

Ing Zvonimir Narobe — Zagreb

NOVI KERNOV AUTOREDUKCIONI DALJINOMJER SA VERTIKALNOM LETVOM DK — R V¹⁾

Dok u pogledu točnosti daljinomjeri sa horizontalnom letvom imaju prednost, daljinomjeri sa vertikalnom letvom kod rada su praktičniji i brži. To naročito vrijedi za zemljište sa jakom vegetacijom, gdje vertikalna letva u odnosu na horizontalnu ima mnogostruke prednosti.

Razvoj autoredukcionih daljinomjera sa vertikalnom letvom u poslijeratnom periodu, uz poboljšanje optike instrumenata, u prvom redu sveo se na usavršavanje autoredukcionih uređaja.

Poznati daljinomjeri odnosno tahimetri sa diagramom Dahlta—Zeiss, DKR—Kern,²⁾ RDS—Wild³⁾ i drugi, zbog procjenjivanja centimetarskog polja daju dosta ograničenu točnost, koja se približava točnosti koja se postiže sa Reichenbachovim daljinomjerom. Svakako, da se teško može očekivati neka nova konstrukcija daljinomjera sa vertikalnom letvom, koji bi se po točnosti mogao uporediti na pr. sa daljinomjerom sa dvostrukim slikama i horizontalnom letvom. Razlog je poznato štetno djelovanje refrakcije u vertikalnom smislu, greške u letvi i njenom položaju. Radi toga konstruktori nisu prelazili na tipove instrumenata, kod kojih bi se na vertikalnoj letvi omogućilo preciznije očitavanje. Točnost očitavanja na vertikalnoj letvi u ovisnosti je od točnosti procjene milimetara na letvi, koja se vjerojatno kreće u granicama 0,20—0,30% dužine vizure, a u sasama optimalnim prilikama 0,10%.

Međutim, došlo se do uvjerenja da je unatoč nepovoljnih uslova ipak moguće poboljšati točnost mjerenja, koristeći vertikalnu letvu. Praksi je bio potreban jedan takav tip instrumenta

¹⁾ Doppelkreis Reduktions — Tachymeter mit vertikaler Latte

²⁾ Reduktions — Tachymeter — Theodolit

³⁾ Distanzmesser mit senkrechter Latte

koji bi se mogao korisno upotrebiti za mnoge slučajeve kod geodetskih mjerenja.

Svicarska tvornica geodetskih instrumenata Kern konstruirala je zato novi tip redukcionog tahimetra s vertikalnom letvom DK—RV, kojim se prema navodima firme postiže točnost čitanja na letvi od ± 3 do ± 5 cm na 100 metara. Vanjski izgled instrumenta vidljiv je iz slike 1.

Prikaz daljinomjernog uređaja

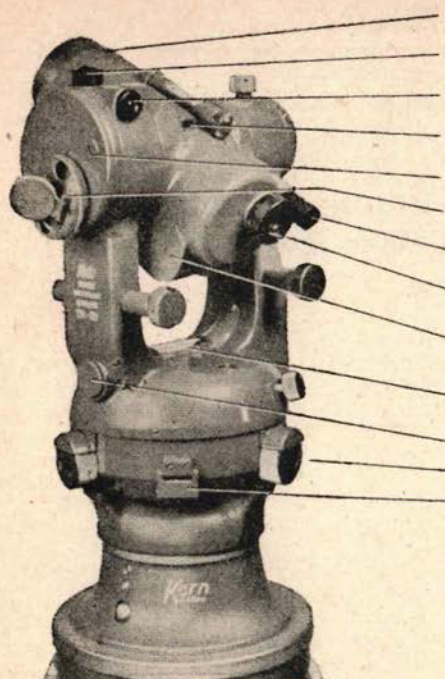
Princip, kojim se dobivaju reducirane dužine kod ovog instrumenta, razlikuje se od dosada poznatih načina. Dvije Reichenbachove niti F_1 i F_2 nanešene su na dvije odvojene staklene pločice, od kojih je jedna (S_1) čvrsta a druga (S_2) pomična. Niti su nanešene na plohama koje su okrenute jedna prema drugoj. Zbog toga je preostala paralaksa između niti malena i pri mjerenju se ne primjećuje. Na sl. 2 šematski je prikazan mehanizam, koji prema nagibu durbina pokreće pločicu S_2 , da bi promjenjivi razmak niti bio uvijek takav da očitavanje na letvi daje direktno horizontalnu dužinu. Nit F_2 nanešena je koso, pod nagibom

