

GEODETSKA TEHNIČKA ŠKOLA

Croatia, 10000 Zagreb, Av. Već. Holjevca 15; tel ++385 (01) 66 00 648; fax ++385(01) 66 70 500

web: www.geoskola.hr e-mail: uprava@geoskola.hr

Geodezija 2

Skripta za 2.razred

2015./16.

Zdravka Šimić, dip.ing.geodezije

Sadržaj:

1. Vrste kutova.....	2
2. Cijevna libela	3
2.1. Uvjet cijevne libele.....	5
3. Teodolit.....	6
3.1. Dijelovi optičkog teodolita	7
3.2. Osi teodolita	11
3.3. Uvjeti teodolita.....	13
3.4. Horizontiranje teodolita.....	14
3.5. Centriranje teodolita	14
4. Mjerenje horizontalnih pravaca (kutova)	15
4.1. Obična ili jednostavna metoda mjerenja kutova.....	16
4.2. Girusna metoda mjerenja kutova	16
4.3. Ocjena točnosti mjerenja	21
5. Mjerenje vertikalnih kutova.....	22
6. Geodetska mreža	24
6.1. Horizontalne mreže (2D).....	25
6.2. GNSS mreža	29
7. Poligonometrija - poligonska mreža	30
7.1. Projekt, rekognosciranje, stabilizacija poligonske mreže.....	31
7.2. Poligonski vlak.....	35
7.3. Mjerenja poligonskih stranica u vlaku.....	36
7.4. Mjerenje kutova u poligonskom vlaku	40
7.5. Osnove geodetskog računanja	42
7.6. Računanje koordinata točaka mjerenih polarnom metodom	47
7.7. Računanje koordinata točaka slijepog poligonskog vlaka.....	50
7.8. Računanje koordinata točaka obostrano priključenog poligonskog vlaka	51
7.9. Računanje koordinata točaka zatvorenog poligonskog vlaka	58
7.10. Priključak poligonskog vlaka na nepristupačnu točku	59
8. Geodetska izmjera.....	60

1. Vrste kutova

Prostorni kut je kut mjereno u proizvoljnoj ravnini.

Horizontalni kut je ortogonalna projekcija prostornog kuta u horizontalnu ravninu, znači krakovi tog kuta leže u horizontalnoj ravnini. Horizontalni kut α dobit ćemo projekcijom prostornog kuta s krakovima u horizontalnoj ravnini.

Vertikalni kut je kut čiji krakovi leže u vertikalnoj ravnini.

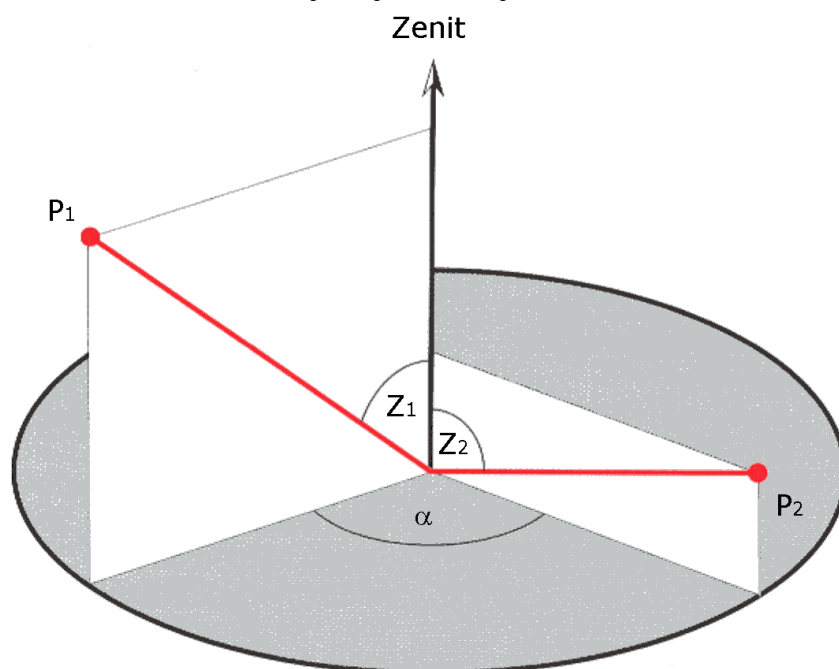
Vertikalni kutovi dijele se:

- I. **Visinske** – kut između horizontale i pravca vizure prema ciljanoj ili zadanoj točki
- II. **Zenitne** – kut između vertikale i pravca vizure prema zadanoj točki

Visinski kutovi dijele se:

- a. **Elevacijske** – iznad horizonta
- b. **Depresijske** – ispod horizonta

U geodetskim mjerenjima kutova mjere se: **horizontalni kut (α) i zenitni kut (Z_1/ Z_2)**. Osnovni instrument za mjerenje kutova je **teodolit**.



Horizontalna ravnina je :

- vodoravna površina mirnog jezera ili mora
- tangencijalna ravnina na nivo plohu mora u točki stajališta

Vertikalna ravnina je:

- ravnina okomita na horizontalnu
- vertikala u prostoru ima smjer sile teže (centru masa Zemlje) tj. smjer viska

Sva mjerenja u geodeziji projiciramo na:

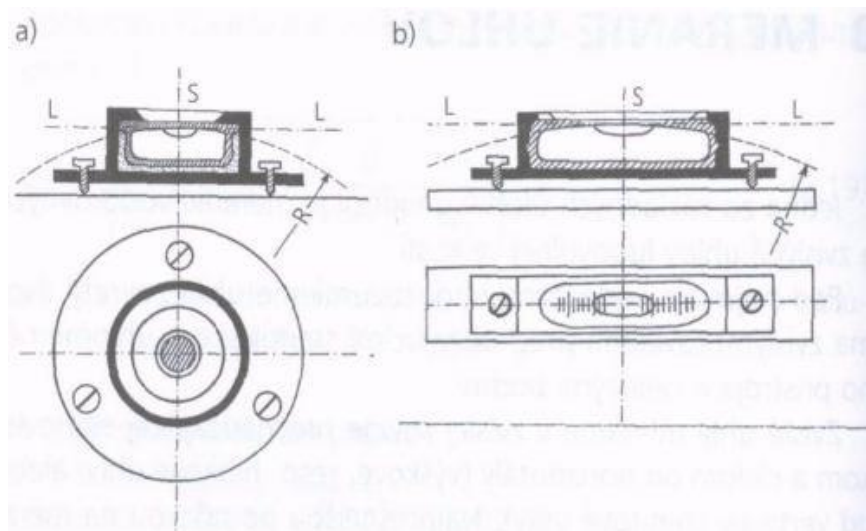
- horizontalnu ravninu – određen je položaj točaka
- vertikalnu ravninu – određeni su visinski odnosi točaka

Smjer vertikalnog i horizontalnog pravca ili ravnine određujemo libelom.

Kod geodetskih instrumenata libele služe za postavljanje osi u vertikalni ili horizontalni položaj, osim kod instrumenata koriste se i kod geodetskog pribora.

Prema konstrukciji libele se dijele:

- dozne ili kružne (a)
- cijevne (b)



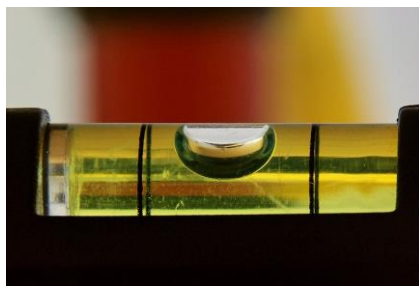
Doznom libelom dovodimo ravninu u horizontalni položaj.

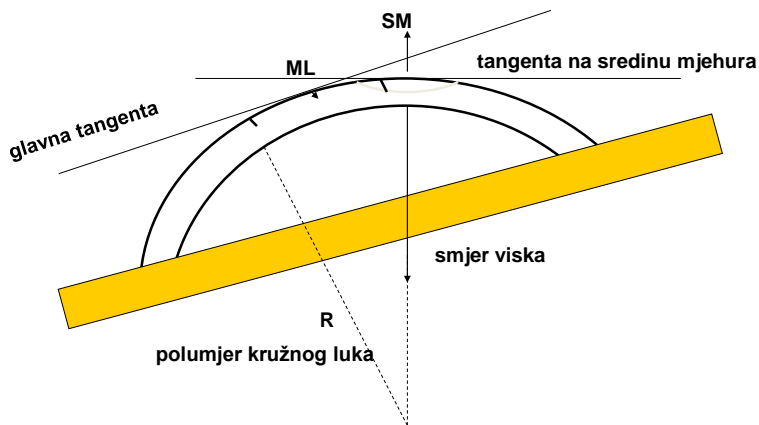
Cijevnom libelom dovodimo pravac u horizontalni (ili vertikalni položaj).

2. Cijevna libela

Cijevna libela je staklena cijev u obliku kružnog vijenca napunjena tekućinom u kojoj je ostao mjehurić zraka ili pare.

- Libela je ugrađena u metalno ili drveno kućište
- Mjehur zauzima najviši položaj u staklenoj cijevi
- Učrtana je podjela (simetrična ili kontinuirana) za promatranje mjehura libele





Važne točke i linije cijevne libele su:

- Marka libele (ML) – sredina podjele
- Sredina mjehura (SM) – središnja točka mjehura
- Središte kružnog luka libele
- Tangenta na marku libele – **glavna tangenta**
- Tangenta na sredinu mjehura
- Polumjer kružnog luka libele (R)
- Visak libele – spojnica središta kružnog luka i sredine mjehura

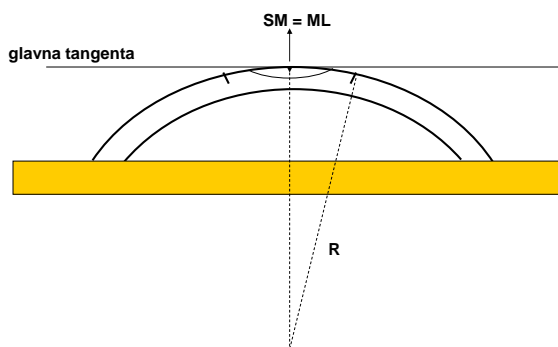
Jedinica podjele libele je **pars** i iznosi **2 mm**.

Libela vrhuni kad je mjehur libele simetričan u odnosu na marku libele.

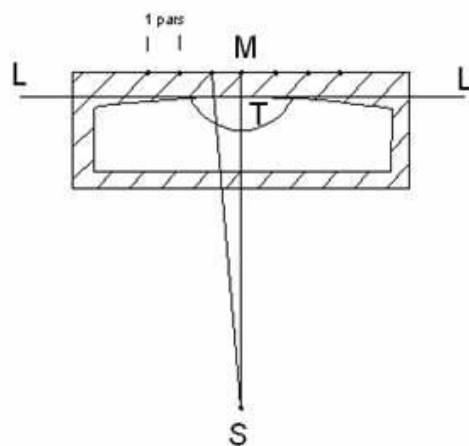
Kad libela vrhuni nalazi se na horizontalnoj plohi.

Cijevnom libelom dovodimo pravac u horizontalan položaj.

Ako dovedemo dva okomita pravca u horizontalan položaj, tada smo postavili ravninu u horizontalan položaj i taj postupak se naziva **horizontiranje ravnine**.

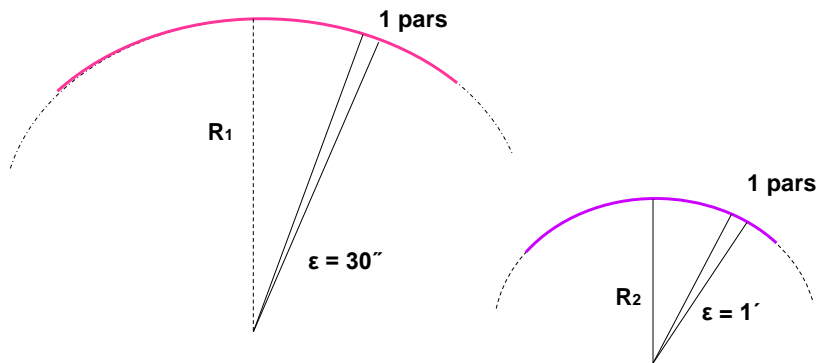


Horizontalan pravac – libela vrhuni



Osjetljivost libele je kut za koji treba nagnuti libelu da se mjehur pomakne jedan pars.

Osjetljivost libele (ili podatak libele) mjeri se središnjim kutom koji odgovara luku od jednog pars (ϵ). Osjetljivost libele ovisi o polumjeru kružnog luka libele R tj. o zakrivljenosti libele, kad je R veći libela je više osjetljiva. Manji centralni kut veća je osjetljivost ili podatak libele. Osjetljivost libele geodetskih instrumenata je od $7''$ - $120''$.



Ovisnost osjetljivosti libele o zakrivljenosti

2.1. Uvjet cijevne libele

Glavna tangenta tj. tangenta na marku libele mora biti paralelna s donjom plohom kućišta libele.

Uvjet je ispunjen kad libela vrhuni.

Ispitivanje libele

Postavimo libelu na ravnu podlogu, i navrhunimo libelu. Okrenemo libelu za 180° i gledamo mjehur libele. **Ako libela vrhuni uvjet je zadovoljen, libela je ispravna**

Ako libela ne vrhuni nije ispravna pa je potrebno izvršiti rektifikaciju.

Rektifikacija libele

Polovicu otklona mjehura libele popravimo korekcijskim vijkom libele. Drugu polovicu otklona mjehura libele popravimo vijkom plohe.

Ponovimo postupak ispitivanja i ako je potrebno izvršimo rektifikaciju.

2.2. Dozna(kružna) libela

- Staklena posuda –odsječak kugle
- U najvišoj točki kugle je zamišljena tangencijalna ravnina
- Oslonjena je na tri vijka
- Manje ja točnosti i koristi se za grubo
 - horizontiranje instrumenata
 - postavljanje nivelmanskih letvi i nosača prizmi elektrooptičkih daljinomjera u vertikalni položaj

3. Teodolit

Teodolit je geodetski instrument za mjerenje samo horizontalnih, ili horizontalnih i vertikalnih kutova.

Podjela teodolita

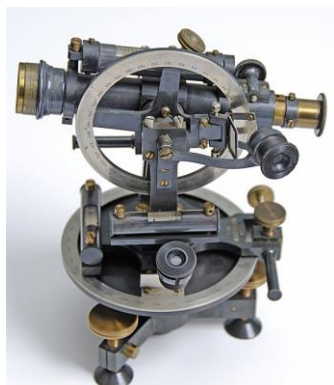
Različite zemlje, pa i proizvođači navode i različite podjele teodolita.

Podjela prema točnosti - njemačkim DIN-normama (Nr 18724):

1. teodoliti visoke točnosti $\leq 0,2$ mgon $\approx 0,6''$,
2. teodoliti veće točnosti $\leq 0,6$ mgon $\approx 2''$,
3. teodoliti srednje točnosti $\leq 2,0$ mgon $\approx 6''$,
4. teodoliti manje točnosti ili jednostavni teodoliti $\leq 8,0$ mgon $\approx 25''$, (1 mgon = 3,24'')

Druga podjela teodolita bazira se na osnovu građe, posebno horizontalnih krugova i uređaja za očitavanje. Razlikujemo:

- **mehaničke teodolite** - krugovi (limbovi) su napravljeni od metala, očitavaju se pomoću lupe ili jednostavnog mikroskopa
- **optičke teodolite** - primjena optičkih sustava, stakleni krugovi (limbovi), očitavanje se vrši uz korištenje složenih mikroskopa i primjenom optičkih mikrometara
- **elektroničke teodolite** - imaju posebnu građu krugova pogodnih za digitalno očitavanje



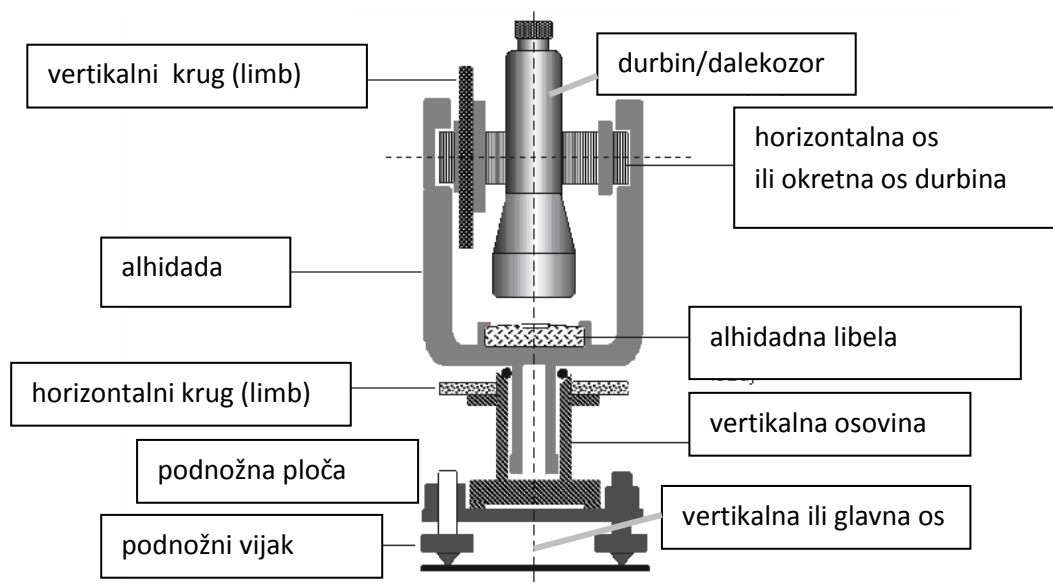
Mehanički teodolit



Optički teodolit



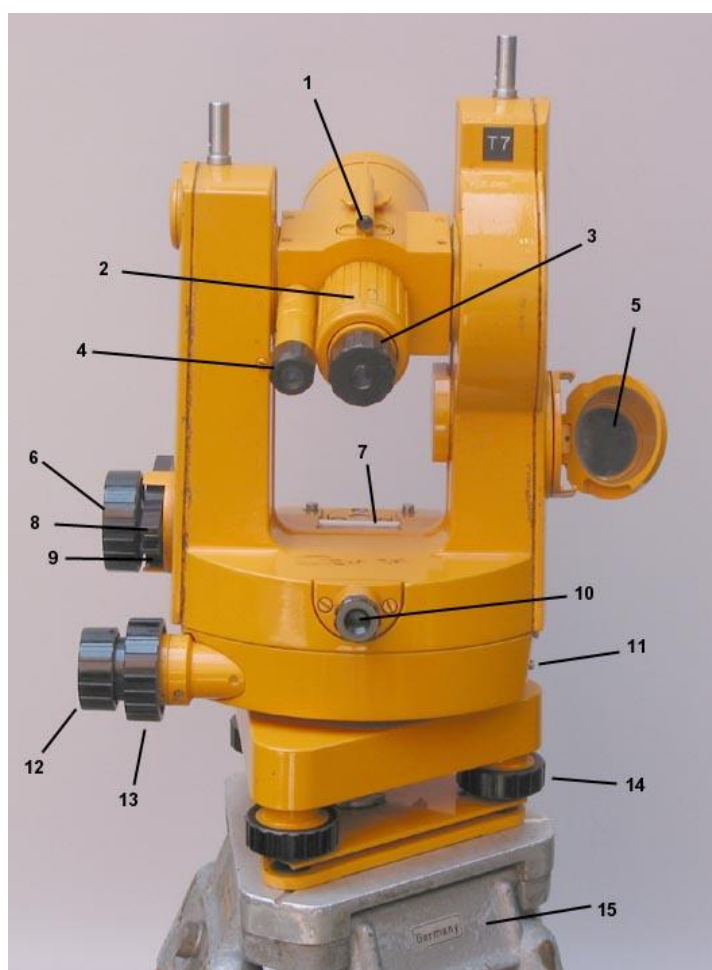
Elektronički teodolit



3.1. Dijelovi optičkog teodolita

- **Donji nepokretni (nepomični) dio:**
 - podnožna ploča s tri podnožna (položajna) vijka (14)
 - horizontalni krug (limb)
 - repeticijski uređaj (11)
 - *sekundni teodoliti umjesto repeticijskog uređaja imaju reiteracijski uređaj*
- **Gornji pomični dio (alhidada):**
 - kućište s nosač durbina/dalekozora i durbin/dalekozor
 - vertikalna i horizontalna osovina
 - vertikalni krug (limb)
 - kočnice alhidade i durbina (9 i 8)
 - vijci za fino pomicanje alhidade i durbina (12 i 13)
 - alhidadne libele - cijevna (7) i dozna (kružna)
 - sprava za očitavanje hz i v kruga (4)
 - optički visak (10)

Teodolit se postavlja na glavu stativa i pričvrsti centralnim (središnjim) vijkom (15)



THEO 020 A (Zeiss)

1. optički nišan
2. vijak za fokusiranje
3. vijak za dioptriranje
4. mikroskop sa skalom
5. ogledalo za osvjetljenje vidnog polja
6. vijak za osvjetljenje očitavanja vertikalnog i horizontalnog kruga
7. cijevna libela
8. kočnica durbina
9. kočnica alhidade
10. optički visak
11. repeticijski uređaj
12. vijak za fini pomak alhidade (\leftrightarrow)
13. vijak za fini pomak durbina (\updownarrow)
14. podnožni vijak
15. glava stativa

Nepokretni (nepomični) dio teodolita

Podnožje ili podnožna ploča je trokutasta metalna ploča s tri pravilno raspoređena podnožna vijka koja služe za horizontiranje. Podnožje se pomoću centralnog vijka pričvrsti na stativ.

Stativ se sastoji od: metalne glave stativa, centralnog vijka, tri drvene/aluminijske nogare koje se daju regulirati po visini.

Horizontalni krug (limb) je metalni ili stakleni krug s nanesenom podjelom u stupnjevima (seksagezimalna podjela od 0° do 360°) ili gonima (gradusna ili centezimalna podjela od 0^g do 400^g). Graduirani dio kruga nazivamo **limb**. Dijelovi stupnja očitavaju se pomoću uređaja za očitavanje. Središtem horizontalnog kruga prolazi vertikalna os teodolita. Pri mjerenju teodolitom **horizontalni krug je nepokretan (miruje)**.

Repeticijski uređaj (kočnica horizontalnog kruga) služi za izdizanje horizontalnog kruga i njegovo rotiranje zajedno s alhidadom (pri tome se očitavanje ne mijenja) i **dovođenje horizontalnog kruga u određeni pravac ili smjer** (traženi pravac u prostoru može namjestiti željeno očitavanje horizontalnog kruga).

Pomični dio (alhidada)

Dalekozor (durbin, teleskop) je optički instrument koji u svojoj osnovnoj namjeni služi za povećanje vidnog kuta prilikom promatranja udaljenih predmeta.

Vrste durbina/dalekozora su:

- *Keplerovi*
 - *leće okulara i objektivna - konveksne*
 - *slika predmeta: realna, umanjena i obrnuta*
- *Galilejevi*
 - *leća objektivna konveksna*
 - *leća okulara konkavna*
 - *slika predmeta: uspravna*
- *Terestički – holandski*

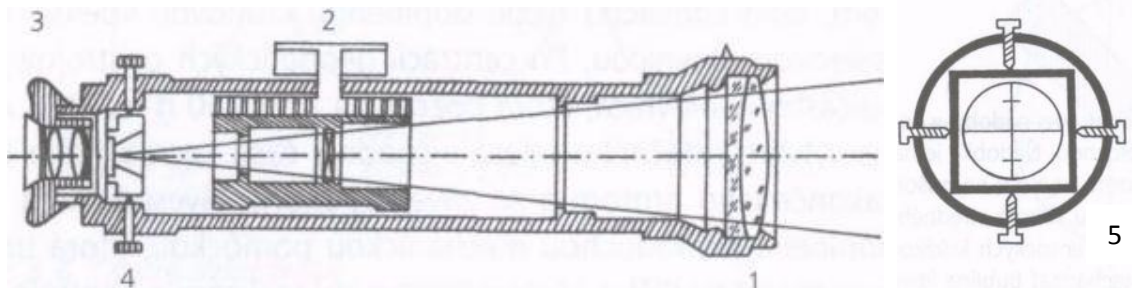
Mogu biti s unutarnjim i vanjskim fokusiranjem.

Durbin služi za viziranje:

- *uspostavljanje pravca između dvije zadane točke terena*
- *dovođenje slike predmeta u sjecište nitnog križa*

Durbin je čvrsto povezan s vertikalnim krugom i sastoji se od:

- *cijevi okulara s lećom okulara (3)*
- *cijevi objektivna s lećom objektivna (1)*
- *staklene pločice s nitnim križem (4)*



Staklena pločica (dijafragma) s nitnim križem pričvršćena za cijev okulara pomoću dva ili četiri korekcijska vijka, pomoću kojih se nitni križ može pomicati i rotirati. Ti vijci se koriste pri rektifikaciji teodolita. (5)

Vertikalna osovina je metalni vijak koji povezuje sve dijelove teodolita u jednu cjelinu

Horizontalna osovina je metalni vijak koji se oslanja na dva vertikalna nosača i čvrsto je spojena s durbinom.

