

# LEĆA KAO MJERNI ELEMENT

s posebnim osvrtom primjene na optičke daljinomjere

Dušan BENČIĆ — Zagreb

Optička leća je konstrukcioni element optičkih sistema različitih mjernih instrumenata, pa je i značajna njena uloga u mjernim procesima.

U ovom prikazu bit će istaknuta jedna posebna uloga leće, kada je ona sama primijenjena kao mjerni element.

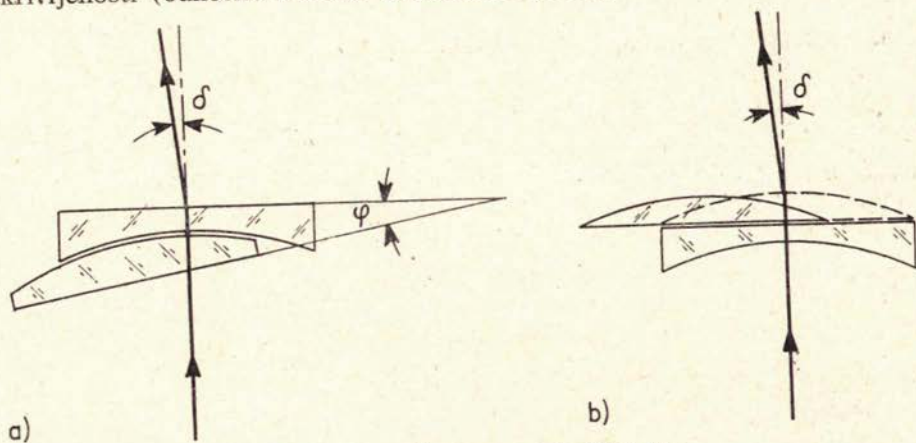
Spomenut ćemo dvije karakteristične primjene:

1. Promjenljivi klin
2. Pomak poluleće ili segmenta leće

## 1. PROMJENLJIVI KLIN

Klin promjenljivog prelomnog kuta moguće je postići kombinacijom plankonveksne i plankonkavne leće istih optičkih jakosti (ABAT, 1777.). Uređaj se može sastojati iz sfernih ili iz plancilindričkih leća. Postoje dva tipična sastava obih leća.

Kod prvog sastava zakreću se međusobno plankonveksna i plankonkavna leća duž sfernih (ili cilindričkih) ploha istih radijusa i zajedničkog središta zakrivljenosti (odnosno osi kod cilindričnih ploha) sl. 1. a.



Slika 1. — Abatov promjenljivi klin

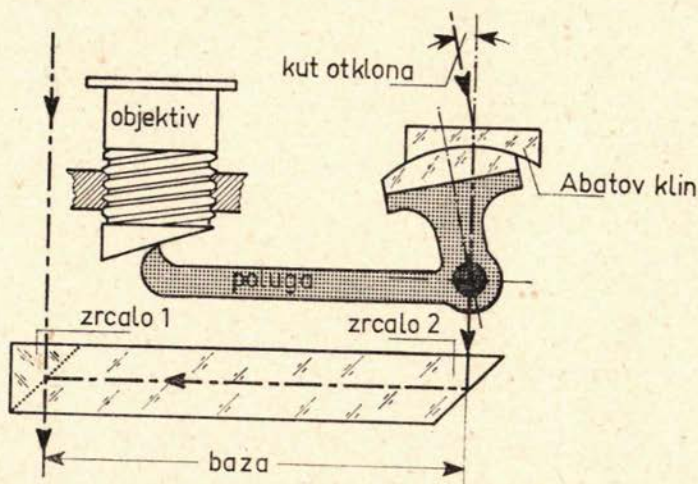
Kada su leće u takvom položaju, da optičke osi padaju zajedno, dobivamo planparalelnu ploču. U takvom ishodišnom položaju krajnje granične plohe kombinacije su međusobno paralelne i zrake svjetlosti se prolazom kroz kombinaciju ne otklanjaju.

Adresa autora: Dušan Benčić, dipl. ing. - Geodetski fakultet - Zagreb, Kačićeva ul. 26

Nakon zaokreta leća po kliznoj plohi dobiva se djelovanje klina prelomnog kuta  $\varphi$ , koji je jednak kutu što zatvaraju optičke osi obju leća. Time smo dobili klin promjenljivog kuta, koji je ovisan o veličini kuta zaokreta.

Za manje otklone mogu se leće pomicati i translacijom u smjeru okomitom na optičku os (sl. 1. b.). Abatov klin bio je najstariji optički mikrometar.

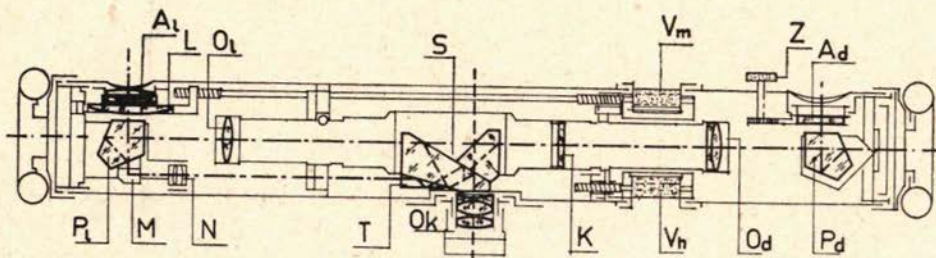
Primijenjen je npr. u optičkim daljinomjerima sa konstantnom bazom na stajalištu instrumenta za mjerenje promjenljivog paralaktičkog kuta (monokularni daljinomjer s bazom na stajalištu), kao i nekim daljinomjerm uređajima fotoaparata (sl. 2).



