



Lesnická
a dřevařská
fakulta

2012, Brno
Ing. Tomáš Mikita, Ph.D.

Mendelova
univerzita
v Brně

Geodézie a pozemková evidence

Přednáška č.1 - Úvod do geodézie a kartografie



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpořeno projektem Průřezová inovace studijních programů Lesnické a dřevařské fakulty MENDELU v Brně (LDF) s ohledem na discipliny společného základu (reg. č. CZ.1.07/2.2.00/28.0021) za přispění finančních prostředků EU a státního rozpočtu České republiky.

- Vědní obor zabývající se měřením, výpočty a zobrazováním zemského povrchu. Původ slova geodézie pochází z řečtiny a doslova znamená dělení Země.
- Nauka o měření a zobrazování Země a částí zemského povrchu.
- Shrnuje všechny teoretické i praktické poznatky potřebné jak k určení tvaru a rozměrů Země, tak k polohopisným a výškopisným měřením a k následnému zobrazení všech předmětů trvale spojených se zemským povrchem a to jak předmětů přirozených – terénní útvary, vodstvo, rostlinné společenstva aj, tak umělých – lidská sídliště, komunikace, hranice apod.

- Návaznost na řadu příbuzných vědních oborů:
 - kartografie
 - dálkový průzkum Země (DPZ)
 - geografické informační systémy (GIS)
 - globální navigační satelitní systémy (GNSS)
- Souhrn všech těchto disciplín je někdy popisován názvem **GEOMATIKA**.
- Anglický název pro geodézii - **SURVEYING**

Historie geodézie

- Doslovný překlad – dělení Země.
- Jeden z nejstarších vědních oborů.
- Základy oboru položeny v nejstarších civilizacích v Mezopotámii a v Egyptě – důkazem dokonale provedené a orientované stavby.
- Největší rozvoj ve starověkém Řecku, souvisí s rozvojem matematiky, poznatky o kulatém tvaru povrchu zemského.
- Starověká Římská říše – navázání na znalosti Řeků, rozvoj praktických aplikací - evidence nemovitostí, vedení záznamů o pozemkovém vlastnictví.
- Po nástupu křesťanství ve středověku došlo k úpadku všech přírodních věd, základní poznatek Řeků o kulatosti byl zapovězen.
- Další rozvoj po tisícileté pauze navázán během křižáckých výprav při kontaktu s vyspělou arabskou kulturou.
- Pozdní středověk – objevitelské plavby – potřeba přesné orientace na moři, rozvoj geodézie a kartografie.
 - objevení Ameriky (Kryštof Kolumbus 1492)
 - Amerigo Vespucci (1507 - jméno Amerika)
 - Vasco de Gama (1497-1498) - plavba do Indie
 - Fernando Magallanés - obeplutí světa (1522)
- Přelom 16. a 17. století - vynález dalekohledu a měřického stolu.

- Rozvoj geodézie a kartografie také v českých zemích.
- Vznikají první samostatné mapy Čech (1518 - Mikuláš Klaudián) a Moravy (1569 - Pavel Fabricius)
- Významnými vědci své doby byly Mikuláš Koperník (1473 - 1543), Galileo Galilei (1564 - 1642) a Jan Kepler (1571 - 1630), svým heliocentrickým názorem položili základ moderní geodézie
- **Jan Amos Komenský** - druhý díl geometrie je označen jako **Geodesia**.
- Od roku 1817 se naše státní území zaměřuje soustavně a zobrazuje na katastrálních mapách.
- Do lesnictví a dalších krajinářských oborů byla geodézie prakticky zavedena až v 18. století - vyžádal si to rychlý rozvoj lesního hospodářství (hospodářské úpravy lesa), které potřebovalo přesné hospodářské mapy a výměry částí lesa.
- 20. století – rozvoj jemné mechaniky, konstrukce přesných optických geodetických přístrojů, vyšší přesnost a efektivita měřických a grafických prací
- Rychlý rozvoj elektroniky a dalších technologií, konstrukce elektronických přístrojů, počítačové zpracování měřených dat
- Rozvoj družicových technologií pro určování polohy – GPS, GLONASS, GALILEO.

- Stanovení tvaru a rozměrů povrchu zemského
- Určení a zobrazení vzájemné polohy jednotlivých bodů skutečného zemského povrchu jak ve směru vodorovném, tak svislém a promítnutí do vhodně zvolené zobrazovací roviny.
- Konečným výsledkem geodetických prací je polohopisný a výškopisný plán nebo mapa určité části zemského povrchu.