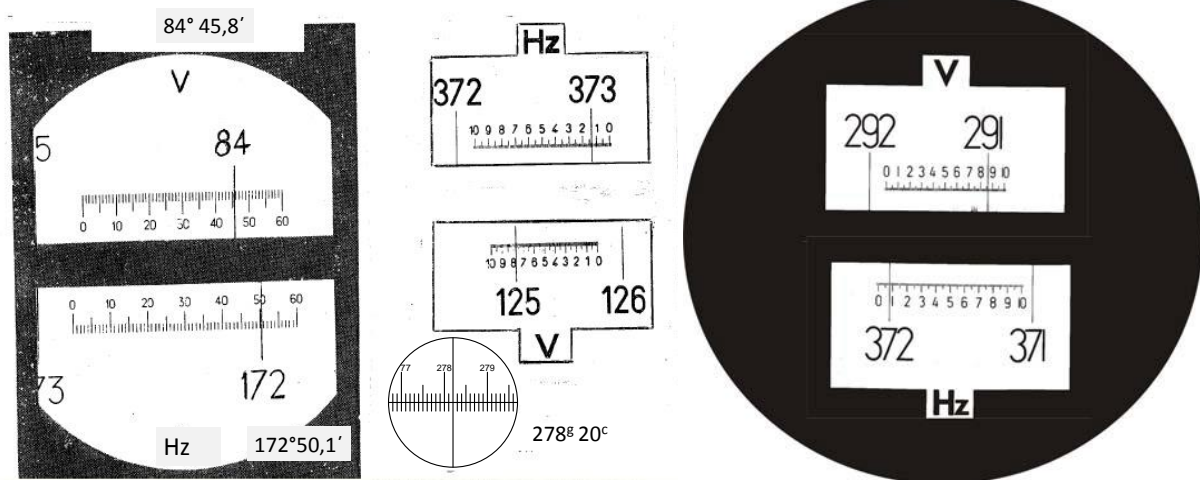
Optički visak služi za precizno centriranje. Sastoji se od durbina kod kojeg se vizura lomi pod pravim kutom. Durbin se sastoji od: objektiva, nitnog križa (često) u obliku kružića, prizme za odklon zrake (vizure) za 90° i okulara.

Danas se umjesto optičkog viska koristi laser kao visak.

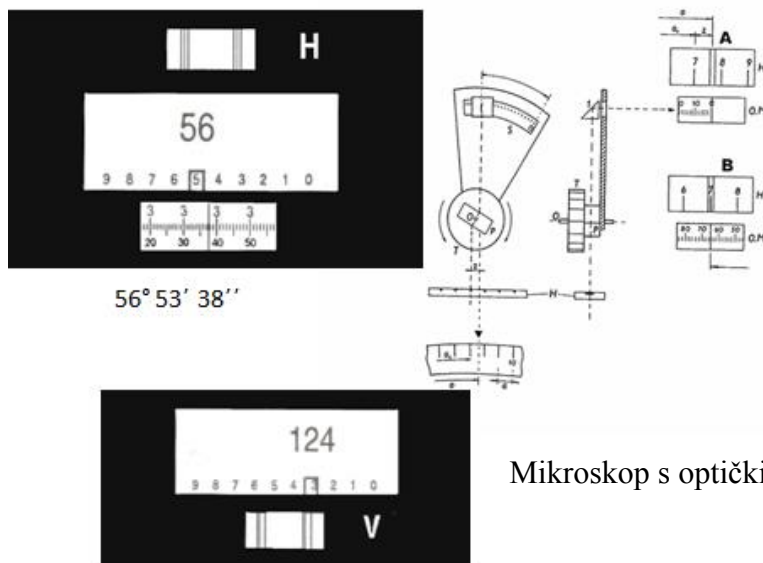
Uređaji (sprave) za očitavanje kojima očitavamo projekciju vizurne osi na horizontalni i vertikalni krug ili limb.

Očitavanje se vrše pomoću:

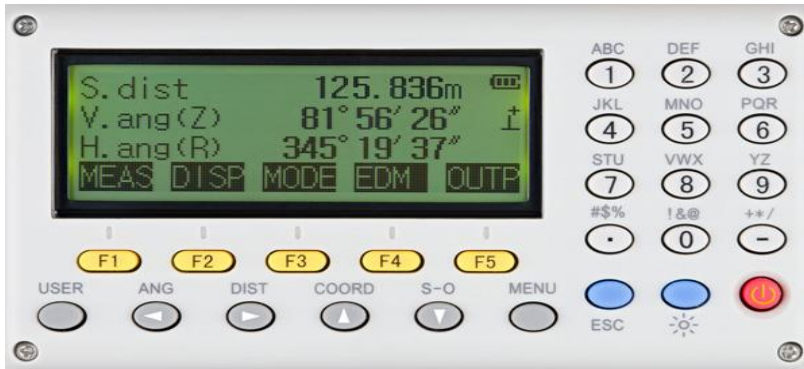
- Mikroskopa sa skalom
- Mikroskopa s optičkim mikrometrom
- Digitalnog očitavanja (detekcija) krugova primjenom elektroničkih sistema.



Mikroskop sa skalom



Mikroskop s optičkim mikrometrom

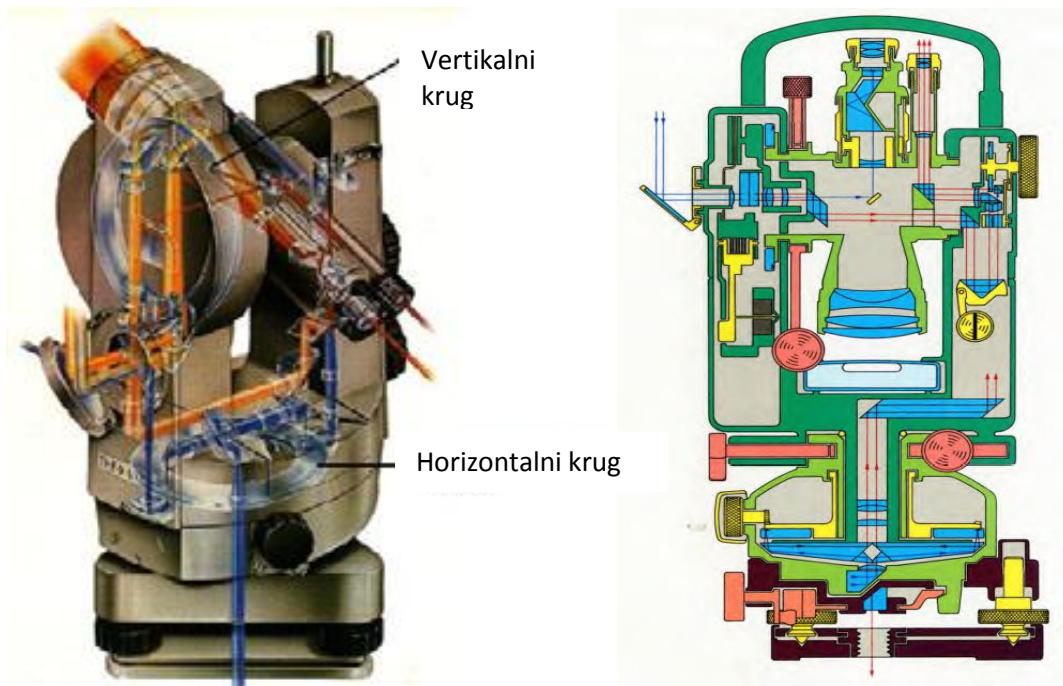


Digitalno očitavanje
(detekcija)

Vertikalni krug ili limb je metalni ili stakleni krug s nanesenom podjelom u stupnjevima (seksagezimalna podjela od 0° do 360°) ili gonima (gradusna ili centezimalna podjela od 0° do 400°). Zauzima vertikalni položaj u prostoru.

Čvrsto je spojen s durbinom i okreće se zajedno s njim oko horizontalne osi.

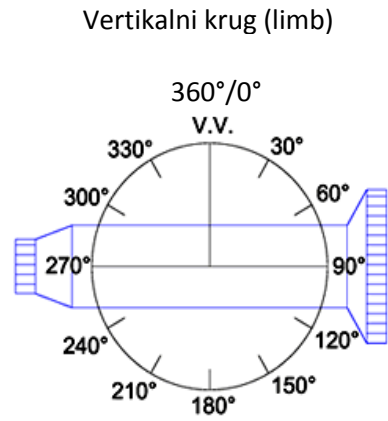
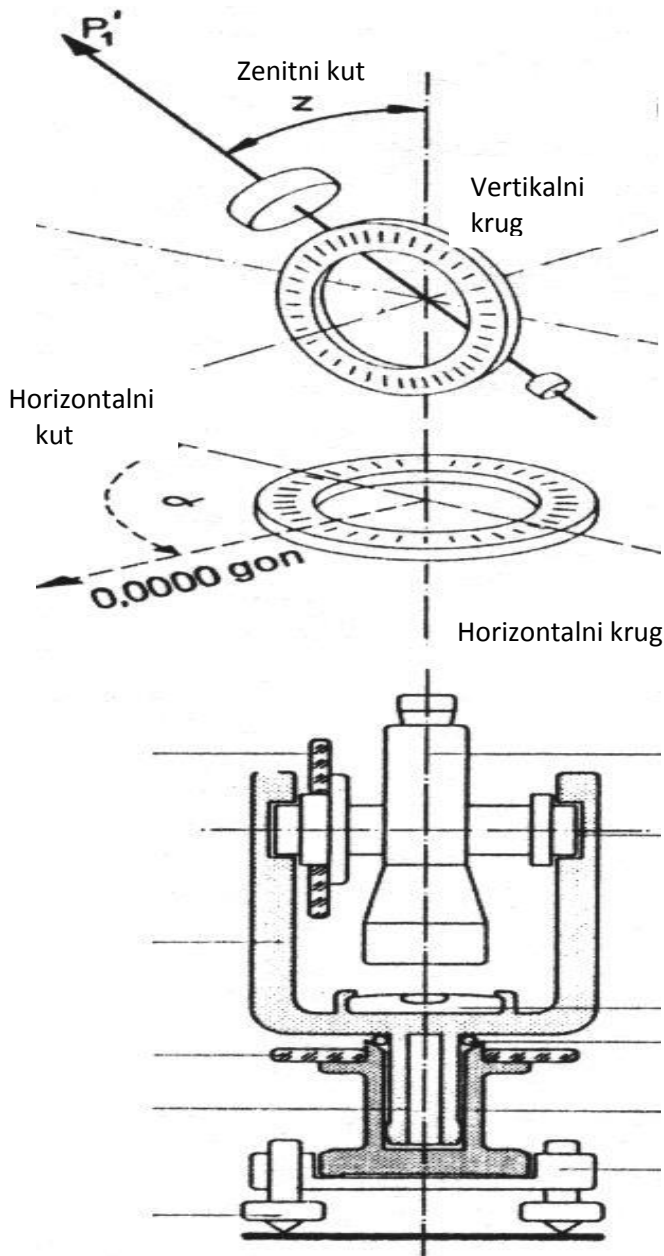
Središtem vertikalnog kruga prolazi horizontalna os teodolita.



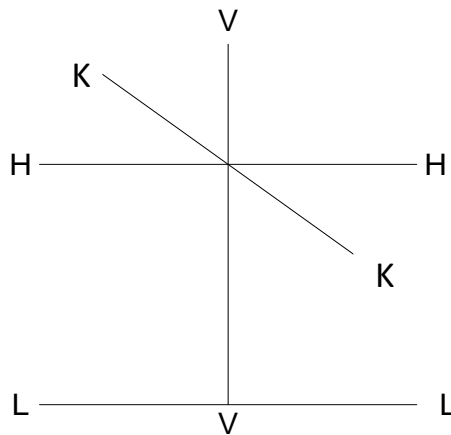
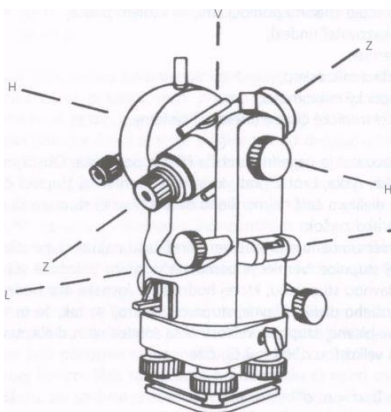
Pri mjerenju teodolitom razlikujemo dva položaja durбина (instrumenta/teodolita).

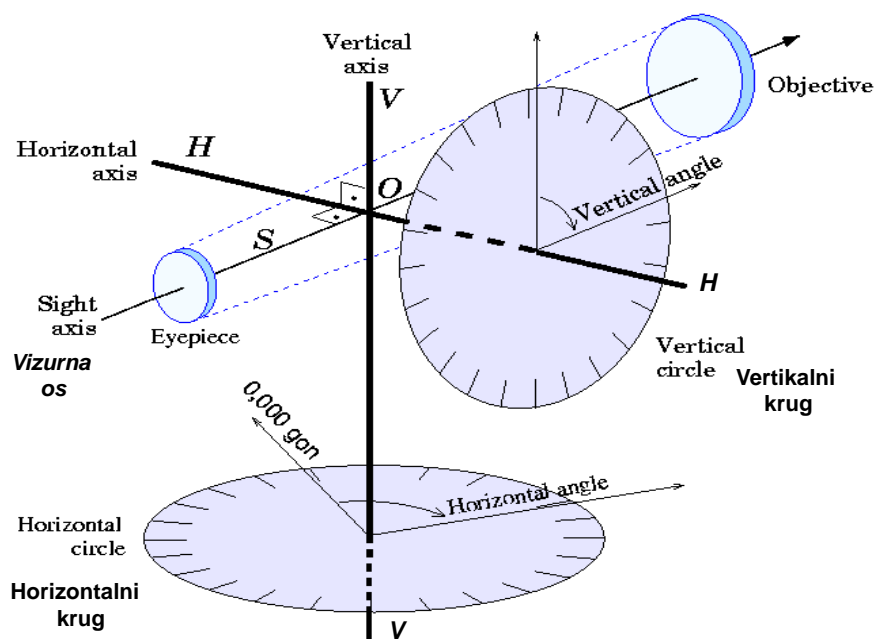
Prvi položaj durбина (teodolita) je kad se pri viziranju na neku točku vertikalni krug nalazi s lijeve strane (KL – krug lijevo).

Drugi položaj durбина (teodolita) je kad se vertikalni krug nalazi s desne strane pri viziranju na neku točku (KD – krug desno) .



3.2. Osi teodolita





Teodolit ima dvije mehaničke osovine, vertikalnu i horizontalnu. Kada se govori o osi teodolita, podrazumijeva se da je to geometrijska (zamišljena) os rotacije mehaničke osovine.

Osi teodolita su:

- **Vertikalna ili glavna os VV** – oko nje se okreće alhidada
- **Horizontalna ili nagibna os HH** – oko nje se okreće durbin
- **Vizurna ili kolimacijska os KK** - je pravac koji prolazi sjecištem glavnih niti nitnog križa i glavnom točkom objektiva.
- **Os alhidadne libele LL**

Vizura je zamišljena linija koja spaja sjecište glavnih niti nitnog križa i točku na koju se vizira

Vizurna os određena je pravcem koji prolazi sjecištem glavnih niti nitnog križa i glavnom točkom objektiva.

Konstruktivski (instrumentalni) uvjeti teodolita:

- $LL \perp VV$ – os alhidadne libele okomita na vertikalnu ili glavnu os
- $KK \perp HH$ – vizurna (kolimacijska) os okomita na horizontalnu (nagibnu) os
- $HH \perp VV$ – horizontalna (nagibna) os okomita na vertikalnu (glavnu) os
- $KV \equiv VV$ – vizurna os optičkog viska identična je s vertikalnom osi

Odstupanje položaja osi od tih uvjeta nazivamo pogreškama osi teodolita ili instrumentalnim pogreškama.

Osim toga, **horizontalna nit nitnog križa treba biti horizontalna u prostoru, a indeks za očitavanje vertikalnog kruga treba biti u ispravnom položaju.**

Fokusiranje dovođenje slike predmeta u ravninu jasnog viđenja (izoštavanje slike predmeta).

Dioptriranje dovođenje nitnog križa u ravninu jasnog viđenja (izoštavanje slike nitnog križa).

Paralaksa nitnog križa nepoklapanje slike predmeta s ravninom nitnog križa.

3.3. Uvjeti teodolita

Za ispravan rad teodolitom treba zadovoljiti i slijedeće uvjete:

- I. Uvjet vertikalne osi - radni uvjet teodolita
- II. Uvjet kolimacijske osi
- III. Uvjet horizontalne osi

Postupak ispitivanja i ispravljanja navedenih uvjeta naziva se **ispravkom ili rektifikacijom teodolita**.

I. Uvjet vertikalne osi - radni uvjet teodolita

Vertikalna os teodolita mora biti okomita na glavnu tangentu libele i vertikalna u prostoru. ($LL \perp VV$)

Rektifikacija (provodi se ispitivanjem alhidadne libele)

Postupak ispitivanja:

Cijevna libela se postavi u smjer dva podnožna vijka i njima se navrhuni, nakon toga okrenemo alhidadu za 180° i promatramo mjehur libele. Ako mjehur libele vrhuni uvjet je ispunjen.

Postupak ispravljanja (rektifikacija):

Ako mjehur libele ne vrhuni (odstupa od položaja vrhunjenja), tada **polovicu** otklona mjehura ispravljamo podnožnim vijcima u smjeru kojih je libela postavljena, a **drugom polovicu** korekcijskim vijcima libele.

Utjecaj pogreške vertikalne osi na mjereni horizontalni pravac ne može se eliminirati mjerenjem u dva položaja teodolita, jer ako vertikalna os nije vertikalna u prostoru, iako je $HH \perp VV$, tada imamo i nagib horizontalne osi i vizure.

Zbog toga se ispunjenju uvjeta vertikalne osi, kao i samom horizontiranju teodolita mora posvetiti velika pažnja.

II. Uvjet kolimacijske osi

Vizurna ili kolimacijska os treba biti okomita na horizontalnu (nagibnu) os.

Postupak ispitivanja:

Teodolit postavimo na stativ u prvom položaju i horizontiramo ga. U horizontu na udaljenosti većoj od 100m odaberemo dobro vidljivu točku i viziramo je s vertikalnom niti nitnog križa.

Očitamo očitavanje horizontalnog krug (limba) O_1 .

U drugom položaju teodolita viziramo istu točku i očitamo očitavanje horizontalnog kruga O_2 .

Razlika očitavanja O_2 i O_1 , umanjena za $180^\circ / 200\text{gon-a}$, daje **dvostruku pogrešku vizurne (kolimacijske) osi (2c ili 2k)**. $2c = (o_2 \pm 180^\circ) - o_1$

Postupak ispravljanja (rektifikacija):

Pogreška se ispravlja tako da na horizontalnom krugu, u prvom položaju teodolita, sa vijkom za fini pomak alhidade, namjestimo očitavanje aritmetičke sredine.

U vidnom polju vertikalna nit nitnog križa neće poklopiti točku, te se pomoću korekcijskih vijka pomakne nitni križ da pogodi točku.

Pogreška kolimacijske ili vizurne osi **2c je pogreška viziranja i očitavanja**. Ona je pokazatelj točnosti mjerenja i razlika (**max2c – min2c**) mora biti u propisanim granicama.

Utjecaj pogreške vizurne osi na mjereni horizontalni pravac se eliminira mjerenjem u dva položaja durbina (dalekozora) i računanjem aritmetičke sredine.

Kod elektroničkih teodolita postupak ispitivanja je u potpunosti identičan.

III. Uvjet horizontalne osi

Horizontalna os treba biti okomita na vertikalnu os i horizontalna u prostoru.

Postupak ispitivanja:

Teodolit postavimo na stativ u prvom položaju i horizontiramo ga. Kod zakočene alhidade viziramo visoku točku (velikog elevacijskog kuta). Spuštamo dalekozor do horizonta, gdje se nalazi mjerna letva s podjelom postavljena horizontalno i očitamo vertikalnom niti očitavanje na letvi l_1 (projekciju točke). Postupak ponovimo u drugom položaju teodolita i očitamo na letvi očitavanje l_2 . Ako su očitavanja jednaka nema pogreške.

Razlika očitavanja na letvi $l_h = l_2 - l_1$ daje dvostruku pogrešku horizontalne osi.

Postupak ispravljanja (rektifikacija):

Pogreška se popravljiva tako da se na letvi vizira očitavanje $l = (l_2 + l_1)/2$ i digne vizura do točke. Nitni križ ne pogađa točku, pa se pomoću korekcijskih vijaka horizontalne osi nitni križ pomakne da pogodi točku.

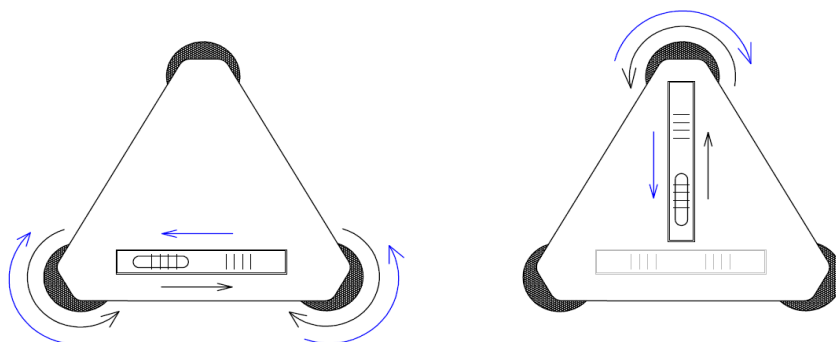
Utjecaj pogreške nagibne osi na mjereni horizontalni pravac eliminira se mjerenjem u dva položaja teodolita i računanjem aritmetičke sredine.

3.4. Horizontiranje teodolita

Horizontirati teodolit znači vertikalnu (glavnu) os teodolita dovesti u smjer vertikale (smjer sile teže). Horizontiranje je važna operacija jer ako vertikalna os nije vertikalna u prostoru to utječe na ispravno mjerenje kutova.

Postupak horizontiranja se izvodi na slijedeći način:

- na približno horizontalno postavljenu glavu stativa stavimo teodolit koji lagano pritegnemo centralnim vijkom (ako na glavi stativa postoji dozna libela, stativ postavimo tako da libela vrhunji).
- zakrećemo alhidadu i alhidadnu libelu dovedemo u smjer dvaju podnožnih vijaka (A) i vrhunimo libelu zakretanjem podnožnih vijaka u suprotnom smjeru (oba u unutra ili oba van)
- zatim okretanjem alhidade dovodimo libelu u smjer trećeg podnožnog vijka (B) i vrhunimo je tim vijkom.
- postupak se ponavlja dok libela ne vrhunji u bilo kojem smjeru.



A

B

Prije postupka horizontiranja teodolita treba provjeriti ispravnost alhidadne libele.

3.5. Centriranje teodolita

Centriranjem teodolita treba vertikalnu os u prostoru postaviti tako da prolazi centrom točke stajališta instrumenta.

Horizontiranje i centriranje teodolita su radnje koje su međusobno povezane.

Centriranje se izvodi uz korištenje viska koji može biti: **običan, kruti, optički i laserski**.

Običan visak (b) je metalni uteg, često u obliku stošca, na uzici, i ovjesi se o kukicu centralnog vijka na glavi stativa. Pomicanjem teodolita po glavi stativa dovodi se vrh viska iznad stajališne točke. Ovakav način centriranja otežan je za vrijeme vjetrovitog vremena.

Kruti visak se sastoji od dviju metalnih cijevi od kojih se gornja može izvlačiti i pričvršćena je za centralni vijak. Na donjoj cijevi nalazi se kružna libela koju je potrebno vrhuniti produljivanjem ili skraćivanjem nogu stativa.

Najčešće se **centriranje izvodi pomoću optičkog viska ili laserskog viska**.

Optički visak (a) treba zadovoljiti uvjet da dio vizurne osi viska bude identična s vertikalnom (glavnom) osi teodolita.



Ispitivanje se radi u dva položaja alhidade, projekcija nitnog križa optičkog viska treba pogađati istu točku.

Postupak horizontiranja i centriranja izvodi brzo na slijedeći način:

- glava stativa se postavi približno iznad stajališne točke i horizontalno u prostoru.
- teodolit se centralnim vijkom pričvrsti za glavu stativa.
- promatramo kroz okular optičkog viska i dovedemo da nitni križ optičkog viska pogodi stajališnu točku.
- vrhunimo doznu libelu dizanjem ili spuštanjem nogara stativa
- nakon toga izvršimo horizontiranje teodolita
- i precizno centriranje pomicanjem teodolita po glavi stativa
- ako je potrebno, ponoviti horizontiranje

Umjesto optičkog viska u novije vrijeme se koristi **laserski visak** kod kojega je vizura materijalizirana sa laserskim snopom svjetlosti. Postupak centriranja i horizontiranja jednak je onom sa optičkim viskom.

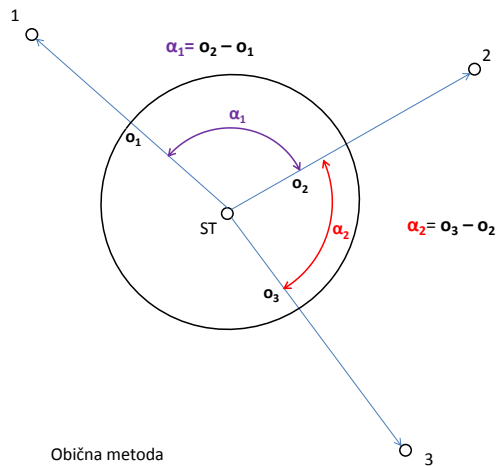
4. Mjerenje horizontalnih pravaca (kutova)

Kut je na terenu određen s tri točke. Jedna točka je **vrh kuta tj. stajalište** (točka poznata po koordinatama), a druge dvije točke su **vizurne** i zajedno s vrhom čine krakove kuta.

