

PŘÍSTROJE STAVEBNÍ GEODÉZIE 2. POLOVINY 19. A POČÁTKU 20. STOLETÍ

INSTRUMENTS FOR ENGINEERING SURVEYING FROM THE SECOND HALF OF 19TH AND THE BEGINNING OF 20TH CENTURY

Pavel Hánek¹, Antonín Švejda²

Abstract

This paper shows the situation by turn of the 19th and 20th century and characterizes production of surveying instruments over area of present Czech Republic. Important producers are mentioned in text. Parameters of instruments and tools for measurements of heights, distances and angles are mentioned in charts. Also parameters of so-called universal instruments are stated.

1 Evropská situace

Na počátku 19. století (poznamenaném Napoleonem) byly základy světové geodézie natolik propracované a pevné, že bylo možno přistoupit k praktickým aplikacím. Ty se zaměřily do tří problematik, odpovídajících politicko-hospodářské situaci většiny zemí: katastrální mapování, vojenské mapování a stavební (inženýrsko-průmyslová) geodézie. Samozřejmě pokračovaly i práce na zdokonalování geodetických základů. Namátkou jmenujme budování hannoverské trigonometrické sítě s prvním vyrovnáním MNČ (K. F. Gauss, 1821-25), historicky největší ruské (Struve, 1821-27, rozšířil Tenner, do 1850) a pruské stupňové měření (F. W. Bessel, 1831-38), výpočty elipsoidů (např. Delambre 1806, Lambdon 1809, H. J. Walbeck 1822 s prvním použitím MNČ, Bessel 1841, Struve 1860, Clarke 1860 a 1880, Helmert 1884 a 1887), francouzskou mapu Carte de l'empereur (1809) nebo mapu generálního štábu 1:80.000 (triangulace do 1845, mapy do r. 1880), zavedení telegrafické metody určování času pro měření zeměpisných délek (USA, 1844). Od roku 1836 se budují železnice, v letech 1872-80 byl stavěn Gothardský úpatní tunel (prorážka s přesností pouhých 0,3 m), před ním 12 km dlouhý tunel pod Mont Cenis. Suezský kanál byl slavnostně otevřen roku 1864 (Lesseps). Samozřejmostí a podmínkou byl prudký vývoj měřických přístrojů a dílen a podniků jemné mechaniky.

V habsburské monarchii připomeňme mapování stabilního katastru (včetně triangulací), které proběhlo mezi roky 1816-1861. Vojenský topografický ústav (založen 1806, od 1836 po sloučení Vojenský zeměpisný ústav) prováděl II. vojenské (Františkovo) a velmi úspěšné III. vojenské mapování (1872-1899) v měřítku 1:25.000 (topografická mapa, odvozená speciální 1:75.000 a generální mapa 1:200.000), budoval nivelační sítě vědeckou metodou geometrické nivelace (od 1873) podle doporučení Komise střeoevropských stupňových měření z r. 1864 (z ní roku 1886 vznikla Mezinárodní geodetická asociace AGI, už 1878 FIG). VZÚ se zasloužil také o teorii a zbudování tíhových základů (zejména plk.

¹ Pavel Hánek, Doc. Ing. CSc., ČVUT v Praze, fakulta stavební, katedra speciální geodézie, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel: (02)24354737, E-mail: hanek@fsv.cvut.cz

² Antonín Švejda, Ing., Národní technické muzeum, oddělení exaktních věd, Kostelní 42, 170 78 Praha 7, tel.: (02)20399206, E-mail: antonin.svejda@ntm.cz

Robert Daublebsky von Sterneck po 1889). Roku 1896 bylo v monarchii zřízeno dvouleté zeměměřické studium, od roku 1903 byl vydáván první zeměměřický odborný časopis [1].

