši dimenzije teodolita u odnosu na svoje ranije teodolite ovih konstrukcija uz spomneutu preinaku u vertikalnoj osovini t. j. izradom teodolita T3, Wild je nastojao dati instrument, koji će moći zadovoljiti najpreciznije geodetske radove, pa tako poslužiti i u triangulaciji I. reda. Ovaj teodolit mimo gornjih poboljšanja u konstrukciji i veličini ($D/F = 1/4,2$; $D = 60$ mm, promjer horizontalnog kruga $d = 14$ cm, očitavanje na bubnju $0''^2$, alhidadna libela $7''$ na 2 m/m) je ujedno i mnogo stabilniji od ranijih, manjih teodolita ovih konstrukcija.

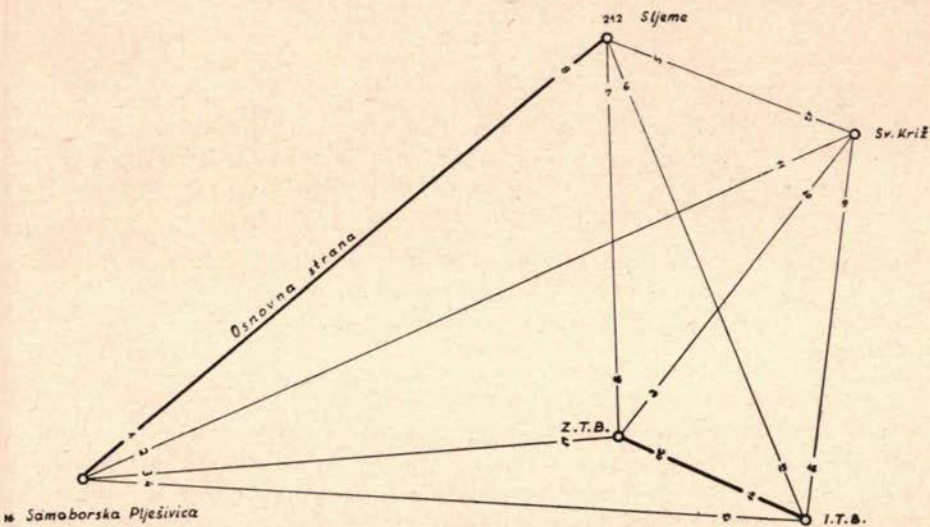
U Jugoslaviji je 1936—1940 obnovljena na velikom području triangulacija I reda. Mjerenje kutova vršeno je Schreiberovom metodom a korišćeni su instrumenti Fennel. I u drugim zemljama izgleda da se malo koriste Wildovi teodoliti T3 u triangulaciji I reda, kako bar izgleda prema podacima Geodetsko-Geofizičke Unije u kojima je iznjet pregled europskih triangulacija (Bulletin geodesique 1937, Str. 1—143). To može biti s razloga, da se iskoriste

instrumenti, koje već ta ustanova od ranije posjeduje, a koji su već na raznim adovima u pogledu točnosti ispitani, a dijelom može biti iz razloga nepovjerenja prema novim instrumentima smatrajući ih nedovoljno sigurnim, da daju isoki kvalitet mjerenja, koji se traži od triangulacije I. reda.

Svakako treba svaki instrument prije njegove upotrebe ispitati, da po očnosti odgovara za svrhu za koju se primjenjuje. Kod ovog treba imati u vidu da je točnost ovisna kako o instrumentu tako i o opažaču, zatim o vanjskim prilikama pri kojima se vrše mjerenja, o poznavanju tih prilika sa strane opažača, pa podešavanju mjerenja u vremenu, u kojemu bi se negativni utjecaji vanjskih prilika iz mjerenja odklonili.

U svrhu ilustracije točnosti, koju može dati Wildov teodolit T3 iznosim ovdje podatke mjerenja kutova u Zagrebačkoj bazisnoj mreži. Naglašavam da ova mjerenja nisu vršena u cilju nikakvih ispitivanja, ni dokazivanja, već je jedina svrha bila, izmjeriti što točnije kutove u bazisnoj mreži.