$$tgV = \frac{i}{l}$$

(slike 2b i 3a). Pripadajuća letva osim vertikalne podjele, ima i horizontalnu podjelu pa nije potrebno ocjenjivati položaj niti u intervalu i na vertikalnoj podjeli. Pomicanjem vertikalne niti lijevo-desno, kosa se nit dovede na okruglo čitanje vertikalne podjele, a fino čitanje vrši se na horizontalnoj podjeli.

Različiti razmak niti F_1 i F_2 ima za posljedicu promjenljivost paralaktičnog kuta ε (sl. 4). Kod svakog nagiba durbina α , ako se radi o jednakoj horizontalnoj udaljenosti, otsječak L na letvi treba biti isti:

$$L_0 = L_{\alpha} \text{ odnosno } D = K L_0 = K L_{\alpha}$$



- Uređaj za klinove
- Dugme za prizmu visinske libele
- Lupa za opažanje visinske libele
- Kolimator za nišanje
- Poklopac vijaka za rektifikaciju visinske libele
- Zrcalo za osvjetljenje krugova i visinske libele
- Okular mikroskopa
- Okular durbina
- Kućište uređaja za redukciju
- Alhidadna libela
- Poklopac korekcionih vijaka alhidadne libele
- Podnožni vijak sa indeksom srednjeg položaja
- Uređaj za pokretanje limba

Sl. 1

Kod horizontalnog durbina ($\alpha = 0$):

$$L_0 = D \operatorname{tg} \varepsilon_0 \quad (1)$$

a sa (1) vrijednost multiplikacione konstante,

$$K = \frac{1}{\operatorname{tge}_0} \quad (2)$$

Za bilo koji nagib durbina $\alpha \neq 0$, prema slici 4 :

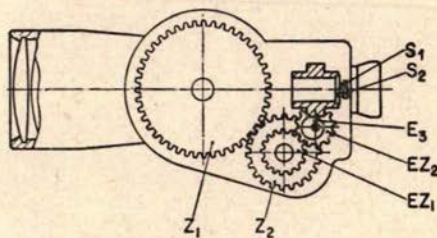
$$\begin{aligned} L\alpha &= D \operatorname{tg} (\alpha + \varepsilon_\alpha) - \operatorname{tga} = \\ &= D \frac{\operatorname{tge}_\alpha}{\cos^2 \alpha - \operatorname{tge}_\alpha \operatorname{sina} \operatorname{cosa}} \end{aligned}$$

a uzevši u obzir (1) i (2) :

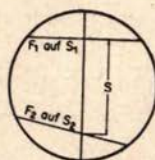
$$\begin{aligned} \operatorname{tge}_0 \cos^2 \alpha - \operatorname{tge}_0 \operatorname{tge}_\alpha \operatorname{sina} \operatorname{cosa} &= \operatorname{tge}_\alpha \\ \operatorname{tge}_\alpha &= \frac{\cos^2 \mu}{K + \frac{1}{2} \sin 2\alpha} \quad (3) \end{aligned}$$

Ovo je oblik funkcije po kojoj se treba mijenjati paralaktični kut ξ u ovisnosti od nagiba vizure, da bi očitanjem ostsječka na letvi dobili reduciranu dužinu.

Mehaničko rješenje vidljivo je iz slike 2. Pomoću zupčanika Z_1 , Z_2 , i ekscentričnih zupčanika EZ_1 , EZ_2 , nagib



Sl. 2 a

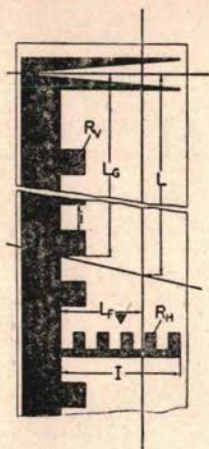


Sl. 2 b

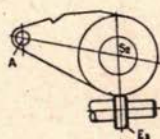
durbina prenosi se na ekscentar E_3 koji pomiče pločicu S_2 sa kosom niti.

