

## PREIZKUŠNJA OPTIČNEGA MIKROMETRA WILDOVIH UNIVERZALNIH TEODOLITOV

Optični mikrometer je ena najbolj preciznih naprav vsakega modernega sekundnega teodolita. Lahko bi ga prištevali med najnatančnejše pripomočke merilne tehnike. Mikroskop teodolita Wild T2, opremljen z optičnim mikrometrom, omogoča odčitavanja z linearno natančnostjo 0,0001 mm, oziroma pod predpostavko, da sta horizontalni krog in sam mikrometer brez napak, z relativno natančnostjo 1:400000.

Dejstvo pa je, da te natančnosti v praksi — vsaj z instrumenti te vrste — ne dosegamo prav lahko. Izmeriti poljuben kod na  $\pm 0,5''$  ali tudi samo na  $\pm 1''$  (1:200 000) zahteva precej dela, na koncu pa še nismo ponavadi prav nič sigurni, ali je rezultat (aritmetična sredina serije opazovanj) prost sistematskih pogreškov, dokaj večjih od absolutne vrednosti srednjega pogreška, izračunanega po običajnih formulah. Mislim, da mi bodo praktiki v tem pritrdili.

Sistematskih vplivov na precizno merjenje kotov je precej dolga vrsta, od bočne refrakcije pa tja do »vlečenja« limba in do znamenitega »runa«, kateremu bi morali — mimogrede povedano — posvetiti več pozornosti pri preciznem delu z modernimi teodoliti. Strokovna literatura obravnava vse te sistematske vplive precej obširno in navaja postopke za njihovo eliminiranje. Namen pričujočega članka je poročati o konstantnih notranjih napakah v delovanju optičnega mikrometra, ki so po svojem iznosu tako velike, da lahko predstavljajo glavnino celotnega pogreška, ki obremenjuje rezultate kotnih merjenj.

Te napake sem odkril in s praktične strani raziskal že jeseni l. 1956. med merjenjem ljubljanske mestne poligonometrične mreže. Sledili so poskusi teoretskih raziskav, ki so pa bili zamudni in težavni. Ker nisem imel dovolj časa (posebno zaradi obilice dela v operativi), je delo na tem zanimivem problemu skoraj zamrlo, dokler nisem opazil, da se pojavlja isti problem že tudi v tuji strokovni literaturi (prim. poročilo v »Vermessungstechnik« — sept. 1958, str. 210—211). Vnaslednjih vrsticah naj na kratko podam dosedanje rezultate svojih raziskav.

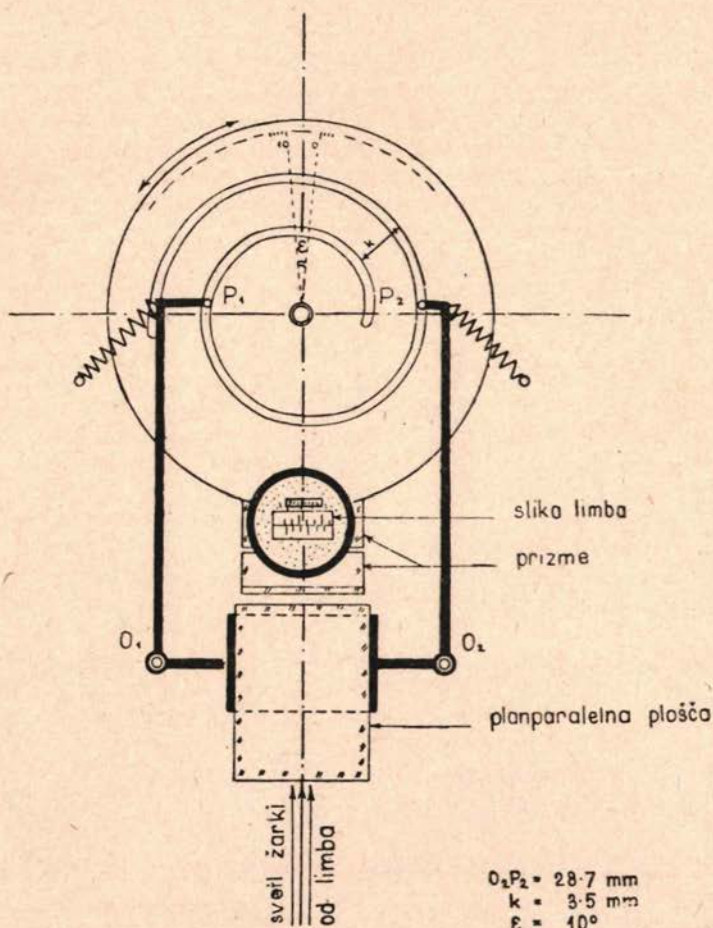
Že več let delam pretežno z Wildovimi teodoliti tipa T2. Na splošno moram seveda pritrditi ugodnemu mnenju nešteti strokovnjakov, ki so že pred menoj spoznali odlične lastnosti teh teodolitov, ki združujejo v sebi presenetljivo stabilnost, veliko praktičnost in relativno visoko natančnost. Vendar me je od vsega začetka motilo to, da so se vrednosti reduciranih smeri iz raznih girusov (odnosno polgirusov pri merjenju paralaktičnih kotov) pogosto medsebojno razlikovale več, kot bi pričakoval

