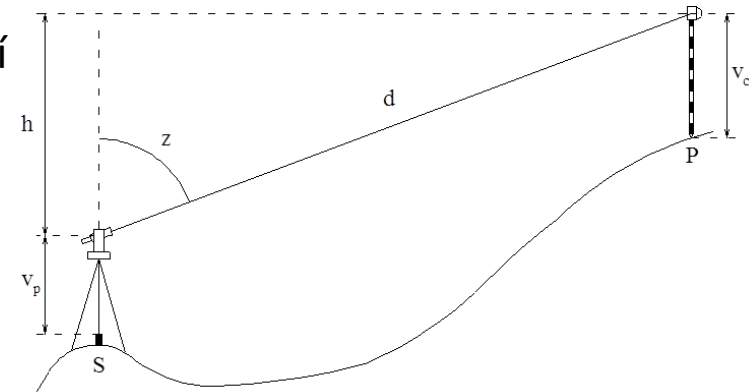


# **Geodézie 3 (154GD3)**

**Téma č. 7: Trigonometrické určování výškových rozdílů – pokračování II.**

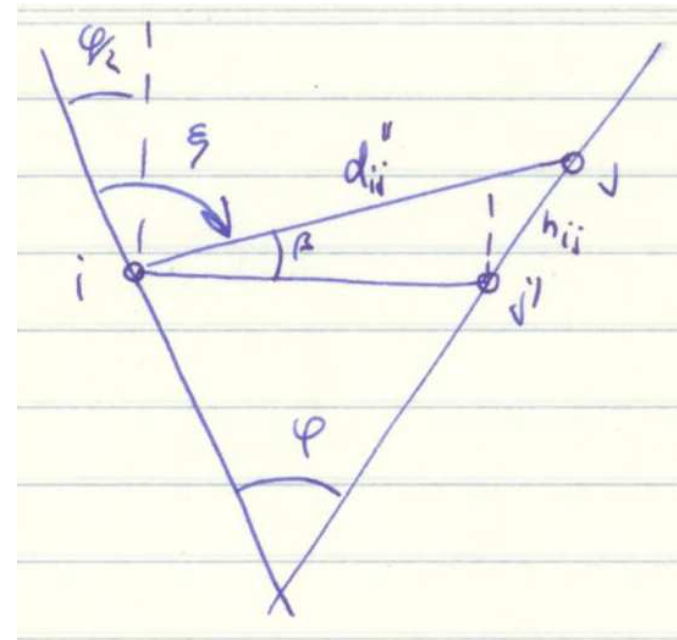
# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

1. Je nutné „přesně“ určovat zenitový úhel.
2. Je nutné redukovat měřené veličiny (zakřivení Země, výška přístroje a cíle).
  1. Redukce měřeného zenitového úhlu.
  2. Redukce měřené šikmé délky.
3. Nutno potlačit vliv refrakce jakožto systematickou chybu (určení refrakčního koeficientu, fyzikální měření, protisměrné měření).