Mjerenja vršio je Geografski Institut J A u ljeti 1950 god., operator major Joković Cvetko, teodolit Wild T3 № 18640. Mjerenja vršena su Schreiberovom metodom. Bazisna mreža prikazana je na sl. 1.



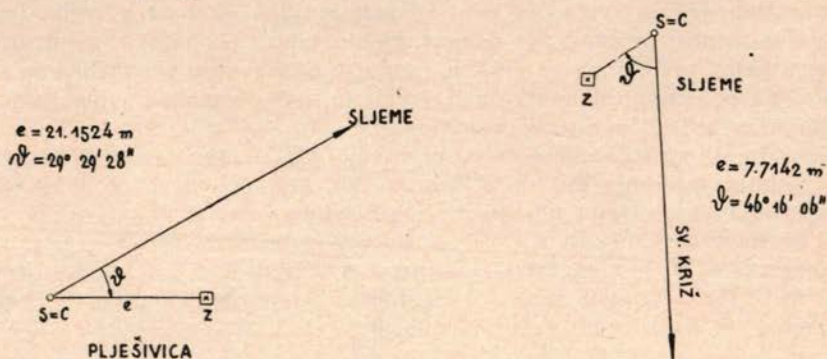
Sl. 1.

Kako se vid iz sl. 1. u našoj bazisnoj mreži na svakoj točki ima 4 pravca. prema tome na svakoj točki ima 6 kombinacija kutova (3 nezavisna i 3 zavisna kutova). Svaki je od tih 6 kutova izmjereno u 12 ponavljanja. Označimo broj ponavljanja (broj girusa) sa n , broj pravca sa s . Težinu izmjenenog pravca dobivamo kao $n \cdot s = 48$.

Radi uštede na prostoru ne ću ovdje iznositi pojedina mjerenja nego aritmetičke sredine iz 12 ponavljanja svakog kuta što će za ovu svrhu biti dovoljno, točnost nam mogu ilustrirati i prekobrojno izmjereni kutovi na stanicama.

Iznosim još podatke o ekscentričnostima pri mjerenju. Točke Sv. Križ, Z. T. B., I. T. B. su potpuno centrične t. j. centar identičan je sa mjestom opa-

žanja i točkom viziranja. Na tim točkama je pri mjerenju bio $z \equiv s \equiv c$, gdje pod z zamišljamo centar, pod s stajalište instrumenta, a pod c signal ili mjesto viziranja. Na točki Sljeme i Samoborskoj Plješivici mjesto opažanja identično je s mjestom signala, a centar je sa strane t. j. na tim točkama je $s \equiv c \neq z$ to prema situaciji i podacima iznesenim na sl. 2.



Sl. 2.

Iako ne iznosimo mjerenja svakog ponavljanja, da prikazemo i ocjenu točnosti i iz međusobnih neslaganja pojedinih ponavljanja svakog kuta donosimo gotove veličine $\Sigma \delta^2$ za svako stajalište, gdje su δ razlike aritmetičke sredine i svakog ponavljanja pojedinog kuta. Pa na temelju i ovih razlika možemo dobiti srednju pogrešku mjerenog kuta u 1 girusu po formuli

$$m_0 = \sqrt{\frac{2 [\delta^2]}{s(s-1)(n-1)}}$$

a srednju pogrešku izmjerenog kuta u 12 ponavljanja

$$m_n = \frac{m_0}{\sqrt{12}}$$

Rezultati mjerenja izloženi su ovdje po stajalištima. U koloni »izmjereni kutovi« iznijeti su rezultati mjerenja svakog kuta kao sredine iz 12 ponavljanja. U koloni »izjednačeni kutovi« iznijeti su definitivni iznosi izmjerenih kutova nakon provedenog stajališnog izjednačenja. Sam račun stajališnog izjednačenja iznosi se ovdje samo na stanici Sv. Križ i to naročito radi bolje ilustracije međusobnog slaganja direktno mjernog kuta i dobivenog iz kombinacije. U posljednjoj koloni izneseni su popravci v kao razlike izjednačenih i izmjerenih kutova. Na temelju i ovih popravaka sračunate su: srednje pogreške izmjerenog kuta u 1 girusu:

