

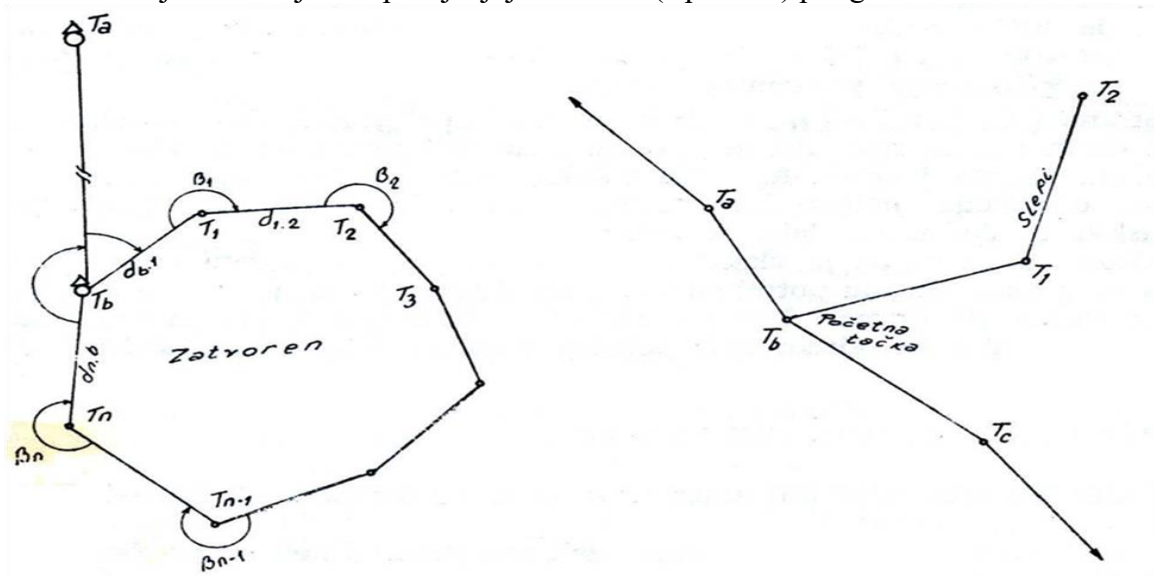
IV Predavanje

Operativni poligon, suština, način razvijanja i određivanja koordinata, primjena kod projektovanja i izgradnje saobraćajnica.

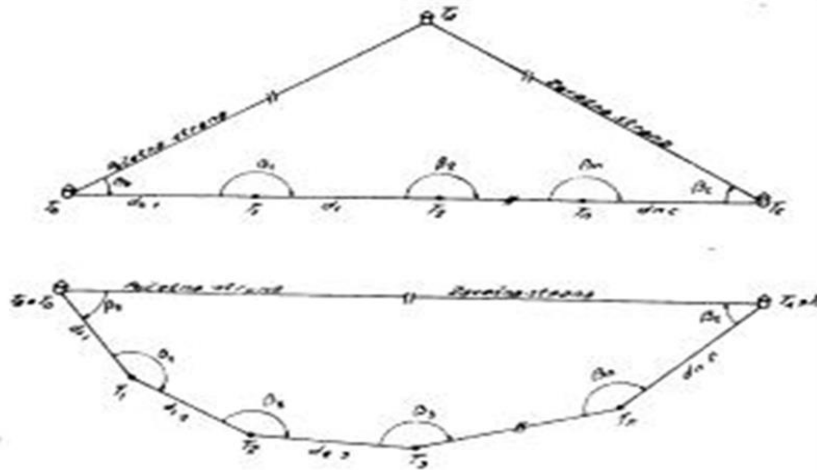
Operativni poligon kod projektovanja i izgradnje saobraćajnica je mreža datih tačaka koja predstavlja osnovu za izradu geodetske podloge a zatim i projekta saobraćajnice. On služi i prilikom izgradnje svih pratećih projekata i izrade elaborata, (elaborat eksproprijacije itd.) i drugih projekata koji se izvode u fazi eksploatacije objekta (projekat izvedenog stanja, projekti oskultacije itd.).