**Řešení na krátké vzdálenosti ( $\leq 250$  m).**

**Řešení na delší vzdálenosti.**

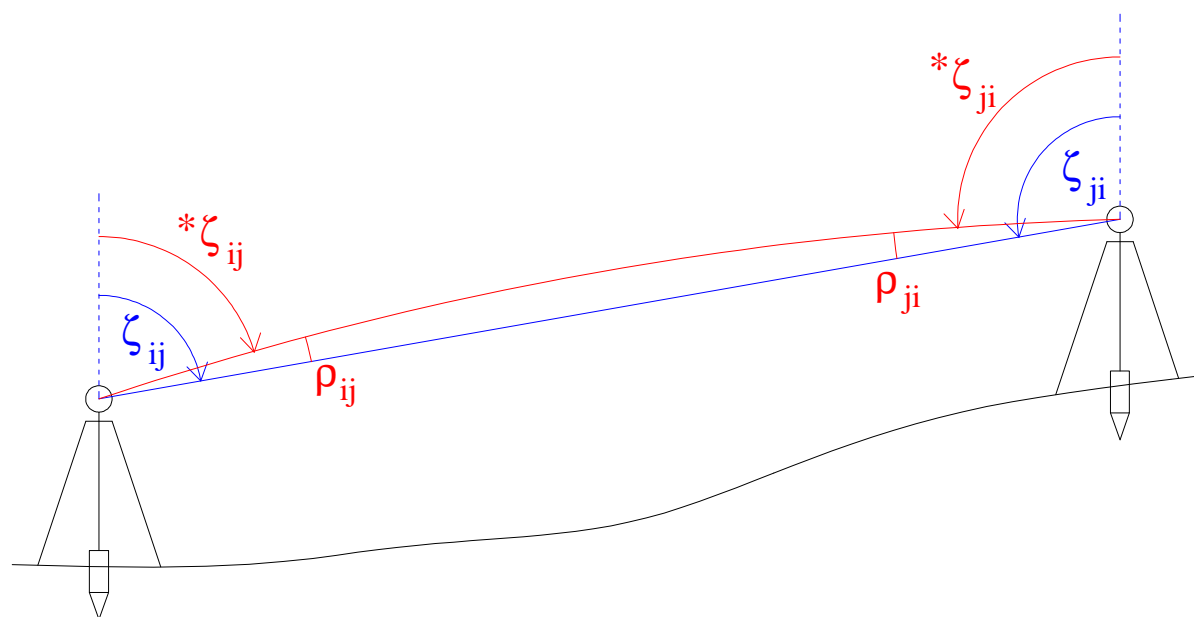


# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

## Protisměrné měření.

Za předpokladu v čase neměnné atmosféry, záměry výše nad terénem a běžného prostředí bez zásadních teplotních skoků pro záměrnou přímku platí:

Bylo zjištěno, že v případě nepříliš dlouhých záměr (max. 2km) a málo skloněných záměr bude refrakční křivka plochá a blízká kružnicovému oblouku a tedy  $\rho_{ij} \doteq \rho_{ji}$ .



Na měřený zenitový úhel má stejný vliv sbíhavost tížnic ( $\varphi/2$ ) i refrakce ( $\rho$ ), platí:

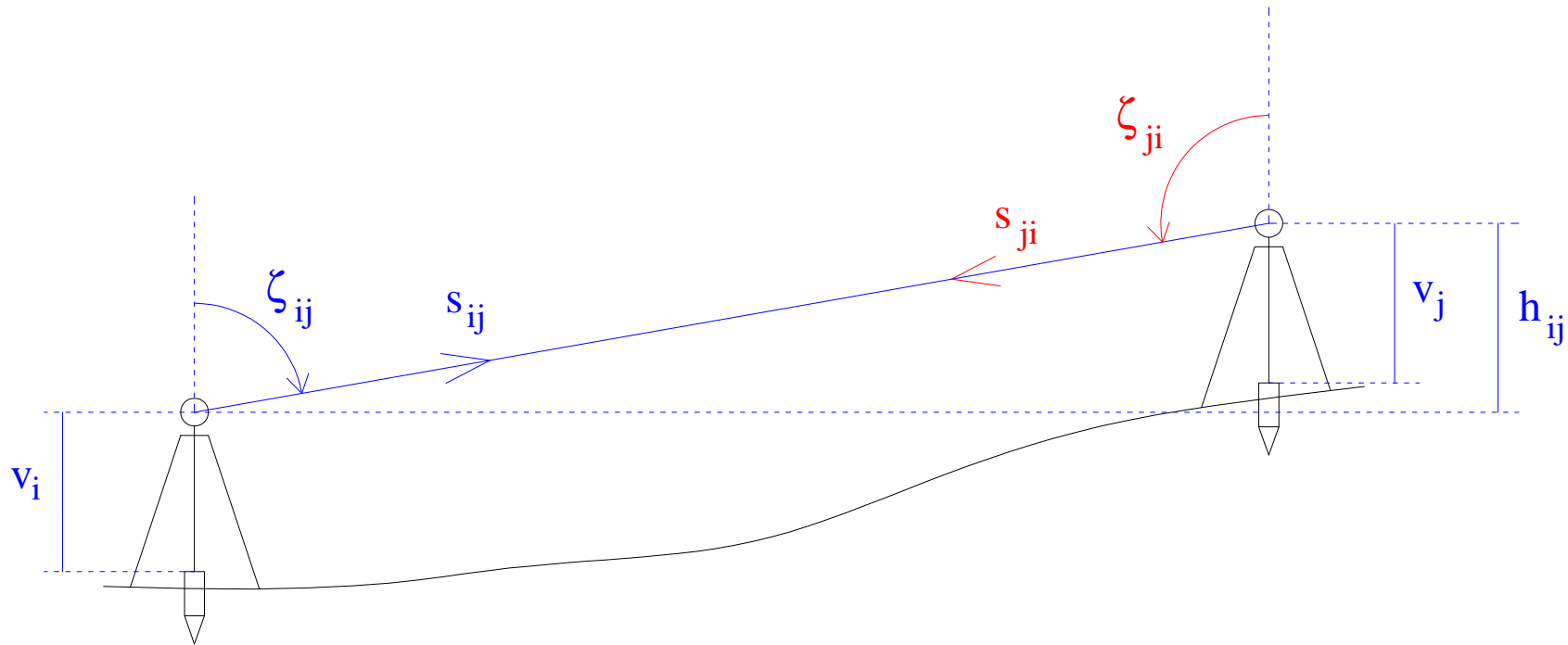
$$\zeta_{ij} = **\zeta_{ij} - \frac{\varphi}{2} + \rho.$$