$$m'_0 = \sqrt{\frac{2n [v^2]}{(s-1)(s-2)}}$$

Srednje pogreške izmjerenog kuta u 12 ponavljanja

$$m'_n = \frac{m'_0}{\sqrt{12}}$$

dalje srednje pogreške izjednačenog kuta

$$\overline{m}_n = \frac{m'_n}{\sqrt{\frac{s}{2}}}$$

srednja pogreška izjednačenog pravca

$$\overline{\eta}_n = \frac{m'_n}{\sqrt{s}}$$

ve su veličine srednjih pogrešaka date za svako stajalište i napisane ispod zjednačeni kutovi«. Ranije spomenuta ocjena t. j. srednje pogreške, koje se iziraju na popravcima δ upisane su ispod kolone »izmjereni kutovi«.

Radi preglednosti podcrtani su iznosi srednjih pogrešaka koje se odnose a tim kolonama iznijetim izmjerenim odnosno izjednačenim kutovima.

STAJALIŠTE SV. KRIŽ

kut	izmjereni kutovi	izjednačeni kutovi	v	
— 10	30° 47' 25."033	30° 47' 24."998	— 0.035	$\Sigma v^2 = 0,1090$
— 11	58 30 34. 571	58 30 34. 390	— 0.181	
— 12	104 07 56. 671	104 07 56. 888	+ 0.217	
— 11	27 43 09. 325	27 43 09. 392	+ 0.067	
— 12	73 20 31. 992	73 20 31. 890	— 0.102	
— 12	45 37 32. 612	45 37 22. 498	— 0.114	

$$m_o = \sqrt{\frac{106.488}{132}} = \pm 0''898$$

$$m'_o = \sqrt{\frac{2,616}{6}} = \pm 0''660$$

$$m_n = \frac{m_o}{\sqrt{12}} = \pm 0''259$$

$$m'_n = \frac{m'_o}{\sqrt{12}} = \pm 0''190$$

$$\overline{m}_n = \frac{m'_n}{\sqrt{2}} = \pm 0,135$$

$$\overline{\eta}_n = \frac{m'_n}{\sqrt{4}} = \pm 0,095$$

IZJEDNAČENJE NA STANICI SV. KRIŽ

9 — 10	30° 47' 25.033	10 — 11	27° 43' 09.325
9 — 10	25.033	10 — 11	09.325
9 — 11) — (10 — 11)	25.246	(9 — 11) — (9 — 10)	09.538
9 — 12) — (10 — 12)	24.679	(10 — 12) — (11 — 12)	09.380
	30° 47' 24.999		27° 43' 09.392
		11 — 12	45° 37' 22.612
		11 — 12	22.612
		(9 — 12) — (9 — 11)	22.100
		(10 — 12) — (10 — 11)	22.667
			45° 37' 22.498

stali gore izneseni izjednačeni tovi su zavisni i dobiju se iz dje izjednačenih).

STAJALIŠTE SLJEME

kut	izmjereni kut	izjednačeni kut	v	
5—6	45 38 33.654	45 38 33.428	-0.226	$\Sigma v^2 = 0.169$
5—7	66 16 53.538	66 16 53.342	+0.004	
5—8	118 05 15.212	118 05 15.434	+0.222	
6—7	20 38 20.100	20 38 19.914	-0.186	
6—8	72 26 42.046	72 26 42.006	-0.040	
7—8	51 48 22.276	51 48 22.092	-0.183	

$$m_o = \sqrt{\frac{114,160}{132}} = \pm 0'',930$$

$$m'_o = \sqrt{\frac{4,0608}{6}} = \pm 0'',823$$

$$m_n = \frac{m_o}{\sqrt{12}} = \pm 0'',268$$

$$m'_n = \frac{m'_o}{\sqrt{12}} = \pm 0'',237$$

$$\bar{m}_n = \frac{m'_n}{\sqrt{2}} = \pm 0'',168$$

$$\bar{\eta}_n = \frac{m'_o}{2} = \pm 0'',118$$

STAJALIŠTE Z. T. B.

