

## II. Mapová tvorba českých zemí založená na geometrických a matematických základech

Drahomír Dušátko, Josef Marek

### 1 Úvod

Určování zeměpisných astronomických souřadnic bodů, významných pro konstrukci mapy bylo často velmi obtížné, náročné a také nákladné. Zatímco stanovení zeměpisné šířky bylo poměrně snadné, bylo určování zeměpisné délky historicky velmi komplikovaným problémem. Slunce ani hvězdy nelze použít jako vztažné, referenční body – nebeská sféra je v neustálém rotačním pohybu; proto je nezbytné zaměření úhlové polohy hvězdy v daný okamžik.

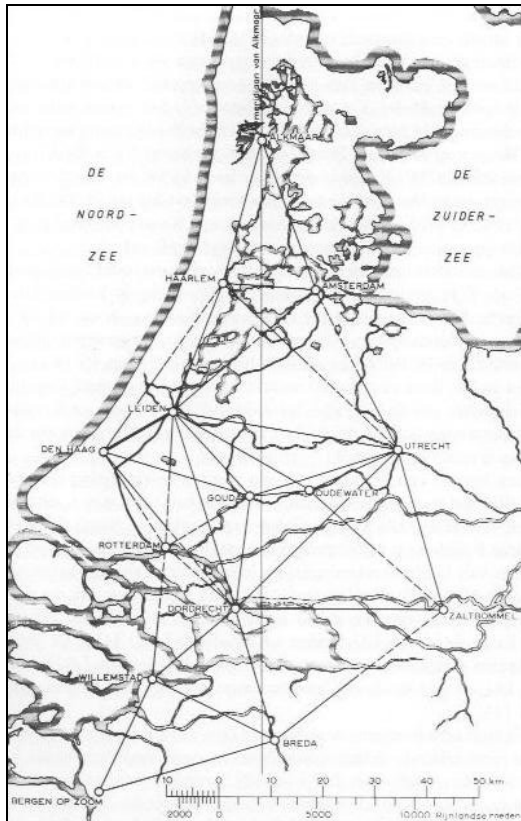
Pro určování zeměpisné délky je nutné při současném měření na danou hvězdu určení dvou vztažných časů – času místního na bodě, pro který se určuje zeměpisná délka a současně času na referenčním bodě, k jehož poledníku se určovaná délka vztahuje.

V epoše, kdy ještě neexistovaly přesné hodiny ani prostředky telegrafní, elektronické komunikace, bylo prakticky nemožné současně určit časy *místní* a *referenční* (greenwichský anebo čas na tehdy používaném nultém poledníku) a určit tak jejich časový rozdíl, který po převedení na úhlovou míru představoval zeměpisnou délku - souřadnici  $\lambda$ . Proto až do poloviny 19. století bylo určování zeměpisné délky značně nepřesné a částečně vysvětluje časté situační deformace, které se na tehdejších mapách vyskytují.

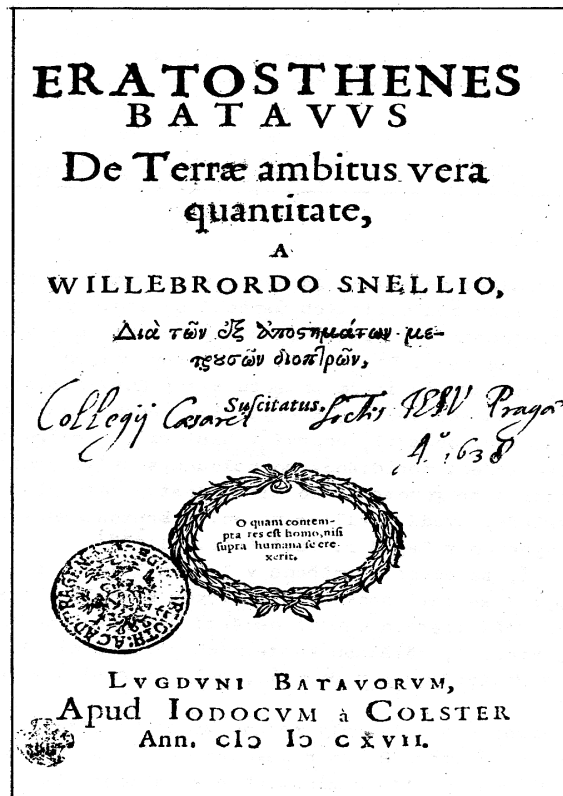
Východiskem bylo tedy:

- stanovení geometrického tvaru a rozměrů zemského tělesa,
- vybudování řídké, základní sítě bodů s maximálně přesně určenými zeměpisnými astronomickými souřadnicemi,
- a na tyto „opěrné“ body pak triangulací připojit rozvinutou, plošnou trigonometrickou síť jako zhušťující bodový podklad pro mapovou tvorbu.

Převratnou myšlenku a princip využití triangulace přinesl holandský matematik, astronom a fyzik *Willebrord Snell van Roijen* zvaný také *Snellius* (1580 – 1626). Při stupňovém měření v roce 1610 navázal na ideu helénského polyhistora *Eratosthena z Kyrény* (asi 276-195 před n.l.). Délku meridiánového oblouku neměřil přímo, ale určil ji výpočtem z trojúhelníkové sítě. Z této sítě – řetězce, nezávisle na terénních tvarech odvodil přesněji větší délky a nahradil tak triangulační metodou nejisté odhady anebo bezprostředně přímé měření délky oblouku. Princip v té době zcela nové metody spočíval v tom, že ze změřené kratší strany, jako základny jednoho z trojúhelníků a z měřených vrcholových úhlů všech trojúhelníků, bylo možné vypočítat nejen délky všech stran, ale i délku spojnice kterýchkoliv dvou bodů trojúhelníkové sítě. Tato metoda měření se potom stala základním principem, který vlastně využívá geodézie až do nedávné minulosti. Tuto metodu triangulace použil Snellius v roce 1615 mezi městy *Bergen op Zoom* na jihu a *Alkmaarem* na severu Holandska. V trojúhelníci změřil všechny úhly přístrojem, kterého součástí byl půlkruh o poloměru 3 a 1/2 stopy (1,10 m), opatřený stupňovým dělením. Dřevěnými latěmi o délce jednoho rýnského prutu (3,766 m) změřil základnu dlouhou 327,85 m, z které odvodil délku trigonometrické strany 1 229,34 m. Tuto pak postupně rozvíjel řetězcem trojúhelníků podél leydenského poledníku. Odpovídající délka oblouku na poledníku byla 127,780 km, rozdíl zeměpisných šířek koncových bodů byl 1° 11' 30". Z toho vypočítal délku 1° na poledníku, která činila 107,338 km. Postup této práce a její výsledky publikoval ve spisu „*Eratosthenes Batavus*“, vydaném v Leydenu roku 1617.



Snelliova triangulace



Titulní list Snelliova spisu „Eratosthenes Batavus“

**Přehled významných stupňových měření pro určení geometrických parametrů tělesa Země v období let 1525 – 1855, zahájení evropských triangulací a jejich osobnosti**

- Jean Fernel – určení rozměru Země, které proběhlo mezi Paříží a Amiens, kdy délka tzv. pařížského poledníku pro rozdíl zeměpisných šířek  $1^\circ$  byla určena na 111 232m, díky příznivému hromadění chyb s chybou 0,1%; z tohoto výsledku odvodil Fernel poloměr tělesa Země na 6 373km;
- Willebrord Snellius (Snell van Roijen) - první použití triangulace pro určení délky  $1^\circ$  leydenského poledníku, v roce 1622 měření zopakováno s výsledkem 111 157m
- Jean Picard – v roce 1669-1670 přeměřil prostřednictvím triangulace Fernelův oblouk, poloměr Země odvodil velmi přesně na 6 371,9km;
- Louis Godin, Pierre Bouguer a Charles Marie de La Condamine - pře o tvar rotující Země a stupňová měření v Peru – léta 1735-1744, odvozena délka poledníku  $1^\circ$  zeměpisné šířky na rovníku – 110 577m;
- Moreau Maupertuis, Claude Clairraut – určování tvaru Země - stupňové měření v Laponsku v letech 1736-1737, délka  $1^\circ$  stanovena na 111 477m;
- Jean Baptiste Joseph Delambre, Pierre François André Méchain - „velké“ francouzské stupňové měření pařížského poledníku pro určení délky jednoho metru mezi Dunkerque-Barcelona, které proběhlo v letech 1792-1798;
- evropská stupňová měření v polovině 19.století – vykonáno proběhlo spojení Anglie s Francií, rozvinuta triangulace a zaměřen anglický poledníkový řetězec;

- *Friedrich Georg Wilhelm von Struve* - nejrozsáhlejší stupňová měření, téměř 3 000km - Struveho poledníkový oblouk v Rusku od Skandinávie po Černé moře;
- stupňová měření hannoverské, dánské, pruské s odvozením parametrů Besselova elipsoidu, které bylo uskutečněno v letech 1816-1841.

Kontinent, č.	Měření Rok	Zem. šířky krajních bodů	Amplituda
Amerika	Peruánské 1736 - 1743	- 3° 05' 0° 02'	3° 07'
Asie, 1	První indické 1802 - 1805	11° 45' 13° 20'	1° 35'
2	Druhé indické od r. 1805	8° 09' 24° 07'	15° 58'
Evropa, 1	Anglické 1784 - 1796	50° 37' 53° 27'	2° 50'
2	Franc.-špan. 1792 - 1808	38° 40' 51° 02'	12° 22'
3	Ruské od r. 1816	52° 03' 60° 05'	8° 02'
4	Svédské 1801 - 1803	65° 31' 67° 08'	1° 37'
5	Dánské od r. 1816	53° 22' 54° 54'	1° 32'
6	Hannoverské 1820 - 1824	51° 32' 53° 33'	2° 01'
7	Pruské 1831 - 1836	54° 13' 55° 43'	1° 30'

*Stupňová měření použitá pro definování Besselova elipsoidu*

*Z galerie osobností matematiků, astronomů a geodetů novověku, kteří se zasloužili o vědecká poznání a důkazy o skutečném tvaru, rozměrech a dalších fyzikálních vlastnostech Země*

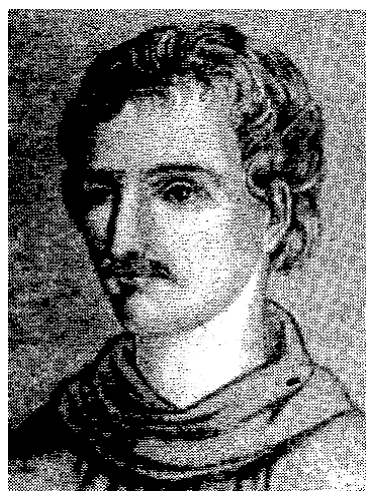


*Nic Copernicus*

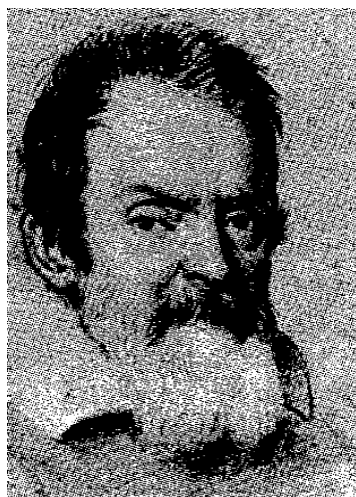
*Mikuláš Kopernik (1473-1543)*



*Tycho de Brahe (1546-1601)  
- náhrobek v Týnském chrámu v Praze*



*Giordano Bruno (1548-1600)*



*Galileo Galilei (1546 – 1642)*



*Johann Kepler (1571 – 1630)*



*Willebrord Snellius (1580 – 1626)*



*René Descartes (1596-1650)*



*Isaac Newton (1643-1727)*



*Jean Picard (1620 – 1682)*



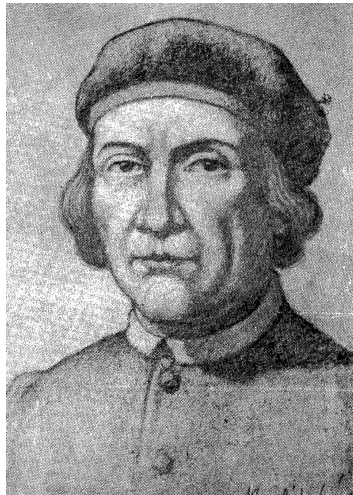
*Pierre-Louis de MAUPERTUIS  
(1698 – 1759)*



*Pierre Méchain (1744 – 1804)*



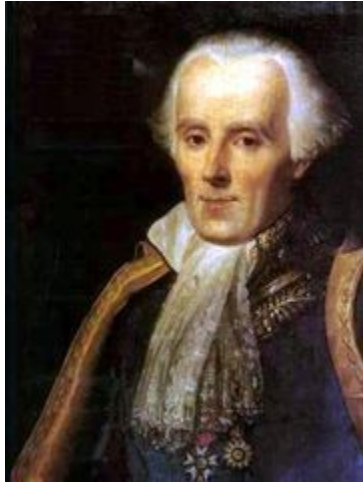
*Alexis Claude Clairaut (1713 – 1765)*



*Joseph Liesganig (1719-1799)*



*Friedrich Georg Wilhelm  
von Struve (1793–1864)*



*Pierre Simon Laplace (1749 – 1823)*



*C. F. Gauss (1777 – 1855)*



*John Fillmore Hayford  
(1868 – 1925)*



*Friedrich Wilhelm Bessel  
(1784 – 1846)*



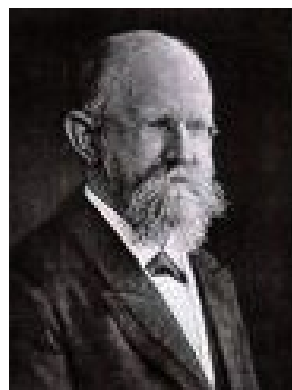
*Alexander Ross Clarke  
(1828 – 1914)*



*F. N. Krasovskij  
(1878 – 1948)*



*Adrien M. Legendre  
(1752 – 1833)*



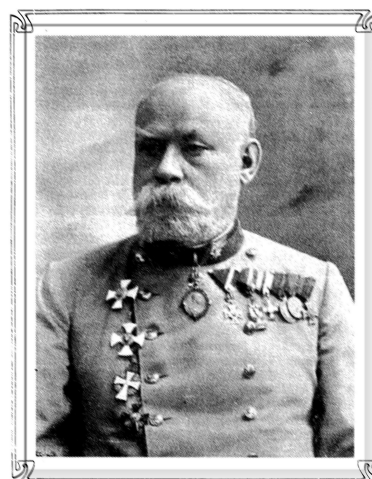
*Friedrich Robert Helmert  
(1843–1917)*



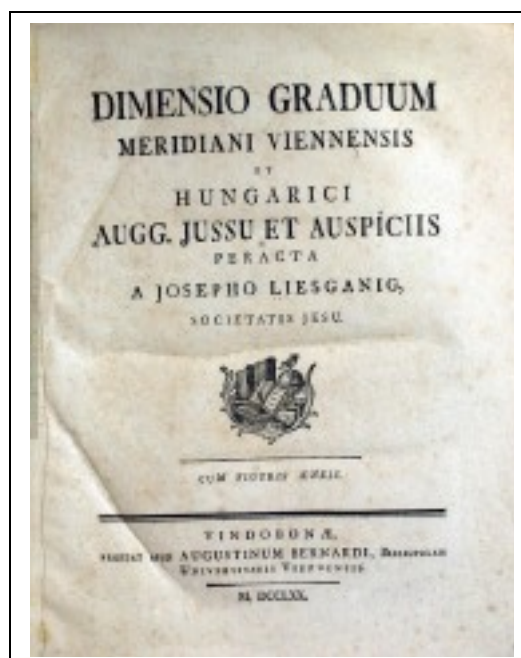
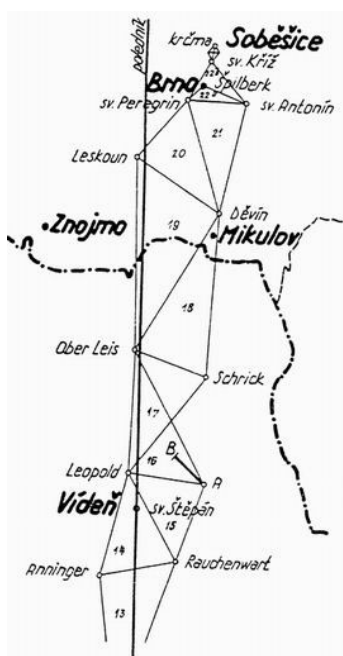
*Josip Boškovič  
(1711–1787)*