Metode mjerenja kutova (pravaca) su:

- **Obična ili jednostavna metoda**
- **Girusna**
- **Schreiberova**
 - Schreiberova metoda sastoji se od zasebnih mjerenja pojedinog kuta. Opaža se svaki pravac u kombinaciji s ostalim pravcima najprije u smjeru kretanja kazaljke sata, a zatim u obrnutom smjeru. Konačne vrijednosti kutova računaju se po općoj aritmetičkoj sredini (uvode se težine).

4.1. Obična ili jednostavna metoda mjerenja kutova



$$\alpha_n = o_{n+1} - o_n$$

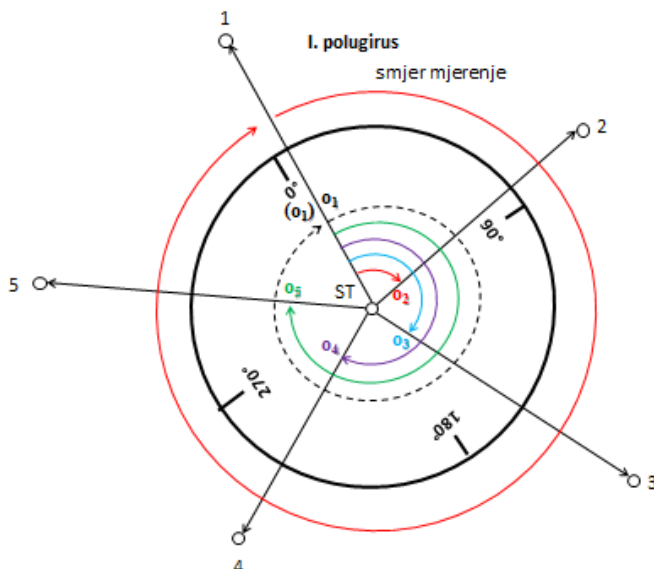
To je metoda mjerenja pravaca u I. položaju durbina (instrumenta). Mjere se pravci od početnog u smjeru kretanja kazaljke sata. **Veličina kuta** dobije se razlikom očitavanja pravaca. **Primjenjuje se** u radovima manje točnosti, iskolčenju građevinskih objekata, grube kontrole. Ako se opaža na više od tri točke potrebno je ponovno opažati početni pravac radi kontrole mjerenja.

4.2. Girusna metoda mjerenja kutova

To je metoda mjerenja kutova (pravaca) u dva položaja durbina (instrumenta). Sastoji se od dva polugirusa.

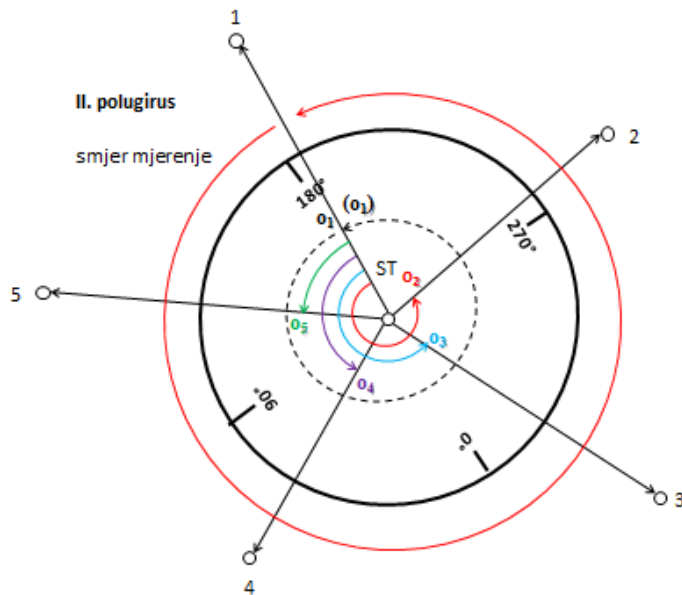
Prvi polugirus

U I. položaju instrumenta (KL) izabere se početni pravac i namjesti očitavanje na početnom pravcu približno 0° , pomoću repeticijskog uređaja kod optičkih teodolita. Redom se opažaju ostali pravci **u smjeru kretanja kazaljke sata** i radi kontrole mjerenja obavezno ponovno opažati početni pravac.



Drugi polugirus

Okrene se alhidada i durbin za 180° u drugi položaj. U II. položaju (KD) instrumenta obaviti mjerenja počevši od početnog pravca ali **u obrnutom smjeru od smjera kretanja kazaljke sata**. Obavezno ponovno opažati početni pravac.



Prilikom mjerenja na terenu obavezno kontrolirati iznose kolimacijske pogreške.

Podaci mjerenja upisuju se u **trigonometrijski obrazac br.1**.

Početni pravac se izabire tako da budu zadovoljeni sljedeći uvjeti:

- dobro definirana točka
- tijekom mjerenja dobro vidljiva (osvijetljena)
- dovoljno daleka točka

Ukoliko se kutovi mjere u **više girusa**, tada se **pomiče očitavanje na početni pravac**

po formuli: $p = \frac{180^\circ}{n}$; gdje je: p – očitavanje na početni pravac i n – broj girusa

Uslijed pogrešaka mjerenja vrijednosti očitavanja kuta na početnu točku na početku i kraju svakog polugirusa neće biti ista. **Razlika očitavanja** ne smije prijeći određeni iznos:

- u mreži I. reda..... 4"
- u osnovnoj mreži II. reda 6"
- u popunjavajućoj mreži II. reda...8"
- u osnovnoj mreži III. Reda..... 10"
- u popunjavajućoj mreži II. reda..12"
- **u mreži IV. reda..... 15"**

Broj girusa radi povećanja točnosti određen je također prema redu mreže:

- u mreži I. reda 12 girusa
- u osnovnoj mreži II. reda10 girusa
- u popunjavajućoj mreži II. reda.. 8 girusa
- u osnovnoj mreži III. reda 6 girusa
- u popunjavajućoj mreži II. reda . 4 girusa
- **u mreži IV. reda3 girusa**

Geodezija 2

Utjecaj kolimacijske pogreške (**2c**) eliminira se mjerenjem u dva položaja instrumenta. Ipak, **razlika** između **minimalnog i maksimalnog** iznosa **2c** ne smije prijeći određeni iznos, a tim se ocjenjuje točnost opažanja (*kod viziranja nije dobro*):

- u mreži I. reda8"
- u osnovnoj mreži II. reda10"
- u popunjavajućoj mreži II. reda... 12"
- u osnovnoj mreži III. reda15"
- u popunjavajućoj mreži II. reda ...18"
- u mreži IV. reda 25"

4.2.1. Trigonometrijski obrazac br. 1

Dat. sat	ST. Girus	Viz. toč.	Položaj durbina I (KL)			Položaj durbina II (KD)			Sredina I i II			Reducirana sredina			2c = II - I		Primj.
			°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	±	"	
1	2	3	4			5			6			7			8		9

U trigonometrijski obrazac br.1 upisujemo podatke mjerenja:

- datum i vrijeme mjerenja (stupac 1)
- vrstu i broj instrumenta, opservator i zapisničar (stupac 9)
- broj poligonske točke stajališta instrumenta i broj girusa (stupac 2)
- broj vizurne točke (stupac 3)
- očitavanje na horizontalnom krugu u I. položaju durbina – KL (stupac 4)
- očitavanje na horizontalnom krugu u II. položaju durbina – KD (stupac 5)

Računamo:

- dvostruku kolimacijsku pogrešku (stupac 8)
- aritmetičku sredinu iz I i II mjerenja (stupac 6)
- reduciranu sredinu (stupac 7)
- kontrole računanja (I kontrola i II kontrola) (stupac 9)

Geodezija 2

Primjer računanja trigonometrijskog obrazaca br.1

Dat. sat	ST. Girus	Viz. toč.	Položaj durbina I (KL)			Položaj durbina II (KD)			Sredina I i II			Reducirana sredina			2c = II - I		Primjedba
			°	'	''	°	'	''	°	'	''	°	'	''	±	''	
1	2	3	4			5			6			7			8		9
05.04	oA	o2	0	24	44	180	25	08	0	24	56	0	00	00	+	24	Opservator: Ivan Ivić Instrument: Wild T2 Br. 10 276 I kontrola: 29' 26'' + 33' 10'' <hr/> 62' 36'' : 2 = 31' 18'' II kontrola 24' 56'' + 12' 51'' <hr/> 37' 47'' x 5 = 8' 55'' 8' 55'' + 22' 23'' = 31' 18''
2012.		o3	71	59	52	252	00	12	72	00	02	71	35	06	+	20	
9.00h	I	o4	114	06	30	294	06	58	114	06	44	113	41	48	+	28	
	girus	o5	196	13	58	16	14	14	196	14	06	195	49	10	+	16	
		o6	279	59	40	100	00	06	279	59	53	279	34	57	+	26	
		o2	(0	24	40	180	25	00)									
	oA	o2	91	12	42	271	13	00	91	12	51	0	00	00	+	18	
		o3	162	47	48	342	48	10	162	47	59	71	35	08	+	22	
	II	o4	204	54	32	24	55	00	204	54	46	113	41	55	+	28	
	girus	o5	287	01	56	107	02	18	287	02	07	195	49	16	+	22	
		o6	10	47	44	190	48	04	10	47	54	279	35	03	+	20	
		o2	(91	12	48	271	13	02)									
			Σ	29	26		33	10		31	18		22	23			

4.2.2. Računanje trigonometrijskog obrasca br.1

Dvostruku kolimacijsku pogrešku $2c$, računamo na terenu pri mjerenju pravaca (pokazatelj točnosti mjerenja): $2c = (II \pm 180) - I = (KD \pm 180^\circ) - KL$ (stupac 8)

Ako **razlika** između **minimalnog i maksimalnog** iznosa $2c$ prelazi propisane iznose mjerenja se moraju ponoviti.

Aritmetička sredina računa se tako da se iz očitavanja pravaca u prvom položaju durbina prepisuju stupnjevi, a računa se aritmetička sredina minuta i sekundi $(I+II)/2$. (stupac 6)

Reducirana sredina se računa tako da se od očitavanja svakog pojedinog pravca oduzme očitavanje prvog pravca. (stupac 7)

Zbroje se minute i sekunde očitavanja pravaca svih mjerenih girusa:

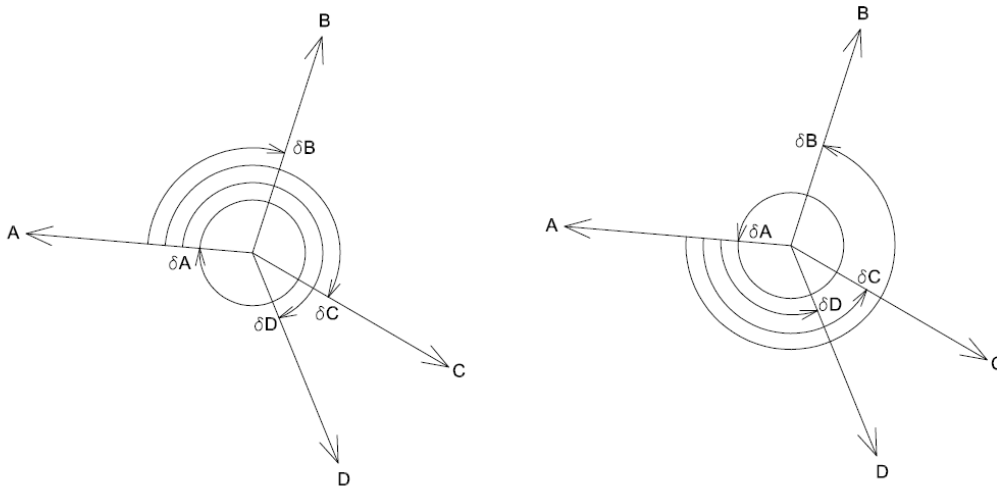
- u I. položaju durbina ($29' 26''$)
- u II. položaju durbina ($33' 10''$)
- aritmetičke sredine ($31' 18''$)
- reducirane sredine ($22' 23''$)

I kontrola:

Izračuna se aritmetička sredina zbroja minuta i sekundi u I. i II. položaju durbina i dobije se zbroj minuta i sekundi aritmetičke sredine.

II kontrola:

Zbroj minuta i sekunda prvog pravca iz svih girusa pomnoži se s brojem pravaca u girusu ($37' 47'' \times 5$) i tom umnošku dodamo zbroj minuta i sekundi reducirane sredine i dobije se zbroj minuta i sekundi aritmetičke sredine.



Vizurna točka	I girus			II girus		III girus		IV girus		Aritmetička sredina		
	°	'	"	'	"	'	"	'	"	°	'	"
Δ2	0	00	00	00	00	00	00	00	00	0	00	00
Δ3	71	35	06	35	08	35	04	35	12	71	35	08
Δ4	113	41	48	41	55	41	50	41	43	113	41	49
Δ5	195	49	10	49	16	49	14	49	20	195	49	15
Δ6	279	34	57	34	57	35	00	35	06	279	35	00
Σ		41	01	41	16	41	08	41	21		41	12
		41	01									
		41	22									
		41	08									
		41	21									
	164' 46" : 4 = 41' 12"											

U Trigonometrijski obrazac br.2 se upisuju reducirane sredine mjerenih pravaca svih girusa s istog stajališta. Računa se aritmetička sredina mjerenih pravaca iz svih girusa i kontrola računanja.

4.3. Ocjena točnosti mjerenja

Kod ocjene točnosti mjerenja uzima se samo utjecaj slučajnih odstupanja na mjerene veličine. Gruba i sistematska odstupanja se isključuju iz rezultata mjerenja.

Mjereni pravac na prvu točku (prvi pravac) je računanjem sveden na nulu ($0^{\circ} 00' 00''$), pa je stoga i njegova aritmetička sredina također nula ($0^{\circ} 00' 00''$).

Prvi pravac kao i svi ostali mjereni pravci opterećen je pogreškom.

Odstupanje (pogreška) prvog pravca (v_0):
$$v_0 = \frac{[d]}{n}$$

Odstupanje (pogreška) ostalih pravaca (v_n):
$$v_n = d_n - v_0$$

broj girusa (**g**)

broj pravaca u girusu (**n**)

razlika između aritmetičke sredine girusa i reducirane vrijednosti pravca (**dn**)

Standardno odstupanje mjenenog pravca u girusu (m): $m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{(n-1) \cdot (g-1)}}$

Standardno odstupanje aritmetičke sredine (M): $M = \pm \frac{m}{\sqrt{g}}$

Ocjena točnosti dana je na osnovu pokazatelja kvalitete rezultata mjerenje odnosno mjerne nesigurnosti (mjerna nesigurnost pridružena rezultatu mjerenja daje cjelovit mjerni rezultat).

Mjerna nesigurnost izražava se kao standardna devijacija (odstupanje) najvjerojatnije

vrijednosti (aritmetičke sredine) $s_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$, koja se računa se na osnovu standardne devijacije

(odstupanja) svakog pojedinog mjerenja $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$, gdje je $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$

aritmetička sredina, n broj ponovljenih mjerenja i x_i pojedinačni mjerni rezultat.

Mjerenja u geodeziji uspoređujemo s dopuštenim odstupanjem.

Dopušteno odstupanje propisuju se pravilnicima, a **određuju se kao trostruka vrijednost srednjeg odstupanja.**

Dopušteno odstupanje je granična vrijednost slučajnog odstupanja.

Znači granica između slučajnih i grubih odstupanja tj. maksimalno odstupanje jednako je trostrukom iznosu srednjeg odstupanja ($m_{\max}=3m$), izvedeno je iz računa vjerojatnosti, tako da se od 1000 mjerenja mogu očekivati 3 mjerenja koja će imati odstupanje veće od maksimalnog.

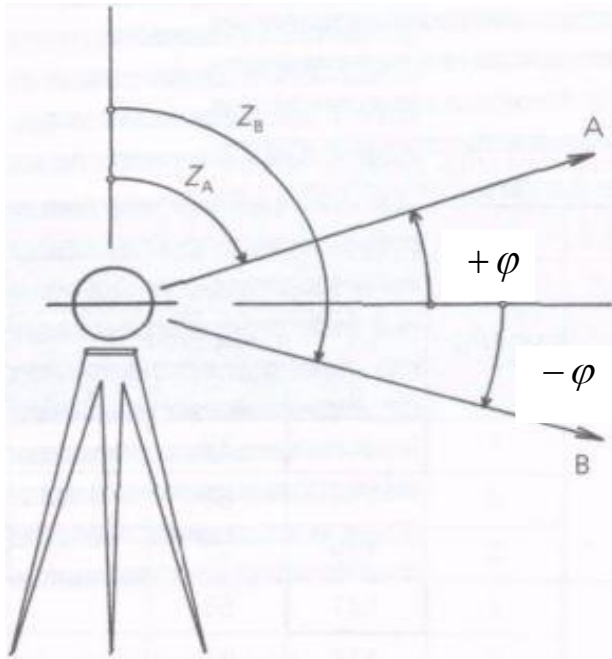
5. Mjerenje vertikalnih kutova

Vertikalni kutovi dijele se:

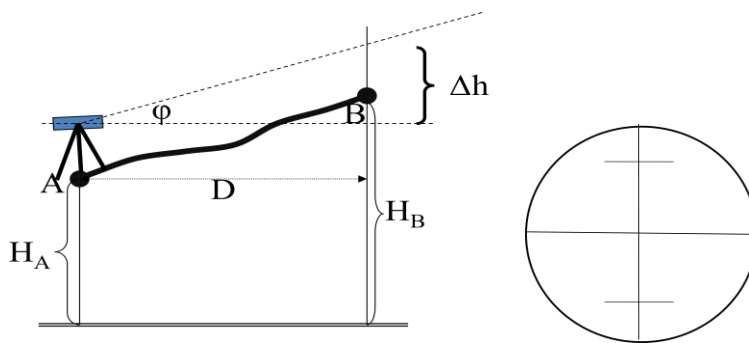
- **Visinske** – kut između horizontale i pravca vizure prema zadanoj točki (φ)
- **Zenitne** – kut između vertikale i pravca vizure prema zadanoj točki (Z)

Visinski kutovi dijele se:

- **Elevacijske** – iznad horizonta $+\varphi$
- **Depresijske** – ispod horizonta $-\varphi$



U geodetskim mjerenjima mjere se **horizontalni kut** i **zenitni kut** (Z_A i Z_B). **Visinski kut** (φ) se računa. $\rightarrow \varphi + Z = 90^\circ$

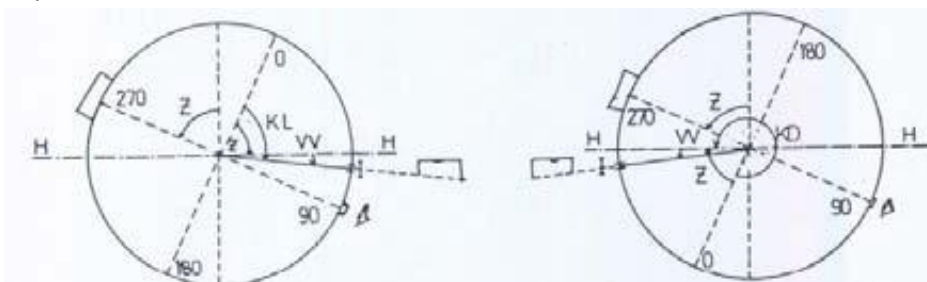


Vertikalni kutovi mjere se za određivanje visinskih razlika u trigonometrijskom nivelmanu za određivanja apsolutnih visina točaka i za redukciju koso mjerene duljine na horizont. U trigonometrijskom nivelmanu mjeri se horizontalna duljina (D) i zenitni kut (Z).

Računa se:

- visinski kut $\varphi = 90^\circ - Z$
- visinska razlika : $\Delta h = D \cdot \operatorname{tg} \varphi$
- visina točke: $H_B = H_A + \Delta h$

Pri mjerenju vertikalnih kutova vertikalni krug ili limb je pokretan, a indeksi za očitavanje podjele je nepomičan.



Zenitni (vertikalni) kutovi mjere se:

- **običnom metodom** tj. mjerenje u jednom položaju instrumenta (u polarnoj metodi izmjere)
- **girusnom metodom** tj. mjerenje u oba položaja durbina

6. Geodetska mreža

Geodetska mreža (s geometrijskog aspekta) **definira se kao konfiguracija tri ili više točaka koje su povezane terestričkim geodetskim mjerenjima** (pravci, kutovi, duljine, visinske razlike i dr.), **satelitskim mjerenjima ili njihovom kombinacijom.**

S obzirom na dimenzije koordinatnog sustava u kojem je definiran položaj točaka geodetske mreže, razlikuju se:

- visinske mreže – jednodimenzionalni model (1D),
- **horizontalne mreže – dvodimenzionalni model (2D),**
- prostorne mreže – trodimenzionalni model (3D).

Metode za uspostavu (određivanja koordinata) geodetskih mreža su:

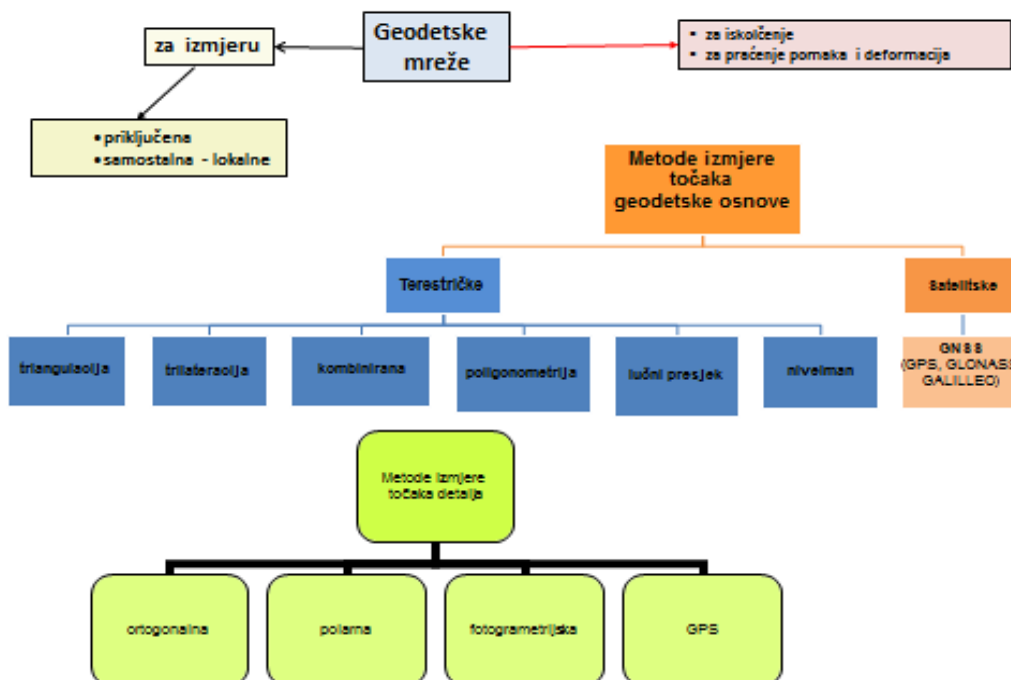
- **terestričke** – npr. triangulacija, trilateracija, poligonometrija, nivelman
- **satelitske** – npr. GPS, GNNS

Geodetske mreže primjenjuju se:

- kao osnova za određivanje dimenzija, oblika i gravitacijskog polja Zemlje
- kao osnova za izmjeru Zemljine površine
- kao osnova za iskolčenje projektiranih objekata
- kao osnova za priključivanje drugih mreža istog ili nižeg ranga

Geodetsku mrežu (osnovu) predstavljaju sve trajno stabilizirane geodetske točke, s poznatim koordinatama, na određenom dijelu Zemljine površine koje su potrebne za određeni zadatak.

Geodetske točke definirane prema metodi određivanja su: trigonometrijske, poligonske, male točke, čvorne, GPS točke, reperi, gravimetrijske.



6.1. Horizontalne mreže (2D)

Osnovni zadatak geodezije je izrada planova i karata. Planovi i karata za manja područja i teritorije cijele države izrađuju se na osnovu podataka prikupljenih na terenu različitim metodama izmjere (snimanja). Taj zahtjev biti će ispunjen ako se za izmjeru terena kao **osnova koriste točke čije su koordinate poznate** u određenom koordinatnom sustavu odnosno ako im je poznati položaj na zemljinoj površini.

Vrste **horizontalnih mreža** su:

- **triangulacijske mreže,**
- **trilateracijske mreže,**
- **poligonske mreže**
- **i linijske mreže.**

6.1.1. Triangulacijska ili trigonometrijska mreža točaka

Skup trigonometrijskih točaka međusobno spojenih u trokute zovemo **triangulacijska ili trigonometrijska mreža**. Da bi se izbjeglo gomilanje pogrešaka koje nastaju mjerenja, državna trigonometrijska mreža kojom je obuhvaćena cijela država razvijena je po principu iz velikog u malom u četiri osnovna i dva popunjavajuća reda.

Trigonometrijska mreža se dijeli na mrežu:

- **I. reda** (77 točaka) - međusobna udaljenost točaka od **20-50 km**
- **II. reda** (470 točaka) - međusobna udaljenost točaka od **15 – 25 km**
- **II. popunjavajućeg reda** - međusobna udaljenost točaka od 9 – 18 km
- **III. reda** (1843 točke) -međusobna udaljenost točaka od **5 – 13 km**
- **III. popunjavajućeg reda** - međusobna udaljenost točaka od 3 – 7 km
- **IV. reda** (23781 točka) - međusobna udaljenost točaka od **1 – 4 km**

Srednja gustoća trigonometrijske mreže svih redova je takva da prosječno na 200 ha površine dolazi po jedna trigonometrijska točka bilo kojeg reda.