Geodézie vyšší

- Řeší problémy spojené s určením tvaru a rozměrů Země a otázky, související se zaměřením a výpočty geodetických sítí, které tvoří základ podrobného měření polohopisného a výškopisného na území velkého rozsahu (např. státu).

Geodézie nižší (praktická)

- Zabývá se vlastním podrobným měřením polohopisným a výškopisným, jednotlivými měřickými metodami, měřickými přístroji a pomůckami, výpočty a zobrazováním naměřených hodnot.

- Základní úlohou geodézie je určování vzájemné polohy bodů zemského povrchu ve vhodné zobrazovací rovině.
- Při zaměřování polohy bodů využívá geodézie dva v přírodě dané základní směry, a to směr vodorovný a směr svislý.
- Při zobrazování bodů na mapách se body kolmo promítají na matematicky definovatelnou vodorovnou plochu, přiléhající ke klidné souvislé mořské hladině, protažené i pod pevninu.
- Takto získaný a v určitém poměru zmenšený obraz horizontálního průmětu předmětů měření vytváří polohopis mapy.
- Prostorová poloha bodů se vyjádří jejich vzdáleností od průmětové plochy, tj. nadmořskými výškami, pomocí kterých je možné vytvořit výškopis mapy.

Měření v geodézii rozdělujeme dle dvou základních směrů na:

1) výškové

- určení vzájemné polohy bodů ve vertikálním směru, výsledkem výškopis.

2) polohové

- určení vzájemné polohy bodů v horizontálním směru, výsledkem polohopis

- Všechna geodetická měření jsou zatížena určitými měřickými chybami, které se při velkém počtu na sebe navazujících měření hromadí a způsobují znehodnocení výsledků.
- Při zaměřování větších územních celků se postupuje podle zásady „z velkého do malého“, přičemž se nejdříve zbuduje a detailně zaměří velmi přesná síť menšího počtu vzájemně vzdálených polohových a výškových bodů, které tvoří tzv. geodetické základy.
- Připojením na tyto přesné základy se zaměří méně přesnými přístroji a méně přesnou metodou velký počet bodů polohopisu a výškopisu.

- Souhrn činností vykonávaných při zpracování mapových děl se označuje výrazem mapování.
- Při mapování se používají různé mapovací metody, které se dělí do dvou základních skupin:

1) geodetické metody

- poloha bodů a předmětů se zjišťuje přímým měřením v terénu.

2) fotogrammetrické metody

- poloha bodů a předmětů se zjišťuje na základě leteckých a družicových snímků.

- Mezi pomocné prostředky geodézie patří také vyrovnávací počet, nauka o geodetických přístrojích a kartografie.
- **Vyrovňovací počet**
 - určuje, jak z měřených hodnot zatížených měřickými chybami určit nejpravděpodobnější – vyrovnanou hodnotu, která by se co nejvíce přibližovala skutečnosti a jak stanovit míru přesnosti měření. Vyrovňovací počet nebude součástí výuky tohoto předmětu.
- **Nauka o geodetických přístrojích**
 - pojednává o konstrukci, rektifikaci, používání a údržbě geodetických přístrojů, základy ovládání přístrojů budou probrány na cvičeních.
- **Kartografie**
 - obor zabývající se zobrazováním zakřivené části zemského povrchu do rovinné plochy mapy s co nejmenším zkreslením, nauka zabývající se mapami, jejich dějinami, tvorbou, reprodukcí a užitím.

- Vědní obor i technická disciplína, mající za svůj předmět zkoumání, odbornou technologii, vlastní formální jazyk pro popis teoretických i praktických poznatků a matematicky podložené teorie i zákonitosti.
- Nauka zabývající se mapami, jejich dějinami, tvorbou, reprodukcí, užitím a zároveň znázorněním zakřivené části zemského povrchu do roviny mapy s co nejmenším zkreslením.
- Vědní obor bezprostředně navazující na geodézii především v oblasti zpracování měřených dat
- Kartografie má nesčetné vazby na celou řadu dalších vědních oborů i technických disciplín. Tyto vazby jsou oboustranné.
- Tyto vědní obory jsou pro ni buď zdrojem informací nebo ovlivňují zpracování a formu přenosu těchto informací.
- Kartografie se nachází v průsečíku přírodních, technických, matematických, sociálních, politických a filozofických věd.