*Johan Jacob Bayer  
(1794-1885)*



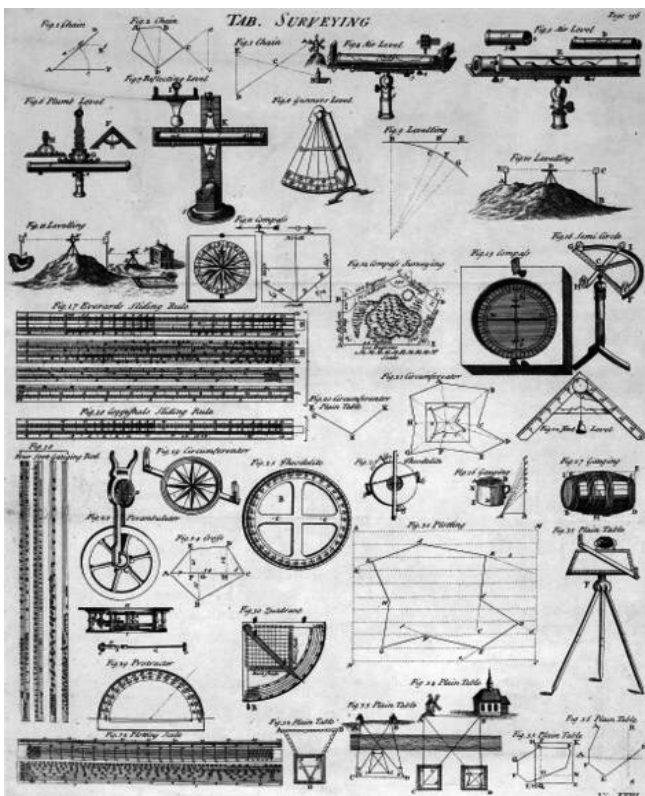
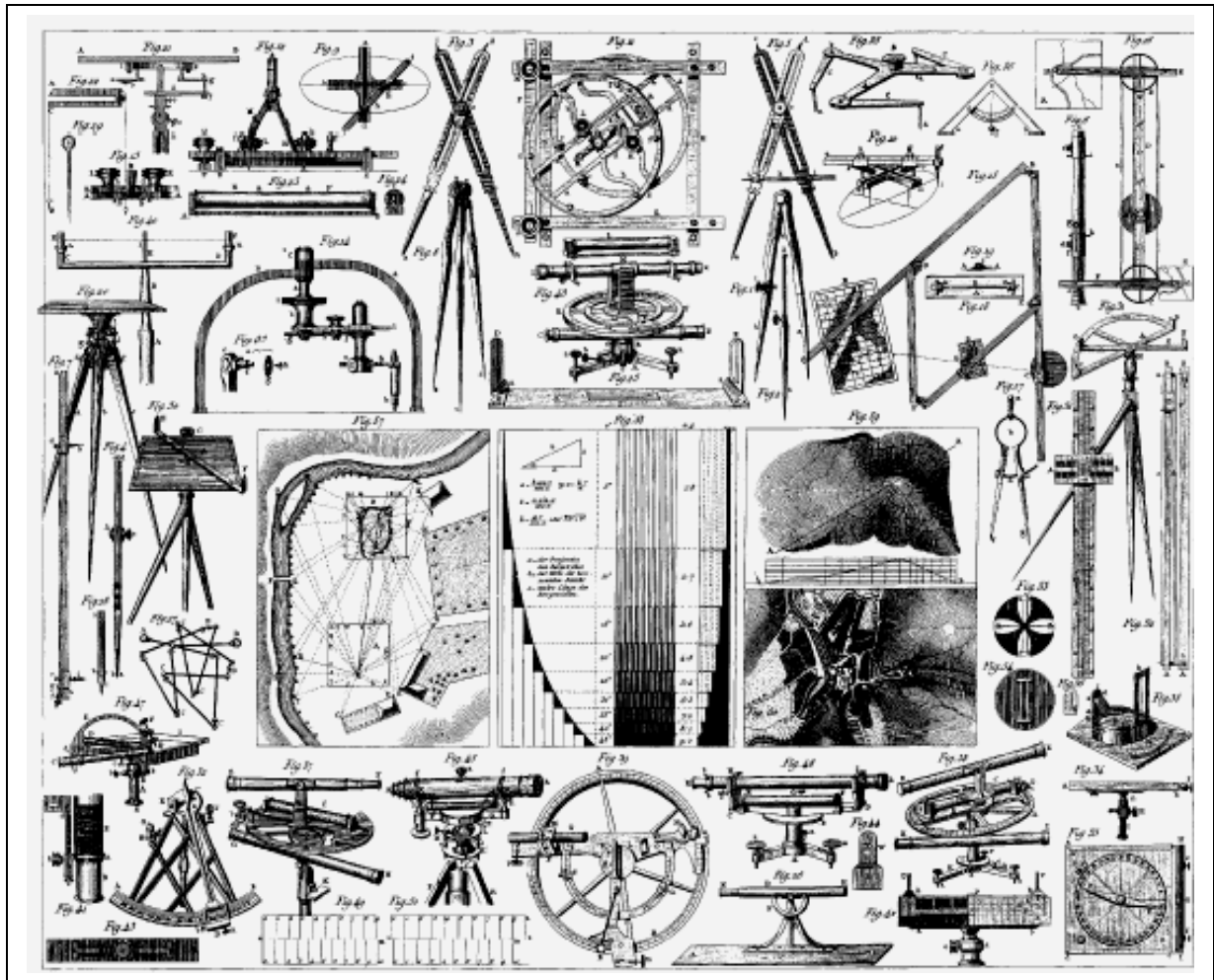
*Robert Doudlebský von Sterneck  
(1839-1910)*



*Severní část Liesganigova řetězce*

*Dokumentace Liesganigova stupňového měření*

*Ukázky topografické, geodetické techniky, měřických a kartografických pomůcek  
používaných počátkem 19.století*



Vyobrazená topografická a geodetická technika a měřické, kartografické pomůcky jsou typické pro období baroka. Od jednoduchých pomůcek na určování vodorovných a svislých úhlů bez buzoly a s buzolou, k složitějším přístrojům na principu teodolitu; první pantografy a kresličské pomůcky, měřítka a odpichovátka. Uvedeny jsou také nové grafické přístupy k vyjadřování terénního reliéfu, metody měření a orientace v terénu, protínání vpřed a jejich principy.



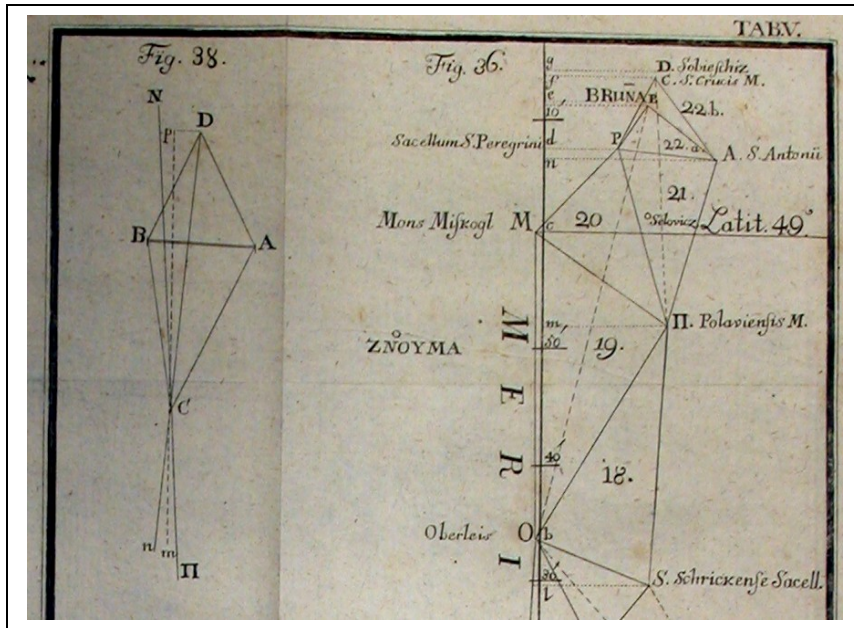
## 2 Stupňové měření a zahájení triangulací na území českých zemích ke konci 18.století

Roku 1759 Marie Terezie rozhodla podle vzoru jiných evropských států o vykonání stupňového měření i v Rakousku – zaměřením vídeňského poledníku. Spolu s kancléřem Václavem Antonínem Kaunitzem, na doporučení pátra Josipa Boskoviče, pověřila touto úlohou rodáka ze Štýrského Hradce (Graz) Josepha LIESGANIGA (1719 – 1799), matematika, astronoma, geodeta, geografa, inženýra, kněze, člena jezuitského řádu, od roku 1756 ředitele jezuitské hvězdárny ve Vídni. Určení délky vídeňského poledníku bylo uskutečněno prostřednictvím zaměření triangulačního řetězce mezi Soběšicemi u Brna, Vídní, Štýrským Hradcem a Varaždínem (Chorvatsko).

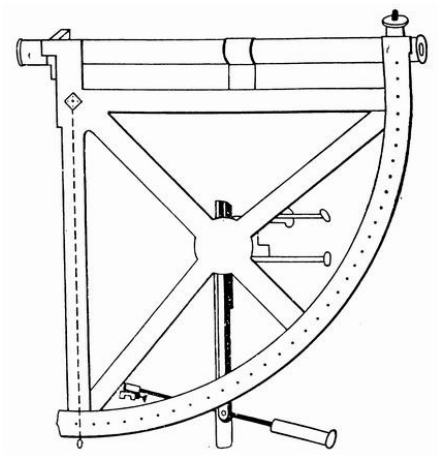
A tak se stalo, že prvním trigonometrickým bodem v rakouské monarchii byl střed věže (dnes už neexistující) kaple Svatého Kříže na Ostré Hůrce v katastrálním území Soběšice, asi 5 km na sever od Brna. Byl to počáteční bod oblouku, který procházel vídeňskou hvězdárnou a sahal až po kostelní věž ve Varaždíně. Hlavní řetězec měl 23 trojúhelníků. Pro určení rozměru řetězce Liesganig změřil dvě délkové základny, jednu u Vídeňského Nového Města (cca 12 km) a druhou na Moravském poli. Nad koncovými body základen jsou 5 metrů vysoké kamenné monumenty, které navrhl sám kancelář Kaunitz. Do podstavců byla zapuštěna mramorová deska s bodovou značkou. Vzájemná vzdálenost obou bodů reprezentovala délku základny. Je to nejstarší dodnes zachovalá geodetická základna ve střední Evropě. Liesganig měřil základnu u Vídeňského Nového Města dřevěnými latěmi, dlouhými 6 sáh (asi 11,4 m). Výsledná délka byla 6 410, 903 vídeňských sáh, tj. 12 158,175 m. Od této základny byl stejný počet trojúhelníků k Brnu jako k Varaždínu, vždy 11. Úhly měřil Liesganig kvadrantem o poloměru 79 cm s jedním pevným a druhým pohyblivým dalekohledem.

Astronomická a triangulační měření stran řetězce byla uskutečněna v letech 1759-1768.

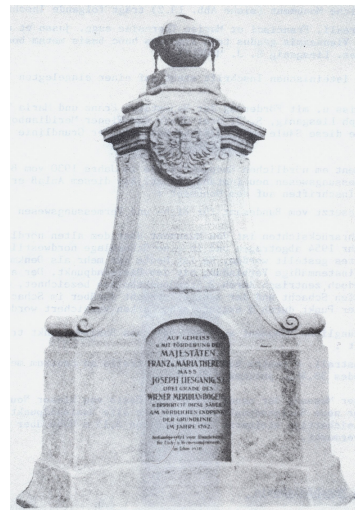
Rozdíl zeměpisných šířek mezi Soběšicemi a Varaždínem byl určen na  $\Delta\varphi = 2^{\circ} 56' 45,85''$  a délka 1° poledníku u Vídně byla stanovena na 111 255,716m.



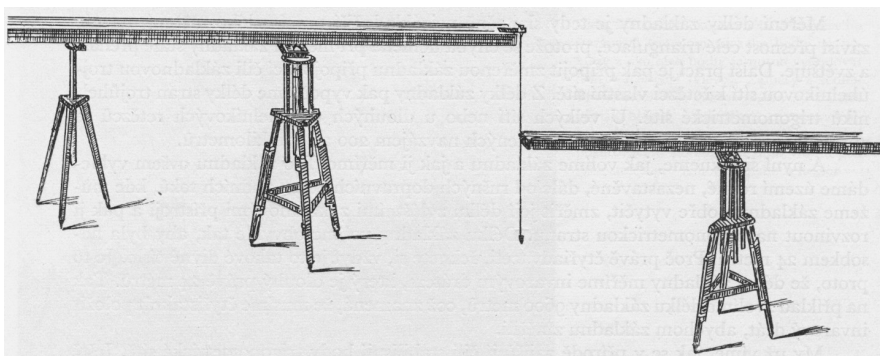
Ukázka severní části originálního schematu Liesganigova měření



Kvadrant použitý Liesganigem při měření úhlů



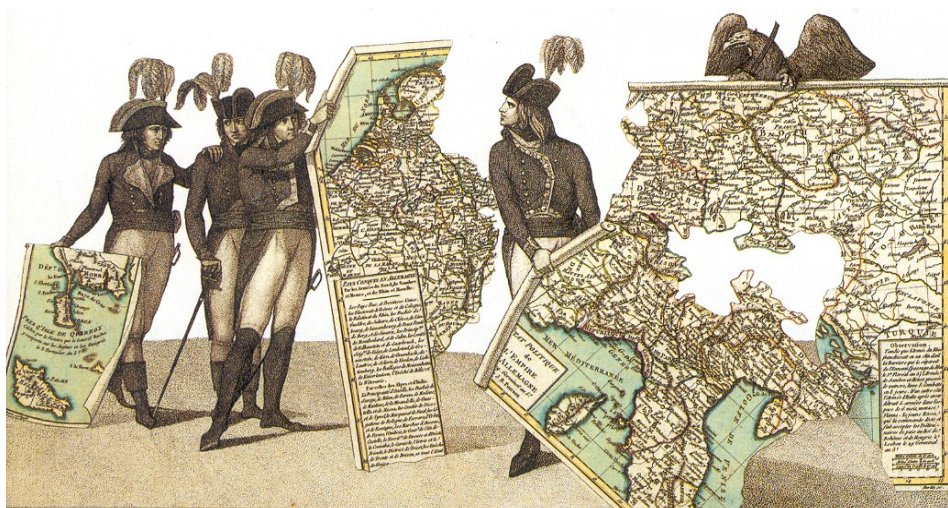
Pomník – koncový bod Liesganigovy základny



Měření délky základny latěmi

## 2.1 Napoleonské války a jejich důsledky v evropském zeměměřičtví

V důsledku válečných zkušeností a také podle francouzského příkladu byla na území habsburské monarchie uskutečněna v letech 1806-1838 výstavba „vojenské trigonometrické sítě“, po jejímž dokončení byla zakládána síť katastrální. Vzrostly požadavky vojenských i civilních institucí na mapy, na jejich obsah a geometrické vlastnosti.



*Zahájení vojenských mapování v Evropě v důsledku napoleonských válek*

Při generálních štábech válčících stran vznikla geodeticko-topografická oddělení a v důsledku jejich aktivit pak vstup praktické geodézie a topografie do vojenských a civilních institucí. V roce 1839 byl také založen Vojenský zeměpisný ústav ve Vídni (nahradil topografický ústav generálního ubytovacího štábu, vzniklý v roce 1806), který uskutečnil mnoho geodetických, topografických a kartografických prací na území monarchie na kterých se podíleli mnozí geodeti, topografové a kartografové českého původu.

Zároveň byla také zahájena mezinárodní spolupráce a tím také počátky budování moderní evropské triangulace.

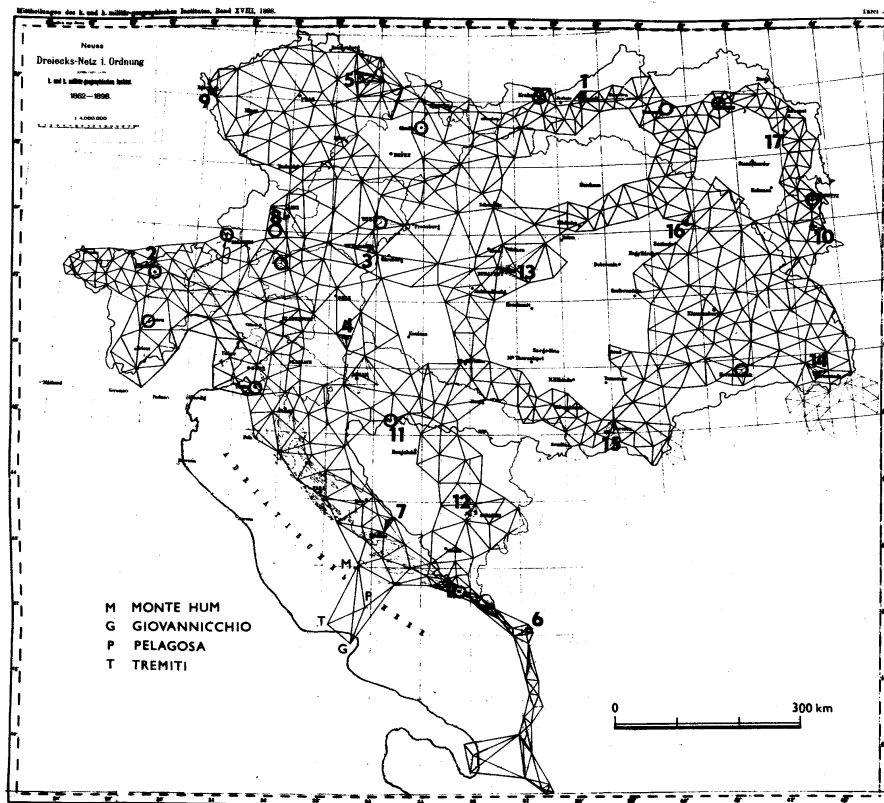
## 2.2 Katastrální triangulace a souřadnicové systémy

První souvislá trigonometrická síť I. řádu v našich zemích byla budována pro *katastrální mapování v měřítku 1:2 880* jako součást rakouské katastrální triangulace. K určení rozměru sítě byla použita Liesganigova základna u Vídeňského Nového Města.

