
Z HISTORIE TUNELŮ

Doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.

Následující stránky jsou doplňkem přednášek předmětu
154GP10

2014

PROČ TUNEL?



VÝSTAVBA TUNELŮ:

- HORNICKÝM ZPŮSOBEM,
- V OTEVŘENÉ RÝŽE.



Vytyčování:

- přímé po povrchu,
- nepřímé:
 - z bodů polygonové sítě,
 - z bodů trigonometrické sítě (místní nebo státní),
 - z bodů určených metodou GPS.

HISTORICKÉ STAVBY

Semiramidin tunel, Asýrie 9. stol. př.n.l., pod řekou Eufrat v Babylonu. Podle písemného svědectví dějepisce Diodora Sicula (2. stol. př.n.l.) postaven v otevřené rýze z cihel spojovaných asfaltem, v délce 900 m s profilem 4 x 5 m uzavřeným klenbou.

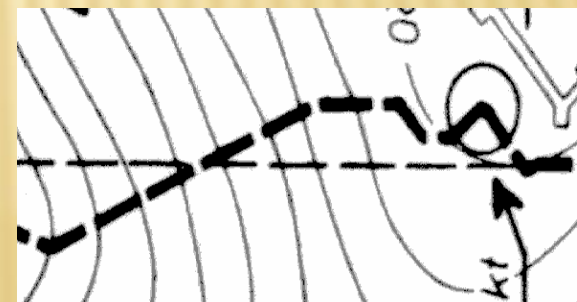
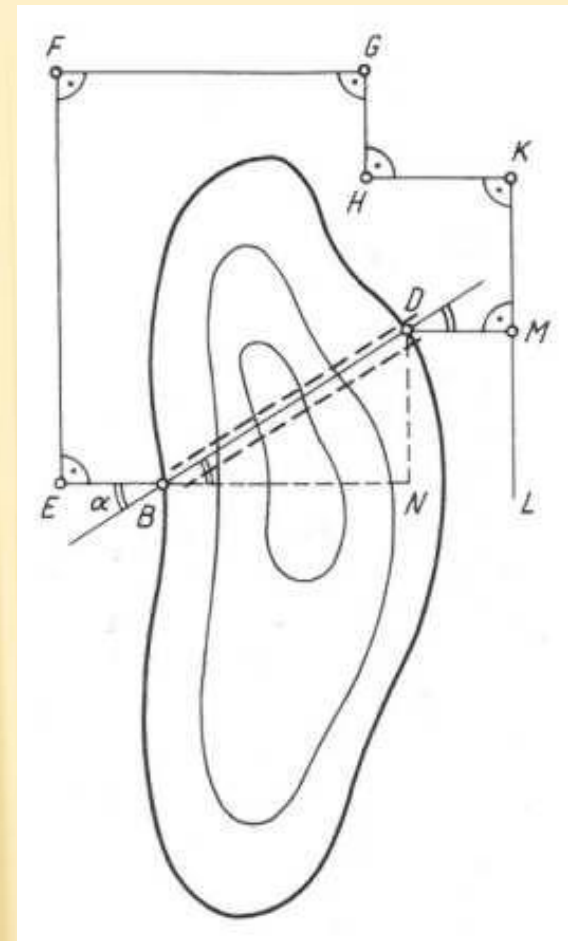
Eupalinův tunel na ostrově Samos, 6. stol. př.n.l., nejstarší dochovaný, přímý, 1,03 km, převýšení 0,04 m, součást 2 km dlouhého vodovodu. Profil průměrně 1,8 x 1,8 m, v počvě rýha vodního přivaděče šíře 0,6 m se spádem 0,4%, dno rýhy cca 3,5 - 8 m pod počvou tunelu. Místy je rýha zakryta deskami, částečně byla ražena pro úsporu práce hornicky, tedy jako druhá štola.



Zkrácení délky osy o 140 m (14%) zvednutím a posunutím.

Studie: Hérón Alexandrijský zvaný Méchanikos (1. stol. n.l.), autor Peri dioptrás.