Při průměrování protisměrně měřených zenitových úhlů dojde k odečtení chyb, za předpokladu, že vliv refrakce zůstává stejný (krátký čas, stejné podmínky, nejlépe současné měření).

# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

Řešení na krátké vzdálenosti ( $\leq 200$  m - 250 m).

Princip se blíží principu nivelace, měřené převýšení se rozdělí na více kratších úseků a měření může probíhat na principu trojpodstavcové soupravy. Jedna „sestava“:



$$h_{ij} = s_{ij} \cdot \cos(\zeta_{ij})$$

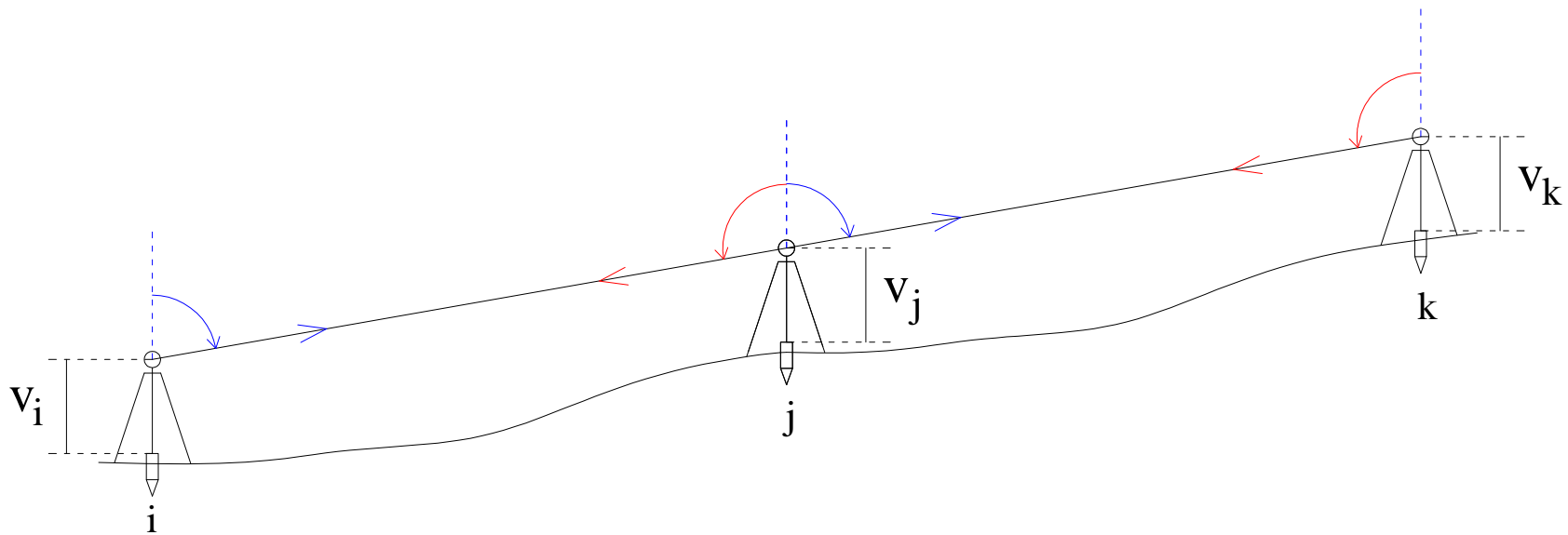
$$h_{ji} = s_{ji} \cdot \cos(\zeta_{ji})$$

$$\bar{h}_{ij} = \frac{h_{ij} - h_{ji}}{2} = \frac{1}{4} \cdot (s_{ij} + s_{ji}) \cdot (\cos(\zeta_{ij}) - \cos(\zeta_{ji}))$$

# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

Řešení na krátké vzdálenosti ( $\leq 200$  m - 250 m).

