

Fakulta stavební ČVUT v Praze  
Katedra speciální geodézie

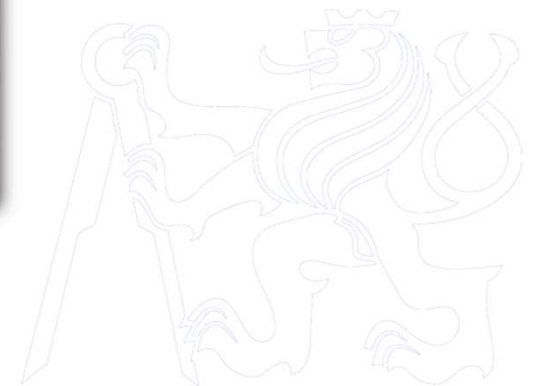


**Doporučená literatura**

- [1] Štroner a kol.: 3D skenovací systémy. Česká technika – nakladatelství ČVUT, Praha, 2013, 396 s, ISBN 978-80-01-05371-3.
- [2] Štroner, M. - Pospíšil, J.: Terestrické skenovací systémy. Česká technika – nakladatelství ČVUT, Praha, 2008, 187 s. ISBN 978-80-01-04141-3.

<https://k154.fsv.cvut.cz/>

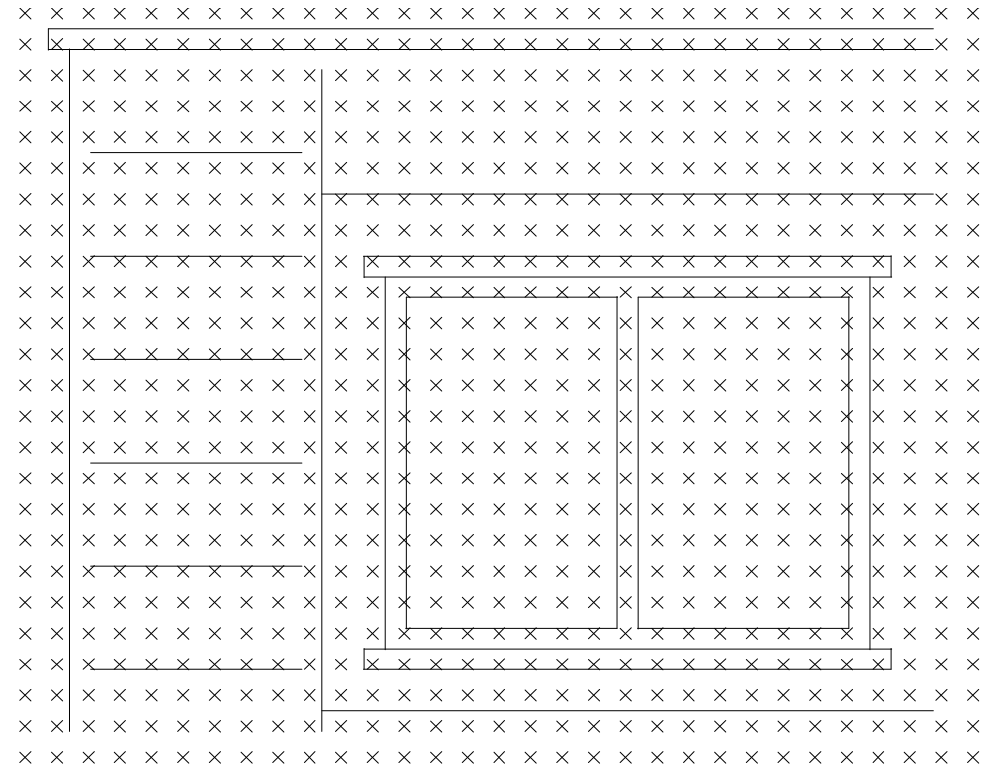
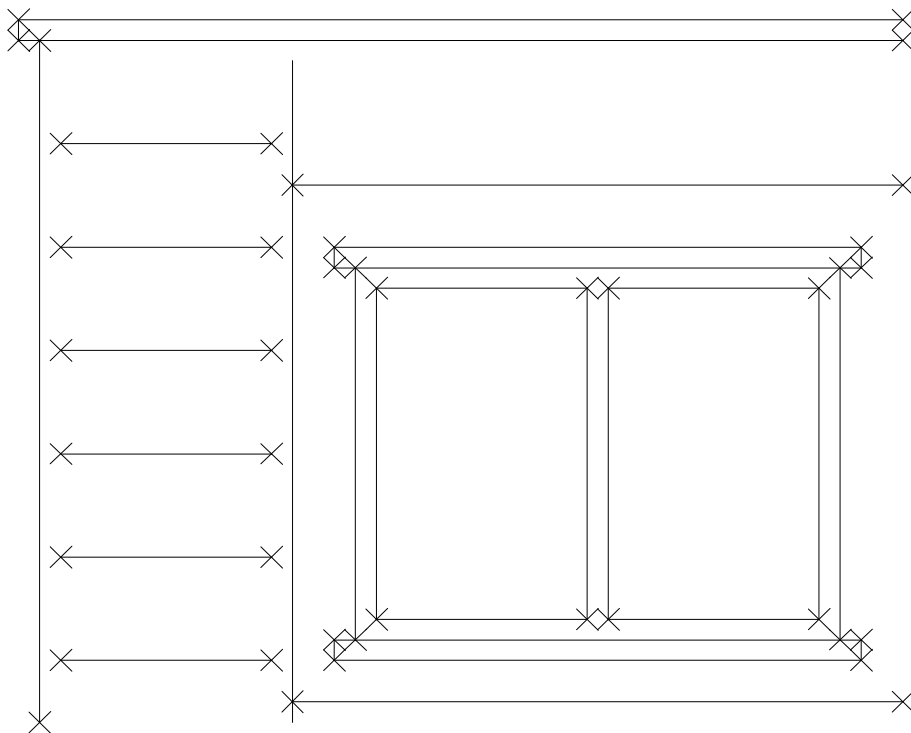
<https://www.facebook.com/k154geodesy>



# 3D skenování

Co je to teda to Skenování? A proč o tom všichni mluví?

- jiný název „laserové skenování“,
- **neselektivní** určování prostorových souřadnic objektu a jejich ukládání do paměti,
- provádí se pomocí skeneru, automaticky podle nastavených parametrů,
- výsledkem je tzv. „mračno bodů“ obsahující milióny až miliardy bodů,
- Bod = souřadnice x y z [r g b + další (intenzita)].