*Stabilní katastr Františka I. (1826-1843) zřizovaný v Čechách v letech 1824-1840 byl polohově a situačně založený na:*

- nově vybudované souvislé síti trigonometrických bodů I. - III.řádu (strany I.řádu byly dlouhé cca 30km, II.řádu 9km až 15km, strany III.řádu byly 4km až 9km);
- úhly v trojúhelnících byly měřeny Reichenbachovým repetičním teodolitem, souřadnice bodů určovány výpočtem;

- IV.řád byl určován grafickým protínáním na měřickém stolku; trigonometrická síť byla pak postupně zhušťována grafickým protínáním tak, aby na jeden katastrální list byly k dispozici alespoň 3 trigonometrické body;
- souřadnice vrcholů trigonometrické sítě neměly zeměpisné souřadnice, sférické pravoúhlé souřadnice  $x, y$  byly převedeny do rovinné pravoúhlé souřadnicové soustavy délkojevného válcového zobrazení Cassiniova v Soldnerově úpravě.



*Schéma rozvíjení rakouské triangulace I. řádu z let 1862-1898 s 15 astronomickými body*

Měřickými a výpočetními pracemi pro celou rakousko – uherskou monarchii byla v roce 1818 pověřena „Triangulační a výpočetní kancelář“ ve Vídni. Měřické práce trvaly až do roku 1864.

Celá země byla zahrnuta do souřadnicové soustavy s počátkem v trigonometrickém bodě Gusterberg (kopec v Horních Rakousích, necelé 2 km na jihovýchod od Kremsmünsteru a asi 5 km na západ od Bad Hallu). Poledník procházející počátkem souřadnicové soustavy měl sloužit jako její vztahná osa; avšak tehdejší geodeti se ve výpočtech dopustili chyby a osu soustavy natočili o úhel  $4' 22,3''$  takže jižní část její osy je odkloněna k západu. Gusterberská souřadnicová soustava tedy není ani podle tehdejších měření zcela správně orientována.

***Délkové základny použité pro rozvinutí trigonometrické sítě byly:***

- nejdelší u Welsu, 15km délky z které byla rozvinuta část sítě v Čechách
- druhá o délce 12km pro oblast Moravy u Vídeňského Nového Města

***Počátky souřadnicových systémů pro české země:***

- pro Čechy měla souřadnicová soustava počátek v trigonometrickém bodě Gusterberg,
- pro Moravu v bodě totožném s věží kostela sv. Štěpána ve Vídni;
- v polednicích těchto bodů byly umístěny počátky místní souřadnicové soustavy.





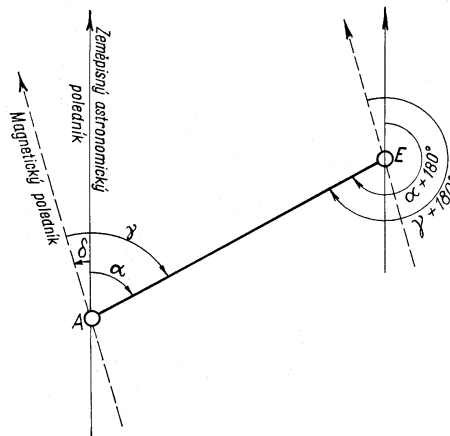
Ukázka dokumentace trigonometrické sítě a jejího zhušťování v prostoru jižních Čech

**Metody použité při I. vojenském mapování (Josefském):**

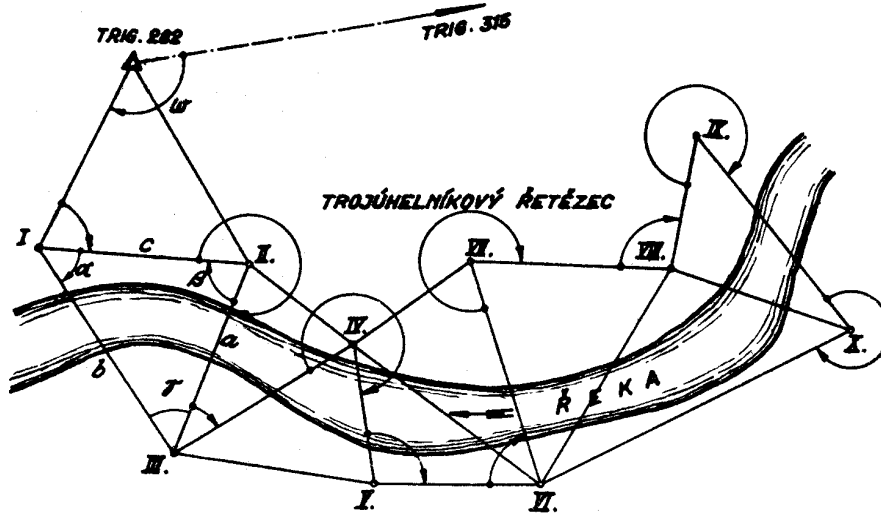
- před vlastním mapováním byly pořizovány jako polohové podklady zvětšeniny význačných objektů např. z Müllerovy mapy Čech,
- situační konstrukční body (lomové body, objekty, rohy budov apod.) byly, pokud to bylo možné, určovány grafickým protínáním vpřed ze tří stanovišť, ostatní polohopis byl vkreslován přibližně, převážně metodou „a la vue“ – odhadem „od oka“,
- na měřickém stolku se zpracovávaly kolorované „originální mapy“.

**Geodetické, konstrukční podklady použité pro II. vojenské mapování „Františkovo“ Čechy 1842-1847 a jejich východní část v letech 1850-1852:**

- podle *napoleonského pojetí* byla jako podklad použita katastrální trigonometrická síť,
- dobudována souvislá trigonometrická síť,



Orientace jedné ze stran trigonometrické sítě

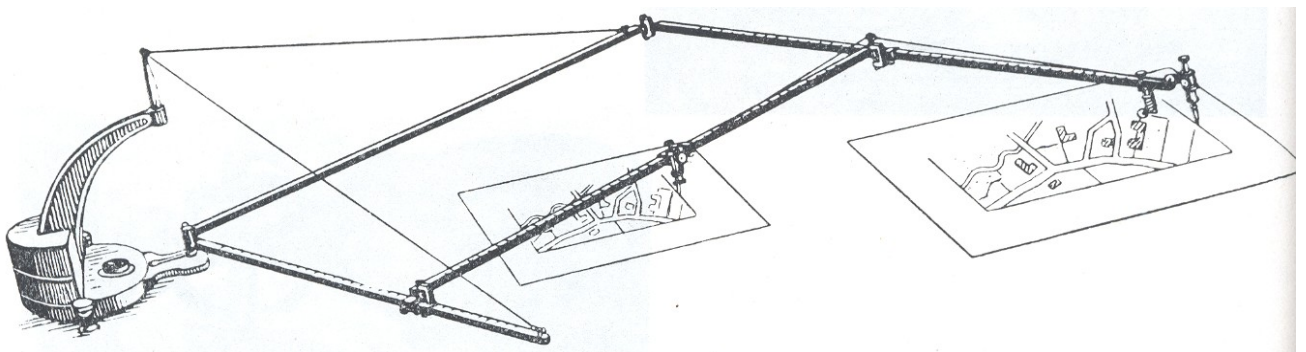


*Příklad rozvíjení trigonometrické sítě v údolí řeky prostřednictvím triangulačního řetězce*

- později byla tato síť využita v katastrálním mapování, zahájeném již v roce 1816
- pro tvorbu map bylo použito příčné válcové délkojevné zobrazení Cassiniho v Soldnerově úpravě



*Mapové měřítko udávané ještě ve vídeňských coulech*



*Použití pantografu pro grafický měřítkový převod mapového díla „z velkého do malého“*

### 3 Geodetické základy našich zemí od poloviny 19.století

#### *Vojenská triangulace*

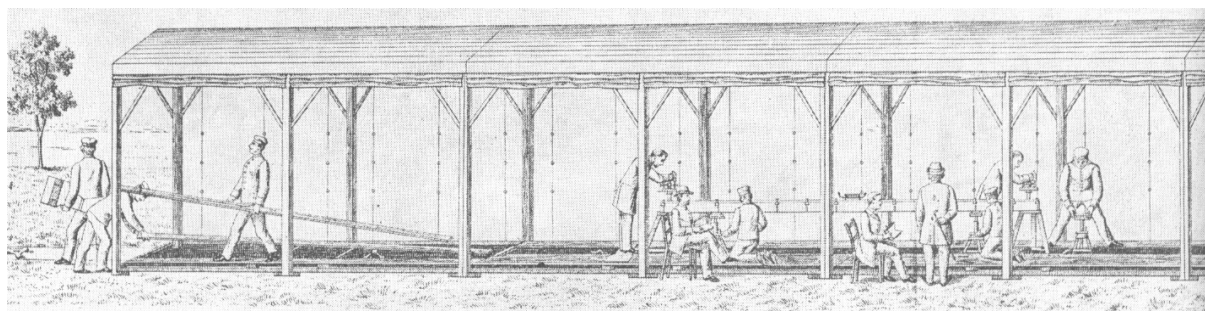
- jednotná trigonometrická síť I.řádu, velmi přesná a konsistentní geodetická síť vybudovaná vídeňským Vojenským zeměpisným ústavem v letech 1862-1898 podle norem, stanovených „Mezinárodním sdružením pro měření Země“ jako součást střeoevropského stupňového měření,
- základním bodem triangulace (Laplaceův bod) je trigonometrický bod Hermannskogel poblíž Vídně,
- jako výchozí veličiny byly použity astronomicky určené souřadnice  $\varphi_0$ ,  $\lambda_0$  vztažené k  $0^\circ$  poledníku Ferro (ostrov Hierro, Kanárské ostrovy) uvažované jako geodetické a azimut  $A_0$  strany Hermannskogel - Hundsheimer s těmito údaji:

$$\varphi_0 = 48^\circ 16' 15,29''$$

$$\lambda_0 = 31^\circ 57' 41,06'' \text{ vých. od Ferra (ostrov Hierro, Kanárské ostrovy)}$$

$$A_0 = 107^\circ 31' 41,70''$$

- v Čechách byly zřízeny dvě základny - u Chebu (4,3km) a Josefova (5,3km),
- trigonometrická síť byla rozvíjena až do III. řádu, průměrná délka stran v síti I. řádu byla 40 km,



*Měření délky základny*

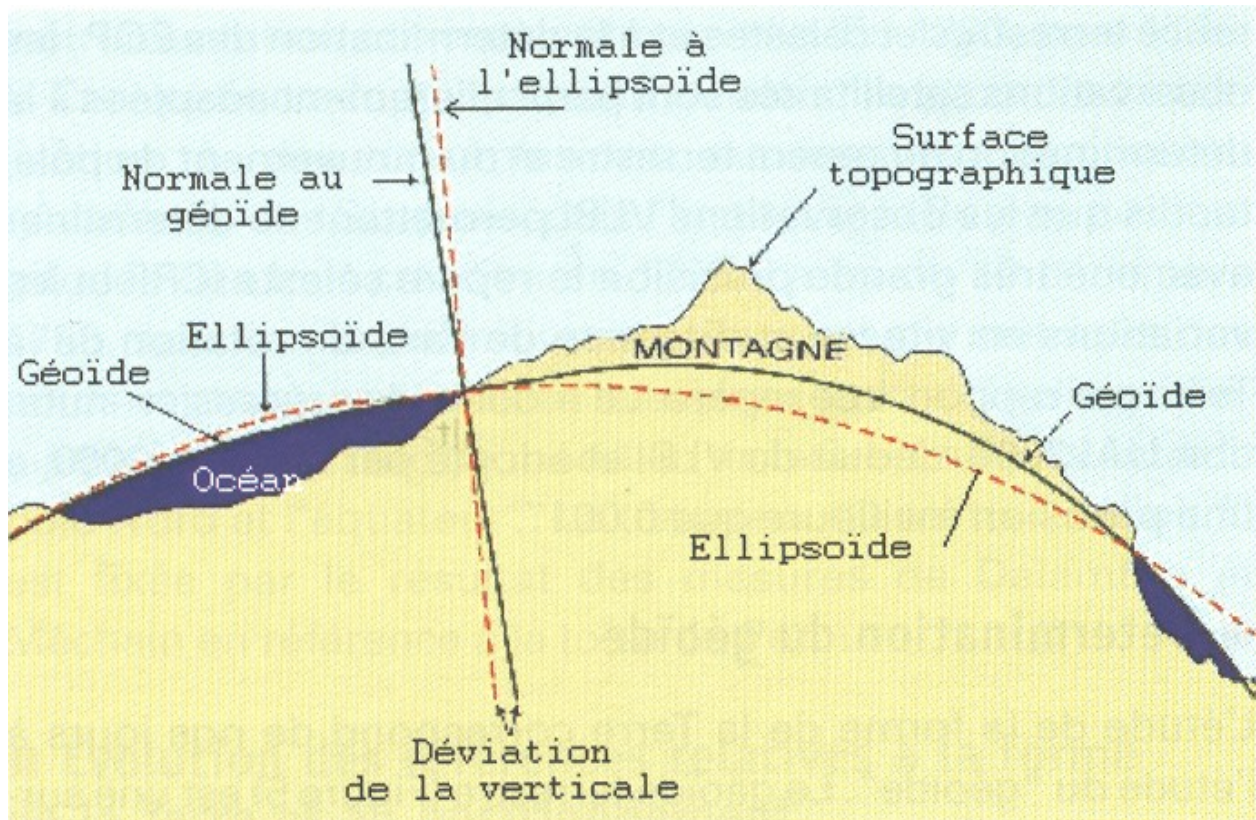
- úhly byly měřeny teodolity se šroubovými mikroskopy, střední chyba měřených směrů byla podle Ferrerova vzorce jen  $\pm 0,93''$ , každý směr byl měřen 48krát, později Schreiberovou metodou ve všech kombinacích,
- Besselův elipsoid z roku 1841 byl použit jako výpočetní plocha (jeho velká poloosa je  $a = 6\,377\,397,155$  m, zploštění  $i = 1 : 299,15$ ).

Zeměpisná astronomická šířka  $\varphi_0$  a azimut  $A_0$  byly měřeny přímo, zeměpisná délka  $\lambda_0$  byla odvozena z astronomické hodnoty na vídeňské hvězdárně. Takto určené souřadnice a azimut byly považovány za geodetické; tím byla v bodě Hermannskogel ztotožněna normála k elipsoidu s tížnicí. Poté byly vypočteny zeměpisné souřadnice  $\varphi$ ,  $\lambda$  všech bodů sítě. Ztotožnění normály s tížnicí na základním bodě triangulace, protože v době vyrovnání sítě nebyla ještě známá hodnota tížnicové odchylky, se později projevilo jako nevhodné. Pozdější astronomická měření a jejich porovnání se souřadnicemi geodetickými ukázala, že astronomická orientace sítě na bodě Hermannskogel byla zatížena dosti velkou tížnicovou odchylkou (bod leží na rozhraní alpského masívu a Dunajské kotliny).

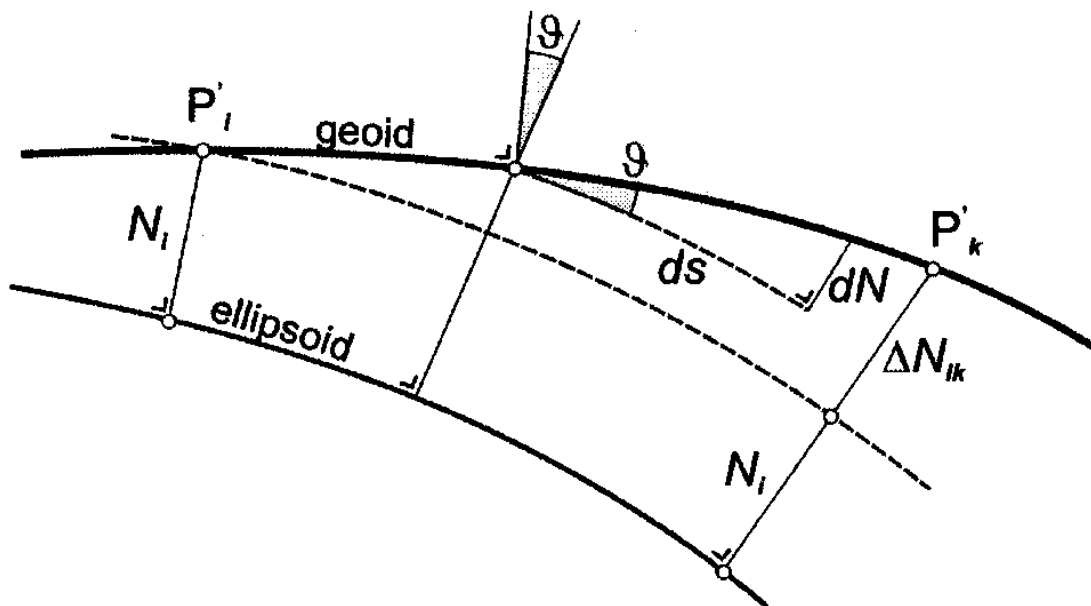
Rozdíl  $\Delta L = \eta \cdot \cos \varphi$  mezi astronomickou a geodetickou délkou byl  $-13''$  a způsobil chybnou orientaci sítě asi o  $-10''$  ve směru pohybu hodinových ručiček; v zeměpisné šířce závažný rozdíl mezi astronomickou a geodetickou souřadnicí nebyl. Definitivní, použité



