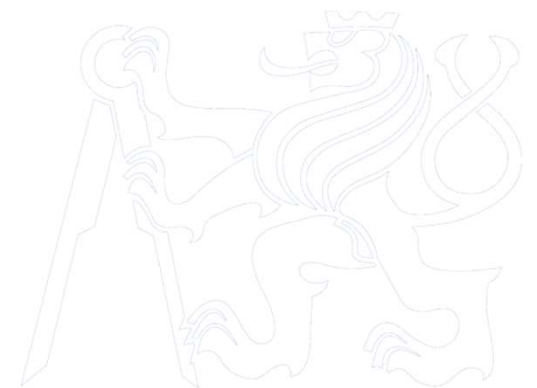


Fakulta stavební ČVUT v Praze  
Katedra speciální geodézie



# Prostorová dokumentace interiérů (155YPDI)

**Přednášející:** *prof. Dr. Ing. Karel Pavelka*  
**prof. Ing. Martin Štroner, Ph.D.**

**Místnost:** B912

**Email:** [martin.stroner@fsv.cvut.cz](mailto:martin.stroner@fsv.cvut.cz)

**www 1:** <https://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/ostatni/ypdi/>

## Doporučená literatura

- [1] Luhmann, T. et al., 2013. Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging. de Gruyter Edition, ISBN-10: 3110302691
- [2] Štroner, M.; Pospíšil, J.; Koska, B.; Křemen, T.; Urban, R.; Smítka, V.; Třasák, P. 3D skenovací systémy. ČVUT v Praze, 2013. vol. 1. ISBN 978-80-01-05371-3.
- [3] Pavelka, K., Dušánek, P., Švec, Z., Faltýnová, M. 2014. Mobilní laserové skenování. ČVUT FSv, Praha, ISBN 978-80-01-05261-7. 130 s.
- [4] Pavelka, K., et al. Exaktní dokumentační metody průzkumu památek (s využitím geodetických a geofyzikálních metod). Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-05260-0.

# Prostorová dokumentace interiérů (155YPDI)

## Obsah předmětu

1. Úvod do geodetických metod
2. Souřadnicové systémy, mapy a katastr nemovitostí
3. Klasické geodetické metody zaměření objektu (ortogonální a polární metoda)
4. Zobrazovací prostředky a software
5. Laserové skenování, princip, metody, zařízení a možné výstupy
6. Zpracování dat z laserových skenerů
7. Mobilní laserový skener a zpracování výsledků
8. Fotogrammetrie, využití dronů
9. Zpracování dat z fotogrammetrických technologií
10. Tvorba modelů z mračka bodů
11. Editace vytvořených modelů a jejich export
12. Virtuální a rozšířená realita
13. Převod modelů do VR a AR

# Prostorová dokumentace interiérů (155YPDI)

## Část 1: Geodézie a měření

### Přednášky

1. **Geodézie** (Štroner, A229)
2. **Úvod do geodetických metod** (doc. Ing. Rudolf Urban, Ph.D.)
3. **Laserové skenování, princip, metody, zařízení a možné výstupy**  
(Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.)

### Cvičení (Ing. Tomáš Suk, **B971**)

1. **Jednoduché geodetické pomůcky**
2. **Totální stanice**
3. **3D skenování a nivelace**

### Zápočet

- aktivní účast na cvičení, odevzdání požadovaných drobných úloh



# 1. Geodézie

## Co je to teda ta Geodézie?

– vědní obor, který se původně zabýval měřením Země a zobrazováním zemského povrchu.

## Historie

- Pravěké mapy.
- Egypťané prováděli geodetické práce (již 2 600 př. n.l.) : měřické práce při stavbách, pozemkový katastr - obnova hranic po nilských záplavách.
- studiem rozměrů a tvaru Země se zabývali starořeční filozofové – Thales, Pythagoras, Platon, Aristoteles – došli k závěru, že Země je kulatá a určili její rozměry
- Řekové a Římané - stavitelství a války.
- každý stavitel byl v historii zároveň i „geodet“ – musel vyměřit, kam se co postaví, jak hluboko se vykope apod.