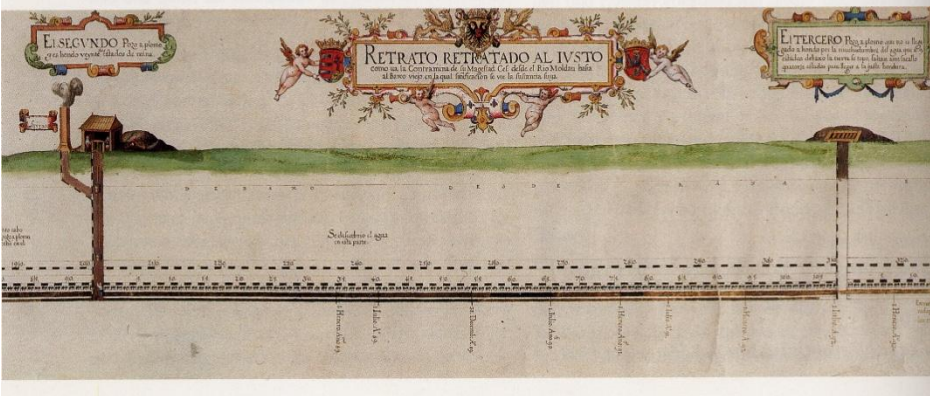
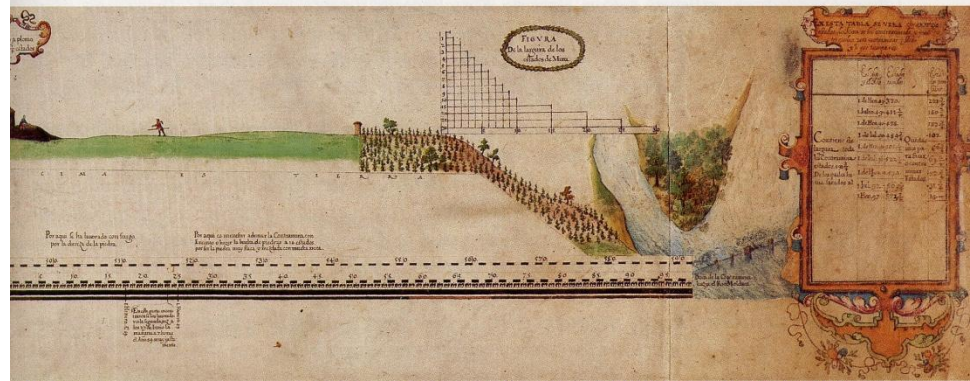
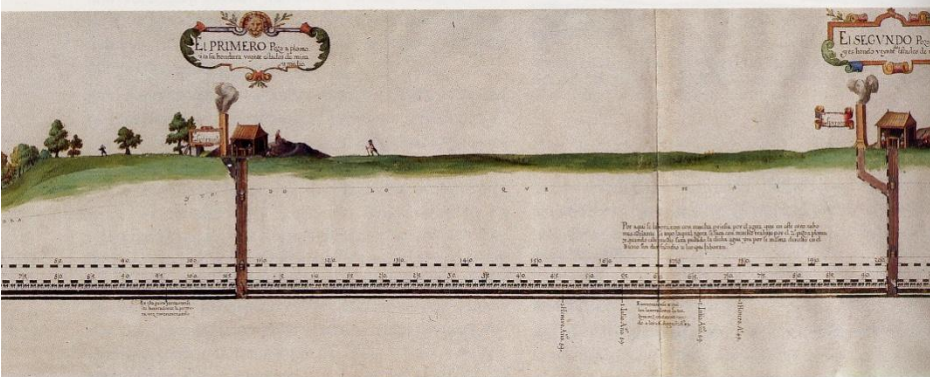
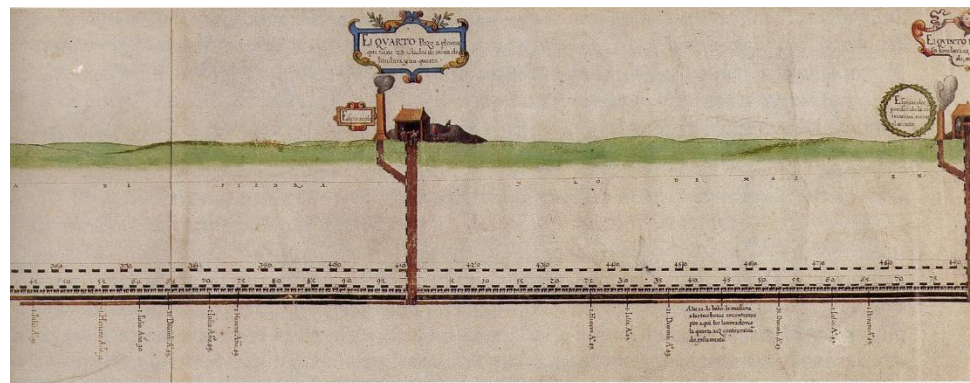
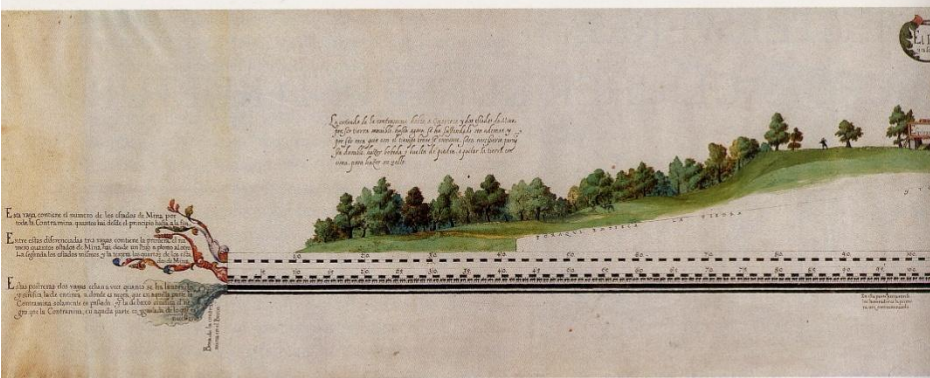
Polohová proražka cca 3,5 m.



RUDOLFOVA ŠTOLA

(Belvedérská), 16. stol., vodohospodářská pod pražskou Letnou, naše nejstarší. Přímá, délka 1,1 km, převýšení 1,12 m, spád 1 ‰, hloubka až 45 m. Průměrná výška štoly je 2 - 4 m, šířka 0,7-1,5 m. Památka UNESCO, státní seznam kulturních památek, unikátní lokalita výskytu sekundárních krasových jevů.

Směr a 5 (4) svislých šachet (3,25 x 1,25 m) přímo vytýčil 1582 maršajdník Georg Oeder. Stavbyvedoucí vrchní hofmistr, pražský mincmistr Lazar Ercker ze Šreknfelzu, po 1592 vrchní hofmistr Van der Vam Kojas. Práce protiražbou s využitím směrové štoly pod stropem kutnohorští havíři. 1. prorážka jaro 1589, poslední v úseku II - IV 17.7.1593 s odchylkami 1,65 m, resp. 1,32 m. Průměrný měsíční postup byl 8,3 m, nejrychlejší 15,3 m (2. pol. 1589), nejpomalejší 4,3 m (1592). Kolísání profilu a zakřivení trasy je patrně důsledkem vyrovnávání odchylek a korigování směru ražby.



Isaac Phendler, 1593 ⁵↑/↑₁
 Popis postupu výstavby
 a technického vybavení,
 naznačení geologických
 podmínek.