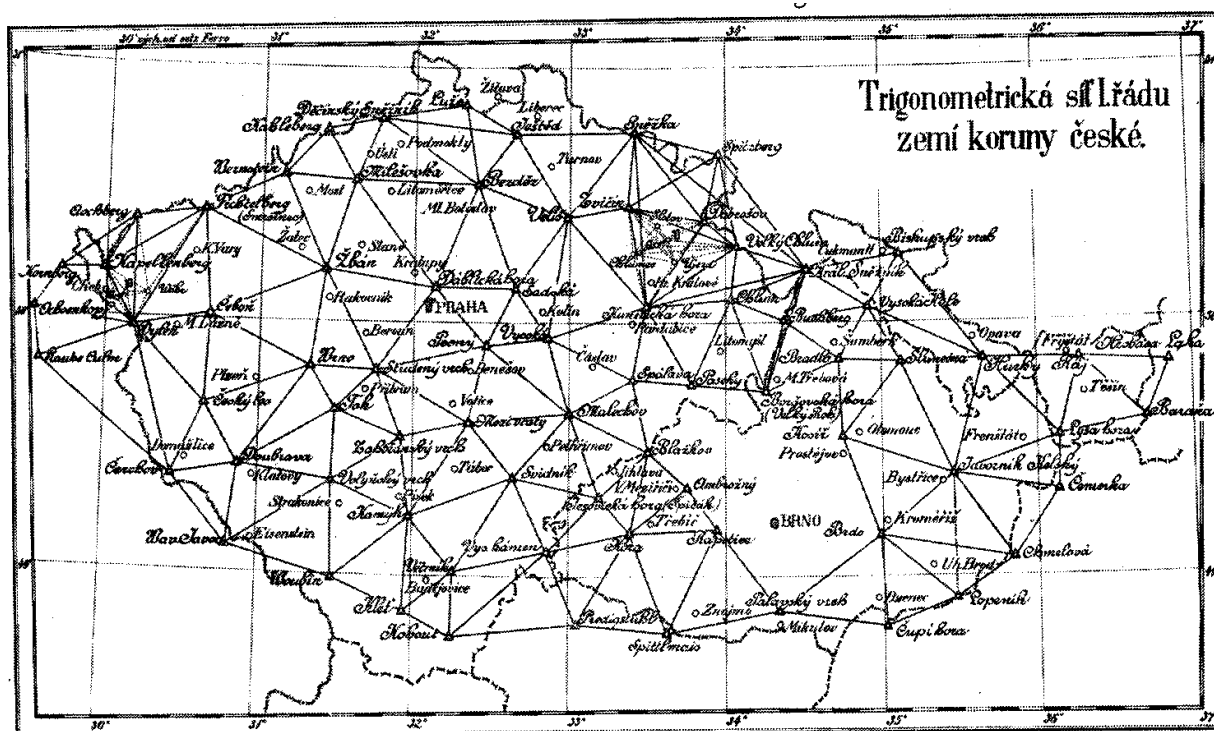
zeměpisné souřadnice triangulační sítě, délky jejích stran, azimuty a nadmořské výšky bodů sítě byly publikovány v sborníku "Ergebnisse der Triangulierungen ...", Bd. I/II, Wien 1901/2.



Tížnice (normála ke geoidu), normála k elipsoidu a tížnicová odchylka



Tížnicová odchylka v obecném směru  $\delta$  je úhel mezi tížnicí (kolmicí k ploše geoidu, prodloužené hladiny světových moří pod kontinenty) a normálou (kolmicí k elipsoidu, geometrickým tělesem nahrazující Zemi); o její složky v poledniku  $\zeta$  a v 1. vertikálu  $\eta \cdot \cos \varphi$  se vzájemně liší astronomické a geodetické souřadnice,  $\Delta N_{ik}$  je rozdíl výšek geoidu mezi body  $P'_i$  a  $P'_k$ ,  $N_i$  je výška geoidu nad elipsoidem v bodě  $P'_k$



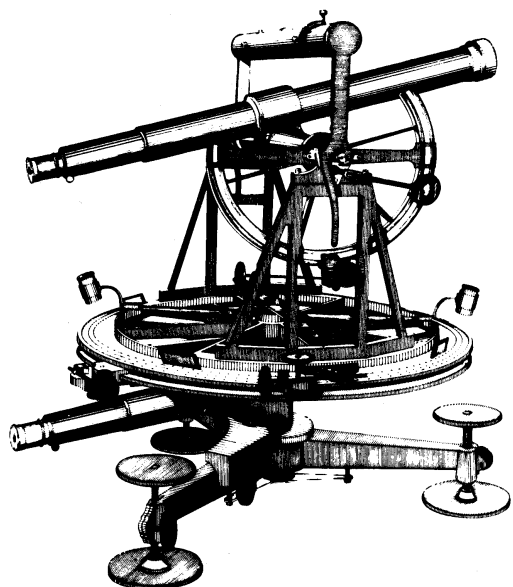
*Dobové schéma trigonometrické sítě vídeňského Vojenského zeměpisného ústavu  
- síť I. řádu vojenské triangulace na území Čech a Moravy, rok 1905*

### 3. 1 Některé typy používané měřické techniky a pomůcek

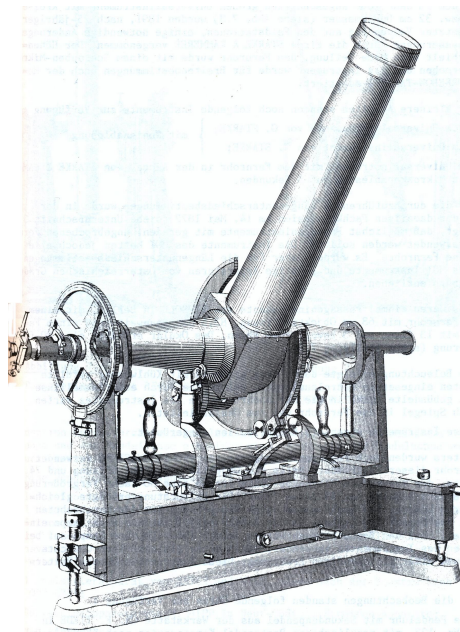
Úhly v trojúhelnících byly měřeny teodolity se šroubovými mikroskopy nejprve ve skupinách (každý směr se měřil 48krát), později v kombinacích podle Schreiberova. Dosažená přesnost byla na svoji dobu vynikající: téměř polovina uzávěrů trojúhelníků (48 %) byla menší než 1" a jen v 5% z celkového počtu 1 518 trojúhelníků byl uzávěr větší než 3". Střední chyba měřeného směru podle Ferrerova vzorce byla jen 0,93".

Vojenská trigonometrická síť I. řádu byla zhuštěna sítěmi II. a III. řádu. Do roviny nebyla síť převedena; listy map byly ohraničeny poledníky a rovnoběžkami se stupnicemi zeměpisných souřadnic a situační, konstrukční body byly do nich vynášeny podle jejich zeměpisných souřadnic.

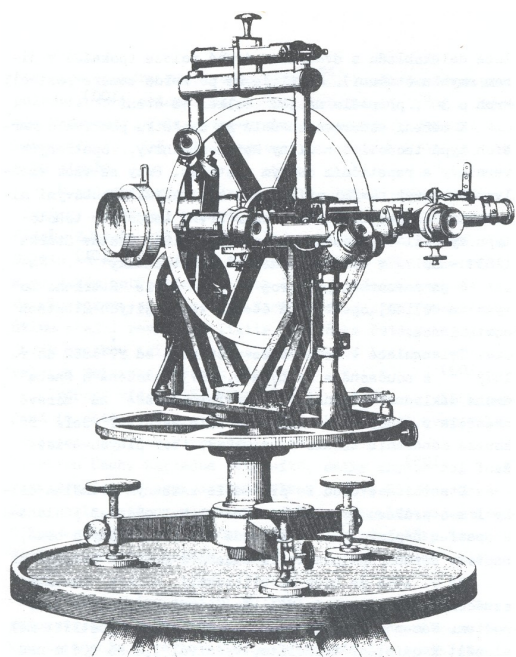
Na základě císařského dekretu byla v Rakousko-Uhersku 23.7.1871 zavedena metrická míra - „ustanoven nový řád měř a vah.“



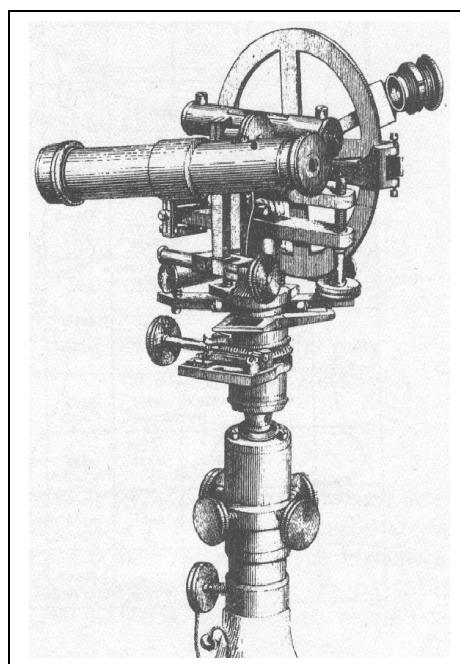
*Reichenbachův repetiční teodolit použitý při měření v síti 1. řádu*



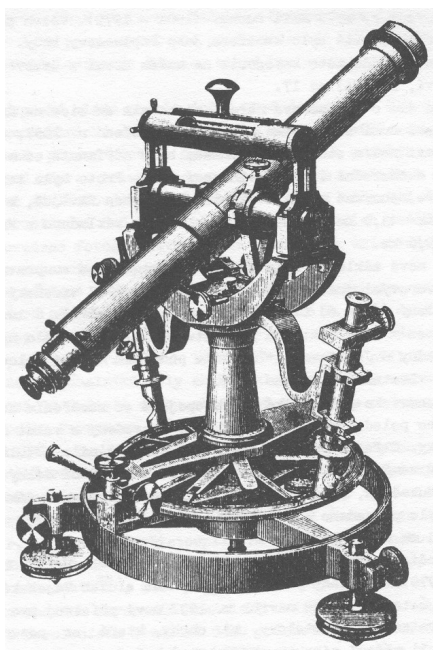
*Průchodní přístroj (pasážník) Starke z r. 1874*



*Starkeho teodolit s přesazovacími kruhy z roku 1863*



*Topografický výškoměr, používaný po roce 1878*

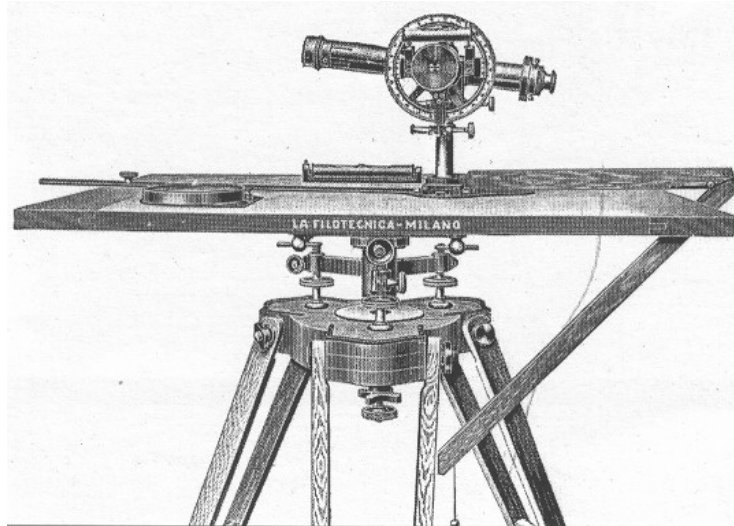


*Teodolit Bamberg,  
poprvé použit v roce 1865*

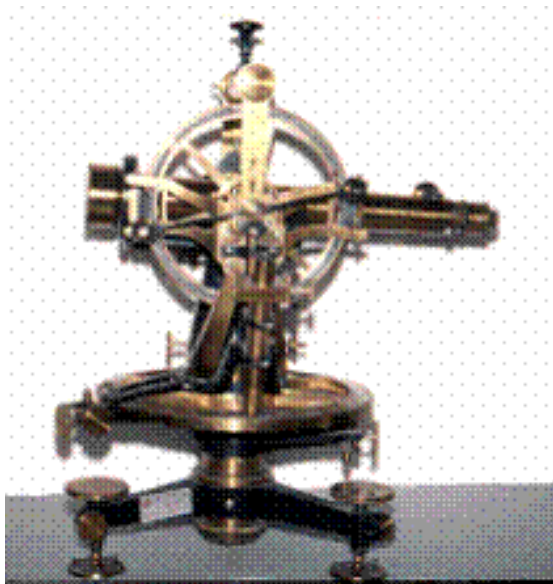
## 4 Geodetické základy III. vojenského mapování

Geodetickým podkladem pro mapování byla vojenská a katastrální triangulace

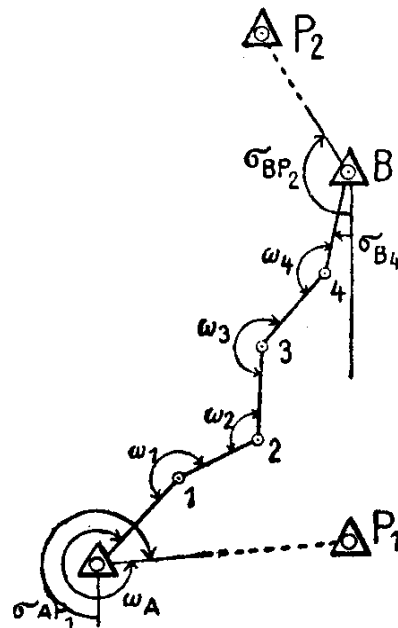
V průběhu tohoto mapování byly již používány nové, rychlejší a přesné měřické metody pro zhušťování bodového pole trigonometrické sítě nejnižších řádů.



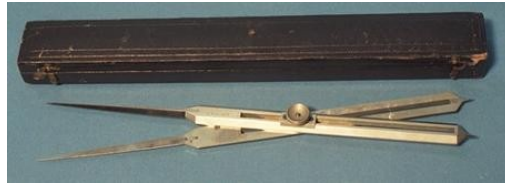
*Topografický měřický stolek s buzolou a eklimetrem pro přímé terénní mapování*



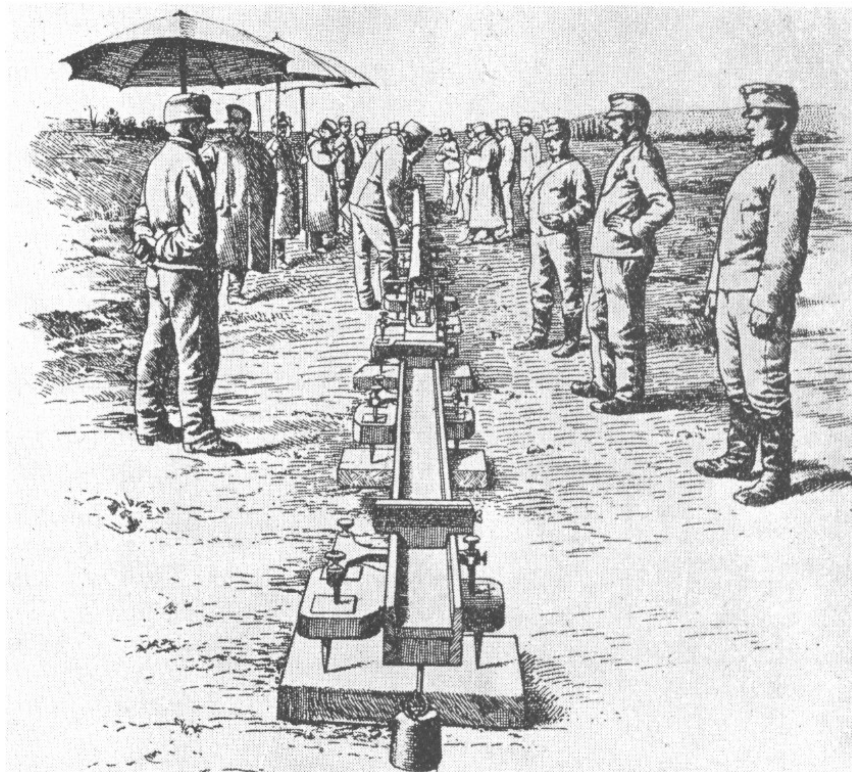
*Repetiční teodolit pro polní měření*



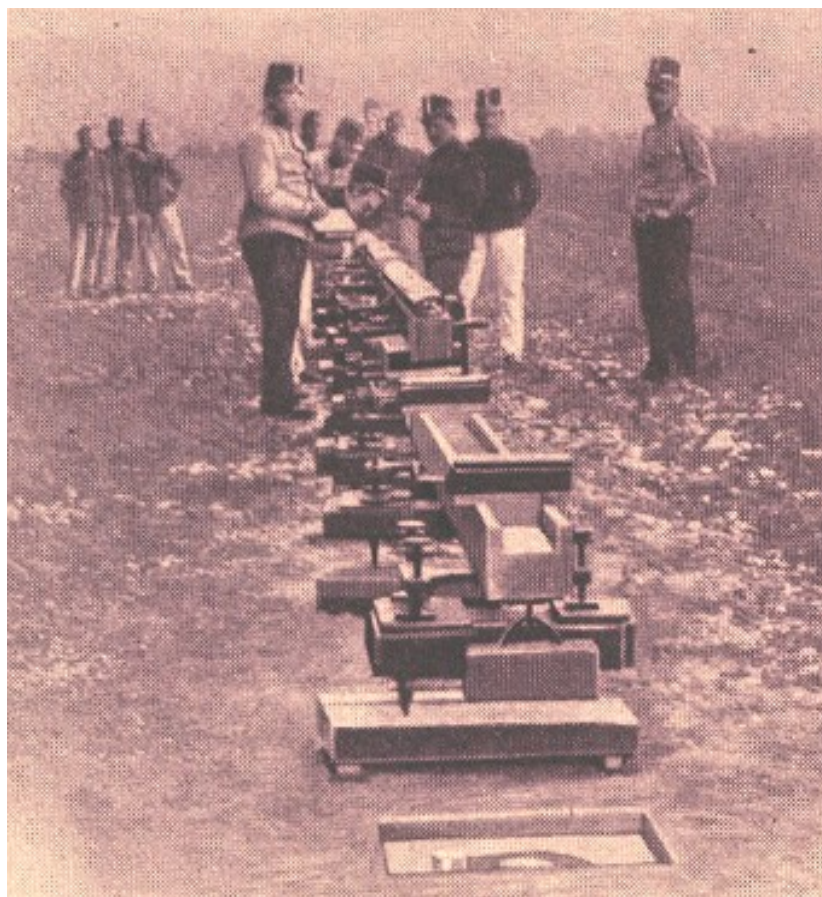
*Schema měření tzv. orientovaného polygonu, kdy byly mezi dané body A, B vloženy orientované „polygonové“ strany, jejichž délky byly určeny*



