sa a_1, a_2 i a_3, pa se može postaviti

$$\frac{a_1}{a_2}\cdot\frac{a_2}{a_3}\cdot\frac{a_3}{a_1}=1. \tag{54}$$

Udaljenosti a_1, a_2 i a_3 mogu se prikazati izrazima

$$a_1=\frac{z_1}{\sin\alpha_1}=\frac{z_3}{\sin\alpha_2}, \tag{54a}$$

$$a_2=\frac{z_1}{\sin\alpha_4}=\frac{z_2}{\sin\alpha_3}, \tag{54b}$$

$$a_3=\frac{z_2}{\sin\alpha_6}=\frac{z_3}{\sin\alpha_5}, \tag{54c}$$

pa se nakon uvrštenja u (54) dobiva

$$\frac{\sin\alpha_1\cdot\sin\alpha_3\cdot\sin\alpha_5}{\sin\alpha_2\cdot\sin\alpha_4\cdot\sin\alpha_6}=1. \tag{55}$$

To se naziva sinusnim uvjetom. Da bi se dobio pogodniji oblik, promatra se logaritam sinusnog uvjeta, pa se pripadna nesuglasica određuje iz izraza

$$\begin{aligned} w_5 = {} & \lg\sin\alpha_1+\lg\sin\alpha_3+\lg\sin\alpha_5-\lg\sin\alpha_2- \\ & -\lg\sin\alpha_4-\lg\sin\alpha_6=0{,}0000395. \end{aligned} \tag{56}$$

Na temelju izraza (53) i (56) mogu se postaviti sljedeće uvjetne jednadžbe

$$\alpha_1+\alpha_4+\alpha_7-180°=w_1, \tag{57a}$$

$$\alpha_2+\alpha_5+\alpha_9-180°=w_2, \tag{57b}$$

$$\alpha_3+\alpha_6+\alpha_8-180°=w_3, \tag{57c}$$

$$\alpha_7+\alpha_8+\alpha_9-360°=w_4, \tag{57d}$$

$$\begin{aligned} & \lg\sin\alpha_1+\lg\sin\alpha_3+\lg\sin\alpha_5-\lg\sin\alpha_2-\lg\sin\alpha_4- \\ & -\lg\sin\alpha_6+w_5=0. \end{aligned} \tag{57e}$$

One su formirane prema (45), a radi pojednostavnjenja izostavljene su pogreške $v_1, v_2, \ldots, v_9$. Razvojem u Taylorov red (46) i nakon deriviranja dobiva se

$$v_1+v_4+v_7-4{,}96=0, \tag{58a}$$

$$v_3+v_6+v_8-1{,}91=0, \tag{58b}$$

$$v_2+v_5+v_9+6{,}83=0, \tag{58c}$$

$$v_7+v_8+v_9=0, \tag{58d}$$

$$\begin{aligned} & 0{,}658v_1-0{,}344v_2+0{,}140v_3-0{,}905v_4+0{,}629v_5- \\ & -0{,}227v_6+3{,}950=0. \end{aligned} \tag{58e}$$

U jednadžbi (58e) koeficijenti su prema izrazu

$$d_k=\frac{0{,}43429}{\varrho''}\cot\alpha_k, \tag{59}$$

jer je

$$\frac{\mathrm{d}(\ln\sin\alpha_k)}{\mathrm{d}\alpha_k}=\cot\alpha_k. \tag{60}$$

U izrazu (59) faktor 0,43429 služi za preračunavanje prirodnih u dekadske logaritme, a ϱ'' je broj sekunda jednog radijana, jer su nesuglasice izražene sekundama. Osim toga, da bi se pojednostavnilo računanje, jednadžba (58e) pomnožena je sa 10^5.

Da bi se odredili koeficijenti uz Lagrangeove multiplikatore u jednadžbama (52), pogodno je koeficijente uz tražene pogreške u jednadžbama (58) napisati u obliku

$$\begin{array}{r l} & \begin{array}{ccccccccc} k=1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{array} \\ \begin{array}{r} i=1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{array} & \left[\begin{array}{ccccccccc} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0{,}658 & -0{,}344 & 0{,}140 & -0{,}905 & 0{,}629 & -0{,}227 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right] \end{array} \tag{61}$$

Svaki od elemenata u (61) predstavlja koeficijent a_{ik}, pa je jednostavno odrediti sume umnožaka koeficijenata koje dolaze u izrazima (52). Tako, npr., Σa_{1k}^2 nije ništa drugo nego zbroj kvadrata elemenata prvog retka matrice (61), dok je $\Sigma a_{1k}a_{2k}$ zbroj umnožaka elemenata u prvom i drugom retku, dakako u istom stupcu itd. Tako se dolazi do sustava jednadžbi (52):

$$3\lambda_1+\lambda_4-0{,}247\lambda_5=4{,}96, \tag{62a}$$

$$3\lambda_2+\lambda_4-0{,}087\lambda_5=1{,}91, \tag{62b}$$

$$3\lambda_3+\lambda_4+0{,}285\lambda_5=-6{,}83, \tag{62c}$$

$$\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+3\lambda_4=0, \tag{62d}$$

$$-0{,}247\lambda_1-0{,}087\lambda_2+0{,}285\lambda_3+1{,}837\lambda_5=3{,}95. \tag{62e}$$