PHENDLEROVA MAPA RUDOLFOVY ŠTOLY Z ROKU 1593

A. Použitá délková míra

Estado de mina¹⁾ = 1,98 ± 0,02 m
[Hánek, 1992]

Látro horské = 1,9960 m
(Orgya Kuffenbergensis)
[Devoty, Sedláček, 1923]

Látro freibergské = 1,9624 m
(Freiberger Lachter)
[Státní archiv v Drážďanech]

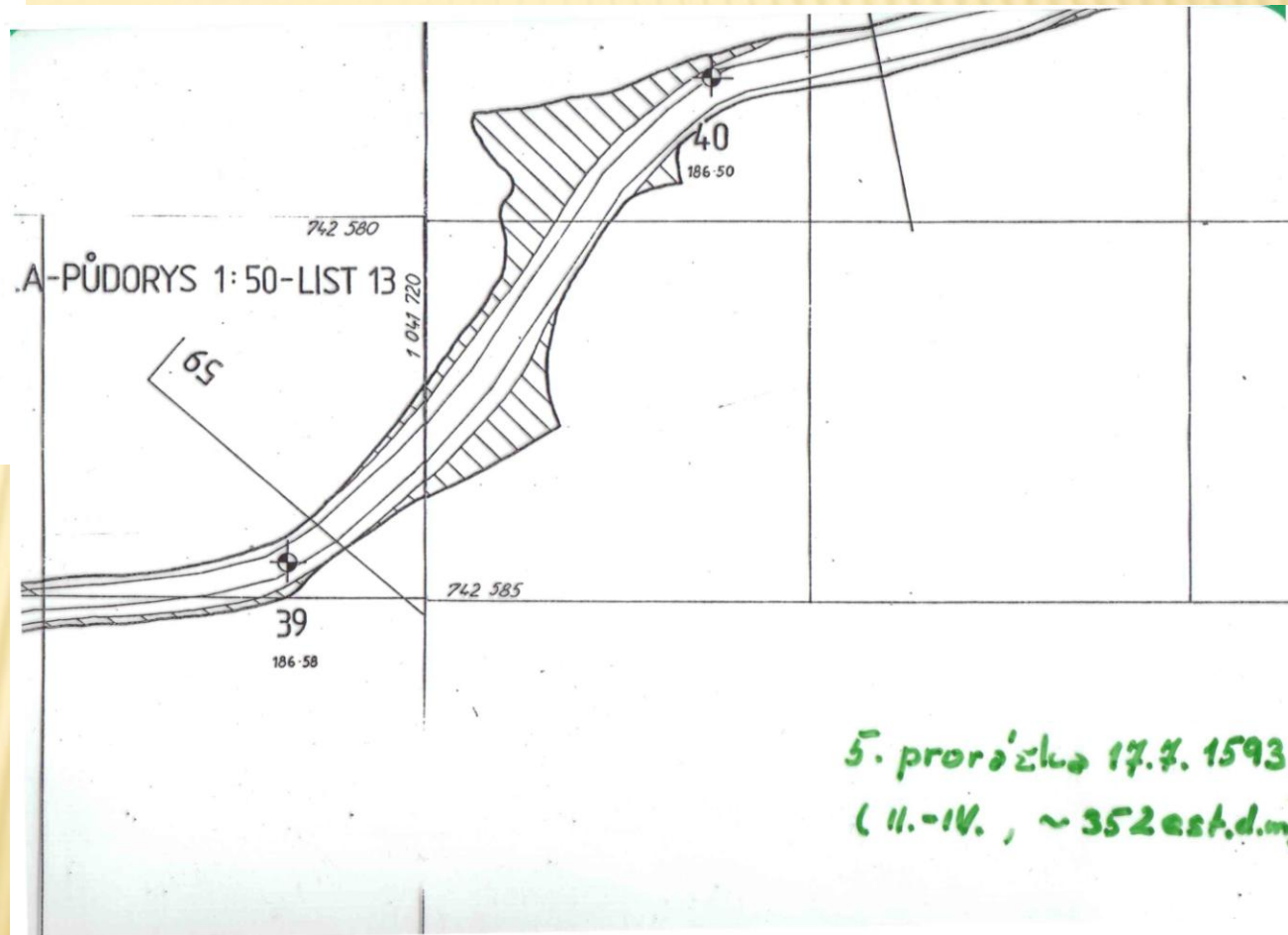
Sáh freibergský = 1,9719 m
(Freiberger Klafter)
[Jangl, 1980]

Sáh pražský (po 1541) = 1,773 m
Sáh vídeňský (rakouský) = 1,8964 m

¹⁾ Podle sdělení Instituto Geografico Nacional, Madrid 1995, není ve Španělsku odpovídající míra známa

B. Měřítko mapy

1 : (547 ± 4)

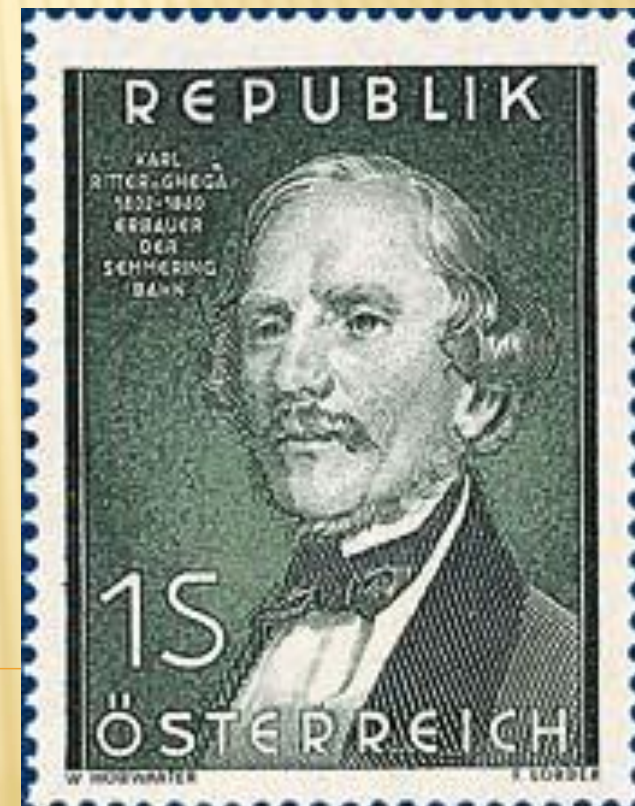


ALPSKÉ TUNELY 19.-20. STOL.