U zavisnosti od toga za koje će se potrebe koristiti operativni poligon može imati različite forme i karakteristike. Najčešća forma operativnog poligona je poligonski vlak i koristi se kod obilježavanja osovine saobraćajnice i praćenja njene izgradnje. Kad se radi o objektima na putu, odnosno mostovima i tunelima, onda je operativni poligon, manja trigonometrijska mreža, koja se zove mikrotriangulacija ili kraće mikromreža. Ako se radi o izgradnji mosta, onda je to mostovska mikro-mreža a ako se radi o tunelu onda je to tunelska mikro-mreža.

Postoje različiti oblici poligonskih vlakova. Na Slici 1 se vide zatvoreni i slijepi poligonski vlak a na Slici 2 umetnuti, opruženi poligonski vlak. Kod saobraćajnica se najčešće primjenjuje otvoreni (ispruženi) poligonski vlak.



Slika 1 Zatvoreni i slijepi poligonski vlak



Slika 2 Opruženi poligonski vlak

Poligonski vlak predstavlja niz tačaka na međusobnom rastojanju od 150 m do 250 m u zavisnosti od konfiguracije terena. Krajnje tačke ovakvog poligonskog vlaka, povezane su sa po dvije date tačke koje su najčešće trigonometrijske tačke na početku i na kraju vlaka. One su određene u državnom koordinatnom sistemu i podatke o njima (koordinate i opis položaja) treba preuzeti iz arhive Uprave za nekretnine Crne Gore, iz zvaničnih evidencija. Ovo je naročito bitno da se ne bi dogodile greške u identifikaciji tačaka. Na Slici 3 se vidi kako izgleda opis jedne trigonometrijske tačke (pasoš trigonometra).

GEOGRAFSKI INSTITUT JNA		Podaci o trigonometrijskoj tački			
(52.11) KOORDINATE		Lisat 1: 50 000 karte međunarodne podjele			
\bar{y} 89 417,812	\bar{x} 4 661 089,661	TITOGRAD 3			
y_e 6 589 408,871	x_e 4 660 623,531	Broj 434 140			
y_s	x_s	Lisat 1: 50 000 karte međunarodne podjele			
y_p	x_p	Bar			
ρ 47 05 03,264	λ 19 04 50,989	državnoj mreži 03			
H 96,930 (57-51)	Apelutats visine odnosi se na:		Narodna Republika: Crna Gora		
Koordinate u susjednoj zoni:		Sres: Bar			
\bar{y} 7 341 235,762	\bar{x} 4 661 840,766	Opština: Novi Bar			
DIREKCIONI UGLOVI (ψ)		Grad, varoš, selo: H. Bar			
na tačkama	+	-	Tačku je postavila ustanova god. 5 GU		
$\Delta 44,53$	127	33	44,9	15	Tačku je obnovila ustanova god. VGI 1959
$\Delta 4$	325	06	22,3	07	DETALJNA SKICA POLOŽAJA TAČKE:
$\Delta 442$	5	18	04,3	19	Potes (avano mjesto): "Volujica"
$\Delta 11$	62	41	27,9	05	510
$\Delta 2$	343	08	23,4	71	564
$\Delta 8$	16	06	27,5	10,8	Bunker od betona
$\Delta 1$	51	46	53,5	30	Stenjak i Bara
$\Delta 44$	18	20	40	10	Stenjak N. Bara
$\Delta 42$	113	41	25	1	šuma
Ostali opisni podaci (skiciranje i signifikacije)		Bunker			
Reper ukopan u steni.		kameni zid			
Prepisao, dopunio i posebnim oznakama:		ukopana u zemlju			
NARODNA OBRANA		Obavljena opis: 1952g.			
SLUŽBENA TAJNA		por. Grad. inž. Tosićki Ratir			
INTERNO		Kontrola sneti podataka izvršio dana: 1959 g.			
Legenda: \triangle = I red \circ = III red		Lisat: _____			
\triangle = II red \square = IV red		Kontrola sneti podataka izvršio dana: 1959 g.			
Prepisao i proverio podatke dana: Argušić 1958 g.		Kontrola sneti podataka izvršio dana: 1959 g.			
Drž. sl. Janković Zora		Kontrola sneti podataka izvršio dana: 1959 g.			
Vol. Sektarka 3. odel. 127		Kontrola sneti podataka izvršio dana: 1959 g.			