Rješenje toga sustava jednadžbi daje:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 1{,}5205, \\ \lambda_2 &= 0{,}5885, \\ \lambda_3 &= -2{,}1279, \\ \lambda_4 &= 0{,}0063, \\ \lambda_5 &= -1{,}5878, \end{aligned}$$

pa se pogreške mogu izračunati iz izraza (51), uzimajući u obzir koeficijente a_{ik} iz matrice (61). Pogreške, dakle, iznose

$$\begin{aligned} v_1 &= 1{,}5205-1{,}0448=0{,}4758, \\ v_2 &= -2{,}1279+0{,}5462=-1{,}5817, \\ v_3 &= 0{,}5885-0{,}2223=0{,}3662, \\ v_4 &= 1{,}5205+1{,}4370=2{,}9575, \\ v_5 &= -2{,}1279-0{,}9987=-3{,}1266, \\ v_6 &= 0{,}5885+0{,}3604=0{,}9489, \\ v_7 &= 1{,}5205+0{,}0063=1{,}5268, \\ v_8 &= 0{,}5885+0{,}0063=0{,}5948, \\ v_9 &= -2{,}1279+0{,}0063=-2{,}1216. \end{aligned}$$

Prema tome, popravljene vrijednosti kutova iznose

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 17°43'57{,}19''+0{,}48''=17°43'57{,}67'', \\ \alpha_2 &= 31°27'40{,}94''-1{,}58''=31°27'39{,}36'', \\ \alpha_3 &= 56°18'29{,}42''+0{,}37''=56°18'29{,}79'', \\ \alpha_4 &= 13°6'9{,}86''+2{,}96''=13°6'12{,}82'', \\ \alpha_5 &= 18°31'23{,}33''-3{,}13''=18°31'20{,}20'', \\ \alpha_6 &= 42°52'19{,}22''+0{,}95''=42°52'20{,}17'', \\ \alpha_7 &= 149°9'47{,}99''+1{,}53''=149°9'49{,}52'', \\ \alpha_8 &= 80°49'9{,}45''+0{,}59''=80°49'10{,}04'', \\ \alpha_9 &= 130°1'2{,}56''-2{,}12''=130°1'0{,}44''. \end{aligned}$$

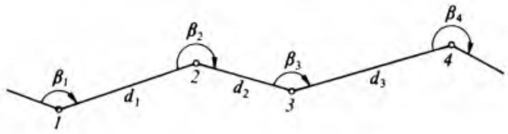
Rezultat proračuna može se kontrolirati prema zbroju kutova u trokutima, odnosno prema zbroju kutova koji čine puni kut.

LIT.: *F. R. Helmert*, Die Ausgleichungsrechnung. Teubner Verlag, Leipzig-Berlin ^{2}1924. — *N. Čubranić*, Račun izjednačenja. Tehnička knjiga, Zagreb 1958. — *V. Vranić*, Vjerojatnost i statistika. Tehnička knjiga, Zagreb 1958. — *Jordan-Eggert-Kneissl*, Handbuch der Vermessungskunde, I. Teil. Metzler Verlag, Stuttgart ^{10}1961. — *A. Muminagić, V. Jovanović*, Račun izravnanja. Građevinski fakultet, Beograd 1965. — *H. Wolf*, Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Dümmlers Verlag, Bonn 1968. — *W. Grossmann*, Grundzüge der Ausgleichungsrechnung. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg ^{2}1969. — *H. Wolf*, Ausgleichungsrechnung, Formeln zur praktischen Anwendung. Dümmlers Verlag, Bonn 1975. — *N. Čubranić*, Viša geodezija I. Liber, Zagreb ^{3}1980. — *N. Čubranić*, Teorija pogrešaka s računom izjednačenja. Liber, Zagreb ^{2}1980.

N. Čubranić

POLIGONOMETRIJA, geodetska osnova za premjeravanje zemljišta i iskolčenje građevina koja se osniva na mjerenju duljina u poligonu i kutova među stranicama poligona. *Poligon* je niz dužina spojenih u lomnim točkama (v. *Planimetrija*). Lomne točke su poligonske točke, a dužine su poligonske stranice. Poligon je potpuno definiran ako se poznaju koordinate lomnih točaka. Koordinate se određuju na osnovi poznatih duljina poligonskih stranica d i poznatih prijelomnih kutova među njima β (sl. 1).

