

---

# TUNELY 2

Doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.

Následující stránky jsou doplňkem přednášek  
předmětu 154GP10

2014

---

- × **ÚČEL**

- × **A. Dopravní**

- × železniční (jednokolejné, dvoukolejné)

- × silniční

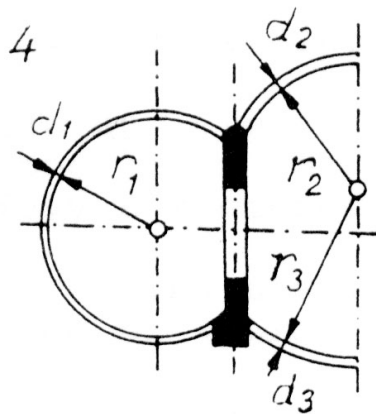
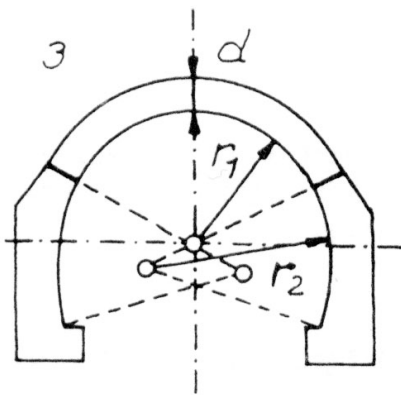
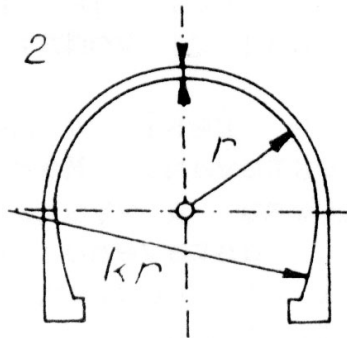
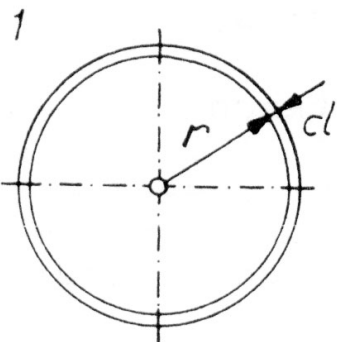
- × podzemní městské dráhy

- × **B. Rozvody**

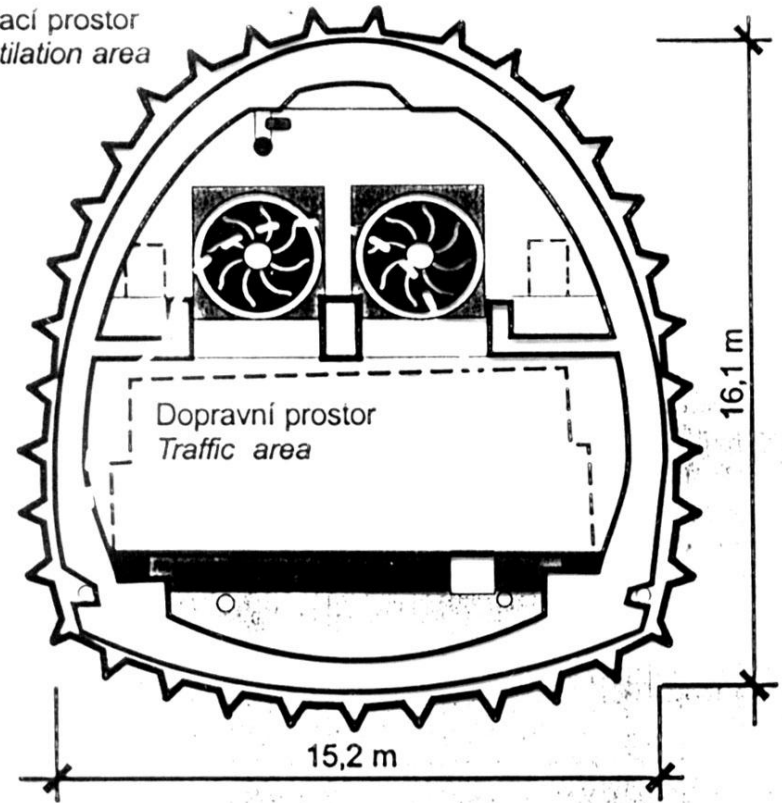
- × průplavní, plavební, hydrologické

- × inženýrských rozvodů: kanalizace, vodovody, kolektory atd.