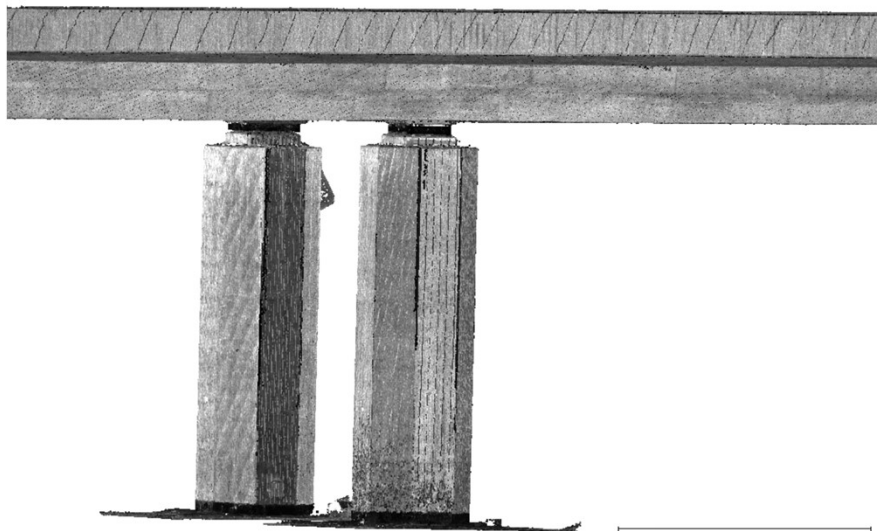
# Mračno bodů

Aha, mračno bodů?

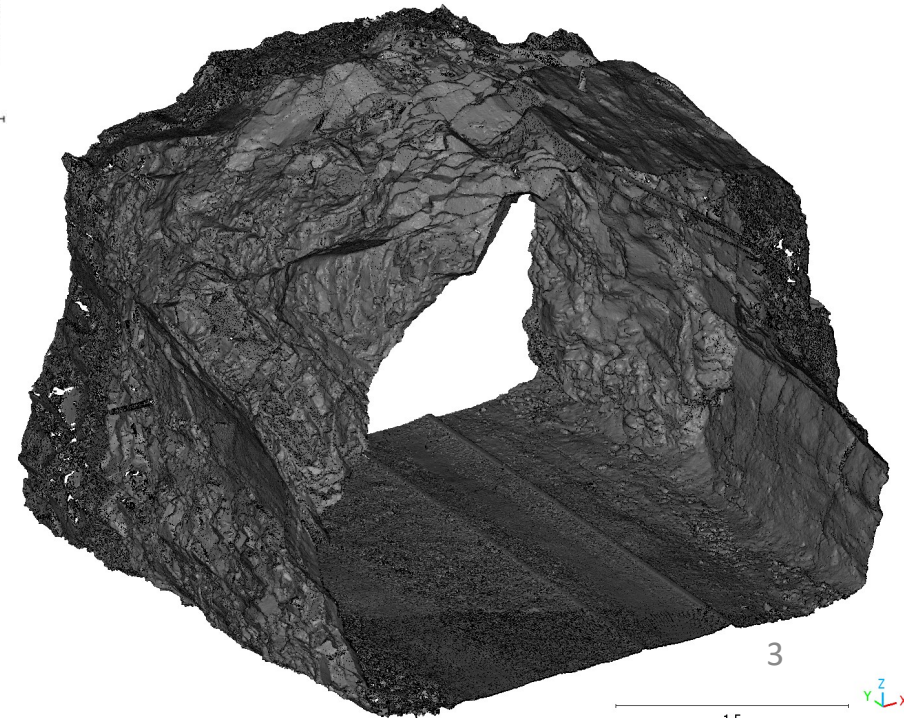
- Bod = souřadnice x y z [r g b + další].



25



4



3

1.5



# 3D skener

## A čím se to měří?

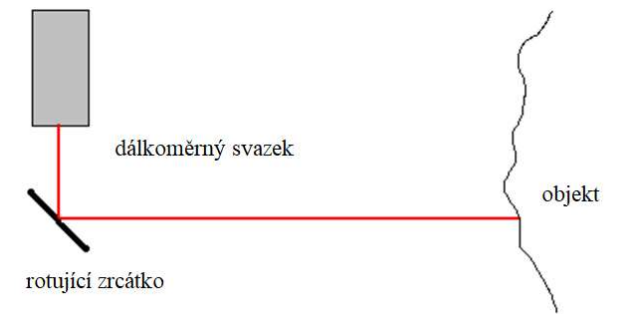
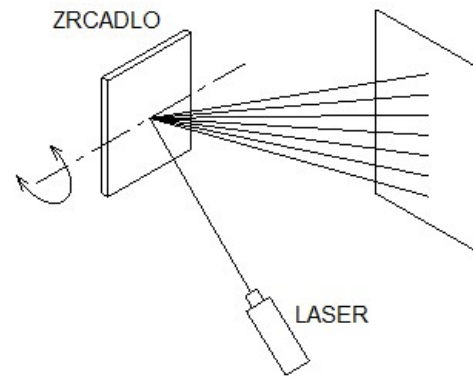
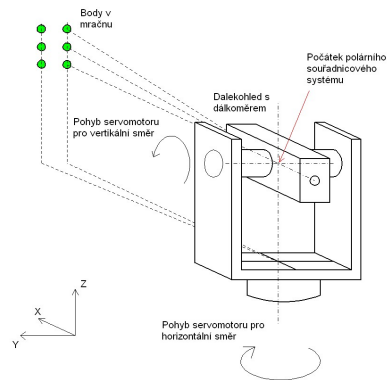
Skenerem. Různými druhy.

- Statické
  - Polární
  - Triangulační (se základnou)
  
- Mobilní
  - Letecké
  - Pozemní (vodní, podvodní)
  - SLAM (simultaneous localization and mapping)

# 3D skener

## A čím se to měří?

- Statické
  - Polární



- Triangulační (se základnou)



# 3D skener

## A čím se to měří?

- Statické
  - Polární





# 3D skener

A čím se to měří?