Stavební geodézii se teoretici, konstruktéři i výkonní měřiči (často v jedné osobě) snažili "povznést co nejvýše až ku skutečně dosažitelnému stupni přesnosti", protože si plně uvědomovali její význam: "Jedním z nejvydatnějších pramenů zdražování novostavby, jakož i pozdějšího udržování a provozu, ... jest stavebně-technická vyměřovací praxe, ... poněvadž ona často způsobila velmi nákladné omyly při sdělování projektů." (Citace: Ing. A. Tichý, 1843-1923).

2 Geodetické přístroje a pomůcky

Stavba geodetických přístrojů se definitivně osamostatnila od astronomických přístrojů i od starších konstrukcí, mnohdy podle antických předloh. Závody jemné mechaniky a optiky, do nichž patřili též výrobci astronomických, matematických a geodetických přístrojů, se rychle vyvíjely a nabízely řadu konstrukcí [1].

Pro *měření svislých a vodorovných úhlů* (resp. směrů) se používaly pro přesné práce teodolity s přesazováním (reiterací) kruhu nebo repetiční teodolity. Teodolity pro polygonizaci a tachymetrii byly obvykle vybaveny citlivou nivelační libelou, magnetickým usměrňovačem nebo buzolou a nitkovým dálkoměrem. Starší tzv. kruhy, geodetické astroláby a buzoly ztrácely pro tyto práce na významu.

Délky se měřily většinou přímo dřevěnými nebo kovovými měřidly nebo se odvozovaly trigonometrickými výpočty. Dálkoměry se teprve vyvíjely – jmenujme např. kontaktní pravítkové dálkoměry, které dálkoměrný úhel vytvářely mechanickou cestou. Paralaktické měření se datuje rokem 1880 (německé kolonie, kovová základnová lať C. Pulfrich, 1906), logaritmické dálkoměry rokem 1881 (A. Tichý), dvojobrazové dálkoměry 1886 (J. L. Sanguet). Dálkoměry s lať v přístroji jsou sice známy od 12. st. př. n. l., moderní konstrukce v roce 1892 zahájil stereoskopický dálkoměr (Henri de Grousillier, firma Zeiss), r. 1912 vznikl koencidenční dálkoměr (Zeiss, předchůdce BRT).

V oblasti přístrojů pro *měření převýšení* se přestávaly používat trubcové kapalinové přístroje, založené na principu spojitých nádob, nivelační libelové přístroje s průzory nebo závěsné přístroje s urovnáním pomocí gravitace. Většina prací byla konána nivelačními přístroji, které se podle uspořádání os a nivelační libely dělily do pěti tříd. Mezi nivelačními přístroji zvláštní postavení zaujímal *universální přístroje*, které stavbou (včetně segmentu svislého kruhu) a vzhledem dnešnímu pozorovateli spíše připomínají tachymetrický přístroj.

Silně se rozvíjející skupinou byly *tachymetry*, používané pro vyhotovování geodetických a projekčních podkladů zejména liniových staveb. Pracovaly se svislou i šikmou (kolmou k záměře) lať. Tzv. inženýrské tachymetry dosahovaly – i za cenu poměrně komplikovaných postupů – vysokých přesností (např. konstrukce Ing. Tichého po 1881), které si dnes s touto metodou spojujeme snad až po nástupu prvních totálních stanic. Zejména ve Francii byly rozšířené pravítkové tachymetry s úplnou nebo částečnou (po nastavení autoredukci, tj. přímým čtením vodorovných délek a převýšení (např. prof. V. Láska 1905, konstrukce s tangentovým šroubem u firmy Rost). Diagramový autoredukční tachymetr konstruoval prof. Hammer (1900, firma Fennel).

Zvláštní skupinu tvořily *speciální* opticko-mechanické přístroje, např. pro astronomickou geodézii, tunelování, stavbu přehrad, měření malých změn polohy atd.