## O co tedy vlastně jde

- zobrazení vzájemné polohy jednotlivých bodů fyzického povrchu Země (polohopis, výškopis), určení souřadnic
- vytyčení projektu v terénu – označení bodů o potřebných souřadnicích v terénu.

# 2. Země

## Co je to teda ta Země?

- v podstatě hrouda bláta, která je matematicky (prakticky) nekonečně složitá a tedy nepopsatelná.
- Země je fyzikální těleso, jehož tvar je vytvořený a udržovaný ve svém „stálém“ tvaru působením síly zemské tíže  $G$ , která je výslednicí síly přitažlivé  $F$  a síly odstředivé  $P$ .
- Nějak to ale technicky zjednodušit musíme, používáme tzv.

## Nahrazující plochy:

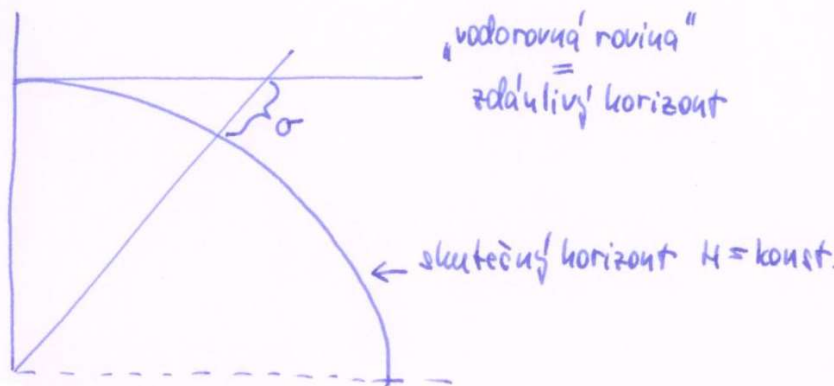
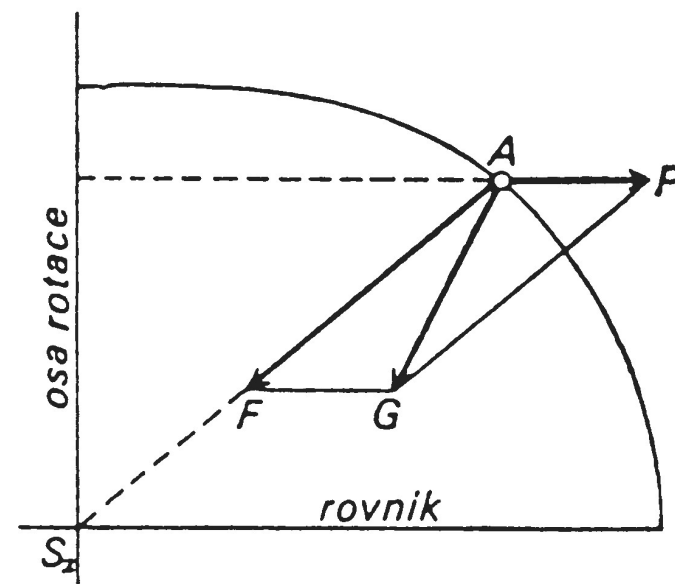
- Rovina
- Koule
- Elipsoid (dvojosý)
  - Referenční
  - Zemský

## Rozměry (GRS-80)

$$a = 6\,378\,137 \text{ m}$$

$$b = 6\,356\,752 \text{ m}$$

$$i = (a-b)/a = 1/300$$



$d/m$	$\sigma/mm$
50	0,2
100	0,8
200	3,1
500	19,6

# 3. Souřadnice a zobrazení

Fajn, mám teda nahrazující plochu, a co dál? Já potřebuju přeci mapu, kterou položím na stůl.

## Kartografická zobrazení:

- jednoduchá (válec, kužel, rovina),
- polyedrická (mnohostěny),
- neklasifikovaná.