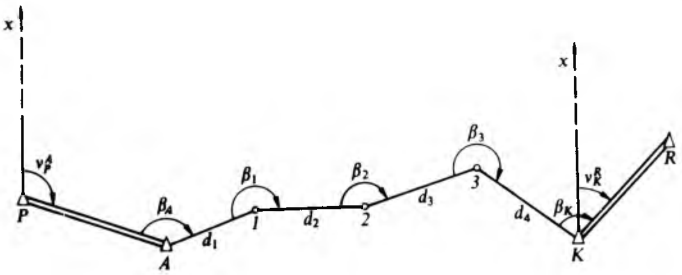
Niz poligonskih stranica koje se nastavljaju jedna na drugu nazivaju se *poligonskim vlakom*. Glavni poligonski vlakovi spa-



Sl. 1. Primjer poligona. $1 \cdots 4$ poligonske točke, $d_1 \cdots d_3$ poligonske stranice, $\beta_1 \cdots \beta_4$ prijelomni kutovi

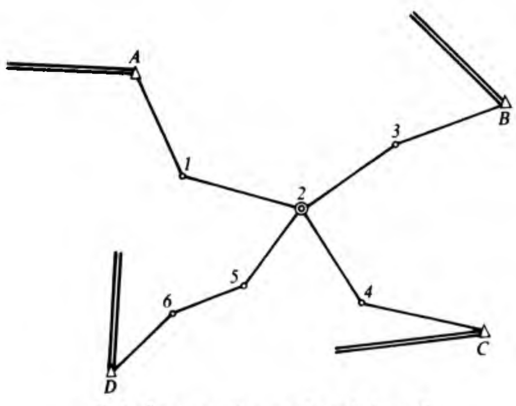
jaju *triangulacijske točke* (sl. 2), a sporedni vlakovi spajaju *poligonske točke*. Poligonski vlakovi postavljaju se na terenu da bi se dobila geodetska osnova za snimanje oblika terena ili za iskolčenje.

Na sl. 2 vidi se poligonski vlak priključen na triangulacijske točke A i K, koje su krajnje točke poligona. Triangulacijske su točke P i R orijentacijske točke. Orijentacija poligonskog vlaka između točaka A i K određena je smjernim (orijentacijskim) kutovima stranica između točaka P i A, odnosno točaka K i R. Smjerni kut v jest kut što ga stranica zatvara s pozitivnim smjerom koordinatne osi x (sl. 2).

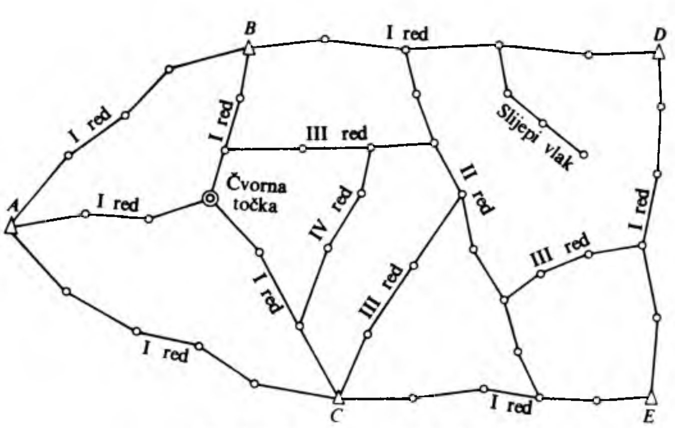


Sl. 2. Glavni poligonski vlak između triangulacijskih točaka A i K

S obzirom na priključak poligonski vlak može biti priključen na početku i na kraju, ili samo na početku. Poligonski vlak može na početku biti priključen pomoću koordinata i smjera, a na kraju ili samo pomoću koordinata ili samo pomoću smjera. Kad je poligonski vlak priključen samo na početku, naziva se slijepim vlakom. Priključak na kraju samo pomoću koordinata nastaje kad se ne može izmjeriti vezni kut β_K (sl. 2).



Sl. 3. Čvorna točka u poligonskoj mreži



Sl. 4. Primjer poligonske mreže

U poligonskoj mreži nastaje *čvorna točka* kad se u njoj sastaje više vlakova koji su na početku priključeni pomoću koordinata i smjerova (sl. 3).

Poligonska mreža sastavljena je od poligonskih vlakova koji se svrstavaju u redove (sl. 4). Glavni vlakovi spadaju u vlakove I reda. Vlakovi II reda jesu oni koji su priključeni na poligonske točke u vlakovima I reda itd.

Osnovne formule. Za određivanje položaja lomnih točaka u poligonskom vlaku koji je priključen na zadane triangulacijske točke potrebno je izmjeriti sve poligonske kutove β i odrediti smjerne kutove u početnoj i završnoj triangulacijskoj točki.