1. železniční tunel světa – 1826, mezi francouzskými Roanne a Andrieux, pro koněspřežku.

Semmering

1. horská dráha, část Erzherzog Johann-Bahn z Vídně do Terstu. 1848-1854, UNESCO, 41,825 km mezi Gloggnitz a Mürzzuschlag u Grazu. Carl von Ghega (1802-1860), 16 mostů (d = 1502 m, max. 276 m, h ≤ 46 m), 2 galerie, 15 tunelů (d = 5420 m; min. 14 m), 20.000 pracovníků († 740).



Nejvýznamnější tunel nedaleko stanice Semmering je přímý, dlouhý 1430,34 m.

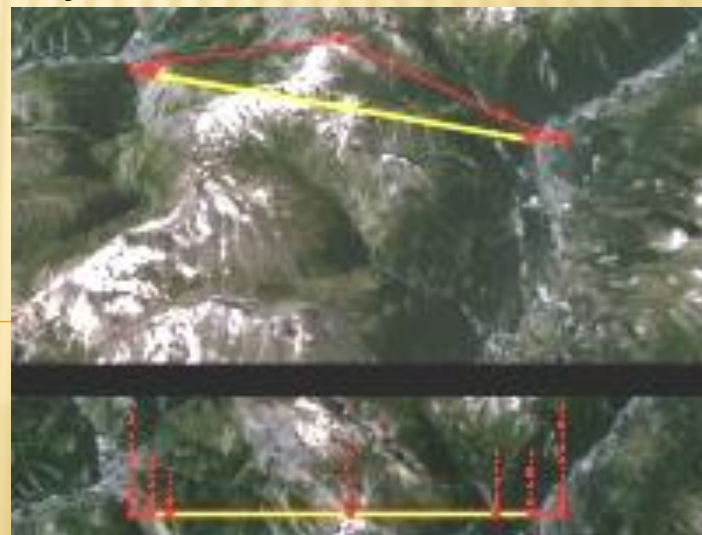
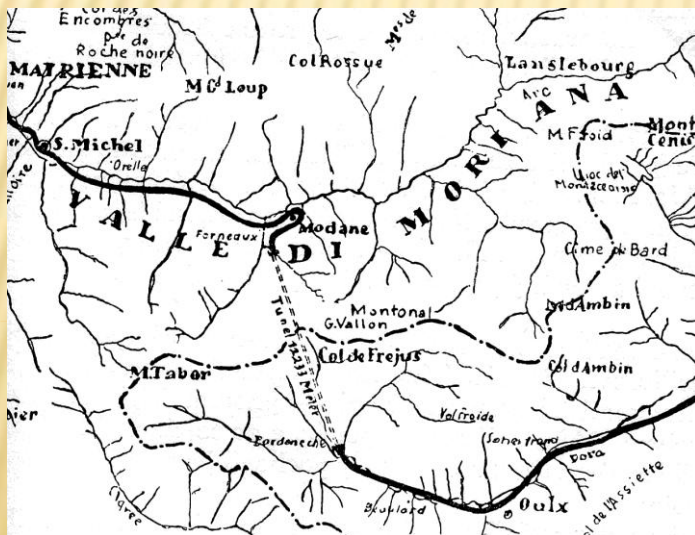
Vytyčen byl přímo, pomocí 5 mezilehlých bodů, z nichž byly hornicky vyhloubeny svislé i úklonné šachty. Uprostřed (km 104,3) leží nejvyšší bod trasy (898 m).



FRÉJUS (MONT CENIS)

Historicky 1. tzv. dlouhý tunel – 12.849 m, ražen protičelbou jen z portálů poblíž Modane (F) a Bardonecchia (I). Trasování bez kopírování terénu. Priorita použití moderních způsobů rozpojování hornin – Ing. Sommeiller 1861 pneumatická vrtačka, nitroglycerin. Prorážka 26.12.1870 v 05:20 h, příčná odchylka 0,46 m a 0,04 m ve výšce. 1871 zahájen provoz, $v = 50$ km/h.

1857-8 přímé vytýčení pomocí 5 bodů. Dodatečně trigonometrická síť k odvození délky tunelu.

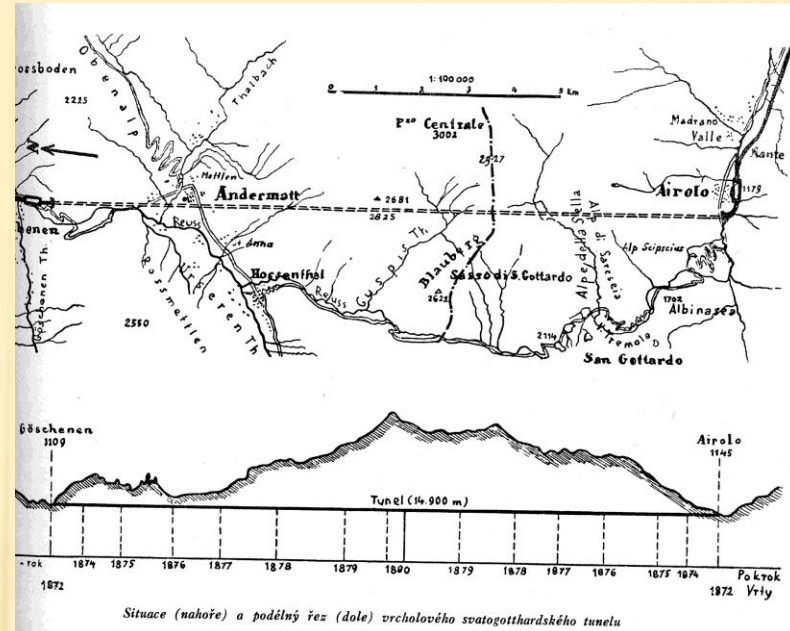


GOTTHARD

Vrcholový, přímý, 14.920 m mezi Göschenen (CH, 1106 m n. m.) a Airolo (I, 1142 m n. m.).