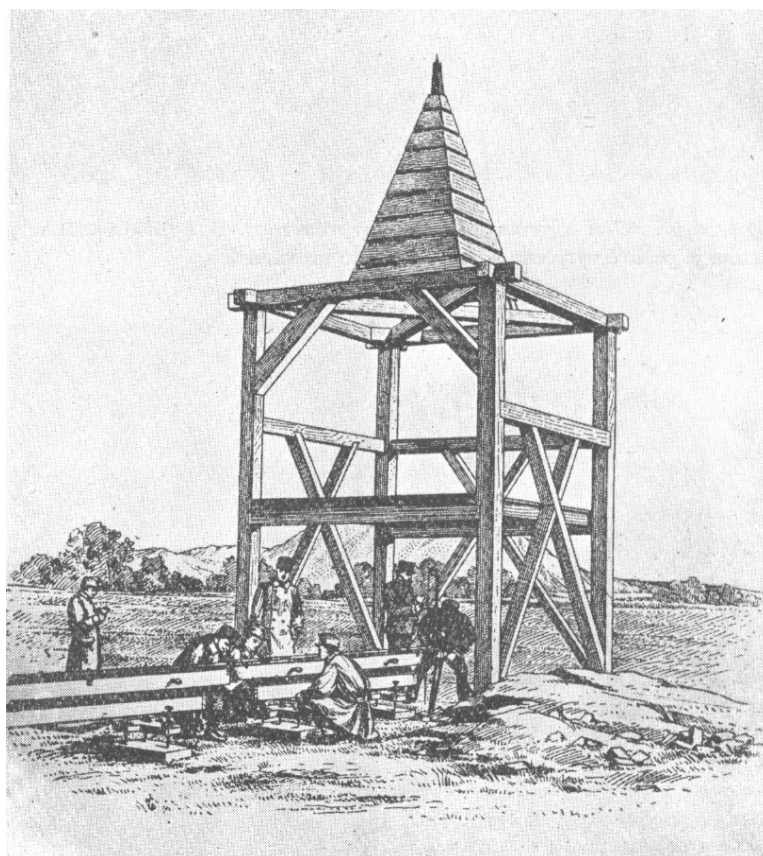
*Jedna z pomůcek topografa – redukční měřítko*



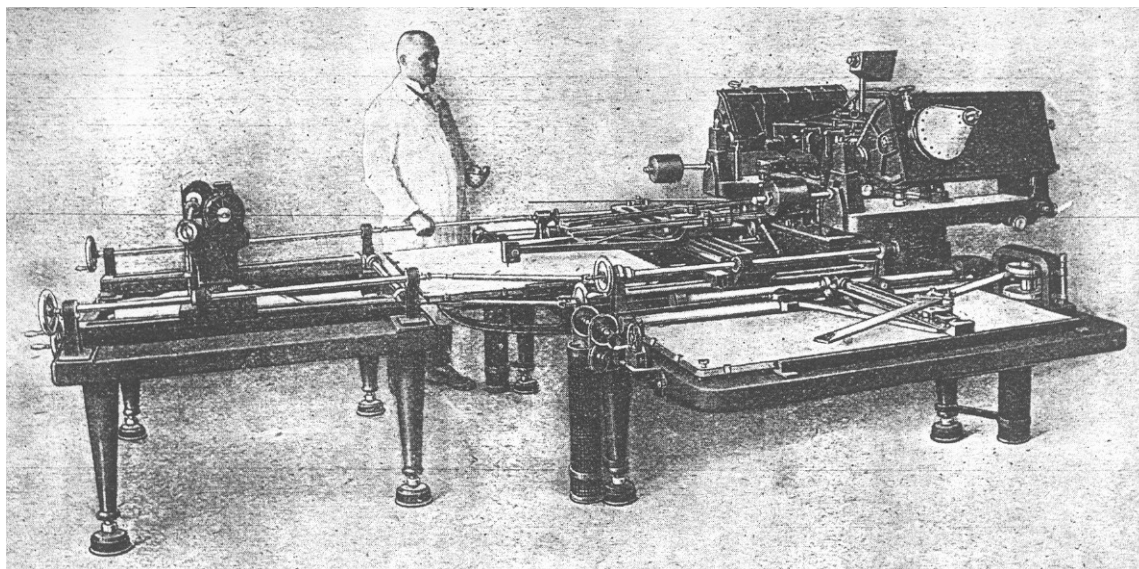
*Měření geodetické základny personálem a vojáky-figuranty vídeňského zeměpisného ústavu*



*Dobová fotografie průběhu měření geodetické základny*



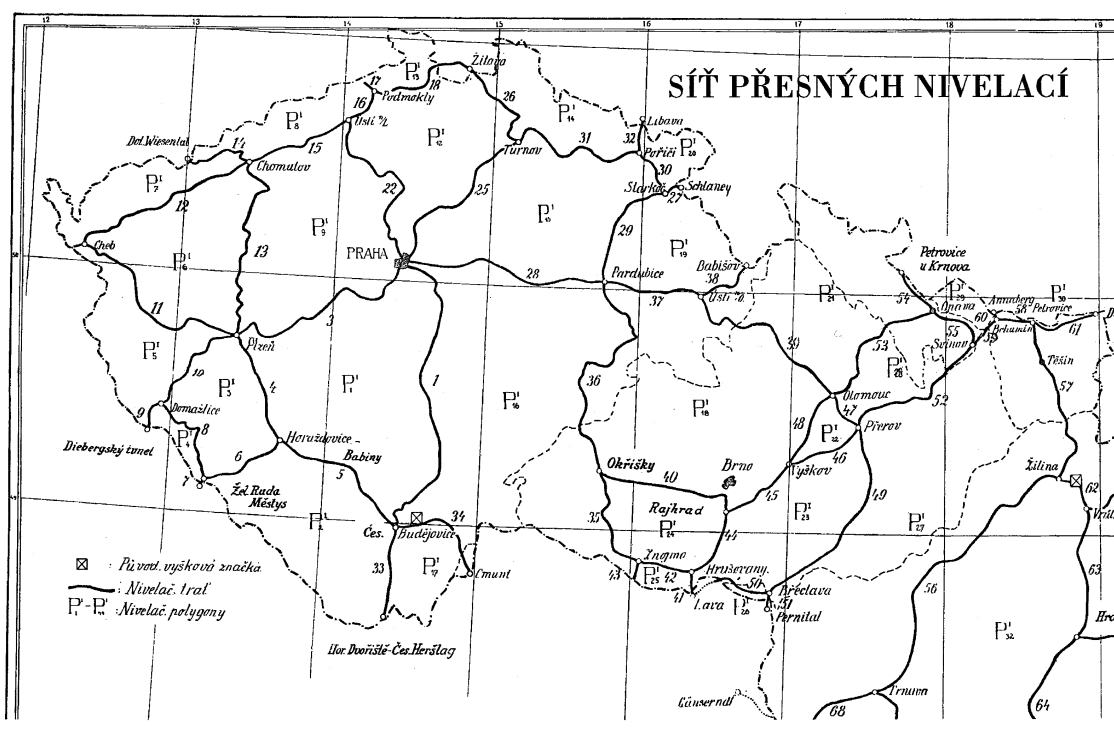
*Koncový bod geodetické základny podle archivních materiálů*



*Kartografická technika na počátku 20.století*

## 4.1 Výškové základy

Systém nadmořských výšek, nivelační síť rakousko-uherské monarchie kterou vybudoval vídeňský VZÚ v letech 1873-1896, byla vztažena k nule vodočtu na Molo Sartorio v Terstu, kde byl ve výšce 3,352 nad úrovní hladiny Jaderského moře umístěn maregraf. Zaměřování sítě probíhalo geometrickou nivelací „ze středu“ s použitím dřevěných nivelačních latí, u nichž se od roku 1876 zjišťovala délka laťového metru. Síť byla budována podle moderních zásad a stala se východiskem pro další rozvoj.

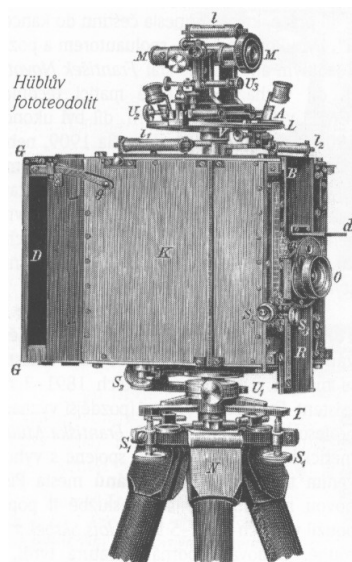


*Nivelační síť I.řádu – velmi přesné nivelace na území českých zemí*

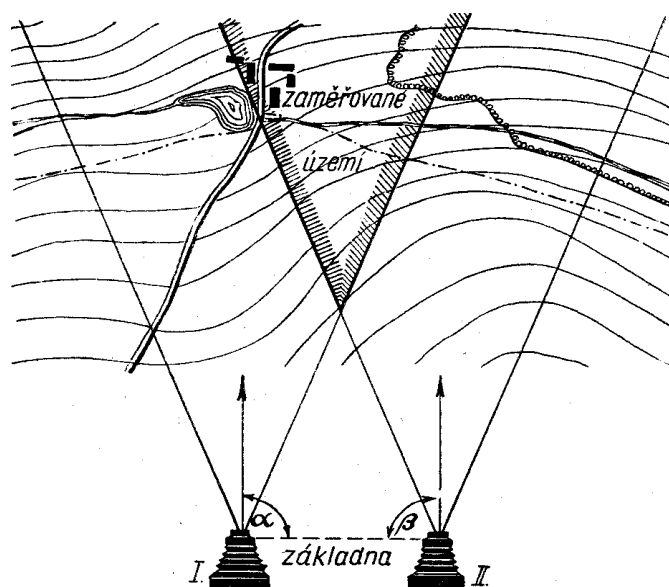


## 4.2 Nástup pozemní fotogrammetrie

Počátkem 20. století probíhaly pokusy a zkušební mapování technologií pozemní fotogrammetrie a následné stereoskopické vyhodnocování dvojic stereofotogrammetrických snímků pro potřeby mapové tvorby. Fotograficky snímané překrytové území umožňuje prostorové stereoskopické vyhodnocení terénu a situace a převod 3D modelu krajiny do roviny mapy



*Hüblův fototeodolit*



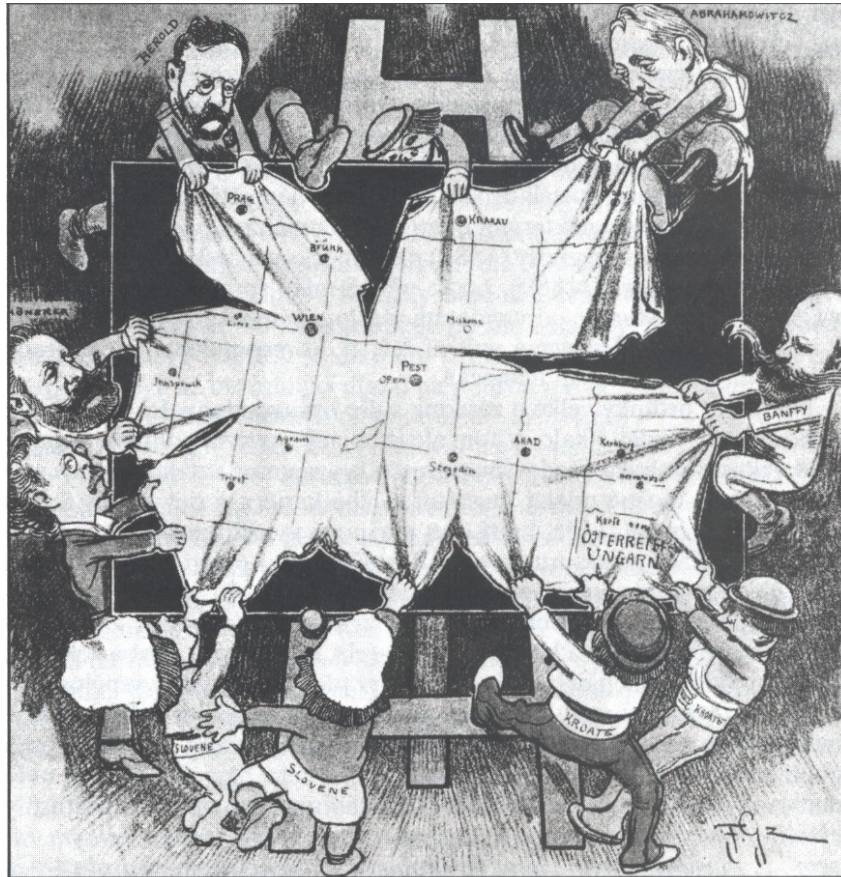
*Geometrický princip pozemní fotogrammetrické metody*

V roce 1896 bylo v Rakousku-Uhersku zahájeno nové, tzv. *čtvrté vojenské mapování*. Bylo velkoryse naplánováno na období 100 let a mělo vycházet z přesných polohopisných i výškopisných základů. K mapovacím metodám přibyla i metoda pozemní fotogrammetrie. Z pokusných prací v roce 1893 a z nového fotogrammetrického snímkování se zvýšenou přesností z roku 1895 ve Vysokých Tatrách (zpracovalo se území dvou sekcí), vznikla vydařená vícebarevná mapa Tater v měřítku 1:75 000. Na našem území nebylo v rámci tohoto čtvrtého rakousko-uherského vojenského mapování žádné měření vykonáno.

## 4.3 Rozpad rakousko-uherské monarchie a převzetí geodetických a kartografických podkladů z území ČSR

Vznikem Československé republiky byla zahájena nová historická etapa vývoje geodetických základů na území českých zemí. Geodetické základy rakousko-uherské monarchie, jejich dokumentace a měřická technika byly postupně předávány nově vzniklým zeměměřickým institucím v nástupnických státech.

K získání geodetických a kartografických podkladů od vídeňského VZÚ byli vysláni pplk. Hlídek, setník Hůla a vrchní oficiál Semík. Po velmi složitých jednáních vedených prakticky až do roku 1924, byly ve velmi různorodé kvalitě postupně přejímány geodetické a kartografické podklady z celého území ČSR. Například část podkladů pro zhotovení speciální mapy v měřítku 1:75 000 byla přejímána ve formě kartografických originálů zhotovených na křídovém papíře v měřítku 1:60 000, část pouze ve formě kopií nebo tisků. K části těchto map byly převzaty rytiny na měděných deskách. Československý vojenský zeměpisný ústav si v určité době musel sehnat reprodukční materiál i odborné pracovníky pro vyhotovení kopií podkladů, zejména z hraničních mapových listů.



*Rozpad rakousko-uherské monarchie – počátek nové kartografické tvorby po roce 1918*

*Celkem bylo od vídeňského VZÚ převzato:*

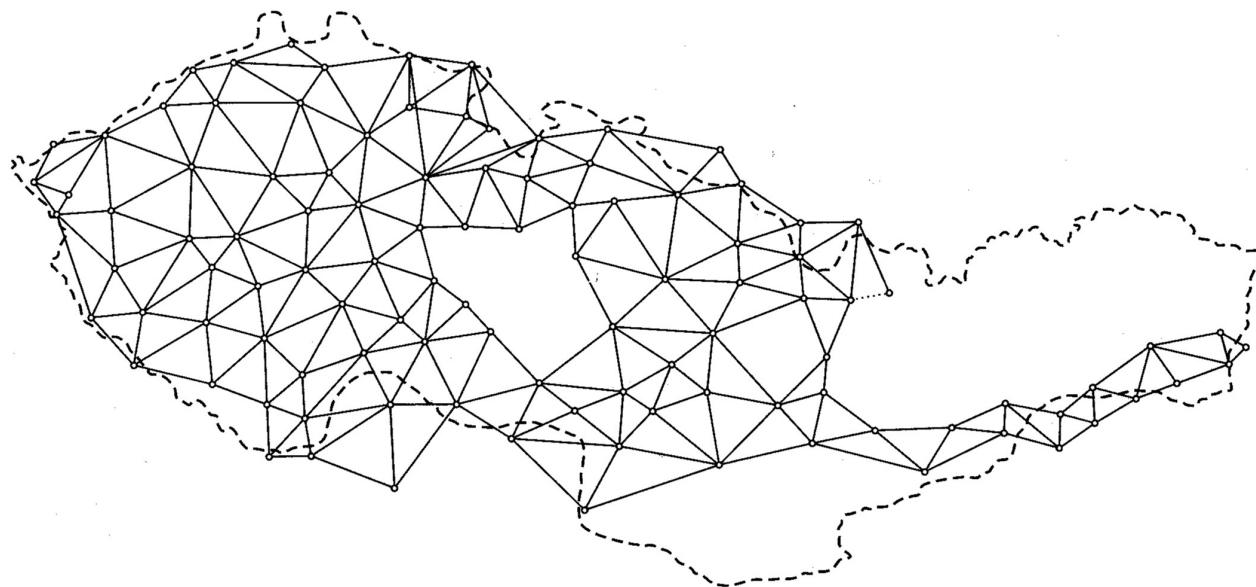
- 699 listů topografických sekcí v měřítku 1:25 000 ve formě tisků, originálů a negativů;
- 189 listů speciální mapy 1:75 000 ve formě originálů v měřítku 1:60 000 a mědirytin v měřítku 1:75 000;
- 33 listů generální mapy v měřítku 1:200 000 ve formě reprodukčních podkladů;
- 7 listů map vzdáleností a přehledných map v měřítku 1:750 000.