Smjerni kut od točke N prema točki $N+1$ određen je izrazom

$$\tan v_N^{N+1} = \frac{y_{N+1} - y_N}{x_{N+1} - x_N}, \tag{1}$$

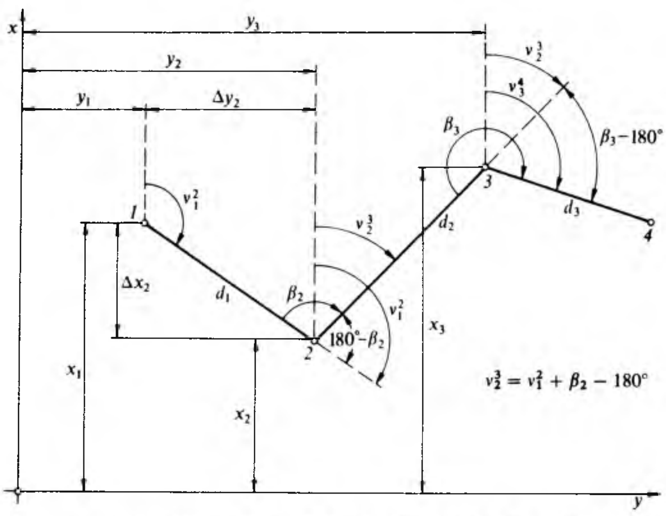
gdje su y_N i y_{N+1} ordinate točaka N i $N+1$, a x_N i x_{N+1} apscise istih točaka. Tako za smjerni kut triangulacijske točke P prema točki A (sl. 2) vrijedi izraz

$$\tan v_P^A = \frac{y_A - y_P}{x_A - x_P}. \tag{2}$$

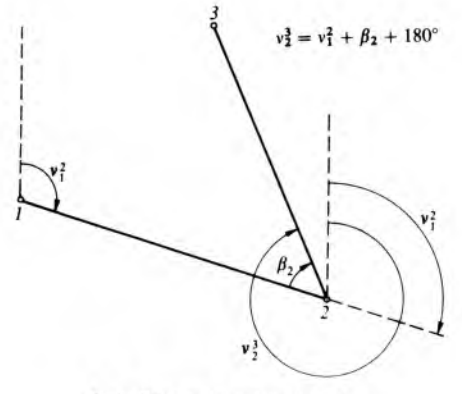
Smjerni kutovi u poligonskom vlaku mogu se odrediti pomoću smjernog kuta prethodne stranice i poligonskog kuta β prema izrazu

$$v_N^{N+1} = v_{N-1}^N + \beta_N \pm 180°. \tag{3}$$

Negativni predznak pred trećim članom izraza (3) dolazi kad je $\beta_N > 180° - v_{N-1}^N$ (sl. 5), a pozitivni kad je $\beta_N < 180° - v_{N-1}^N$ (sl. 6).



Sl. 5. Računanje smjernog kuta i koordinata poligonskih točaka



Sl. 6. Računanje smjernog kuta

Smjerni kut sljedeće stranice dobiva se prema (3) iz izraza

$$\nu_{N+1}^{N+2} = \nu_N^{N+1} + \beta_{N+1} \pm 180^\circ, \tag{4}$$

pa je nakon uvrštenja vrijednosti za ν_N^{N+1} iz (3)

$$\nu_{N+1}^{N+2} = \nu_{N-1}^{N} + (\beta_N \pm 180^\circ) + (\beta_{N+1} \pm 180^\circ). \tag{5}$$

Prema tome, smjerni kut od bilo koje točke $N-1$ prema točki N može se izračunati iz izraza

$$\nu_{N-1}^{N} = \nu_1^2 + \sum_{2}^{N-1} \beta_i \pm n\,180^\circ, \tag{6}$$

gdje je ν_1^2 smjerni kut od točke *1* prema točki *2*.

Da bi se odredile koordinate poligonskih točaka, treba najprije izračunati razlike koordinata dviju susjednih poligonskih točaka iz izraza:

$$\Delta y_N = d_{N-1} \sin \nu_{N-1}^{N}, \tag{7a}$$

$$\Delta x_N = d_{N-1} \cos \nu_{N-1}^{N}, \tag{7b}$$

gdje je d_{N-1} duljina poligonske stranice između točaka $N-1$ i N, pa se koordinate točke N dobivaju pomoću izraza:

$$y_N = y_{N-1} + \Delta y_N, \tag{8a}$$

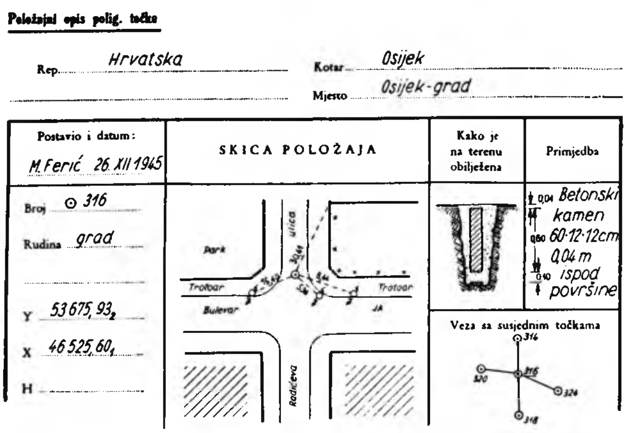
$$x_N = x_{N-1} + \Delta x_N. \tag{8b}$$