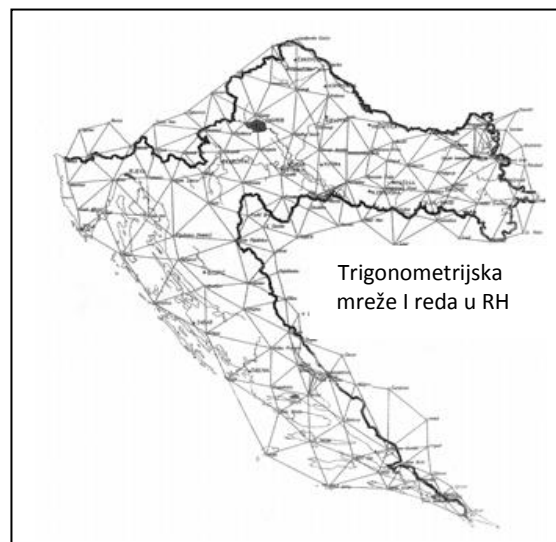
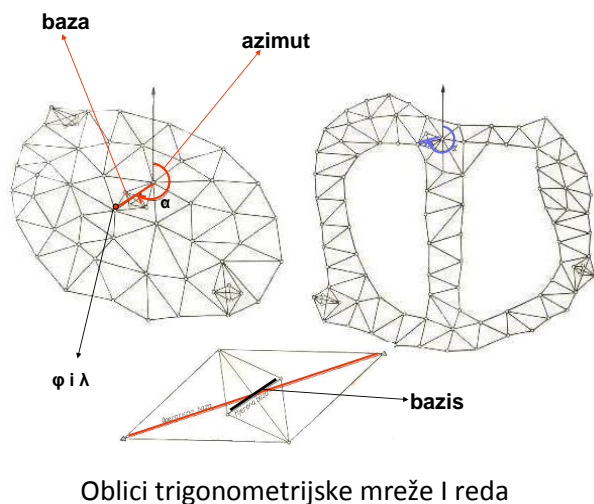
Pri računanja koordinata točaka mreža I., II., II. popunjavajućeg i III. reda uzima se u obzir zakrivljenost Zemlje pa se te točke nazivaju točke višeg reda.

Dok se u mrežama III. popunjavajućeg i IV. reda pri računanja koordinata ne uzima u obzir zakrivljenost Zemlje, pa te točke spadaju u točke nižeg reda tj. računaju se po pravilima ravninske projekcije.

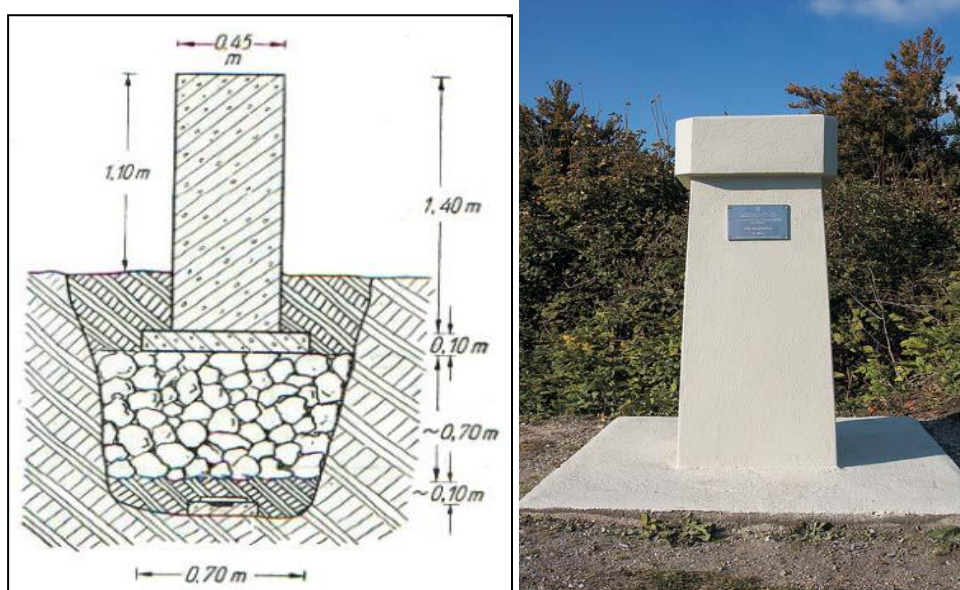
Triangulacijska ili trigonometrijska mreža I. reda

Ima oblik trokuta (*triangulum* - znači trokut) čije su stranice 20 – 50 km. Mjere se svi kutovi u trokutima i duljine jedne stranice - baze (ili više stranica). Koordinate točaka dobivaju se iz kutnih mjerenja primjenom trigonometrije (*naziv – trigonometrijska*).

Položaj baze na elipsoidu određen mjerenjima u praktičnoj astronomiji, iz poznatih koordinata (φ i λ) jedne točke baze, orijentacijskog kuta (azimuta α) i duljine baze.



Stabilizacija trigonometrijske točke I reda



Mrežu I. reda progušćujemo mrežom II. reda. Koordinate točaka mreže II. reda računamo od točaka mreže I. reda, čije su koordinate zadane veličine (poznate). Isti princip mjerenja i računanja iz velikog u malo vrijedi i za točke mreže III. i IV. reda.

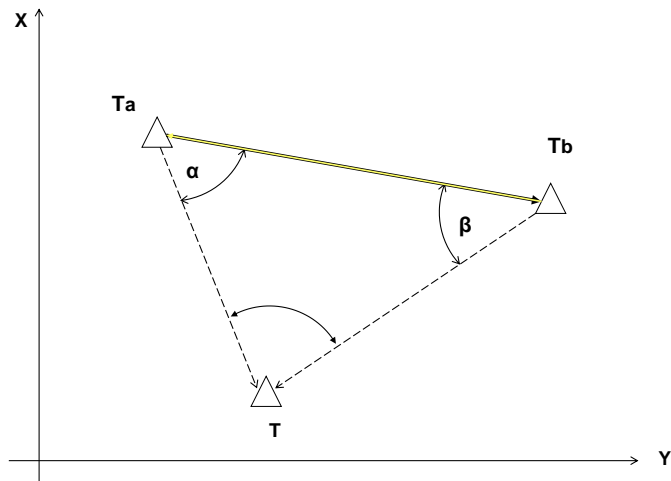
Mrežama točaka I. , II. , i III. reda bavi se viša geodezija, dok se mrežom točaka IV. reda bavi se niža geodezija.

Triangulacijska ili trigonometrijska mreža IV. reda

U triangulacijskoj mreži IV. reda koordinate točaka određujemo presijecanjem pravaca (vizura), a u trilateracijskoj lučnim presjekom jer su mjerene duljine.

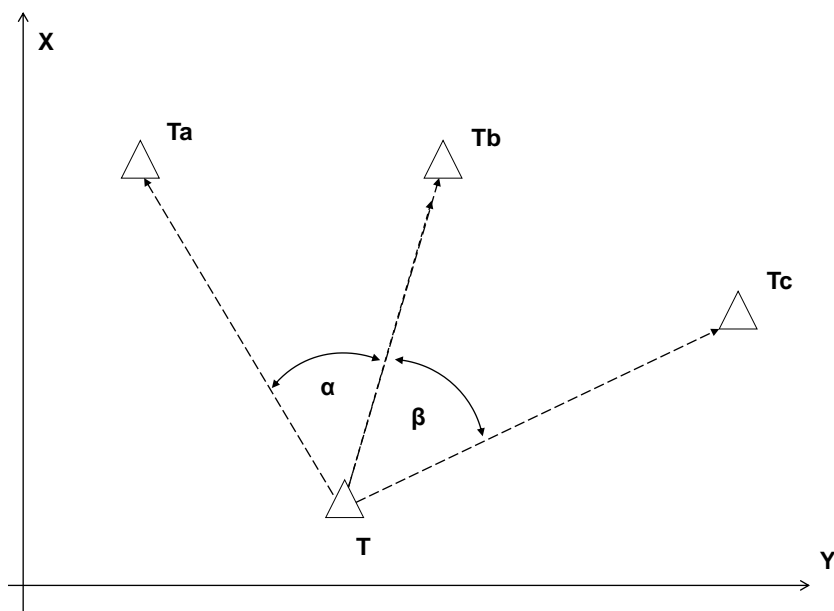
Presjek vanjskih pravaca (presjek naprijed)

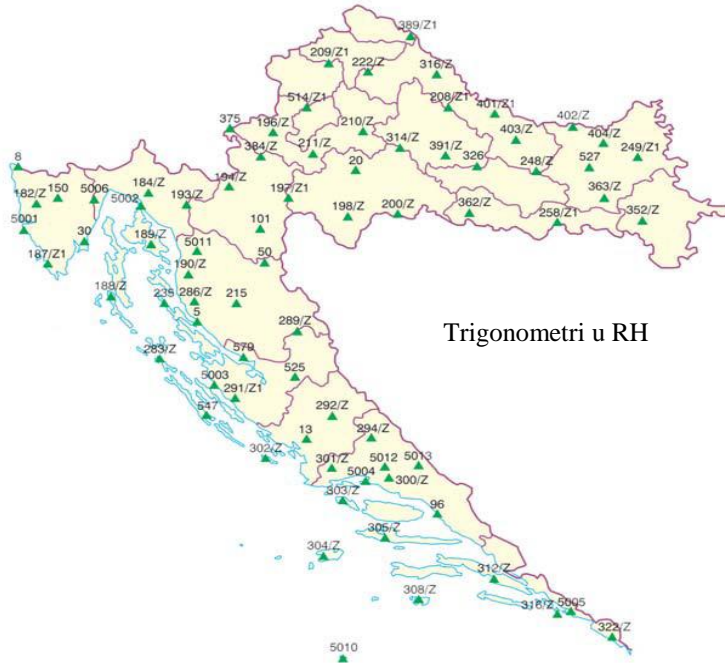
U mreži se mjere horizontalni pravci s poznatih trigonometrijskih točaka na nepoznatu točku. Potrebno je imati najmanje dvije poznate točke i ostvariti povoljan presjek pravaca od 60° do 120° .



Presjek unutarnjih pravaca (presjek natrag)

U mreži se mjere horizontalni pravci s nepoznate točke na poznate okolne točke. Potrebno je obaviti mjerenja na najmanje tri poznate točke, a presjek pravaca ne smije biti manji od 60° .





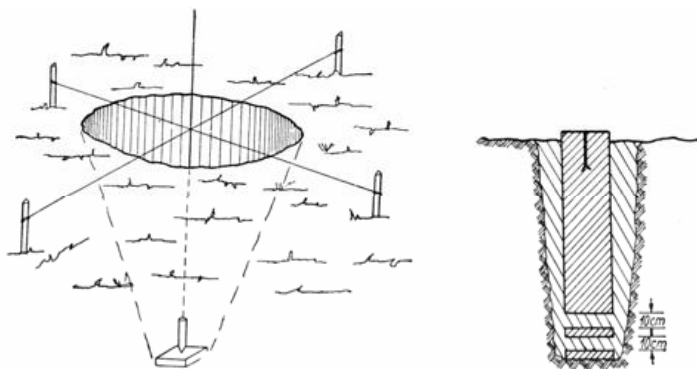
6.1.2. Projektiranje mreže i stabilizacija trigonometrijskih točaka

Mreža se projektira na karti sitnijeg mjerila. Točkama se jednoliko popuni površina između zadanih točaka višeg reda. Točke se moraju dogledati. Potrebno ostvariti povoljne presjeka pravaca. Duljine vizura trebaju biti približno jednake zbog točnosti mjerenja kutova.

Teren se rekognoscira i točke se trajno stabiliziraju.

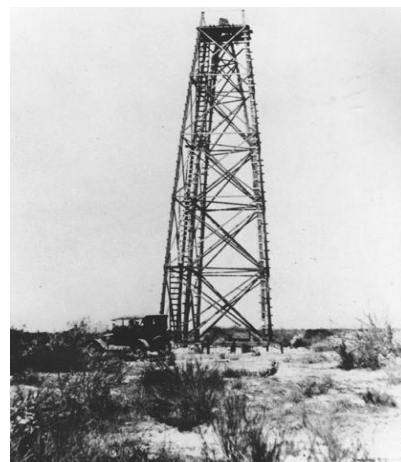
Stabilizacija točaka izvodi se armiranobetonskim ili prirodnim kamenom.

Točke se osiguravaju s dva podzemna centra (keramičke pločice), postavljena u istu vertikalu s nadzemnim centrom. Točke se numeriraju od 1 pa dalje u granicama Katastarskog kotara.



Stabilizacija točaka mreže IV. reda


Signalizacija - piramidom



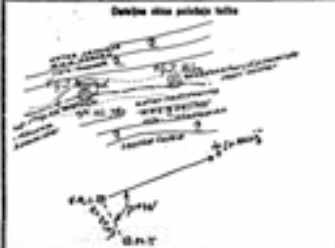
Zbog dogledanja točke se na terenu kod razvijene konfiguracije postavljaju (stabiliziraju) na vrhove brežuljaka. U ravninama se za trigonometrijske točke biraju toranj crkava, dimnjaka (os) tj. uočljivi visoki objekti, na taj način točke su trajno stabilizirane i signalizirane. Prilikom mjerenja točke se signaliziraju jednostavnim signalom visine cca 4 m. Za stabilizirane točke izrađuje **položajni opis** koji služi za nalaženje točaka na terenu, odmjeranjem od uočljivih i stalnih točaka terena.

PODACI O TRIGONOMETRIJSKOJ TOČKI

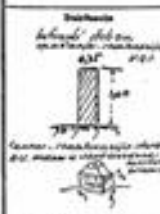
Položajni opis i stabilizirani znak



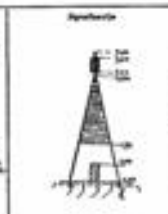
Detalje oko položaja točke



Stabilizacija



Signalizacija



Podaci o točki

Red: *IV* Broj i ime točke: *383*

Metod: *na*

Ime: *Horvatka*

Klasa: *Jastrebarsko*

Mjesta: *Rešetk. naselje*

Općina: *Murter*

Skala: *1:100 000*

Koordinate

$x = 49^\circ 42' 46.11''$

$y = 15^\circ 46' 45.94''$

$z = + 36.970.7$

$u = 5 000.000$

$v = 2 000.000$

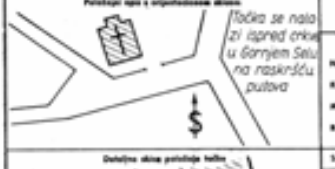
Mjerna mreža

Ime: *50*


Ime točke	X	Y	Z
<i>383</i>	<i>49 42 46.11</i>	<i>15 46 45.94</i>	<i>36.970.7</i>
<i>384</i>	<i>49 42 46.11</i>	<i>15 46 45.94</i>	<i>36.970.7</i>
<i>385</i>	<i>49 42 46.11</i>	<i>15 46 45.94</i>	<i>36.970.7</i>
<i>386</i>	<i>49 42 46.11</i>	<i>15 46 45.94</i>	<i>36.970.7</i>
<i>387</i>	<i>49 42 46.11</i>	<i>15 46 45.94</i>	<i>36.970.7</i>

PODACI O TRIGONOMETRIJSKOJ TOČKI

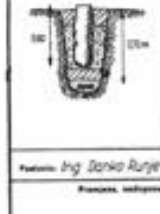
Položajni opis i stabilizirani znak



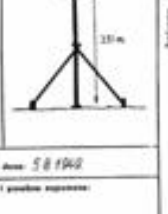
Detalje oko položaja točke



Stabilizacija



Signalizacija



Podaci o točki

Red: *IV* Broj i ime točke: *383*

Metod: *na*

Ime: *Horvatka*

Klasa: *Jastrebarsko*

Mjesta: *Rešetk. naselje*

Općina: *Murter*

Skala: *1:100 000*

Koordinate

$x = 49^\circ 42' 46.11''$

$y = 15^\circ 46' 45.94''$

$z = + 36.970.7$

$u = 5 000.000$

$v = 2 000.000$

Mjerna mreža

Ime: *50*

Ime točke	X	Y	Z
<i>383</i>	<i>49 42 46.11</i>	<i>15 46 45.94</i>	<i>36.970.7</i>
<i>384</i>	<i>49 42 46.11</i>	<i>15 46 45.94</i>	<i>36.970.7</i>
<i>385</i>	<i>49 42 46.11</i>	<i>15 46 45.94</i>	<i>36.970.7</i>
<i>386</i>	<i>49 42 46.11</i>	<i>15 46 45.94</i>	<i>36.970.7</i>
<i>387</i>	<i>49 42 46.11</i>	<i>15 46 45.94</i>	<i>36.970.7</i>

6.1.3. Karakteristika trigonometrijskih točaka

Koordinate trigonometrijskih točaka određivane su **klasičnim metodama mjerenja triangulacije i trilateracije**. Trigonometrijske točke su stabilizirane na tlu ili kao **visoke točke** (toranj crkve, vrh antene, dimnjak i sl.).

Vrijednosti koordinata trigonometrijskih točaka **I. reda iskazane su na milimetar**.

Vrijednosti koordinata trigonometrijskih točaka **ostalih redova iskazane su na centimetar**.

Trigonometrijska **mreža je dvodimenzionalna**.

Visine točaka su određene **trigonometrijskim ili geometrijskim nivelmanom**.

Triangulacija je metoda određivanja koordinata točaka mjerenjem kutova u trigonometrijskoj mreži.

Trilateracija je metoda određivanja koordinata točaka mreže mjerenjem duljina između točaka trigonometrijske mreže. U mreži IV. reda položaj točke tj. koordinate određujemo mjerenjem duljina tj. presjekom lukova.

6.2. GNSS mreža (prostorna)

Skup stabiliziranih točaka na terenu kojima su određene (elipsoidne) koordinate, metodom globalnog satelitskog pozicioniranja.

GNSS mreža dijeli se na:

➤ osnovnu mrežu:

- državna mreža referentnih GNSS stanica → CROPOS
- referentna mreža 0. reda
- referentna mreža 1. reda
- referentna mreža 2. reda (GNSS mreža 10 x 10 km)

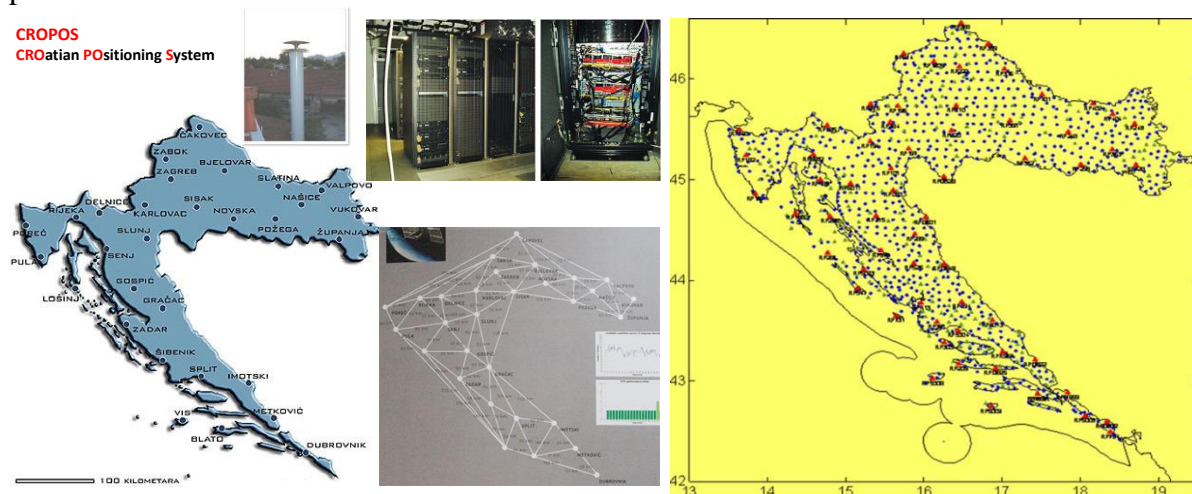
➤ dopunsku ili popunjavajuću mrežu:

- referentna mreža 3. reda.

Referentnu mrežu 0. i 1. reda čini ukupno 78 točaka, od kojih 10 točaka pripada mreži 0. reda i dio su Europskog referentnog koordinatnog sustava (EUREF).

GNSS točke referentne mreže 3. reda su GNSS homogena polja gradova. To su točke geodetske osnove za obavljanje radova katastarskih izmjera.

CROPOS (Hrvatski pozicijski sustav) sastoji se od 30 referentnih GNSS stanica koje su na prosječnoj međusobnoj udaljenosti od 70 km, prekrivaju cijelo područje Republike Hrvatske. Postavljene su u svrhu prikupljanja podataka satelitskih mjerenja i računanja korekcijskih parametara.



Karakteristika GNSS točaka

GNSS mreža je trodimenzionalna, položaj točke određen je na elipsoidu GRS80:

- polarnim geodetskim koordinatama - φ , λ , h (geodetska širina, geodetska duljina, elipsoidna visina)
- pravokutnim geocentričnim kartezijskim koordinatama (X, Y, Z)

Koordinate GNSS mreže 0., 1., i 2. reda iskazane su na milimetar.

Koordinate točaka referentne GNSS mreže 3. reda iskazane su na centimetar. Za numeriranje GPS točaka nema propisa ali je dogovor da se u okviru jednog homogenog polja numeriraju od 1001 pa dalje.

7. Poligonometrija - poligonska mreža

Postavljanje geodetske osnove (uspostava mreže) za izmjeru detalja podrazumijeva skup svih radova kojima je cilj određivanje položaja geodetskih tačaka u državnom ili lokalnom koordinatnom sustavu, prema prethodno izrađenom projektu.

Geodetska osnova za izmjeru detalja izrađuje se rekonstrukcijom stare i razvijanjem nove mreže.

Znači geodetska osnova kojom popunjavamo trigonometrijsku mrežu da bi se **približili detalju je poligonska mreža** (mreža za izmjeru detalja).

Postavlja se u obliku niza poligonskih točaka na udaljenosti od 100 do 300 m. Točke su međusobno povezane mjerenjem kutova i duljina i čine **poligonske vlakove**.

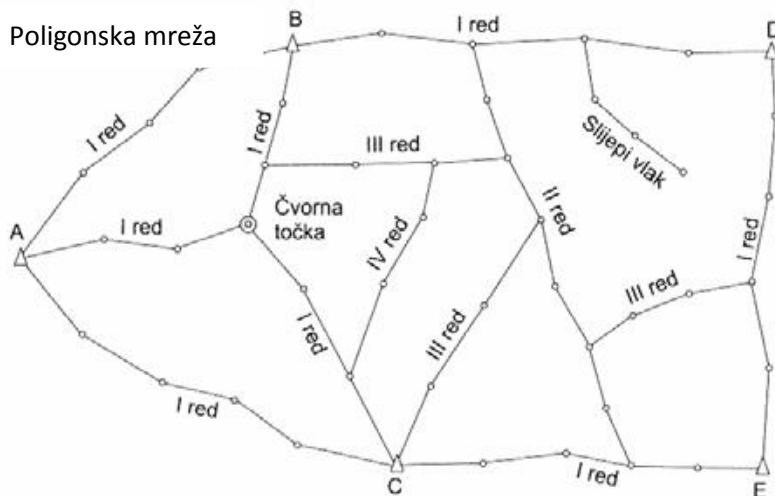
Poligonska mreža je skup više poligonskih vlakova.

Niz stabiliziranih točaka na terenu spojenih linijama zovemo poligonski vlak.

Po principu mjerenja iz velikog u malo poligonski vlakovi se dijele u redove: I., II., III. reda, a po potrebi i IV. reda.

Poligonska mreža (poligonometrija) služi za detaljnu izmjeru zemljišta, iskolčenje građevina, te izmjeru i iskolčenje podzemnih objekata.

Oblik (konfiguracija) poligonske mreže ovisi o terenskim uvjetima (konfiguracija terena, zaraštenosti, izgrađenosti, položaj danih točaka itd.) i sposobnosti stručnjaka da projektira mrežu koja će odgovarati namjeni.



Vlakovi I. reda ili glavni vlakovi su oni koji su na svom početku i kraju priključeni na trigonometrijske točke.

Vlakovi II. reda su oni koji su priključeni na poligonske točke u vlakovima I reda i tako redom dalje.

Vlakovi I. reda (glavni vlakovi) sačinjavaju **osnovnu poligonsku mrežu**, na koju su priključeni **vlakovi nižih redova ili sporedni vlakovi** koji sačinjavaju **dopunsku poligonsku mrežu**.

Prema našim propisima svakom se vlaku dodaje njegov redni indeks, i to tako da vlakovi I. reda imaju redni indeks 1, a redni indeks svakog drugog vlaka jednak je zbroju rednih indeksa vlakova na koje je vezan.

Tri ili više vlakova mogu biti spojeni u jednoj točki koju nazivamo **čvorina točka**.

7.1. Projekt, rekognosciranje, stabilizacija poligonske mreže

Poligonske točke se mogu stabilizirati (obilježiti) **trajno** (keramika, kamen, beton...) i **privremeno** (drvenim kolcem).

Projekt poligonske mreže

Izrađuje se na planovima i kartama mjerila 1:2500, 1:5000 ili 1:10 000 unutar jedne katastarske općine. Prethodno smo rekli da poligonska mreža služi kao osnova za izmjeru detalja, a ona se obavlja unutar jedne katastarske općine. Za svaku katastarsku općinu izrađuje se **skica poligonske mreže** u mjerilu 1:5000 ili 1:10000.