## Rozdělení podle polohy os:

- normální (osy totožné),
- transversální (osy kolmé),
- obecná.

## Vlastnosti zobrazení:

- konformní (nezkreslené úhly),
- ekvidistantní (nezkreslené délky),
- ekvivalentní (nezkreslené plochy),
- vyrovnávací (zkresleno vše).

ČR: S-JTSK (dvojitě konformní kuželové Zobrazení v obecné poloze)

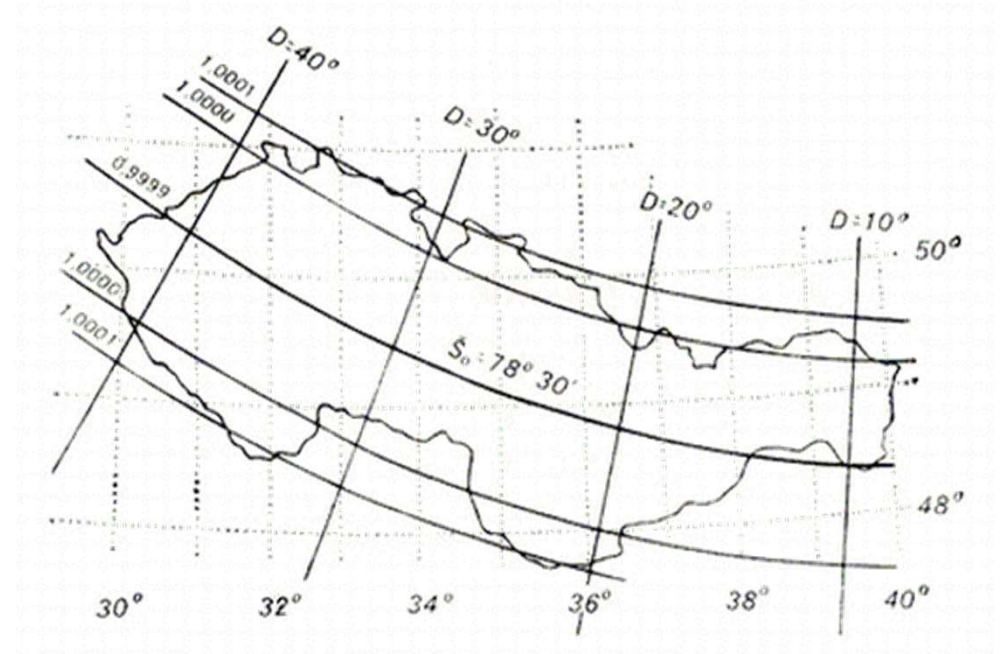
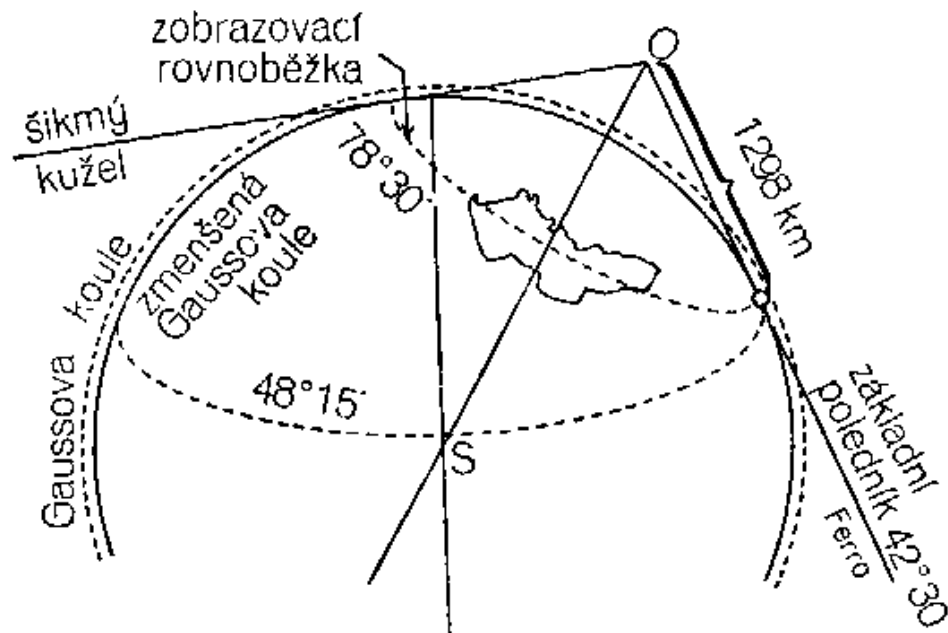
		Poloha		
		normální	příčná	obecná
Zobrazení	azimutální			
	válcové			
	kuželové			