glede na ugodnost zunanjih pogojev in na pazljivost, vloženo v delo. Isti pojav sem opazal v skoraj enaki meri tudi pri delu s sicer odličnimi teodoliti »Zeiss« Th II.

## KONSTRUKCIJA OPTIČNEGA MIKROMETRA TEODOLITA WILD T2 360° (SCHEMATIČNO)

MERILO BISTVENIH ELEMENTOV

2 : 1



Slika 1

Tako po miselni poti kot s pomočjo enostavnih terenskih kontrol sem prišel do hipoteze, da mora tičati vzrok nesoglasij v konstruktivnih posebnostih samega mikrometra in da imajo ti pogoški konstanten značaj. Moglo se je že na prvi pogled zaključiti, da so pogoški v prvi polovici

*oziroma = omogoča  
vrsta = red*

mikroskale negativni (popravki pozitivni), v drugi polovici pa obratno. Vprašanje je bilo, ali predstavlja krivulja pogreškov neko matematično funkcijo ali ne in kako določiti parametre te funkcije. Poleg sinusoide se mi je posebno vsiljevala misel na kubično parabolo; to sem namreč mogel pričakovati s čisto optičnega stališča kot posledico ne povsem stroge proporcionalnosti med vzporednim premikom svetlobnih žarkov, prodirajočih skozi plan-ploščo, in zaokretom iste.

Oglejmo si, kako je konstruktivno zamišljen optični mikrometer pri »Wildu« T2. Bistven element je seveda par vrtljivih planparalelnih ploščic, ki omogočata istočasne in po usmerjenosti nasprotno premike slik obeh diametralnih delov horizontalnega oziroma vertikalnega kroga. Prelomljena vzvoda, ki se vrtita okoli osi  $O_1$  in  $O_2$ , (sl. 1), nosita na krajšem kraku plan-steklo, daljši krak pa se končuje z izboklino, katera drsi po zakrivljenem utoru v obliki Arhimedove spirale, vrezanem vrtljivo krožno kovinsko ploščico. Ta je nameščena centrično na osi 0, ki obenem nosi steklen krog z mikroskalo in zunanji oblič. Os 0 se križe z geometričnim izhodiščem spirale.

Z vrtenjem obliča sučemo spiralo okrog njenega izhodišča in s tem povzročamo primikanje oziroma razmikanje koncev obeh vzvodov ter nagibanje plan-stekel. Tako je podana možnost finega optičnega premikanja in koincidiranja slik diametralnih črtic kroga ter zanesljivega odčitavanja delov najmanjšega intervala na limbu s pomočjo mikrometerske skale. Ker je enačba Arhimedove spirale

$$r = k(\varphi + \beta), \quad (1)$$

lahko zaključimo, da je vrtenje plan-stekel linearno odvisno od vrtenja obliča. V bistvu imamo tukaj opravka z redukcijo hitrosti gibanja na principu strmine (torej mehanična rešitev, kar je tipično za Wildove instrumente). Redukcijsko razmjerje  $R$  je približno 52:1.

Strogo vzeto se sicer točki  $P_1$  in  $P_2$  ne gibljeta natančno po radiju vektorju spirale, ker opisujeta lok okrog osi  $O_1$  in  $O_2$ . Vendar je ta lok proti dolžini krakov že toliko majhen, da ga smemo zamenjati za prem odsek radija vektorja, ne da bi zaradi tega trpela ostrina nadaljnjega izvajanja.