# PROFILY TUNELŮ

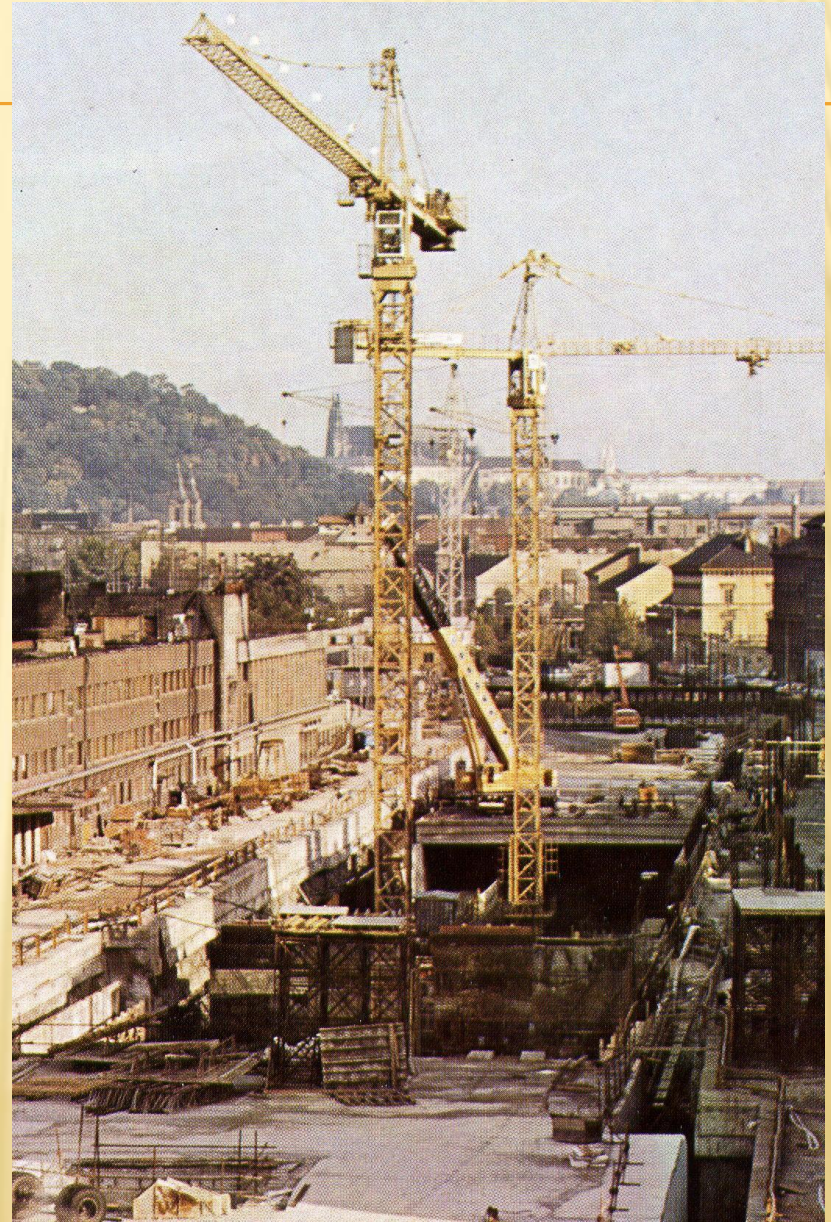


Vetrací prostor  
Ventilation area



# ZPŮSOB VÝSTAVBY

- ✘ ražba
- ✘ otevřená jáma
- ✘ přesouvání
- ✘ protlak



## **Otevřeným výkopem (jamou)**

Vhodné pro mělká díla (metro, kolektory)

Nevýhoda: úplné přerušování provozu na povrchu

Výhoda: snazší vytýčení i výstavba, rychlejší návrat povrchové dopravy.

## **Přesouvání**

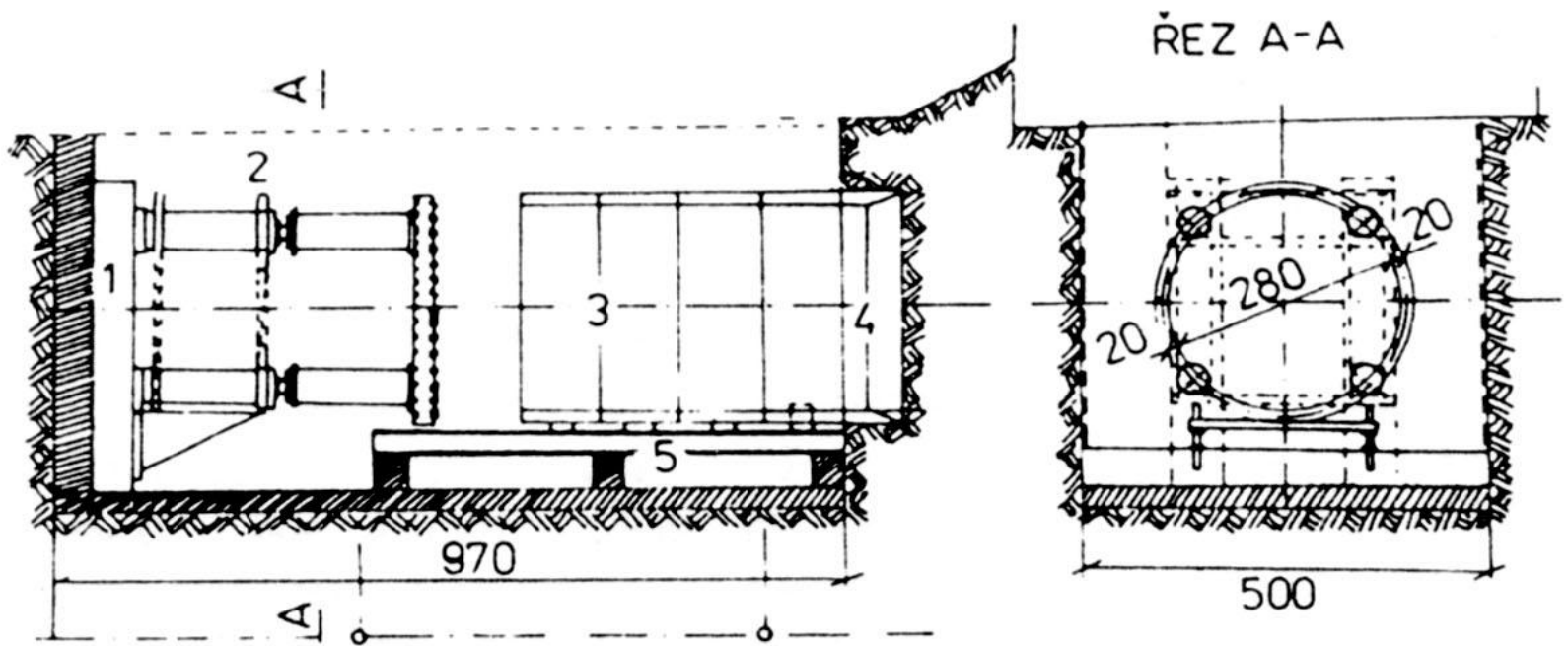
Použito na metru pod Vltavou.

Tubus složen na břehu, vysunut přes řeku pomocí lodí.

Po zaplavení klesl do připravené rýhy ve dnu a pak připojen oboustranně na ražené tubusy.