Slika 2. — Shema daljinomjera fotoaparata sa Abatovim klinom

Monokularni daljinomjeri se sastoje od dva objektivna, a izvedeni su tako, da osi obaju objektivna padaju u os cijevi. Pomoću zrcala ili prizama zrake se otklanjaju u zajednički okular, a mjerenje se vrši koincidencijom slika cilja (sl. 3).

Legenda:  $A_l$  i  $A_d$  zaštitna stakla —  $P_l$  i  $P_d$  pentagonalne prizme —  $O_l$  i  $O_d$  objektivni durbina —  $S$  prizma za razdvajanje slika —  $Ok$  okular —  $K$  korekciona leća —  $L$  pomična leća Abatovog klina —  $V_m$  mjerni vijak —  $M$ ,  $N$  i  $T$  optički sistem daljinske podjele.



Slika 3. — Shema monokularnog daljinomjera sa Abatovim klinom

## 2. POMAK POLULEĆE ILI SEGMENTA LEĆE

Pri pomaku leće u smjeru okomitom na njenu optičku os, pomiče se i slika predmeta u ravnini slike. Veličina ovog pomaka ovisna je o poprečnom mjerilu preslikavanja i može se koristiti za mjerenje. Uzmimo najjednostavniji slučaj. U položaju objektiva 1, slika predmeta  $AB=y$ , koju stvara objektiv, je  $A'B'=y'$  (sl. 4). Pomaknemo li leću objektiva u smjeru okomitom na optičku os u položaj 2, ali tako, da je pomak slike jednak veličini slike  $y'$ , to kažemo, da smo izvršili **k o n t a k t n i p o m a k** slike:

$$y'_p = y'$$

Prema sl. 4 možemo izračunati veličinu kontaktnog pomaka, na osnovu sličnosti trokuta  $AO_pO$  i  $AA'_pA'$ :

$$y' : p = (a'+a) : a$$

$$y' = p \frac{a'+a}{a}$$

gdje je:  $p$  veličina mjernog pomaka leće  
 $a$  udaljenost predmeta  $y$  od leće  
 $a'$  udaljenost slike predmeta  $y'$  od leće

Kako je poprečno mjerilo preslikavanja:

$$\beta' = \frac{a'}{a}$$

slijedi:

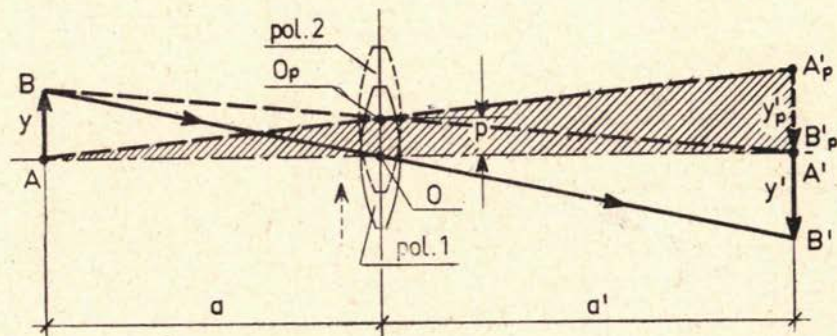
$$y' = p (1 + \beta') \quad 1.$$

Mjerilo preslikavanja uzimat ćemo u apsolutnom iznosu

Kako bi se obje slike mogle promatrati istovremeno i samo mjerenje izvršiti kontaktom slika, to se leća objektiva presjeca u sredini ravninom položenom njenom optičkom osi, tako da dobivamo dvije jednake polovine. Pri mjerenju pomiče se jedna polovina leće — poluleća, u odnosu na drugu nepomičnu polovinu po plohi prereza.

Isti optički efekt postizemo, ako pomičemo segment leće u odnosu na njen nepomični dio.

Princip mjerenja zasniva se, dakle, na primjeni dvostrukih slika.



Slika 4.

Ako je predmet u optičkoj neizmejrnosti, tj  $a = \infty$ , to je  $\beta = 0$ , pa je prema 1.  $y' = p$ . U ovom slučaju je kontaktni pomak slike jednak mjernom pomaku leće. Na tom principu građeni su prvi instrumenti za mjerenja uz primjenu poluleće kao što je to bio, npr. *heliometer*s kojim se mjerio prividni dijametar sunca (BOUGUER, 1752; DOLLOND, 1755).