Uređaj je dakle vrlo jednostavan. Daljnjim izvodima izlazi, da se zahtje-

gib kose niti F_2 mora biti promjenjiv. Ako nagib kose niti kod $\alpha = 0$ označimo sa v_0 , i uzevši u obzir prema slici



Sl. 3 a



Sl. 3 b

vu (3) udovoljava onda ako je veličina ekscentriciteta ploče E_3

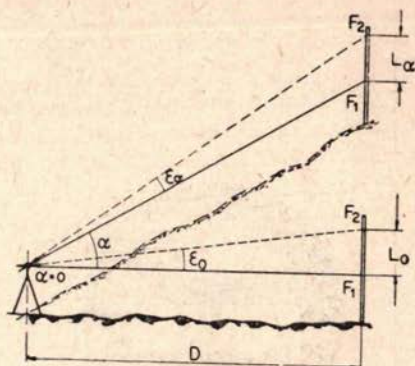
$$E = \frac{f}{2K}$$

gdje je f žarišna daljina durbina. Odnos ekscentriciteta i radiusa za oba ekscentrična zupčanika EZ_1 i EZ_2 treba biti:

$$\frac{e}{r} = \frac{1}{4K}$$

Ovakovo rješenje mehanizma u teoretskom pogledu nije sasvim strogo, ali su tako nastale pogreške daleko unutar točnosti mjerenja.

Kod nagiba vizure α , odnos intervala i prema intervalu I ne ostaje konstantan. Prividna visina vertikalnog intervala i skraćuje se sa cosinusom vertikalnog kuta α , dok je interval I nezavisan od vertikalnog kuta. Dakle i na-



Sl. 4

4 da je visinski kut kose niti jednak $(\alpha + \epsilon_x)$, dobiva se za nagib kose niti:

$$tgV = tgV_0 \cos(\alpha + \epsilon_x)$$

Mehaničko rješenje je u tome, da se pločica S_2 pomiče posretstvom ekscentra E_3 tako, da se vrti oko jedne osovine A (vidi sl. 3b). Ovo rješenje isto tako nije teoretski strogo. Veličina radiusa vrtnje pločice S_2 :

$$R = 1,7917 \operatorname{ctg} V_0 \frac{f}{K}$$

dobivena je tako, da pogreške očitavanja na letvi (koje nastaju odstupanjem od strogog rješenja) zadovolje uvijek minimuma u području nagiba durbina od $\pm 45^\circ$. Ove pogreške nisu ovisne o dužini strane koja se mjeri. Maksimalne su kad se vertikalna nit nalazi na desnom kraju horizontalne podjele. Veličina ovih maksimalnih pogrešaka obzirom na nagib durbina vidi se iz ove tablice:

Nagib durbina	-45°	-40°	-30°	-20°	-10°	0_0	$+10^\circ$	$+20^\circ$	$+30^\circ$	$+40^\circ$	$+45^\circ$
Max. pogreška u cm	-1,4	+0,4	+1,5	+1,2	0	0	+0,5	+0,1	+0,1	-1,2	-3,0

Za sve nagibe durbina od $+40^\circ$ do -40° ove pogreške kako se vidi ne prelaze $\pm 1,5$ cm, što ostaje unutar pogrešaka koje nastaju zbog raznih vanjskih uzroka.

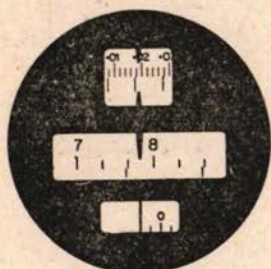
Ostali podaci o instrumentu

Horizontiranje je kao kod većine Kernovih instrumenata podijeljeno na grubo (pomoću glave stativa) i fino.

Podnožni vijci imaju horizontalne osovine a građeni su tako da je izbjegnuta mogućnost postranog pomaka instrumenta kod horizontiranja.

