Seminář z geoinformatiky

Úvod do geodézie,

aproximace zemského povrchu

Přednášející: Ing. Miroslav Čábelka

cabelka@natur.cuni.cz

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

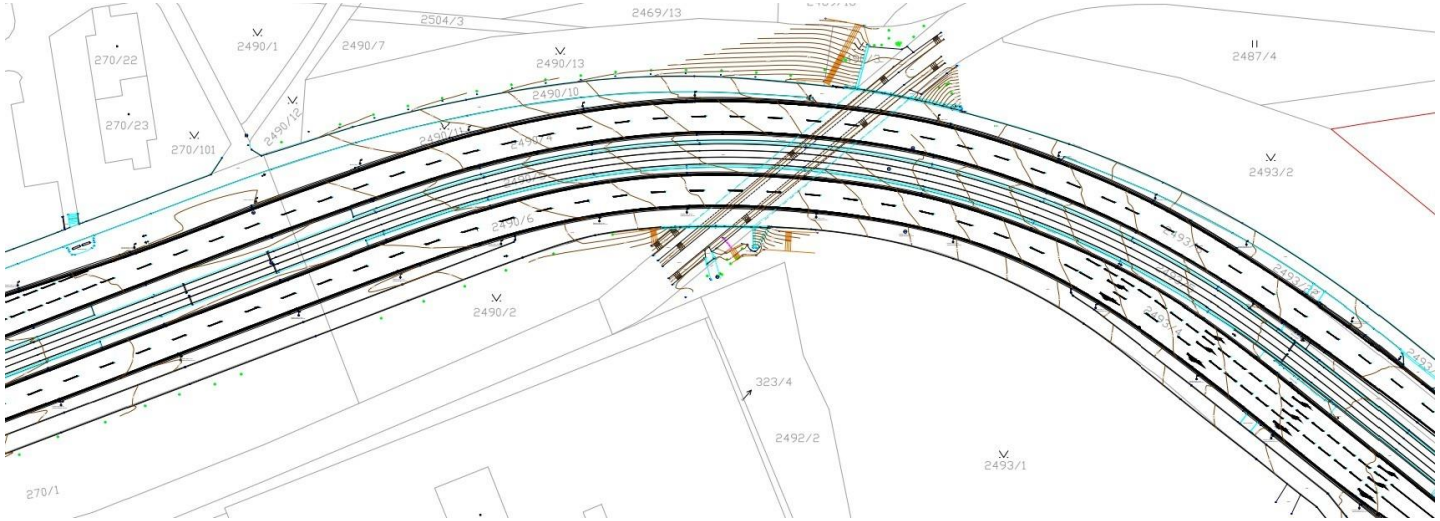
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova

Úvod do geodézie

Geodézie je vědním oborem zabývajícím se měřením, výpočty a zobrazením Země.

Základní úkoly geodézie jsou:

- určení vzájemné polohy bodů na zemském povrchu nebo v prostoru ve smyslu vodorovném i svislém,
- zobrazování těchto bodů vhodným způsobem do roviny, tj. na plánech a mapách.



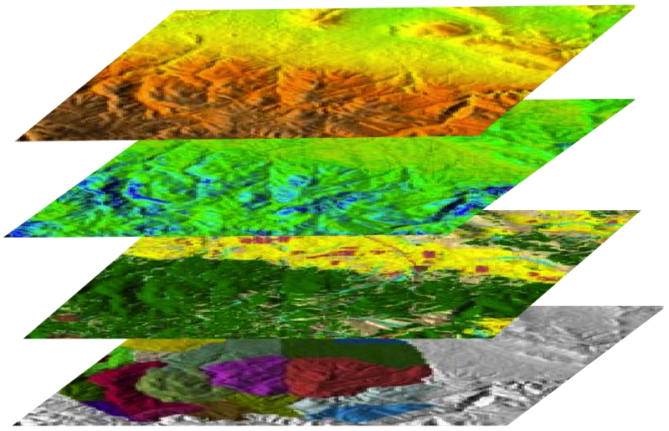
Úvod do geodézie

Geodézie ve vazbě ostatních geověd

Geoinformatika - interdisciplinární oblast zabývající se pořizováním, analýzou, vizualizací a distribucích geografických dat.

Mapování - soubor činností konaných pro vyhotovení původní mapy.

Zeměměřictví - souhrn geodetických a kartografických činností včetně technických činností v katastru nemovitostí.

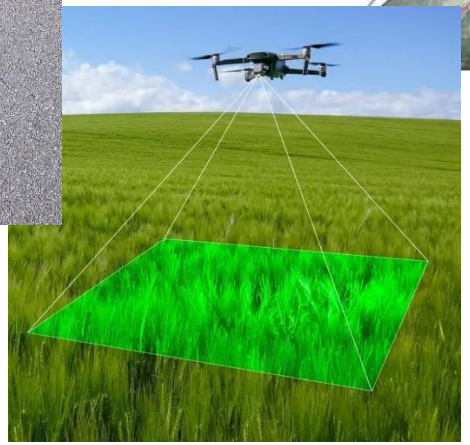


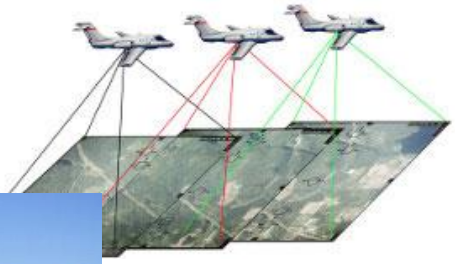
Úvod do geodézie

Geodézie ve vazbě ostatních geověd

Kartografie - vědecký a technický obor zabývající se zobrazením Země, kosmu, kosmických těles a jejich částí, objektů a jevů na nich a jejich vztahů s cílem sdělování těchto informací prostřednictvím kartografických děl.

Fotogrammetrie - vědecký a technický obor zabývající se přesným měřením na měřických snímcích za účelem rekonstrukce rozměrů a polohy (případně jejich změn) předmětů zobrazených na snímcích.