V první moderní české učebnici Kompendium geodésie nižší a vyšší autorů F. Müllera a F. Novotného, která byla vydávána v Praze v letech 1886 –1909, se můžeme detailně

seznámit s těmi přístroji, které ovlivňovaly naši praxi [2]. Z evropských výrobců jsou to např. špičkové pařížské firmy *Richer* a *Lenoir*, londýnské *Ramsden* a *Dollond*, švýcarský *Kern*, německé *Breithaupt*, *Fennel*, *Frauenhofer*, *Pistor – Martins*, *Reichenbach*, po roce 1909 *Zeiss* nebo v oblasti fotogrammetrie drážďanská firma *Heyde*. V roce 1890 byl do praxe zaveden vytyčovací pentagon (Prandtl), r. 1897 byl objeven invar (René Justin, Miranda Benoit, Charles Édouard Guillame), 1898 Nalenz navrhl metodu pro rektifikace železničních oblouků, 1909 Wild zavedl vnitřní zaostřovací čočku dalekohledu.

2.1 Vídeňské firmy

V Rakousku se výroba geodetických přístrojů soustřeďovala především v hlavním městě. V průběhu 19. století působila řada firem s různou úrovní, zaměřením i rozsahem výroby [3], např. *Prokesch* (zal. 1798), *Sadtler* (1816) nebo *Richter* (1873). Nejvýznamnější dílny a podniky vyráběly úplný sortiment (teodolity a nivelační přístroje různých tříd přesnosti, buzoly, měřické stoly a záměrná pravítka, další pomůcky) včetně speciálních konstrukcí (pro důlní měřictví, triangulaci, lesnictví, optickou výrobu atd.). K nim patřily firmy *Voigtlander* (1807, rakouský základnový přístroj), *Kraft* (1823, Horského katastrální planimetr, geodetické vybavení pro rakouská měření pro projekt Suezského průplavu roku 1847 pod vedením Aloise v. Negrelli). Ze známé mechanické dílny *K.K. Polytechnisches Institut* vznikl koupí roku 1866 podnik *Starke & Kammerer* (Tichého přesný tachymetr, zavedení reverzní libely 1894, délkové komparátory, rozšířené triangulační teodolity a přesné nivelační přístroje).

Některé z firem přečkaly ztrátu trhů a zázemí, způsobenou zánikem monarchie. Byl to např. známý podnik *Neuhoefer* (1858-1959, dálkoměry, lesnické přístroje, tachymetrická pravítka, pantografy, dodávky pro císařskou i republikánskou armádu), *Miller* (Insbruck, 1871-1965, exportér do Ruska, Itálie a Jižní Ameriky) nebo *Fromme* (1884-1970, vyráběl též transportéry a kreslicí stroje). Patří sem i *Rost* (1888, mikroskopový teodolit Tichý - Rost a další vybavení pro stavbu Tauernského tunelu, dodavatel VZÚ, roku 1913 první fotogrammetrický autostereograf Eduarda von Orel, stereokamera Doležal -Rost), od 40. let 20. století zástupce firmy Wild (Leica).

Pro úplnost uvedme též maďarskou firmu *Süss* (1884, geodetické, nautické a astronomické přístroje), z níž vznikly i u nás známé budapešťské závody *MOM*.

2.2 Pražské firmy

Nad průměr, snad srovnatelně s ostatní evropskou produkcí, vynikla díla signovaná jménem *Spitra*. Tři generace rodu (František, Václav Michal, Otakar) pracovaly v Praze po roce 1820 do konce století. Zhruba od roku 1840 měřické přístroje vyráběl další významný mistr Mathias Richard *Brandeis* (-ys, 1818-1868). Po jeho smrti dílnu převzala firma *Haase & Wilhelm*. Roku 1890 bylo jen v metropoli, která byla těžištěm výroby, 24 dílen tohoto zaměření, na konci století už čtyři desítky.