- Řeší způsoby zobrazení referenčních ploch (koule, elipsoid) do roviny mapy a vysvětluje jejich vlastnosti.
- Podává návod k jejich používání při tvorbě map.
- Ideální zobrazení Zemského povrchu je na glóbu, ale nevýhodou je velké zmenšení (1 : 20 000 000).
- Povrch referenčních těles nelze rozvinout do roviny \Rightarrow nelze sestrojít mapu, která je věrným nezkresleným obrazem povrchu Země, aby se tato zkreslení neměnila nahodile, hledá matematická kartografie vhodná zobrazení.
- Základem kartografického zobrazení je souvislá síť rovnoběžek a poledníků - zeměpisná síť princip kartografického zobrazování spočívá v převodu této sítě z povrchu zemského do roviny nebo na plochu, která je do roviny rozvinutelná.

Tvar a rozměry zemského tělesa



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

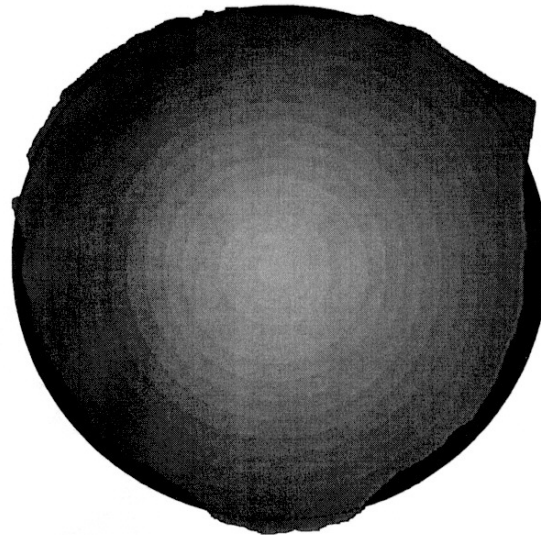


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

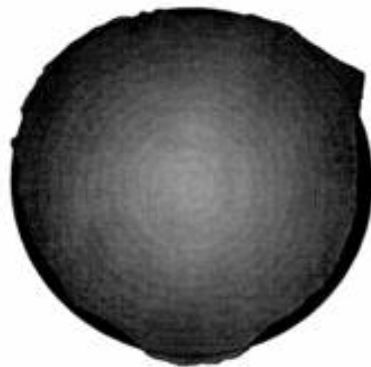
- Země – fyzikální těleso vytvořené a udržované ve svém tvaru působením zemské tíže, která je výslednicí přitažlivé a odpudivé síly Země.
- Povrch zemského tělesa má velmi nepravidelný tvar, který vznikl geologickým vývojem Země, vulkanickou činností, erozními a dalšími vlivy, je velice složitý a členitý a v modelech krajinné sféry je těžko zobrazitelný.
- Proto je pro vytváření těchto modelů nahrazován **topografickou plochou**, která je spojitou plochou vyhlazující mikrostrukturu a ty terénní tvary, které jsou z hlediska rozlišovací úrovně modelu bezvýznamné.
- Topografická plocha je však stále poměrně složitá pro přímé zobrazování do map nebo pro definování digitálních modelů.
- Pro účely mapování a tvorby modelů terénu se tato plocha nahrazuje **referenčními plochami**, které jsou jednodušší a jsou matematicky nebo fyzikálně přesně definované.

V čem je problém?

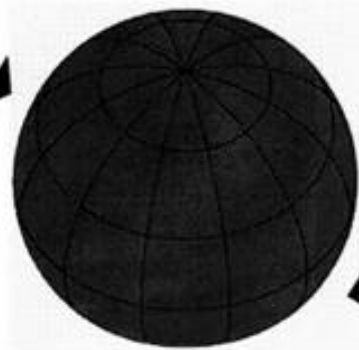
Země NENÍ homogenní ani pravidelné těleso, natož placaté!



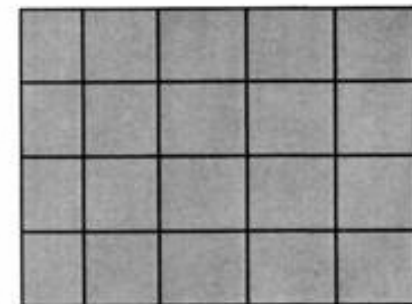
Co s tím?