Promatrajući durbinom sliku sunca nije bilo moguće mjeriti njegov prividni dijametar pomoću običnog okularnog mikrometra, zbog stalne promjene položaja slike u vidnom polju. Dollond je stoga u svrhu mjerenja presje kao objektiv i pomoću mikrometra mjerio pomak poluleće uz kontaktni pomak slike (dodir rubova slika sunca). Kako je mjereni pomak poluleće jednak kontaktnom pomaku slike, to se na osnovi izmjenjenog pomaka poluleće mogla izračunati veličina prividnog dijametra tj. vidnog kuta, uz poznatu žarišnu daljinu objektiva durбина, po formuli:

$$\alpha'' = \frac{p}{f} \rho'' \quad \rho'' = 206\ 265$$

Pri konačnim udaljenostima predmeta ( $\beta' > 0$ ) kontaktni pomak slike, prema 1., uvijek je veći od mjernog pomaka leće, pa je to glavni nedostatak za primjenu ovog tehničkog rješenja pri mjerenju. Da se to izbjegne, može se u tom slučaju graditi objektiv, sastavljen od dva dijela na razmaku, s time što se uzima druga mjerna leća M s većom žarišnom daljinom.

Jednostavniji slučaj nastaje, kad je razmak leća  $d$  jednak žarišnoj daljini prve leće tj.  $d = f_1$ . Za ovaj specijalni položaj leća žarišna daljina sistema jednaka je žarišnoj daljini prve leće ( $f = f_1$ ), tj.  $F'_1$  i  $F'$  su identične tačke. Na sl. 5 prikazan je ovaj slučaj s time, što je pomak poluleće zbog preglednosti slike pretjerano povećan. Prema sl. 5:

$$\frac{y'}{x'} = \frac{p}{f_2} \quad y' = \frac{p}{f_2} x'$$

Prema Newtonu, mjerilo preslikavanja optičkog sistema iznosi:

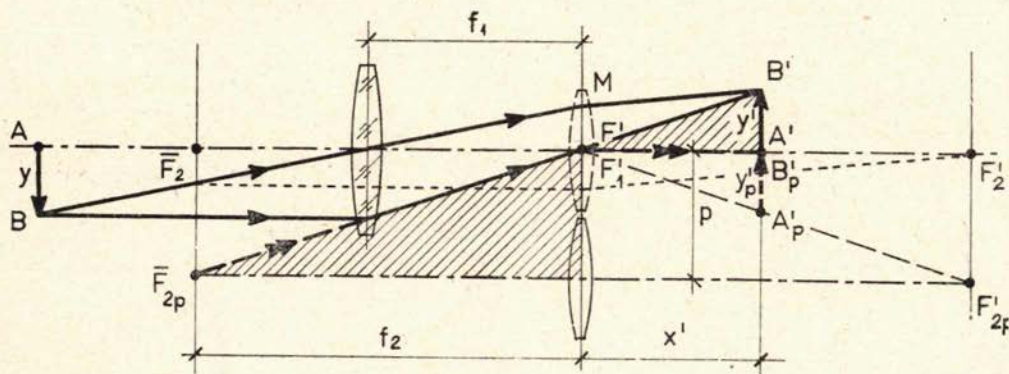
$$|\beta'| = \frac{x'}{f}$$

Kako je u našem slučaju  $f = f_1$ , to će biti:

$$|\beta'| = \frac{x'}{f_1} \text{ odnosno } x' = f_1 |\beta'|$$

Nakon uvrštenja dobit ćemo:

$$y' = p \frac{f_1}{f_2} |\beta'|$$



Slika 5.

Što je žarišna daljina druge mjerne leće ( $f_2$ ) veća, to je kontaktni pomak slike  $y'$  manji, uz isti pomak mjerne leće  $p$ . Dakle, pogodnim izborom veličina u formuli 2. možemo postići, da je mjerni pomak veći od kontaktnog pomaka slike, što povećava tačnost mjerenja.

Pomakom leće moguće je mjeriti i kuteve, što je ukazano konstrukcijom heliometra. Stoga nije bila daleka misao, da se ovaj princip mjerenja primijeni i kod optičkih daljinomjera za mjerenje udaljenosti, mjerenjem paralaktičkog kuta u daljinomjernom trokutu.