## Protlačování

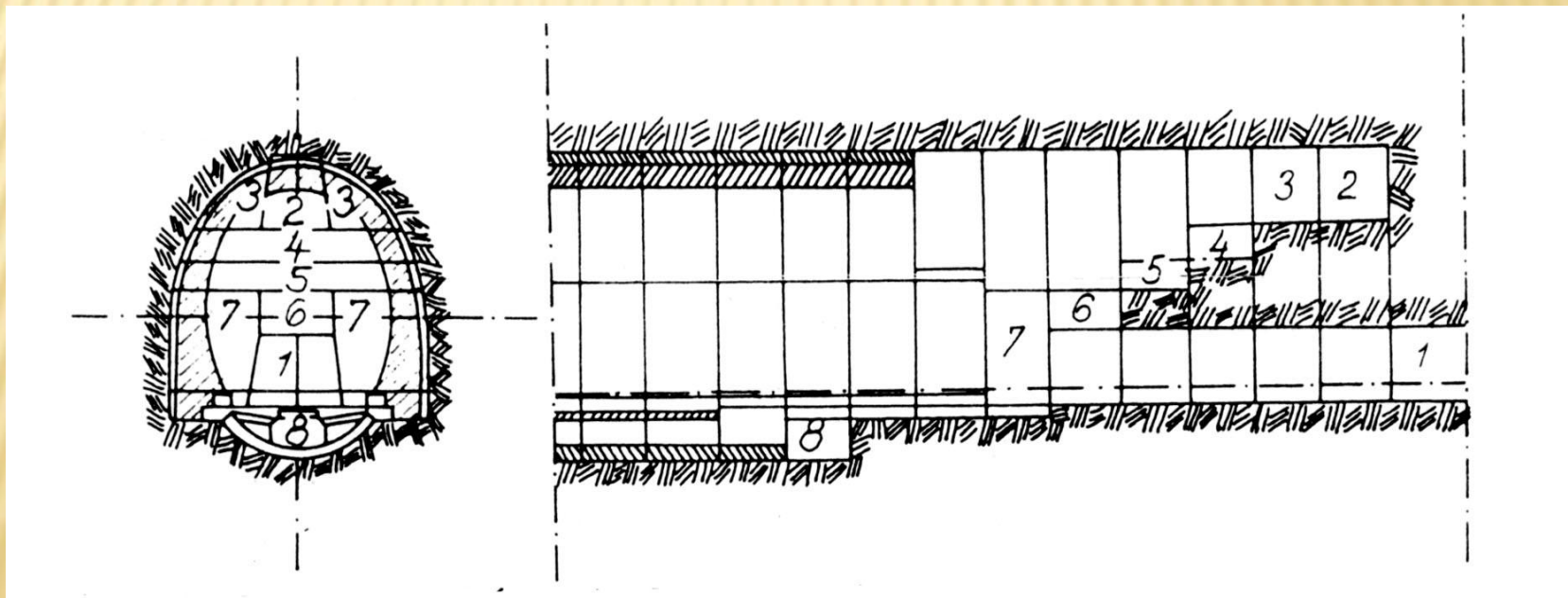
Jednodušší varianta štítování pro menší profily a kratší dráhy.



# RAŽBA

- ✘ Klasická rakouská a belgická tunelovací soustava
- ✘ Použití střelného prachu a pneumatických nářadí od konce 19. stol., 1907 použití vzdušného přetlaku, 1967 neoprénové těsnění

## Klasická rakouská tunelovací soustava

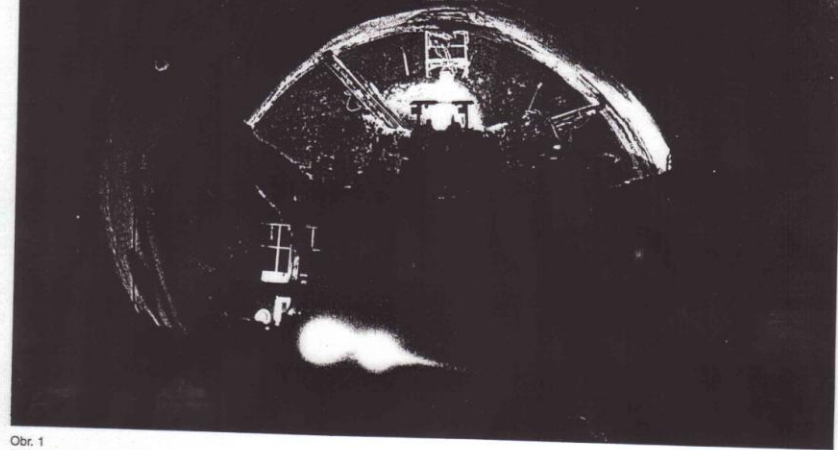


## Moderní metody

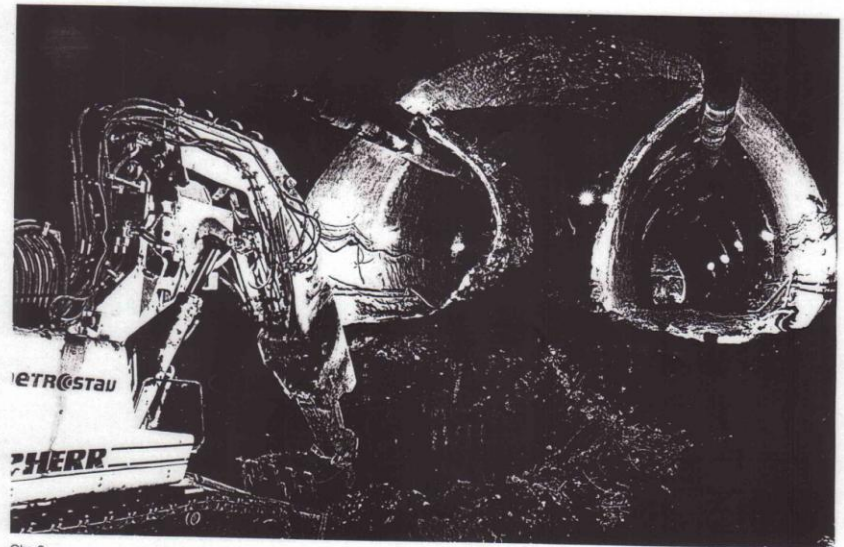
Nová rakouská  
tunelovací soustava s  
vertikálním nebo  
horizontálním členěním