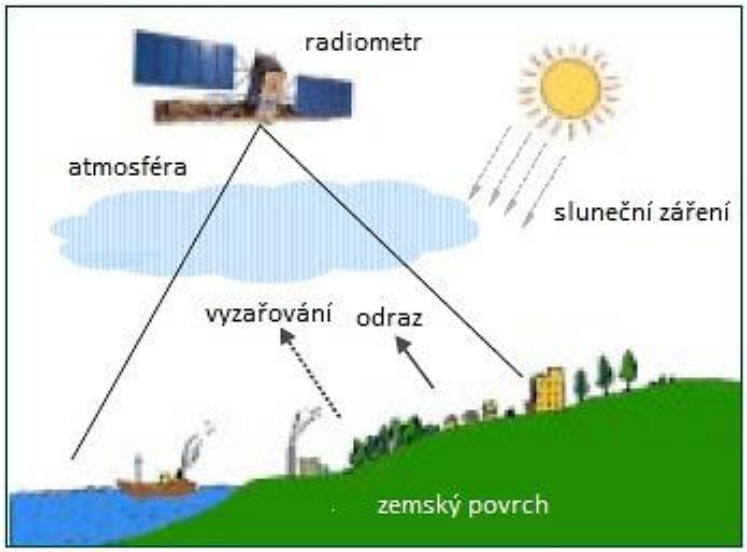


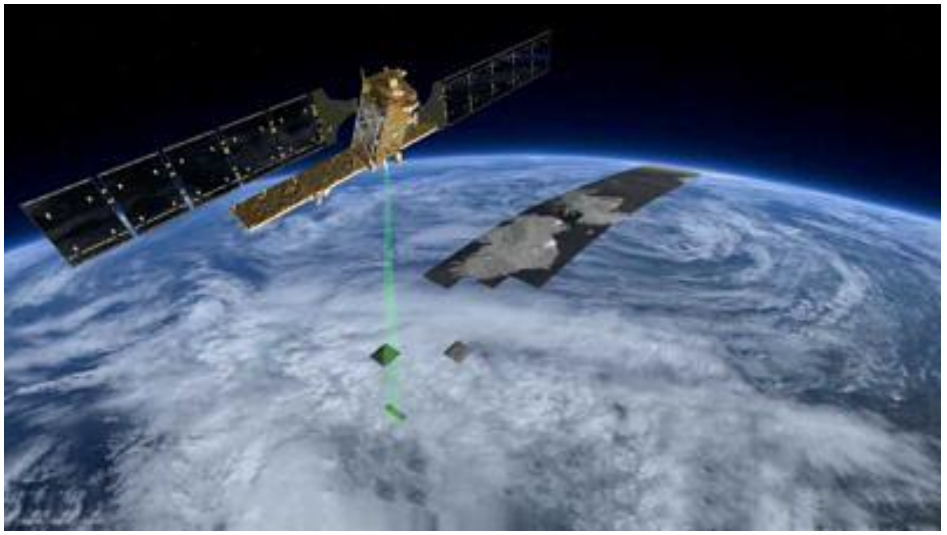


Úvod do geodézie

Geodézie ve vazbě ostatních geověd

Dálkový průzkum Země - soubor metod a technických postupů zabývajících se pozorováním a měřením objektů a jevů na zemském povrchu a ve styčných nad a podpovrchových vrstvách bez přímého kontaktu s nimi a zpracováním těchto dat za účelem získání informací o poloze, stavu a druhu těchto objektů a jevů.

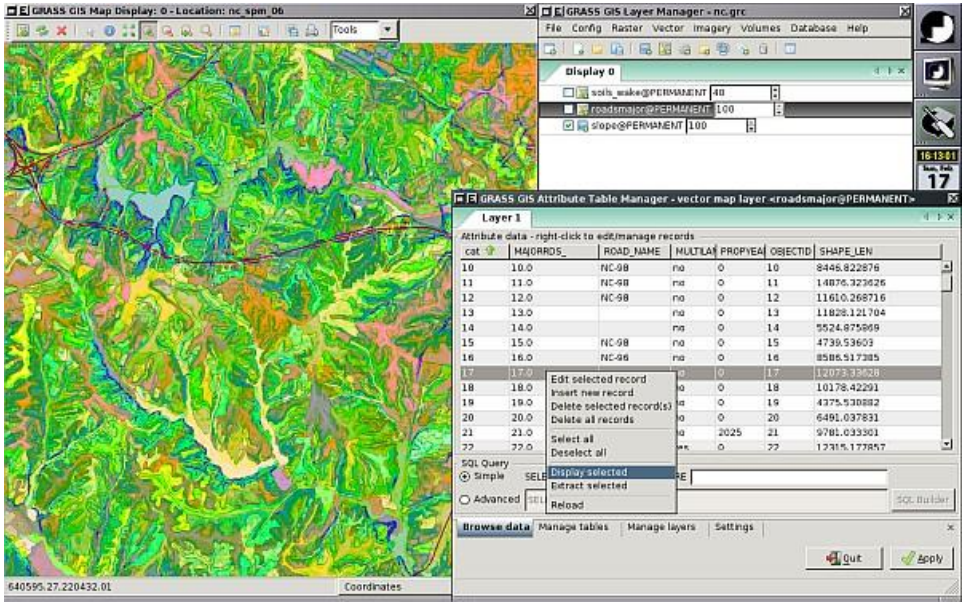




Úvod do geodézie

Geodézie ve vazbě ostatních geověd

Geografický informační systém - organizovaný soubor počítačového technického vybavení, programového vybavení, geografických dat a personálu, určený k účinnému sběru, uchovávání, údržbě, manipulaci, analýze a zobrazování všech forem vztažené matiky geograficky informace.

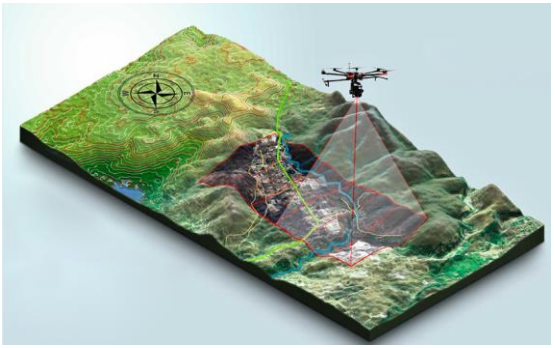


Všechny geodetické disciplíny mají společnou základní teoretickou disciplínu:
teorii zpracování měření a teorii chyb.

Úvod do geodézie

Geodézie jako soubor věd matematicko-fyzikálně-technických se dělí na:

- geodézii technickou,
- geodetickou astronomii, astrofyziku a gravimetrii,
- geodézii teoretickou,
- fotogrammetrii,
- pozemkové úpravy.



Technickým úkolem geodézie

je určení tvaru a prostorové polohy
jednotlivých předmětů měření.

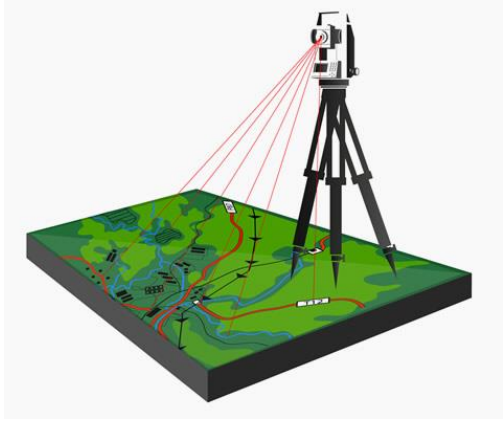
Výsledkem geodetických prací

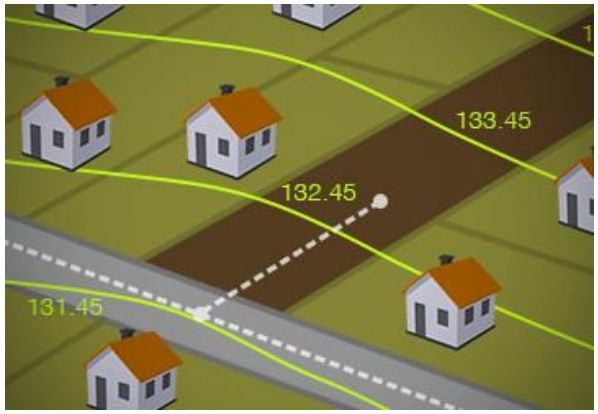
je polohopisný nebo výškopisný plán nebo
mapa určité části zemského povrchu v určitém měřítku.