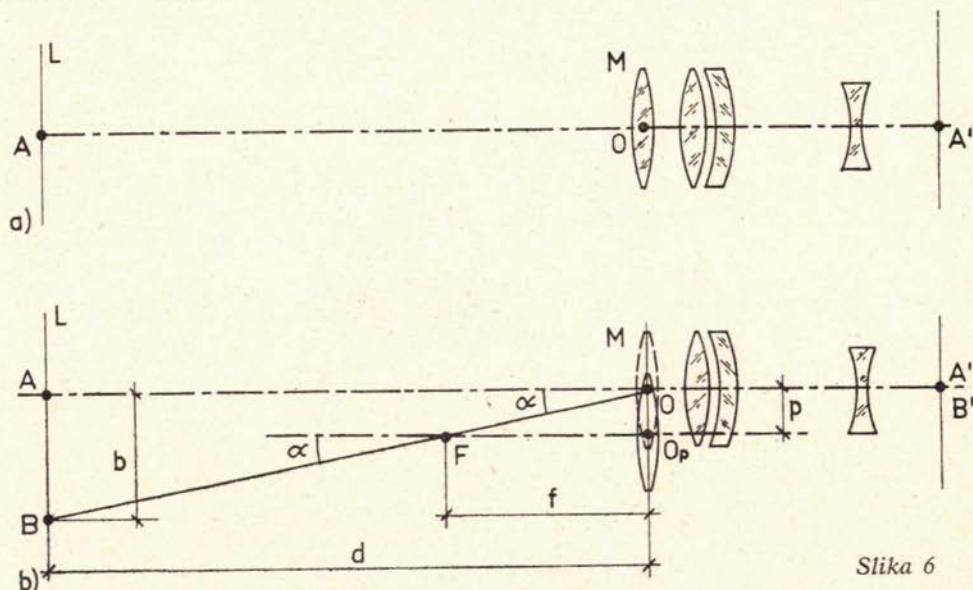
### PRIMJENA NA OPTICKE DALJINOMJERE

Poznato je da se daljinomjeri sa bazom na cilju većinom primjenjuju za geodetska mjerenja, a dijele se na dvije osnovne grupe: daljinomjeri s nitima i daljinomjeri s dvostrukim slikama.

Daljinomjeri s dvostrukim slikama imaju niz prednosti, a naročito u smanjenju vrlo štetnog utjecaja paralakse na tačnost mjerenja. Za dobivanje dvostrukih slika mogu se primijeniti različiti optički uređaji, međutim, najčešće je u tu svrhu primijenjen tzv. daljinomjerni klin, koji prekriva jedan dio objektiv durbina.

U ovom prikazu upoznat ćemo primjenu pomaka leće u iste svrhe.

Principijelna shema konstrukcije daljinomjera s dvostrukim slikama uz primjenu pomaka leće i uz konstantnu bazu (za razliku od daljinomjernog klina kod kojeg je konstantan paralaktički kut), data je na sl. 6.



Slika 6

Pred teleobjektivom durbina nalazi se mjerna leća  $M$ , koju je moguće pomicati mikrometričkim vijkom u smjeru okomitom na optičku os objektiv.

Na tački cilja, do koje se mjeri udaljenost, nalazi se na stativu horizontalna letva  $L$  sa markama, kojih razmak određuje konstantnu bazu.

Kada optičke osi mjerne leće M i teleobjektiva padaju zajedno, to se tačka A mjerne letve preslikava u optičkoj osi u ravnini slike, gdje se nalazi nitni križ (sl. 6 a. tačka A').

Ako leću M pomaknemo za iznos p, to će ona otkloniti optičku os za kut  $\alpha$  uslijed čega će se preslikati neka druga tačka B mjerne letve u B na mjestu tačke A' (sl. 6 b.).

Ako je mjerna leća raspolovljena, te se za veličinu p pomakne samo jedna polovina leće, to ćemo imati dvostruke, međusobno razmaknute, slike letve, gdje je razmak slike funkcija paralaktičkog kuta  $\alpha$ , a time i udaljenosti.

Paralaktički kut  $\alpha$  mjerimo dakle pomakom poluleće uz koincidenciju odgovarajućih marki letve.

Iz paralaktičkog trokuta AOB dobivamo udaljenost:

$$d = \frac{b}{\alpha} \rho = \frac{K}{\alpha}$$

Kako je iz trokuta O O<sub>p</sub>F:

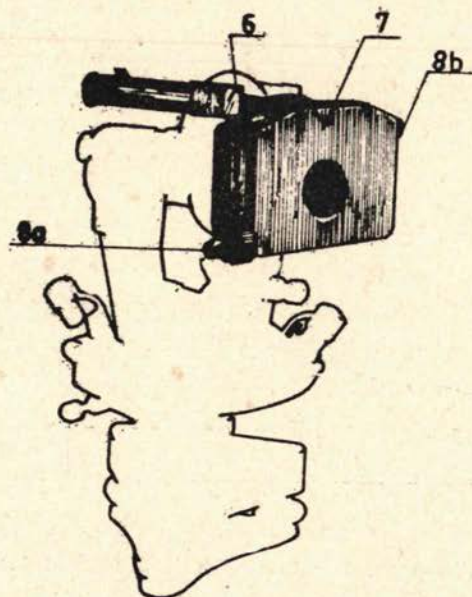
$$\alpha = \frac{p}{f} \rho$$

gdje je f — žarišna daljina mjerne leće, to slijedi da je:

$$d = \frac{f b}{p} = \frac{\text{konst.}}{p}$$

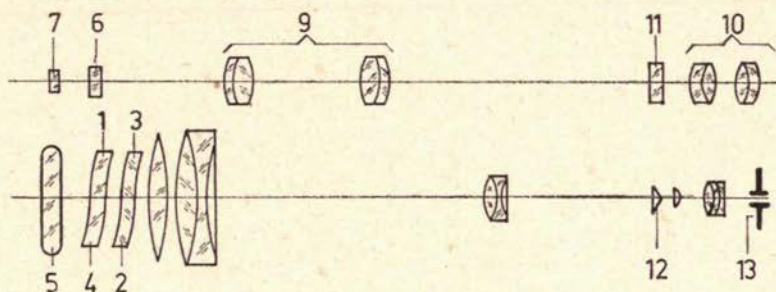
b — konstantni razmak marki letve

Konstrukcija daljinomjernog uređaja na ovom principu izvedena je u SSSR, kao dodatak objektivu durbina (DNB, V. A. BELICIN, 1950.). Nešto kasnije izrađen je model DNT (sl. 7). a zatim i usavršeni model DNT-2. Optička shema daljinomjernog uređaja s durbinom data je na sl. 8. Optički kompenza-