Prstencová metoda  
(tubingová), štítování

Mrázovka, 1998-2000



Obr. 1  
Ražení s vodorovným členěním průřezu tunelu. Kotvení kaloty a zastřikování opěří tunelové trouby  
Excavation with horizontal sequencing of the tunnel cross section. Rockbolting in the top heading and concrete spraying on the tunnel tube footing



Obr. 3  
Ražení se svislým členěním průřezu tunelu. Prohlubování dna pro zřízení spodní klenby  
Excavation with vertical sequencing of the tunnel cross section. The bottom deepening for installation of the invert



# Ražba plným profilem

Abbildung eines Bohrschilds

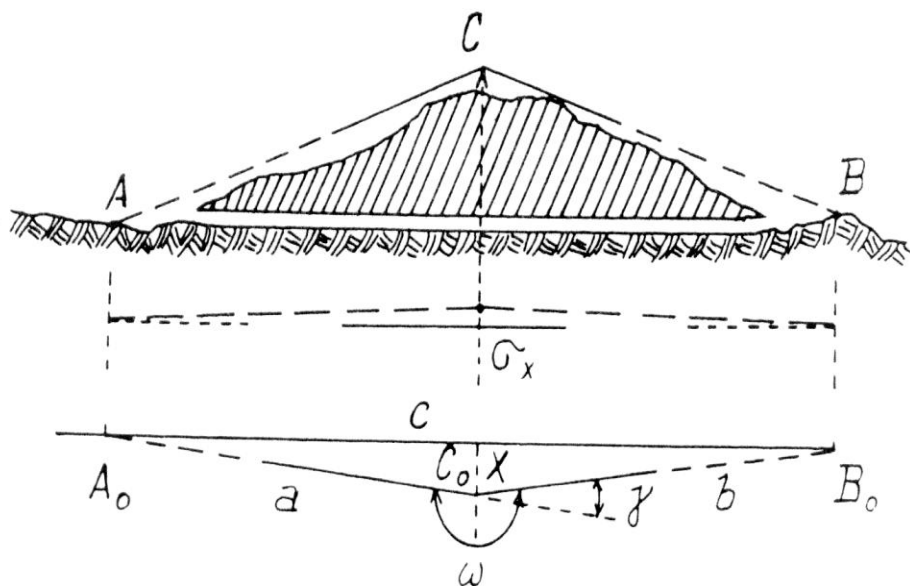


# VYTYČOVÁNÍ

---

- ✘ Přímé (povrchovým měřením pomocí 1 nebo 2 bodů nebo pomocí polygonového pořadu)
- ✘ Nepřímé – přesné trigonometrické sítě a polygonové pořady
- ✘ Metodami GNSS a TS+PC

# PŘÍMÉ VYTÝČENÍ 1 BODEM



Přibližným způsobem se volí bod C poblíž spojnice portálů A, B, určí se délky a, b.

Předpoklad:  $a+b = c$ ,  $a \approx b$ .

Změří se úhel  $\omega$ . Potom

$$\gamma = \omega - 2R.$$

Pro plochu  $\Delta$  platí:

$2P = a \cdot b \cdot \sin \gamma = c \cdot x$ . Odtud s uvažováním úhlového měření:

$$x \approx (a \cdot b / (a + b)) \cdot (\gamma / \rho)$$

$$\sigma_x = (a \cdot b / c) \cdot (\sigma_\gamma / \rho) \approx c \cdot \sigma_\gamma / 4\rho.$$

Hodnota x se vynese a na posunutém bodě C' se znovu měří úhel  $\omega$ . Má platit:

$$\gamma_x \leq \Delta_M = u \cdot \sigma_\gamma \cdot \sqrt{2} / \rho$$

Příklad:

$c=3$  km,  $a=b=1,5$  km,  $\sigma_\gamma = 0,5$  mgon.

Potom  $\sigma_x = 6$  mm.

Lze použít v různých úlohách IG.

## Vliv (ne)přesnosti určení délek a,b při přímém vytýčení 1 bodem

Odvozeno:  $x \approx (a \cdot b / (a + b)) \cdot (\gamma / \rho)$  .

Pokud  $a = b = c/2$ , pak  $x = (c \cdot \gamma) / 4\rho$ ,

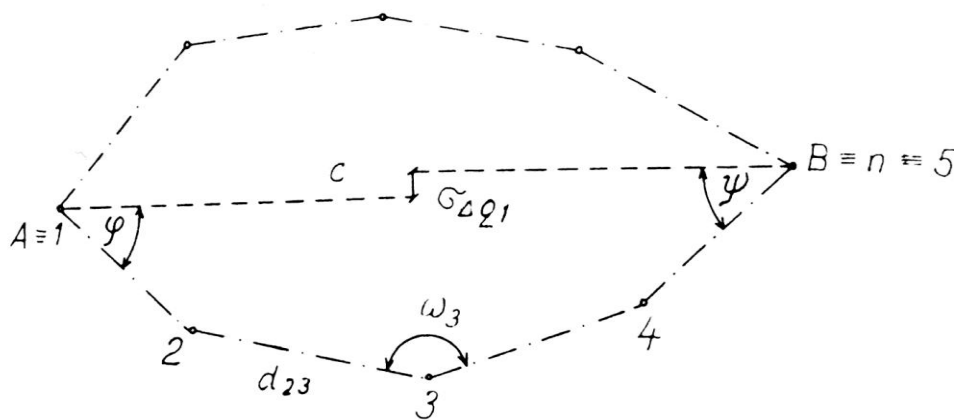
odtud při uvážení pouze délek  $\sigma_x = x \cdot (\sigma_c / c)$ .