# 3. Souřadnice a zobrazení

Toho je fakt hodně. A to se to všechno jako používá najednou? Jak je to teda v ČR?

## S-JTSK

- systém jednotné trigonometrické sítě katastrální, Křovákovo zobrazení, 1927
- dvojité konformní kuželové zobrazení v obecné poloze
- Celá ČSR vložena do I. kvadrantu.
- Každý bod má pouze kladné souřadnice a vždy platí, že  $Y < X$ .
- Souřadnice bodů se uvádí v pořadí Y,X.





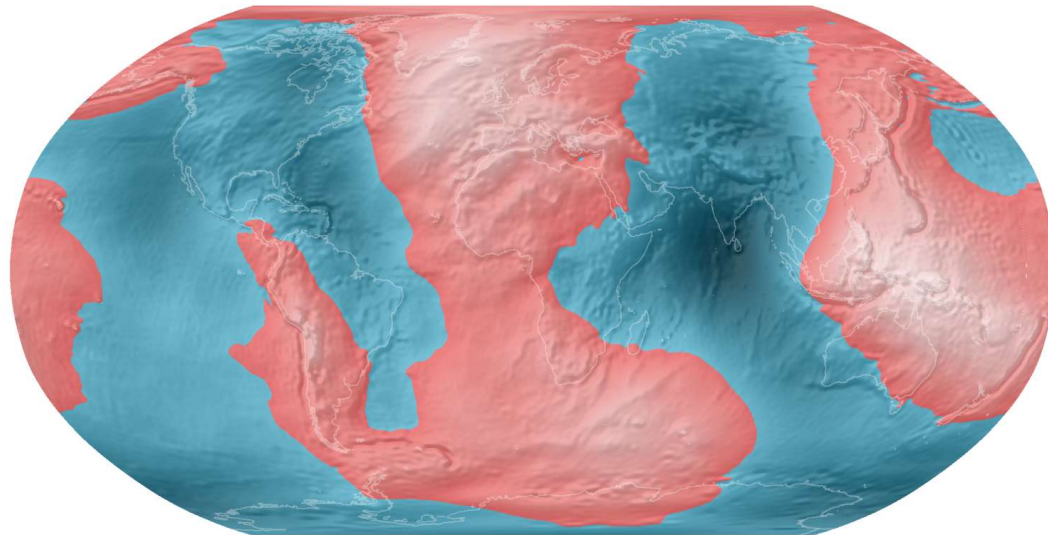
## 4. Výšky a výškové systémy

Aha, a co výšky? Ty jsou v tom taky?

Země není homogenní těleso, je tvořena různými materiály o různé hustotě a tedy nepostačuje elipsoid jako matematické těleso bez fyzikálních vlastností. Důvodem je základní předpoklad, že předměty padají shora dolů, voda teče dolů a tedy výška je závislá na množství přitažlivé tíhové síly, kterou působí těleso Země v daném bodě a nikoli na délkovém rozměru. Působící tíhová síla je v přímém vztahu s tíhovým zrychlením (normální  $g_n = 9,806 \text{ m.s}^{-2}$ , rovník  $g_r = 9,780 \text{ m.s}^{-2}$ , pól  $g_p = 9,832 \text{ m.s}^{-2}$ ).