Úvod do geodézie

Měření je možné rozdělit na:

- **Polohopisné** – určení vzájemné polohy bodů ve směru vodorovném a jejich průmět do roviny. Poloha bodů je dána rovinnými souřadnicemi vzhledem k počátku soustavy.
- **Výškopisné** – určení vzájemné polohy bodů ve směru svislém. Výškou se rozumí odlehlost bodu od jeho průmětu na referenční plochu. Jestliže rovina průmětu leží v nulové výšce, říká se svislé odlehlosti nadmořská výška bodu.
- **Polohopisné a současně výškopisné**





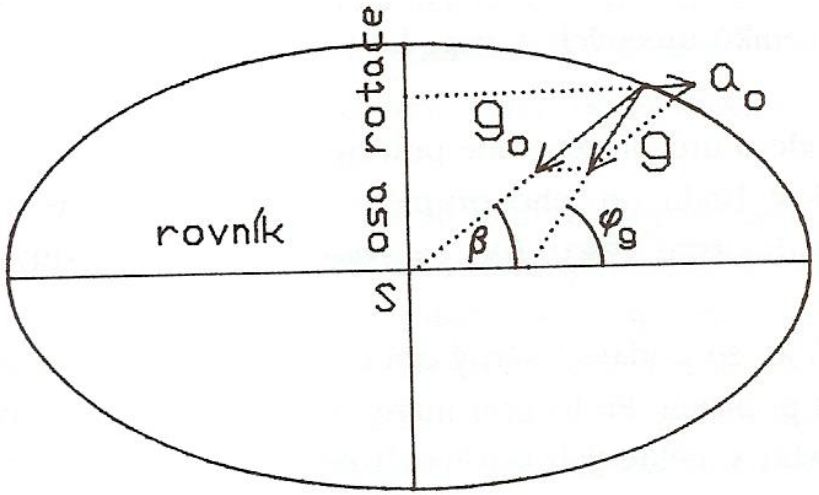
Tvar Země

Země je fyzikální těleso vytvořené a udržované ve svém tvaru silou tíže. Ta je výslednicí síly přitažlivé a odstředivé.

Pole zemské tíže

Prostor okolo zemského tělesa, ve kterém jsou tělesa přitahována přibližně do středu Země nazýváme polem zemské tíže. Pole je charakterizováno intenzitou a potenciálem.

Intenzita je charakterizována zrychlením **g**, která je vektorovým součtem zrychlení gravitačního pole **g_0** a odstředivého zrychlení **a_0**.



$g = g_o + a_o$.

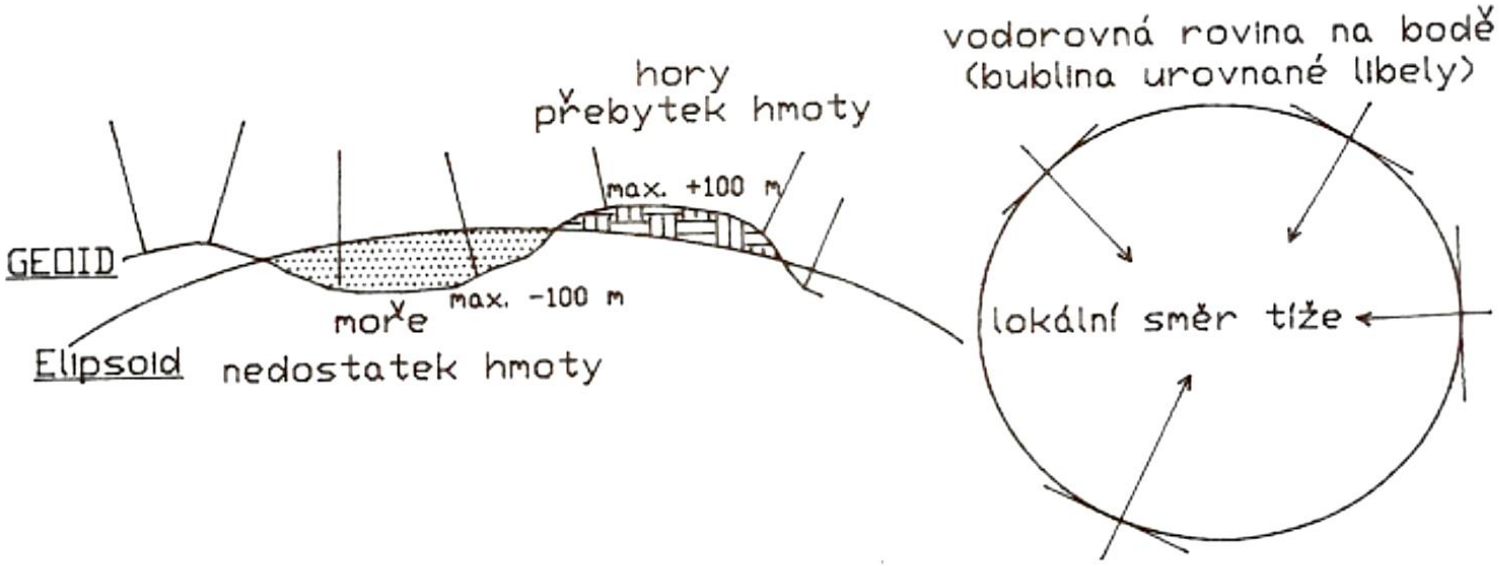
β = geocentrická šířka

φ_g = zeměpisná šířka

Aproximace zemského povrchu

1. Aproximace – geoid

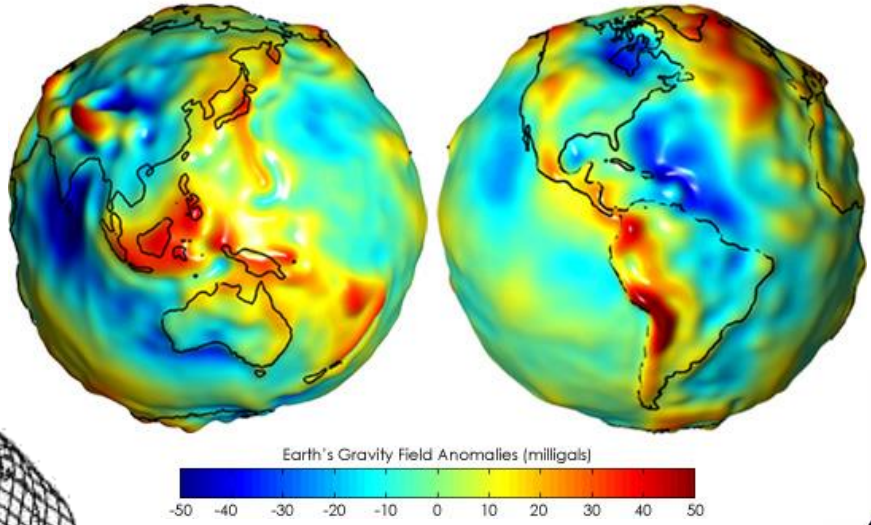
- **Geoid** je fyzikální model povrchu Země při střední hladině světových oceánů. Je definován jako ekvipotenciální plocha vůči gravitaci, tj. plocha se stejnou úrovní tíhového potenciálu, na kterou je vektor tíhového zrychlení kolmý.
- Hladinová plocha je všude kolmá na směr tíže, tzn. že je všude horizontální.