Příklad:  $x = 0,1$  m,  $c = 3$  km. Pokud  $\sigma_c = 50$  m, bude  $\sigma_x = 1,7$  mm tj. vliv délek je reálně zanedbatelný.

## PŘÍMÉ VYTÝČENÍ 2 BODY

Odvození obdobné, přesnost stejná – viz skriptá.

## PŘÍMÉ VYTÝČENÍ POLYGONEM



Navrhujeme, změříme a v místní soustavě vypočteme pořad A-2-3-4-B. Vypočteme úhly zarážky  $\alpha$ ,  $\beta$  s kontrolou z 2. pořadu. Lze transformovat do státní sítě.

Směrodatná odchylka v prorážce v příčném směru při protisměrné ražbě s prorážkou uprostřed v bodě C:

$$\sigma_{\Delta q1} = \frac{d\sigma_{\omega}}{2\rho} \left[ \frac{(n-1)(n-2)(n-3)}{3} \right]^{1/2} = \frac{c\sigma_{\omega}}{2\rho} \left[ \frac{(n-2)(n-3)}{3(n-1)} \right]^{1/2},$$

kde:  $d$  - délka polygonové strany,  $c$  - délka osy tunelu,  $n$  - počet vrcholů pořadu,  $\sigma_{\omega}$  - směrodatná odchylka vrcholového úhlu.

**Příklad:**  $c = 3$  km,  $d = 200$  m ( $n = 16$ ),  $\sigma_{\omega} = 1$  mgon,  $\sigma_{\Delta q1} = 47,4$  mm. Při dvojitím měření  $\sigma_{\Delta q1} = 33,45$ mm.

**Odvození vzorce  $\sigma_{\Delta q1}$**  pro přímý pořad se stejně dlouhými stranami, vložený do osy+Y:

$$x_n = d \sum_{i=2}^n \cos \left[ \left( \sigma_{12} + \omega_{i-1} - (n-2) 2R \right) \right].$$

(Vytýčení je relativní, chyba ve výchozím bodě se neuvažuje.)

$$\varepsilon_{xn} = -\frac{d}{\rho} \left[ (n-1)\varepsilon_{\sigma_{12}} + (n-2)\varepsilon_{\omega_2} + \dots + 1\varepsilon_{\omega_{n-1}} \right].$$

$$\varepsilon_{\sigma_{12}} = \frac{-1}{n-1} \left[ (n-2)\varepsilon_{\omega_2} + \dots + 1\varepsilon_{\omega_{n-1}} \right].$$

$$\varepsilon_{\omega_{n-1}} = \frac{1}{n-1} \left[ 1\varepsilon_{\omega_2} + \dots + (n-2)\varepsilon_{\omega_{n-1}} \right].$$

Náhodná odchylka v proramce v přičném směru pro bod uprostřed je:

$$\varepsilon_{\Delta q1} = \frac{n-1}{2\rho} d(\varepsilon_{\sigma12} + \varepsilon_{\sigma n-1}).$$

Po dosazení:

$$\varepsilon_{\Delta q1} = -\frac{d}{2\rho} [(n-3)\varepsilon_{\omega2} + \dots + (n+1-2i)\varepsilon_{\omega i} + \dots + (n-3)\varepsilon_{\omega n-1}].$$

Pro prostřední bod  $P$  je  $i = (n+1)/2$  a potom je závorka u náhodné odchylky  $\varepsilon_{\omega i} = 0$ . Po přechodu na směrodatné odchylky a za předpokladu, že  $\sigma_{\omega i} = \sigma_{\omega}$  bude :

$$\sigma_{\Delta q1}^2 = \left(\frac{d\sigma_{\omega}}{2\rho}\right)^2 2[(n-3)^2 + (n-5)^2 + \dots + 0].$$

Úpravou řady na pravé straně dojdeme k výslednému tvaru.