Současně tím pověřeni pracovníci prováděli průzkum a soustředování podkladů a techniky ponechané na území republiky rakousko-uherskými úřady. Tak tomu bylo například v Litoměřicích, Brně, Hranicích, Josefově, Bílovci, Košicích, Komárně a Bratislavě (v hlášení ještě uváděné jako Prešpurk).

## 5 Geodetické základy pro nové mapování Československa

### *Východiska pro zahájení československé mapové tvorby*

Vojenská triangulace nebyla na území Moravy a Slovenska dokončena a také nebyla dostatečně přesná. Vídeňský VZÚ uskutečňoval triangulaci pro vyplnění prostoru uvnitř řetězců triangulace, která měla tvořit polohový základ pro zavádění Gauss-Krügerova zobrazení v Rakousko-Uhersku. V Čechách byly z této vojenské triangulace v pásech stupňového měření převzaty měřené osnovy směrů na 42 bodech.



*Trigonometrická síť na území ČSR, převzatá od vídeňského VZÚ*

-  
-  
V triangulačních pracích započal již čs. Vojenský zeměpisný ústav doplňováním trigonometrické sítě I. řádu na Moravě kolem Brna. V nových částech sítě byla již v roce 1919 zahájena nová úhlové měření; měřeno bylo teodolity Fennel, Breithaupt, Heyde a Starke-Krammerer s použitím Schreiberovy metody měření úhlů ve všech kombinacích se střední chybou  $\pm 0,66''$ .

Zároveň byla zahájena astronomická měření na bodech I. řádu na Moravě, kterých bylo vídeňským VZÚ uskutečněno velmi málo. Určování astronomických souřadnic a azimutů pokračovalo také v Čechách a na Slovensku. Od roku 1923 zahájil VZÚ také zkoušky českého přístroje na určování zeměpisné šířky a délky – cirkumzenitál Nušlův-Fričův.

### **5.1 Křovákovo zobrazení**

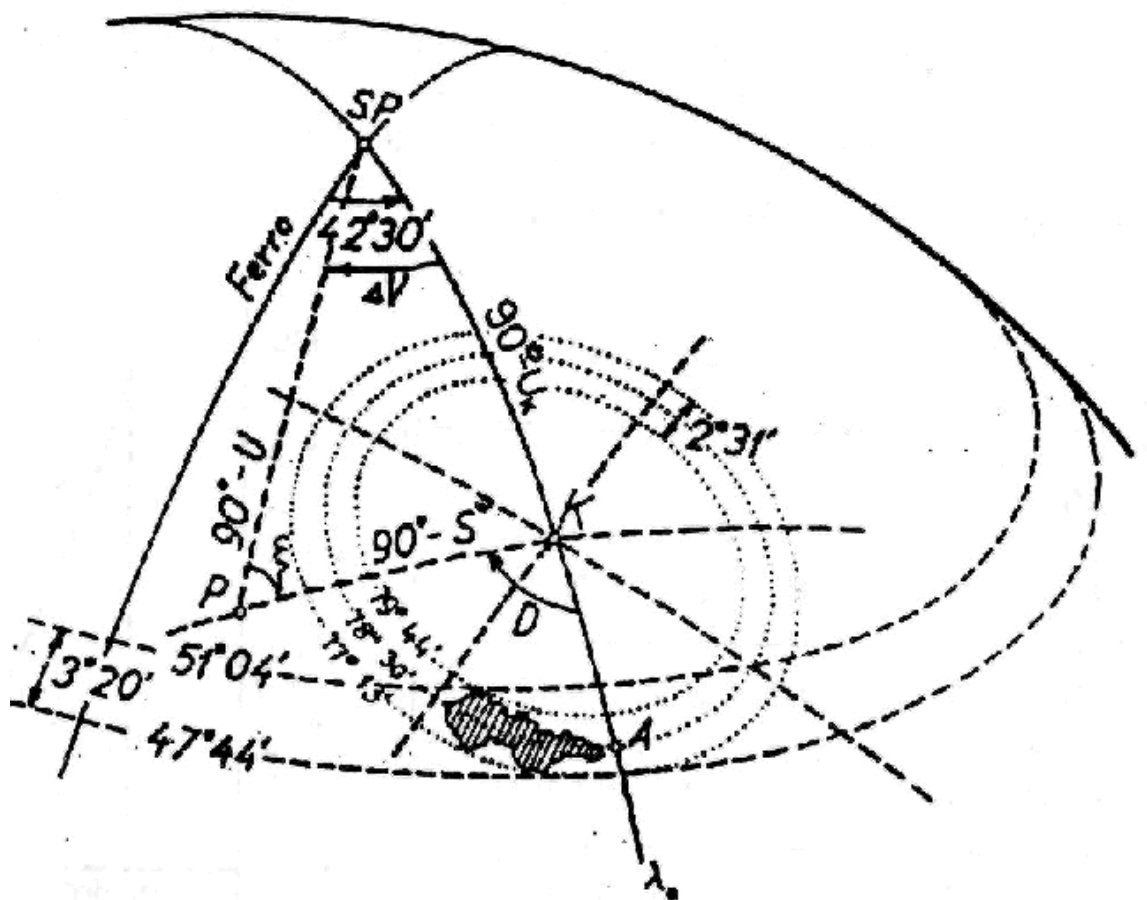
V roce 1919 vznikla „Triangulační kancelář“ ministerstva financí, které byl uložen úkol vybudovat co nejdříve geodetické základy ČSR – *Jednotnou trigonometrickou síť*

*katastrální* (JTSK). Přednostou kanceláře byl ustanoven Ing. Josef Křovák, který navrhl metodu pro měření úhlů v síti a metodu pro její vyrovnání.

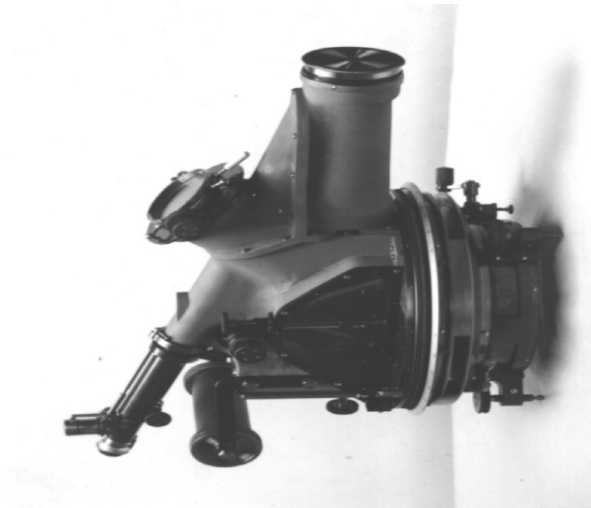
V roce 1927 bylo dokončeno vyrovnání čs. trigonometrické sítě I. řádu a bylo přijato *obecné, kuželové konformní zobrazení Křovákovo*, na které jako na státní kartografické zobrazení přistoupila v roce 1933 i vojenská správa

Vyrovnáno bylo 559 normálních rovnic, řešeny byly postupnou aproximací v 92 kolech, kdy se uzávěry podmínkových rovnic prakticky anulovaly a vzhledem k daným souřadnicím bodů vojenské triangulace byly vypočteny rovinné souřadnice  $x, y$ .

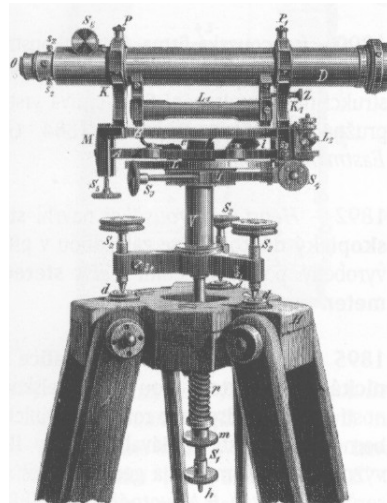
Na základě souřadnic 42 bodů vojenské triangulace v Křovákově zobrazení byly určeny transformační prvky pro celou trigonometrickou síť a pak definitivní pravoúhlé souřadnice všech bodů I. řádu *základní síť* v rovině obecného kuželového Křovákova zobrazení a tím definován technický geodetický systém S-JTSK.



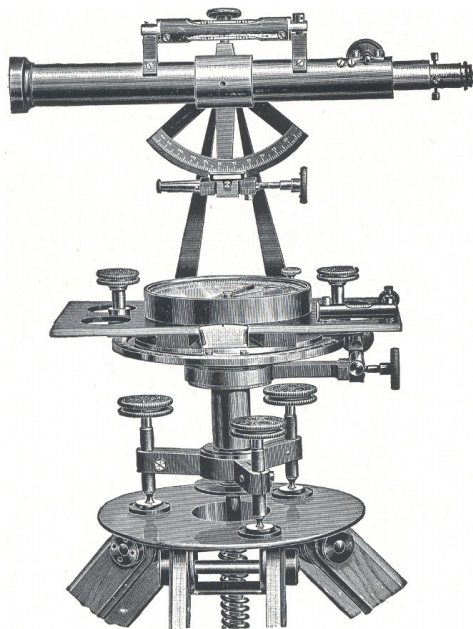
*Geometrický princip Křovákova konformního, šikmého kuželového zobrazení území ČSR s kuželem v obecné poloze*



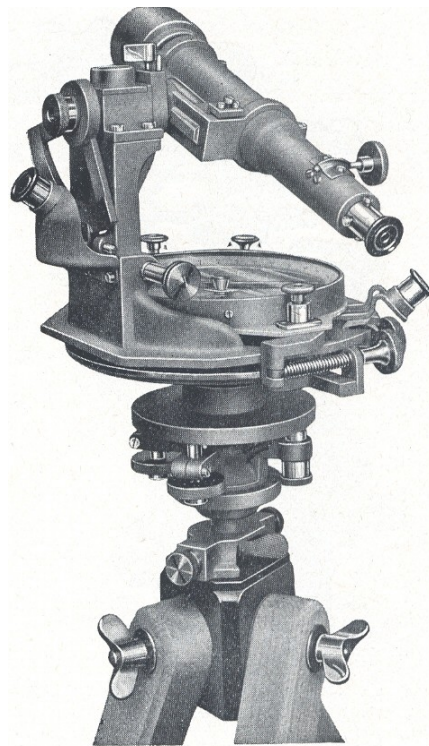
Cirkumzenitál Nušl-Frič, model 1922



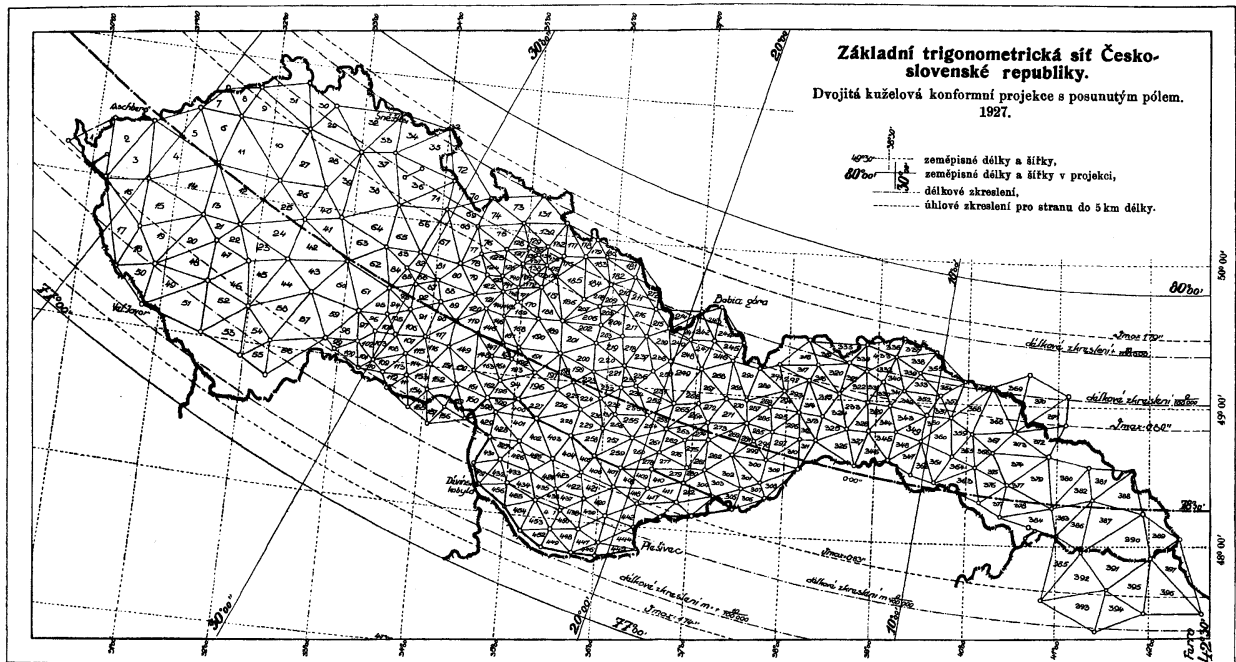
Nivelační přístroj



*Buzolový teodolit Frič, 1910*



*Buzolový teodolit Frič, 1935*

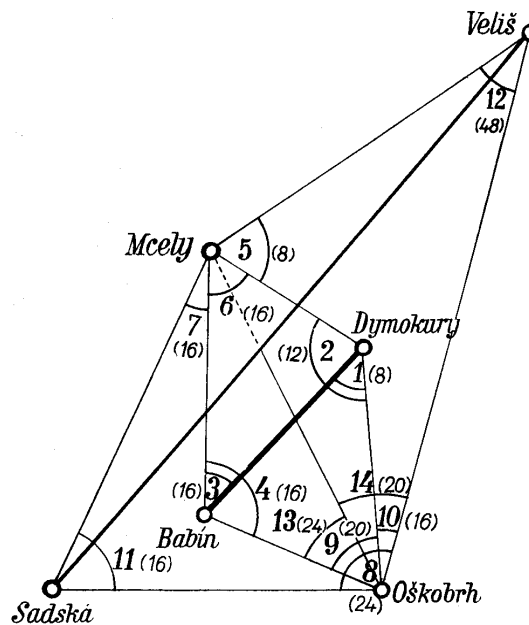


*Základní trigonometrická síť Československé republiky I.řádu z roku 1927*

Budování Jednotné trigonometrické sítě katastrální (JTSK) probíhalo ve třech základních etapách:

- zaměření „Základní trigonometrické sítě I. řádu (1920-1927)
- zaměření a zpracování „JTSK I. řádu“ (1928-1937)
- zaměření a zpracování ostatních bodů JTSK – II., III., IV. a V.řádu (1928-1957)

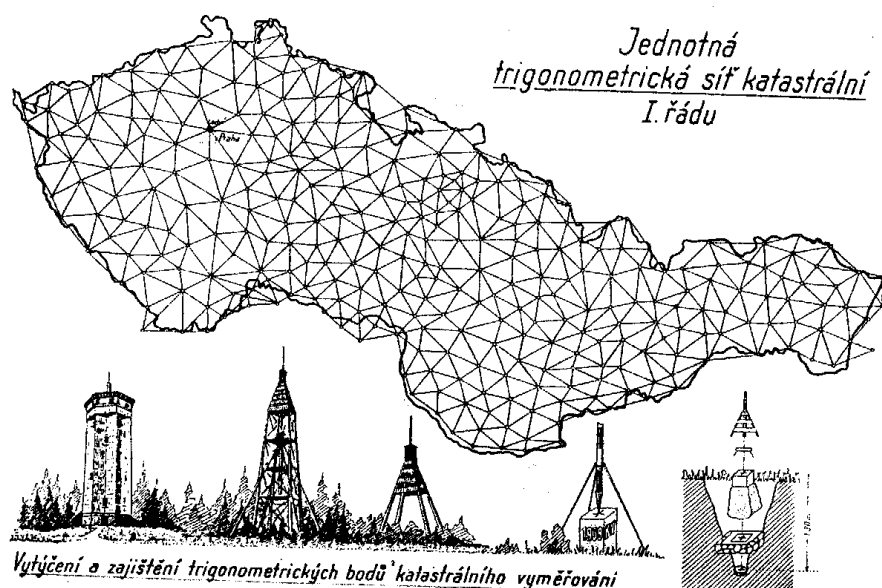
Při měření byly používány teodolity Frič, Breihaupt, Heyde, Starke-Krammer, Fennel a později hlavně teodolity Wild.