17—18	92 45 56.329	92 45 56.450	+0.121	$\Sigma v^2 = 0.048$
17—19	133 08 31.379	133 08 31.293	-0.086	
17—20	208 15 53.246	208 15 53.212	-0.034	
18—19	40 22 34.696	40 22 34.843	+0.147	
18—20	115 29 56.788	115 29 56.762	-0.026	
19—20	75 07 21.858	75 07 21.919	+0.054	

$$m_o = \sqrt{\frac{138,620}{132}} = \pm 1'',025$$

$$m'_o = \sqrt{\frac{1,1616}{6}} = \pm 0'',440$$

$$m_n = \frac{m_o}{\sqrt{12}} = \pm 0'',296$$

$$m'_n = \frac{m'_o}{\sqrt{12}} = \pm 0'',128$$

$$\bar{m}_n = \frac{m'_n}{\sqrt{2}} = \pm 0,090$$

$$\bar{\eta}_n = \frac{m'_o}{2} = \pm 0,063$$

STAJALIŠTE SAMOBORSKA PLJEŠIVICA

kut	izmjereni kutovi	izjednačeni kutovi	v	
1—2	16 17 23.133	16 17 22.990	-0.143	$\Sigma v^2 = 0.09$
1—3	35 25 42.979	35 25 43.102	-0.123	
1—4	43 02 06.292	43 02 06.312	+0.020	
2—3	19 08 20.071	19 08 20.112	+0.041	
2—4	26 44 43.508	26 44 43.322	-0.186	
3—4	37 36 23.046	37 36 23.210	+0.164	

$$m_o = \sqrt{\frac{131,802}{132}} = \pm 0'',999$$

$$m'_o = \sqrt{\frac{2,3784}{6}} = \pm 0'',630$$

$$m_n = \frac{m_o}{\sqrt{12}} = \pm 0'',288$$

$$m'_n = \frac{m'_o}{\sqrt{12}} = \pm 0'',182$$

$$\bar{m}_n = \frac{m'_n}{\sqrt{2}} = \pm 0'',129$$

$$\bar{\eta}_n = \frac{m'_n}{2} = \pm 0'',091$$

STAJALIŠTE I T. B.

13—14	20 39 30.317	20 39 30.313	— 0.004	
13—15	64 31 13.521	64 31 13.665	+ 0.144	0.1142
13—16	94 44 43.871	94 44 43.731	— 0.140	
14—15	43 51 43.542	43 51 43.352	— 0.190	
14—16	74 05 13.233	74 05 13.418	+ 0.185	
15—16	30 13 30.112	30 13 30.066	— 0.046	

$$m_o = \sqrt{\frac{157,612}{132}} = \pm 1'',093$$

$$m'_o = \sqrt{\frac{2,743}{6}} = \pm 0'',676$$

$$m_n = \frac{m_o}{\sqrt{12}} = \pm 0'',316$$

$$m'_n = \frac{m'_o}{\sqrt{12}} = \pm 0,195$$

$$\bar{m}_n = \frac{m'_n}{\sqrt{2}} = \pm 0,138$$

$$\bar{\eta}_n = \frac{m'_n}{2} = \pm 0,097$$

PREGLED

POJEDINIHI VRIJEDNOSTI SREDNJIH POGREŠAKA PO STAJALIŠTIMA

	m^0	m_n	m'_s	m'_u	\bar{m}_n	$\bar{\eta}_n$
Sv. Križ	+ 0.898	+ 0.259	+ 0.660	+ 0.190	+ 0.135	+ 0.095
Sljeme	+ 0.930	+ 0.268	+ 0.823	+ 0.237	+ 0.168	+ 0.118
Z. T. B.	+ 1.025	+ 0.296	+ 0.440	+ 0.127	+ 0.090	+ 0.063
Sam. Plješ.	+ 0.999	+ 0.288	+ 0.630	+ 0.182	+ 0.129	+ 0.091
I. T. B.	+ 1.093	+ 0.316	+ 0.676	+ 0.195	+ 0.138	+ 0.097
Prosječna vrijednost srednje greške	+ 0.989	+ 0.285	+ 0.646	+ 0.186	+ 0.132	+ 0.093

U ovom pregledu uočavamo, da srednje pogreške na pojedinim stanicama ne variraju mnogo, upravo da se one međusobno vrlo dobro slažu. Ovakovo razmatranje daje nam onda i veću sigurnost u izvedene ocjene točnosti.