Slika 3 Izgled "pasoša trigonometra"

Povezivanje tačaka međusobno i sa trigonometrijskim tačkama izvodi se pomoću mjerenih uglova i dužina. Uglovi se najčešće mjere u 2 girusa sa instrumentom koji ima najmanji podatak 1" a dužine elektromagnetnim daljinomjerom sa najmanjim podatkom 1 mm.

Dužina operativnog poligona će zavisiti od rastojanja između najbližih trigonometrijskih tačaka, koje su obično na udaljenosti od 3 km do 4 km. U zavisnosti od terenskih uslova i dužine objekta, na jednoj dionici saobraćajnice može biti više operativnih poligona.

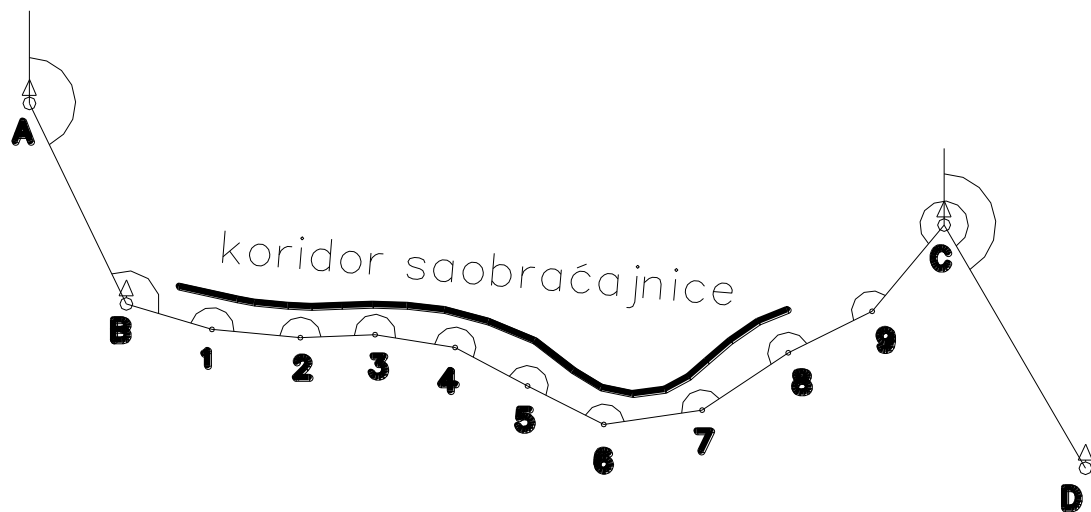
Rastojanje između tačaka operativnog poligona, zavisi od oblika trase saobraćajnice i od konfiguracije terena.

Potrebno je prije svega izvršiti rekognosciranje terena, odnosno odabrati najpovoljnija mjesta za stabilizaciju tačaka budućeg operativnog poligona.

Iako bi se lako moglo zaključiti kako je ovo jedan od najjednostavnijih postupka u toku uspostavljanja geodetskih mreža, on nosi veliku odgovornost kod onog koji ga izvršava. Naime, pravilan odabir mesta za nove tačke osigurava kvalitet i ekonomičnost geodetskih radova, pa i svih budućih geodetskih radova vezanih za izgradnju dotičnog građevinskog objekta.