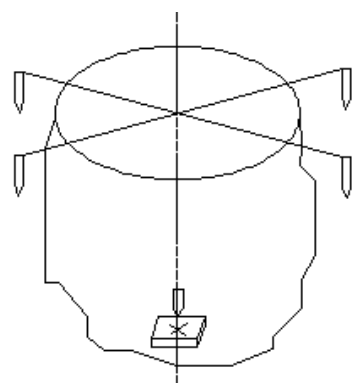
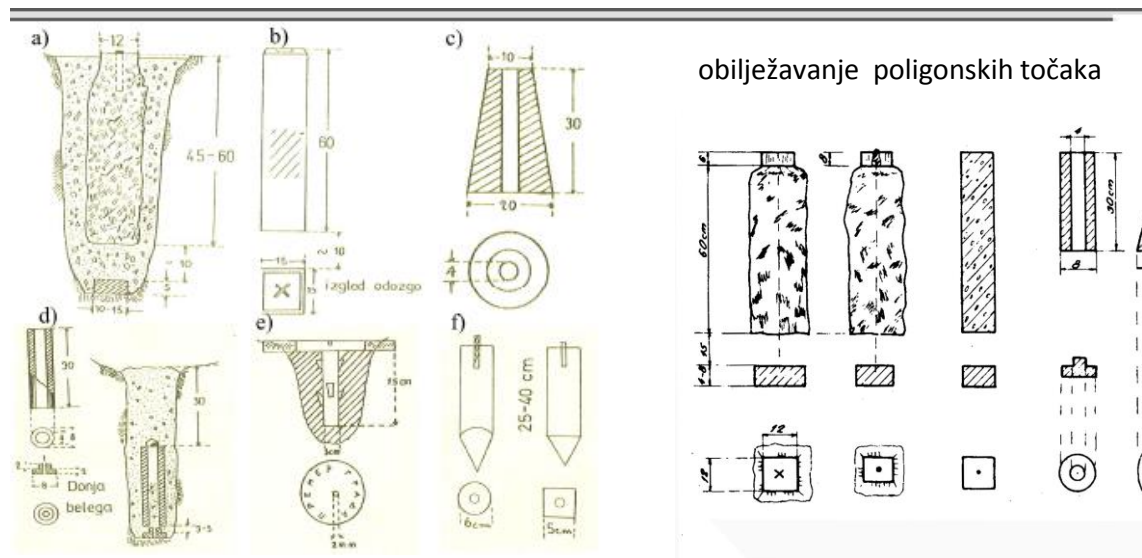
Rekognosciranje poligonske mreže

Pod rekognosciranjem poligonske mreže podrazumijeva se izbor mjesta na terenu za postavljanje (stabilizaciju) poligonskih točaka. Poligonske točke treba postavljati na mjesta gdje neće biti oštećene ili uništene npr. na međe parcela, pored kolnika na bankini ceste, dalje od odrona zemljišta na stabilan teren itd. S obzirom da poligonska mreža služi kao osnova za izmjeru detalja **treba paziti na uvjete poligonskog vlaka.**

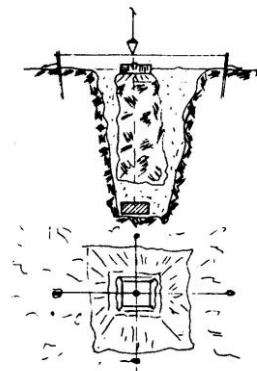
Stabilizacija poligonskih točaka

Kad se poligonska mreže uspostavlja za izmjeru detalja, točke poligonske mreže trajno se stabiliziraju. Način stabilizacije ovisi o vrsti terenske podloge i mjestu postavljanja oznake (oranica, livada, pašnjak, stijena, beton, makadam, asfalt itd.)

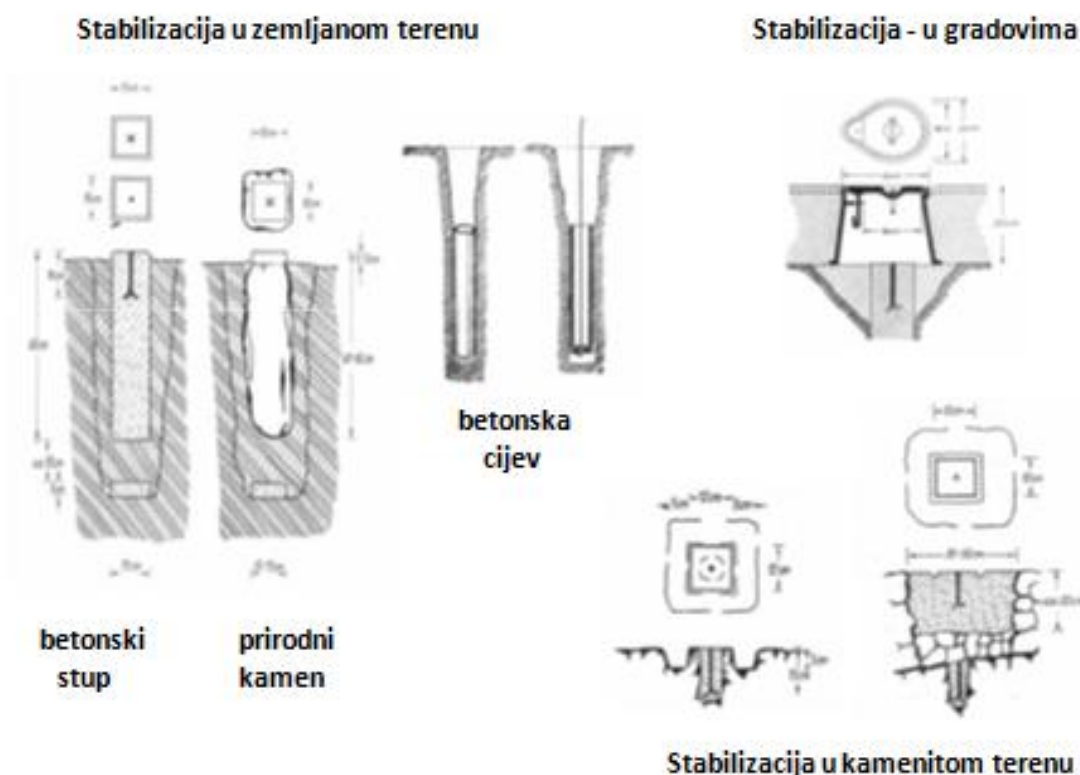
Oznake se izrađuju od keramike, kamena, betona i željeza. Centar na gornjoj površini je označen križem ili rupicom u željeznoj šipci promjera 3 mm.



Stabilizacija poligonskih točaka



Za stabilizaciju točke u zemljanom terenu iskopa se rupa dubine 70cm i postavi podzemni centar na mjestu izabranom za poligonsku točku. Iznad podzemnog centra postavi se visak koji će definirati položaj nadzemnog centra koji mora stajati u istoj vertikali sa centrom (sredinom) podzemnog centra. Na udaljenosti oko 1m od rupe zabiju se četiri kolca tako da špaga razapeta između dva i dva kolca tangira visak. Makne se špaga i nabaca na podzemni centar određena količina zemlje. Na podzemni centar postavi se nadzemni tako da je iznad zemlje 5cm. Nadzemni centar smjesti se tako da između kolaca zategnute špaga i na presjeku špagica označi se nadzemni centar.



Položajni opis

Za stabilizirane točke izrađuje **položajni opis** koji služi za nalaženje točaka na terenu.

Opis položaja poligonskih točaka radi se u **trigonometrijskom obrascu br. 27**.

U obrascu se **crta detaljna skica položaja tačke** u približnom mjerilu, pri čemu se dozvoljava karikirati manje važne detalje. Na skici se ucrtavaju: prometnice, naziv prometnice, granice parcela sa podacima o posjednicima i kulturi zemljišta, karakteristično drveće, telefonski i električni stupovi sa brojevima, kanali i dr. objekti.

Točka se osigura odmjeranjem koso po terenu, centimetarskom točnošću od najbližih uočljivih stalnih objekata. Potrebno je napraviti najmanje tri odmjeranja pravilno raspoređena oko točke.

Poligonske točke se numeriraju po katastarskim općinama od broja 1 do 999.

Ako poligonsku mrežu razvijmo u gradu i izvan grada, numeriraju se prvo točke u gradu zatim one izvan grada (nastavno na zadnji broj točke u gradu).

Geodezija 2

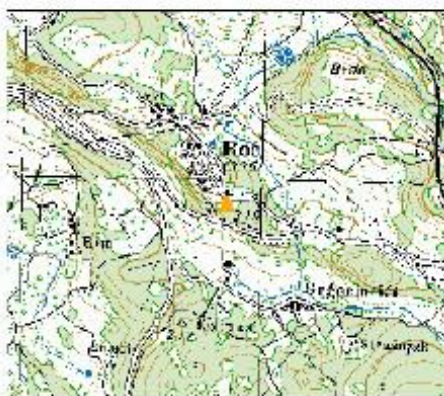


REPUBLIKA HRVATSKA
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA

PODACIO GEODETSKOJ TOČKI

Broj, ime točke: 159 -	TK 1 : 25 000 Rašpor 367-1-1	Naselje: Rim	Red točke: TT 4. reda
Trig. kotar: BUZET	HOK 1 : 5 000 Buzet 5C19-48	Vrsta točke: TT - centar	Identifikacijski broj: 1 002 668
Područni ured: Pazin			
Ipostava: Buzet			
Kat. općina: Roč, 302198			

Kopija karte TK25 s ucrtanim položajem točke :



Način stabilizacije:
Klesani stup od prirodnog kamena dimenzija 15x15x60 cm -
centar uhlećani križ



Detaljna skica opisa položaja točke:



Način signalizacije / Fotografija točke :



ETRS '89		ITRF		HRVATSKI DRŽAVNI KOORDINATNI SUS'TAV			
(elipsoid GRS80)		ITRF: ETRS89 Epoha: 1989.0		Gauss - Krügerove koordinate			
				Novo:		Stare:	
$\varphi = 45^{\circ} 23' 29,078550''$	$\varphi =$			y =		y = 5 425 864.62	
$\lambda = 14^{\circ} 2' 54,360680''$	$\lambda =$			x =		x = 5 027 895.27	
				Nadmorska visina:		Nadmorska visina:	
h = 364.3210	h =			H trig. =	H geom. =	H trig. = 319.2700	H geom. = 0.0000

Stabilizirao: Ljubomir Đurkić Dana: 1957

Primjedba: -

1eb38597-8627-8857-8b69-d6c60e5b613 (za karte) (IJK)

Pristup: Točka se nalazi južno od mljekare u Roču. Autom moguć pristup do 30 m od točke.

Položajni opis točke

dna	Mog. obn.	Obnovljena	Ocjena	Službenik	Datum
-	-	NE	5	B. Verbanac	18.10.2004.

7.2. Poligonski vlak

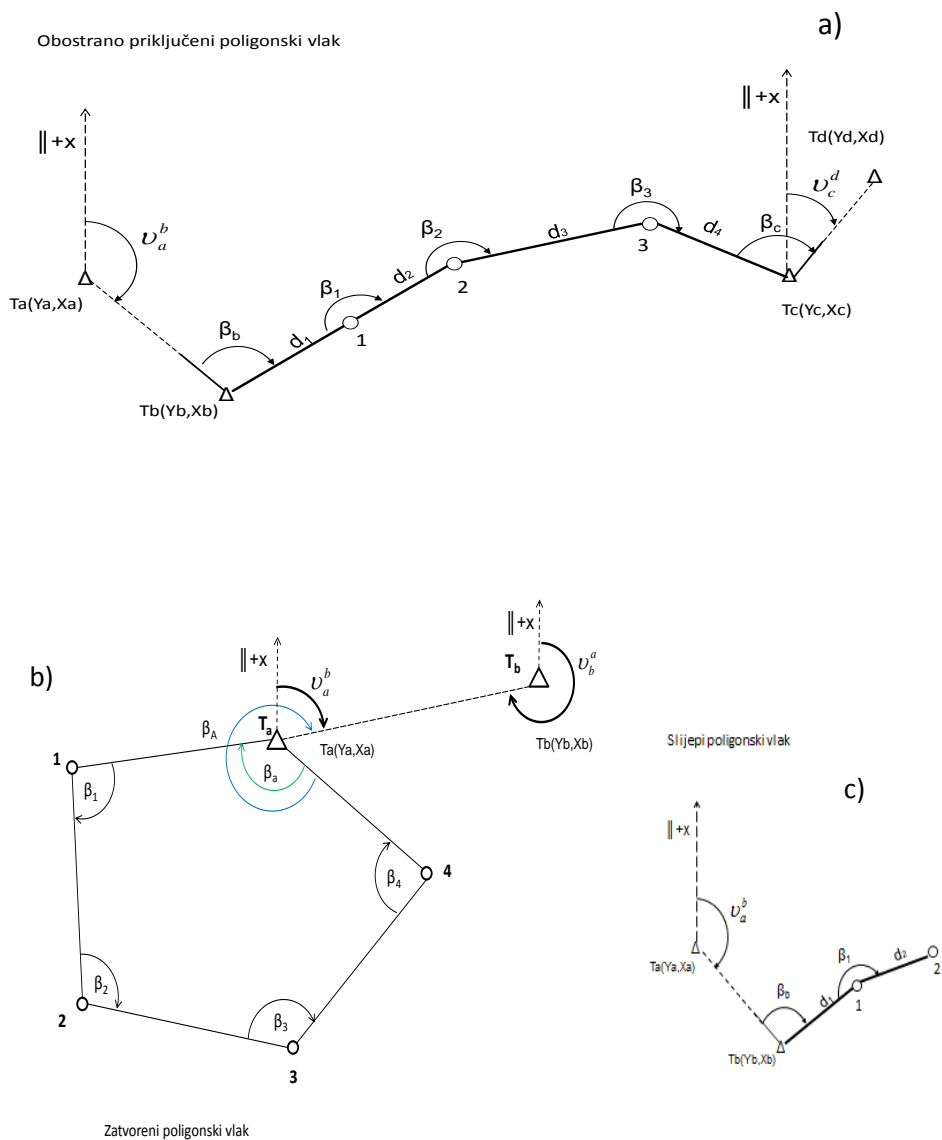
Poligonski vlak je niz točaka stabiliziranih na terenu i povezanih mjerenim kutova i duljina.

Vrste poligonskih vlakova

Umetnuti poligonski vlak (obostrano priključeni) je vlak položen između dvije triangulacijske ili poznate točke (a).

Zatvoreni poligonski vlak je vlak koji počinje i završava na istoj točki (b).

Slijepi poligonski vlak je vlak koji počinje na poznatoj, a završava na nepoznatoj točki (c)



Po obliku vlak može biti **ispružen i izlomljen**.

Uvjeti poligonskog vlaka

Poligonski vlakovi moraju zadovoljiti sljedeće uvjete:

- uvjet iskorištenosti
- matematičke uvjete

Uvjet iskorištenosti definira postavljanje poligonskih točaka tako da se s njih može snimiti što više detalja. Oblik i duljinu vlaka određuju oblici terena koji se mjeri ili oblik objekta koji se iskolčava.

Matematički uvjet definira poligonski vlak kao:

- **ispružen**, prijelomni kutovi trebaju biti približno 180°
- i **istostraničan**, poligonske stranice približno jednakih duljina.

Potrebno je izbjegavati **kratku stranicu čija je duljina manja od omjera 1:3** (npr. ako su stranice dugačke 100m, tada ne bi trebali imati poligonsku stranicu 30m). Ako se ipak mora imati kratka stranica u vlaku tada je pri mjerenju potrebno koristiti **pribor za prisilno centriranje**.

7.3. Mjerenja poligonskih stranica u vlaku

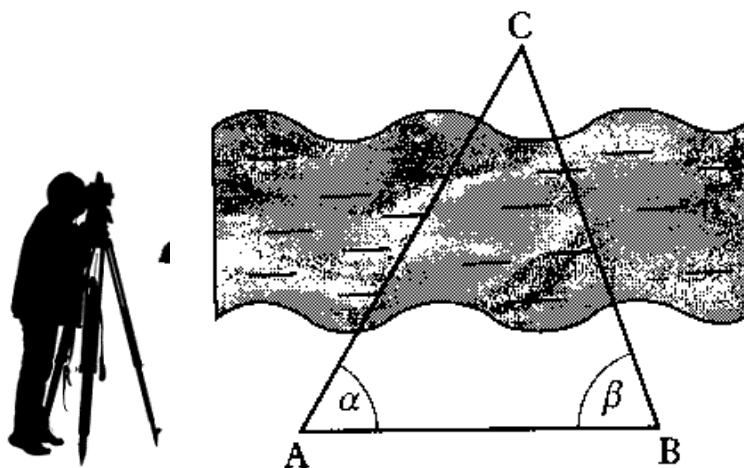
U poligonskom vlaku mjere se: **poligonske stranice i poligonsku kutovi (vezni i prijelomni)**.

Iz mjernih podataka računaju se **koordinate novih (traženih) poligonskih točaka**.

Poligonske stranice se mogu mjeriti: **mehanički, optički i elektrooptički** ili se mogu **indirektno odrediti** (riješavanjem trokuta).

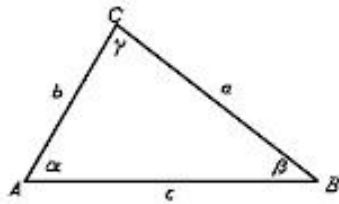
Ako poligonsku stranicu ne možemo mjeriti mehanički npr. kod priključka vlaka na nepristupačnu točku, tada se ona određuje indirektno riješavanjem trokuta primjenom sinusovog ili kosinusovog poučka.

Sinusov poučak pri određivanju poligonske stranice koristi se kad se poligonske točke dogledaju (između njih je prometnica, rijeka i sl.).



Određivanje poligonske stranice primjenom sinusovog poučka

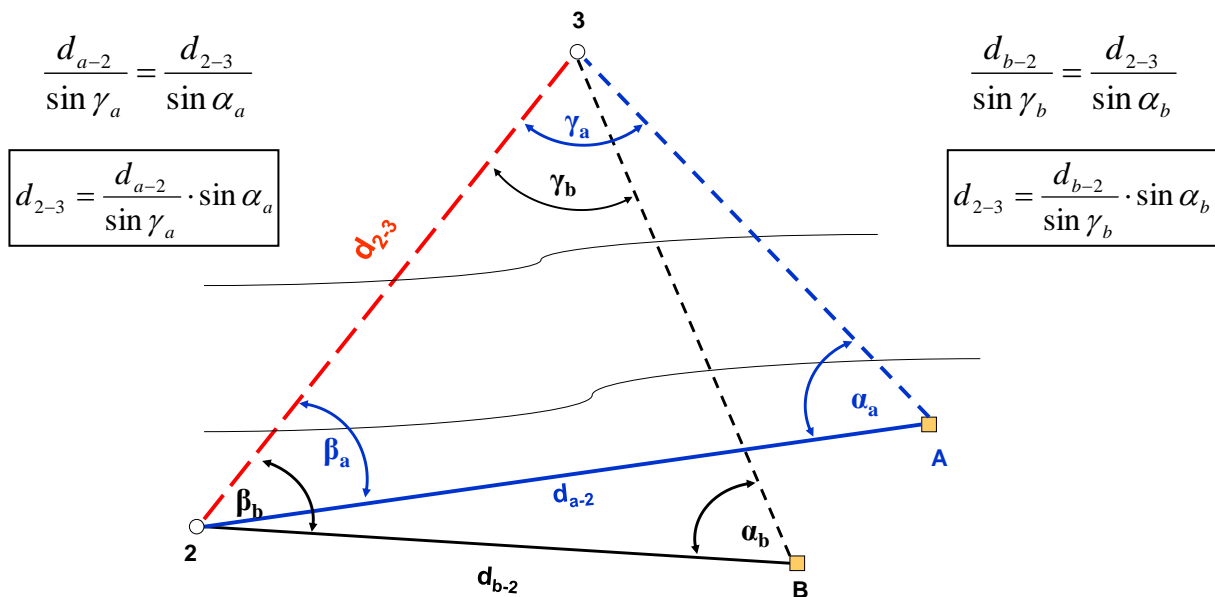
$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$



Sinusov poučak glasi omjer stranice trokuta i sinusa nasuprotnog kuta jednak je za sve stranice trokuta.

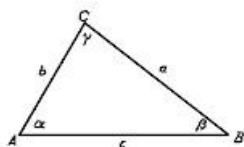
U trokutima koji se formiraju na terenu mjere se: jedna stranica i svi kutovi u trokutu. Poligonska stranica d_{2-3} izračuna se pomoću sinusovog poučka.

U prvom trokutu mjereno je: d_{a-2} , α_a , β_a , γ_a , a u drugom mjereno je: d_{b-2} , α_b , β_b , γ_b .



Određivanje poligonske stranice primjenom cosinova poučka

Kosinusov poučak se primjenjuje kad se na poligonskoj stranici nalazi prepreka, pa se poligonske točke ne dočleđaju. Za određivanje poligonske stranice primjenom sinusovog i kosinusovog poučka na terenu se formiraju dva trokuta, tj. poligonska stranica određuje se iz dva trokuta.



$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos \beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$$

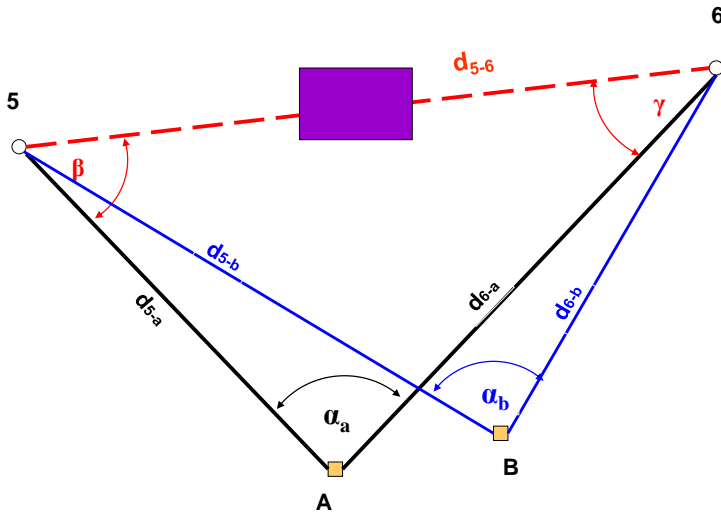
Geodezija 2

Kosinusov poučak glasi kvadrat stranice u trokutu jednak je zbroju kvadrata drugih dviju stranica, umanjenom za dvostruki umnožak tih stranica i kosinusa kuta između njih.

U trokutima koji se formiraju na terenu mjere se dvije stranice i kut između njih.

$$d_{5-6}^2 = d_{5-a}^2 + d_{6-a}^2 - 2 \cos \alpha_a \cdot d_{5-a} \cdot d_{6-a}$$

$$d_{5-6}^2 = d_{5-b}^2 + d_{6-b}^2 - 2 \cos \alpha_b \cdot d_{5-b} \cdot d_{6-b}$$

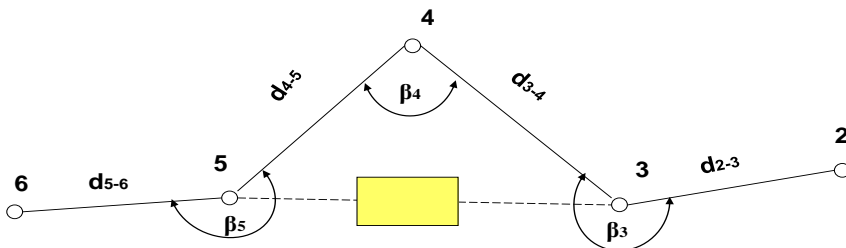


$$\cos \gamma = \frac{d_{5-6}^2 + d_6^2 - d_5^2}{2d_{5-6} \cdot d_6}$$

$$\cos \beta = \frac{d_{5-6}^2 + d_5^2 - d_6^2}{2d_{5-6} \cdot d_5}$$

Kutovi α i β računaju se pomoću sinusovog poučka.

Cosinusov i tangensov poučak se u poligonskom vlaku rijetko primjenjuju jer možemo zaobići prepreku umetanjem nove poligonske točke.



Mehaničko mjerenje poligonske stranice

Mehanički se duljine poligonske stranice direktno mjere vrpcom ili lancem, a razlika dvaju mjerenja ne smije biti veća **od dopuštenih odstupanja koja ovise o kategoriji terena:**

$$\Delta I = 0,0070 \sqrt{D}$$

$$\Delta II = 0,0090 \sqrt{D}$$

$$\Delta III = 0,0120 \sqrt{D}$$

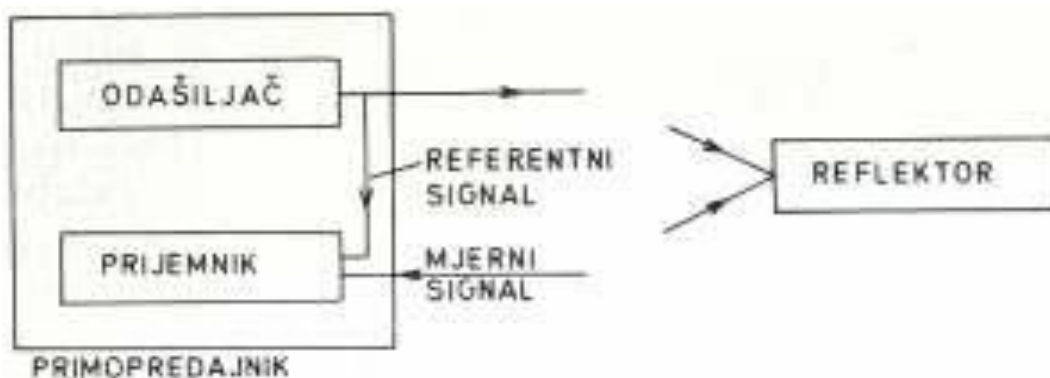
Mjerenje poligonskih stranica elektronički.