Ničelna lega mehanizma, to je tista, pri kateri je naklon plan-stekel enak 0, je pri odčitku 5' ( $5^\circ$ ) na skali mikrometra. Pri odčitkih 0' in 10' pa je naklon planparalelnih plošč največji in znaša  $\pm 3^\circ,4$  (ta kot se da izračunati iz mer, priloženih sl. 1).

Vzporeden premik žarka zavisi od vpadnega kota, od debeline plan-stekla ( $d$ ) i od njegovega lomnega količnika ( $n$ ) po znani enačbi:

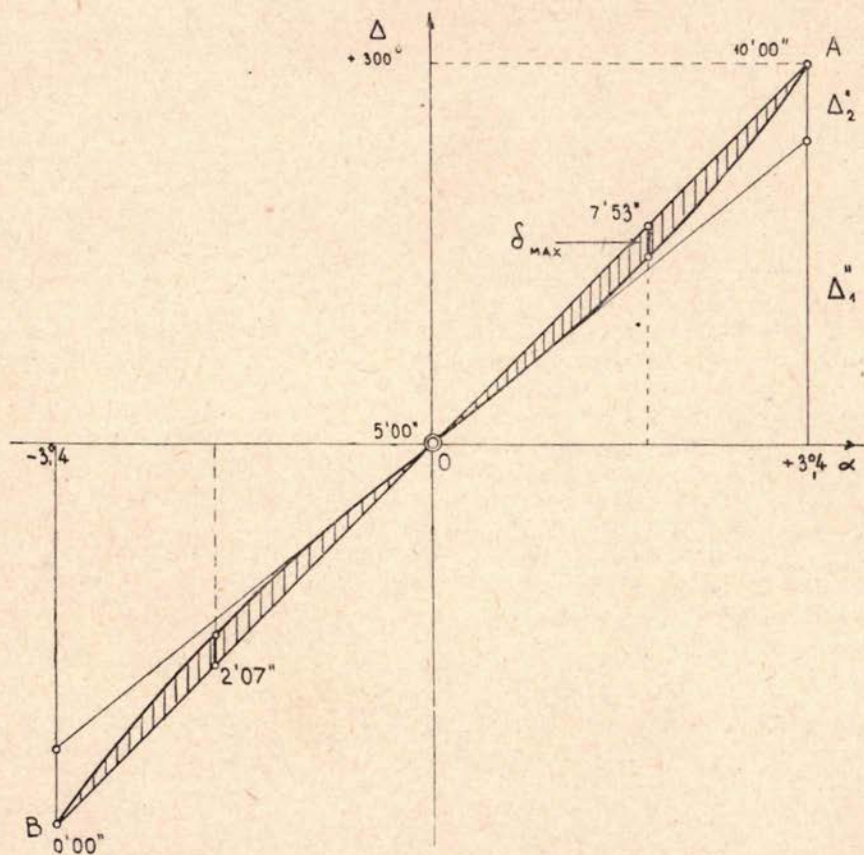
$$\Delta = d \cdot \sin \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right) \quad (2)$$

Če to enačbo razvijemo v vrsto po spremenljivki  $\alpha$ , dobimo:

$$\Delta = d \left[ (n-1) \frac{\alpha}{n \cdot 1!} + (-n^3 + 4n^2 - 3) \frac{\alpha^3}{n^3 \cdot 3!} + (n^5 - 16n^4 + 60n^2 - 45) \frac{\alpha^5}{n^5 \cdot 5!} + \dots \right] \quad (3)$$

Debelina plan-stekla je konstantna in znaša pri seksagezimalnih mikrometrih približno 11,65 mm, pri centezimalnih pa nekaj nad 6 mm. Razmerje debelin odgovarja razmerju med seksagezimalno in centezimalno minuto, če ostane  $n$  nespremenjen. Teže je določiti lomni količnik  $n$ . Na indirektnen način, ki ga tu ne kaže opisovati, je dobljena precej verjetna vrednost  $n=1,51$ . Če te vrednosti vstavimo v splošno enačbo (3), dobimo:

$$\Delta = 11,65(0,33775\alpha + 0,1296\alpha^3 + 0,0175\alpha^5 + \dots) = \Delta_1 + \Delta_2 \dots$$



Slika 2

Prvi člen vrste pove že znano dejstvo, da je premik  $\Delta$  v prvi aproksimaciji premosorazmeren z zaokretom  $\alpha$  plan-plošče. 2. člen skupno z vsemi ostalimi (kateri so pa v našem primeru tako majhni, da jih smemo brez vsake škode zanemariti) pa pove, v koliki meri in pod katerimi pogoji je možno smatrati prvo aproksimacijo kot točno.