Za kontrolu može poslužiti izraz

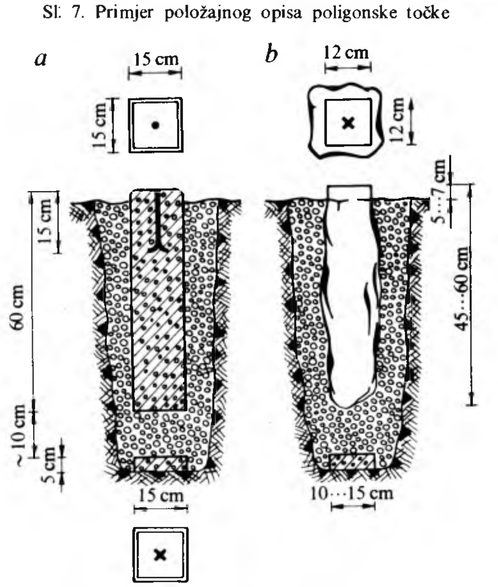
$$y_N = y_1 + \sum_{2}^{N} \Delta y_N, \tag{9a}$$

$$x_N = x_1 + \sum_{2}^{N} \Delta x_N, \tag{9b}$$

gdje je N broj poligonskih točaka.



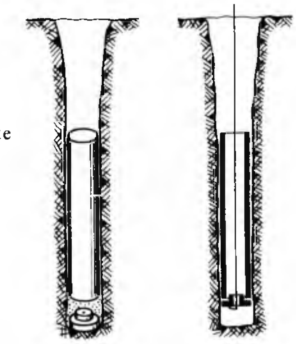
Sl. 7. Primjer položajnog opisa poligonske točke



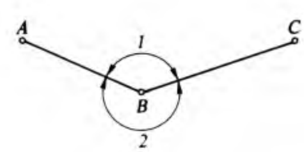
Sl. 8. Stabilizacija poligonske točke betonskim (*a*) i kamenim stupom (*b*)

Postavljanje poligonske mreže. Poligonska se mreža redovno postavlja unutar triangulacijske mreže IV reda, ili se postavlja samostalno kao mreža stalnih točaka za snimanje zemljišta ili iskolčenje građevina. Poligonske točke obilježavaju se brojevima i ucrtavaju se na pregledni plan mjerila 1:10000. Za svaku se točku izrađuje položajni opis na posebnom formularu propisanom od geodetske službe (sl. 7). Poligonske se točke stabiliziraju na mjestima gdje se može očekivati da neće biti uništene. Takve se točke moraju tako postaviti da njihov položaj bude trajno osiguran. Za stabilizaciju poligonskih točaka upotrebljavaju se betonski ili kameni stupovi, cijevi od pečene gline ili željezni klinovi. Stupovi se ukopavaju u zemljište tako da gornji dio stupa ostaje iznad razine tla (sl. 8). Cijevi se potpuno ukopavaju (sl. 9). Uvijek se, međutim, prethodno postavljaju podzemna središta da bi se mogli postaviti novi stupovi ili cijevi ako se unište nadzemne poligonske oznake.

Sl. 9. Stabilizacija poligonske točke pomoću cijevi



Mjerenje kutova. Kutovi u poligonskim vlakovima mjere se teodolitima koji imaju točnost očitanja od 20″. Kutovi se mjere u dva položaja durbina, što se naziva jednim girusom. Ako je instrument manje točnosti očitavanja (npr. 30″ ili 60″), kutove treba mjeriti u dva girusa. U prvom položaju durbina izmjeri se lijevi kut *ABC* (kut *1* na sl. 10), zatim se durbin okrene oko svoje vodoravne osi i izmjeri desni kut *CBA* (kut *2* na sl. 10). U poligonometriji povećane točnosti (npr. u tunelogradnji) kutovi se mjere sekundnim teodolitima s pogreškom očitanja od nekoliko sekunda (v. *Geodetski instrumenti i uređaji*, TE 6, str. 31).



Sl. 10. Mjerenje prijelomnog kuta

Mjerenje duljina. Duljine se mjere neposredno ili posredno. Neposredno mjerenje duljina naziva se i mehaničkim mjerenjem. Za takvo mjerenje upotrebljavaju se čelične vrpce duge 20, 25 i 50 m, a široke 1···2 cm. Na vrpci su centimetri označeni crticama, a decimetri rupicama. Na svakih pola metra nalazi se okrugla mjedena značka, na svakom metru četverokutna pločica, a na krajevima su alke (sl. 11) s oznakama početka i kraja vrpce. Za vrijeme mjerenja drži se početak vrpce na početnoj točki, a na kraju zategnute vrpce obilježi se njezin kraj željeznim klinom zabijenim u tlo. Ako se mjeri po asfaltu ili betonu, kraj se vrpce obilježava kredom ili olovkom. Tako se mjeri

Sl. 11. Vrpce za mjerenje duljina

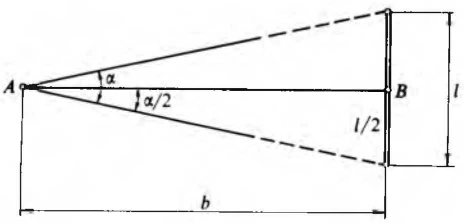
sve dok se može mjeriti cijelom duljinom vrpce. Ostatak duljine do kraja poligonske stranice mjeri se očitanjem duljine na vrpci. Poligonske stranice većih duljina mjere se tzv. poljskim vrpcama dugima 50 m koje se zatežu ručno, dinamometrom ili pomoću posebnog štapa za zatezanje. Za mjerenje kraćih duljina i za iskolčenja upotrebljavaju se vrpce duge 20 i 25 m. Duljine poligonskih stranica mjere se dva puta, tj. u oba smjera.