# NEPŘÍMÉ METODY VYTYČOVÁNÍ

---

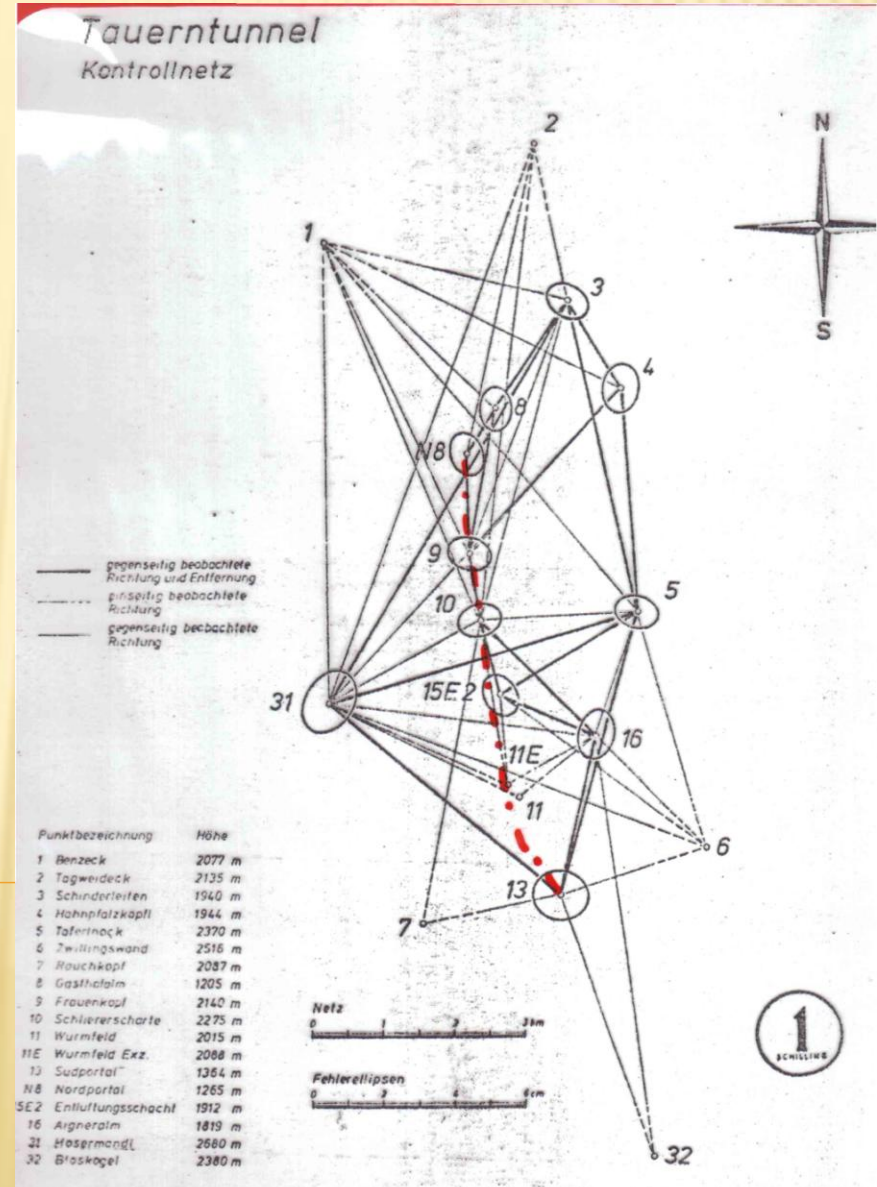
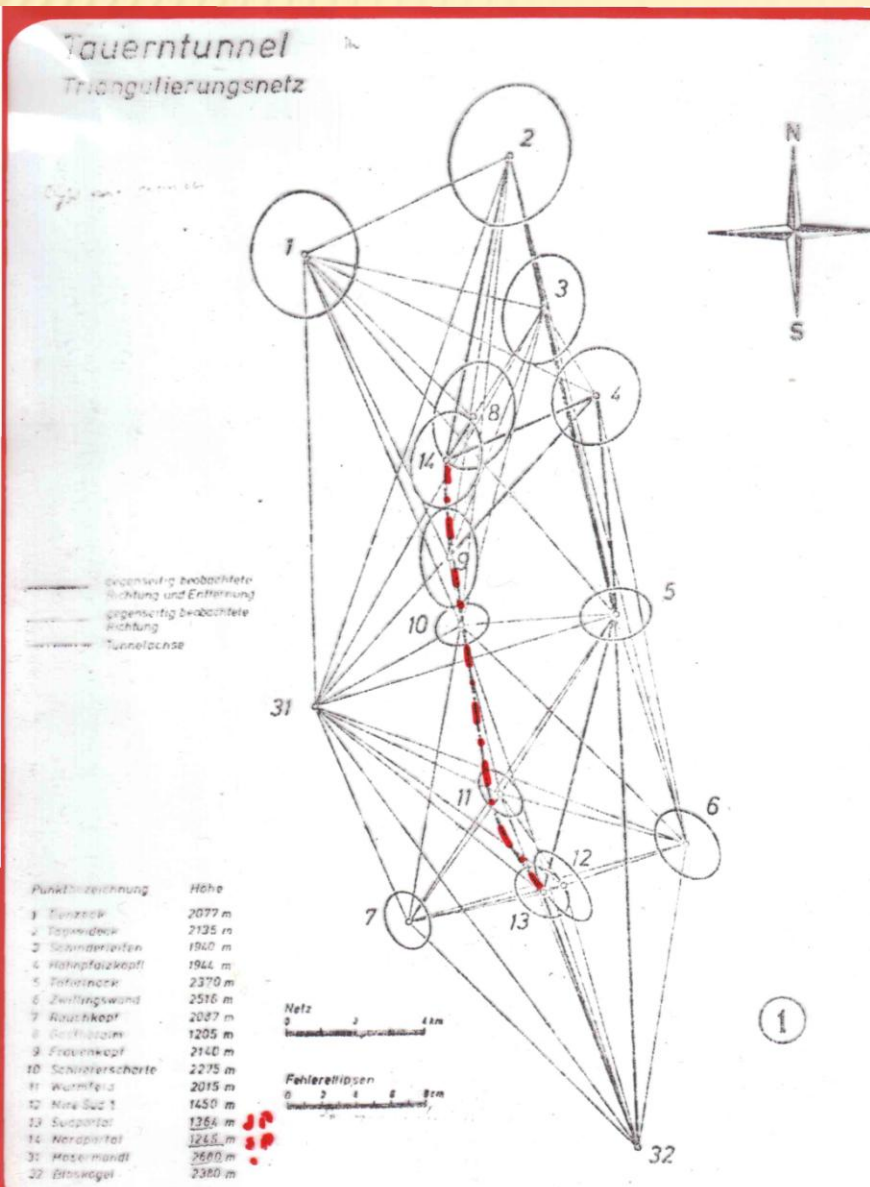
- ✘ Povrchové sítě, obvykle místní trigonometrická vytyčovací síť a v podzemí volné, případně vetknuté pořady.
- ✘ Přesnost prorážky je diskutována v návazné přednášce Prorážka.



# VYTYČOVACÍ SÍŤ

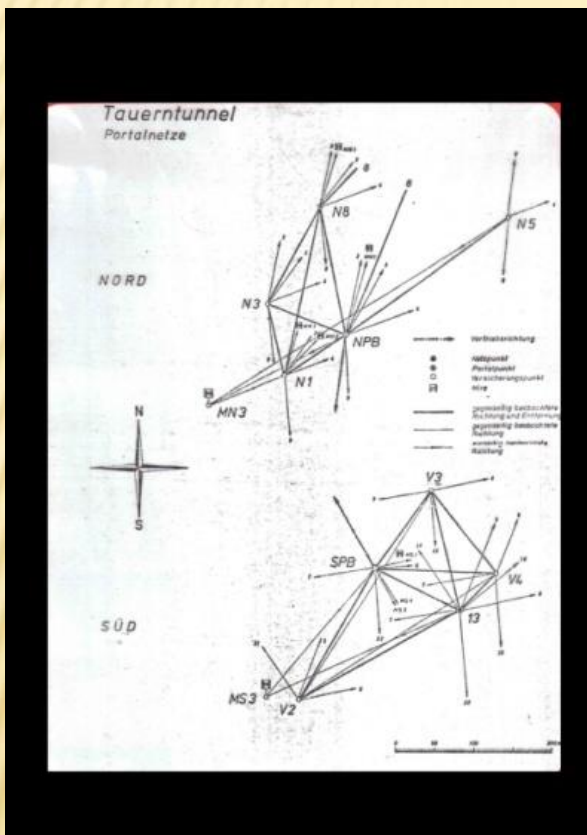
Klasické vytyčovací a portálové sítě

2. polovina 20. století (TU Graz))))))