Za  $\alpha=0$  (ničelna lega pri odčitku  $5'$ ) je  $\Delta=0$ ; za  $\alpha=\pm 3,4$ , to je pri odčitku mikroskale  $10'$  odnosno  $0'$ , pa dobimo  $\Delta=\pm 0,2335$  mm. To odgovarja premiku ene od obeh slik limba v kotni vrednosti  $5'=300''$ . Ker

znaša 2. člen  $\Delta_2 = 0,0003$  mm, lahko iz preprostega sorazmjerja izračunamo njegovo vrednost v sekundah — intervalih mikroskale:

$$0,2335:0,0003 = 300'' : \Delta_2'' \\ \Delta_2'' = 0,39$$

Diagram na sl. 2 prikazuje (v namenoma spačeni obliki) razlike med dejanskimi premiki optične slike in zanje odčitanimi vrednostmi. Kubična parabola ponazarja funkcijo  $\Delta$ , prema OA pa čitanja na skali. Predpostavljamo, da mora iti prema skozi točki A in B krivulje, to je, da je mikroskop brez »runa«. Sedaj lahko izračunamo maksimalno odstopanje parabole od preme:

$$\delta_{\max} = \frac{2}{9} \cdot \sqrt{3} \Delta_2'' = 0,15,$$

ki nastopa pri odčitkih:

$$1) 300'' + \frac{300''}{\sqrt{3}} = 7'53'' \quad 2) 300'' - \frac{300''}{\sqrt{3}} = 2'07''.$$

Gornje razmotrivanje nas dovede do zaključka, da tako majhnih odstopanj zlepa ne bi mogli v praksi odkriti, čeprav bi bilo treba njih obstoj upoštevati pri nekaterih najnatančnejših merjenjih. N. pr. kot, ki se čita na gori navedenih mestih mikroskale, (leva vizura pri 2'10'', desna pri 7'50''), bi moral dobiti popravek:  $-0,15'' - 0,15'' = -0,3''$ .

S primerno korekcijo bodisi mikrometrške skale bodisi spiralnega utora bi bilo mogoče doseči popolno premosorazmernost med dejanskimi premiki slik in odčitki.

Odkod torej odstopanja do  $\pm 3''$ , ki se pojavljajo v delovanju optičnih mikrometrov? Siguren odgovor na to vprašanje še ni najden. Mikroskala sama ne more biti izvor napak, saj se je lahko prepričati, da je centrična in idealno enakomerna. Opaznih mrtvih hodov bobnič mikrometra tudi nima. Najverjetneje je, da tiči vzrok napak v neki nepopolnosti mehanične konstrukcije mikrometra, ki bi jo našli le z laboratorijskimi kontrolami. V kolikor bi iskali vzrok v izdelavi spiralnega utora, naj omenim le to, da bi odklon istega za 0,02 mm od idealne krivulje povzročil spremembo naklona plan-stekla v iznosu 0,04, kar bi spremenilo odčitek za 3,5.

Preidimo na opis postopkov, s katerimi so bile določene empirične krivulje pogreškov, lastne optičnim mikrometrom nekaterih teodolitov. Načelo teh postopkov je kompariranje mikrometra na terenu, pri čemer se vizira natančna »normalna« mera, postavljena v določeni razdalji pravokotno na smer vizure, odčitava pa se mikrometer. Iz primerjave izračunanih vrednosti kotov oz. smeri z odčitanimi vrednostmi dobimo direktno odstopanja oziroma popravke mikrometra. Da bi dosegli zadostno natančnost, moramo izvršiti več serij opazovanj.

Kot »normalno« mero sem v prvih štirih serijah za instrument T2 št. 35543 uporabljal komparator za mikrotrigonometrična merjenja RK-2 (izdelan na Geodetskem zavodu v Ljubljani), postavljen na razdalji ca. 8 m. Glede na svojo praktičnost bi bil ta instrument idealen za tovrstna kompariranja, saj ima marko, katere premike lahko direktno odčitamo na

0,02 mm. Kot je pokazalo samo kompariranje, pa so ti odčitki daleč od natančnosti  $\pm 0,01$  mm, ki je potrebna za uspešno dela na tako kratki vizirni razdalji.