Karakteristična Kernova dvostruka podjela krugova omogućava kod ovog instrumenta očitavanje horizontalnog kruga na dva načina:

1. Bez mikrometra, direktnim očitavanjem desetica minuta i ocjenjivanjem jedinica (sl. 5). Stupnjevi se oči-



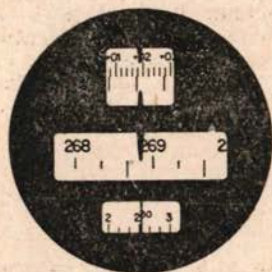
360°

7°
 $49'$
 $7^\circ 49'$

Sl. 5

taju lijevo od indeksa. Broj desetica minuta jednak je cijelim intervalima glavne podjele računajući od numerirane oznake lijevo od indeksa do pomoćne crtice desno od indeksa. Zadnji nepotpuni interval se ocjenjuje i daje jedinice minuta.

2. Sa optičkim mikrometrom direktnim očitavanjem desetica sekundi i procjenjivanjem jedinica (sl. 6). Bubnjem mikrometra koincidiraju se crtice glav-



360°

268°
 $50'$
 $2'' 32''$
 $268^\circ 52' 32''$

Sl. 6

ne i pomoćne podjele. Stupnjevi se čitaju lijevo od indeksa, desetice minuta na pomoćnoj crti desno od indeksa. Na mikrometarskoj skali očitaju se direktno jedinice minuta i desetice sekundi, a ocjenjuju jedinice sekundi.

Umjesto kutne podjele, za očitavanje vertikalnog kruga postoji samo tangensna skala čije je očitavanje slično kao kod 1. (očitanje Tg-skale na slici 6 jeste $+0,0187$).

U instrumentu može biti ugrađen krug sa seksagezimalnom ili centezimalnom podjelom.

Nišani za grubo viziranje, zamijenjeni su malim kolimatorom. Nešto slično, vidjeli smo već kod sekundnog teodolita Theo — 010 istočnonjemačke firme Zeiss.

Dosada uobičajeni paralaktični kut kod horizontalnog durbina $34' 22'',6$ povećan je kod ovog instrumenta na $42' 58'',2$. Da bi multiplikaciona konstanta ostala 100, vrijednost intervala vertikalne podjele na letvi jeste $i = 1,25 \text{ cm}$.

Ostali važniji tehnički podaci za DK — RV jesu:

Povećanje durbina	27 ×
Otvor objektiva	45 mm
Najmanja daljina viziranja	1,8 m
Max. dužina za pripadajuću letvu	150 m
Adiciona konstanta	0
Točnost libela na alhidadi, vert. krugu, durbinu $30''$ za 2 mm	

Instrumentu mogu biti dodani pribor za osvjetljenje, okularne prizme, cijevna busola i sjenilo.

Pribor uz instrumenat

a) Stativi

Za ovaj instrument izrađuju se dvije vrste stativa.

Jedan je dobro poznati tip Kernovog stativa (Kipptellerstativ) sa kardanski pomičnom pločom na koju dolazi instrument. Pomicanjem ploče postiže se grubo horizontiranje.

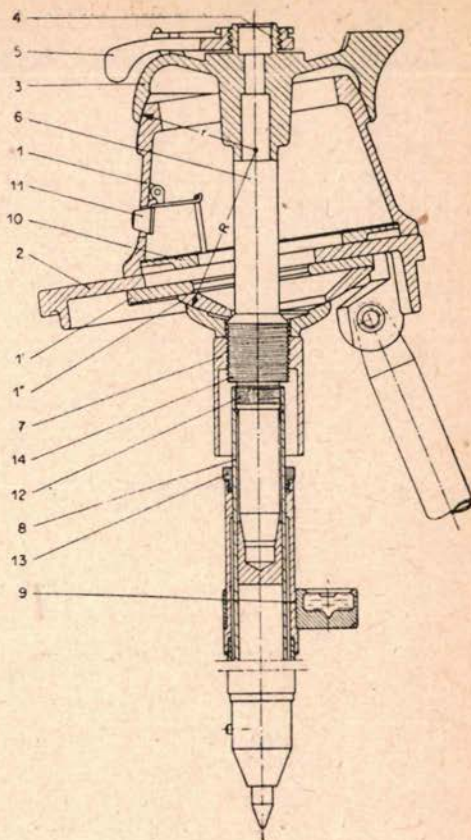
Drugi je manje poznati tip (Zentrierstativ) koji zajedno sa krutim viskom omogućuje istovremeno definitivno centriranje i grubo horizontiranje instrumenta. Slika 7 šematski prikazuje oblik ovog stativa. Ploča (3) na koju dolazi instrument, pomoću štapa (6) vezana je sa krutim viskom (8). Postoji mogućnost okretanja oko dvije kugline zone različitih radiusa (r , R) ali istog centra. Osim toga, glava stativa (1, 1',