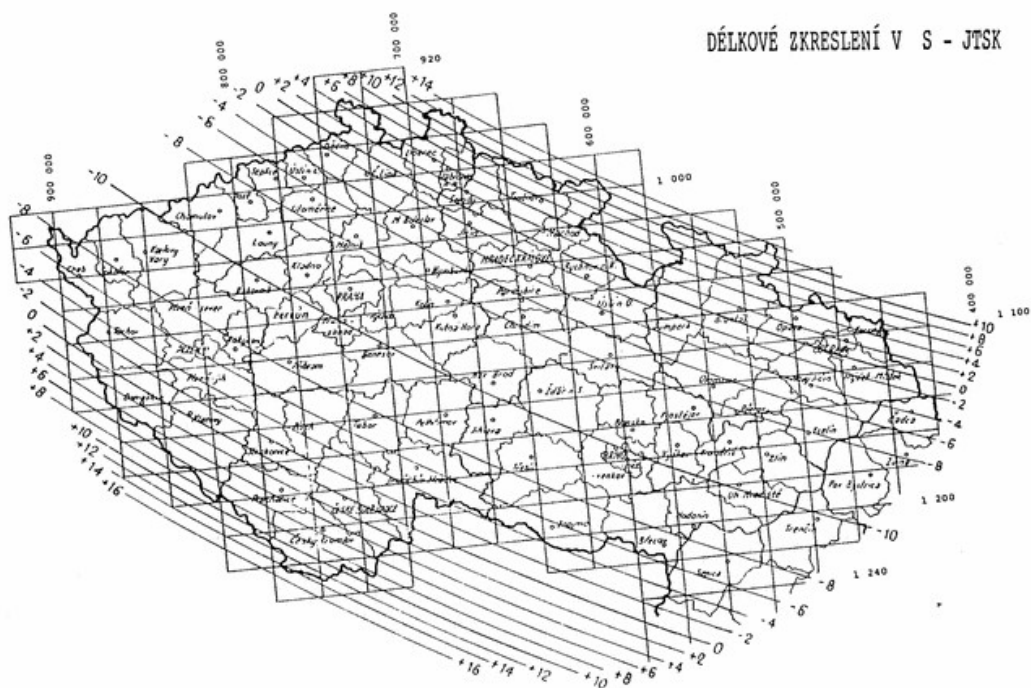
*Pro zpřesnění geodetických základů byla zaměřena délková základna Sadská-Veliš*

*Vlastní výpočetní řešení nového geodetického systému technického typu probíhalo takto:*

- 559 normálních rovnic byly řešeny postupnou aproximací v 92 kolech, kdy se uzávěry podmínkových rovnic prakticky anulovaly,
- k daným souřadnicím bodů vojenské triangulace byly vypočteny rovinné souřadnice v **obecném, kuželovém konformním zobrazení Křovákově**,
- na základě souřadnic 42 bodů vojenské triangulace v Křovákově zobrazení byly určeny transformační prvky pro celou trigonometrickou síť a pak definitivní pravoúhlé souřadnice všech bodů I. řádu **základní sítě** v rovině Křovákova zobrazení a tím definován technický geodetický systém S-JTSK,
- prakticky byl tedy rozměr sítě určen z josefovské základny a poloha sítě podle starého astronomického měření na základním bodě vojenské triangulace Hermannskogel.



*JTSK I. řádu – symbolika signalizace a stabilizace trigonometrických bodů*



*Dělkové zkreslení v rovině Křovákova zobrazení*

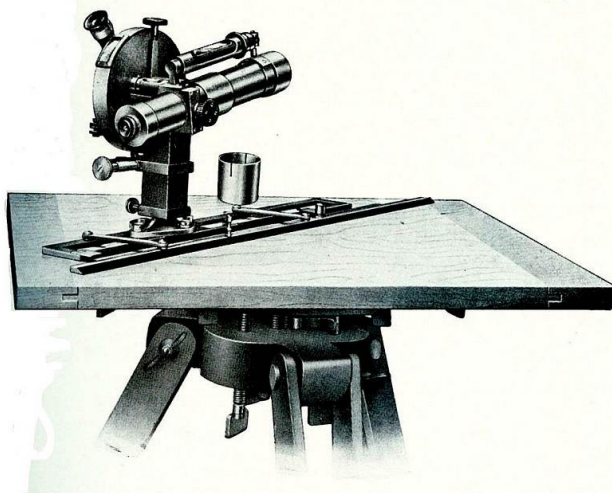
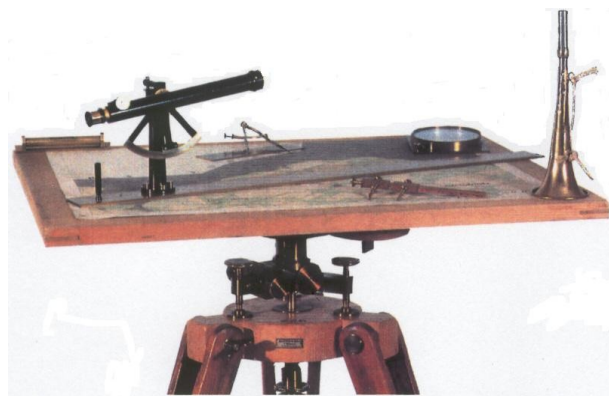
Již před dokončením I. řádu bylo uvažováno o výstavbě astronomicko-geodetické sítě (AGS), založené na vědeckých základech; projektové práce byly zahájeny v roce 1931 včetně spojení s astronomicko-geodetickými sítěmi sousedních států.

V rámci mezinárodního projektu prodloužení Struveho poledníkového oblouku do Alexandrie a také ve prospěch rozvíjení čs. geodetických základů uskutečnil pražský VZÚ zaměření a geodetické připojení základny u Mukačeva, o délce 9,6km (rok 1928). Použit byl základnový přístroj o čtyřech invarových drátech, který byl převzat od vídeňského VZÚ v roce 1918, kdy s ním probíhalo měření základny u Josefova. Zaměření další základny o délce 6,3 km u Feledinců (dnes Jesenské) na Slovensku bylo dokončeno v roce 1936; nově vytyčená a stabilizovaná základna u Piešťan v roce 1938 již nemohla být zaměřena.



*Měření základny u silnice z Mukačeva do Berehova*





*Porovnání topografické techniky – nahoře stolec a eklimetr VZÚ Vídeň, dole eklimetr Frič*

Na celém území ČSR probíhala tzv. „reambulace“ převzatého mapového díla (doměřování situace v měřítku 1:25 000, úprava názvosloví), převzatého od býv. VZÚ Vídeň.



*Topografická skupina Vojenského zeměpisného ústavu s polní výbavou v terénu*



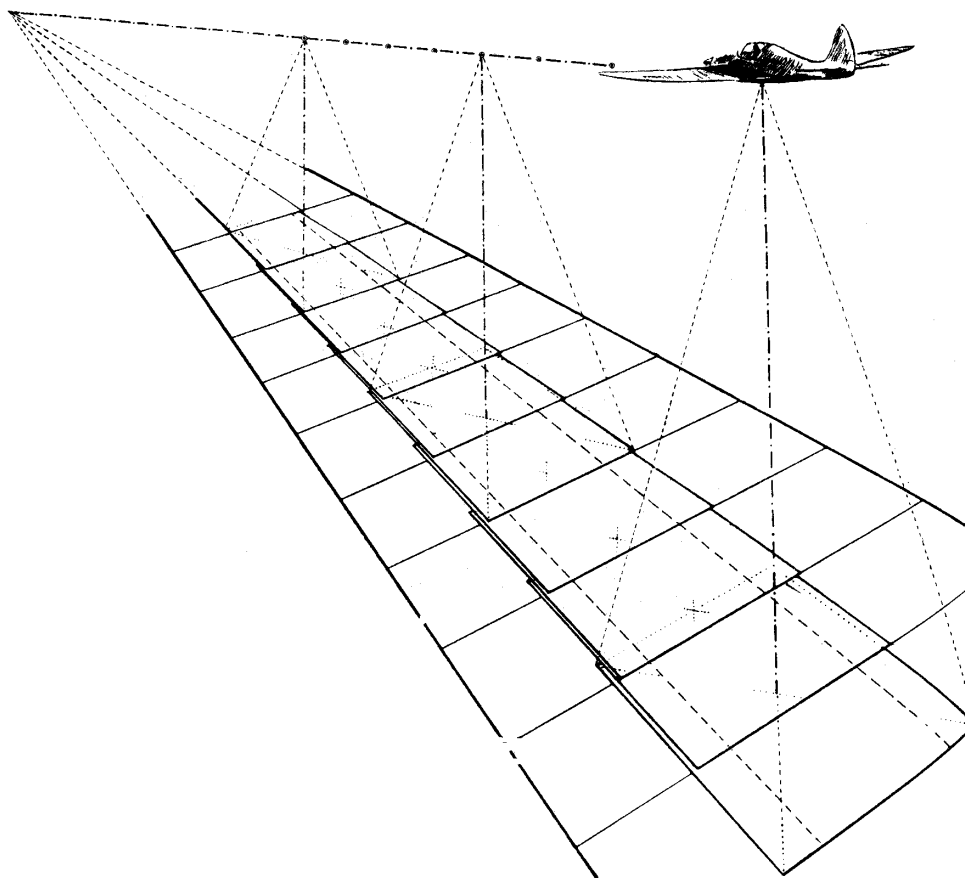
*Vojenský topograf VZÚ při terénním mapování*

## **5. 1 Nástup letecké fotogrammetrie v Československu**

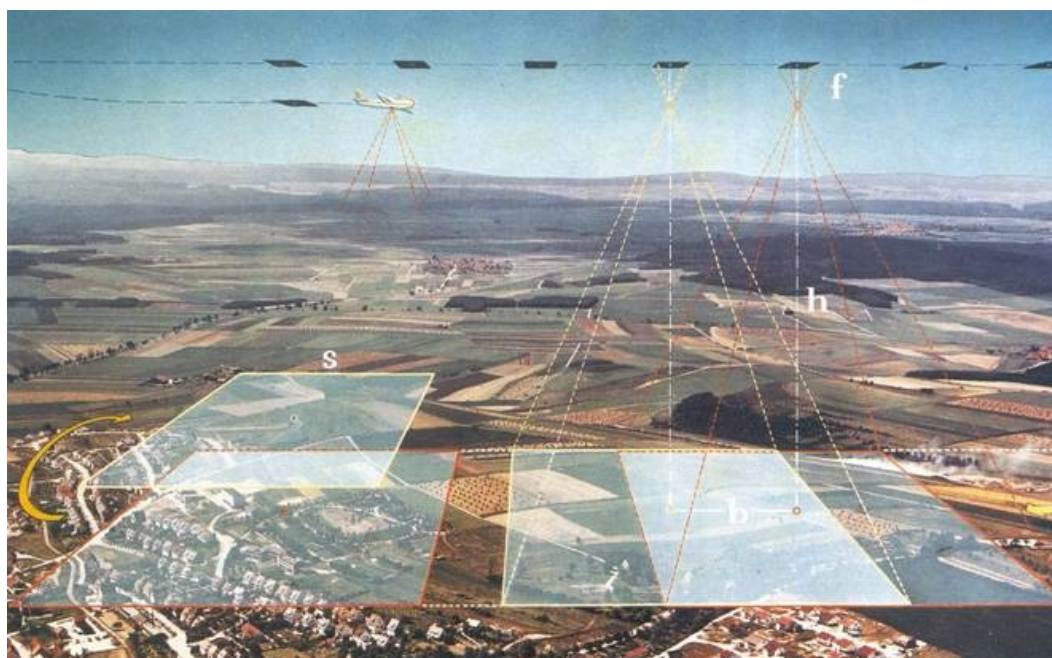
Vedle lokálního využívání pozemní fotogrammetrie (např. pražský VZÚ mapoval údolí Vltavy) probíhaly v Evropě zkoušky s použitím snímků leteckého snímkování pro mapovou tvorbu – pro převod centrálního promítání na ortogonální při vyhodnocování stereoskopického modelu, získaného v oblastech vzájemného překrytu leteckých snímků.



*Využití leteckého snímkování ruční kamerou pro záznam a průzkum aktuální situace*



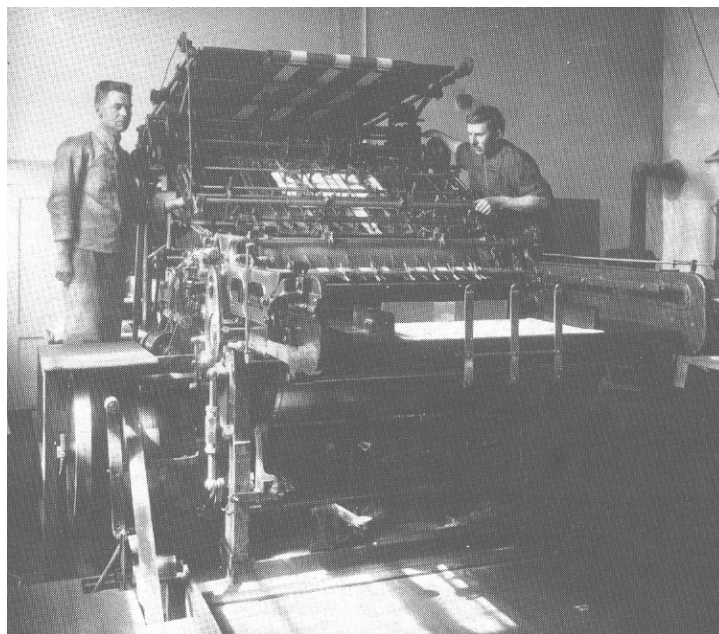
*Fotogrammetrický „nálet“ – řadové snímkování s překrytem vzájemně sousedících snímků*



*Řadové snímkování v letecké fotogrammetrii*

V roce 1926 vyslal VZÚ Praha své odborníky k Service Géographique de l'Armée s cílem seznámení se s metodami a přístroji letecké fotogrammetrie. Již v roce 1929 byla zakoupena a instalována kamera pro řadové snímkování. S použitím dvouplošníku A-35

proběhlo v prostoru Bohnice-Trója první zkušební letecké snímkování pro měřické účely a v roce 1934 proběhly tzv. úřední zkoušky technologie v prostoru Beckova na Slovensku. Bylo konstatováno, že metoda je pro mapování ve středním měřítku svou přesností plně vyhovující a ve srovnání se stolovou metodou mnohem produktivnější. Avšak letecká fotogrammetrie zůstala ještě dlouho v pozadí zájmu a další vývoj byl přerušen okupací Československa.



*První ofsetový stroj ve VZÚ Praha, nahrazující hlubotisk z měděných desek nebo tisk z plochy litografického kamene a hliníkových desek; VZÚ byl svěřen v roce 1929 tisk Atlasu Republiky československé, který získal vysoké mezinárodní ocenění na světové výstavě v Paříži v roce 1935*

**ZNÁTE JIŽ TENTO STROJ?**

**BRUNSVIGA DOPPEL 13 Z**

**POČET MÍST  $(10 + 10) \times 8 \times (13 + 13)$**

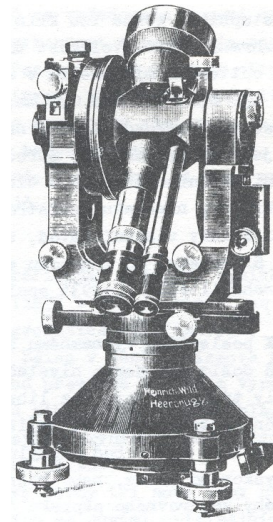
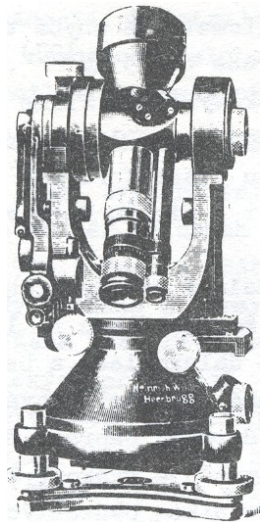
Dva stroje účelně spojeny v jediném modelu, hodí se zejména pro výpočty měřické, pro současné výpočty souřadnic X a Y, dále s novou metodou lze neobyčejně rychle a s úsporou papíru počítati protínání vpřed a protínání vzad. Dle potřeby stejné, nebo opačné obrátky pro oba stroje. Též je možné vypnouti levý stroj. Dle přání možno dodat s dvěma počítadly obrátěk a dvěma klikami pro každý ze strojů, případně s osmnácti místy v obou výslednickových počítadlech.



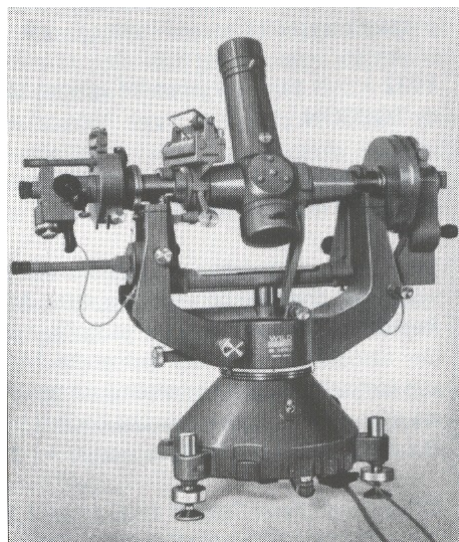
Bližší sdělí a stroj bezzávadně předvede gen. zást. pro ČSR:

**B. JAROLÍMEK, PRAHA I.,** Perštýn 15. Telefon y : 208-98, 224-74, 307-50

*Předválečná nabídka ruční geodetické počítačky Brunsviga, pracovně „brunšviga“ která byla využívána pro výpočty ještě v polovině 20. století*



*Teodolity Wild T2 a Wild T3, používané při zhušťovacích a triangulačních úhlových měřeních*



*Teodolit Wild T4 – využití pro geodetická, astronomická měření na Laplaceových bodech*

## 6 Modernizace geodetických základů, nová technika a nové technologie v geodézii a mapové tvorbě po roce 1945

Postupné zhušťování sítí vyšších řádů a vkládání bodů podrobné trigonometrické sítě V. řádu bylo dokončeno v roce 1957; celkem bylo území ČSR plošně pokryto sítí 47 000 trigonometrických bodů (na území současné ČR je nyní 28 900 bodů). Při měření v trigonometrické síti byly výhradně využívány teodolity Wild T3.