Tako teodolit kot komparator sem fiksiral z mavcem na masivno betonsko podlago, zaščiten od sončnih žarkov. Na razdelbi limba sem skrbno izbral interval, ki naj bi bil brez runa. Viziranje sem začel pri odčitku 0'00" in zaključil pri 10'00" (pri naslednji seriji pa obratno). Vmesnih čitanj je bilo okoli 40. Pomočnik je premikal marko komparatorja za približno enake intervale in zapisoval svoje odčitke na komparatorju ter seveda moje na optičnem mikrometru. Posebno pozornost sem posvečal prvemu in zadnjemu odčitku na komparatorju ( $K_0$  in  $K_n$ ), ki sta morala čim točneje ustrezati odčitkom mikrometra 0'00" in 10'00", saj se je iz onih dveh računala kotna vrednost  $1 \text{ mm } \mu'' = 600'' : (K_n - K_0)$ , na osnovi te pa kotne vrednosti vseh ostalih odčitkov na komparatorju, ki so se nato primerjale z odčitki na optičnem mikrometru.

Grafikoni teh odstopanj, konstruirani za vsako serijo posebej, se medsebojno zelo razlikujejo, vendar na pretežno sistematski način, kar kaže na mrtve hode komparatorja. Kot sredina iz štirih serij pa se dobi krivulja, ki je že na moč podobna poznejši definitivno usvojeni krivulji.

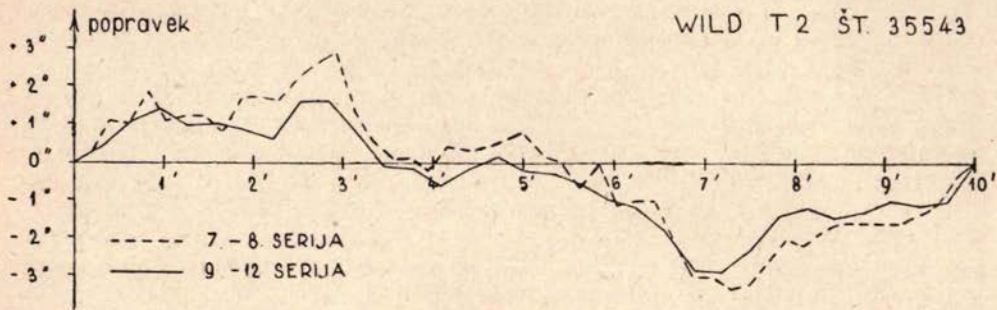
Po isti metodi sem opravil 5., 6., 7. in 8. serijo kompariranj, le da sem namesto komparatorja RK-2 uporabil precizen mikrometrski vijak (kakršne uporabljajo finomehaniki). Marko je nadomestila drobna bela pika na kovinski površini samega vijaka. Uporabne rezultate sta dali 7. in 8. serija s po 49 odčitki na 24 milimetrskem intervalu vijaka.

Nisem pa še bil zadovoljen, zato sem si poiskal spet drugo »normalno« mero — to pot invarno nivelacijsko lato, ki sem jo fiksiral v horizontalnem položaju in pravokotno na vizuro na razdalji 55,008 m od instrumenta. Pri tej razdalji se namreč vidi 32 intervalov razdelbe na lati (16 cm) pod kotom 10'00,0. Potem, ko sem se z večkratnim opazovanjem prepričal, da je res tako, sem začel z viziranjem posameznih črtic izbranega odseka na lati, začevši od leve proti desni, to je z odčitkom 0' 00". Od časa do časa sem se s ponovitvijo začetnega odčitka prepričal, da se orientacija limba ni spremenila. Pri naslednji seriji sem menjal smer kompariranja.