„Pořad“, „polygon“, každé převýšení je měřeno obousměrně:



$$h_{ik} = \left\{ v_i + \frac{h_{ij} - h_{ji}}{2} - v_j \right\} + \left\{ v_j + \frac{h_{jk} - h_{kj}}{2} - v_k \right\}$$

$$h_{ik} = v_i + \bar{h}_{ij} + \bar{h}_{jk} - v_k$$

$$h_{ab} = v_a + \sum_{i=1}^n \bar{h}_i - v_b$$

# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

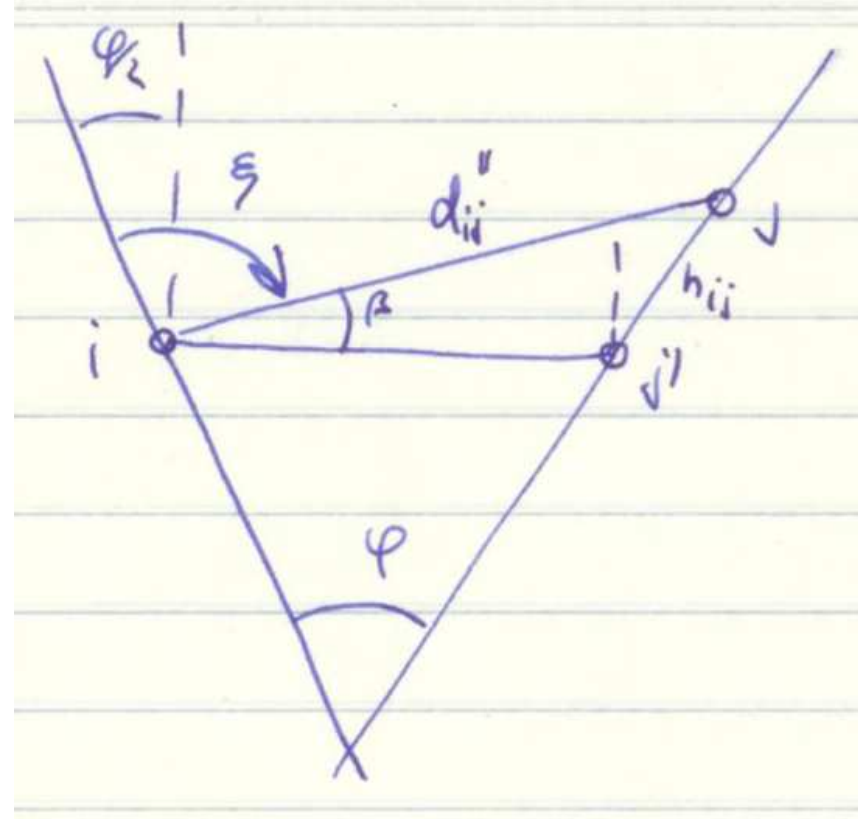
Řešení na delší vzdálenosti.

$$h_{ij} = d''_{ij} \cdot \frac{\cos\left(\zeta_{ij} - \frac{\varphi}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$$

Lze z protisměrně měřených zenitových úhlů určit velikost refrakčního úhlu, příp. refrakčního koeficientu:

$$h_{ij} = d''_{ij} \cdot \frac{\sin\left(\frac{\zeta_{ji} - \zeta_{ij}}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$$

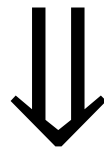
$$h_{ij} = d''_{ij} \cdot \sin\left(\frac{\zeta_{ji} - \zeta_{ij}}{2}\right)$$