1869-71 smlouva států CH, I a D o financování, min. $r = 300$ m a max. sklon 25 ‰. R. Gerwig, změny projektu W. Hellwag. Vedoucí Louis Favre (†1879 v tunelu).

Extrémní podmínky (až 55° C, průsaky 3000 m³/h., vzpoura.) Prorážka 28.2.1880, podélná odchylka 0,33 m, výšková „zanedbatelná“, podélná -7,1 m (rozměr sítě). 63 mil. CHF. Provoz od 1.1.1882.

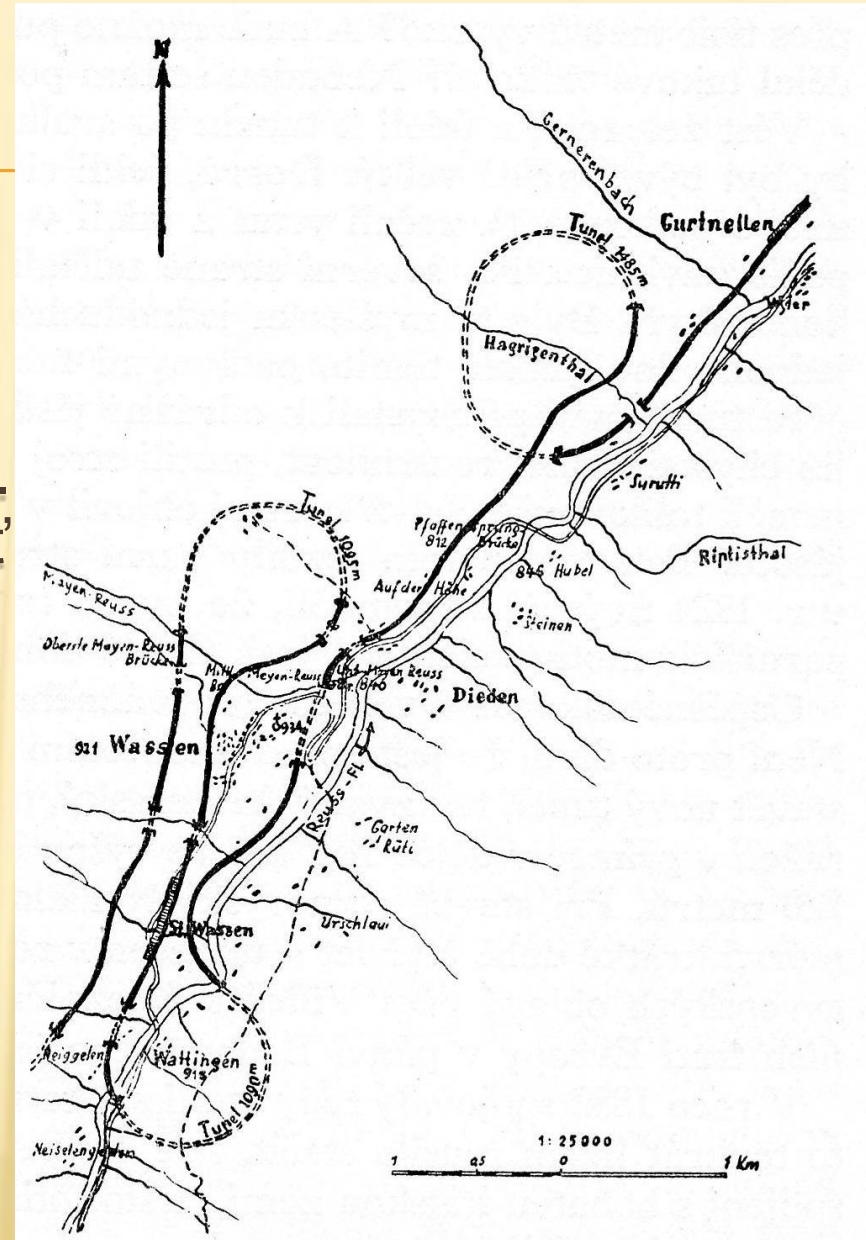


Situace (nahore) a podélný řez (dole) vrcholového svatogotthardského tunelu



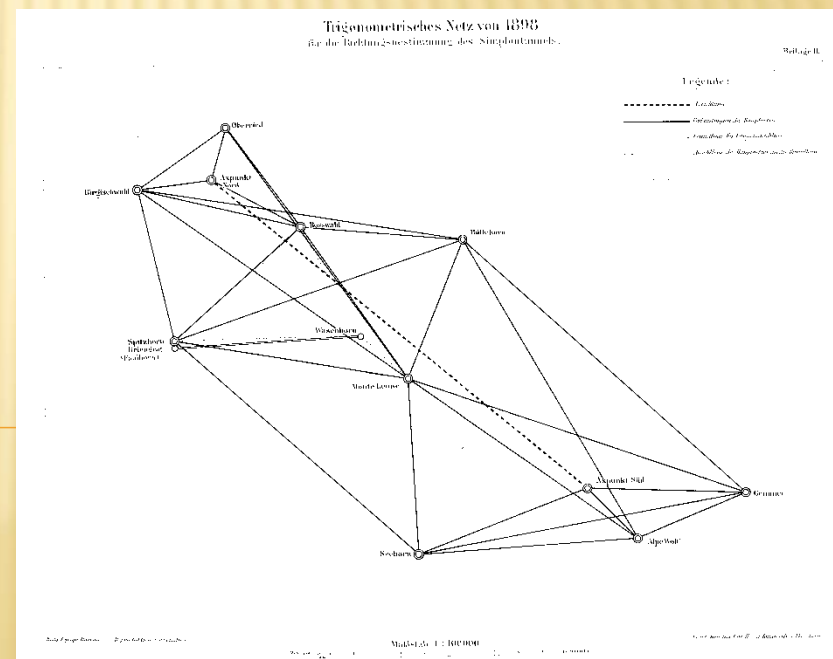
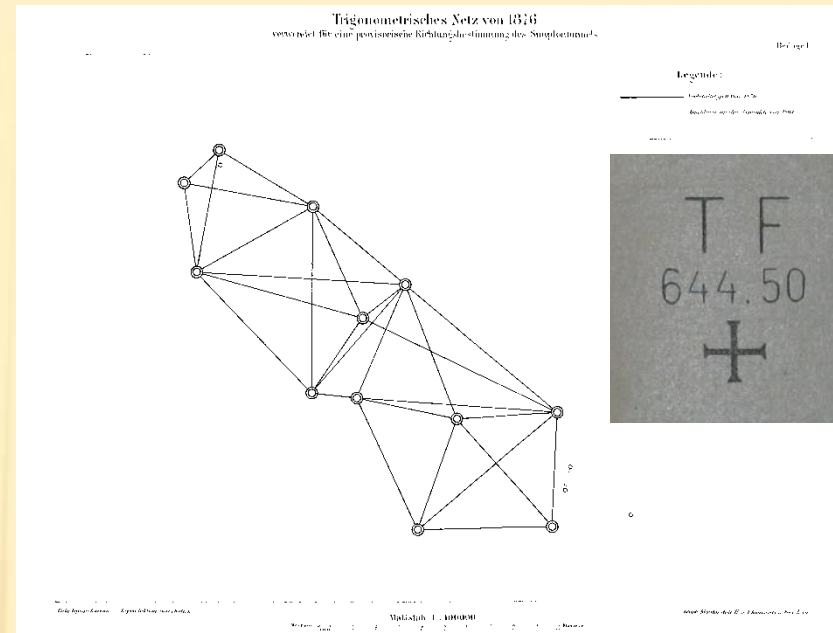
1869 Ing. Otto Gelpke místní trigonometrická síť s 15 +2 body. Finanční a provozní problémy, změny projektu, obavy o výsledek. 1874-5 prof. Dr. C. Koppe nová síť o 13 bodech, rozměr převzat. Průměrný uzávěr 24 trojúhelníků 2,2", max. 5". Poprvé MNČ, 34 normálních rovnic.