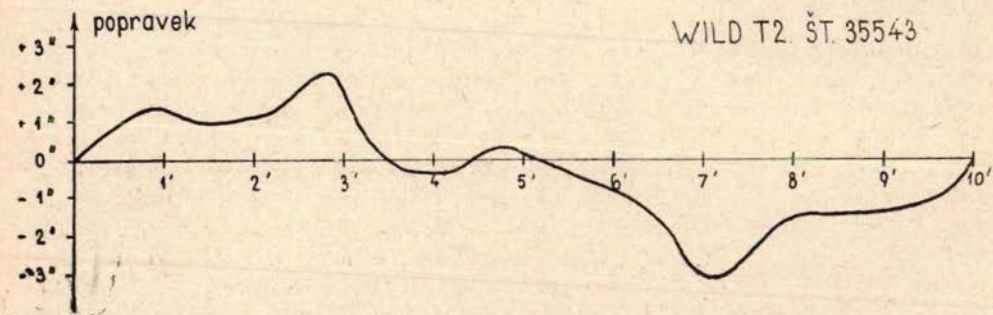
Tako sem izvršil 9., 10., 11. in 12. kompariranje. Po natančnosti so te serije najboljše, saj se razlikujejo vrednosti enega in istega popravka iz raznih serij maksimalno za 1,5 in še to le v redkih primerih. Diagram popravkov — aritmetičnih sredin iz teh štirih serij — je na sl. 3. narisana poleg diagrama (črtnega), ki se dobi iz opazovanj 7. in 8. serije. Krivulja na sl. 4 pa ponazarja splošno aritmetično sredino iz rezultatov 7.—12. serije. Ta krivulja je tudi privzeta kod definitivna in se vse do danes uporablja.

Potrebno je bilo določiti krivuljo popravkov še za optični mikrometer teodolita T2 št. 35548. Za ta teodolit sem opazoval štiri serije z invarno lato, vendar s to razliko, da v bistvu nisem več opazoval smeri proti posameznim črticam late, temveč k o t e med neko poljubno izbrano fiksno črtico in vsemi ostalimi črticami. Razlika te metode napram prejšnji je načeloma analogna razliki med girusno in francosko metodo opazovanja horizontalnih kotov. Smatram, da je slednji način pravilnejši, ker bolje eliminira razne sistematske vplive. Dosežena natančnost je ista kot v

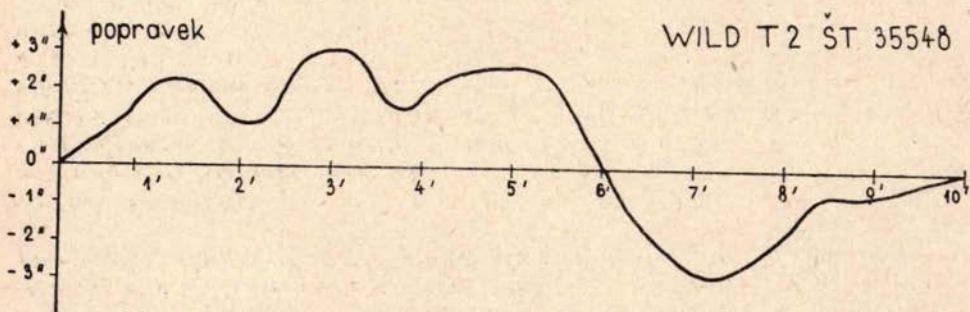
9.—12. seriji, t. j.  $\pm 0,3$  (srednji pogrešek popravkov — aritmetičnih sredin iz 4 serij) z maksimalnim razponom  $1,5$  med vrednostmi iz posameznih serij.



Slika 3



Slika 4



Slika 5

Krivuljo popravkov prikazuje sl. 5. Vidimo, da je njen potek povsem sličen krivulji za instrument št. 35543, le iznosi ekstremnih vrednosti so različni.

Naj mimogrede še omenim, da sem določil krivuljo popravkov tudi za mikrometer teodolita »Zaiss« T II št. , a ne s kompariranjem, temveč iz samih opazovanj na terenu (razpolagal sem s serijo zelo skrbno izvršenih opazovanj mikrotrigonometrične mreže HE Moste). Precej obširen računski postopek na osnovi postopnega približevanja je dovedel do mikrometrskih popravkov, ki so pa ostali v mejah med +1" in -1". Krivulja poteka precej različno od Wildovih in je v njej prišel do izraza tudi run mikroskopa. Ker je ta postopek po mojem mnenju manj natančen, brez dvoma pa tudi zamudnejši od kompariranja, bom opis istega opustil.