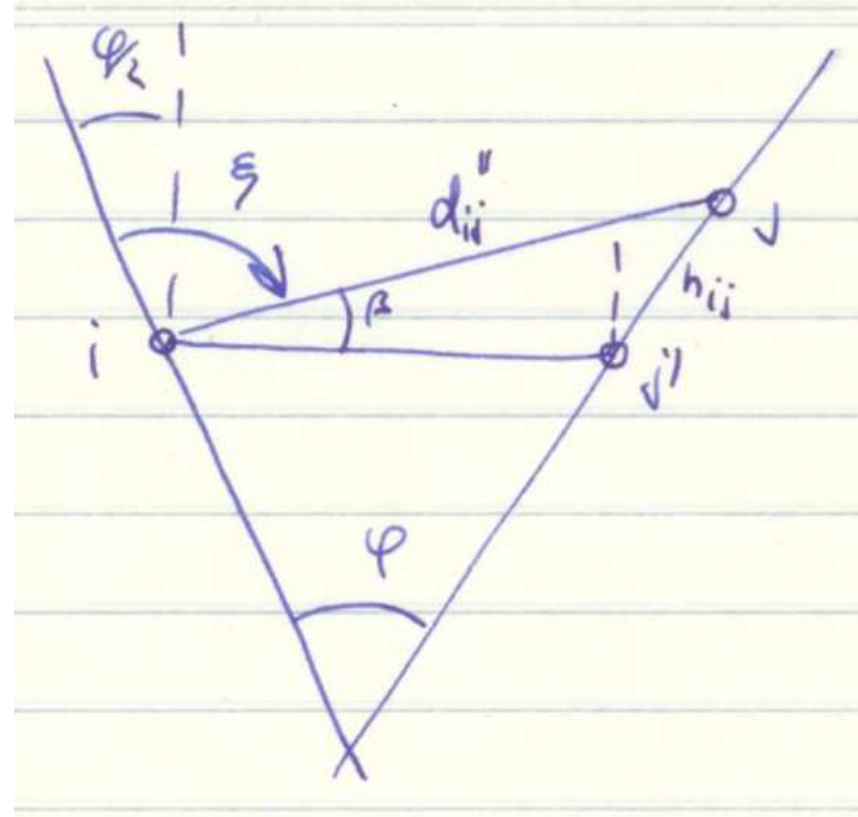
# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

Řešení na delší vzdálenosti – jednostranně měřený zenitový úhel.

$$h_{ij} = d''_{ij} \cdot \frac{\cos\left(\zeta_{ij} - \frac{\varphi}{2} + \rho\right)}{\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$$



$$h_{ij} = d''_{ij} \cdot \cos(\zeta_{ij}) + \frac{d_0^2}{2R} \cdot (1 - k)$$



# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

Řešení na delší vzdálenosti – vliv zavedení  $k_G = 0,1306$ .

$$\rho = k \cdot \frac{d_0}{2R} \cdot \frac{200}{\pi}$$

$$\Delta h = k \cdot \frac{d_0^2}{2R}$$

| $d_0/m$ | $\rho/cc$ | $\Delta h/mm$ |
|---------|-----------|---------------|
| 50      | 0,3       | 0,0           |
| 100     | 0,6       | 0,1           |
| 200     | 1,3       | 0,4           |
| 300     | 2,0       | 0,9           |
| 400     | 2,6       | 1,6           |
| 500     | 3,3       | 2,6           |
| 1000    | 6,5       | 10,2          |



# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

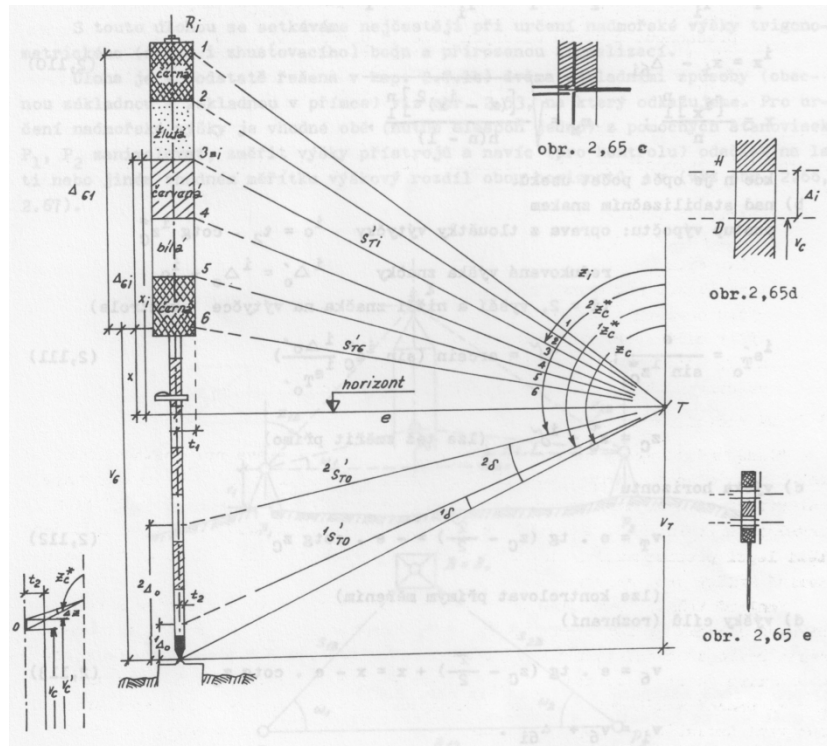
## Cíle pro měření zenitových úhlů.