U Wassenu a Levantina první **spirálové tunely** s 26 ‰ .



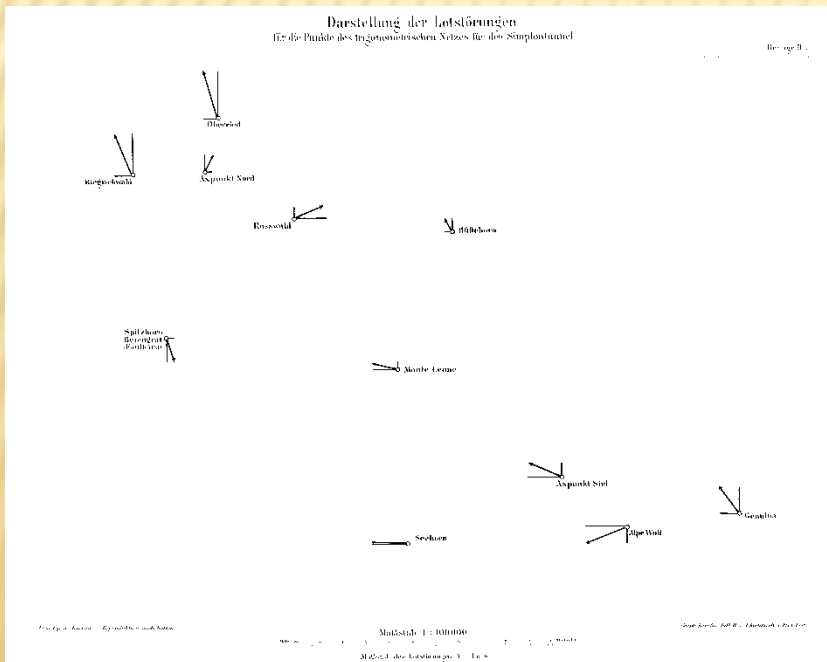
SIMPLON

Úpatní, 2 tubusy, I.: 19.803 m, 1898-1905, provoz **1906**. II.: 19.823 m, 1912-1921. NEAT. Do 1982 nejdelší na světě. 1876 místní síť o 12 bodech. 1895 státní smlouva CH a I. 1898 Ing. J. Muzzani směr ze sítě z roku 1876. Ing. Max Rosenmund nová vytyčovací síť. Nejniže Oberried 1364 m, nejvýše Monte Leone 3577 m, jižní portál 633m, severní 683m. 27 Δ , max. sférický exces 0,25", prům. přesnost 1,12", uzávěr 3,1" (max. 8,5"), vnitřní spor.



Příčina: tížnicové odchylky. Švýcarská geodetická komise: hory - 2,8, Země - 5,63. Opravy v ose X (-20,5“ až +10,1“), v ose Y (-2,5“ až +15,8“). Průměrný Δ uzávěr klesl na 2,2“ (max. 5“), důsledek: zvýšení přesnosti prorážky o 0,26 m. (V síti Gotthardského tunelu bezvýznamné.) MNČ 56 rovnic, $m_s = 0,91$ “.