Ograničavanje dužine poligona na 3-4 km proizilazi iz zahtjeva tačnosti, jer poligon tolike dužine može imati do 15 tačaka i u njemu se može postići tačnost koordinata do 1 cm, što je od velike važnosti kod prenošenja položaja osovine saobraćajnice sa plana na teren.

Na Slici 4 je prikazan oblik operativnog poligona, u odnosu na položaj saobraćajnice i prikazani uglovi na tačkama na kojima se moraju mjeriti.



Slika 4: Operativni poligon

Osnovni uslovi koje treba obezbijediti kod operativnog poligona su:

- Obezbijediti što tačnije mjerenje uglova i dužina između tačaka;
- Obezbijediti zaštićenje od uništenja tačaka;
- Operativni poligon treba imati određeni oblik (prelomni uglovi bliski 180°);

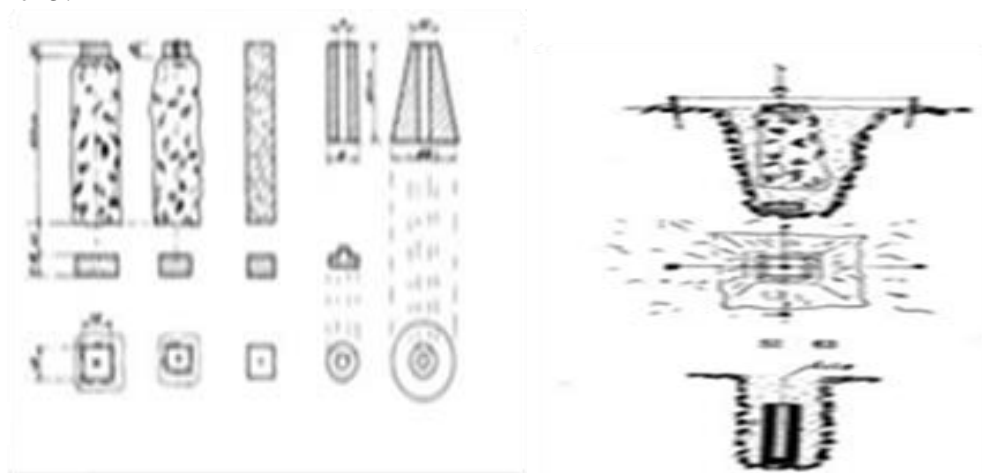
- Dužine stranica operativnog poligona bi trebale biti približno jednake;
- Mogućnosti detaljnog snimanja sa tačaka.

Na Slici 4, tačke A, B, C i D su date trigonometrijske tačke. Ugao kod tačke A je direkcioni ugao, koji se izračunava iz zadatih koordinata po poznatim formulama. Isto tako se računa i završni direkcioni ugao kod tačke C, samo što se u toj tački mjeri i vezni ugao β_C . Vezni ugao se još mjeri i u tački B (β_B) a na ostalim tačkama vlaka mjere se prelomni uglovi, po istoj metodi i sa istom tačnošću kao i vezni uglovi. Vezni uglovi su dobili taj naziv, zbog toga što povezuju trigonometrijsku stranu sa stranama u vlaku a prelomni su uglovi dobili taj naziv da bi se znalo da se radi o uglovima vlaka ali da se odnose na tačke vlaka a ne na trigonometrijske tačke.

Dužine se mjere između tačke B koja se zove prva tačka vlaka i sljedeće tačke operativnog poligona i između poslednje tačke poligona i tačke C koja se zove krajnja tačka poligona kao i sve dužine između susjednih tačaka unutar poligona.

Početna i završna tačka poligona su tačke A i D. Ovdje treba obratiti pažnju na ove termine, oni nijesu slučajno istaknuti, jer je važno za komunikaciju da se zna na koju se tačku odnosi pojam početna tačka poligona, koja je tačka prva tačka poligona, koja je posljednja tačka poligona i koja je završna tačka.