Za ocjenu točnosti teodolita svakako najinteresantniji je podatak srednje pogreške kuta u jednom girusu. Na jedan način dobivamo za ovu vrijednost ocjenu $\pm 0''989$ na drugi način $0''646$, kojim vrijednostima odgovaraju srednje pogreške pravca u jednom girusu $0''698$ odnosno $0''456$.

Konkretno za naš slučaj interesantna je ocjena točnosti izjednačenog pravca. Nakon provedenog stajališnog izjednačenja dobili smo srednju pogrešku izjednačenog pravca $\eta = \pm 0''.093$. Ovo je svakako rezultat koji mnogo govori. Iz onog što mi je poznato mogao bih zaključiti, da ovakova točnost teško da je u kojoj mreži postignuta.

Iako bi za ocjenu točnosti i ovo bilo dovoljno, ispitat ćemo još i točnost na temelju izjednačenja mreže.

Za ovu svrhu izvršena su centriranja i redukcije mjerenih pravaca prema elementima ekscentriciteta iznesenih na sl. 2 i privremenih dužina strana. Prema tim elementima veličine centriranja odnosno redukcije iznose:

Stajalište Sljeme		Stajalište Samob. Plješevica	
Sv. Križ	— 1' 43'',884	Sljeme	— 1' 16'',172
I. T. B.	— 0'',815	Sv. Križ	— 28'',630
T. T. B.	+ 33'',271	Z. T. B.	+ 20'',353
S. Plješevica	+ 53'',573	I. T. B.	+ 34'',314

Sračunati su dalje i azimutalni popravci za visinu vizurne točke po formuli

$$(\alpha - \alpha'') = \rho \frac{he^2}{2a} \sin 2\alpha \cos^2 \varphi$$

Iz topografske karte očitane su visine točaka koje iznose: Sljeme 1052 m, (1035 + 17 m piramida); Samoborska Plješivica: 780 m; Sv. Križ 250 m; I. T. B. 116 m; Z. T. B. 124 m. Iz poznatog azimuta Plješivica—Sljeme $49^\circ 44'$ mogu se sračunati potrebni azimuti.

Geografske širine svih točaka prema karti kreću se između $45^\circ 44'$ i $45^\circ - 49'$.

Prema prednjim podacima sračunati su popravci za pojedine pravce te iznose (U zagradi su iznos popravaka a pred zagradom brojevi pravaca prema sl. 1):

1(+0.053), 2(+0.008), 3(+0.001), 4(0.000), 5(—0.009), 6(—0.004)
 7(0.000), 8(+0.039), 9(+0.002), 10(+0.006), 11(+0.028), 12(—0.039),
 13(—0.005), 14(—0.005), 15(—0.038), 16(+0.004), 17(+0.005), 18(—0.002),
 19(+0.013), 20(—0.005),

Prema ovim podacima izmjereni pravci svedeni na centar i popravljeni za azimutalnu redakciju iznose:

Sam. Plješevica				Sljeme				Sv. Križ			
1	0	00	00.053	5	359	59	59.991	9	0	00	00.002
2	16	17	16.957	6	45	40	16.493	10	30	47	25.004
3	35	26	26.045	7	66	19	10.407	11	58	30	05.788
4	43	03	03.215	8	118	06	36.768	12	104	06	12.965
I. T. B.				Z. T. B.							
13	359	59	59.995	17	0	00	00.005				
14	20	38	65.994	18	92	46	09.366				
15	64	30	38.498	19	133	08	10.953				
16	94	44	09.421	20	208	15	32.854				