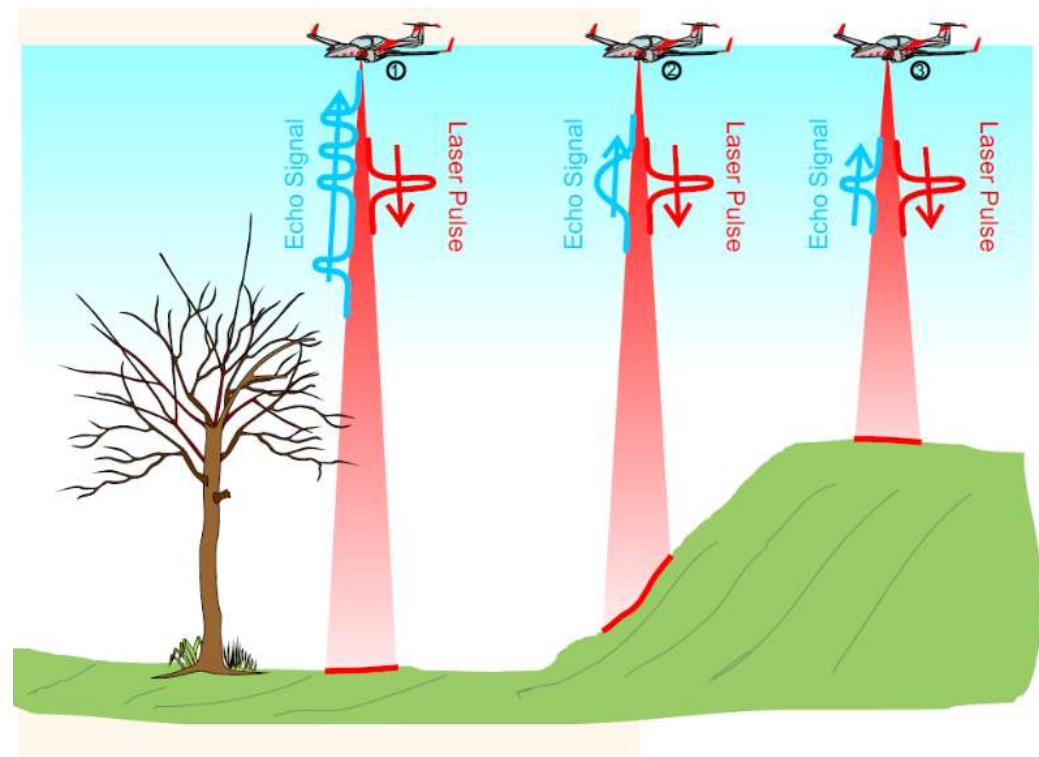
- Mobilní
  - Pozemní
  - Součásti
    - Skenery
    - Kamery
    - Inerciální navigační systém (INS)
    - GNSS přijímač(e)



# 3D skener

A čím se to měří?

- Mobilní
  - Letecké





# 3D skener

## A čím se to měří?

- Podle principu měření
  - SLAM
    - Současně určuje trasu i měří body (ta válcovitá věc se otáčí)
    - Vhodné na vnitřní prostory



# 3D skener

## A jaký to má vlastnosti?

- Princip měření
- Zorné pole
- **Dosah** - udává maximální rozsah vzdáleností, ve kterém skener měří. U polárních skenerů je tento parametr silně ovlivněn odrazivostí zaměřovaného povrchu.
- **Přesnost** – v principu jako u totální stanice (přesnost délky a úhlů).
- **Hustota skenování** - velikost úhlového kroku měření / rozestup podrobných bodů na objektu, často se udává jako rozestup bodů na vzdálenost 10 m.
- **Rychlost skenování** – udává se v počtu bodů/s (dnes běžně 1 – 2 mil.)

# Postup práce 3D skenování

## A k čemu a proč je to tak dobrý?

- Kompletní zachycení povrchů
- Rychle, Podrobně, Přesně (centimetry - milimetry)

## A jak se teda s tím pracuje?

- Rekognoskace
- Měření
  - Rozmístění vlíčovacích bodů



- Nastavení parametrů skenování (dnes především hustota skenování)



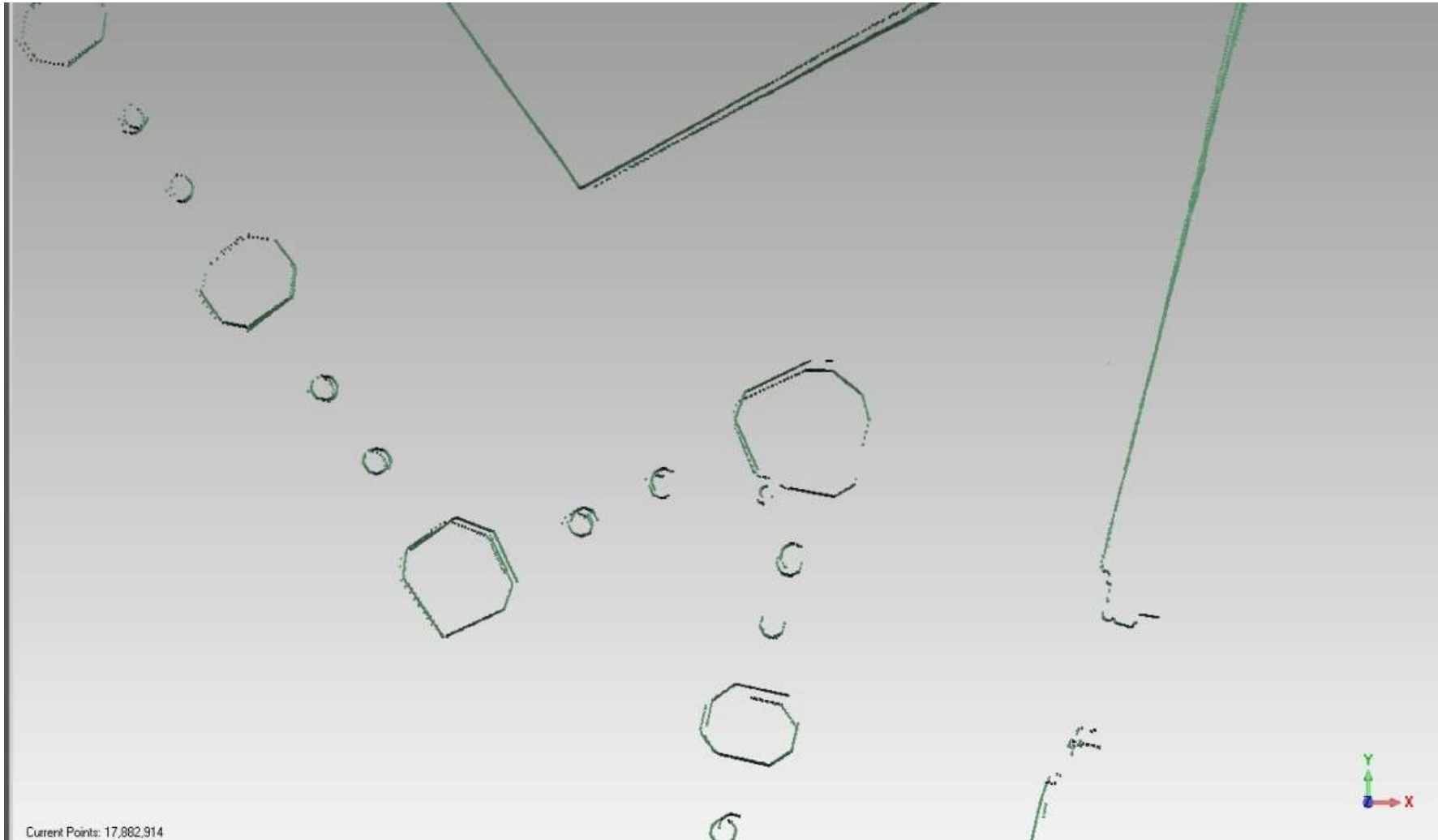
# Postup práce 3D skenování

## A když mám naměřeno?

- Export dat z přístroje (gigabajti)
- Příprava dat pro registraci (=spojení jednotlivých stanovisek)
  - Redukce bodů (někde jsou příliš husté)
  - Odstranění nepotřebných dat
  - Modelování/kontrola terčů
- Registrace - Proces spojování jednotlivých mračen bodů do jednoho celku a transformace do cílových souřadnicových systémů (lokální/globální)
  - Identické body
  - Překrytové oblasti
- Kontrola registrace
  - Protokol o registraci, Vizuální kontrola
- Úprava dat pro modelování
  - Redukce bodů
  - Očištění
  - Rozdělení mračna na logické části
- Modelování