Tačke operativnog poligona najčešće se materijalizuju kao betonski stubić dimenzija 5x5 cm u glavi i dužine 40 cm, koji na sredini gornje površi ima ucrtan krstić ili ugrađenu armaturu najčešće $F=6$ mm. Na terenu ove tačke se stabilizuju, odnosno ukopavaju u zemlju tako da 35 cm ide u zemlju a 5 cm se nalazi iznad zemlje iz razloga da je tačka vidljiva i da se u slučaju nailaska vozila ne uništi ili pomjeri. Tačke operativnog poligona prate trasu, ali su dovoljno odmaknute da ne budu uništene tokom izvođenja građevinskih radova. Pri ovome treba imati u vidu i da će ove tačke služiti za obilježavanje pojedinih elemenata saobraćajnice u različitim fazama njene izgradnje a kasnije eventualno i za osmatranje pomjeranja njenih karakterističnih djelova prilikom eksploatacije. Neki od načina stabilizacije tačaka dati su na Slici 5.



Slika 5 Stabilizacija tačaka operativnog poligona

Koordinate tačaka poligona najlakše se računaju po sljedećoj šemi, koju geodeti zovu 19-i obrazac (Slika 6).

РЕПУБЛИЧКА ГЕОДЕТСКА УПРАВА СР СРБИЈЕ

РАЧУНАЊЕ КООРДИНАТА

1 Број влаке, редни индекс	2 Број тачке T_n	3 Пораци су узети:	4 Преломни и везни углови β_n			5 Дирек- циони углови $\varphi_n = \varphi_{n-1} + \beta_n + 180^\circ$			6 Категорија стране	7 Дужина d_n метара	8 Девет. остатак (log sin φ_n) (log d_n) (log cos φ_n)	9 log $d_n + \log \sin \varphi_n$ log $d_n + \log \cos \varphi_n$	10 $\Delta y'_n = d_n \sin \varphi_n$			11 $\Delta x'_n = d_n \cos \varphi_n$													
			o	'	"	o	'	"					+	D. o.	-	D. o.	+	D. o.	-	D. o.									

n	b	Orijentisani pravci φ	Dy= d.sinf	Dx=dcosf	Y_{i+1}=Y_i+Dy	X_{i+1}=X_i+Dx
A					Y_B	X_B
1		$\varphi_1 = n_A + b_1 \pm 180^\circ$	Dy₁ = d₁ sin φ_1	Dx₁ = d₁ cos φ_1	Y₁ = Y_B + Dy₁	X₁ = X_B + Dx₁
2		$\varphi_2 = \varphi_1 + b_2 \pm 180^\circ$	Dy₂ = d₂ sin φ_2	Dx₂ = d₂ cos φ_2	Y₂ = Y₁ + Dy₂	X₂ = X₁ + Dx₂
3		$\varphi_3 = \varphi_2 + b_3 \pm 180^\circ$	Dy₃ = d₃ sin φ_3	Dx₃ = d₃ cos φ_3	Y₃ = Y₂ + Dy₃	X₃ = X₂ + Dx₃
4		$\varphi_4 = \varphi_3 + b_4 \pm 180^\circ$	Dy₄ = d₄ sin φ_4	Dx₄ = d₄ cos φ_4	Y₄ = Y₃ + Dy₄	X₄ = X₃ + Dx₄
5		$\varphi_5 = \varphi_4 + b_5 \pm 180^\circ$	Dy₅ = d₅ sin φ_5	Dx₅ = d₅ cos φ_5	Y₅ = Y₄ + Dy₅	X₅ = X₄ + Dx₅
6		$\varphi_6 = \varphi_5 + b_6 \pm 180^\circ$	Dy₆ = d₆ sin φ_6	Dx₆ = d₆ cos φ_6	Y₆ = Y₅ + Dy₆	X₆ = X₅ + Dx₆
7		$\varphi_7 = \varphi_6 + b_7 \pm 180^\circ$	Dy₇ = d₇ sin φ_7	Dx₇ = d₇ cos φ_7	Y₇ = Y₆ + Dy₇	X₇ = X₆ + Dx₇
8		$\varphi_8 = \varphi_7 + b_8 \pm 180^\circ$	Dy₈ = d₈ sin φ_8	Dx₈ = d₈ cos φ_8	Y₈ = Y₇ + Dy₈	X₈ = X₇ + Dx₈
9		$\varphi_9 = \varphi_8 + b_9 \pm 180^\circ$	Dy₉ = d₉ sin φ_9	Dx₉ = d₉ cos φ_9	Y₉ = Y₈ + Dy₉	X₉ = X₈ + Dx₉
10		$\varphi_{10} = \varphi_9 + b_{10} \pm 180^\circ$	Dy₁₀ = d₁₀ sin φ_{10}	Dx₁₀ = d₁₀ cos φ_{10}	Y_C = Y₉ + Dy₁₀	X_C = X₉ + Dx₁₀
	11	$n_c^D = f_{10} + b_{11}$	$y_C - y_D = \sum Dy_i$	$x_C - x_D = \sum Dx_i$		
		$n_c^D \pm (n * 180) - n_A + \sum b_i = f_b$	$f_y = y_C - y_D - \sum Dy_i$	$f_x = x_C - x_D - \sum Dx_i$		