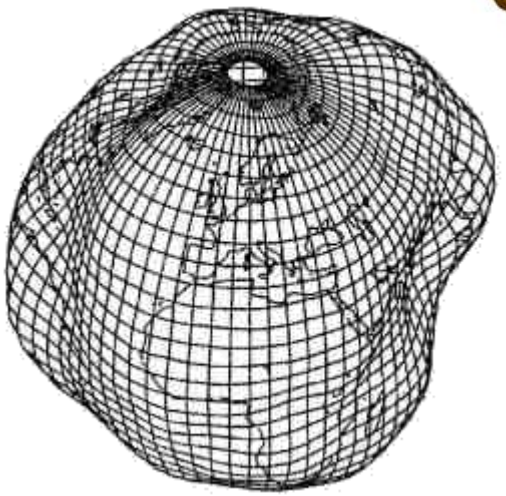


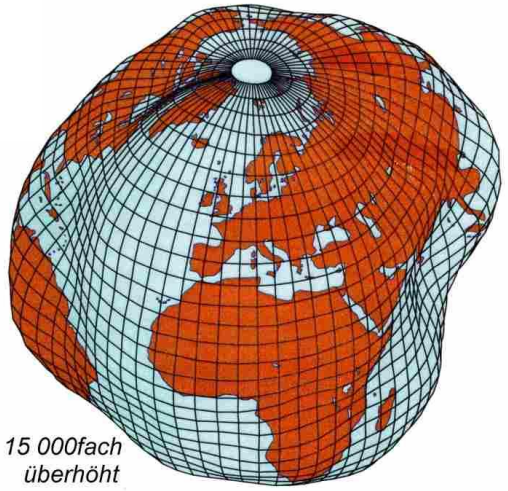
Aproximace zemského povrchu

1. Aproximace – geoid

Geoid je vlastně reprezentovaný ekvipotenciální plochou, která co možná nejvíce přimyká ke střední klidové hladině oceánu, ale také myšleně prochází i pod povrchem Země.







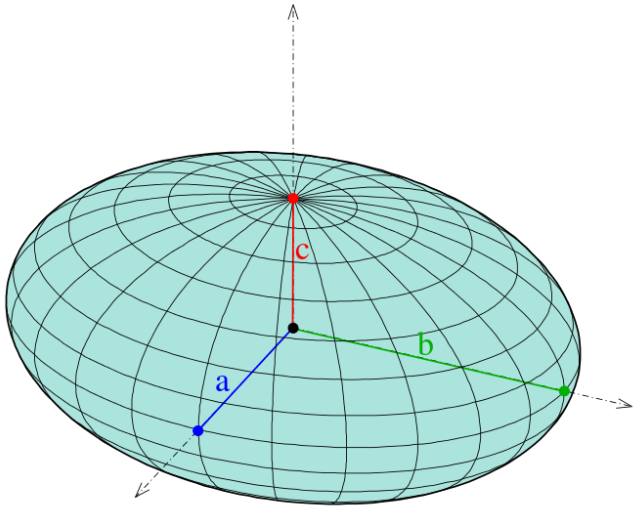
Aproximace zemského povrchu

2. Aproximace – sféroid, elipsoid

- **Sféroid** je těleso, jehož podobu by Země získala působením gravitační a odstředivé síly, kdyby byla z homogenní tvárné hmoty.
- **Sféroid** je téměř totožný s dvojosým rotačním elipsoidem.

zploštění: $i = \frac{a-b}{a}$ excentricita: $e^2 = \frac{a^2-b^2}{a^2}$

a … hlavní poloosa *b … vedlejší poloosa*



Zemský elipsoid

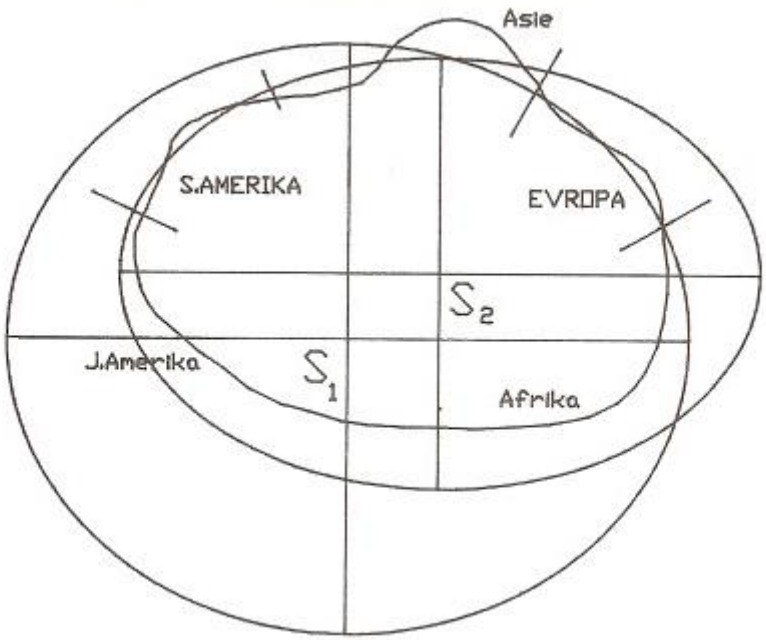
- Střed elipsoidu je ztotožněn s těžištěm geoidu a vedlejší osa s osou rotace Země.

Referenční elipsoid

- Vedlejší poloosa rovnoběžná s osou rotace Země.

Aproximace zemského povrchu

2. Aproximace – sféroid, elipsoid



Referenční elipsoid pro Evropu a Severní Ameriku

Orientace na elipsoidu se provádí elipsoidickými (geodetickými) souřadnicemi:

zeměpisnou šířkou φ_g

zeměpisnou délkou λ_g

Aproximace zemského povrchu

2. Aproximace – sféroid, elipsoid

U nás se v civilním sektoru využívá elipsoid **Besselův z r. 1841**, ve vojenském sektoru elipsoid **Krasovského z r. 1940**. Velmi užívaným je rovněž elipsoid **Hayfordův (1909)**, který byl roku 1924 přijat za mezinárodní elipsoid. Pro metody měření pomocí GPS je používán elipsoid **WGS-84**.