Ke zlomu v dosavadní výrobě geodetických přístrojů došlo roku 1883, kdy Josef (1861-1945) a Jan (1863-1897) *Frič* založili v Praze "dílnu pro přesnou mechaniku". Kromě navrhování a zhotovování přístrojů pro vybavení vlastních dílen (stroje pro dělení kruhů měřicích přístrojů, pro broušení čoček atd.) je třeba zmínit např. polarimetr pro stanovení cukernatosti, který byl po roce 1906 přijat jako úřední normál USA. Velkým úspěchem skončila účast na Národní výstavě v Praze roku 1891. Rodinně vedený podnik bratří Fričů během svého trvání vyráběl celý sortiment geodetických přístrojů včetně prestižního triangulačního teodolitu 6R se šroubovými mikrometry se čtením odhadem až na 2" a

speciálních přístrojů pro měření deformací přehrad a pro stavby tunelů. Podnik zanikl po znárodnění počátkem 50. let, kdy byl v rámci n.p. Metra převeden na jinou výrobu.

Roku 1884/5 byla vyrobena malá série důlních teodolitů DUPLEX, v nichž světově poprvé byl použit skleněný dělený kruh na místě vodorovného kruhu. Teodolit měl být univerzálně použitelný nejen pro úhlová měření od astronomických připojení povrchu až po polygonizaci v podzemí s excentrickým dalekohledem pro práci v silně úklonných dílech, ale i pro nivelaci. Bratři Fričové si pro konstrukci tohoto přístroje stanovili 17 podmínek, z nichž většina je dnes samozřejmostí. Pro snadné cílení ve svislé rovině byly voleny dva dalekohledy (odtud název přístroje) proměnné délky. Osa dalekohledu pro strmé záměry procházela dutou klopnou osou překladného a prokladného dalekohledu, který nesl reversní nivelační libelu a byla v objektivové části (na protilehlé straně svislého kovového kruhu s verniery) pravoúhle zalomena. Vodorovný dělený kruh o průměru 130 mm, dělený rytím v kroku 1° byl vyroben z 8 mm silného zrcadlového skla. Kruh byl prosvětlován např. kahanem okénkem na spodku zakrytí kruhu. Četlo se dvěma protilehlými mikroskopy s 24x zvětšením s zalomenou optickou osou s dvouřadovou mřížkou se 60 dílky, z nichž každý desátý byl číslován. Přímo se tedy četly úhlové minuty, odhadem 30". Popis konstrukce byl publikován roku 1886 i v prestižním časopise Zeitschrift für Istrumentenkunde, ve stejném roce byl představen na Sjezdu inženýrů v Budapešti. Skleněné dělené kruhy se v geodetické praxi rasantně prosadily až na čtvrtý pokus, v teodlitu Zeiss Th I, vyráběném od roku 1922. Návrh koncepce a provedení kruhů a čtení je dílem známého konstruktéra H. Wilda.

Na podkladě brilantní myšlenky prof. F. Nušla byla vyřešena konstrukce astronomicko-geodetického cirkumzenitálu pro určování zeměpisných souřadnic metodou stejných výšek. Předností oproti astrolábům bylo mj. svislé dělení obrazu a umístění rtuťového horizontu ve středu přístroje. Roku 1932 byl zaveden neosobní mikrometr podle návrhu prof. E. Buchara. V 70. letech konstrukci dále zdokonalil Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický (VÚGTK, nyní se sídlem ve Zdibech), který přístroj vyrábí pod označením 1000/100.

Roku 1919 byl v Praze založen optickomechanický závod *Srb a Štys*, který se rychle rozvíjel zejména díky vojenským zakázkám. Úspěch firmy spočíval především v moderním systému tovární výroby a opomenout nelze ani skutečnost, že nový podnik získal řadu výborných mechaniků vychovaných podnikem bratří Fričů. Již od roku 1923 byl vyráběn úplný sortiment geodetických přístrojů a pomůcek. Po roce 1945 byl na základech geodetického oddělení závodu Srb a Štys vytvořen národní podnik *Meopta* Košiče, který přejal výrobní program. Roku 1963 byla výroba naráz direktivně zrušena a podnik s novým programem byl začleněn do ZPA. Posledním vyráběným modelem byl elegantní MNK 20 pro technické nivelace s automatickým urovnáním záměrné přímkou pomocí kompensátoru [4].