Slika 6 Računanje koordinata tačaka operativnog poligona (19-i obrazac)

Uglove, mjerene u operativnom poligonu, možemo kontrolisati preko dozvoljenog odstupanja za f_b .

Ukupno uglovno odstupanje se računa po formuli:

$$f_\beta = v_Z - v_P - \sum \beta_i \pm n * 180^\circ$$

gdje je n_z završni a n_p početni direkcioni ugao u vlaku.

Ovo uglovno odstupanje mora biti u granicama propisanih kriterijuma i zavisice od više faktora: metode mjerenja, instrumenta i pribora.

Ako su uglovi mjereni viziranjem u jednom girusu instrumentom podatka do 30", dozvoljeno odstupanje je $f_\beta \leq 60'' \sqrt{n}$ a sa istim priborom u dva girusa $f_\beta \leq 45'' \sqrt{n}$.

Ako su uglovi mjereni viziranjem u dva girusa instrumentom podatka do 6", dozvoljeno odstupanje je $f_{\beta} \leq 30''\sqrt{n}$ a ukoliko je instrument sa tačnošću čitanja ugaonih podataka do 1" onda je $f_{\beta} \leq 20''\sqrt{n}$.

Ukoliko je ukupno ugaono odstupanje manje od dozvoljenog ugaonog odstupanja onda mjerene uglove treba popraviti.

Pojedinačna popravka će se dobiti po formuli $v_{\beta} = \frac{f_{\beta}}{n}$, gdje je n broj ukupno mjenjenih veznih i prelomnih uglova. Pri ovome se uzima u obzir da su svi uglovi mjereni pod istim uslovima, sa istim instrumentom i sa jednakom tačnošću tako da se primjenjuje princip jednakih uticaja.

Pri zaokruživanju pojedinačnih popravki uglova treba voditi računa da bude $\sum v_{\beta i} = f_{\beta}$.