### Deviation of the Geoid from the idealized figure of the Earth

(difference between the EGM96 geoid and the WGS84 reference ellipsoid)



Red areas are above the idealized ellipsoid; blue areas are below.



## 4. Výšky a výškové systémy

Vztažnou plochou tedy není geometrické těleso, ale plocha spojující body o stejné tíži – GEOID (pro představu něco jako hladina moří).

Výškový systém v ČR – **Balt po vyrovnání (Bpv)**, „nula“ je umístěna na vodočtu v Kronštatě.

$$H_N^B = \frac{1}{\gamma_m^B} \int_{(OB)} g \, dh.$$

$$\Delta H_N^{A,B} = \Delta H_{\text{měř.}}^{A,B} + C_{\gamma}^{A,B} + C_{(g-\gamma)}^{A,B} = \Delta H_{\text{měř.}}^{A,B} + C_N^{A,B}.$$

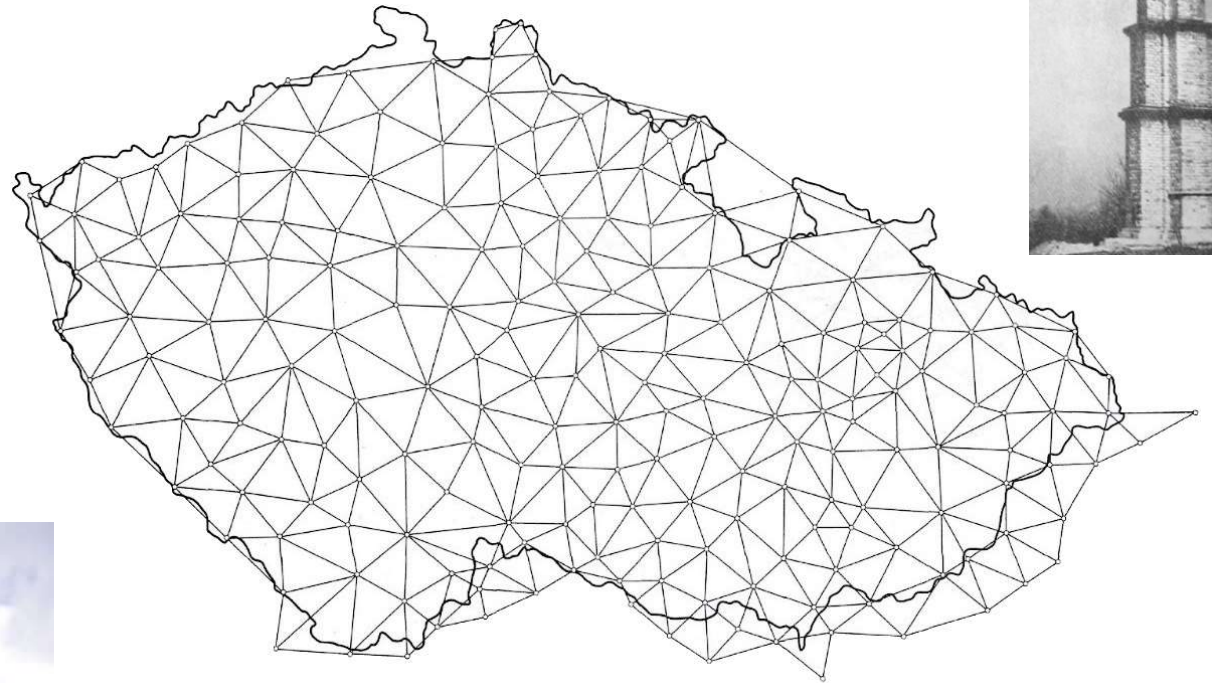
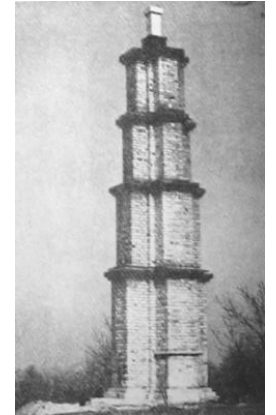
$$C_N = -0,000\,0254 H_s \Delta \varphi'' + 0,001\,0193 (g - \gamma)_s \Delta H_{\text{měř.}},$$

# 5. Bodová pole

No počkejte, a to jako tohle se všechno pořád musí znova a znova dělat?