Slika 7 — Teodolit TT-50 sa daljinomjernim uređajem kao dodatkom DNT (Aerogeopribor, SSSR)

tor dodatka sastoji se iz dviju daljinomjernih leća — sabirne i rastresne, jednakih žarišnih daljina, pa time nema utjecaja na povećanje durbina. Obje su leće presječene na dvije polovine. Poluleće 1 i 2 odgovaraju polovinama rastresne konkavkonveksne leće, a poluleće 3 i 4, polovinama sabirne konvekskonkavne leće (sl. 8). Djelovanjem na dugmeta 8 a. i b. (sl. 7) moguće je pomicati oba dijela kompenzatora nezavisno jedan od drugog u smjeru paralelnim s horizontalnom osi teodolita. Poluleće 1 i 4, kao i 2 i 3 predstavljaju, dakle, osnovne dijelove daljinomjernog uređaja. Njihovim međusobnim pomicanjem pomiču se u vidnom polju durbina dvije slike mjerne letve u suprotnom smislu.

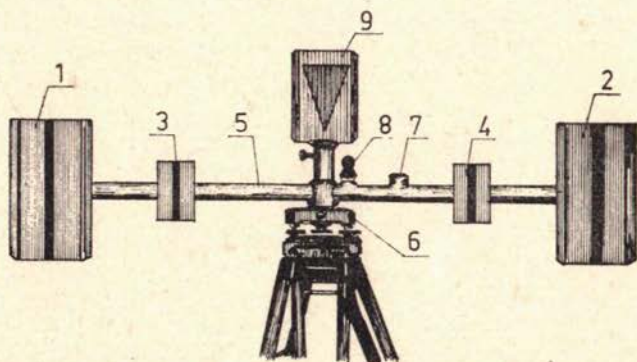


Slika 8 — Optička shema daljinomjernog uređaja DNT

S pomakom mjernog dijela kompenzatora povezana je staklena pločica sa skalom 6, koja sadrži 120 dijelova, sa nominalnom vrijednosti intervala 10". Skala je osvijetljena kroz prozorčić 7.

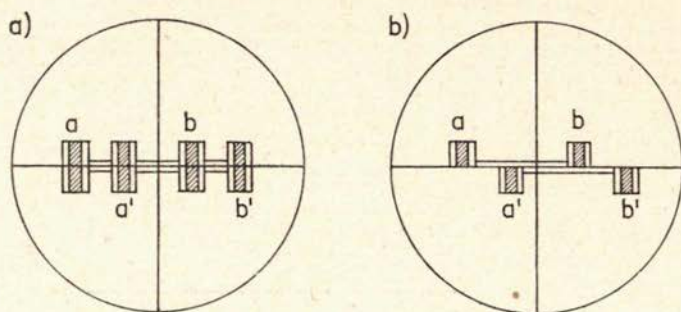
Za očitavanje skala služi skalni mikroskop povećanja 45x s objektivom 9, okularom 10 i staklenom pločicom 11 sa skalom za očitavanje, u ravnini realne međuslike. Za razdvajanje slika služi biprizma 12 i dijafragma s pukotinom širine 0,75 mm 13 (sl. 8). Prelomni kutevi biprizme iznose  $4^{\circ}40'$ . Na plohama biprizme nanese su crtice nitnog križa.

Mjerna bazisna letva ima dva para marki, krajnje 1 i 2 i srednje 3 i 4 (sl. 9). Razmak osi marki daje dužinu konstantne baze:  $l_1 = 1018$  mm,  $l_2 = 550$  mm. Letva se postavlja na tronog s podnožnim vijcima 6. U horizontalni položaj postavlja se pomoću dozne libele 7, a okomito na mjernu



Slika 9 — Bazisna letva

dužinu pomoću optičkog vizera 8. Na marku 9 vizira se pri mjerenju horizontalnih puteva. U cijevi letve 5 ugrađeni su termometri sa skalom od  $-50^{\circ}$  do  $+50^{\circ}\text{C}$ .



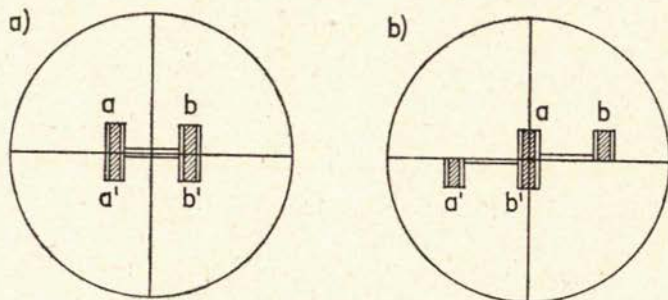
Slika 10

Na sl. 10 prikazano je vidno polje durbina usmjerenog na letvu i to: a. u slučaju pomiješanih slika, b. u slučaju razdvojenih slika (primjenom biprizme i dijafragme koja se stavlja na okular).