1. Aproximace pravidelným tělesem (elipsoidem, koulí)



2. Převod do roviny



geodetický
souřadnicový
systém

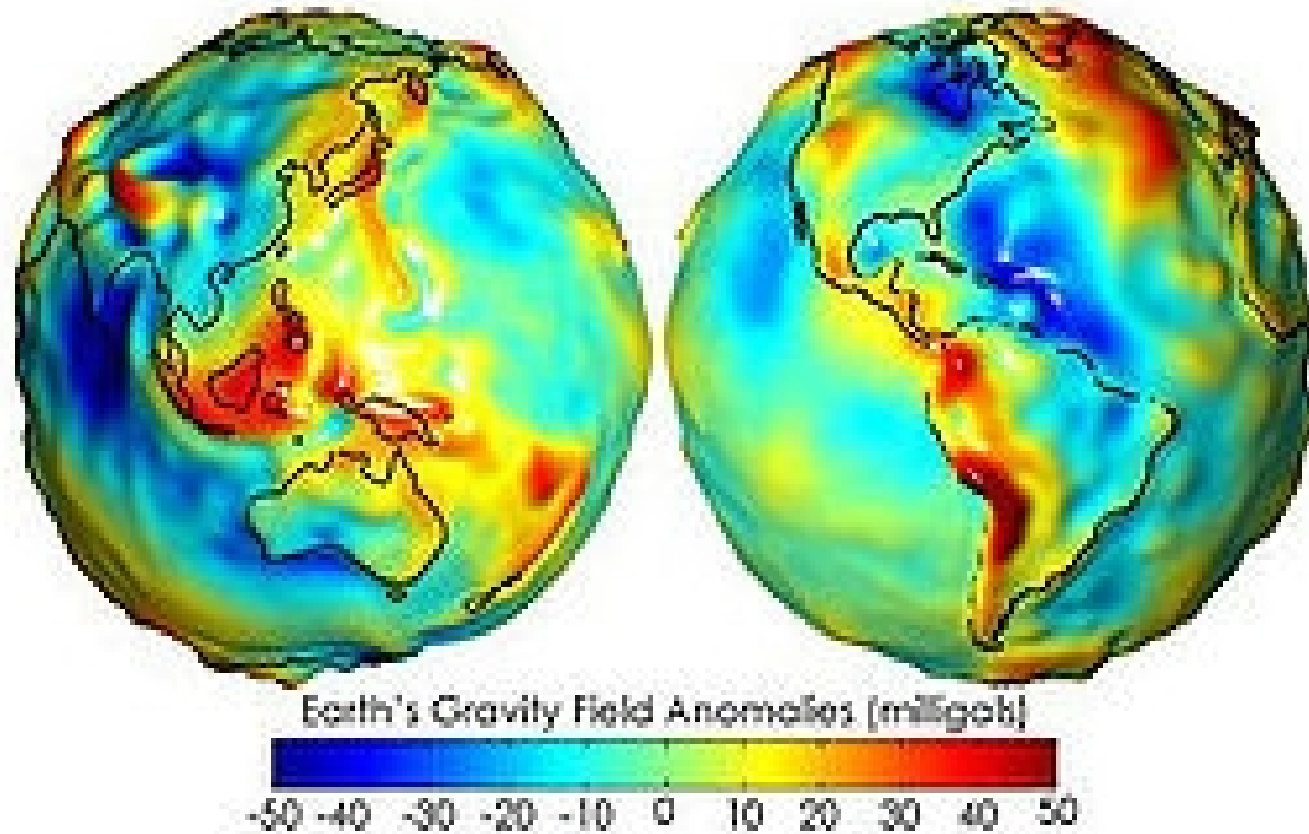
Základní referenční plochy:

- geoid
- elipsoid
- koule
- rovina

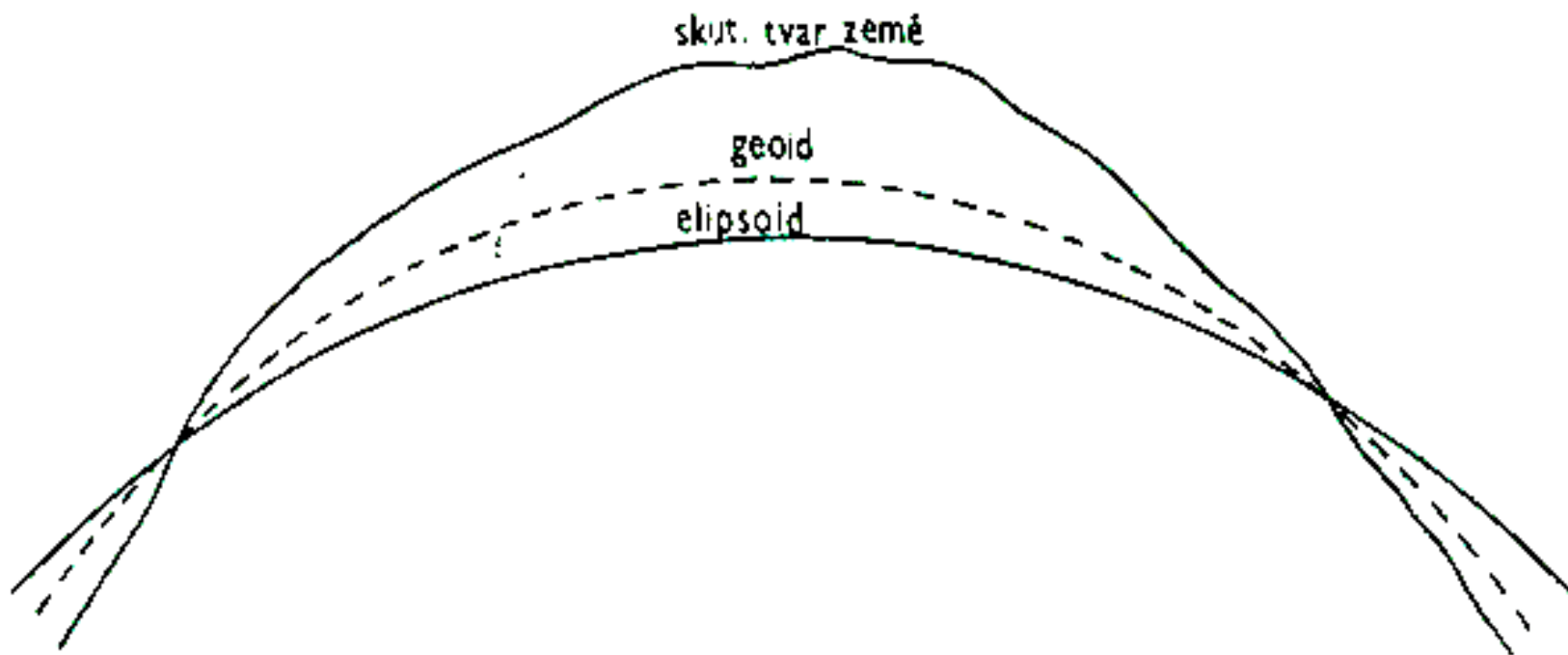
- Na Zemi působí přitažlivé síly Měsíce a Slunce i odstředivé síly, vznikající její rotací kolem vlastní osy a kolem Slunce.
- Výsledkem těchto sil je **zemská tíže** (gravitace), která na různých místech má různý směr a velikost. Směr tíže nazýváme **tížnicí**.
- Plocha, která je v každém bodě zemského povrchu kolmá na směr tíže, se nazývá **hladinová plocha**.
- Prostor, ve kterém se projevuje působení zemské tíže je nazýván tíhovým polem Země.
- V geodetickém smyslu je Zemí nulová hladinová plocha, zvaná podle J. B. Listinga (1873) „geoid“.
- Geoid by se realizoval jako klidná střední hladina moří a oceánů, spojených i pod kontinenty. Tato hladinová plocha je všude kolmá na směr zemské tíže. Při měření je tato plocha realizována urovnanou libelou.

- V místech oceánů a moří je tato plocha totožná s hladinou vody, v oblasti kontinentů je její průběh fiktivní, směr tížnic je ovlivňován nepravidelným rozmístěním hmoty v zemské kůře, její povrch proto není hladký, ale mírně zvlněný.
- Protože geoid je definován jako fyzikální těleso, jeho matematické vyjádření je značně složité.
- Pro potřeby praktické geodézie, mapování, kartografie i celé geoinformatiky je proto nahrazován matematicky definovatelnými tělesy či plochami, které se co nejvíce přibližují geoidu (nejčastěji **referenčním elipsoidem**, **referenční koulí** nebo i **referenční rovinou**).
- Geoid je využíván jako základní referenční plocha při výškových měřeních.

Geoid



Geoid x elipsoid



Referenční elipsoid

- Výchozí referenční plochou v matematické kartografii je **rotační elipsoid** \Rightarrow těleso, které vznikne otáčením elipsy kolem své malé osy.
- Parametry rotačního elipsoidu jsou voleny tak, aby v maximální míře nahrazoval geoid v zájmové části Země nebo aby nahrazoval celý geoid.
- Největší odchylky mezi rotačním elipsoidem a geoidem vznikají pod masivy velehor a dosahují hodnot až několika desítek metrů.
- Elipsoid je plně definován dvěma parametry, kterými mohou být:
 - a, b – velikost hlavní a vedlejší poloosy,
 - a, e – velikost hlavní poloosy a numerická výstřednost(excentricita),
 - a, e' – velikost hlavní poloosy a druhá excentricita,
 - a, f – velikost hlavní poloosy a zploštění.