### Krátké vzdálenosti do 250m :

používají se standardní cíle, při současném obousměrném měření se používají excentrická stanoviska/cíle, lze v některých případech cílit i přímo na teodolit (nasazovací značky na objektiv, autokolimace apod.)

### Delší vzdálenosti:

Lze používat válcové znaky, které jsou výhodné vzhledem k nenutnosti otáčení, lze cílit na různá barevná rozhraní. Pozor, je nutno uvážit vliv nesprávné výšky cíle při nevodorovných záměrech.

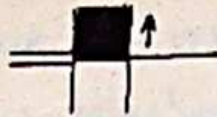


# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

Potlačení systematických chyb TUVR

Eliminace systematických chyb při trigonometrickém určování výšek

a)  $n$  cílení



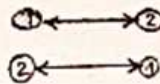
cílení

měřická metoda - symetricky 2 (sudý počet)

b) krátkodobé změny refrakce - synchronizace (znamení)

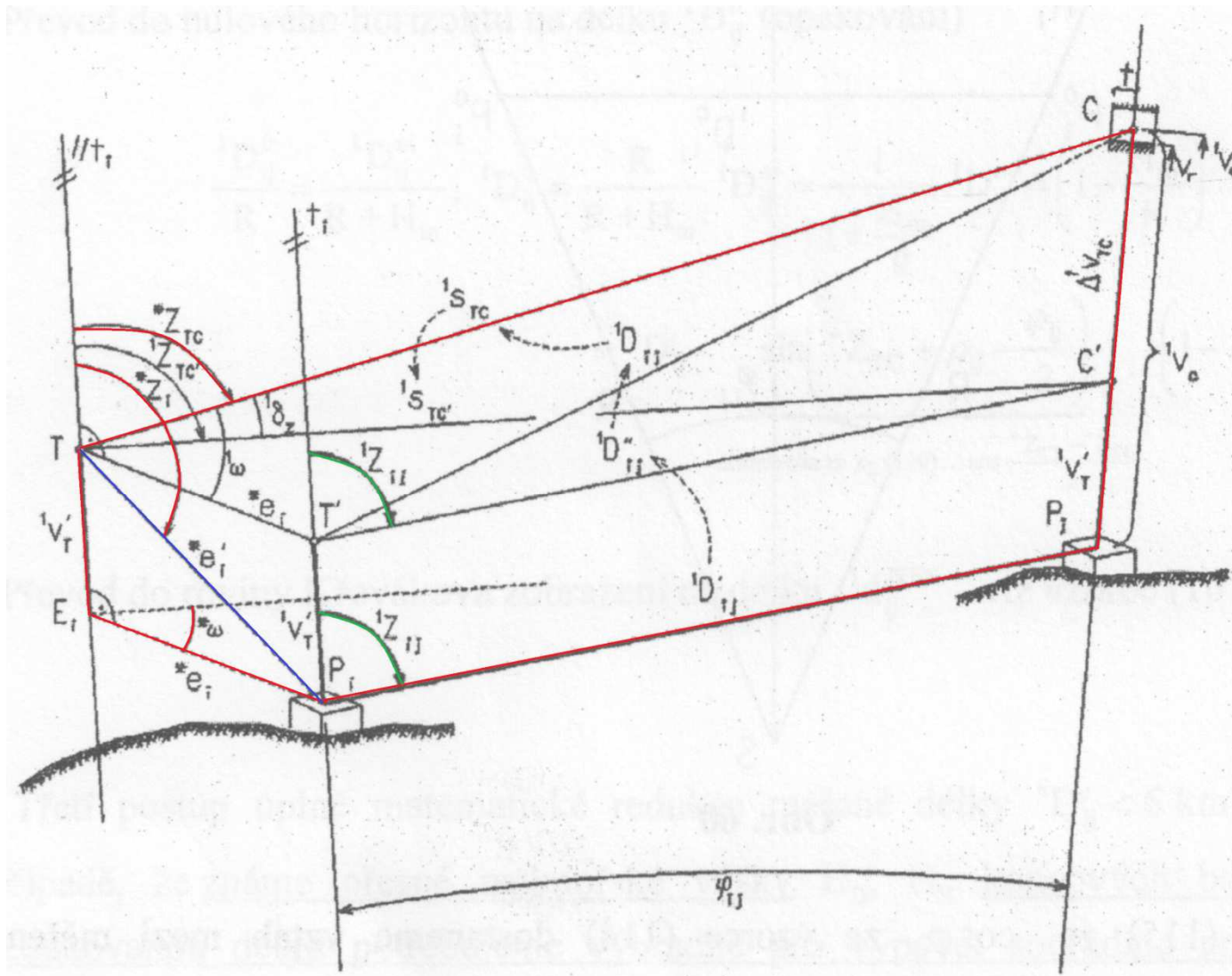
c) runová chyba (rozsah optického mikrometru přesně neodpovídá jednomu dílku)