# Klasické spirálové tunely

## 20. století →

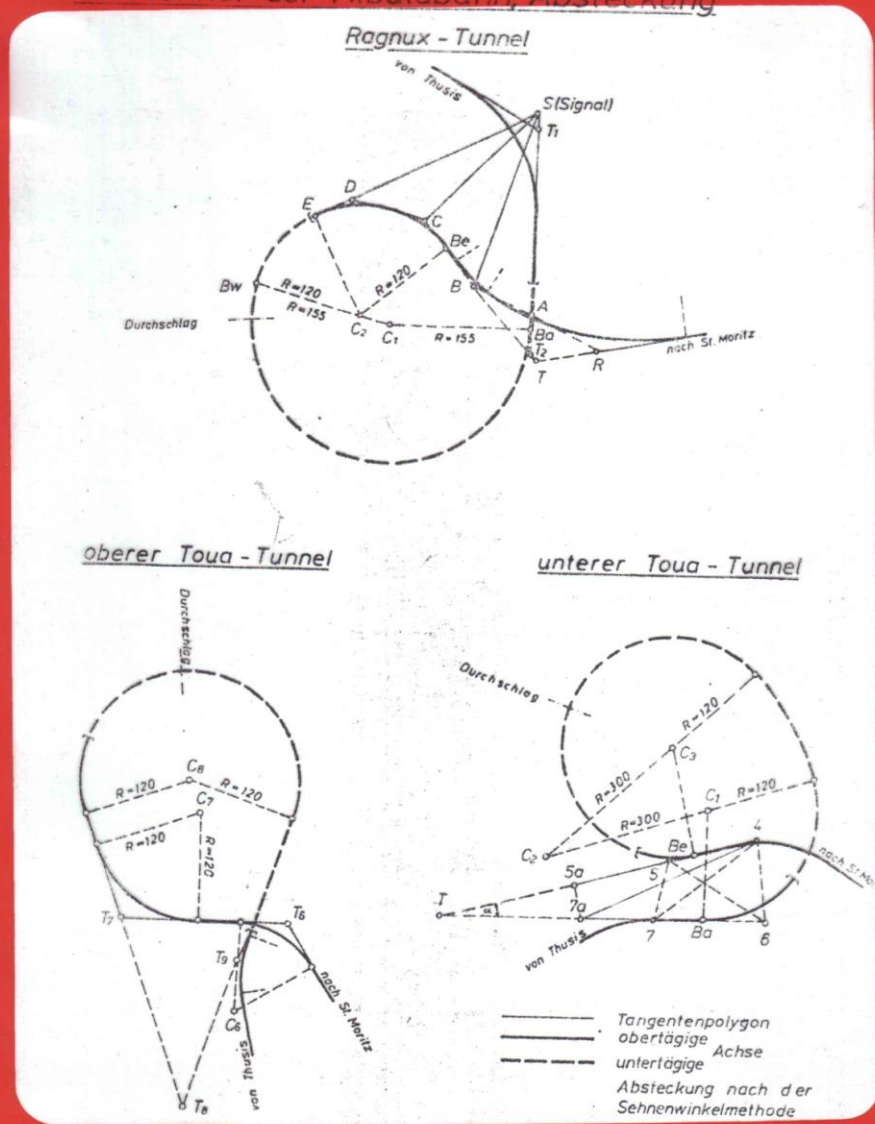


Portálové síť

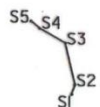
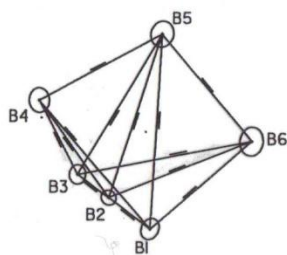
Verkaufsstelle für Landesvermessung  
und Photogrammetrie, TH in Graz  
© Prof. Dr. Karl Rinner