Nivelace: $U = 3\sqrt{r}$ [mm]. Připojení: Ing. Frey a Dr. Hilfiker, 45,6 km s 5 oddíly. Převýšení -20,2 m, v prvních 22 km +1324,5 m.





Tunel vždy s elektrickou trakcí,
stavba patří k oslavovaným
vrcholům techniky.

Extrémní podmínky → zájem
jiných oborů.

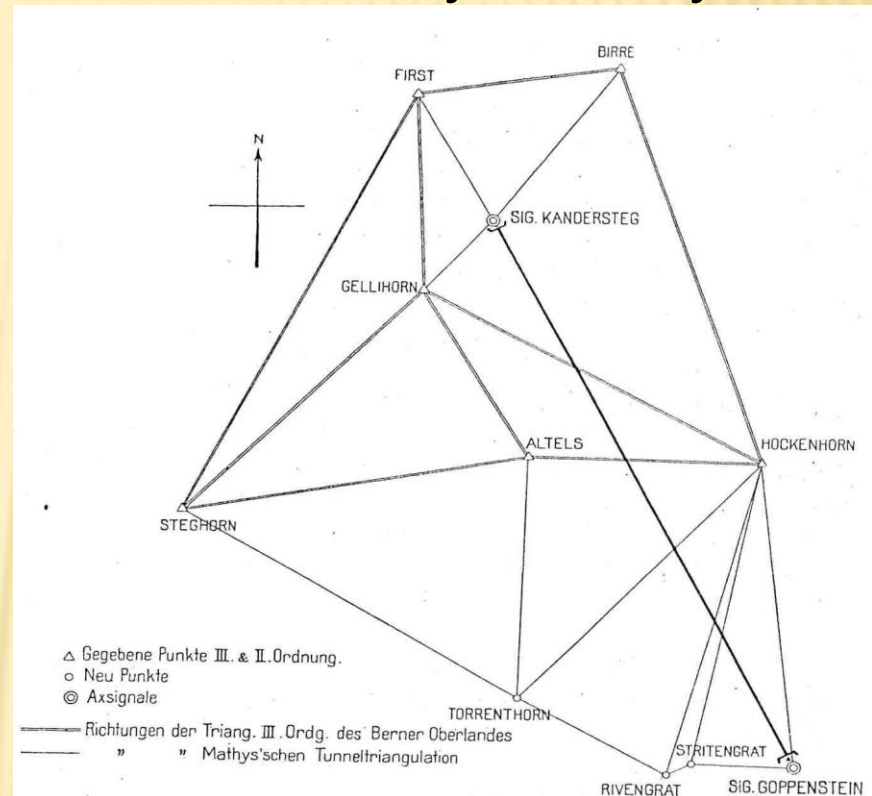
Modernizace 1995-2004.



Lötschbergský tunel 1906-1911

- Dvukolejný, projektován přímý, 14 km, 3,8‰
- Ověřené technologie průzkumu, vedení stavby a ražby

- Sít' = doplněná triangulace III. řádu kantonu Bern
- Th. Mathyas (†1907)
- C. F. Baeschlin
- M. Rosenmund (Simplon)
- Úhlové doplnění 16-32 sérií po 8 repeticích, $s=0,17$ mgon

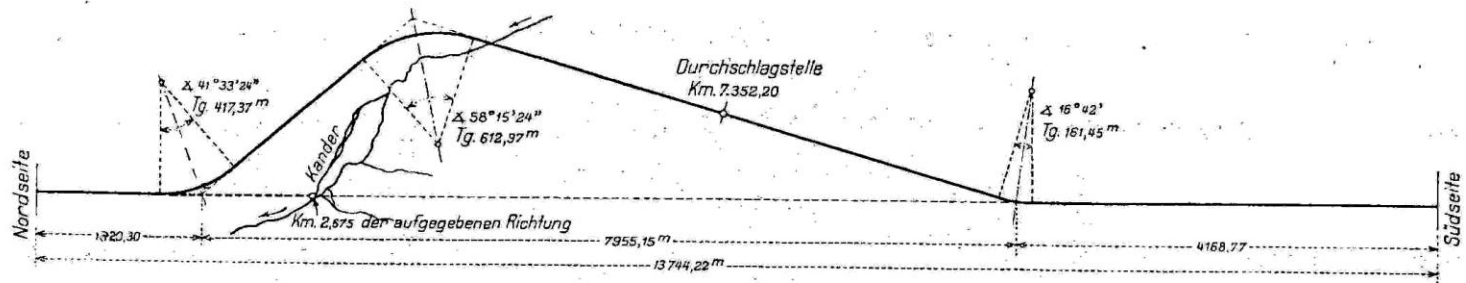
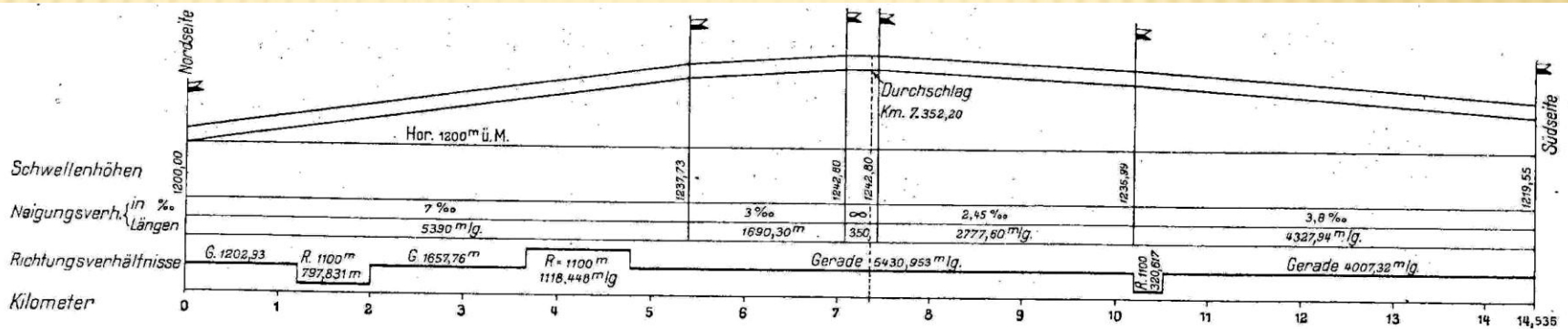


Katastrofa 24.7.1908 Průval řeky Kander, geologická porucha hloubky 200 m, zával 1,5 km, pokles povrchu 3 m.