Prema dužini osnovice Z. T. B.—I. T. B. 8330,054 m i mjerenim kutovima sračunati su sferni ekscesi trokuta i iznose:

Sv. Križ—ITB—ZTB (0",319), ZTB—Sljeme—Sv. Križ (0",420), ZTB—Sljeme—ITB (0",312), Plješivica—ITB—Sljeme (1",453), Plješivica—Sljeme—Sv. Križ (0",698), Plješivica—ITB—ZTB (0",221), Plješivica—Sljeme—ZTB (0",921), pa konačno uvjetne jednadžbe glase:

- 1) $-v_9 + v_{10} - v_{14} + v_{16} - v_{19} + v_{20} + 0,011 = 0$
- 2) $-v_5 + v_7 - v_{10} + v_{12} - v_{18} + v_{19} - 0,366 = 0$
- 3) $-v_6 + v_7 - v_{14} + v_{15} - v_{18} + v_{20} - 0,316 = 0$
- 4) $-v_1 + v_4 - v_6 + v_8 - v_{13} + v_{15} + 0,487 = 0$
- 5) $-v_1 + v_2 - v_5 + v_8 - v_{11} + v_{12} + 0,160 = 0$
- 6) $-v_3 + v_4 - v_{13} + v_{14} + v_{17} - v_{20} + 0,099 = 0$
- 7) $-0,92 v_5 + 5,59 v_6 - 4,67 v_7 - 3,54 v_9 + 4,17 v_{10} - 0,63 v_{12} -$
 $-1,59 v_{14} + 2,19 v_{15} - 0,60 v_{16} + 0,87 = 0$
- 8) $-7,21 v_1 + 11,38 v_2 - 4,17 v_4 - 3,19 v_5 + 2,06 v_6 + 1,13 v_8 +$
 $+ 0,18 v_{13} + 3,62 v_{15} - 3,80 v_{16} + 4,69 = 0$
- 9) $+ 6,06 v_2 - 21,82 v_3 + 15,76 v_4 + 3,54 v_9 - 7,55 v_{10} + 4,01 v_{11} +$
 $+ 5,59 v_{13} - 6,19 v_{14} + 0,60 v_{16} + 2,46 = 0$

Rješenjem prednjih jednadžbi uz uvjet da $[vv] = \text{minimum}$ dobivamo popravke v pojedinih pravaca:

$$\begin{aligned} v_1 &= +0,2815, v_2 = -0,2306, v_3 = -0,0064, v_4 = -0,0446, v_5 = -0,0129, \\ v_6 &= -0,0445, v_7 = +0,0984, v_8 = -0,0410, v_9 = +0,0850, v_{10} = +0,0654, \\ v_{11} &= -0,2653, v_{12} = +0,1149, v_{13} = +0,1056, v_{14} = -0,0287, v_{15} = -0,0588, \\ v_{16} &= -0,0181, v_{17} = +0,1054, v_{18} = -0,1712, v_{19} = +0,0339, v_{20} = +0,0320, \end{aligned}$$

Iz čega dobivamo da je $[vv] = 0,301142$, pa srednja pogreška izmjenjenog pravca iznosi

$$\eta = \sqrt{\frac{[vv]}{r}} = \sqrt{\frac{0,301142}{9}}$$

$$\eta = \pm 0''183$$

Kod izjednačenja na stanicu dobili smo za ovu pogrešku veličinu:

$$\bar{\eta}_n = \pm 0''093$$

Ovu razliku možemo slobodno pripisati raznim utjecajima nezavisnim od instrumenta.