# Postup práce 3D skenování

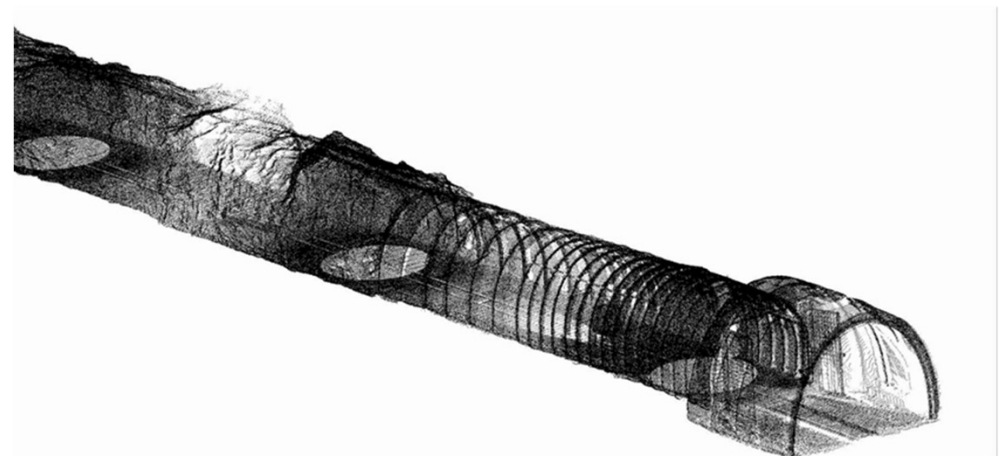
KONTROLA?



# Zpracování

## A další zpracování? Mám mračno, a co teď?

- Někdy to mračno stačí
- 3D model, kde mračno bodů je nahrazeno geometrickými primitivami (CAD model).
  - Drátový model
  - Data jsou nahrazena geometrickými primitivami (model z ploch/těles – rovina, válec, kužel, apod.)
- 3D model, kde mračno bodů je nahrazeno trojúhelníkovými sítěmi (TIN, Triangular Irregular Network).
- 3D model, kde mračno bodů je nahrazeno plochami s proměnlivou křivosí (např. B-spline).

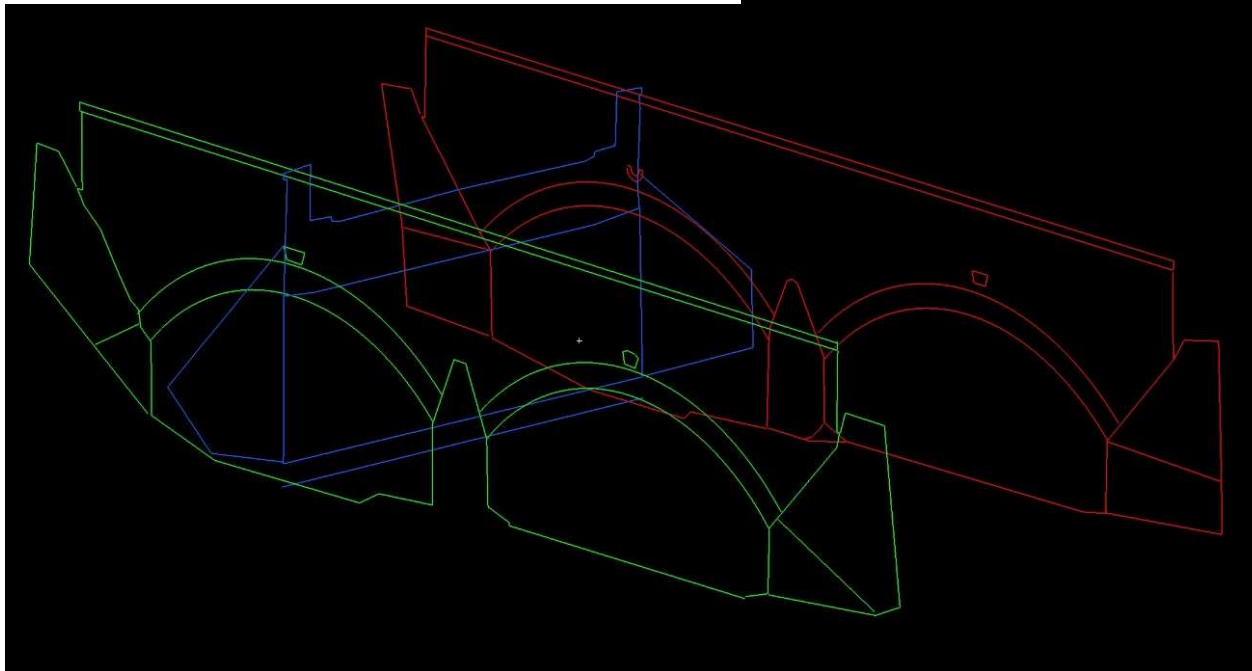
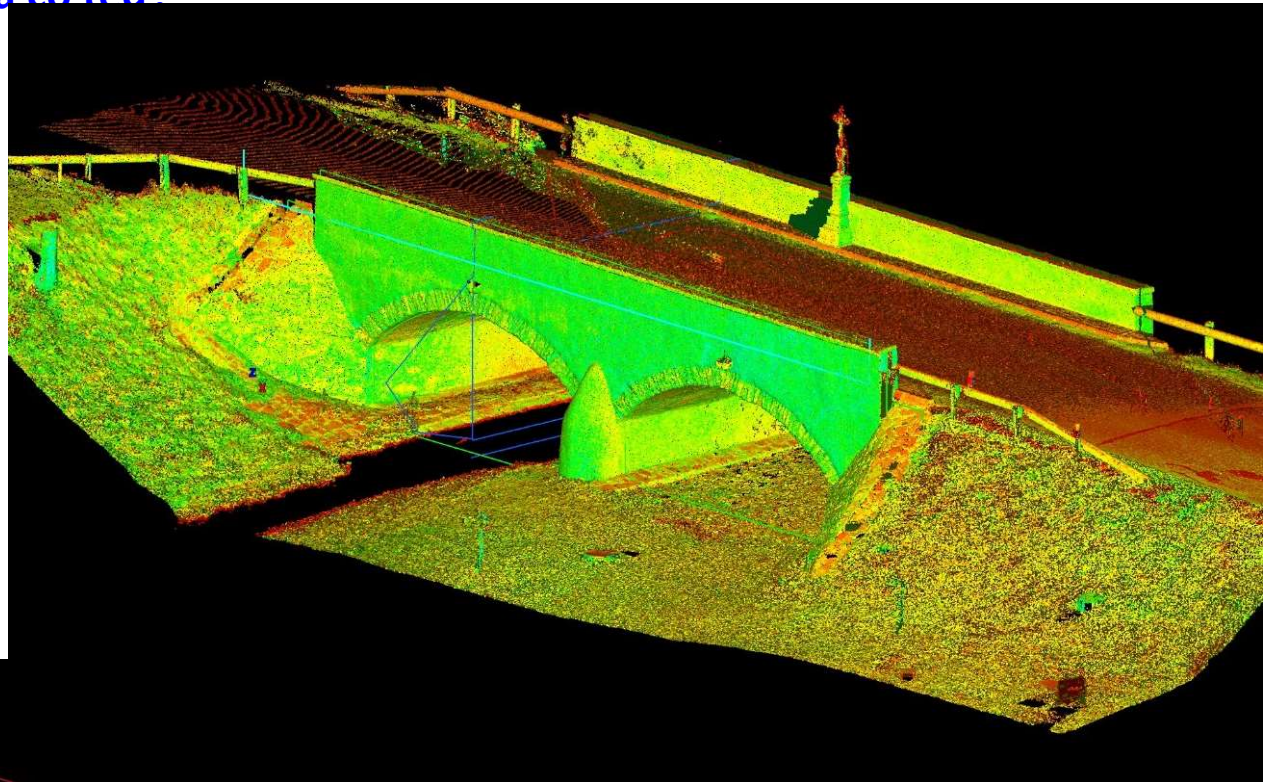