18-15-10

### Kehrtunnel der Albulabahn, Absteckung



# SÍTĚ S POMOCÍ GNSS A TS



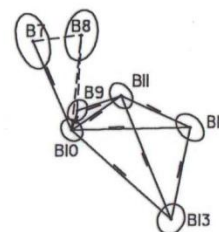
— 500m  
— 5mm

SITUÁCIA M 1:50000  
ELIPSY STREDNÝCH CHÝB BODOV B1-B13 M 2J

## TUNEL VIŠŇOVÉ

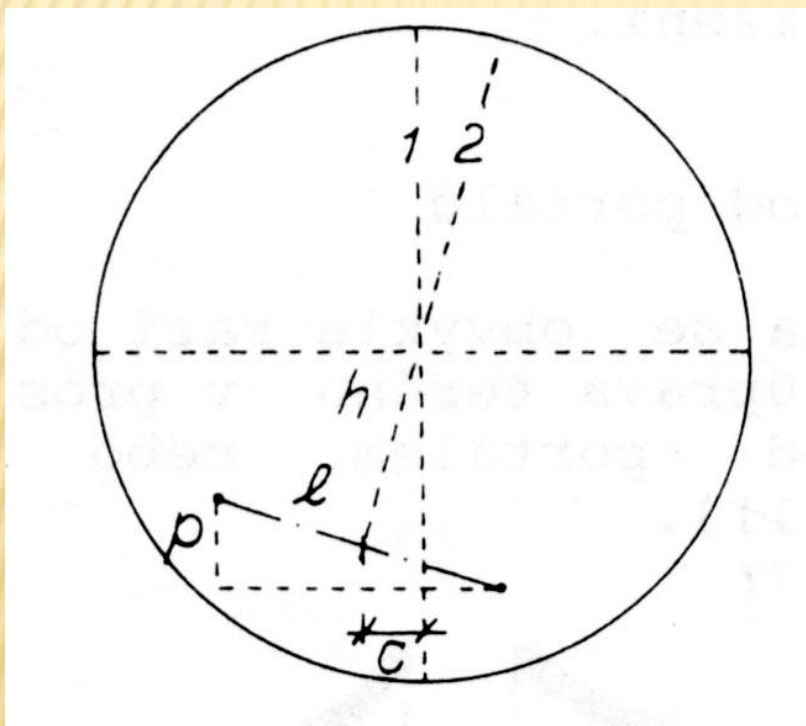
*Vytyčovací sieť*

*základné meranie - september 1998*



# PRAKTICKÉ POSTUPY

## Odsazení osy koleje od osy zakřiveného tunelu



1 – svislá osa tunelu

2 – normála k ose koleje

p – převýšení koleje (v metru kolem osy)

e – rozchod koleje, normální 1435 mm

h – vzdálenost mezi středem tunelu a osou koleje,  $h = 1700$  mm

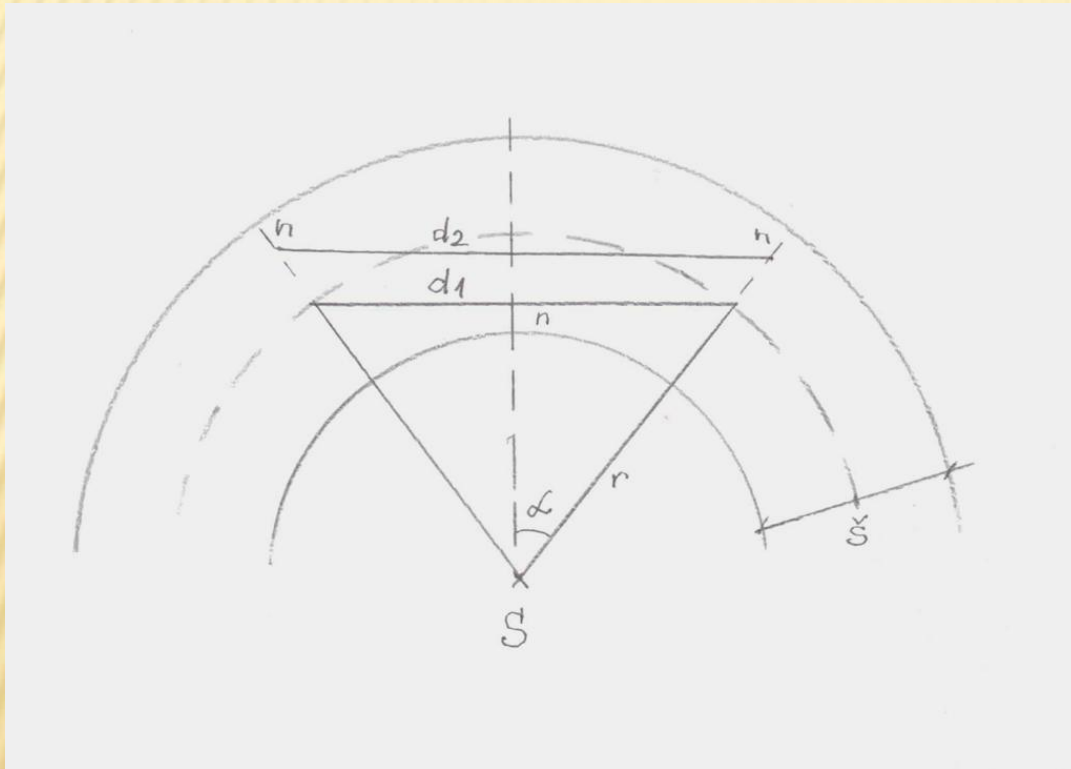
c – hledané odsazení

$$p:h = c:e$$

$$c = (ph)/e$$

Poloměr tunelu projektovat tak, aby nedošlo k rozšíření tubusu.

## URČENÍ NEJDELSÍ ZÁMĚRY V TUNELU V OBLOUKU



$š$  – šířka tunelu

$r$  – poloměr osy

$n$  – odstup od stěny

$$d_1 = 2\sqrt{\{r^2 - (r - š/2 + n)^2\}}$$

$$\sin \alpha = d_1 / 2r$$

$$d_2 = 2 \sin \alpha (r + š/2 - n)$$

# MEZNÍ VYTYČOVACÍ ODCHYLKY ČSN 73 0420-2

B

Mezní vytyčovací odchylky podm. bodu<sup>o</sup> pro drážky / poz. kom.

$v$ (km/h)	Podélná odch. $\sigma_{xM}$ (mm)			Příčná odch. $\sigma_{yM}$ (mm)			Výš. o. $\rho_{xM}$ (mm)	
	$d \leq 100m$ (100; 350) > 350			$d \leq 100m$ (100; 350) > 350				
$\leq 90$ $\leq 70$	15	20	20 30	25 40	10 18	15 25	20 30	10 20
$> 90$ $> 70$	12	15	16 22	20 30	9 12	12 15	16 20	6 15

Mezní vytyčovací odchylky prostorové polohy

A

Kritérium (mm)	Rychlost $v < 60$	(60; 90)	(90; 120)	(120; 160)
souvř. $\sigma_{xMx}, \sigma_{xMy}$	25	20	15	12
rozř. $\sigma_{xMox}, \sigma_{xMoy}$	15	12	10	8
výš. $\rho_{xM}$	10	7	5	3