U izvršenim mjerenjima ostaju sakrivene neke manje veličine sistematskih pogrešaka, koje ponavljanjem tih samih mjerenja ne možemo reducirati. Kod izjednačenja mreže postavljanjem uvjeta ove se pogreške većim dijelom eliminiraju, odnosno ulaze u popravke mjerenja i povećavaju njihov iznos. Glavni uzrok stvaranja takovih sistematskih pogrešaka jest refrakcija. Već je Struve savnjivajući točnost zatvaranja trokutova raznih dužina strana primijetio, da se bolje zatvaraju trokutovi manjeg opsega nego li većeg, te je to pripisao djelovanju bočne refrakcije, pa je nastojao to i formulirati. Jordan je iz Struveovih podataka došao do slijedeće formule:

$$m^2 = \mu^2 + \sigma^2 = 0,152^2 + 0,0128^2 S^2$$

gdje je μ srednja pogreška slučajnog karaktera, σ srednja vrijednost sistemat-ske pogreške (bočne refrakcije), koja proizlazi da je proporcionalna dužine vizure. S je dužina vizure u kilometrima.

Za ovdje tretirana mjerenja bit će $0.183^2 = 0,093^2 + \sigma^2$, odnosno $\sigma = \pm 0",158$.

Dobili smo tako srednju vrijednost za sistematsku pogrešku u našoj mreži gdje je prosječna dužina strana 20 km.

Po spomenutoj Jordanovoj formuli dobili bi za prosječnu dužinu od 20 km veličinu $\pm 0",0128 \times 20 = \pm 0",256$.

U našim mjerenjima je dakle i veličina sistematske pogreške pravca — pogreške uslijed bočne refrakcije ($0",158$) daleko manja od one koja se može očekivati iz Jordanove formule, pa možemo zaključiti, da i veličina za srednju slučajnu pogrešku ± 0.093 nije uzeta premalo.

Nakon ovog razmatranja možemo sa većom sigurnošću ranije iznijeti ocjene točnosti smatrat realnima.

Srednjoj pogreški izmjenjenog pravca $\pm 0",093$ (pravci su izmjereni s težinom 48 računajući za jedinicu težine-težinu kuta izmjenjenog u 1 girusu) odgovara srednja pogreška pravca mjenjenog u jednom girusu.

$$\eta = 0",093 \sqrt{24} = \pm 0",456$$

što smo već bili izveli ranije.

Ova ocjena slijedila je iz izjednačenja na stajalištu. Međutim iz odstupanja pojedinih girusa od aritmetičke sredine dobili smo za ocjenu ove pogreške veličnu $\pm 0"698$.

Potpuno je svejedno koju ćemo od ovih dviju veličina uzet za ocjenu

Možemo još samo napomenuti, da su i u ovim veličinama sumirane pogreške instrumenata, lične pogreške, te jedan dio vanjskih pogrešaka (titranje, promjene u refrakciji). Veličine pojedinih ovih utjecaja teško je ocjeniti, ali je onda sigurno da će srednja pogreška pravca izmjenjenog u jednom girusu ovisna samo o instrumentu biti još ispod ovih iznosa.

Uzimajući više ponavljanja, dovoljan broj prekobrojnih mjerenja možemo u rezultatu mjerenja gotovo po volji smanjiti veličinu ove pogreške.

U našim mjerenjima je ona svedena na $\pm 0"093$. Uzmemo li kao dovoljno da je težina pravca 24 dobivamo za veličinu srednje pogreške iznos $\pm 0",13$. No veličinu vanjskih pogrešaka, utjecaj reafrakcije ne možemo ponavljanjem mjerenja smanjiti, pa su radi toga stvarne pogreške izmjenjenih pravaca daleko daleko veće.

Najbolje evropske triangulacije I. reda izjednačene su sa srednjom pogreškom pravca od cca $\pm 0",5$. Naš gradusni lanac po meridijanu između Dunava i Kajmakčalana izjednačen je sa srednjom pogreškom pravca $\pm 0",492$ (Boško-vić, Les travaux geodesiques de l'institut Geographique Militaire, Beograd, 1933. Izvještaj podnešen međunarodnoj Geodetsko-geofizičkoj Uniji.

Ne bi želio ovdje da ulazim u sravnjivanje točnosti Wildovog teodolita T3 sa drugim teodolitima, koji se primjenjuju u triangulaciji I. reda. No visoka kvaliteta teodolita T3 je iz iznesenih podataka očita i dovoljna. Ostaje problem smanjiti utjecaje vanjskih uzroka pogrešaka u mjerenjima, naročito utjecaj refrakcije.