Udaljenost od 50 do 180 m mjere se pomoću srednjih marki, a preko 180 m pomoću krajnjih marki letve. Pri udaljenostima do 100 m paralaktički kut je veći od  $1200''$ , pa se mjeri polovina ovog kuta, a u račun onda uzima dvostruki iznos.

#### Mjerenje polovine paralaktičkog kuta

Okretanjem mjernog dugmeta 8 a (sl. 7) postavlja se na skali očitavanje u blizini sredine potjele (oko 60). Okretanjem drugog dugmeta 8 b dovodi se do približne koincidence slika istoimenih polovina marki letve, dakle, a sa a' i b sa b' (sl. 11 a.), dok se vijkom alhidade dovodi slika letve u sredinu vidnog polja.



Slika 11

Nakon toga se okretanjem mjernog dugmeta 8 a izvrši tačna koinkidenција istoimenih polovina marki i izvrši očitavanje  $o_1$  u vidnom polju mikroskopa daljinomjernog uređaja. Očitavanje se izražava u jedinicama skale.

Kako je vrijednost intervala podjele  $10''$ , a skala za očitavanje (staklena pločica 11 (sl. 8) ima 10 dijelova, to se procjenjuju desetine sekundi.



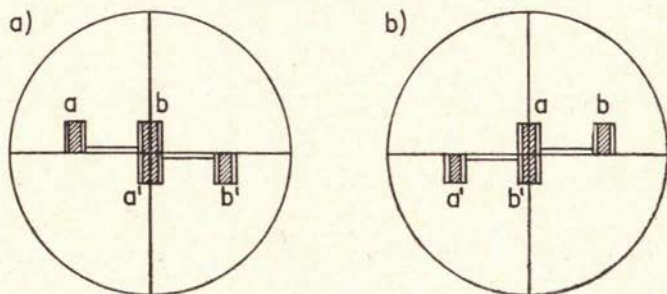
Daljnijim zakretanjem mjernog dugmeta 8 a, pomiču se slike marki u suprotnom smislu i izvrši koincidencija raznoimenih polovina marki, tj. a i b' (sl. 11 b.). a nakon toga i očitavanje  $\alpha_2$ .

Kako se slike pri zakretanju dugmeta 8 a pomiču jedna nasuprot drugoj, to razlika očitavanja  $\alpha_2 - \alpha_1$  daje polovinu paralaktičkog kuta.

Mjerenje se ponavlja time, što se za mali iznos (nekoliko intervala glavne skale) poremeti koincidencija polovina marki a i b' djelovanjem na dugme 8 b. Nakon toga se ponovo vrši koincidencija mjernim dugmetom 8 a, te vrši očitavanje  $\alpha'_2$  i zatim  $\alpha'_1$ , kod koincidencije istoimenih crtica a i a' (sl. 11 a.). Razlika  $\alpha'_2 - \alpha'_1$  daje drugo mjerenje polovine paralaktičkog kuta.

#### Mjerenje čitavog paralaktičkog kuta

Prvi dio postupka je potpuno jednak, kao i kod opisa mjerenja polovine paralaktičkog kuta (sl. 11 a.). Međutim, umjesto koincidencije istoimenih polovina marki letve, zaokreće se mjerno dugme 8 a, sve dok se ne izvrši tačna koincidencija slike raznoimenih polovina marki b i a' (sl. 12 a.), te se vrši očitavanje u vidnom polju mikroskopa  $\alpha_1$ .



Slika 12

Nakon toga se zakretanjem mjernog dugmeta izvrši tačna koincidencija drugog para raznoimenih marki letava a i b' (sl. 12 b) i očitava pomoću mikroskopa  $\alpha_2$ .

Razlika očitavanja  $\alpha_2 - \alpha_1$  daje nam veličinu paralaktičkog kuta.

Postupak mjerenja se ponavlja obrnutim putem koincidencije para raznoimenih polovina marki letve, prethodno promijenivši očitavanje pomoću dugmeta 8. b. Dakle, pri koincidenciji, prema sl. 12. b. vrši se očitavanje  $\alpha_2$ , a pri koincidenciji, prema sl. 12. a., očitavanje  $\alpha_1$ . Razlika daje drugo mjerenje paralaktičkog kuta.

Uglavnom vrijedi pravilo, da se kod mjerenja paralaktičkog kuta koristi srednje područje glavne skale.

Kod dužina do 400 m paralaktički kutevi se mjere u 4 ponavljanja, a kod većih dužina u 6 ponavljanja. Razlike u rezultatima ne bi smjele biti, u prvom slučaju veće od 0,15, a u drugom od 0,20 dijelova glavne skale.

Kod mjerenja dužine upisuje se u manual mjerenja i očitavanja na termometrima mjerne letve, dužina bazisa, kao i broj letve. Isto tako mjeri se vertikalni kut vizirajući na os letve u svrhu računanja reducirane dužine.

Dužina se mjeri u oba smjera. Kod mjerenja u drugom smjeru koristi se druga letva pribora za mjerenje. Relativna pogreška izmjerene dužine u oba smjera ne smije biti veća od 1/1000.