Parametry vybraných elipsoidů

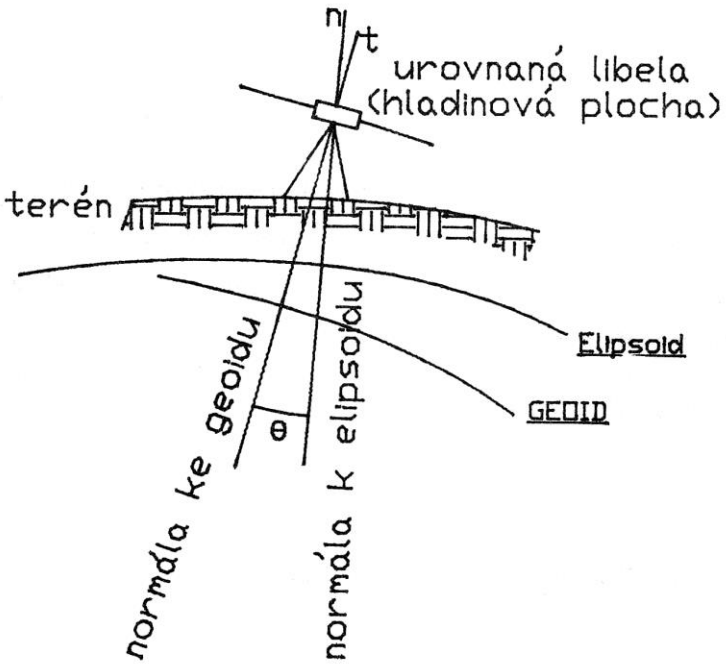
	Bessel	Hayford	Krasovskij	IAG 1967	WGS-84
Rok	1841	1909	1940	1967	1948
a[m]	6377397.155	6378388	6378245	6378160	6378137
b[m]	6356078.963	6356911.946	6356863.019	6356774.516	6356752.314
i[m]	1/299.153	1/297.0	1/298.3	1/298.247	1/298.257

Proměnlivost křivosti elipsoidu působí, že i na rotačním elipsoidu jsou výpočty geodetických úloh značně složité. Proto jej často nahrazujeme koulí.

Aproximace zemského povrchu

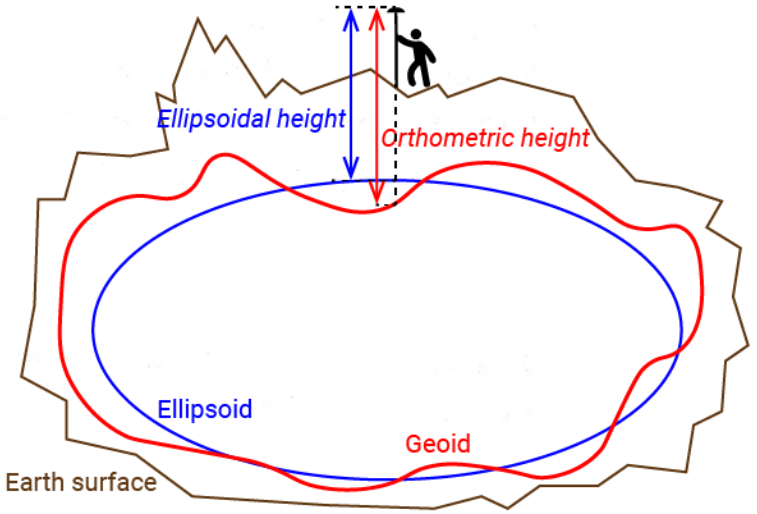
2. Aproximace – sféroid, elipsoid

Tížnicová odchylka



$$\Theta = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}$$

kde ξ je meridiánová složka a η je příčná složka.



Při náhradě rotačním elipsoidem tížnice (normála) ke geoidu **t** a normála k elipsoidu **n** svírají v různých místech malý úhel – **tížnicovou odchylku.**

*Pro potřeby GPS je definován zemský elipsoid World Geodetic Systém **WGS-84**.*

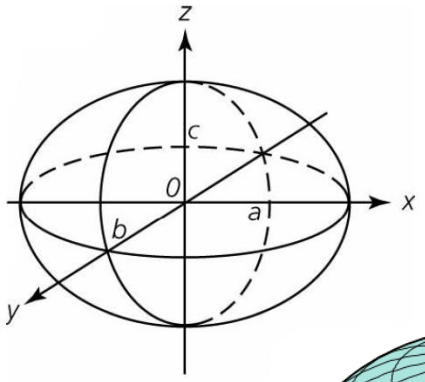
Aproximace zemského povrchu

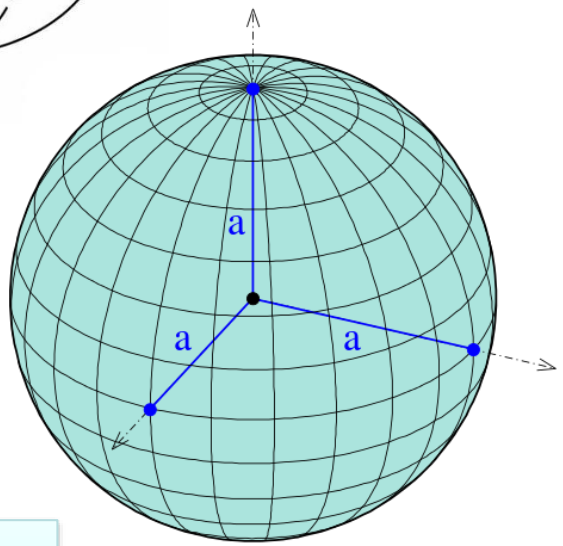
3. Aproximace – koule

Poměrně složité výpočty na rotačním elipsoidu jsou nahrazeny jednoduššími výpočty na kouli.