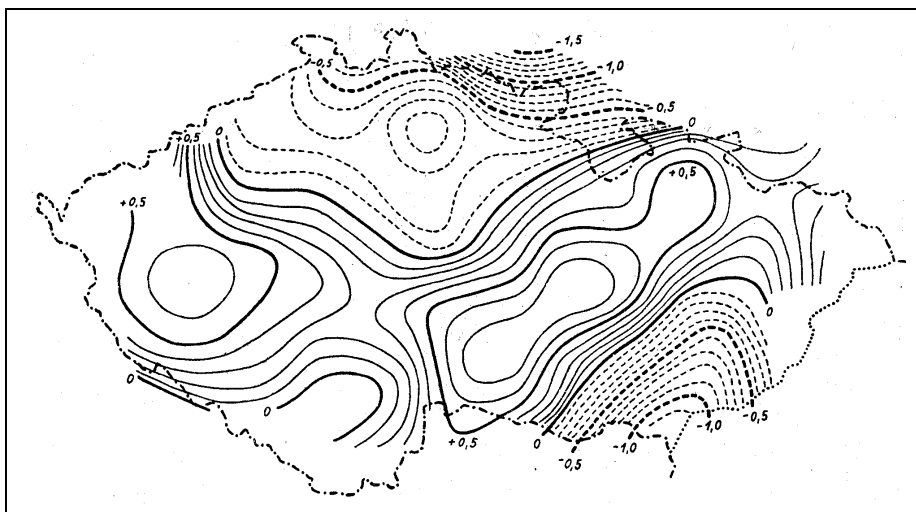
*Signalizace trigonometrického bodu*



*Měření základny ve Hvězdě*

Do roku 1955 bylo zaměřeno 6 geodetických základen, geodetická srovnávací základna ve Hvězdě o délce 960m, 681 úhlů v 227 trojúhelnících a 53 Laplaceových bodů.

Pro redukci měřených veličin do plochy elipsoidu byl zkonstruován prof. Bucharem astronomicko-geodetický geoid pro území českých zemí a publikován ještě v roce 1951.



*Průběh astronomicko-geodetického geoidu prof. Buchara*

V důsledku poválečného politického vývoje byly geodetické základy postupně začleňovány do sovětského geodetického systému; k tomu proběhla spojení naší sítě se sítěmi sovětskou, polskou a maďarskou.

## 6.1 Geodetické základy vojenského mapování 1952-1956

Pro nové celostátní vojenské mapování v měřítku 1:25 000 byl definován geodetický systém S-1952 blízký sovětskému systému S-1942, který vznikl transformací souřadnic bodového pole S-JTSK do dosud nevyrovnané mezinárodní trigonometrické sítě sovětského bloku na elipsoidu Krasovského (postup odvodil a připravil prof. Ing. Miloš Pick, DrSc.).

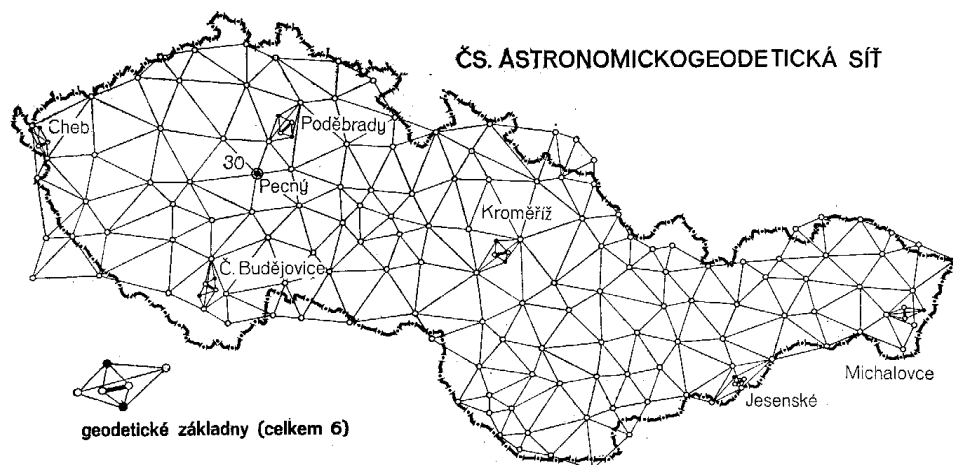
**Postup systémového převodu, navržený prof. Pickem byl tento:**

- převod S-JTSK do S-1952 byl uskutečněn kubickou konformní transformací na základě dodaných identických bodů sovětskou stranou v systému S-1942 na území ČSR;
- cílem bylo zároveň zlepšení polohy a orientace čs. trigonometrické sítě na elipsoidu.

S-1952 byl přibližnou variantou systému S-1942, který splnil svůj účel pro celostátní topografické mapování v měřítku 1:25 000 v Gauss-Krügerově válcovém, stejnoúhlém zobrazení v 6° pásech; mapování pak proběhlo převážně prostřednictvím letecké fotogrammetrie a v rekordním čase v období let 1952-1956.

V letech 1956-1957 pak nezávisle proběhlo první kontinentální vyrovnání trigonometrické sítě ČSR metodou Pranis-Praněviče se sítěmi býv. sovětského bloku a vyrovnané měřené veličiny převedeny na elipsoid Krasovského.

Vyrovnané souřadnice 144 bodů astronomicko-geodetické sítě (AGS) se staly základem souřadnicového systému S-1942 na území ČSR, do kterého bylo převedeno bodové pole S-JTSK. Systém je ve všech ohledech kvalitnější než S-JTSK, má např. podstatně lepší měřítko, atd. avšak S-JTSK si však zachoval některé praktické přednosti v oblasti mapové tvorby velkých měřítek. S-1942 tak v ČSR vznikl na základě mezinárodně vyrovnané AGS a využitím bodového pole trigonometrické sítě systému S-JTSK, ze kterého byl I. a část II. řádu vyrovnán a další body byly vypočteny transformací nestejnorodých souřadnic.



*Astronomicko-geodetická síť ČSR vzniklá jako výsledek mezinárodního vyrovnání geodetických základů států býv. sovětského bloku - základ pro nové definování geodetického systému S-1942 na čs. území*



*Topograf VTOPÚ, tehdejší kpt.Zdeněk Fiala u stolku topografa s eklimetrem Frič při celostátním IV. vojenském mapování českých zemí v měřítku 1:25 000*

## **Závěr**

Mapová tvorba na našem území se začala rychle pozitivně rozvíjet (kvantitativně i kvalitativně) od doby, kdy se podařilo tehdejším odborníkům vojenským i civilním přesvědčit vrchnost, že je nutné pro rozvoj této technické disciplíny věnovat úsilí a finanční prostředky, které je třeba vložit do vybudování kvalitních geodetických základů. Pod tímto pojmem je zahrnuto vše co souvisí s astronomickým, geodetickým a později i gravimetrickým měřením, které vyústily do realizace kvalitní a dostatečně husté sítě pevných bodů polohových i výškových. Priorita vybudování trigonometrické a nivelační sítě, která splňuje evropské parametry a může být se sítěmi okolních států kdykoliv konfrontována a na ně podle potřeby připojena, byla dodržena.

Realizace tohoto díla, na které potom logicky navazovala tvorba map topografických i katastrálních, byla převážně v rukou zprvu vídeňského Vojenského zeměpisného ústavu a c.k. Triangulační a výpočetní kanceláře, a po roce 1918 pak čs. Vojenského zeměpisného ústavu a Triangulační kanceláře Ministerstva financí. Velkou část zaměření výškové nivelační sítě zabezpečila Ústřední nivelační služba Ministerstva veřejných prací Praha. Po druhé světové válce se dobudování geodetických sítí (včetně gravimetrické) věnoval zvláště Geodetický ústav v Praze a v Bratislavě. Vojenská topografická služba uskutečnila celostátní topografické mapování mapy měřítku 1: 25 000 a následně pak spolu s civilními ústavy resortu geodézie a kartografie se podílela také na tvorbě mapového díla měřítko 1 : 10 000. Tvorba katastrálních map byla od dob monarchie záležitostí složek Ministerstva financí (podklady pro předpis a výběr daně z nemovitostí), po roku 1954 přísluší složkám resortu geodézie a kartografie, resp. civilním autorizovaným geodetům.



Praktické vykonávání zde popsaných činností vycházelo a bylo vždy spjato s rozvojem teoretických, matematicko-fyzikálních základů, kterým se věnovali především odborníci vysokých škol (ČVUT, VTA, SVŠT) a odborné výzkumné ústavy, zvláště rezortní – VÚGTK Praha (později Zdičky) a VÚGK Bratislava.

## *Literatura*

- Procházka, E. Trigonometrické sítě na území českých zemí v 1.  
polovině 19. století,  
Z dějin geodézie a kartografie 4, Národní technické muzeum, Praha  
1985
- Hons, J., Šimák, B. Pojd'te s námi měřit zeměkouli – papírová zeměkoule,  
Vydavatelství K. Křováková, Praha 1942
- Šimek, A. Z dějin zeměměřičtví a geodetických  
strojů, Praha 1949  
(VÚGTK 10 620)
- Procházka, Emanuel Úvod do dějin zeměměřičtví III. Novověk, 1.část, ČVUT 1980  
Honl, Ivan Úvod do dějin zeměměřičtví IV. Novověk,  
2.část, ČVUT 1985  
ČVUT 1984  
Úvod do dějin zeměměřičtví V. Novověk, 3.část,  
ČVUT 1987  
Úvod do dějin zeměměřičtví VI. Novověk, 4.část,  
5.část, ČVUT 1991  
Úvod do dějin zeměměřičtví VII. Novověk,
- Kádner, Otakar E. Historie protínání, Kartografický přehled, roč. IX.,  
Praha 1955
- David, Alois Trigonometrische Vermessungen Astronomische Ortbestimmung de  
Egerlandes, (Prag mit den Lorenzberg 1805, VÚGTK 23 975),  
vyd. 1824, Praha (VÚGTK 10 407) - první měření Prahy
- Vykutíl, Josef K 200 výročí triangulace na území ČSSR,  
Geodetický a kartografický obzor, č.8, Praha 1968

- Vykutil, Josef Vyšší geodézie, Kartografie, Praha 1982
- Marek, Jozef; Bratislava, 2006 Geodetické základy – historický prehľad, SSGK  
 Nejedlý, Alfréd;  
 Priam, Štefan
- Kraus, Vladimír Technologie reprodukce katastrálních map v minulém století,  
 Z dějin geodézie a kartografie 1, NTM, Praha  
 1981
- Stránka web <http://krovak.webpark.cz/>
- Polák, Bedřich Dvojí měření geodetické základny u Feledinců (Jesenského),  
 Rozpravy NTM 111, Z dějin geodézie a  
 kartografie 6., Praha 1990
- Severa, Josef O míře a váze. Úvaha, *přetisk z časopisu „Samosprávný obzor“*, roč.  
 XIII, Plzeň 1891
- Petrovič, Michal Kapitoly z histórie geodézie na území Česko-Slovenska do roku  
 1918,  
 a kol. Edícia VÚGK, rad 8, Bratislava 1991
- Sborník Kapitoly z histórie geodézie v Česko-Slovensku do roku  
 1918-1945, Edícia VÚGK, rad 8, Bratislava 1990
- Sborník Kapitoly z histórie geodézie v Československu do roku  
 1945-1987, Edícia VÚGK, rad 8, Bratislava 1988
- Maršíková, Magdalena Dějiny zeměměřictví a pozemkových úprav v Čechách a na Moravě  
 Maršík, Zbyněk v kontextu světového vývoje, Praha, Libri 2007  
 Marek, Josef a kol. Mapovanie – historický prehľad, SSGK,  
 Bratislava 2007
- Hánek, Pavel Dánská trigonometrická síť Tychona Brahe,  
 Z dějin geodézie a kartografie 12, NTM Praha  
 2004
- Fiala, František Volba zobrazení pro stát československý s úvodem do kartografie,  
 Svět a práce, sv. 16., Praha 1921
- Škopová, Otilie Prvá měření zeměpisných šířek v Čechách,  
 Rozpravy NTM 111, Z dějin geodézie a  
 kartografie, 6, Praha 1990

- Sobelová, Dava Osamělý génius. Pravdivý příběh Johna Harrisona, který vyřešil největší vědecký problém své doby, ALPRESS, s. r. o., Frýdek-Místek, 1997
- Krčmář, O. Dvacet let výškopisných prací v Čechách a na Moravě(s uvedením popisu techniky a přístrojů), Zeměměřický obzor, č.10, 11, 12, 1941
- Sborník od klasických systémům, Geodetické referenční systémy v České republice – vývoj ke geocentrickým souřadnicovým VÚGTK Zdiby, VZÚ Praha 1998
- Sborník základů, Bratislava 2002 Geodetické referenční systémy 1952-2002, STU-Stavební fakulta, katedra geodetických
- Sborník Vojenský zeměpisný ústav – historie, tradice a odkaz, Ministerstvo obrany – AVIS, Praha 2004
- Hánek, Pavel 250 století zeměměřictví (Data z dějin oboru), Klaudian, Praha 2000
- Hánek, Pavel Výsledky ověřovacích zkoušek historických geodetických přístrojů ze sbírek NTM, Rozpravy NTM, Z dějin geodézie a kartografie 11, Praha 2002
- Hrabě, Alexej, Beneš, František Vývoj výškových základů na území České republiky Zeměměřický úřad, Praha 1997
- Provázek, Jiří Vývoj polohových základů na území České republiky, Zeměměřický úřad, Praha 2000
- Buchar, Emil Tížnicové odchylky a geoid v ČSR, Věd.-tech. nakladatelství, Geodetická edice, řada A, č.6, Praha 1951
- Sborník Prof. Emil Buchar – 100 výročí narození, *Sborník příspěvků přednesených na setkání při příležitosti stého výročí narození prof. Emila Buchara* ČVUT, VCDZ, VÚGTK, GeoSI AČR, ČNKGK, Praha 2002
- Vondrák, Jan Role profesora Buchara v astrometrii aneb od cirkumzenitálu k hipparcosu, *tamtéž*
- Karský, Georgij „Zploštění Země“ – černý sešit profesora Buchara, *tamtéž*
- Brown, Lloyd A. The Story of Maps - with 86 illustrations, Dover Publications, INC. New York 1977
- Melichar, František Základy kartografie a čtení map, J. Gusek Kroměříž 1924

- Lukeš, Ladislav, J.      Základy geodetické astronomie, SNTL, Praha 1954
- Polák, Bedřich              Podíl astronomie na tvorbě mapy, Naše vojsko, Praha 1956
- Moravec, Vojtěch      Zakreslování vrstevnic do leteckých snímků pomocí stereoplanigrafu  
ZEISS, Vojensko-zeměpisný sborník, VZÚ  
Praha 1950
- Čermín, Karel              Reprodukce ve VZÚ, *tamtéž*
- Mlejnek, František      Vojenský zeměpisný ústav v geodetických pracích, *tamtéž*
- Hora, Ladislav              Geodet Bessel, NTM, Z dějin geodézie a kartografie 05, Praha  
1986
- Hánek, Pavel,  
technologií  
1945-1992,              Dějiny zeměměřictví jako součást historie techniky a  
Dušátko, Drahomír      v České republice. Vývoj v letech  
*separát z publikace NTM Praha, pořízený ve VZÚ Praha 2000*
- Thrower, Norman J. W.      Maps & Civilization. Cartography in Culture and Society,  
Univ. of Chicago Press, Chicago and  
London, 1996
- Sborník              Vermessungsgeschichte, Die Schausammlung Abteilung 22,  
Museumhandbuch, Teil 2,              Dortmund 1985
- Sammet, Gerald              Der vermessene Planet. Bilderatlas zur Geschichte de  
Kartographie,              GEO im Verlag, Hamburg 1990
- Engelsberger, Max      Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Theodolits  
DGK, Reihe C : Dissertationen – Heft Nr.134,  
München 1969
- Sborník              Historie topografické služby československé armády  
1918-1992,              VZÚ Praha 1993
- Průša, Jaroslav      Vývoj soustředěné geodézie a kartografie v letech 1918-1968,  
Geodetický a kartografický obzor, č.4, Praha 1968
- Klíma, Jan      Geodézie a kartografie v Čs.armádě v letech 1918-1968, *tamtéž*
- Suchánek, Anton      50 rokův geodetických základov v Československu, *tamtéž*
- Pecka, K. a kol.      Vývoj čs. kartografie v letech 1918-1968 a hlavní současné problémy,  
*tamtéž*

- Sborník                      Profesor Josef Vykuřil - 90. Sborník příspěvků spolupracovníků a žáků k devadesátinám pana profesora, HÚVG, Praha 2002
- Švejda, Antonín            Výstava Geodetické přístroje v českých zemích – čtvrt století výroby přístrojů pro geodézii u nás, Rozpravy NTM, Z dějin geodézie a kartografie 11, NTM Praha 2002
- Duřátko, Drahomír        Přínos VZÚ domácí a evropské geodézii, *tamtěž*
- Rybenský, Vlastimil      Aktualizace rakousko-uherských map pro potřeby československé armády po roce 1918, *tamtěž*