Pro praktické technické použití jsou státní službou vytvořena bodová pole, tj stabilizované body se souřadnicemi, tak blízko od sebe, aby bylo možné použít aproximaci zemského povrchu rovinou (příp. s jednoduchými opravami).

- Polohové bodové pole
- Výškové bodové pole
- Tíhové bodové pole





# 5. Bodová pole

No počkejte, a to jako tohle se všechno pořád musí znova a znova dělat?

- Výškové bodové pole



69 200 trigonometrických a zhušťovacích bodů  
 125 400 nivelačních bodů ČSNS a ČPNS

29 900 přidružených bodů  
 500 tíhových bodů

# 6. Inženýrská geodézie

Ok, pěkný. A k čemu mi to teda vlastně bude?

Inženýrská geodézie provádí dvě základní (vzájemně inverzní) činnosti:

- Měření (určení souřadnic čehokoli v terénu)
- Vytyčení (vyznačení souřadnic v terénu, např. projekt)

Jo, to sou ty kolíky na louce postříkaný barvou.

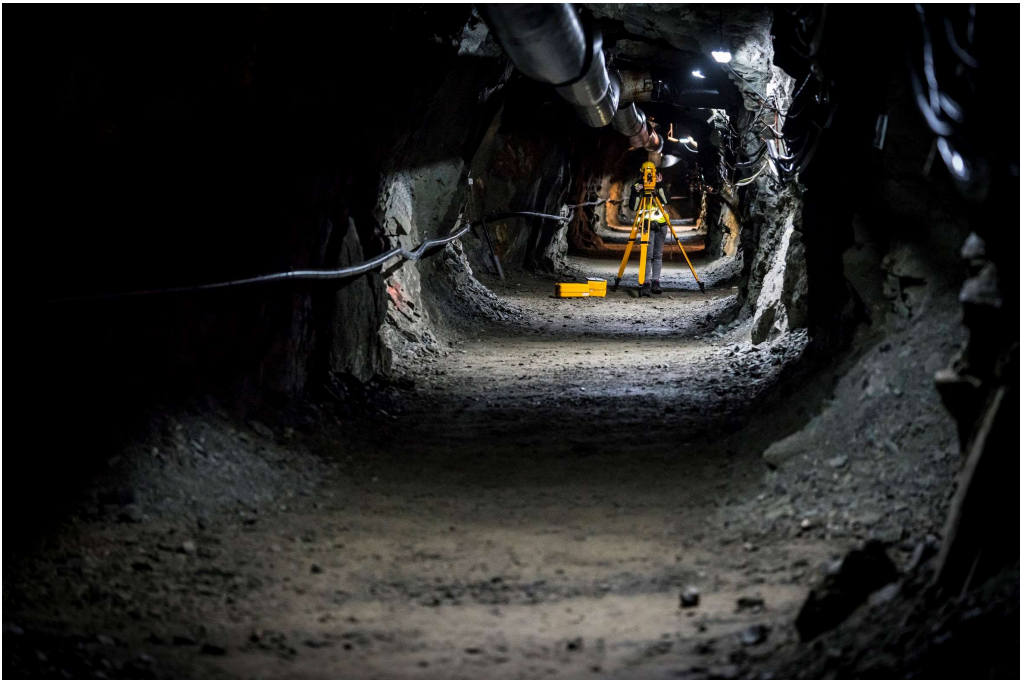
Na geodeta/zeměměřiče se studuje střední a/nebo vysoká škola (obor Geodézie a kartografie), je to vázané povolání, výsledky zeměměřických činností musí potvrzovat AZI (autorizovaný zeměměřický inženýr), mající speciální oprávnění, které (nově) uděluje Česká komora zeměměřičů.