Koule je plocha určena jen poloměrem R

$$R_m = \sqrt{MN} = \frac{a\sqrt{1-e^2}}{1-e^2\sin^2\varphi}$$





***Rm** – střední poloměr křivosti*

***M** – meridiánový poloměr křivosti*

***N** – příčný poloměr křivosti*

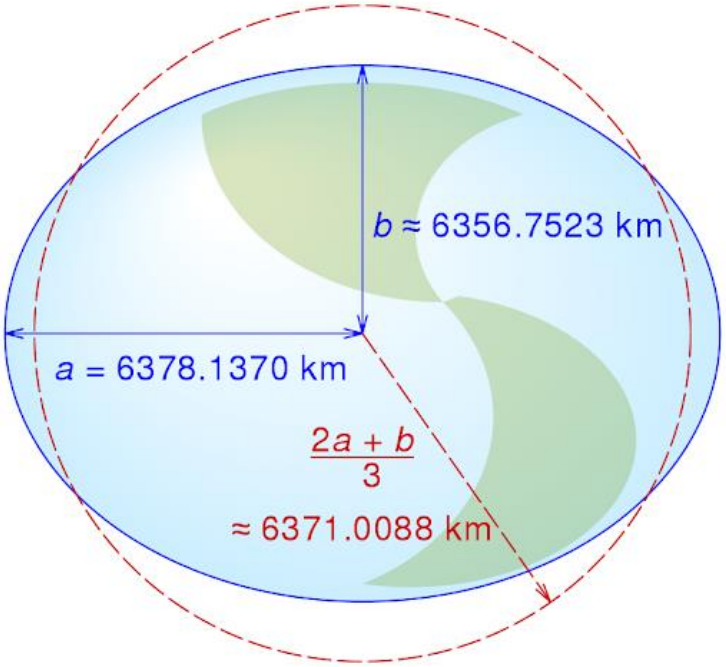
Poloměr náhradní koule pro
Besselův elipsoid je 6370,3 km.

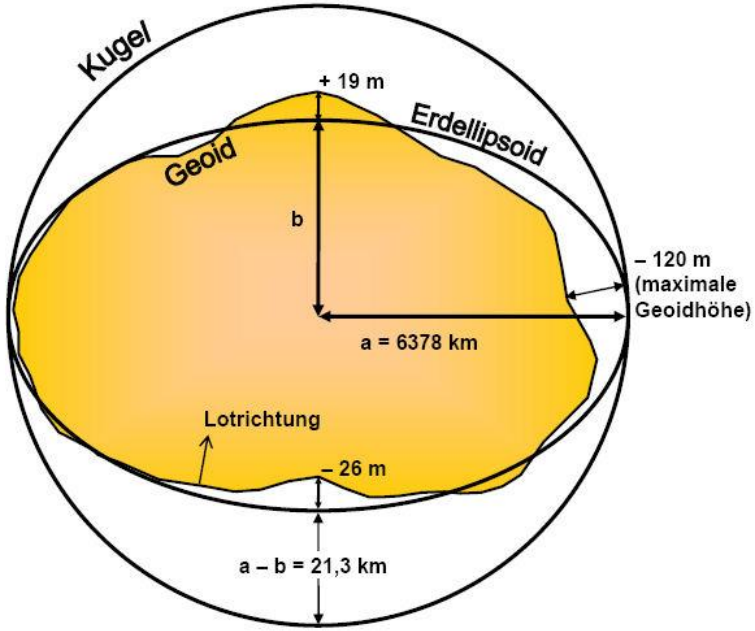
Aproximace zemského povrchu

2. Aproximace – koule

Střední poloměr křivosti pro vybrané elipsoidy

	Bessel	Hayford	Krasovskij	IAG 1967	WGS-84
Rm[m]	6380703.611	6381718.731	6391561.267	6381476.805	6381453.683





Aproximace zemského povrchu

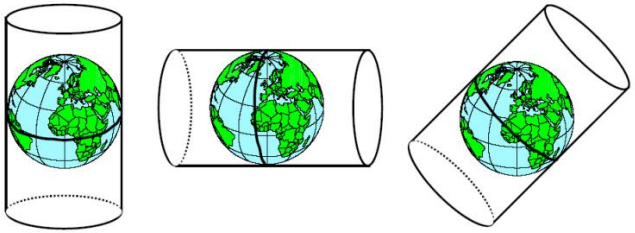
4. Aproximace – rovina

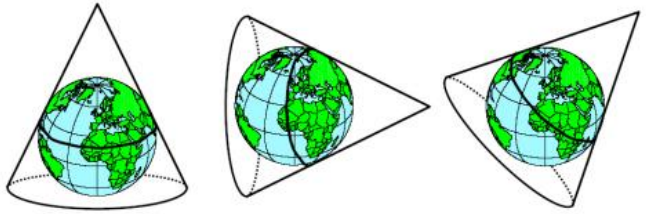
Koule se nahrazuje tělesem, které jde rozvinout do roviny. Nejčastěji je to **kužel**, **válec**, **tečná rovina**.

Kužel nebo válec mohou být buď v

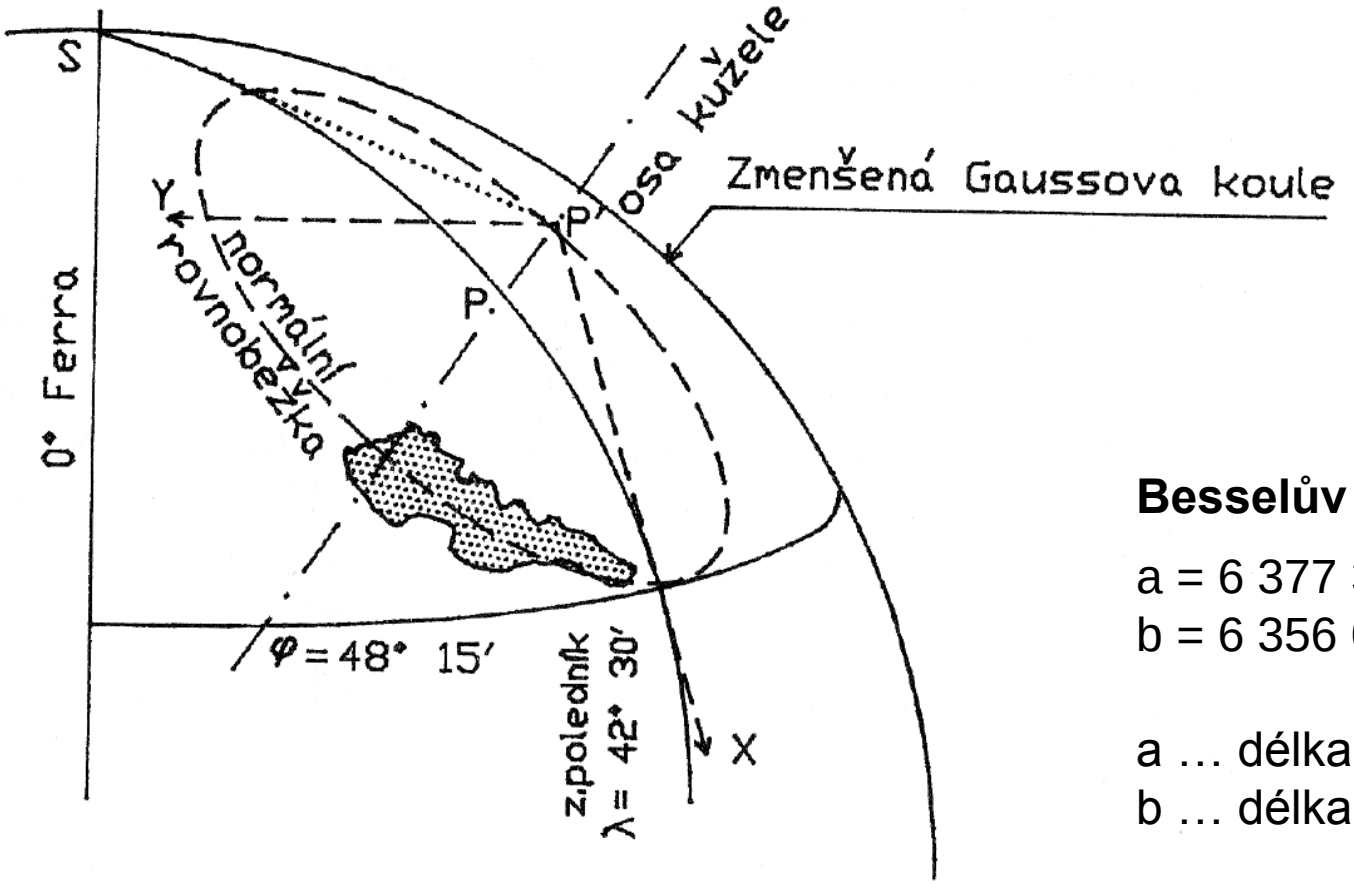
- **normální poloze** (osa splývá s osou Země) nebo v
- **transverzální poloze** (osa leží v rovině rovníku) a nebo zcela
- **obecné poloze**.