# Zpracování

A další zpracování? Mám mračno, a co teď?

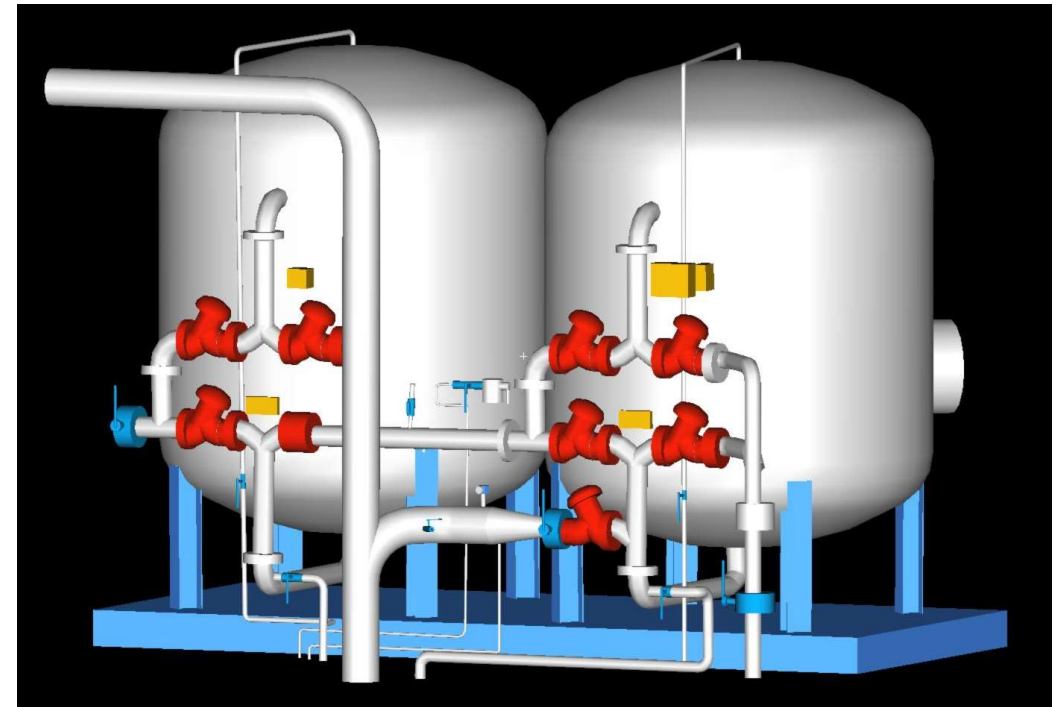
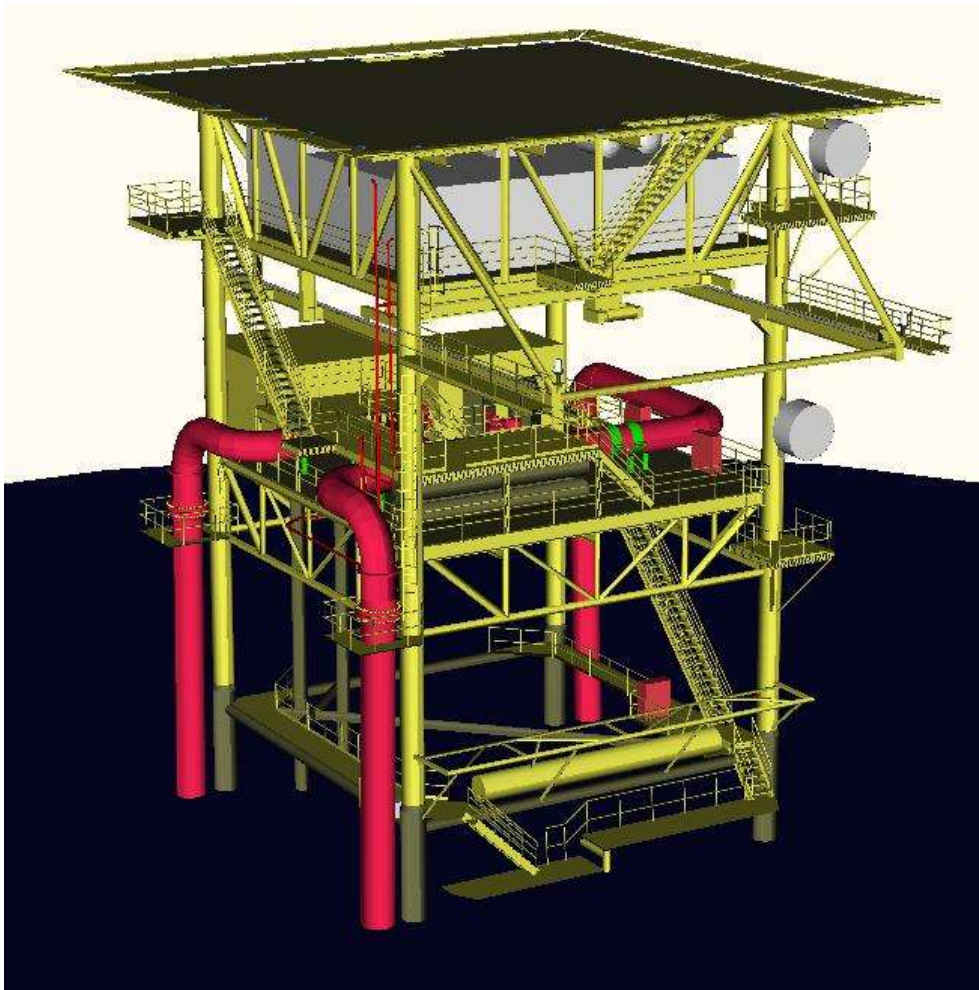
- Drátový model



# Zpracování

A další zpracování? Mám mračno, a co teď?