U preciznoj poligonometriji upotrebljavaju se precizne invarne vrpce duge 24, 48 i 50 m. Vrpce duge 24 i 48 m upotrebljavaju se za mjerenje pomoćnih baza u paralaktičkoj poligonometriji.

Posredno mjerenje duljina zasniva se na poznavanju paralaktičkog kuta α i duljine letve l (sl. 12). Poznajući vrijednosti tih dviju veličina, udaljenost b među točkama A i B može se odrediti iz izraza

$$b = \frac{l}{2}\cot\frac{\alpha}{2}. \qquad (10)$$

Postoje dvije mogućnosti mjerenja upotrebom izraza (10).



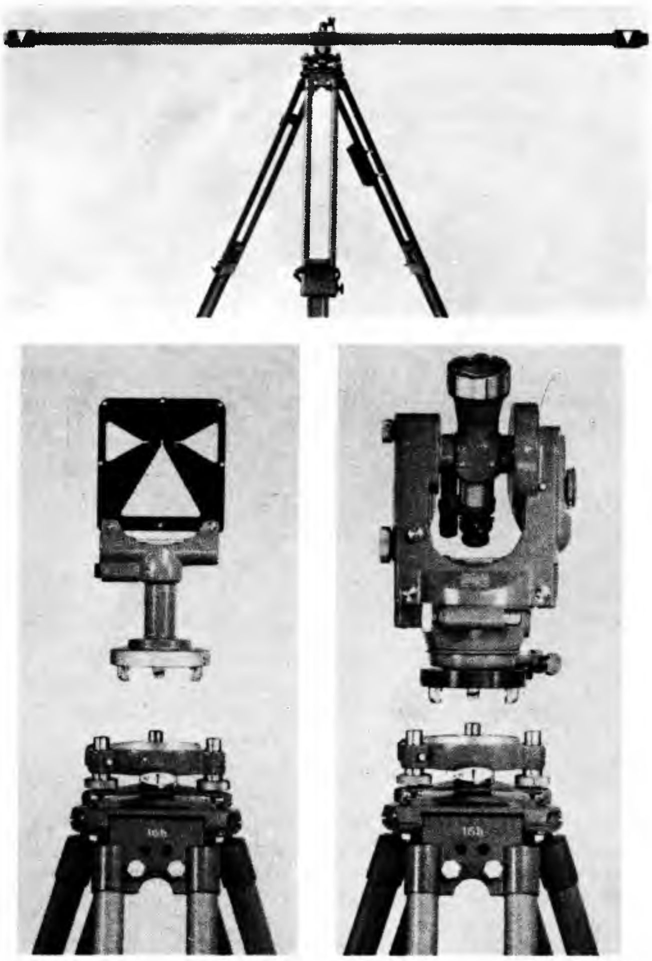
Sl. 12. Posredno mjerenje duljina

Prva je mogućnost da se odsječak l na letvi očitava za neki poznati konstantni kut α. U preciznijih instrumenata, koji rade na tom principu, konstantni paralaktički kut postiže se optičkim klinom, a odsječak l očitava se na horizontalnoj letvi. Daljinomjeri koji rade na tom principu zovu se *tahimetri*, a upotrebljavaju se i za detaljno snimanje zemljišta.

Druga je mogućnost da se duljina letve l drži konstantnom (obično 2 m, sl. 13), a mjeri se paralaktički kut α. To se obično naziva paralaktičkim mjerenjem duljine.

Sl. 13. Wildova bazna letva duljine 2 m

Paralaktičko mjerenje duljina provodi se pomoću posebnog pribora za takva mjerenja (sl. 14). Upotrebom bazne letve duge 2 m pojednostavnjuje se proračun, a postoje i tablice u kojima se nalaze vrijednosti udaljenosti d za različite vrijednosti kutova α. Bazna letva sastoji se od metalne cijevi u kojoj je invarni štap koji na krajevima ima signalne značke što se nalaze izvan cijevi. Takvom izvedbom eliminiran je utjecaj temperature na duljinu bazne letve. Paralaktički kut mjeri se sekundnim teodolitom (npr. preciznim Wildovim teodolitom T3). Za paralaktička mjerenja potrebna je mjernička grupa sastavljena od jednog inženjera i tehničara te tri pomoćna radnika.