Fizikalni princip elektroničkog mjerenja dužina zasniva se na mjerenju:

- **vremena** koje je elektromagnetskom valu potrebno za prijelaz mjerene dužine u oba

smjera $\Rightarrow D = \frac{v \cdot t}{2}$

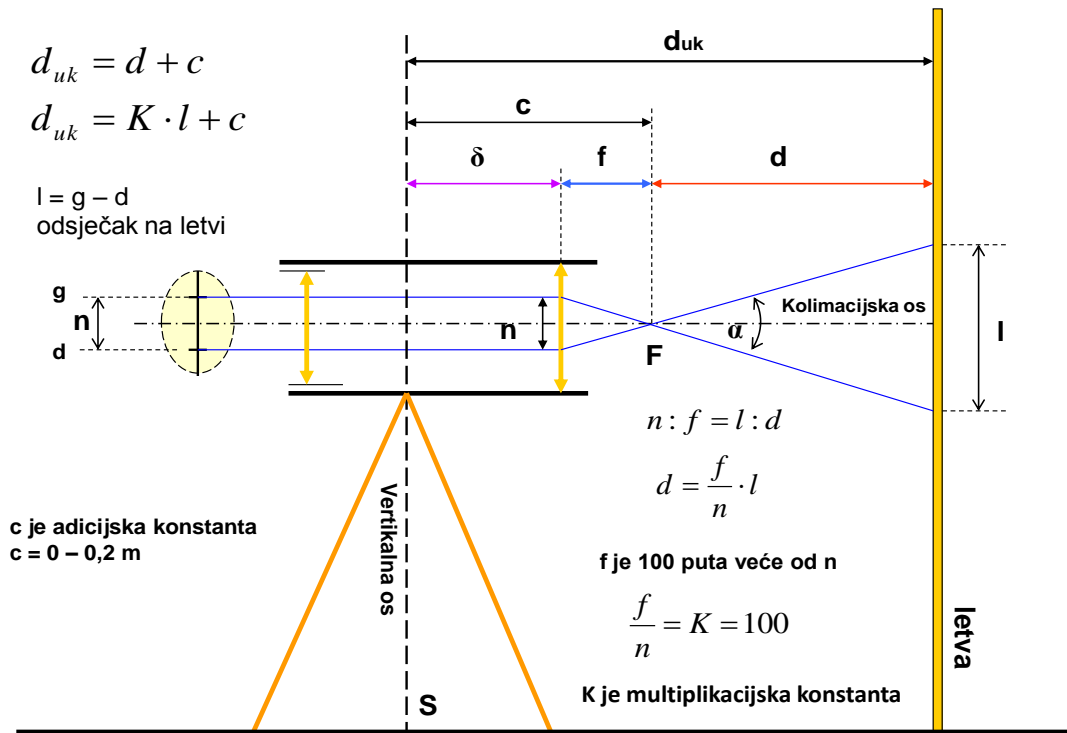
- **ili faznog pomaka** emitiranog i reflektiranog vala $\Rightarrow D = \frac{1}{2}(n\lambda + p)$
 - "n" – broj cijelih valnih duljina λ ;
 - "p" – fazni pomak



Mjerenje poligonskih stranica optički

Princip mjerenja duljine optičkim daljinomjerima zasnovan je na rješavanju trokuta, u kojem je jedna stranica poznata ili mjerena te su poznata ili mjerena dva kuta. Taj trokut naziva se Daljinomjerni ili paralaktički trokut.

Reichenbachov daljinomjer

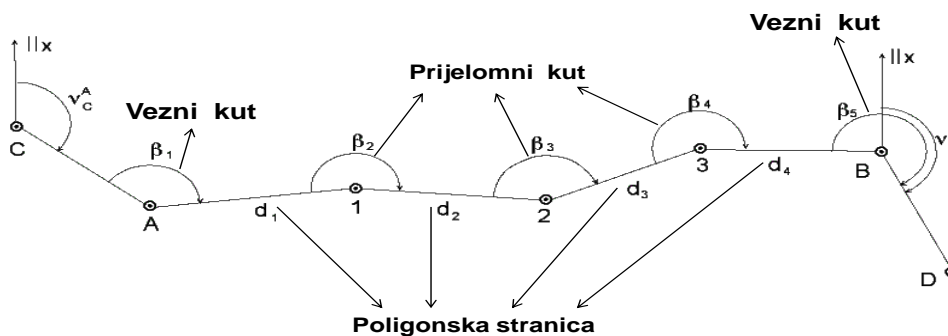


7.4. Mjerenje kutova u poligonskom vlaku

U poligonskom vlaku mjere se **horizontalni kutovi: vezni i prijelomni**, girusnom metodom, teodolitom podatka 6" do 30" , elektroničkim teodolitom ili totalnom stanicom.

Broj girusa određen je prema redu mreže. U naseljenim mjestima pri mjernju kutova koristi se pribor za prisilno centriranje.

Poligonski vlak – obostrano priključen



Vezni kut je horizontalni kut mjereno na poznatoj (danoj/zadanoj) točki.

Prijelomni kut je kut mjereno na nepoznatoj (traženoj) točki.

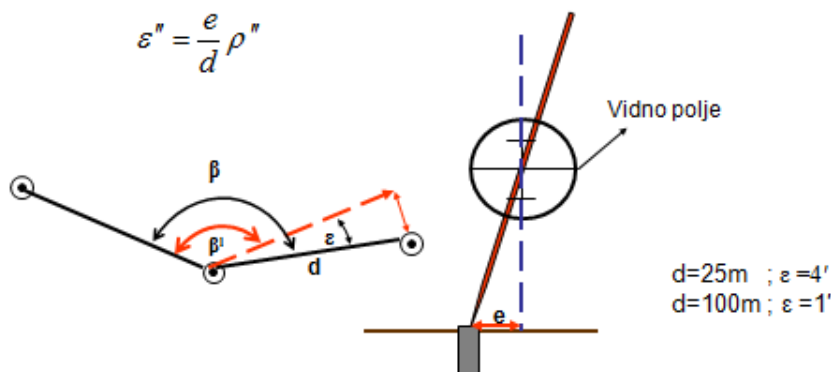
Prije mjerenja kutova treba ispitati uvjet vertikalne osi teodolita.

Pogreške mjerenja kutova

Na točnost mjerenja kutova najviše utiču :

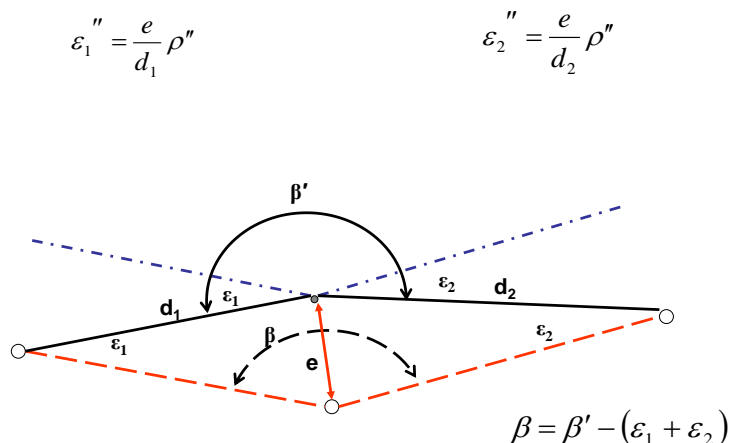
- pogreška vizurne značke (ekscentricitet trasitke ili vizurne značke)
- pogreška centriranja instrumenta (ekscentricitet instrumenta)

Pogreška vizurne značke



Nastaje viziranjem na trasirku, koja nije postavljena u vertikalni položaj, zbog raslinja ne možemo vizirati dno trasirke. Izmjeri se kut β' , a trebalo je izmjeriti kut β . Pogreška je veća ako je poligonska stranica kraća.

Pogreška centriranja



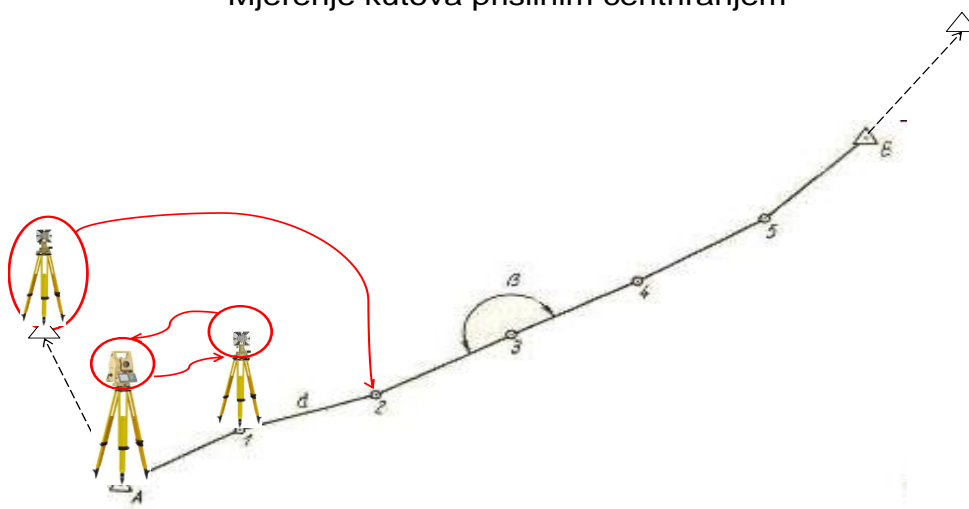
Nastaje ukoliko se centriranje obavlja običnim viskom. Ove pogreške se eliminiraju prisilnim centriranjem.

Princip mjerenja kutova prisilnim centriranjem

Komplet za prisilno centriranje sadrži : tri stativa, dvije značke ili prizme i instrument (optički ili elektronički teodeolit ili TC).

Na početnu (poznatu) točku poligonskog vlaka postavi se stativ s instrumentom (centrira i horizontira). Jedan stativ sa značkom ili prizmom postavi se na točku orijentacije, a drugi na prvu (nepoznatu) točku vlaka. Izmjeri se početni vezni kut. Stativ sa značkom ili prizmom s točke orijentacije premjesti i postavi se na drugu (nepoznatu) točku vlaka. Instrument s početne točke vlaka premjesti se na stativ koji se nalazi na prvoj točki vlaka umjesto prizme ili značke. Prizma ili značka s tog stativa se postavi na stativ početne točke vlaka. Izmjeri se prijelomni kut i postupak se ponavlja dok se ne izmjere svi kutovi u poligonskom vlaku. Ako se mjeri elektrooptičkim instrumentima istovremeno s izmjerom kutova mjere se i duljine.

Mjerenje kutova prisilnim centriranjem



7.5. Osnove geodetskog računanja

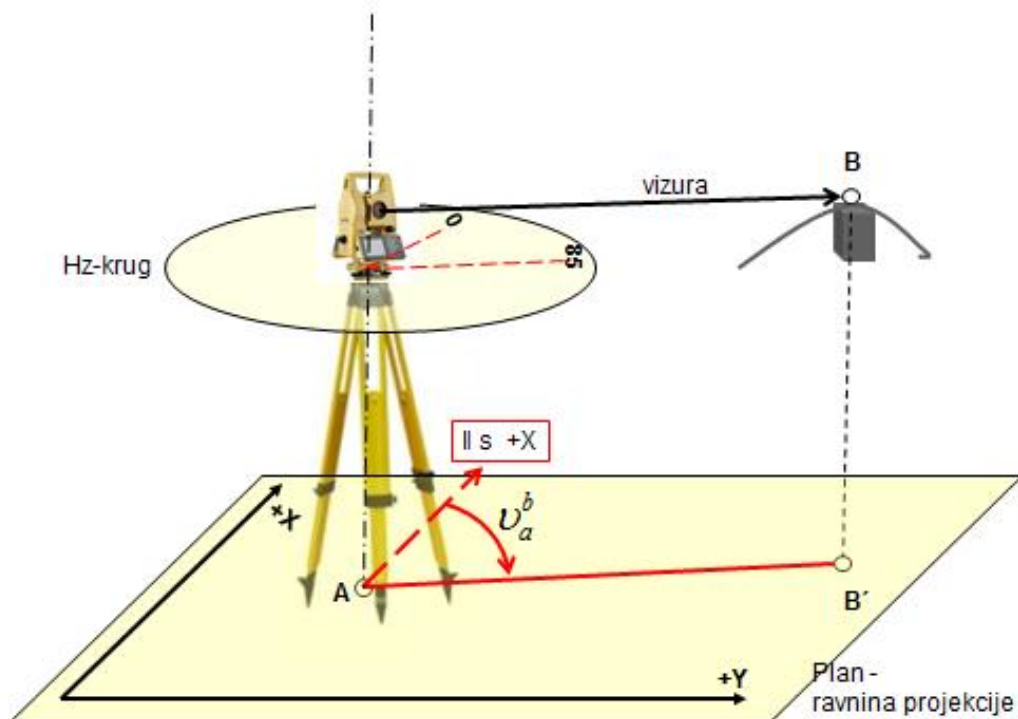
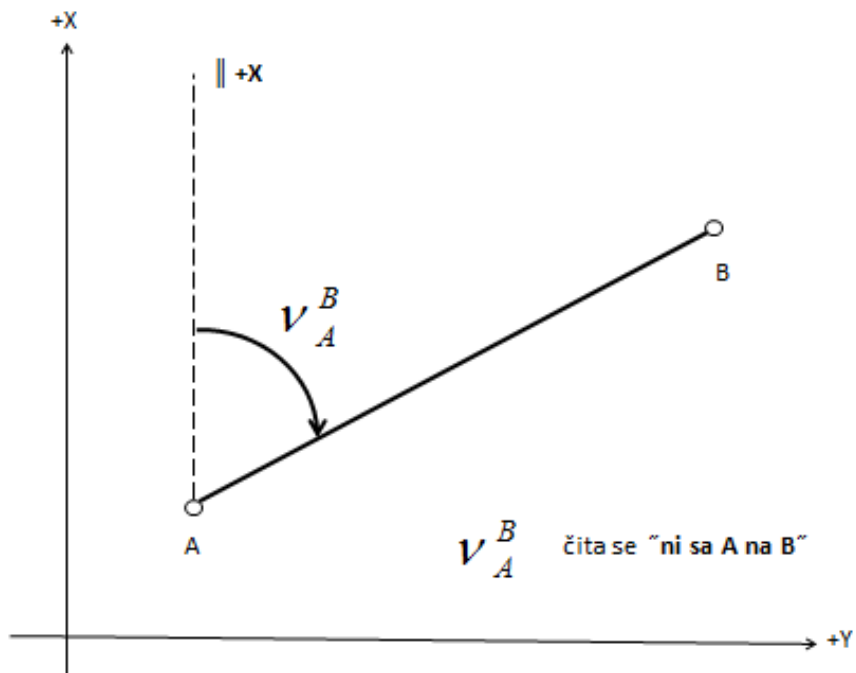
Za određivanje položaja poligonskih točaka potrebno je izmjeriti sve poligonske kutove, poligonske stranice i odrediti smjerne kutove u početnoj i završnoj točki poligonskog vlaka na jednu ili više veznih točaka poznatih po koordinatama.

Određivanje smjernog kuta

Smjerni kut je kut u ravnini projekcije koji zatvara paralela s pozitivnim smjerom osi X u zadanoj točki i stranica na koju se smjerni kut odnosi nanesen u smjeru kretanja kazaljke na satu.

Ili

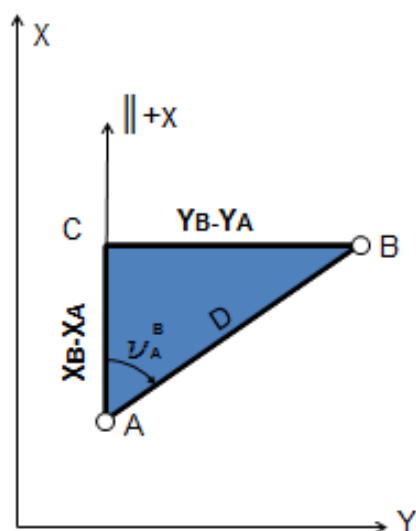
To je kut između paralele s pozitivnim smjerom apscise u zadanoj točki i pravca prema drugoj točki nanesen od sjevernoga dijela paralele u smjeru kretanja kazaljke na satu.



Smjerni kut se može odrediti (izračunati) iz koordinata zadanih točak.

Katete pravokutnog trokuta ABC su koordinatne razlike ΔY i ΔX :

$$\Delta Y = Y_B - Y_A ; \quad \Delta X = X_B - X_A$$



$$\boxed{\operatorname{tg} v_A^B = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}}$$

Kontrola računanja smjernog kuta

$$\operatorname{tg}(v_A^B + 45^\circ) = \frac{\Delta X + \Delta Y}{\Delta X - \Delta Y}$$

Izvod formule za kontrolu računanja smjernog kuta.

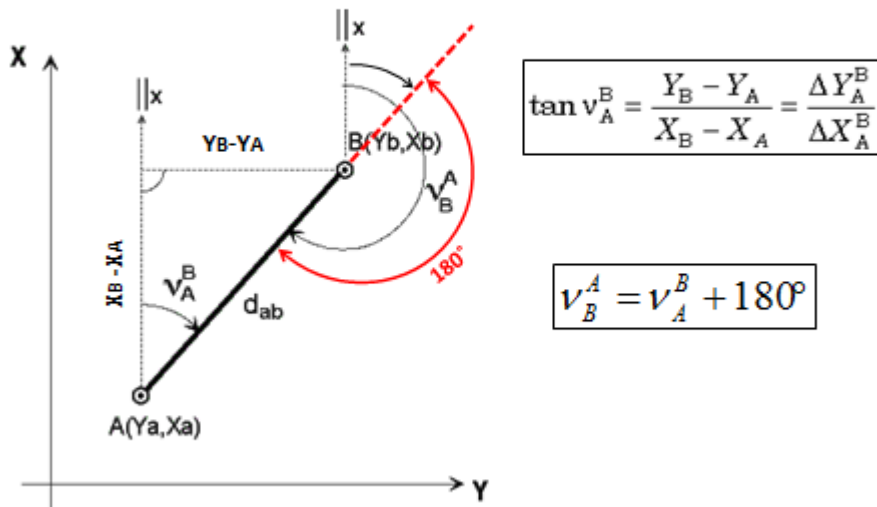
$$\operatorname{tg}(v_A^B + 45^\circ) = \frac{\operatorname{tg} v_A^B + \operatorname{tg} 45^\circ}{1 - \operatorname{tg} v_A^B \cdot \operatorname{tg} 45^\circ}, \text{ kako je } \operatorname{tg} 45^\circ = 1, \text{ tad je } \operatorname{tg}(v_A^B + 45^\circ) = \frac{1 + \operatorname{tg} v_A^B}{1 - \operatorname{tg} v_A^B}$$

Uvrstimo $\operatorname{tg} v_A^B = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ u prethodnu formulu, dobijemo

$$\operatorname{tg}(v_A^B + 45^\circ) = \frac{1 + \frac{\Delta Y}{\Delta X}}{1 - \frac{\Delta Y}{\Delta X}}$$

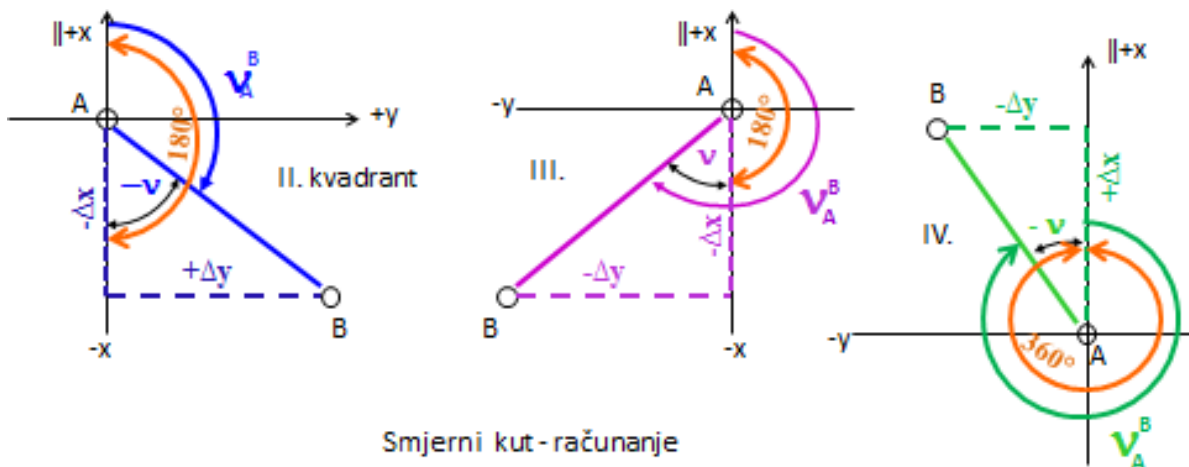
Nakon sređivanja dobije se:

$$\operatorname{tg}(v_A^B + 45^\circ) = \frac{\Delta X + \Delta Y}{\Delta X - \Delta Y}$$



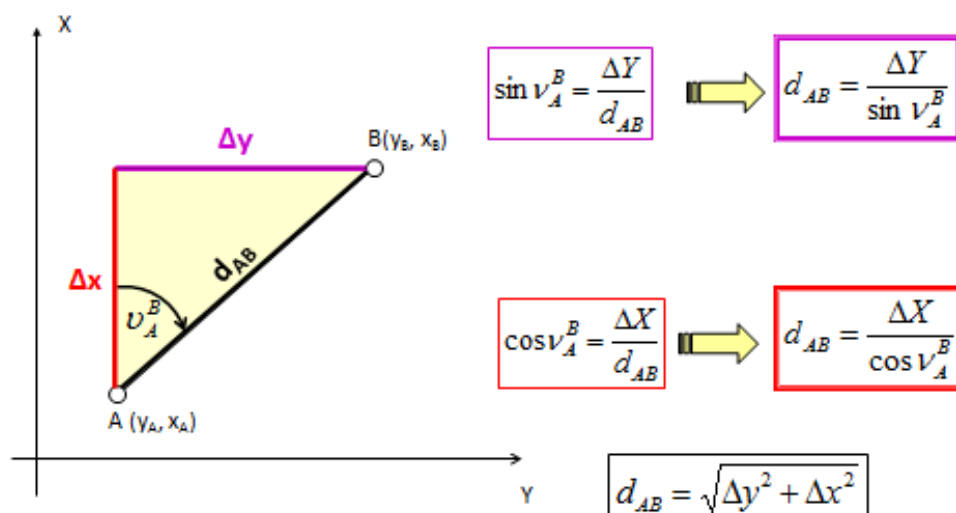
Smjerni kutovi na istoj poligonskoj stranici razlikuju se za $180^\circ \rightarrow v_B^A = v_A^B \pm 180^\circ$

Određivanje smjernog kuta u kvadrantima koordinatnog sustava.



kvadrant	I.	II.	III.	IV.
koord. razlika				
ΔY	+	+	-	-
ΔX	+	-	-	+
v_A^B	$v_A^B = v$	$v_A^B = -v + 180^\circ$	$v_A^B = v + 180^\circ$	$v_A^B = -v + 360^\circ$

Određivanje dužine iz koordinata poznatih točaka.

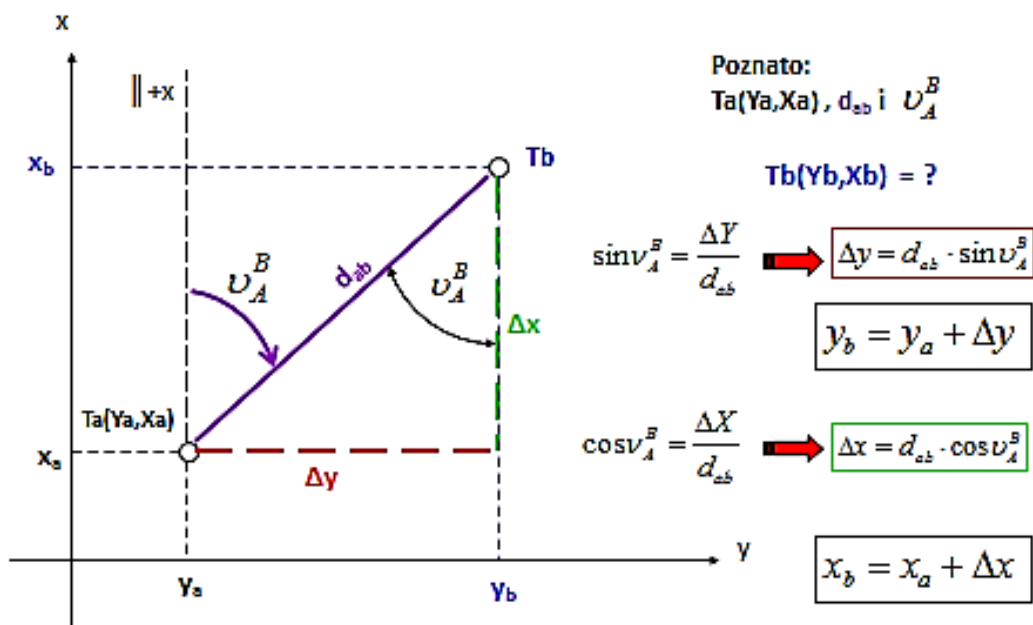


Računanje smjernog kuta u trigonometrijskom obrascu br.8

Trigonometrijski obrazac br.8.