1") može se pomicati po ploči stativa (2). Ovo pomicanje i okretanja mogući su samo ako je vijak (7) otpušten. Kod zategnutog vijka pričvršćeni su zajedno ploča (3), glava stativa (1, 1', 1") i ploča stativa (2) tako da čine jednu cjelinu. Poluga (5) u vezi sa bajunetnim zaporom služi za pričvršćivanje instrumenta. Na ploči (2) krugom je označen srednji položaj glave stativa. U tom položaju glava stativa pričvršćena je posebnim uređajem (10). Izvan tog položaja, glava stativa može se pomaknuti jedino uz pritisak na dugme (11). Kruti visak može se na mjestu (14) izvijanjem odvojiti od stativa.

Postavljanje stativa, vrši se prema tome na slijedeći način: stativ sa glavom u srednjem položaju, grubo se postavi iznad centra točke. Vrh krutog viska stavi se na centar. Pomicanjem nogu stativa, uvlačenjem ili izvlačenjem te utjerivanjem u zemlju, postigne se da dozna libela na krutom visku grubo vrhuni. Uz pritisak na dugme (11) pomakne se glava stativa iz srednjeg položaja i pomiče se po ploči (2) tako da dozna libela točno vrhuni. U takvom položaju pričvrsti se vijak (7) čime je postignuto centriranje i grubo horizontiranje. Na krutom visku može se pročitati visina instrumenta.

b) Letva

Vertikalna letva sa podjelom pričvršćena je na metalnoj cijevi, po kojoj se može pomicati gore-dolje. Zbog stabilnog i mirnog držanja posjeduje dva podupirača, koji se mogu zabiti u zemlju i imaju mogućnost produženja, slično kao kod poznate Redtine letve. Nulto mjesto na letvi (reper) izvedeno je u obliku klina. Na razmacima koji odgovaraju daljinama od po 10 metara, postoje horizontalne podjele. Da bi se omogućilo točnije namještanje kose niti, nanešene su na crnoj podlozi bijele kružne marke u razmacima od 1,25 cm. Idući prema većem podjeljenju na letvi, ove kružne marke imaju sve veći radius. Povećanje radiusa izvedeno je u takvoj progresiji, da njihova prividna veličina, u odnosu na debljinu kose niti instrumenta, ostaje jednaka bez obzira na daljinu između instrumenta i letve. Nešto slično, primjenjeno je kod t. zv. logaritamske letve firme Zeiss-Jena. Time je omogućeno jednako točno namještanje kose niti kod svih daljina.



Sl. 7

Mjerenje dužina

Već iz dosadašnjeg prikaza može se zaključiti o načinu mjerenja dužina kod instrumenta **DK — RV**. Pošto se durbin usmjeri prema letvi, vijkom za fino pomicanje durbinu oko horizontalne osi postavlja se horizontalna nit na reper letve. Vijkom za fino pomicanje alhidade namješta se kosa nit da siječe onu kružnu marku na letvi, kod koje vertikalni konac pogađa horizontalnu podjelu letve. Na vertikalnoj podjeli pročitaju se cijeli metri, na horizontalnoj podjeli cijeli decimetri, a centimetri se ocijene. Zbog dobivanja ispravnih reduciranih dužina, potrebno je da za vrijeme očitavanja, vrhuni libela vertikalnog kruga. To naročito vrijedi za strme vizure.