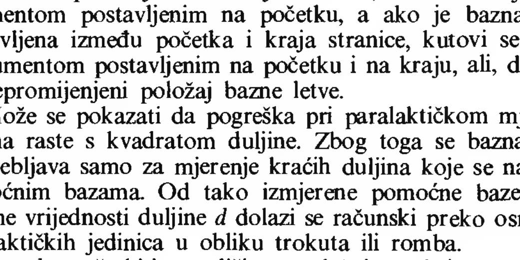


Sl. 14. Poligonalni pribor (konstrukcija Zeiss)

Bazna letva može biti postavljena na kraju stranice kojoj se mjeri duljina ili između početka i kraja stranice. Ako je bazna letva postavljena na kraju stranice, kutovi se mjere instrumentom postavljenim na početku, a ako je bazna letva postavljena između početka i kraja stranice, kutovi se mjere instrumentom postavljenim na početku i na kraju, ali, dakako, uz nepromijenjeni položaj bazne letve.

Može se pokazati da pogreška pri paralaktičkom mjerenju duljina raste s kvadratom duljine. Zbog toga se bazna letva upotrebljava samo za mjerenje kraćih duljina koje se nazivaju pomoćnim bazama. Od tako izmjerene pomoćne baze b do tražene vrijednosti duljine d dolazi se računski preko osnovnih paralaktičkih jedinica u obliku trokuta ili romba.

Baza b može biti u različitom položaju s obzirom na poligonsku stranicu kojoj se traži duljina d. Kad se mjeri poligonska stranica, baza se najčešće postavlja na njenu kraju (sl. 15). Tada je potrebno izmjeriti kutove α_1, α_2 i φ da bi se, poznajući



Sl. 15. Mjerenje duljine pomoćnom bazom

duljinu bazne letve l, odredila duljina d poligonske stranice. Prema oznakama na sl. 15 vrijedi

$$d = b\frac{\sin(\varphi + \alpha_1)}{\sin\alpha_1}, \tag{11}$$

gdje je

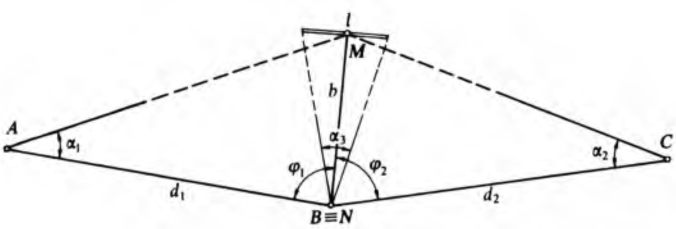
$$b = \frac{l}{2}\cot\frac{\alpha_2}{2}. \tag{12}$$

Ako je pomoćna baza postavljena okomito na poligonsku stranicu, tj. ako je $\varphi = 90°$, bit će

$$d = \frac{l}{2}\cot\alpha_1\cot\frac{\alpha_2}{2}. \tag{13}$$

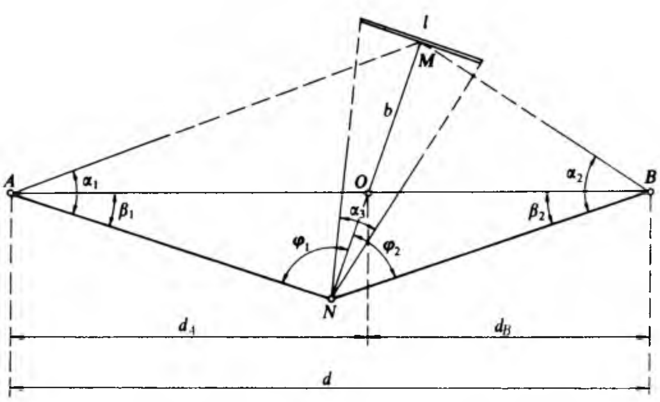
Pomoćna se baza, međutim, samo približno postavlja u okomit položaj prema poligonskoj stranici, pa je zbog toga potrebno uvijek izmjeriti kut φ.

Ista se pomoćna baza redovito iskorištava za mjerenje dviju susjednih poligonskih stranica (sl. 16). Najpovoljnije je pomoćnu bazu postaviti tako da približno raspolavlja manji kut između dviju poligonskih stranica. Obično se kutovi φ_1 i φ_2 mjere odvojeno od paralaktičkog kuta α_3.



Sl. 16. Mjerenje poligonskih stranica paralaktičkom metodom

Kad se mjere veće duljine, pomoćna se baza postavlja između krajnjih točaka poligonske stranice. Ako se položaj baze izabere nasumce (sl. 17), dijelovi d_A i d_B duljine d određuju se mjerenjem kutova α, β i φ. Najpovoljnije je odabrati takav oblik paralaktičke jedinice u kojoj je pomoćna baza postavljena okomito na dužinu kojoj se mjeri duljina i približno u njezinu sredinu (sl. 18).