T _b T _a	y _b y _a Δy = y _b - y _a Δx + Δy	x _b x _a Δx = x _b - x _a Δx - Δy	tg v _a ^b = Δy / Δx V _a ^b	tg(v _a ^b + 45) = (Δx + Δy) / (Δx - Δy) v _a ^b + 45	d = Δy / sin v d = Δx / cos v
200	45318.17	17085.09			
100	44919.12	17037.44			
	399.05	27.65	14.43219	-1.14890	400.01
	428.70	-371.40	86° 02' 11"	131 02 11	400.01
400	45594.62	16076.91			
300	45785.29	16309.95			
	-190.67	-233.04	0.81818	10.00024	301.10
	-423.71	-42.37	219° 17' 22"	264 17 22	301.10

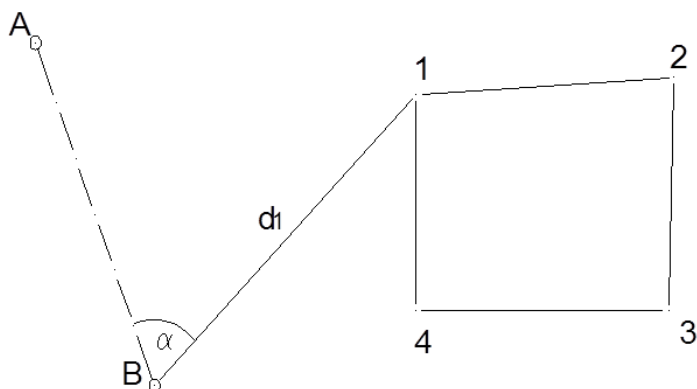
Računanje koordinata točaka iz smjernog kuta i duljine



7.6. Računanje koordinata točaka mjerenih polarnom metodom



U polarnoj metodi na osnovu mjerenog horizontalnog kuta α i horizontalne duljine d računaju se koordinate točke detalja.



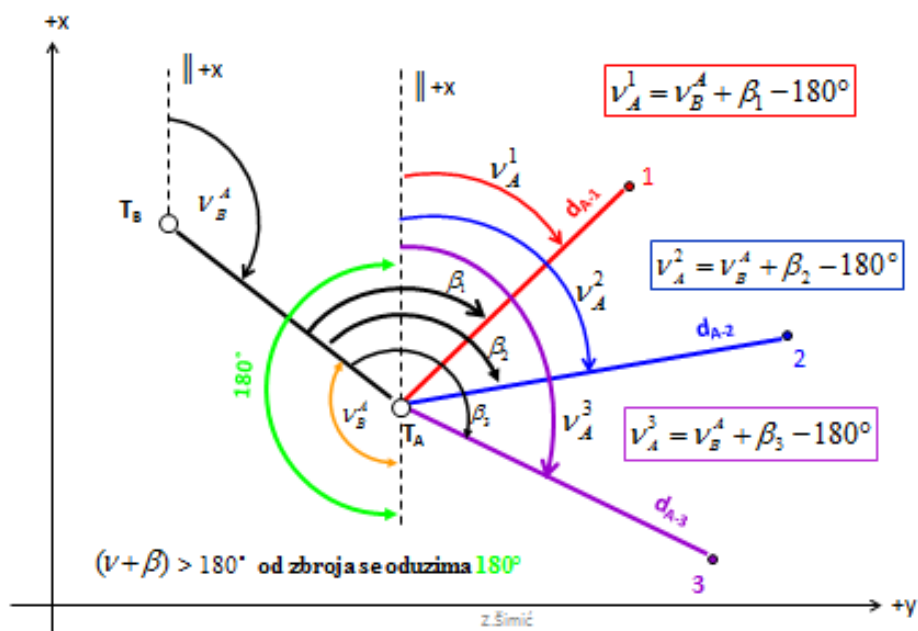
Računanje smjernog kuta detaljne točke

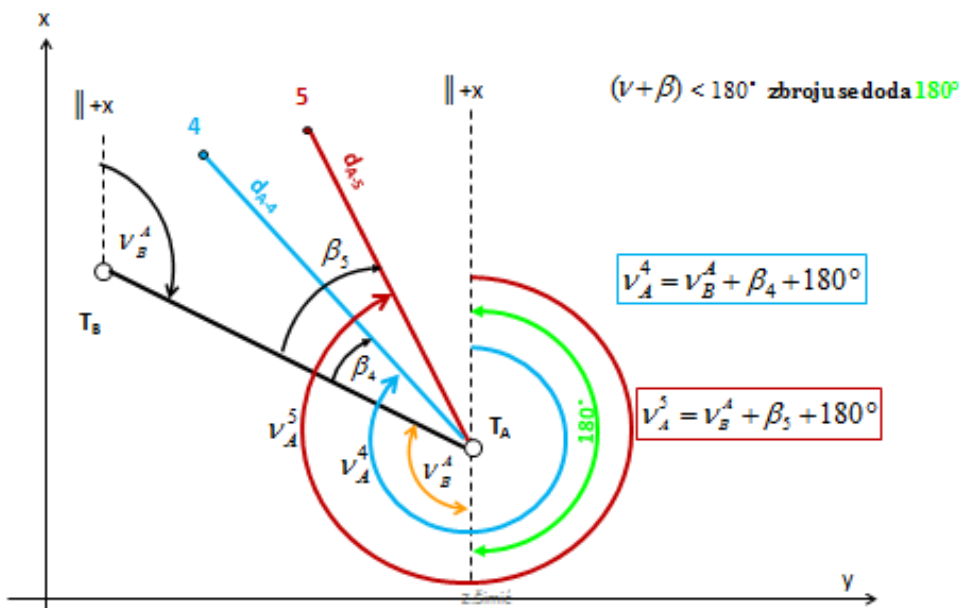
Mjereni horizontalni kutovi: $\beta_1, \beta_2, \beta_3$

Horizontalne duljine: d_1, d_2, d_3

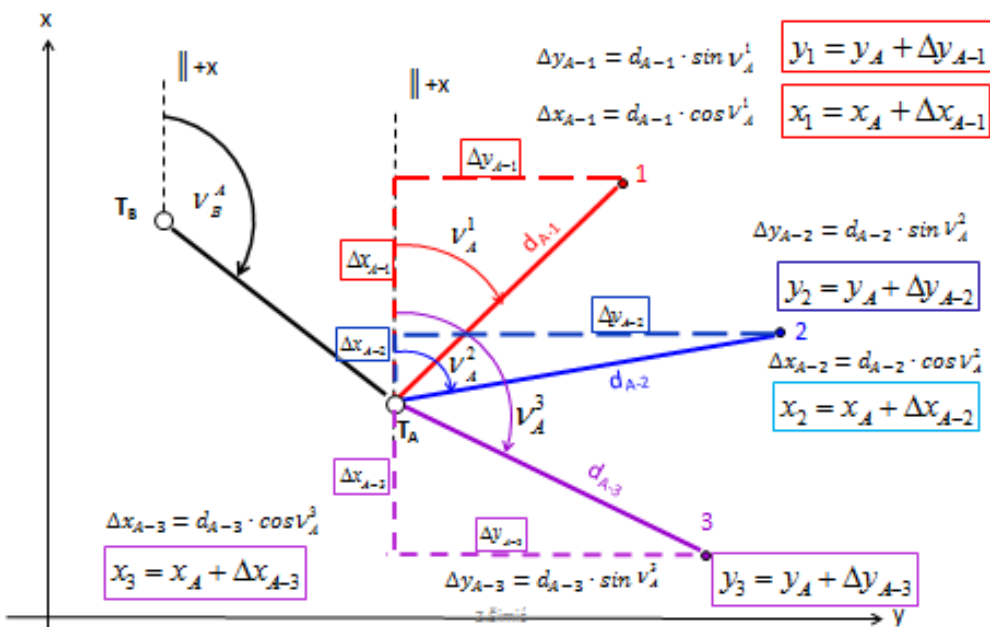
Poznate koordinate točaka: T_a i T_b

Treba izračunati koordinate točaka detalja: 1, 2, 3



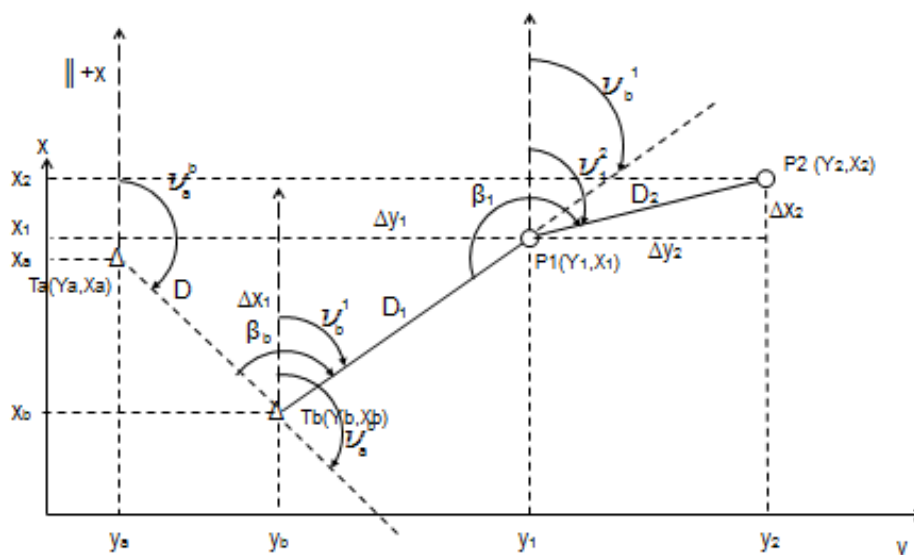


Računanje koordinata detaljne točke



7.7. Računanje koordinata točaka slijepog poligonskog vlaka

Slijepi poligonski vlak je vlak koji je priključen na zadane točke samo na svojem početku. Vlak nije pouzdan te smije imati jednu, najviše dvije točke. Primjenjuje se za otkrivanja uništenih trigonometrijskih točaka. Praktičan kod izmjere detalja terena.



$$\operatorname{tg} v_a^b = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}$$

$$v_b^1 = v_a^b + \beta_b - 180^\circ$$

$$v_1^2 = v_b^1 + \beta_1 - 180^\circ$$

$$\Delta y_1 = d_1 \cdot \sin v_b^1$$

$$\Delta x_1 = d_1 \cdot \cos v_b^1$$

$$y_1 = y_b + \Delta y_1$$

$$x_1 = x_b + \Delta x_1$$

$$\Delta y_2 = d_2 \cdot \sin v_1^2$$

$$\Delta x_2 = d_2 \cdot \cos v_1^2$$

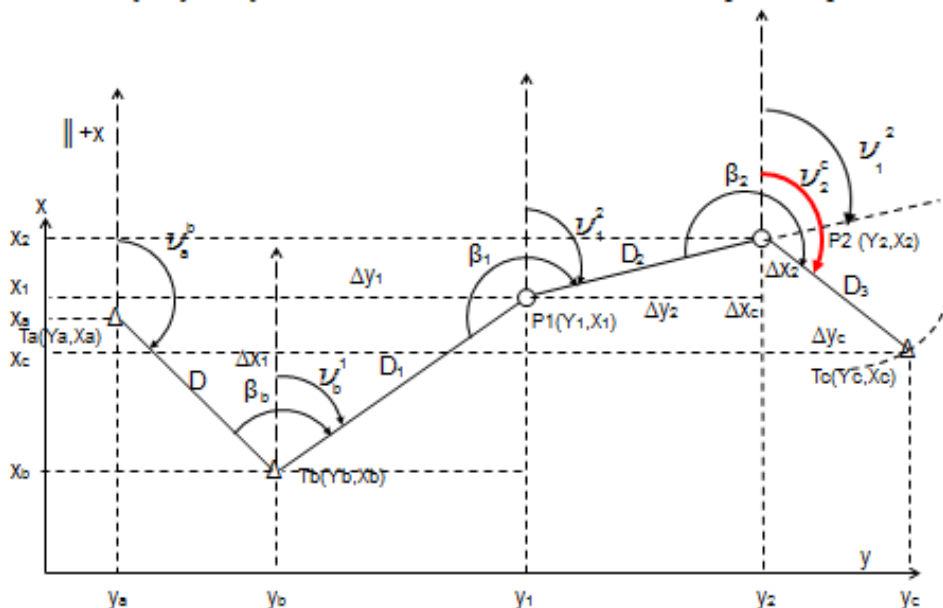
$$y_2 = y_1 + \Delta y_2$$

$$x_2 = x_1 + \Delta x_2$$

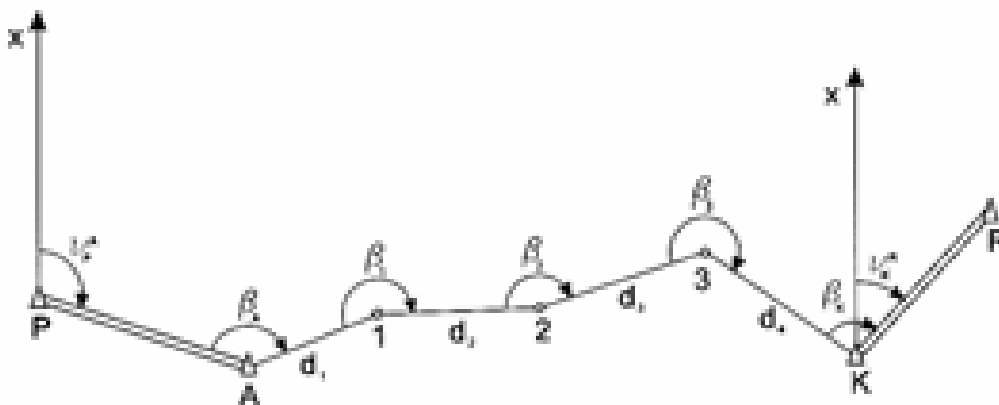
Otkrivanje podzemnog centra

Centrira se i horizontira teodolit u točki P_2 . U pravcu točke P_1 namjestimo očitavanje na horizontalnom krugu (limbu) na $0^\circ 00' 00''$. Okrene se alhidada za vrijednost kuta β_2 i u smjeru vizura odmjeri se duljina D_3 . Na tom se mjestu kopa do dubine podzemnog centra.

$$\operatorname{tg} \nu_2^c = \frac{y_c - y_3}{x_c - x_3} = \frac{\Delta y_c}{\Delta x_c} \quad \beta_2 = \nu_2^c - \nu_1^2 + 180^\circ \quad D_3 = \frac{\Delta y_c}{\sin \nu_2^c} = \frac{\Delta x_c}{\cos \nu_2^c}$$



7.8. Računanje koordinata točkara obostrano priključenog poligonskog vlaka



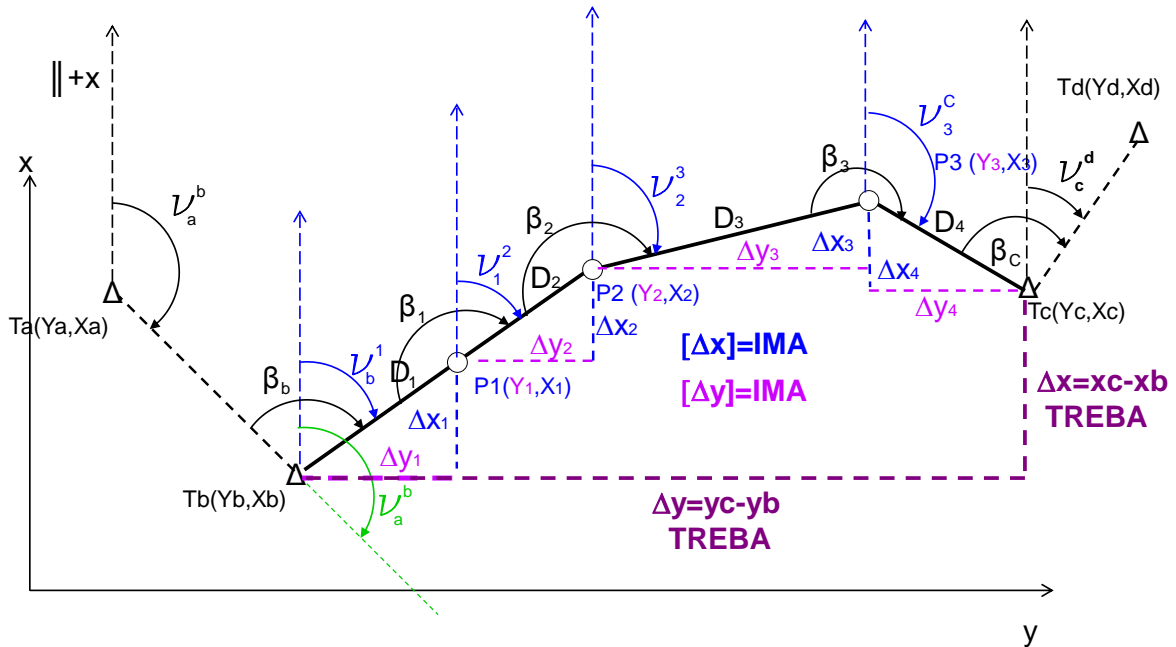
Za izjednačenje poligonskih vlakova mogu se primjenjivati **strome i približne metode izjednačenja**.

Kod strogog izjednačenja sve mjerene veličine izjednačavaju se odjednom.

Kod **približnog izjednačenja** mjerene veličine izjednačavaju se po grupama.

Prvo provedemo izjednačenje kutova, a nakon toga izjednačenje koordinata. Uglavnom se koriste približne metode izjednačenja, jer daju dobre rezultate.

SKICA OBOSTRANO PRIKLJUČENOG POLIGONSKOG VLAKA



- Zadano (dano, poznato): $T_a(Y_a, X_a)$, $T_b(Y_b, X_b)$, $T_c(Y_c, X_c)$, $T_d(Y_d, X_d)$
- Mjereno: $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_c, d_1, d_2, d_3, d_4$
- **Nepoznato:** $P_1(Y_1, X_1)$, $P_2(Y_2, X_2)$, $P_3(Y_3, X_3)$

Računanje početnog smjernog kuta iz koordinata poznatih točaka

$$\operatorname{tg} v_a^b = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}$$

Računanje završnog smjernog kuta iz koordinata poznatih točaka

$$\operatorname{tg} v_c^d = \frac{y_d - y_c}{x_d - x_c} \rightarrow \text{vrijednost TREBA}$$

Računanje završnog smjernog kuta iz mjerenih prijelomnih i veznih kutova

$$(v_c^d) = v_a^b + [\beta] - n \cdot 180^\circ \rightarrow \text{vrijednost IMA}$$

gdje je n – broj mjerenih kutova

Računanje kutne nesuglasice (pogreške) f_β i izjednačenje

$$f_\beta = TREBA - IMA = v_c^d - (v_c^d)$$

Ako je kutna nesuglasica f_β manja od maksimalno dozvoljenog odstupanja $\Delta\beta$

($f_\beta < \Delta\beta$), možemo provesti izjednačenje tj. možemo računati popravke v_β i

definitivne smjerne kutove.

Izjednačenje kutnih mjerenja provesti će se uz pretpostavku da su svi kutovi mjereni istom točnošću (istim instrumentom i jednakim brojem girusa), pa će stoga svaki poligonski kut

dobiti jednaku popravku: $v_\beta = \frac{f_\beta}{n}$ uz uvjet $[v_\beta] = f_\beta$

Pretpostavka da su svi kutovi mjereni istom točnošću, dakle opterećeni istom pogreškom odgovarat će stvarnosti ako su stranice poligonskog vlaka približno jednake dužine.

Ako je $f_\beta > \Delta\beta$ trebaju se poligonski kutovi ponovo izmjeriti.

Računanje definitivnih smjernih kutova

$$v_b^1 = v_a^b + \beta_b + v_\beta \pm 180^\circ$$

$$v_1^2 = v_b^1 + \beta_1 + v_\beta \pm 180^\circ$$

$$v_2^3 = v_1^2 + \beta_2 + v_\beta \pm 180^\circ$$

$$v_3^c = v_2^3 + \beta_3 + v_\beta \pm 180^\circ$$

$$v_c^d = v_3^c + \beta_c + v_\beta \pm 180^\circ$$

Računanje koordinatnih razlika

$$\Delta y_1 = d_1 \cdot \sin v_b^1 \quad \Delta x_1 = d_1 \cdot \cos v_b^1$$

$$\Delta y_2 = d_2 \cdot \sin v_1^2 \quad \Delta x_2 = d_2 \cdot \cos v_1^2$$

$$\Delta y_3 = d_3 \cdot \sin v_2^3 \quad \Delta x_3 = d_3 \cdot \cos v_2^3$$

$$\Delta y_4 = d_4 \cdot \sin v_3^c \quad \Delta x_4 = d_4 \cdot \cos v_3^c$$

Računanje koordinatnih nesuglasica (pogrešaka) f_y i f_x i izjednačenje

Zbroj (suma) koordinatnih razlika

$$[\Delta y] = \Delta y_1 + \Delta y_2 + \Delta y_3 + \Delta y_4 \rightarrow \mathbf{IMA}$$

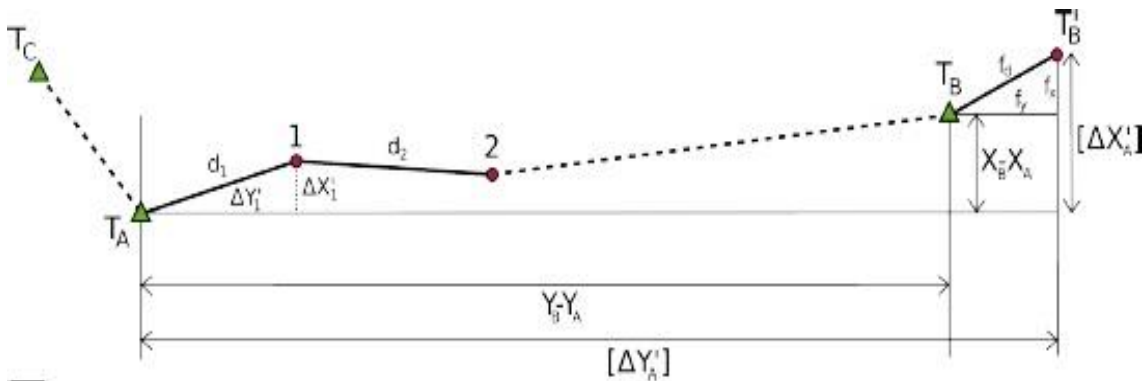
$$[\Delta x] = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \Delta x_4 \rightarrow \mathbf{IMA}$$

Koordinatne razlike izračunate iz koordinata krajnjih točaka vlaka

$$\Delta y = y_c - y_b \rightarrow \mathbf{TREBA}$$

$$\Delta x = x_c - x_b \rightarrow \mathbf{TREBA}$$

$$f_y = TREBA - IMA = \Delta y - [\Delta y] \quad \text{i} \quad f_x = TREBA - IMA = \Delta x - [\Delta x]$$



Linearne nesuglasice u poligonskom vlaku f_y i f_x

Ukupno linearno odstupanje vlaka : $f_d = \sqrt{f_y^2 + f_x^2}$ koje uspoređujemo s dozvoljenim odstupanjem.

Ako $f_d > \Delta$, ukupno linearno odstupanje **veće** od maksimalno dozvoljenog, potrebno je ponoviti mjerenja poligonskih stranica.

Ako je $f_d < \Delta$, ukupno linearno odstupanje **manje** od maksimalno dozvoljenog, **može se provesti izjednačenje koordinatnih razlika**, tj. računati koordinate poligonskih točaka. Popravke koordinatnih razlika su proporcionalne poligonskoj strani.

Popravke koordinatnih razlika

$$v_{yn} = \frac{f_y}{[d]} d_n \quad \text{uz uvjet} \quad [v_y] = f_y$$

$$v_{xn} = \frac{f_x}{[d]} d_n \quad \text{uz uvjet} \quad [v_x] = f_x$$

Računanje koordinata poligonskih točaka

$$\begin{aligned} Y_1 &= Y_b + \Delta y_1 + v_{y1} & X_1 &= X_b + \Delta x_1 + v_{x1} \\ Y_2 &= Y_1 + \Delta y_2 + v_{y2} & X_2 &= X_1 + \Delta x_2 + v_{x2} \\ Y_3 &= Y_2 + \Delta y_3 + v_{y3} & X_3 &= X_2 + \Delta x_3 + v_{x3} \\ Y_c &= Y_3 + \Delta y_4 + v_{y4} & X_c &= X_3 + \Delta x_4 + v_{x4} \end{aligned}$$

Kutna nesuglasica mora biti u granicama propisanih kriterija tj. prema starom pravilniku za državni premjer ona će ovisiti o više faktora: metodi mjerenja, instrumentu i priboru.