2.3 Ověření parametrů

Před nedávnem se v Praze konalo zasedání stálého výboru Mezinárodní federace zeměměřičů FIG Prague 2000. K této příležitosti byla v NTM instalována významná výstava geodetických přístrojů české produkce, které předcházelo laboratorní zjišťování často již zapomenutých parametrů historického vybavení a ověřování jejich přesnosti podle soudobé ČSN ISO 8322 v rámci řady diplomových prací ČVUT. I když zde mohlo dojít k určitému zkreslení vlivem stárí exponátů a soubory byly poměrně nevelké, považujeme zjištěné hodnoty za dostatečně reprezentativní pro to, aby si čtenář udělal představu o instrumentáriu svých úspěšných předchůdců.

V tabulkách jsou sestaveny průměry, v závorce je uvedeno zjištěné rozpětí. Dálkoměry nebyly pro naprostý nedostatek příslušenství testovány.

Tab. 1 Přístroje pro měření převýšení

Přístroj	Zvětšení dalekohledu [Γ x]	Citlivost alh.libely [“]	Citlivost niv.libely [“]	Pravítko [mm]	Sm. odchylka 1 km niv. [mm]
Trubicový kapalinový	průzory		hydrostat.	800 mm	44,5
Dioptr	průzory		80 (34-150)	450 mm (315-860)	15,5 (10,7-19)
Nivelační přístroj	21 (8-44)	20-80	20 (16-25)		3,9 (1,8-6,3)

Tab. 2 Pomůcky pro měření délek

Pomůcka	Literatura	Délka měřidla	Přesnost na 100m délky [m]
Měřická lat’	<i>Jordan, Schoder 1873</i>	3 a 4 m	0,01 - 0,03
Řetězec	<i>Wastler, 1876</i>	20 m	0,03 - 0,10
Pásmo	<i>Schoder, Lorber 1876</i>	20 m	0,02 - 0,04

Tab. 3 Přístroje pro úhlová měření a univerzální přístroje

Přístroj	Zvětšení dalekoh. [Γ x]	Citlivost alh.lib. [“]	Citlivost niv.lib. [“]	Směrodatná odchylka			Dálk. konst.	Přesnost délky na 100m [m]
				směru [“]	sv. úhlu [“]	1 km niv. [mm]		
Buzola				(150-600)				
Teo triang.	39 (26-60)	(16-20)	sázecí 5	(3,6-5,8)				
Teo pro polygon.	25 (23-30)	32 (30-35)	18 (15-22)	9 (8,5-10,3)	8 (7,2-8,9)		100±0,3	>0,15
Tach.inž. (Tichý)	neurč.	30	20	(5-15)	(5-15)	(5-16)	mikrom.	0,02-0,01
Tach.-niv.univ.	17 (8-44)	84 (32-162)	16 (10-23)	85 (60-102)	61 (36-90)	14 (5-23)	100±0,2	>0,15
Teo – tachym.	20	(22-53)	23	(14-25)	10		100±0,2	>0,15

Tyto tabulky dokumentují pestrost nabídky, vyvolanou probíhajícím vývojem konstrukcí přístrojů a korigovanou empirickým ověřením v nově se nabízejících aplikacích. Současně lze konstatovat, že ve sledovaném období byly k dispozici přístroje, jejichž parametry vyhovující potřebám se po dobu následujících sta let prakticky nezměnily.

Literatura

- [1] Hánek, P.: 250 století zeměměřictví. (Data z dějin oboru.) Praha, Klaudian 2000, dotisk 2002
- [2] Hánek, P.: K historii první české vysokoškolské učebnice geodézie. Dějiny vědy a techniky, 17, 1984, č. 4, s. 230 - 241
- [3] Výroční tisk 100 Jahre-Festschrift Rudolf & August Rost. Vídeň 1988
- [4] Hánek, P. - Švejda, A.: To the history of the production of geodetic instruments in Bohemia. XXI Congress FIG, Papers from commission 1 & 11, s.417-425. Brighton 1998

Příspěvek vznikl v rámci interního grantu CTU 0215511 pro Konferenci Společnosti důlních měřičů a geologů, Ždár nad Sázavou 2002