Kosa dužina računa se po formuli:

$$D = \frac{K}{\alpha} + k_{\text{II}} + \Delta D_t$$

gdje je K — velika konstanta

$\alpha$  — paralaktički kut u jedinicama glavne podjele

k — mala konstanta

Ova se konstanta sastoji od dva dijela  $k = k_1 + k_2$ .

$k_1$  — je razmak vrha paralaktičkog kuta od vertikalne okretne osi teodolita.

$k_2$  — razmak plohe sa markama letve od okretne osi mjerne letve.

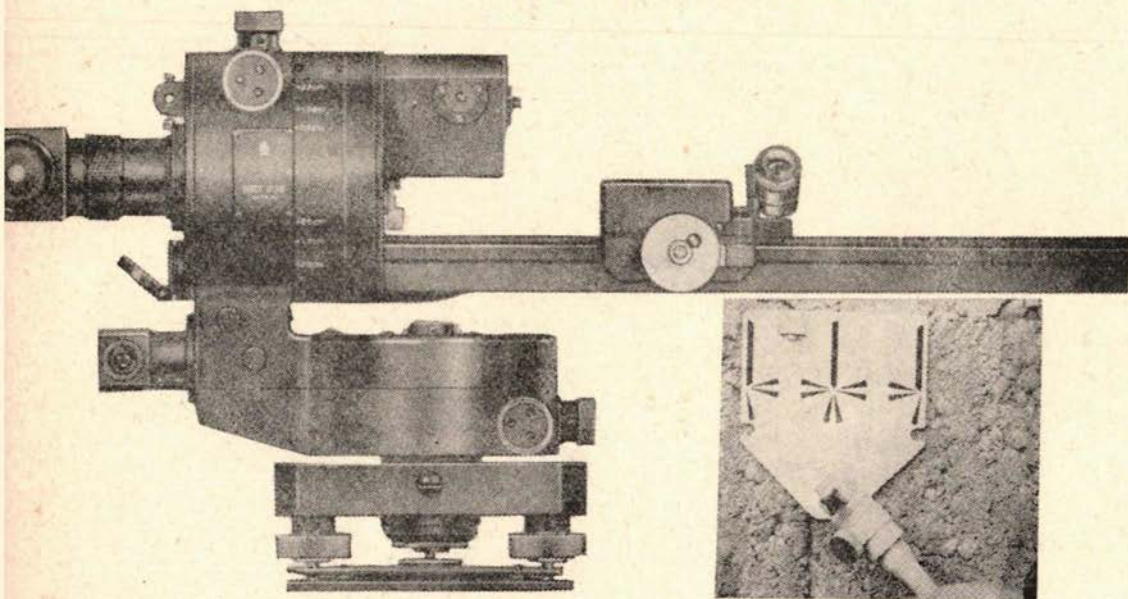
Popravak dužine za temperaturu  $\Delta D_t$  vadi se iz posebnih tablica, ili se računa po formuli:

$$\Delta D_t = \lambda / t - t_0 \cdot \frac{K}{\alpha}$$

gdje je  $\lambda = 16 \cdot 10^{-6}$  razlika linearnih koeficijenata rastezanja materijala cijevi letve (aluminij) i daljinomjerne skale (staklo.).

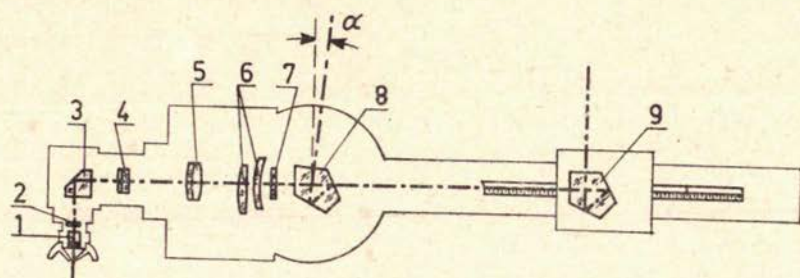
Daljinomjeri se bazom na stajalištu uglavnom se do sada nisu primjenjivali za geodetska mjerenja zbog nedovoljne tačnosti mjerenja.

Međutim, u novije vrijeme razvijen je daljinomjer s bazom na stajalištu s konstantnim paralaktičkim kutem, a koji se afirmirao kod nekih geodetskih radova, naročito u teško pristupačnim terenima, kod kojih postavljanje bazisne letve na cilju predstavlja znatne poteškoće.



Slika 13 — Bazisni redukcionni tahimentar BRT — 006 (ZEISS, JENA) s vizurnom markom

To je već poznati tahimetar BRT 006 (ZEISS, JENA) sl. 13 Optička shema ovog tahimetra prikazana je na sl. 14.



Slika 14 — Optička shema bazisnog redukcionog tahimetra BRT 006

1 — okular, 2 — biprizma, 3 — refleksna prizma, 4 — leće objektivna za izoštravanje slike (unutranje izoštravanje), 5 — objektiv, 6 — sistem leća redukcionog uređaja, 7 — zaštitno staklo, 8 — gornja nepomična pentagonalna prizma, 9 — donja pomična pentagonalna prizma.