Volbou náhradní plochy se dopouštíme v jednotlivých veličinách chyb:
chyb v délkách, úhlech, plochách a zejména ve výškách.





Křovákovo zobrazení



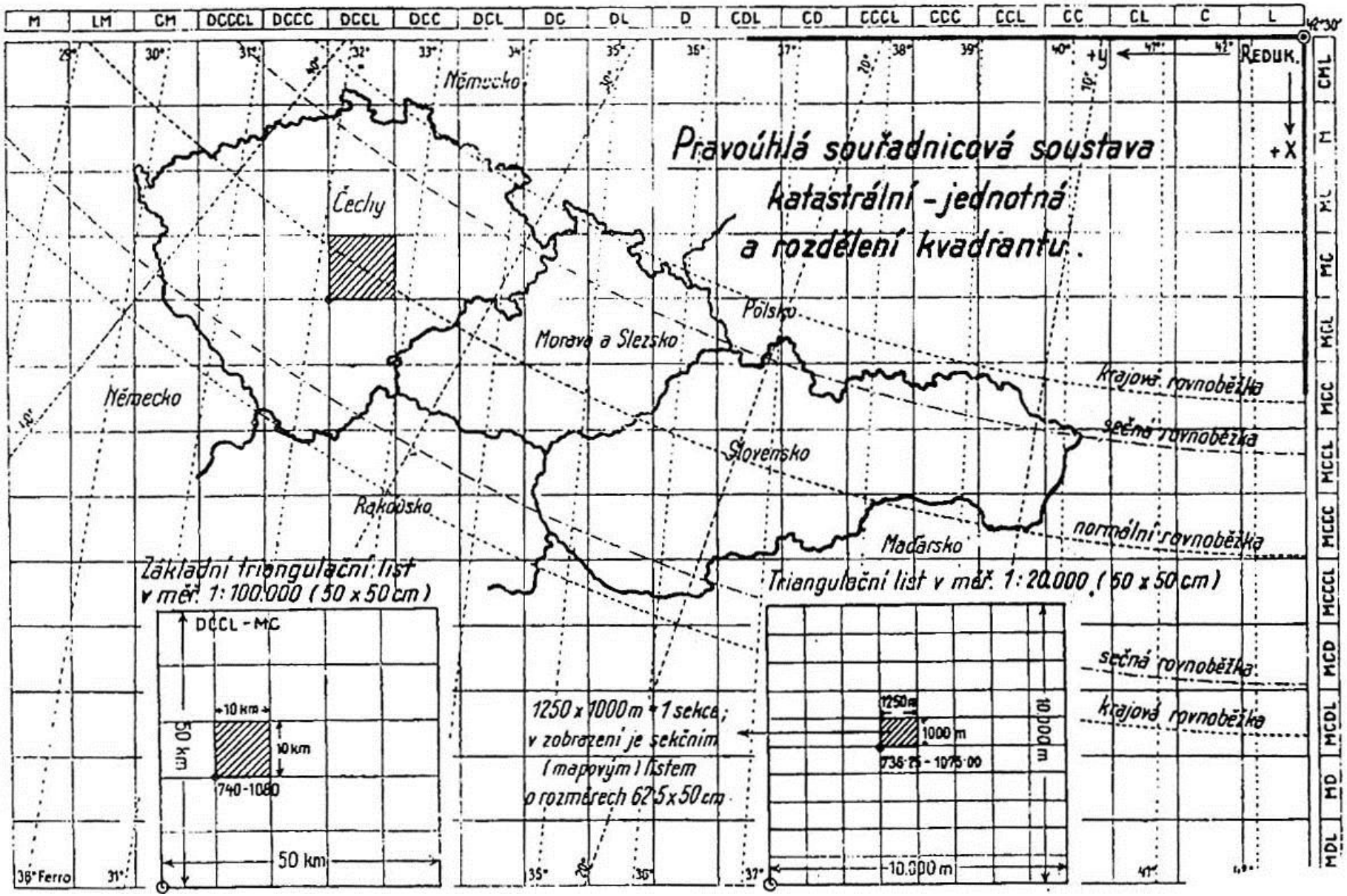
Besselův elipsoid

a = 6 377 397,155 m
b = 6 356 078,96325 m

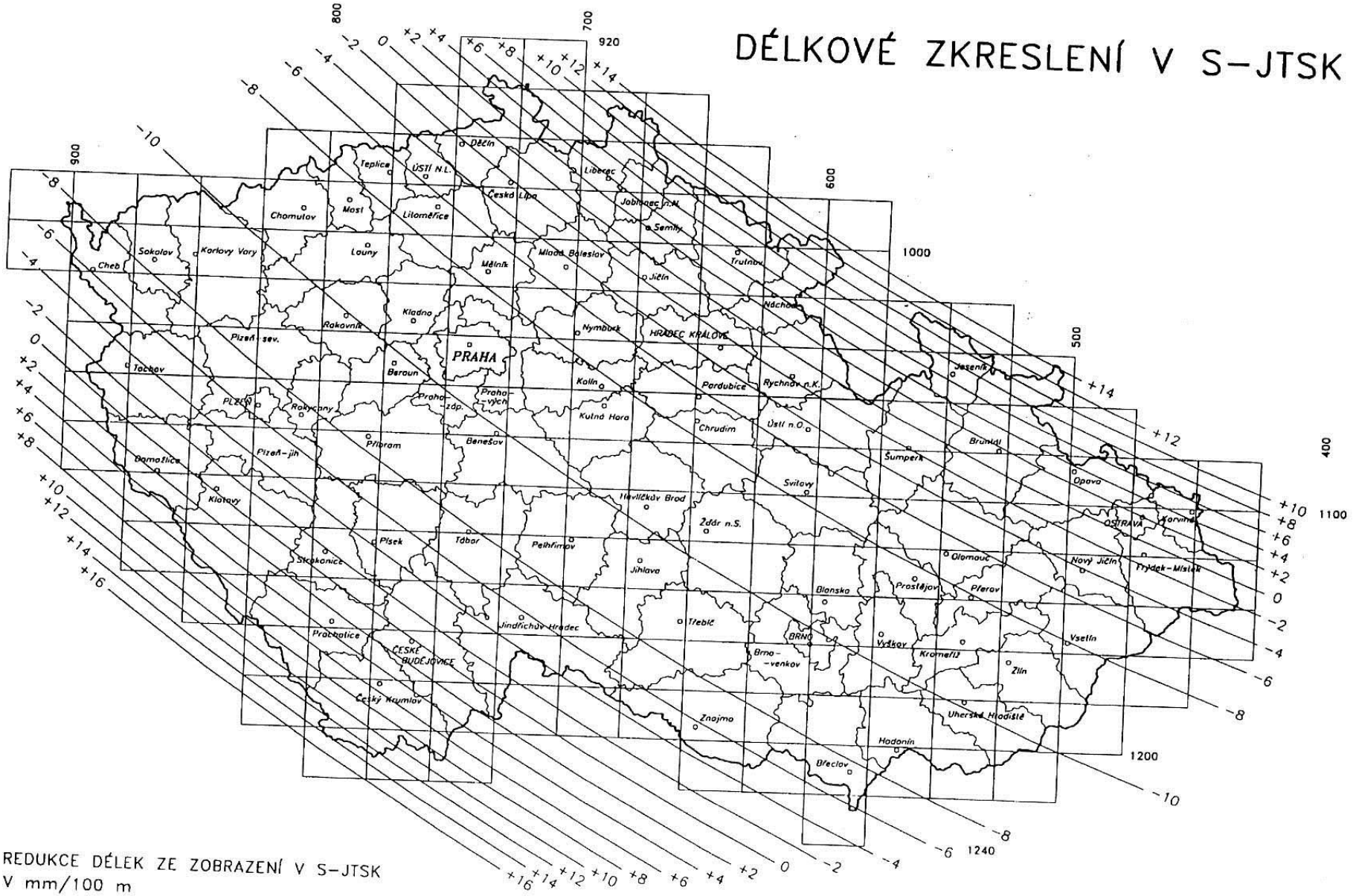
a … délka hlavní poloosy
b … délka vedlejší poloosy

Zemský povrch je zobrazen na kuželu, který je v tzv. obecné poloze. Bylo vytvořeno Josefem Křovákem, přednostou