## 6. Inženýrská geodézie

- Geodetické (mapové) podklady pro projekt
  - Doplnění a zpřesnění stávajících mapových podkladů.
- Vytyčení projektu v terénu
  - Po dokončení stavby musí na sebe jednotlivé úseky navazovat v rámci předepsaných tolerancí a stavba, jako celek, opět musí navazovat v daných tolerancích na okolní stávající objekty.
- Kontrola skutečného provedení stavby
  - Ověření požadavků projektu.
- Dokumentace skutečného provedení stavby
  - Hotové dílo je třeba zaměřit a zdokumentovat (jeden z podkladů pro kolaudační řízení).
- Určování posunů a přetvoření staveb a konstrukcí
  - Změny mohou ovlivnit funkčnost a především bezpečnost provozu stavby (mosty, přehrady).



# 6. Inženýrská geodézie





# 6. Inženýrská geodézie



## **7. Katastr? Mapové dílo? Organizace zem. služby?**

Geodetické metody, které původně vznikly pro potřeby měření Země, lze použít i v interiéru, pro sestavení plánů apod., a pro umístění předmětů/objektů na správné místo (dle projektu).

Součástí je také realizace geometrických podmínek – svislost, vodorovnost, přímka, úhel, sklon.



## 8. Měření a přístroje

Měříme hlavně délky a úhly (taky čas, teplotu a spoustu dalšího).

Délka:

- Vodorovná
- Šikmá
- Převýšení (svislá)

Úhel:

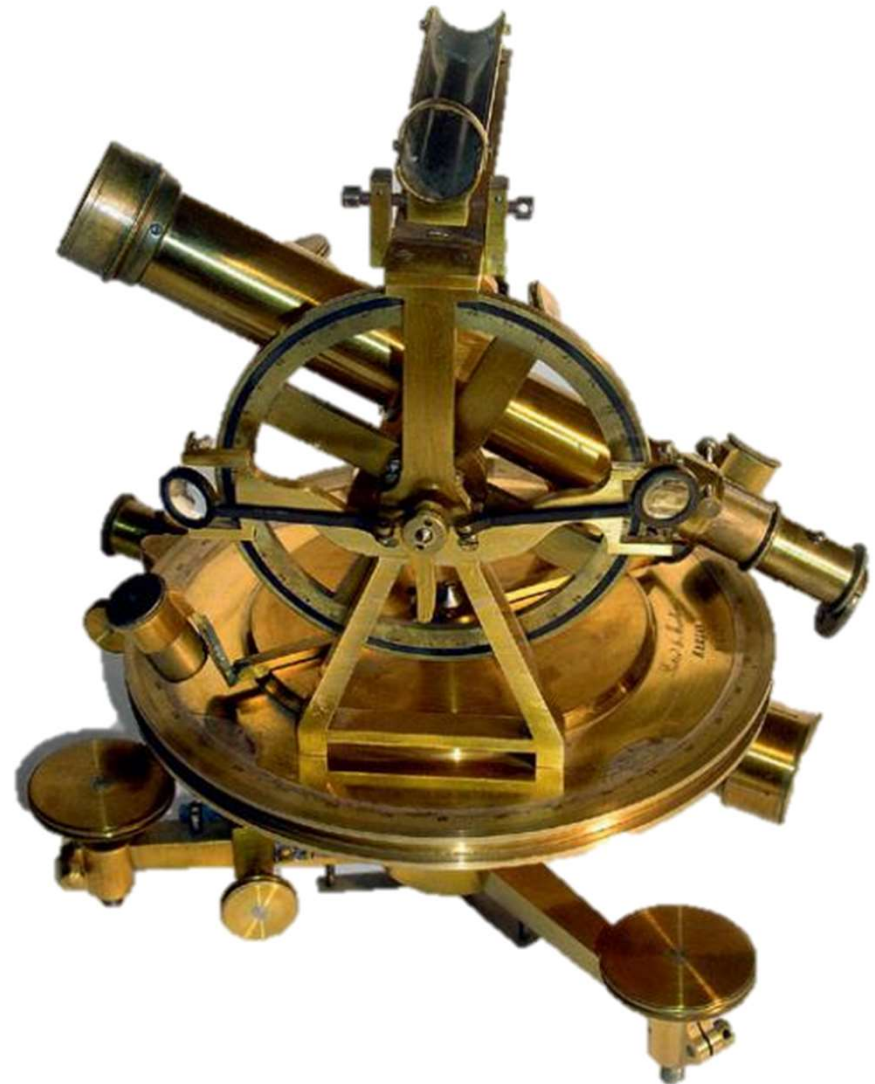
- Vodorovný
- Svislý (zenitový)