Iz samog prikaza instrumenta vidljivo je da se dužine mogu mjeriti samo u I. položaju durbina.

Razumljivo je, da se reducirana du-

žina dobiva bez obzira na visinu repera letve. Postavljanje repera na visinu instrumenta, ima prednost jedino kod mjerenja visinskih razlika.

Indeks za 50 cm

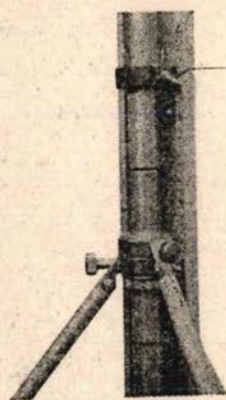
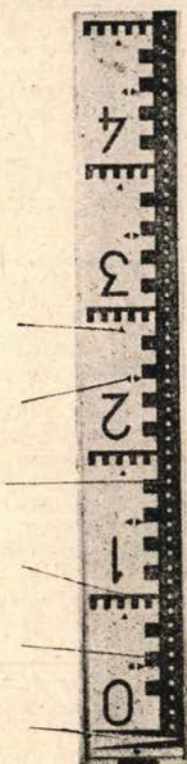
Indeks za 5 m i vizurno mjesto kod mjerenja kuteva

Kružne marke za postavljanje kose niti

Horizontalna podjela za direktno očitavanje dm i procjenu cm

Vertikalna podjela za očitavanje metara; interval 1,25 cm

O-klin za namještanje horizontalne niti



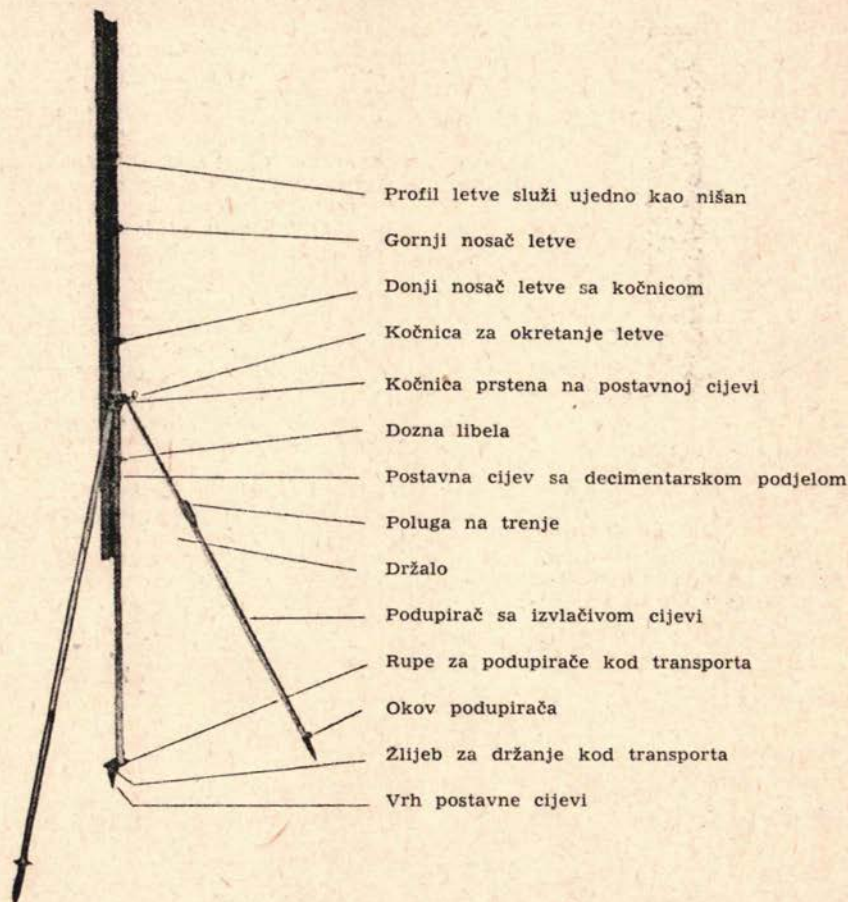
Skala i indeks za namještanje O-klina na visinu instrumenta