Tada se definitivni vezni i prelomni uglovi dobijaju dodavanjem popravki na mjerene veličine.

$$\beta_B^i = \beta_B + f_{\beta}$$

$$\beta_1^i = \beta_1 + f_{\beta}$$

$$\beta_2^i = \beta_2 + f_{\beta}$$

....

$$\beta_C^i = \beta_C + f_{\beta}$$

Nakon uglovnog izravnjanja direkciono uglovi su:

$$v_B^1 = v_A^B + \beta_B^i \pm 180^{\circ}$$

$$v_1^2 = v_B^1 + \beta_1^i \pm 180^{\circ}$$

$$v_2^3 = v_1^2 + \beta_2^i \pm 180^{\circ}$$

...

$$v_n^C = v_{n-1}^n + \beta_n^i \pm 180^{\circ}$$

Da li će se dodati ili oduzeti 180° zavisi od iznosa sume predhodna dva ugla. Ukoliko je ona veća od 180° onda se oduzima a ukoliko je manja onda se dodaje.

Odgovarajuće koordinatne razlike se dobijaju kada se izmjerene dužine pomnože sa kosinusom (Δy) odnosno sinusom (Δx) sračunatog direkcionog ugla.

$$\Delta y_i = d_i * \sin v_{i-1}^i \quad \Delta x_i = d_i * \cos v_{i-1}^i$$

Kontrola računanja koordinatnih razlika dolazi iz uslova da je:

$$Y_C - Y_D = \sum \Delta Y \quad X_C - X_D = \sum \Delta X$$

Zbog grešaka u mjerenju dužina ove jednačine neće važiti pa su odgovarajuća linerana odstupanja po osama:

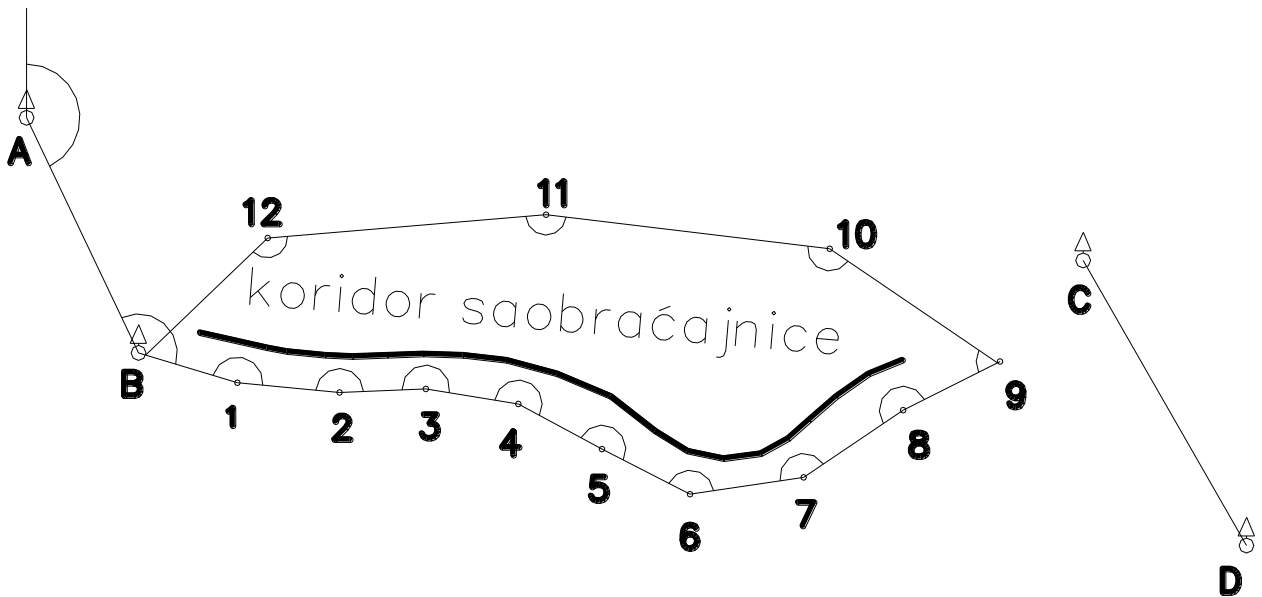
$$f_y = Y_C - Y_B - \sum \Delta Y \quad f_x = X_C - X_B - \sum \Delta X$$