# 8. Měření a přístroje

Teodolit



# 8. Měření a přístroje

Totální stanice





# 8. Měření a přístroje

Totální stanice



# 8. Měření a přístroje

Nivelační přístroj





# 8. Měření a přístroje

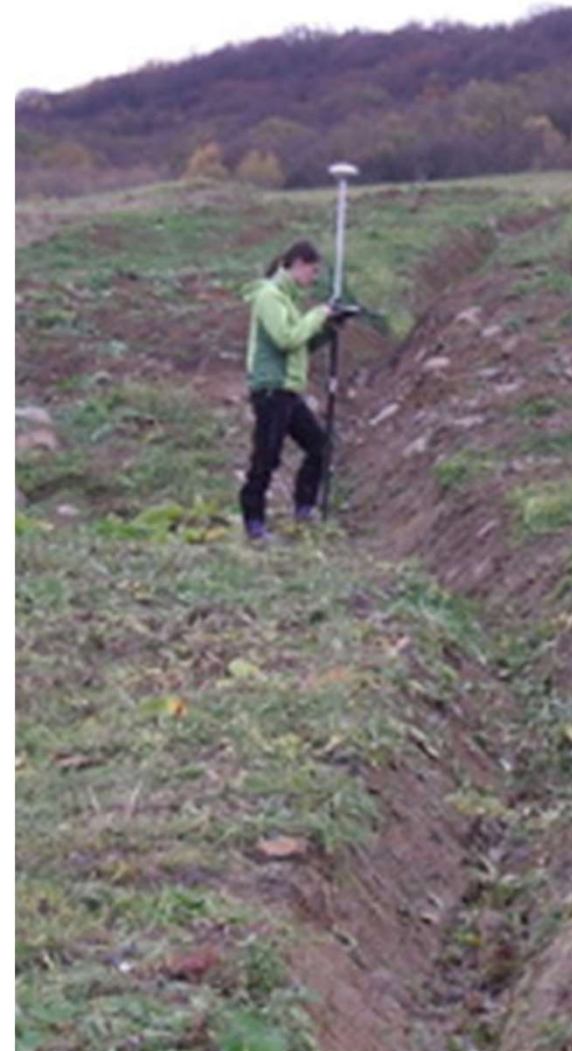
3D skener (laserový skener)





# 8. Měření a přístroje

GNSS přijímač



# 9. Přesnost měření

Chyby měření:

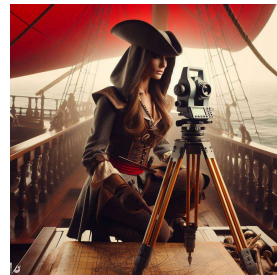
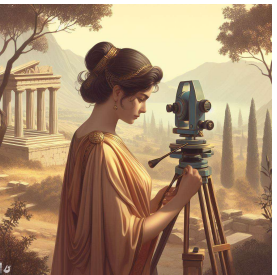
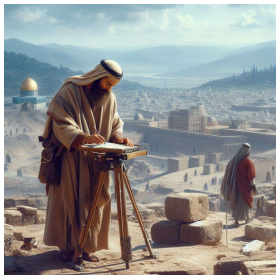
- Odstranitelné
- Neodstranitelné
  - Systematické
  - Náhodné

Směrodatná odchylka

Mezní odchylka



# Z deničku geodeta?







**Konec**