- Model z ploch (těles)

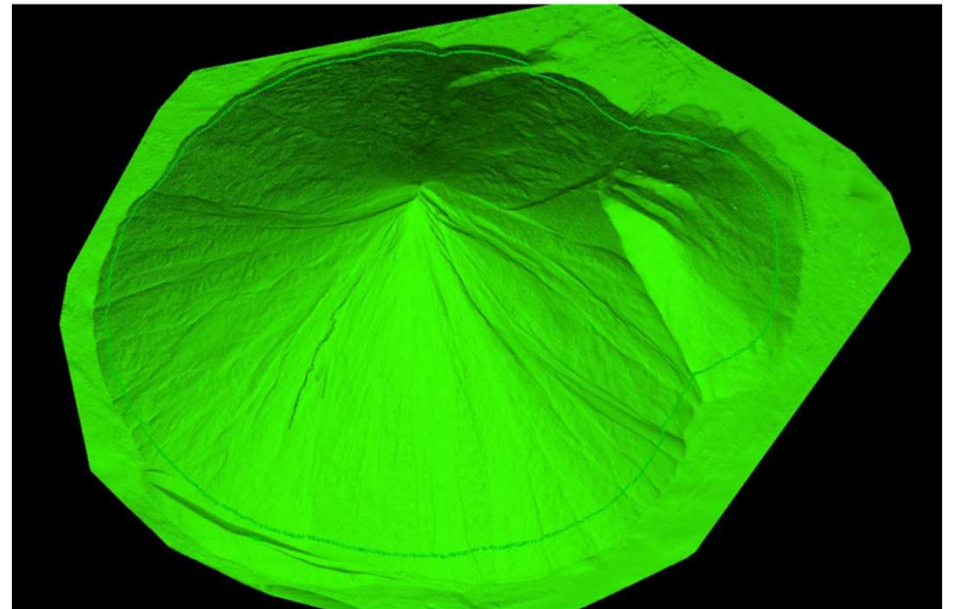
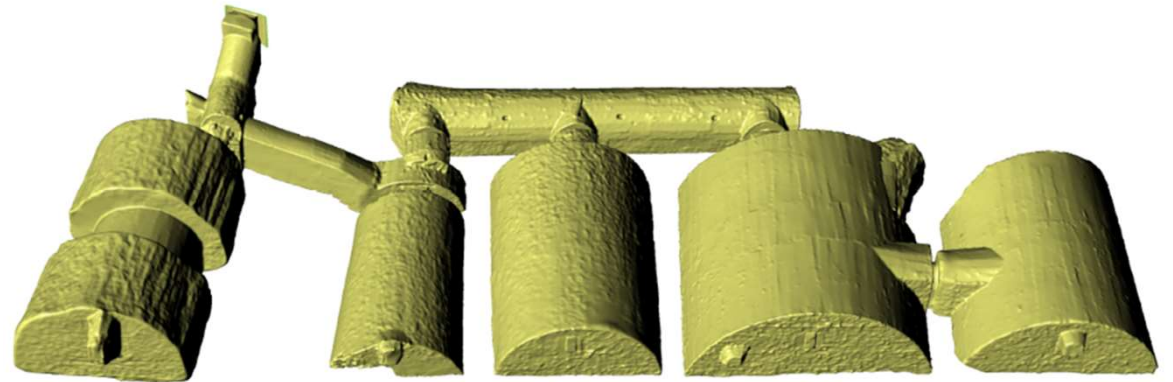




# Zpracování

A další zpracování? Mám mračno, a co teď?

- Trojúhelníkové sítě (mesh)

