

Z HISTORIE TUNELŮ

Doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.

Následující stránky jsou doplňkem přednášek předmětu
154GP10

2017

PROČ TUNEL?



VÝSTAVBA TUNELŮ:

- HORNICKÝM ZPŮSOBEM,
- V OTEVŘENÉ RÝŽE.



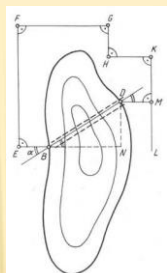
Vytyčování:

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

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 počtvě rýha vodního přívadče 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 prorážka cca 3,5 m.



RUDOLFOVA ŠTOLA

(Belvedéřská), 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 Šreknefelzu, po 1592 vrchní hornistr 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). Kolsání profilu a zakřivení trasy je patrně důsledkem vyrovnávání odchylek a korigování směru ražby.

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

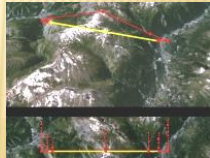
Vytyčen byl přímo, pomocí 5 mezilehlých bodů, z nichž byly hornicky vyhloubeny svisté i úklonné šachty. Uprostřed (km 104,3) leží nejvyšší bod trasy (898 m).



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 vytyčení pomocí 5 bodů. Dodatečně trigonometrická síť k odvození délky tunelu.

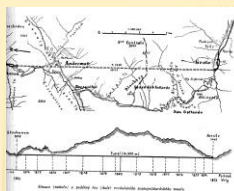


GOTTHARD

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

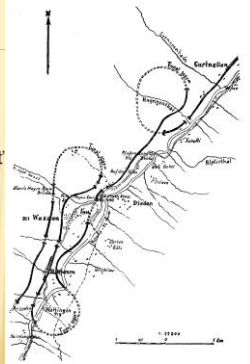
1869-71 smlouva států CH, I a D o financování, min. $r = 300$ m a max. sklon 25 ‰. R. Gerwig, změny projektu W. Hellwig. Vedoucí Louis Favre (†1879 v tunelu).

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



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 MNC, 34 normálních rovnic.

U Wassenu a Levantina první spirálové tunely s 26 ‰.



NOVÝ GOTTHARD

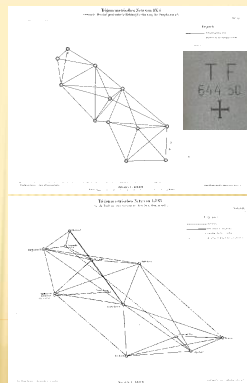
GaKO 63/105, č. 7 --



Délka 2x 57,1 km, odstup 40 m, propojení po 350 m, nadmořská výška cca 550 m
 Hloubka pod terémem až 2,5 km
 Traťová rychlost max. 250 km/h., spád 8 promile, 220 vlaků denně
 Referendum 1982 a 1998
 Prorážka 15. 10. 2010
 Rozpočet 10 mld. CHF dodržen
 5 svislých šachet (hloubka až 800 m)
 Patentovaný inženýr, člen IGS (zal. 1917), zkoušky – 230 kancelář s 320 pat.ing.
 + 3300 spolupracovníky
 Povrchová síť 28 bodů, 1995 GNSS, směrodat. odch. do 10 mm
 Přesnost centrace 0,5 mm, směru 0,3 mgon (emp. 0,27 mgon)
 Oprava svislice z tláničových odchylek 0,27 mgon, provažování mechanické 5 mm (192-320 kg), optické 10 mm.
 Prorážka příčná 14 – 137 mm (max. 32%), podélná 12-136 mm, ve výšce 7-17 mm (max. 7%)
 2 navazující tunely: Ceneri 2019 (15,4 km), Loetschberg 2007 (34,6 km) v návaznosti na Simplon.

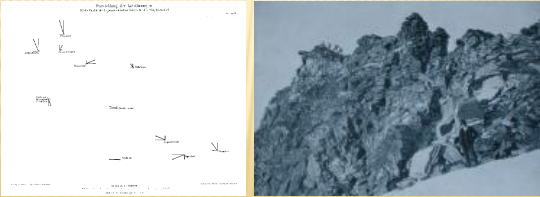
SIMPLON

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 síť z roku 1876. Ing. Max Rosenmund nová výtčovací 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 odchytky. 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 uzavěr klesl na 2,2" (max. 5"). důsledek: zvýšení přesnosti prorážky o 0,26 m. (V síti Gotthardského tunelu bezvýznamné.) MNC 56 rovic, $m_s = 0,91"$.

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.

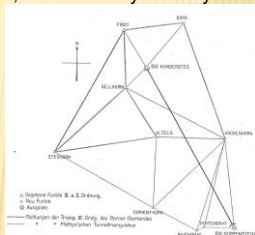
Modernizace 1995-2004.



Lötschbergský tunel 1906-1911

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

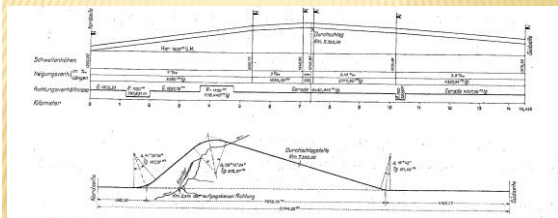
- Síť = doplněná triangulace III. řádu kantonu Bern
- Th. Mathyas (†1907)
- C. F. Baeschlin
- M. Rosenmund (Simplon)
- Úhlové doplnění 16-32 sérií po 8 repetičích, $s=0,17$ mgon



- 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 Lötschberského tunelu

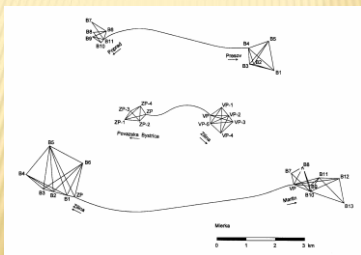
- Historická priorita u dlouhých tunelů
- Odklon: S - 41°33' po 1,2 km, J - 16°42' po 4,2 km
- 3 kruž. oblouky $r=1,1$ km, $\alpha=0,8; 1,1; 0,3$ km
- „Tragedie stavebnictví se změnila v triumf geodzie.“



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 vytýčování, Zeměměřič 14, 2007:

1. díl, Úvod a nejstarší historie, Semiramidín tunel, č. 1+2, s. 10-11.
2. díl, Eupalínův 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 – Slavičský 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.