Krivulja oz. diagram popravkov, pregledno narisana v primernem merilu, je odličen grafičen pripomoček za popravljanje opazovanj. V kolikor ne popravljamo vsak odčitke že sproti med opazovanjem (kar je najboljši način), popravljamo kar aritmetične sredine 1. in 2. krožne lege, pod pogojem seveda, da ni dvojni kolimacijski pogrešek prevelik ( $2c(20''$ ), sicer nam padeta odčitka na dve preveč oddaljeni točki krivulje in potem ne bi bila popravljena aritmetična sredina vedno enaka sredini popravljenih odčitkov. Pri girusnih opazovanjih lahko popravljamo direktno reducirane smeri, če uporabljamo še premično mrežo, izdelano v istem merilu na prozornem papirju, katero nastavimo z njeno ničelno vodoravno črto na popravek začetne vizure. S čitanjem popravkov na mreži vršimo grafično redukcijo popravkov z ozirom na popravek začetne vizure, ki je potem-takem za reducirane smeri enak 0.

Po uvedbi popravkov se šele izkaže resnična kvaliteta opazovanja. Srednji pogreški dobro opazovanih kotov in smeri močno padejo, splošna slika opazovanj pa postane takšna, kakršno opazovalec pričakuje s ozirom na zunanje pogoje in na vloženo pazljivost. To kaže spodnji primer, čisto slučajno izbran iz elaborata triangulacije 3. reda na področju gornje savinjske doline (l. 1958.).

#### Stališče 146

Vizura	Nepopravljeni girusi					Sred.	Srednji pogrešek opazovane smeri $m_0 \pm 2,0$
	Girus: 1	2.	3.	4.	Sred.		
112 Olševa	0°00'00"	00"	00"	00"	00"	00,0	
1649	112 58 40	41,5	39	35	35	38,9	
2114	210 45 18	26,5	18	14,5	14,5		
108 Peca	246 35 45	49	44	41	41	44,8	
65 <sub>c</sub>	315 47 54	57	50,5	50,5	50,5	53,0	

Vizura	Popravljeni girusi						Razlike		Reducir. razlike
	0° 00' 00"	00"	00"	00"	00"	00,0	0,0	-0,4	
112 Olševa	0° 00' 00"	00"	00"	00"	00"	00,0	0,0	-0,4	
1649	112 58 39,5	41,5	39,5	37	37	39,4	+0,5	+0,1	
2114	210 45 19,5	22,5	17,5	19	19	19,6	+0,4	0,0	
108 Peca	246 35 46	46	44,5	45,5	45,5	45,5	+0,7	+0,3	
65 <sub>c</sub>	315 47 52,5	55,5	52	53,5	53,5	53,4	+0,4	0,0	
Srednji pogrešek opazovane smeri:							+2,0	0,0	
$m_0 \pm 1,1$									



Takih primerov bi lahko navedli na stotine, saj se po možnosti popravljajo vsa zahtevnejša opazovanja v precizni poligometriji in triangulaciji, izvršena v zadnjih štirih letih s strani Geodetskega Zavoda v Ljubljani. O uvedbi mikrometrskih popravkov v opazovanja za ljubljansko mestno poligometrično mrežo je poročal Ing. Fr. Rudl že jeseni 1. 1957 na ohridskem kongresu Zveze geodetskih društev FNRJ.

Zanimivo je, da se bazna poligometrična mreža ljubljanskega predmestja Vodmat-Moste iz 1. 1955 sploh ni mogla izračunati, dokler niso bili eno celo leto pozneje določeni mikrometrski popravki instrumenta, saj so pred uvedbo istih izkazovali poligoni nedopustna odstopanja. Pri nankadnem popravljanju opazovanj se je zgodilo, da je znašel končni popravek nekega paralaktičnega kota celih 5", to pa zato, ker ni opazovalec razporedil odčitkov za posamezne polgiruse enakomerno po skali mikrometra. Popravljanju paralaktičnih kotov je sledilo popravljanje stranic po posebej za to izpeljanih formulah, ne da bi bilo treba ponoviti celotno računanje. Omejenjena poligonometrična mreža se je potem prav dobro zložila.

Mislím, da gorji primeri dovolj jasno kažejo na konstantnost mikrometrskih popravkov. Seveda i bilo zanimivo in koristno sedaj, ko sta pretekli že dobri dve leti, odkar so se izvršila zadnja kompariranja obeh »T2«, ponoviti ta kompariranja in eventualno izpolniti tozadevni merski in računski postopek. Potrebno bi bilo opraviti kompariranje še za nekaj instrumentov. To pa je stvar, ki terja zelo veliko časa in zato tudi svojega — investitorja. Mislím da bi bila nadaljnja raziskovanja v tej meri naloga inštitutov za geodezijo.