Ako su kutovi mjereni viziranjem na trasirke u **jednom girusu** instrumentom podatka

6" do 60", dozvoljeno odstupanje je $\Delta\beta'' = 60''\sqrt{n}$

Ako su kutovi mjereni viziranjem na trasirke u **dva girusa** instrumentom podatka 6" do 60",

dozvoljeno odstupanje je $\Delta\beta'' = 45''\sqrt{n}$

Ako su kutovi mjereni u **dva girusa** jednosekundnim instrumentom i priborom za prisilno

centriranje, dozvoljeno odstupanje je $\Delta\beta'' = 20''\sqrt{n}$

Ukupno linearno odstupanje vlaka mora biti manje od dozvoljenog odstupanja koje je definirano starim pravilnikom, a odnosi se na dužine mjerene lancem te ga možemo tretirati zastarjelim i ne bi mogli poslužiti za **realnu ocjenu točnosti**:

- za 1. kategoriju terena: $\Delta_I = 0,0035\sqrt{[d]} + 0,0002[d] + 0,05$

- za 2. kategoriju terena: $\Delta_{II} = 0,0045\sqrt{[d]} + 0,0003[d] + 0,05$

- za 3. kategoriju terena: $\Delta_{III} = 0,0060\sqrt{[d]} + 0,0004[d] + 0,05$

Dozvoljeno odstupanje za mjerenja **povećane točnosti**, danas može poslužiti za **ocjenu**

točnosti mjerenja dužina: $\Delta = 0,0010\sqrt{[d]} + 0,00012[d] + 0,03$

Broj prekobrojnih mjerenja u vlaku je **tri** (bez obzira na broj točaka) a to su:

zadnja poligonska stranica, završni vezni kut, završni smjerni kut.

Uvjet kutova:

- obostrano priključeni poligonski vlak: $v_z = v_p + [\beta] - n \cdot 180^\circ$ ili $v_z - v_p = [\beta] - n \cdot 180^\circ$

- zatvoreni poligonski vlak: $[\beta] - n \cdot 180^\circ = 0$

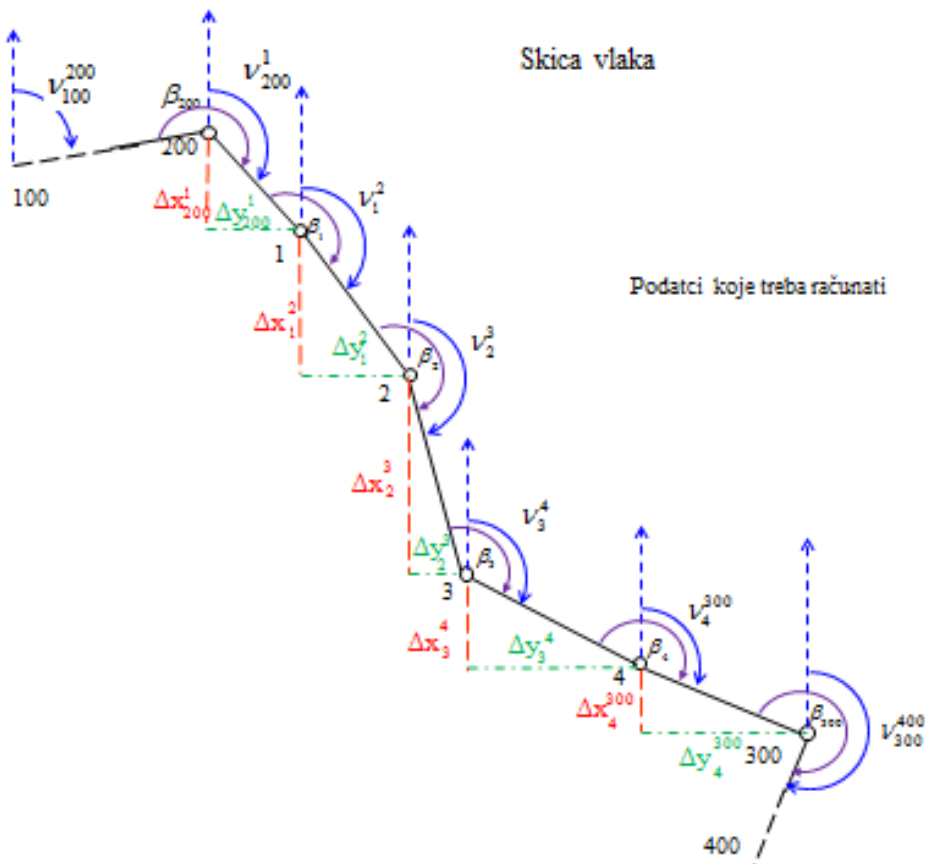
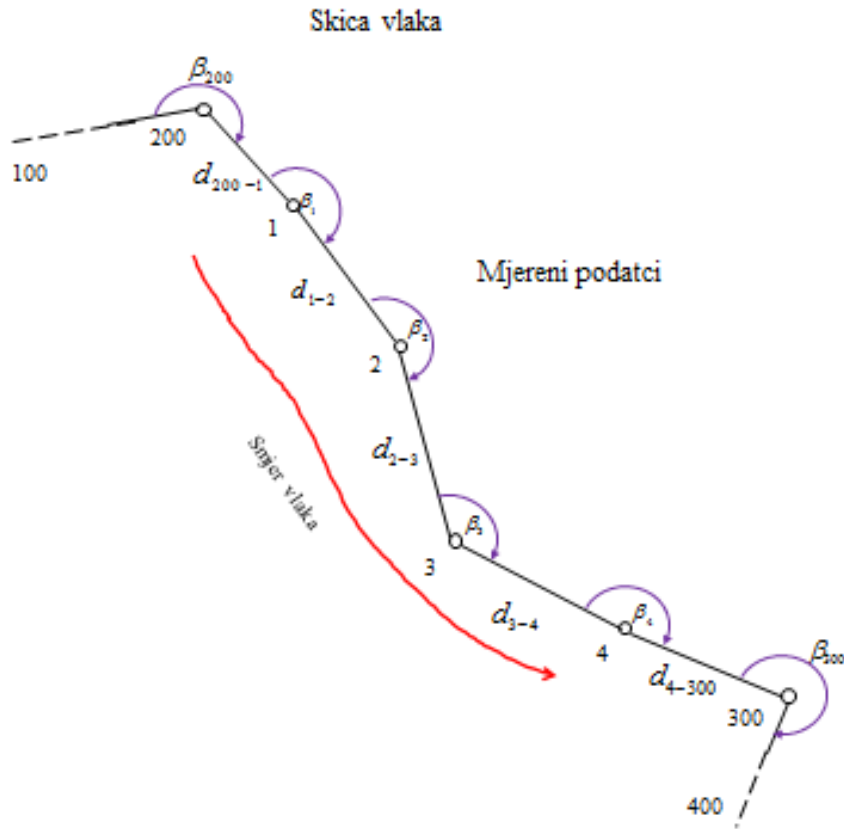
Uvjet koordinatnih razlika:

- obostrano priključeni poligonski vlak: $[\Delta y] = Y_Z - Y_P$ i $[\Delta x] = X_Z - X_P$

- zatvoreni poligonski vlak: $[\Delta y] = 0$ i $[\Delta x] = 0$

Glavne **karakteristike** obostrano priključenog vlaka su:

- duljina stranica od 100 - 300m
- broj stranica od 3 - 10,
- duljina vlaka od 400 - 2000m,
- postavlja se kod dugačkih i uskih objekata,
- koristi se pri izmjeri točaka detalja terena,
- pouzdanost (postoji kontrola računanja koordinata po smjeru i duljini)
- i treba zadovoljiti uvjet kutova i uvjet koordinatnih razlika,



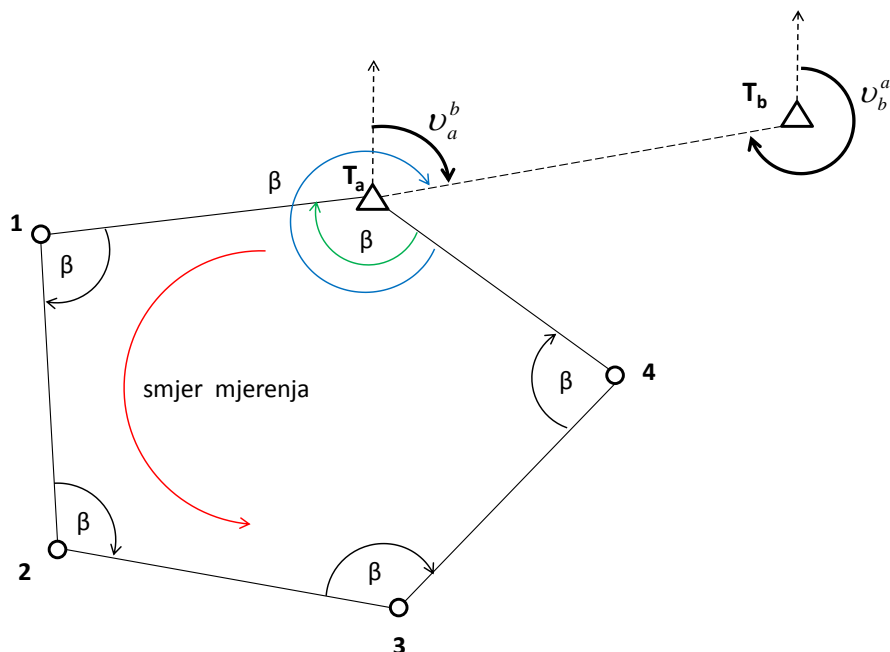
Geodezija 2

Trigonometrijski obrazac br. 19.

Br. polig.	Prijelomni i vezni kutovi β			Smjerni kutovi ν			Duljine	$\Delta y = d \cdot \sin \nu$		$\Delta x = d \cdot \cos \nu$		$y_n = y_{n-1} + \Delta y$	$x_n = x_{n-1} + \Delta x$	Br. polig.
	α	γ	ω	α	γ	ω		+	-	+	-			
100	86	02	11	86	02	11								
200	234	23	-8									45 318.17	17 065.09	200
			-8	140	25	25	150.24	-0.05			-0.02	+95.67	-115.82	
1	189	54	-8					95.72			115.80	45 413.84	16 949.27	1
			-8	150	19	40	200.22	-6			-3	+99.06	-174.00	
2	200	20	-8					99.12			173.97	45 512.90	16 775.27	2
			-8	170	39	44	230.10	-7			-3	+37.27	-227.08	
3	145	22	-8					37.34			227.05	45 550.17	16 548.19	3
			-8	136	01	57	189.54	-6			-3	+131.53	-136.45	
4	178	26	-8					131.59			136.42	45 681.70	16 411.74	4
			-8	134	28	44	145.25	-4			-2	103.59	-101.79	
300	264	48	-8					103.63			101.77	45 785.29	16 309.95	300
			-8	219	17	22	[d]=915.36	467.40	Ima		-755.01			
400								467.12	Treba		-755.14			
	1299	18	10				$f_y =$	-0.28			$f_x =$	467.12	-755.14	
	-1080													
Ima	219	18	10	$\tau = -48^\circ : \delta = -8^\circ$										
Treba	219	17	22						$f_z = 0.31$	$(\Delta \nu = \pm 0.34)$				
	$f_\beta =$		-48°	$(\Delta \beta = 101^\circ)$										

7.9. Računanje koordinata točaka zatvorenog poligonskog vlaka

Početni smjerni kut v_b^a i završni smjerni kut v_a^b u zatvorenom poligonskom razlikuju se za $\pm 180^\circ$



Izjednačenje kutova:

$$f_\beta = TREBA - IMA = v_a^b - (v_b^a + [\beta] - n \cdot 180^\circ)$$

$$v_b^a = v_a^b + 180^\circ$$

$$f_\beta = v_a^b - (v_a^b + 180^\circ + [\beta] - n \cdot 180^\circ) = (n-1) \cdot 180^\circ - [\beta]$$

n - broj mjerenih kutova

izjednačenje koordinatnih razlika:

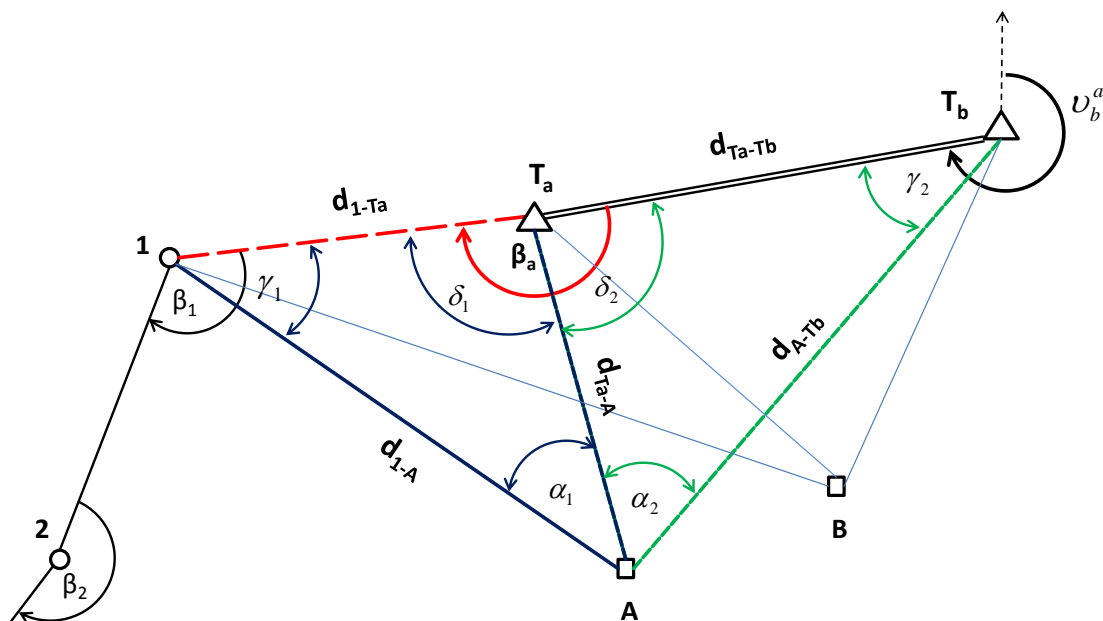
$$f_y = TREBA - IMA = 0 - [\Delta y]$$

$$f_x = TREBA - IMA = 0 - [\Delta x]$$

7.10. Priključak poligonskog vlaka na nepristupačnu točku

Kada je početna ili završna točka poligonskog vlaka visoka točka (tvornički dimnjak ili toranj crkve), tada se ne može mjeriti direktno **vezni kut i poligonska stranica**

Priključak vlaka se ostvaruje tako da se postavi jedna ili više pomoćnih točaka (npr. točke A i B) s kojih se obave potrebna mjerenja.



Treba izračunati početni vezni kut β_a i prvu poligonsku stranicu d_{1-Ta} .

U $\Delta TaA1$ izračuna se:

- iz mjernih kutova $\delta_1 = 180^\circ - (\gamma_1 + \alpha_1)$
- prva poligonska stranica d_{1-Ta} po sinusovom poučku

$$\frac{d_{1-Ta}}{\sin \alpha_1} = \frac{d_{A-1}}{\sin \delta_1} \Rightarrow d_{1-Ta} = d_{A-1} \frac{\sin \alpha_1}{\sin \delta_1}$$

- duljina d_{Ta-A} po sinusovom poučku: $\frac{d_{Ta-A}}{\sin \gamma_1} = \frac{d_{A-1}}{\sin \delta_1} \Rightarrow d_{Ta-A} = d_{A-1} \frac{\sin \gamma_1}{\sin \delta_1}$

U $\Delta T_a T_b A$ izračuna se:

- duljina $d_{T_a-T_b}$ iz koordinata poznatih točaka: $d_{T_a-T_b} = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2}$
- duljina d_{T_a-A} izračunata iz $\Delta T_a A 1$
- kut γ_2 po sinisovom poučku: $\frac{d_{T_a-T_b}}{\sin \alpha_2} = \frac{d_{T_a-A}}{\sin \gamma_2} \Rightarrow \sin \gamma_2 = \frac{d_{T_a-A} \cdot \sin \alpha_2}{d_{T_a-T_b}}$
- kut $\delta_2 = 180^\circ - (\gamma_2 + \alpha_2)$
- početni vezni kut $\beta_a = \delta_1 + \delta_2$
- za kontrolu: $\beta_a = 360^\circ - (\alpha_1 + \gamma_1 + \alpha_2 + \gamma_2)$

8. Geodetska izmjera

Geodetska izmjera je prikupljanje, obrada i prikazivanje podataka prikupljenim geodetskim metodama o reljefu i izgrađenim ili prirodnim objektima na površini Zemlje.

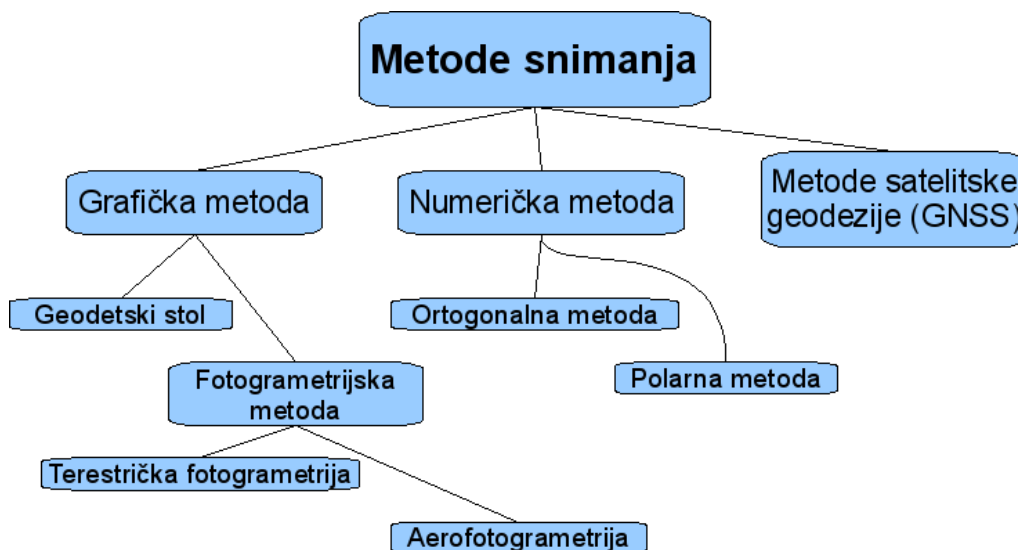
Vrste geodetske izmjere su: *izmjera geodetske osnove* (control survey), *topografska izmjera* (topographic survey), *građevinska izmjera* (construction survey), *izmjera zemljišta* (land survey), *fotogrametrijska izmjera* (photogrammetric survey), *hidrografska izmjera* (hydrographic survey).

Metode geodetske izmjere (snimanja) terena dijele se na dvije osnovne skupine:

- **neposredne**, kod kojih se i instrument i opažatelj nalaze se na površini Zemlje
- **posredne**, kod kojih se izmjera terena izvodi iz zraka ili iz svemira

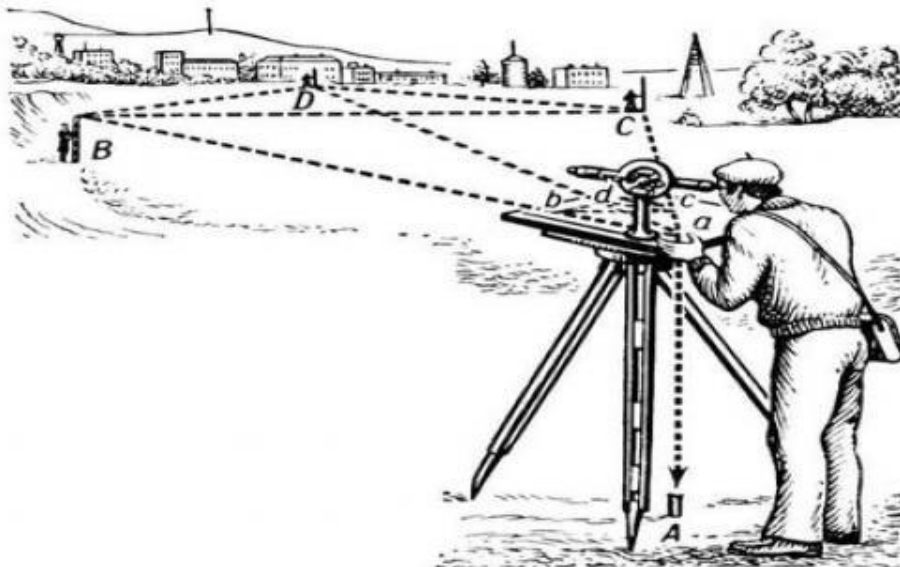
Neposredne metode su: **ortogonalna** (rijetko se koristi), **polarna i satelitska GPS** koje se danas uglavnom koriste u praksi.

Posredne metode su: **fotogrametrijska i daljinska istraživanja** (remote sensing).



Grafička metoda izmjere (snimanja)

Mjerenje se obavlja geodetskim stolom. Većina katastarskih planova izrađena je u mjerilu 1:2880, a rjeđe u mjerilu 1:1440 na osnovu grafičke izmjere. Više se ne koristi u praksi.



Fotogrametrijska metoda izmjere

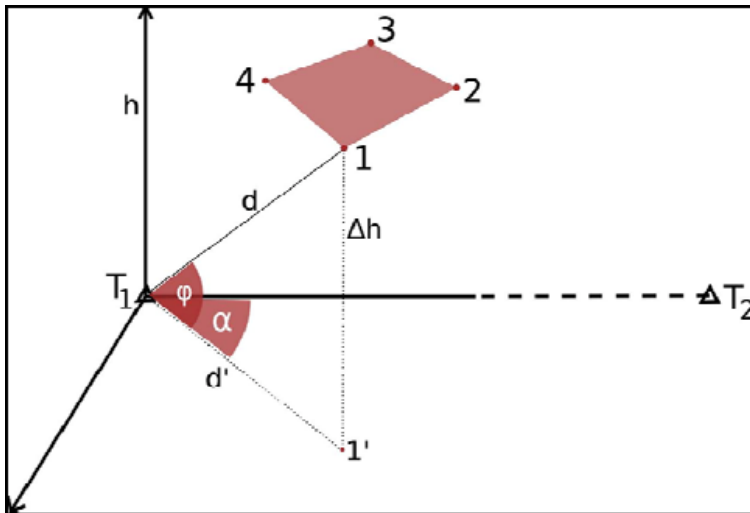
Na osnovi fotografskih mjernih snimaka u analognom ili digitalnom obliku i s određenim instrumentima može se dobiti trodimenzionalni prikaz terena i objekata.

Dijeli se na:

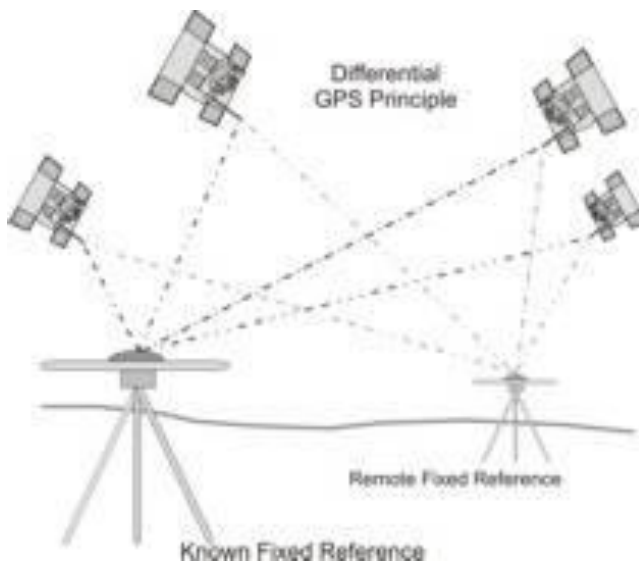
- **terestričku fotogrametriju** – kamera se nalazi na vanjskoj površini Zemlje
- **aerofotogrametriju** – kamera je smještena u zrakoplovu ili helikopteru.

Polarna metoda izmjere – tahimetrija

Mjerenjem **kose duljine, horizontalnog i vertikalnog kuta** s poznate točke prema nepoznatim točkama određuju se relativne polarne koordinate (x,y,H) točaka terena (detalja). S poznate točke se prije mjerenja na nepoznate točke izvodi se orijentacija prema poznatoj točki.

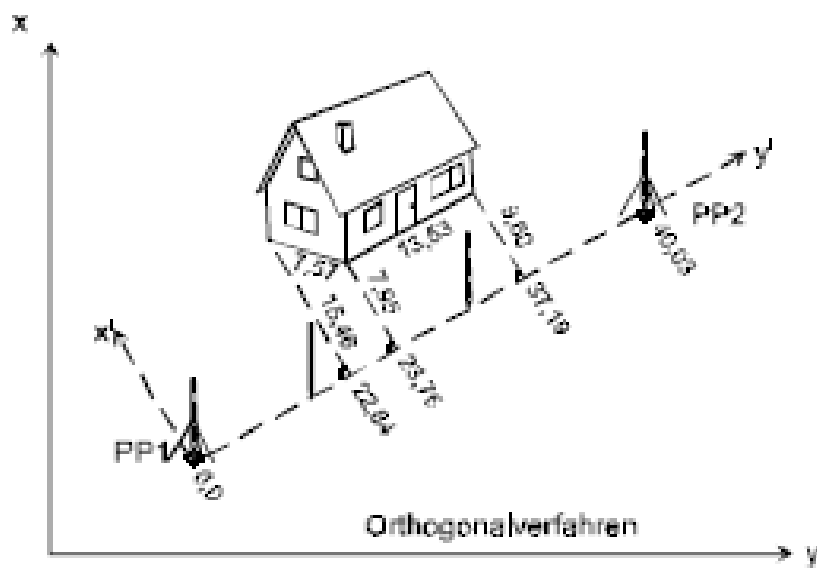


Satelitska izmjere ili GNSS mjerenja



Položaj točke na površini Zemlje definiran prostornim koordinatama (X, Y, Z) ili (φ, λ, h) .

Ortogonalna metoda izmjere



Položaj točke određen relativnim pravokutnim koordinatama: **apscisa (x) i ordinata (y)**