- Nutnost změny trasy

Vytyčení zakřivené trasy Lötschbergského tunelu

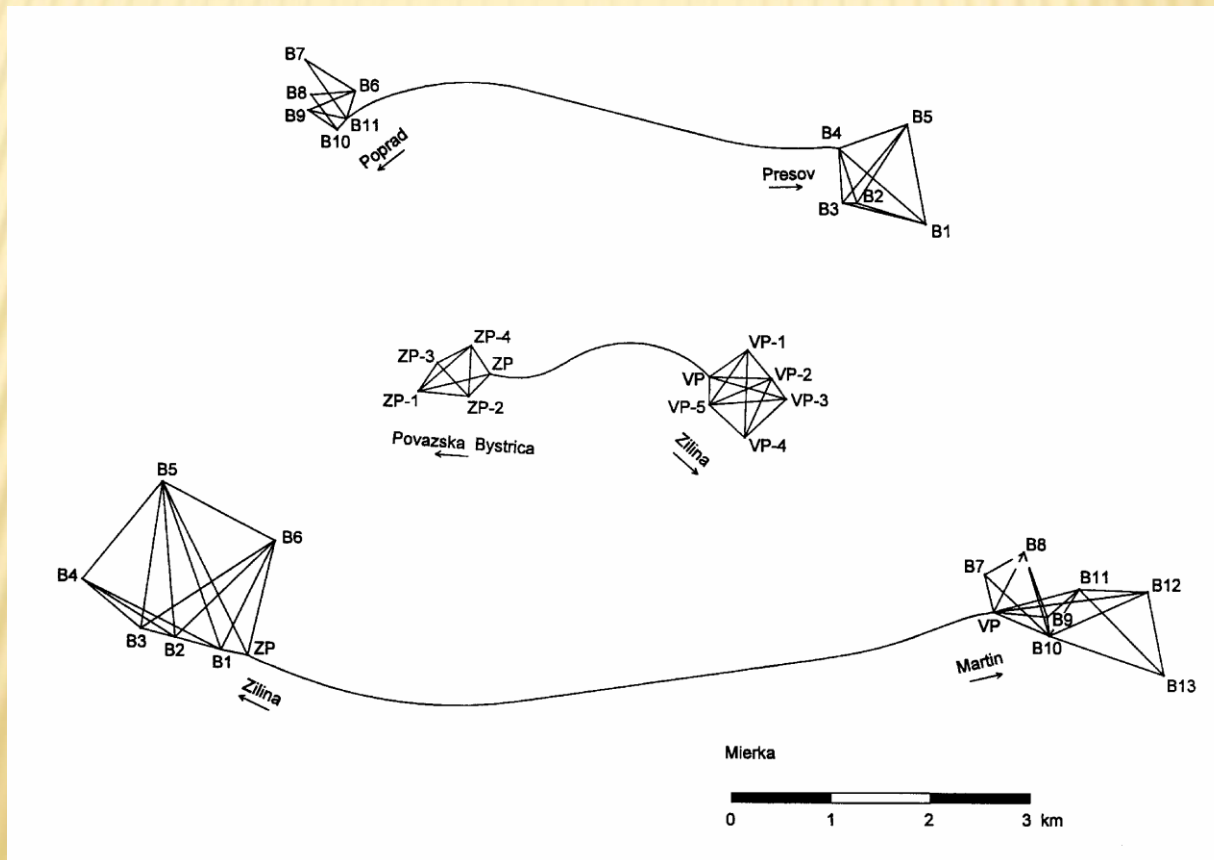
- Historická priorita u dlouhých tunelů
- Odklon: S - $41^{\circ}33'$ po 1,2 km, J - $16^{\circ}42'$ po 4,2 km
- 3 kruž. oblouky $r=1,1$ km, $\alpha=0,8$; $1,1$; $0,3$ km
- „Tragedie stavebnictví se změnila v triumf geodézie.“



SOUČASNOST

Velmi často GNSS ve spolupráci s moderní elektronickou měřicí a vyhodnocovací technikou.

Bylo použito i vytýčení z ověřených železničních polygonových pořadů.



Literatura:

Hánek, P.: Tunely, štoly a vytyčování, *Zeměměřič 14*, 2007:

1. díl, Úvod a nejstarší historie, Semiramidin tunel, č. 1+2, s. 10-11.
2. díl, Eupalinův tunel a jeho měřické zajištění, č. 3, s. 16-18.
3. díl: Rudolfova štola a Phendlerova mapa, č. 4, s. 16-19.
4. díl, Alpské železniční tunely: Semmering a Fréjus, č. 5, s. 10-13.
5. díl, Vývoj měřických technologií, Gotthardský železniční tunel, č. 6+7, s. 34-35.
6. díl, České tunely 1 – Třebovický, č. 8+9, s. 31-33.
7. díl, České tunely 2 – Slavíčský a Špičácký, č. 10, s. 29-30.
8. díl, Simplonský tunel, č. 11, s. 32-34.
9. díl, Lötschberg a Col de Tende, č. 12, s. 20-22.