triangulační kanceláře v roce 1922. Jeho předností je vysoká přesnost optimalizovaná pro území Československa.

Křovákovo zobrazení

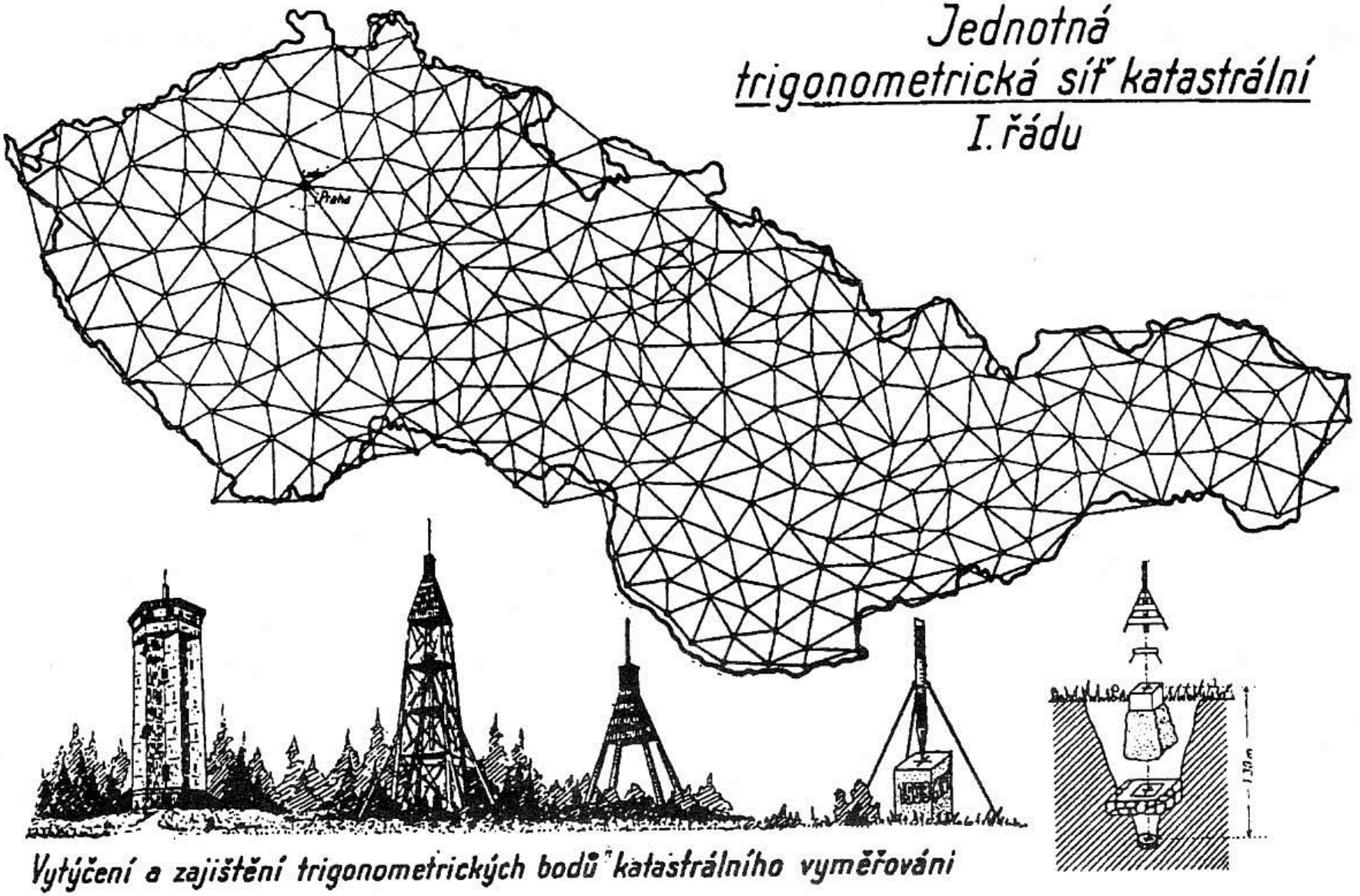


Křovákovo zobrazení



Seminář z geoinformatiky

Jednotná trigonometrická síť katastrální I. řádu



Vytýčení a zajištění trigonometrických bodů katastrálního vyměřování

Děkuji za pozornost

Ing. Miroslav Čábelka
Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova
cabelka@natur.cuni.cz