d) Systematická chyba dvojice teodolitů a měřičů (osobní chyba v cílení)  
- pozná se: obousměrné



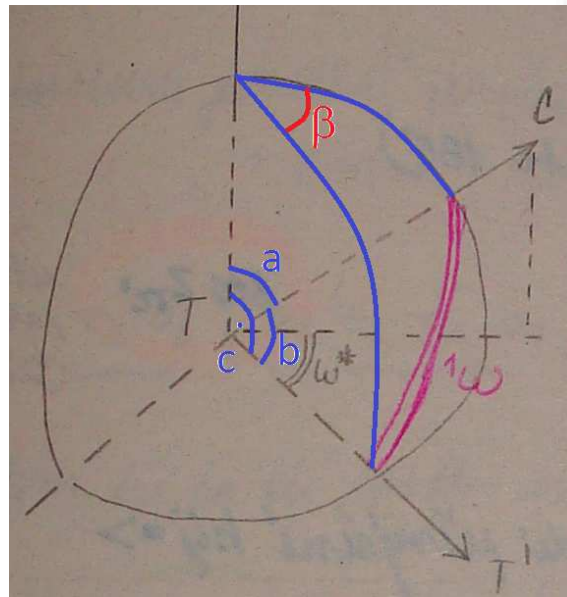
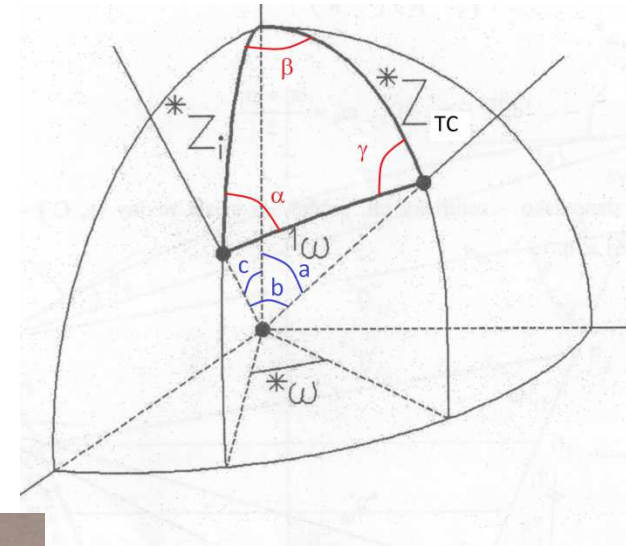
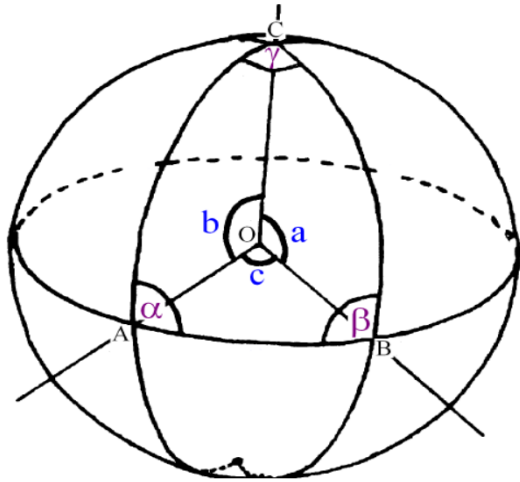
# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

Současné protisměrné měření – centrace a redukce excentricky měřeného zenitového úhlu.



# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

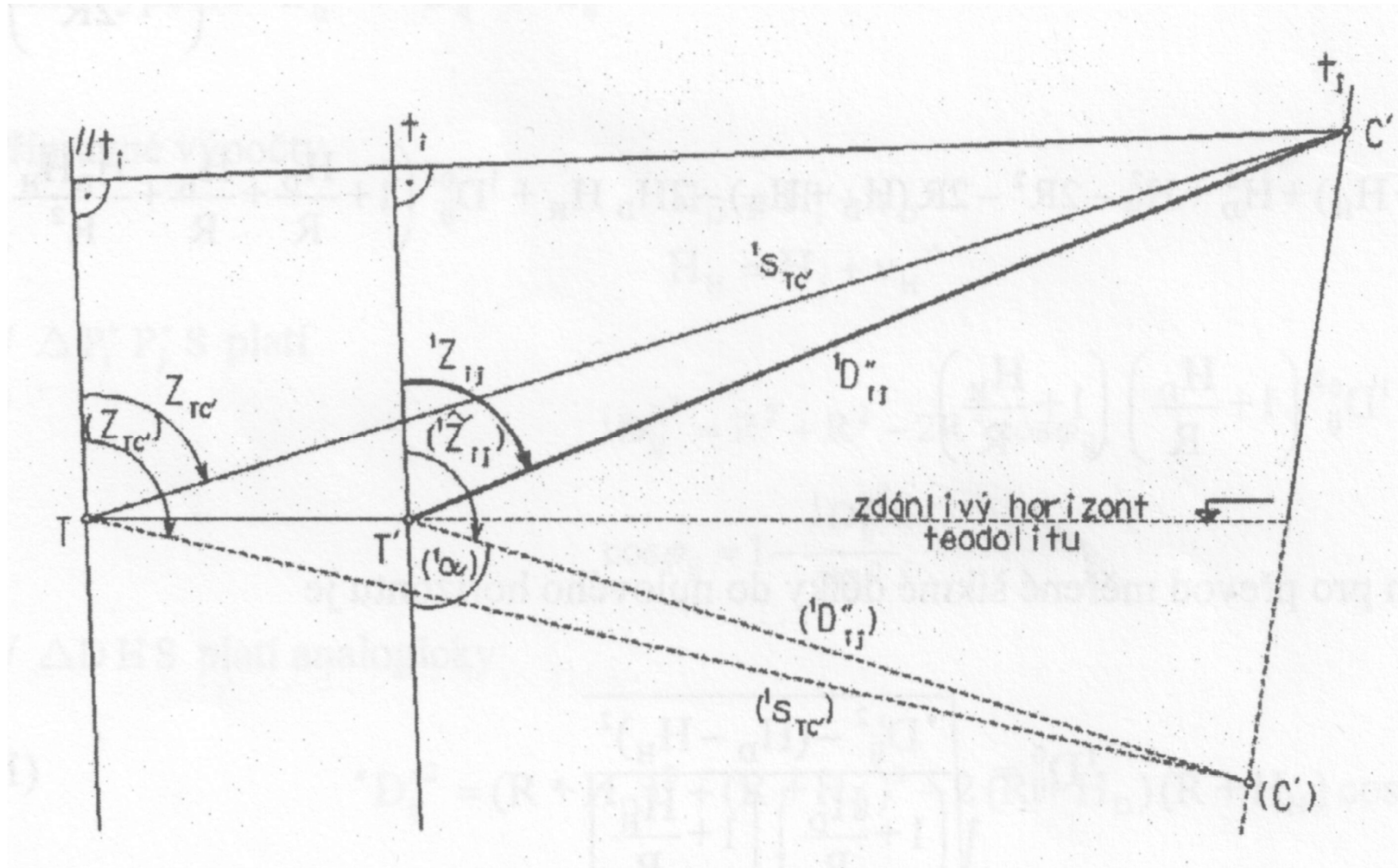
Sférická kosinová věta.



$$\cos b = \cos a \cdot \cos c + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos \beta \quad (\text{CZ})$$

# Trigonometrické určování výškových rozdílů.

Současné protisměrné měření – centrace a redukce excentricky měřeného zenitového úhlu.



**Konec**