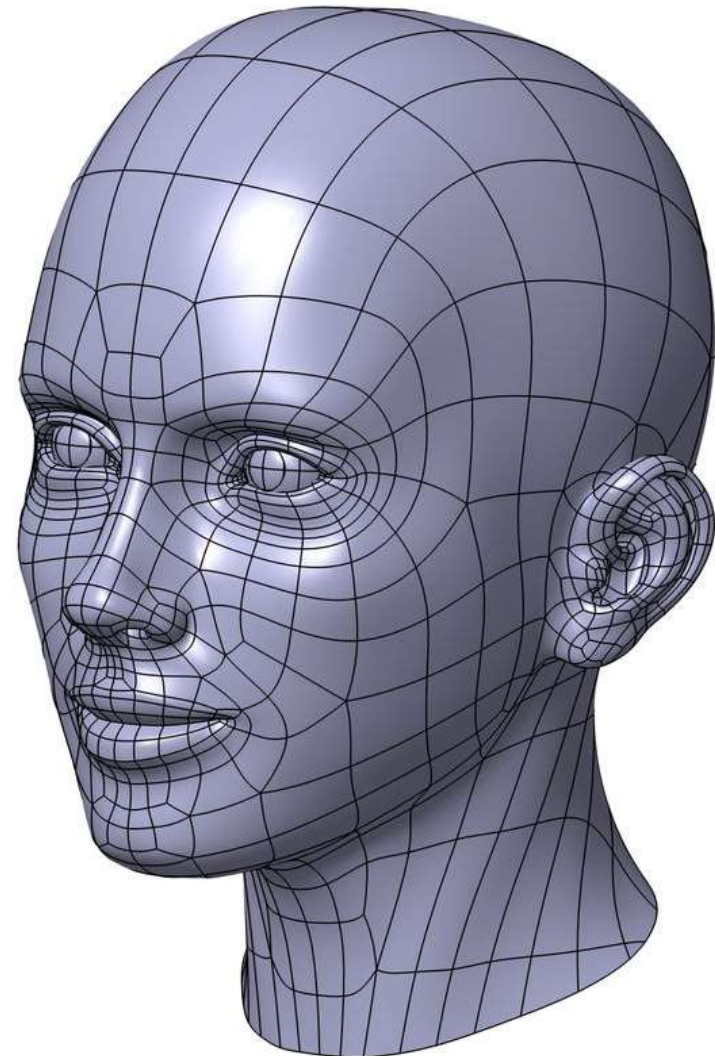
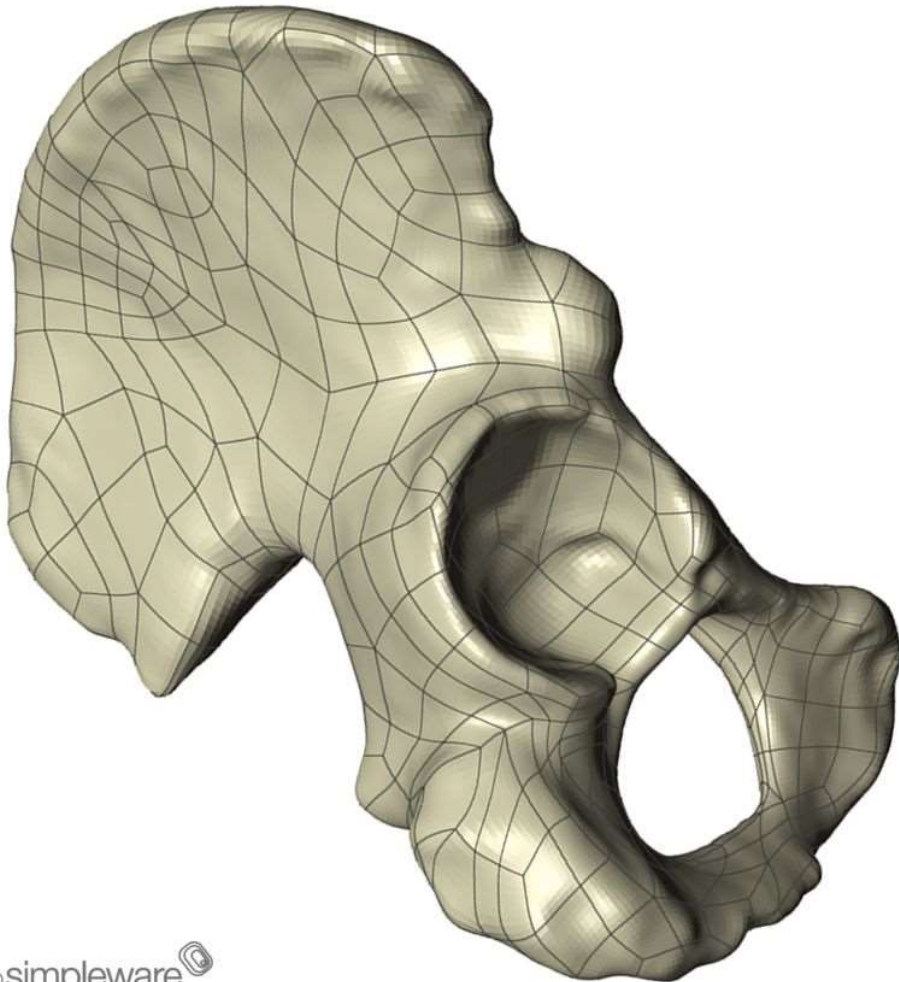




# Zpracování

A další zpracování? Mám mračno, a co teď?