Pomakom pentagonalne prizme 9 duž lineala, kao baze na stajalištu, dovodi se do koincidencije slika cilja u vidnom polju durbina.

Iz paralaktičkog trokuta slijedi:

$$D = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha_0} = K \cdot b$$

gdje je: D kosa udaljenost  
b odgovarajuća dužina očitana na bazisnom linealu

$$K = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha_0} = 200, \text{ multiplikaciona konstanta}$$

Kod nagnutih vizura durbina mjerimo, dakle, kosu dubinu D. Uz mjereni visinski kut  $\varphi$ , računa se horizontalna udaljenost, tj. projekcija na horizontalnu ravninu, po formuli:

$$D' = D \cos \varphi$$

Ukoliko se ova redukcija želi izvršiti već u samom toku mjerenja, kako bi se izbjeglo naknadno računanje, to su potrebne specijalne optičke konstrukcije, koje omogućavaju automatsku promjenu paralaktičnog kuta u ovisnosti o visinskom kutu

U našem slučaju biti će:

$$D' \approx \frac{b}{\alpha_0} \cos \varphi$$

Smanjuje li se paralaktički kut automatski prema:

$$\widehat{\alpha}_\varphi = \widehat{\alpha}_0 (1 - \cos \varphi)$$

tj. automatski vrši redukcija za iznos:

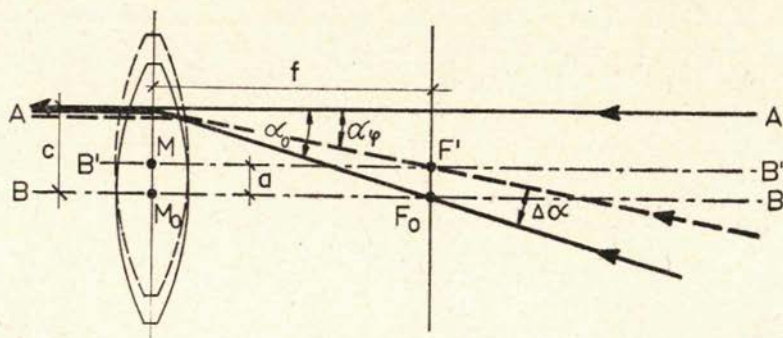
$$\Delta \alpha = \widehat{\alpha}_0 (1 - \cos \varphi)$$

to će se direktno mjeriti horizontalna tj. reducirana dužina.

Kod daljinomjera s klinovima primjenjuje se za redukciju uređaj od paraklinova jednakih prelomnih kuteva, koji rotiraju oko zajedničke osi u suprotnom smislu za isti kut za koji se zakreće durbina oko horizontalne osi teodolita (Boškovićeve klinovi).

Kod primjene poluleće moguće je istu koristiti za automatsku redukciju.

Na sl. 15 prikazan je položaj poluleće sa optičkom osi BB u udaljenosti  $c$  od optičke osi durbina AA.



Slika 15

Kako se slika nalazi približno u žarišnoj ravnini, sledi:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{c}{f}$$

gdje je  $f$  žarišna daljina leće

Pomakne li se poluleća okomito na optičku os za iznos  $a$  u položaj B'B', to će doći do redukcije kuta:

$$\widehat{\Delta \alpha} = \widehat{\alpha}_0 - \widehat{\alpha}_\varphi = \frac{c}{f} - \frac{c-a}{f} = \frac{a}{f}$$

Slijedi:

$$\widehat{\alpha}_0 (1 - \cos \varphi) = \frac{a}{f}, \text{ odnosno: } a = f \widehat{\alpha}_0 (1 - \cos \varphi)$$

Ako se uspostavi takova konstruktivna veza između visinskog kuta i pomaka poluleće, pri zakretanju durbina, to će se automatski očitavati reducirana dužina.

Kod tahimetra BRT 006 primijenjen je ovaj princip u nešto složenijoj izvedbi, s tim, što se za automatsku redukciju upotrebljava pomak zadnje leće posebnog optičkog sistema 6 (sl. 14), a koji se nalazi između objektivna durbina i gornje pentagonalne prizme.

Automatski uređaj može se uključiti i isključiti, pa se po volji mogu mjeriti kose, kao i reducirane dužine, što također ima stanovite prednosti.

U svrhu što tačnije koincidencije slika postavlja se na tačku cilja mala vizurna marka (mjerno područje do 60 m (sl. 13), odnosno pomoćna baza (mjerno područje 60 — 180 m). Tačnost mjerenja dužine je u tom slučaju, prema podacima tvornice,  $\pm 0,06\%$  (relativna pogreška mjerene dužine).

Kod očitavanja horizontalnih i vertikalnih kuteva može se kod ovog tahimetra procjenjivati 1'.

Optičke metode pružaju nam različite mogućnosti za mjerenja. Neke metode su poznate i afirmirane, a neke manje primijenjene i neistražene.

U ovom osvrtu prikazana je cjelovitije manje poznata metoda, kod koje je primijenjena leća kao mjerni element. Vidimo, kako i ova metoda može imati vrlo raznovrsnu i korisnu praktičnu primjenu.