Sl. 3

Zaključak

Osim kod poligoniranja i precizne tahimetrije, ovaj instrument mogao bi prema svojim mogućnostima očitavanja horizontalnog kruga, poslužiti i za triangulaciju nižih redova, a uz bazisnu letvu i pribor za prisilno centriranje

diagram-tahimetar, imao bi već i takav instrument kod kojeg bi postojale dvije horizontalne niti promjenjivog razmaka, dakle bez mogućnosti finijeg očitavanja. Ova je ideja poznata već dosta dugo. Međutim, mehanizam za upravljanje mora biti ovdje izveden sa vrlo visokom točnošću. To je glavni



Sl. 9

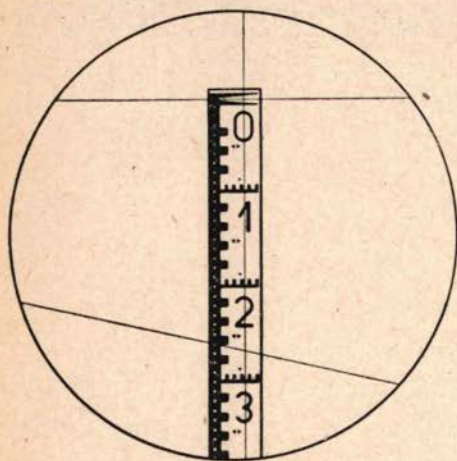
isto tako kod poligoniranja povećane točnosti.

Najinteresantnije kod instrumenta **DK — RV** svakako je riješenje dobivanja reduciranih dužina. Već se je i prije uočavala težnja konstruktora da diagramske krivulje radi točnijeg očitavanja imaju što manju zakrivljenost. Kao primjer može se navesti Wildov instrument **RDS**. Prednost u odnosu na

razlog da je ovakav instrument proizveden tek u najnovije vrijeme.

Letva sa podupiračima, mogućnost točnijeg namještanja niti na letvi, direktno očitavanje decimetara sa procjenom centimetara, povećani paralaktični kut durbina, sve su to elementi koji nesumnjivo govore o mnogo točnijem autoredukcijom daljinomjeru sa vertikalnom letvom, od do sada pozna-

tih. Međutim, ovo ima smisla jedino onda, ako je već spomenuti uticaj refrakcije takova veličina, koja dozvoljava da svi nabrojani pozitivni elementi dođu do svog izražaja.



$$\frac{26 \text{ m}}{26,63 \text{ m}} = \frac{63 \text{ cm}}{26,63 \text{ m}}$$

Sl. 10

Obraslo ili golo zemljište, sunčano ili oblačno vrijeme, visoke ili niske temperature i t. d., sve to utiče na veličinu refrakcije, dakle i na točnost mje-

renja. Taj uticaj smanjujemo nastojanjem da vizura ne prolazi blizu terena, što se postiže podizanjem repera letve od zemlje.

Već iz opisa, naziru se poteškoće koje nastaju kod loših uvjeta za opservaciju (na pr. kod nepravilnog titranja zraka) gdje sa različitim vijcima instrumenta treba voditi računa o namještanju jedne i druge niti, na reper odnosno kružnu marku.

Reklamirana točnost od ± 3 do ± 5 cm na 100 metara vjerojatno je da će se moći postići samo kod dobrih prilika za opažanje. Nažalost, do sada još nismo imali prilike i kod nas isprobati kvalitete ovog instrumenta, a vrlo je teško govoriti o nekom novom instrumentu i njegovoj točnosti, ako se ti podaci uzimaju iz tvorničkih prospektata.

Literatura:

1. Provisorische Gebrauchsanleitung für Doppelkreis Reduktions-Tachymeter mit vertikaler Latte DK—RV
2. Gebrauchsanweisung für Doppelkreis Reduktions-Tachymeter mit horizontaler Latte DK—RT (Das Zentrierstativ)
3. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie Nr. 5, 6, 7; — Dipl. Ing. R. Conzett: Ein neuer selbstreduzierender Kern-Tachymeter mit senkrechter Latte.