Ne more namreč več biti dvoma o tem, da moramo z obstojem mikro-popravkov (naj mi bo dovoljen ta okrajšani izraz) računati pri vsakem preciznem merjenju kotov, posebno, kadar se zahteva ocena natančnosti. Minimalne natančnosti paralaktičnih kotov, kakršno predpisuje pravilnik za osnovna dela na mestni izmeri, v večini primerov ne moremo doseči brez upoštevanja mikro-popravkov, ako imamo — kot to priporoča strokovna literatura — odčitke polgirusov enakomerno razporejene po vsem obsegu mikroskale. To zadnje pa je nujno, naj mikro-popravke poznamo ali ne, saj s tem ne eliminiramo le ostanek runa — kot dokazuje v nedavno izišlem članku Dr. N. Neidhart — in morda še neke druge vplive, temveč pridemo na ta način do najverjetnejšega rezultata (aritmetične sredine), ki se zelo malo, večinoma povsem ne pomemno razlikuje od sredine iz popravljenih opazovanj. To važno empirično pravilo je praksa premnogokrat potrdila in ga lepo dokazuje tudi gornji številčni primer. Seveda dobimo, v kolikor se držimo tega pravila, kar največje razlike med posameznimi nepopravljenimi opazovanji, kar nepoučenega opazovalca močno meti, da ne rečem demoralizira. Srednji pogreški, izračunani iz nepopravljenih opazovanj, nimajo seveda nobenega pomena in vendar kazijo obrazce marsikaterega sicer dobrega opazovalca. Lahko si predstavljamo, koliko nepotrebnih in včasih kar mučnih ponovitev opazovanj si prihrani opazovalec, ki pozna mikro-popravke in koliko pridobi ne zaupanju v lastno sposobnost.

Pravila o enakomernem razporedu odčitkov po mikroskali se moramo držati tudi v primeru, da mikro-popravke uvajamo. Ti popravki niso idealno natančni in morejo biti obremenjeni s pogreški različnih predznakov in absolutnih iznosov, ki verjetno mestoma presega jo vrednost 0,5, to je

iznos srednje natančnosti koincidiraja. Na čim več mestih čitamo mikroskalo, tem popolneje izkoristimo natančnost kompariranja in tem bolje eliminiramo upliv netočnosti popravkov na končno sredino. Nedopustno je — tudi v običajeni triangulaciji 4. reda — nastavljati pred vsakim girusom mikroskalo na odčitek blizu  $0,00''$ , kar se tupatam dela zaradi lažjega računanja reduciranih smeri. Taki girusi se bodo medsebojno lepo ujemali, ker bodo poedine smeri obremenjene v vsakem girusu s skoraj enakimi mikro-popravki. Ti pa preidejo tako v celoti na sredine iz vseh girusov. Iz takih opazovanj izračunani koti morejo biti do  $5'' : 6''$  napačni, dočim bi računski srednji pogrešek istih smeri lahko znašal manj kot  $\pm 1''$ .

Najbolj priporočljivo je po mojem mnenju popravljanje odčitkov med samim delom na terenu bodisi s pomočjo izvežbanega zapisnikarja, bodisi s strani opazovalca samega, ki si v teku nekaj tednov lahko tako vtisne v spomin potek diagrama popravkov svojega instrumenta, da narekuje oziroma zapisuje brez zastoja že popravljene odčitke. Popravki se jemljejo pri tem na celo sekundo ali kvečjemu na  $0,5''$  natančno. Samo tako je možna takojšnja in zanesljiva kontrola opazovanj, ki je pri preciznih deli tako važna, in šele s popravljenimi opazovanji lahko začnemo z raziskovanjem in analizo ostalih, večinoma mnogo skromnejših, sistematskih in slučajnih vplivov na opazovanje. Nikoli pa ne smemo pri tem izgubiti iz vida, da odčitki optičnega mikrometra niso brez določenega pogreška, pa čeprav bi bil limb sicer perfekten, mikroskop idealno justiran, koincidenca neoporečna i t. d. — tudi potem ne, ko smo jim dodali mikro-popravke.

Ne izključujem, da obstajajo moderni instrumenti, pri katerih ne bi mogli opaziti napačnega delovanja optičnega mikrometra. Nimam pač osebno dovolj prilike, da bi se o tem prepričal. Naj pa bo ta članek opozorilo geodetskim strokovnjakom, da instrumenti s pogrešno delujočim optičnim mikrometrom obstojijo in da jih je verjetno v naših geodetskih ustanovah kar lepo število.