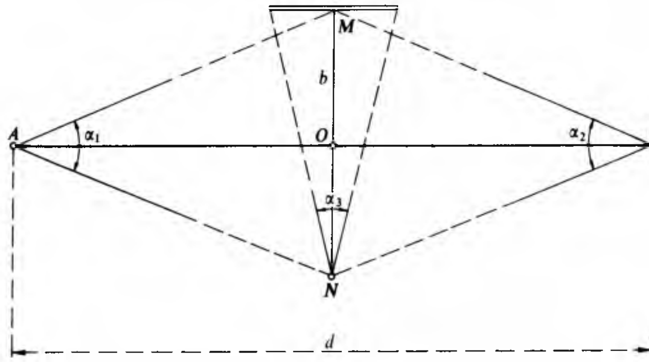


Sl. 17. Nasumce odabrani položaj baze za mjerenje većih duljina

Elektroničke metode mjerenja duljine. Udaljenost dviju točaka može se odrediti mjerenjem vremena koje je potrebno da elektromagnetski val prijeđe put od stajališta do cilja i da se val reflektiran od cilja vrati do stajališta. U tu svrhu služe elektromagnetski valovi duljine ~ 1 m i modulirani svjetlosni valovi. Postižu se vrlo točni rezultati s relativnom pogreškom od $\sim 10^{-5}$.

Precizna poligonometrija. Postavljanje i mjerenje dugih vlakova naziva se preciznom poligonometrijom. Takvi poligonski vlakovi postavljaju se uzduž prometnica, u riječnim dolinama i u šumskim područjima gdje terenske prilike ne dopuštaju primjenu metode triangulacije (v. *Triangulacijska mreža*). Tada treba nastojati da poligonski vlakovi budu ispruženi i da imaju približno jednake stranice. Precizna poligonometrija primjenjuje se također kad je potrebno progustiti triangulacijsku mrežu.

Prije stabilizacije poligonskih točaka izrađuje se pretprojekt poligonske mreže na temelju rekognosciranja terena. Pretprojekt se izrađuje na topografskoj karti u kojoj su ucrtani položaji triangulacijskih točaka.



Sl. 18. Najpovoljniji oblik paralaktičke mjerne jedinice za mjerenje većih duljina

Poligonski vlakovi dugi su nekoliko kilometara sa stranicama od 1 km, ali koje nisu kraće od 300 m. Duljine se mjere paralaktičkom metodom s relativnom pogreškom od $(1 \cdots 3)10^{-5}$. Za mjerenje duljine poligonskih stranica služe pomoćne baze, što se mjere invarnim žicama, koje su postavljene približno u sredini poligonske stranice i okomito na nju. Krajnje točke pomoćne baze obilježene su signalnim značkama koje su postavljene na stativima. Paralaktički kutovi mjere se sekundnim teodolitom u šest girusa. Mjerenje duljine pomoćne baze invarnim žicama veoma je precizan postupak, ali je i skup, jer je potreban slog invarnih žica i više pomoćnih radnika.

Zbog toga se duljine poligonskih stranica u posljednje vrijeme mjere neposredno pomoću elektroničkih daljinomjera. Ako se raspolaže, međutim, daljinomjerom kraćeg dometa, mjerit će se pomoćne baze, pa će se preko paralaktičkih jedinica određivati duljine poligonskih stranica.

LIT.: *M. Janković*, Poligonometrija. Tehnička knjiga, Zagreb 1951. — *M. Janković*, Inženjerska geodezija, I dio. Liber, Zagreb 1982. — *S. Macarol*, Praktična geodezija. Tehnička knjiga, Zagreb 1985.

M. Janković Z. Narobe

POLIMERI, tvari koje se sastoje od makromolekula, pa se nazivaju i makromolekulnim spojevima. Od organskih spojeva u prirodi to su kaučuk i prirodne smole, celuloza, lignin, polisaharidi, škrob, bjelančevine i nukleinske kiseline, tj. tvari koje su glavnina suhe tvari biljnog i životinjskog svijeta. Njihova masa procijenjena je na 10^{20} kg. U neorganskom svijetu to su oksidi silicija i aluminija, dakle osnovne komponente Zemljine kore. Mnoge od tih tvari mineralnog porijekla (npr. tinjac, azbest i glina) imaju veliku uporabnu važnost. Godišnja proizvodnja umjetnih (sintetskih) polimera dosegla je $7{,}8 \cdot 10^{10}$ kg u 1979. godini.

Relativna je molekulna masa polimera od nekoliko tisuća do nekoliko milijuna, ali makromolekula nije naprosto molekula s mnogo atoma (tisuće atoma vezano je u makromolekuli valentnim vezama), nego je to molekula u kojoj je mnogo atoma organizirano tako da čini makromolekulu kao tvorevinu izgrađenu ponavljanjem karakterističnih strukturnih jedinica, tzv. *méra* (tabl. 1). Mera u makromolekuli može biti od nekoliko stotina do nekoliko desetaka tisuća, ali je tipova mera malo, najčešće samo jedan (*homopolimeri*), rjeđe dva ili više (*kopolimeri*). Meri mogu biti nizani samo u jednom lancu (*linearni polimeri*), mogu uz glavni lanac postojati i bočni lanci (*granati polimeri*) ili mogu biti u trodimenzijskoj mreži (*umreženi polimeri*). Nesi-