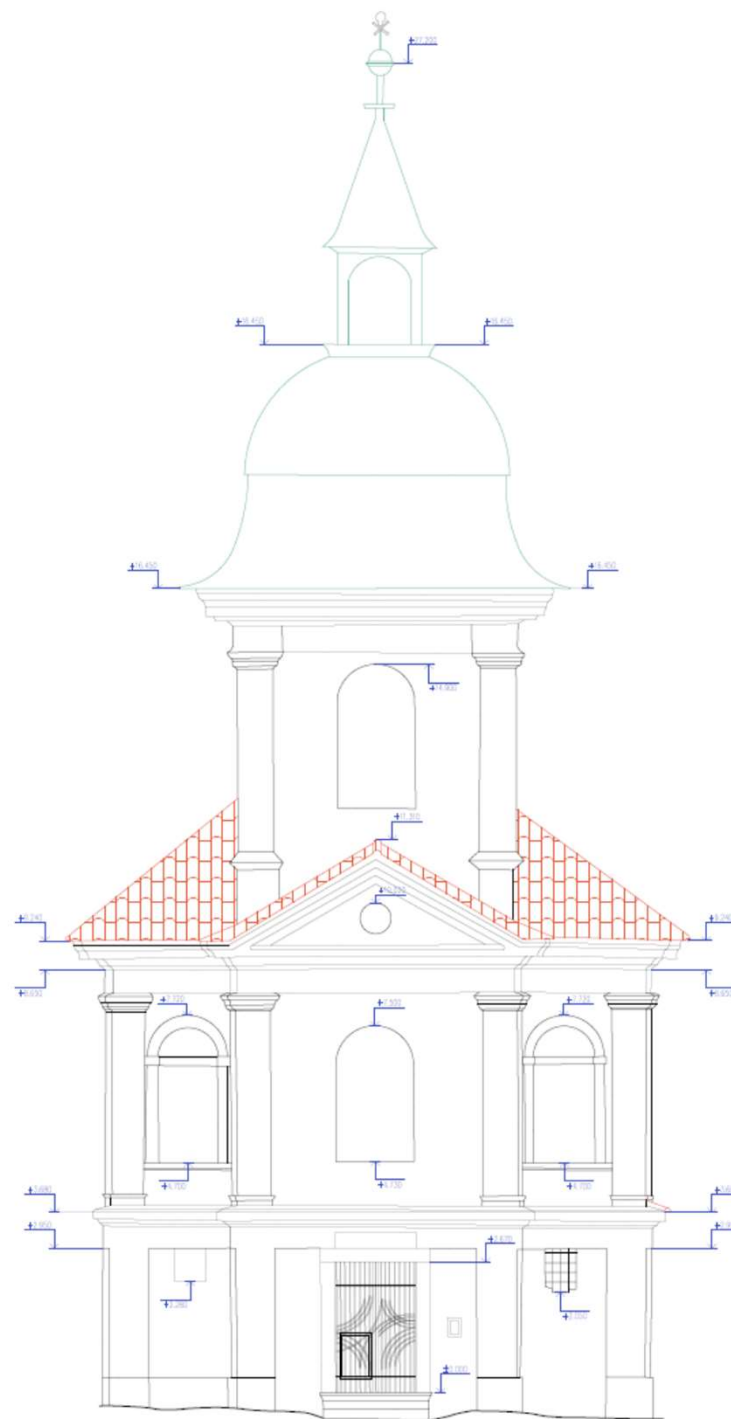
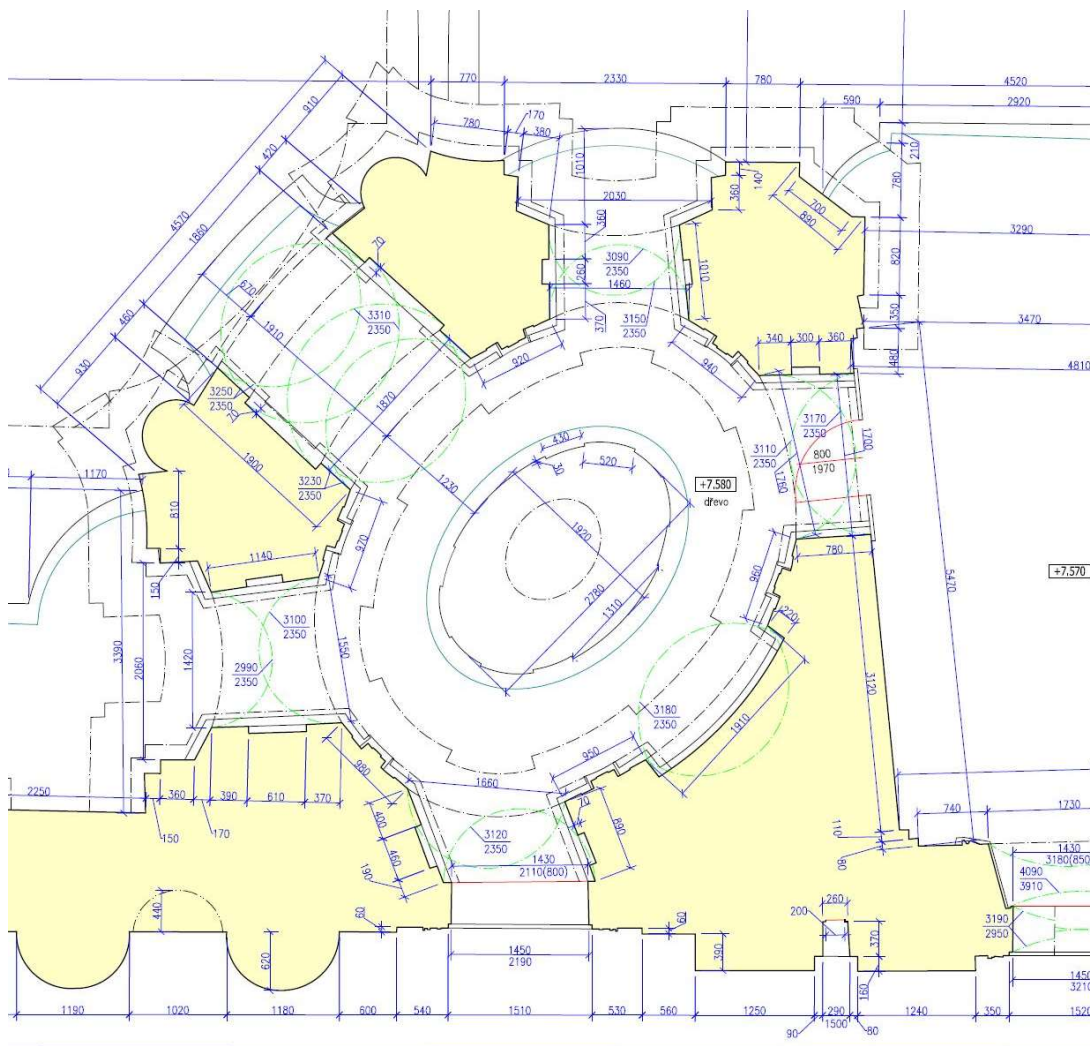
- Plochy s proměnlivou křivostí (b-spline)



# Zpracování

A další zpracování? Mám mračno, a co teď?

- 2d výstupy – pohledy, řezy,...



# Komerčně dostupné 3D skenery

## A ty skenery?

- Trimble X7
  - Polární metoda, pulsní dálkoměr
  - Zorné pole 360°x 282°
  - Přesnost 1 bodu
    - Délková 2 mm
    - Úhlová 21''
  - Dosah až 80 m (matný povrch)
  - Rychlost skenování až 500 000 b/s
  - Hmotnost skeneru 5,8 kg
  - 3 Integrované kamery
  - Kompenzátor
  - Provozní teplota -20°C až 50°C





# Komerčně dostupné 3D skenery

A další zpracování? Mám mračno, a co teď?

- Leica P40
  - Polární metoda,
  - Zorné pole 360°x 290°
  - Přesnost 1 bodu 6 mm na 100 m
  - Délková přesnost 1.2 mm + 10 ppm
  - Úhlová přesnost 8''
  - Dosah až 270 m (albedo 34%)
  - Rychlost skenování 1 000 000 b/s
  - Hmotnost skeneru 12,25 kg
  - Integrovaná dig. kamera
  - Dvouosý kompenzátor
  - Laserová olovnice
  - Provozní teplota -20°C až 50°C





# Komerčně dostupné 3D skenery

A další zpracování? Mám mračno, a co teď?

- Leica RTC360
  - Polární metoda, pulsní dálkoměr
  - Zorné pole 360°x 300°
  - Přesnost 1 bodu:
    - 1,9 mm na 10 m
    - 2,9 mm na 20 m
    - 5,3 mm na 40 m
  - Délková přesnost 1 mm + 10 ppm
  - Úhlová přesnost 18''
  - Dosah až 130 m
  - Rychlost skenování 2 000 000 b/s
  - Hmotnost skeneru 5,35 kg
  - Integrovaný 3 kamerový systém
  - Sklonoměr: přesnost 3'
  - VIS jednotka (Visual Inertial System)
    - pro sledování pohybu pozice skeneru relativně vůči předchozímu stanovisku v reálném čase



# Komerčně dostupné 3D skenery

A další zpracování? Mám mračno, a co teď?

- Leica MS60
  - Polární metoda, pulsní dálkoměr
  - Zorné pole 360°x 300°
  - Přesnost 1 bodu pro skenování neuvádí, mm /50 m
  - Dosah / Rychlost skenování (AŽ)
    - 300 m / 1000 b/s
    - 400 m / 250 b/s
    - 500 m / 62 b/s
    - 1000 m / 1 b/s
- Hmotnost skeneru 7,7 kg
- Kompenzátor
- Integrovaná kamera



# Komerčně dostupné 3D skenery

A další zpracování? Mám mračno, a co teď?

- Další – jo, stejný princip





# Výhody 3D skenování

## Proč?

- Výhody:
  - rychlý sběr dat
  - 3D model
  - kvalitní informace o nepravidelných plochách
  - prostorová analýza objektů, výpočty ploch, objemů, ...
  - velký objem dat – detailní informace o objektu.
- Nevýhody:
  - velký objem dat – náročné na hardware a software
  - odrazivost povrchu
  - Vegetace, ...



**Konec**