Ukupno linearno odstupanje se dobija po formuli:

$$f_D = \sqrt{f_y^2 + f_x^2}$$

Treba imati u vidu da tačke trigonometrijske mreže imaju svoje položajne greške i međusobna neslaganja tako da nekada i ako mjerimo sa kvalitetnim instrumentima i u više girusa, ne možemo dobiti odstupanja koja su manja od dozvoljenih. U tom slučaju, treba vlak zatvoriti sa posljednje tačke vlaka C na prvu tačku vlaka B, pri čemu bi se zadržale koordinate tačke B i orijentisani pravac ϕ_1 .

Na ovaj način eliminišemo greške datih veličina, odnosno datih koordinata trigonometrijskih tačaka i u slučaju većih odstupanja od izračunatih. Na taj način se dobija zatvoreni poligonski vlak u kome su isključene greške datih koordinata. U zatvorenom poligonskom vlaku, greške koordinata su isključivo proizvod slučajnih grešaka mjerenja i one su po veličini uvijek manjeg inteziteta i mogu se na jednostavan način otkloniti iz rezultata mjerenja. Na Slici 7 prikazan je slučaj kada su odstupanja f_x i f_y veća od dozvoljenih odstupanja, pa je vlak pretvoren u zatvoreni poligonski vlak.



Slika 7 Zatvoreni poligonski vlak

Tako će odgovarajuće popravke za koordinatne razlike biti $v_{\Delta y} = \frac{f_y}{\sum d_i} d_i$ i $v_{\Delta x} = \frac{f_x}{\sum d_i} d_i$ gdje je $\sum d_i$ ukupna dužina operativnog poligona.

Dakle popravke za koordinatne razlike se dobijaju srazmjerno odgovarajućoj dužini.

U poslednje vrijeme mjerenje dužina se vrši elektromagnetnim daljinomjerom, jednako tačno i za manje i za veće dužine, jer tačnost izmjerene dužine uglavnom zavisi od tačnosti centrisanja instrumenta i signala. Pa kao što ni tačnost uglova ne zavisi od veličine ugla, već od tačnosti centrisanja instrumenta i signala, isti rezon se može primijeniti i kod računanja popravki koordinatnih razlika tako da se ovdje pojedinačne popravke računaju kao:

$$v_{\Delta y} = \frac{f_y}{n} \text{ i } v_{\Delta x} = \frac{f_x}{n} \text{ gdje je } n \text{ broj mjerenih dužina u vlaku.}$$

Ukupno linearno odstupanje operativnog poligona mora biti manje od dozvoljenog linearnog odstupanja $\Delta = 0.03m + \sum d * 0.00012m + \sqrt{\sum d} * 0.001m$. Ova dozvoljena odstupanja su ranije, dok su se dužine mjerile pantljkama, zavisla od kategorije terena.

Svako odstupanje koje je veće od izračunatog. proizvod je grubih grešaka mjerenja i nije ga moguće odstraniti iz rezultata mjerenja, pa je potrebno mjerenja ponoviti sa većom pažnjom i preciznošću.

Sada se definitivne koordinatne razlike dobijaju dodavanjem ovako dobijenih popravki na odgovarajuće sračunate koordinatne razlike.

Pri zaokruživanju popravki koordinatnih razlika treba voditi računa da je:

$$\sum v_{\Delta y_i} = f_y \quad i \quad \sum v_{\Delta x_i} = f_x$$

I na kraju su definitivne koordinate tačaka operativnog poligona:

$$Y_1 = Y_B + \Delta Y_1 + v_{\Delta y} \quad X_1 = X_B + \Delta X_1 + v_{\Delta x}$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_2 + v_{\Delta y_2} \quad X_2 = X_1 + \Delta X_2 + v_{\Delta x_2}$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_3 + v_{\Delta y_3} \quad X_3 = X_2 + \Delta X_3 + v_{\Delta x_3}$$