Referenční elipsoid

- Referenční elipsoidy jsou jako výchozí referenční plocha používány zejména tehdy, pokud je nutné definovat zobrazení s minimálními hodnotami zkreslení rovinného obrazu.
- Tento způsob se volí u kartografických zobrazení používaných při definici státních souřadnicových systémů nebo mezinárodních systémů. Současně se používá i při tvorbě státních mapových děl.
- Rozměry elipsoidu, který by nejlépe vystihoval skutečný tvar Země, byly odvozeny z celé řady geodetických a gravimetrických měření:
 - V roce 1841 stanovil na základě geodetických měření v Evropě rozměry elipsoidu **Bessel**.
 - V roce 1911 doporučila Astronomická konference nové rozměry na jejichž výpočtu se podílel především **Hayford**.

Referenční elipsoid

- V roce 1940 stanovil rozměry elipsoidu *Krasovskij*. Použil výsledky dosavadních měření doplněné o měření na území původního SSSR. Tento elipsoid byl postupně zaváděn i do naší geodetické služby.
- Od roku 1967 se na doporučení mezinárodní asociace IAG pro vědecké účely používá oficiální světový elipsoid “*Lucernský*”.
- Práce na upřesnění tvaru Země pokračují i v současné době a podle nejnovějších vědeckovýzkumných prací, které využívají výsledků měření družic se ukazuje, že tvar Země nejlépe vystihuje trojosý elipsoid. Do současné doby byla odvozena řada referenčních elipsoidů.
- Na území České republiky se používá pro civilní státní mapová díla v souřadnicovém systému JTSK **Besselův** elipsoid, pro vojenské topografické mapy v souřadnicovém systému S-1942/83 elipsoid Krasovského a pro celosvětový systém WGS 84 elipsoid WGS 84.

Referenční elipsoid



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Elipsoid	Besselův	Krasovského	WGS84
Velká poloosa a [m]	6 377 397,155	6 378 245,000	6 378 137,000
Malá poloosa b [m]	6 356 078,963	6 356 863,019	6 356 752,314
Excentricita e^2	0,006 674 372 2	0,006 693 421 6	0,006 694 380 1
Druhá excentricita e'^2	0,006 719 218 7	0,006 738 525 3	0,006 739 496 8
Reciproká hodnota zploštění $1/f$	299,152 815 4	298,300 003 2	298,257 220 1

- Není-li vyžadována vysoká přesnost prostorové lokalizace modelovaných objektů a jevů, je často používána jako referenční plocha koule.
- Uplatňuje se zejména při tvorbě map malých měřítek, při vizualizaci digitálních dat s menšími nároky na minimalizaci zkreslení a při řešení jednodušších navigačních úloh.
- Zvláštním případem je použití referenční koule při tzv. dvojitém zobrazení, kdy je referenční elipsoid nejprve zobrazen na kouli, která se poté zobrazuje do roviny. Tento postup je používán zejména při obecné poloze konstrukční osy zobrazení.
- Poloměr koule pro mapy velmi malých měřítek zobrazujících rozsáhlé části Země či celou planetu nebo pro vizualizaci digitálních dat ve velmi malých měřítcích je možné odvodit z požadavku přibližné rovnosti objemu a povrchu elipsoidu koule. Tento poloměr potom je:
 $R = 6371 \text{ km}$
- Pro naše území o zeměpisné šířce $49,50^\circ$ potom tento poloměr je:
 $R = 6380 \text{ km}$

Referenční rovina

- Při tvorbě map a plánů z velmi malého území je možné pro polohová data uvažovat zakřivený povrch Země jako rovinu a pro zobrazování používat referenční rovinu.
- V tomto případě vodorovné úhly na zakřivené ploše jsou téměř stejné jako v rovině, stejně tak zkreslení délek, ploch a úhlů je minimální a zanedbatelné.
- Pro výšková měření je ale nutné zakřivení Země uvažovat.
- Zemský povrch můžeme považovat za rovinu pro velmi malá území okrouhlého tvaru o ploše asi 200 km² (kruh o poloměru $r = 8$ km). Pro méně přesné výpočty s plochou asi 700 km² a poloměrem 15 km.