



MASARYKOVA
UNIVERZITA

3D modelování a vizualizace v geoinformatice

RNDr. **Lukáš HERMAN**, Ph.D.

Geografický ústav
Přírodovědecká fakulta
Masarykova univerzita



Obsah prezentace

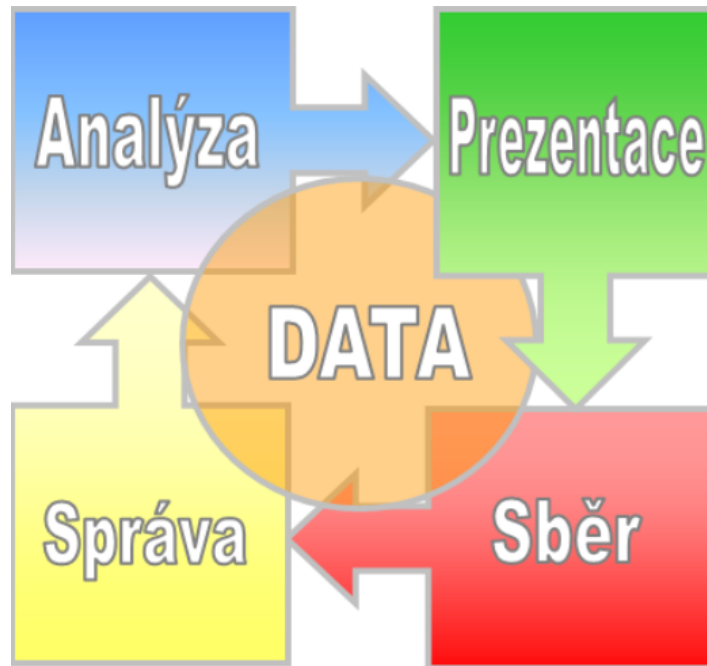
1. **SBĚR** : pořizování 3D prostorových dat
2. **ANALÝZA** : prostorové analýzy a simulace
3. **SPRÁVA** : uložení, transformace a zpracování 3D geodat
4. **PREZENTACE** : kartografická 3D vizualizace
5. Příklady využití & ukázky konkrétních aplikací



3D modelování a vizualizace v geoinformatice

- Výpočty objemů a povrchů,
- Množinové operace,
- Analýzy viditelnosti,
- ...

- Transformace dat z 2D do 3D
- Datové formáty a standardy,
- Software



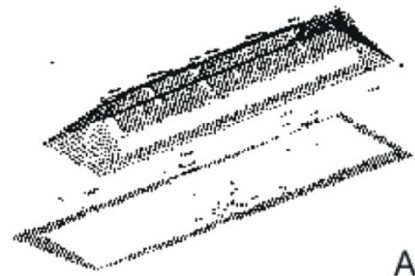
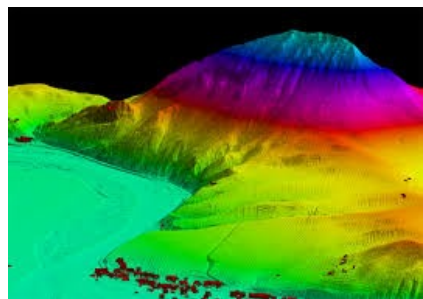
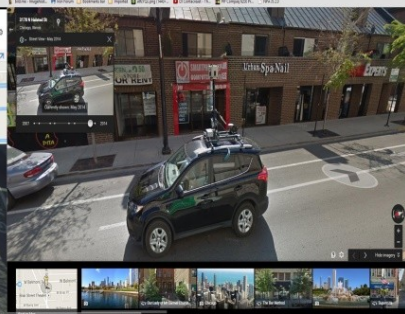
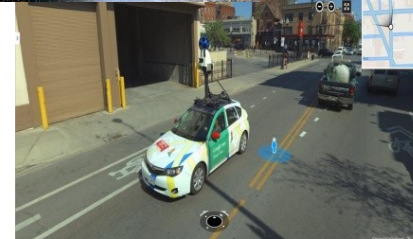
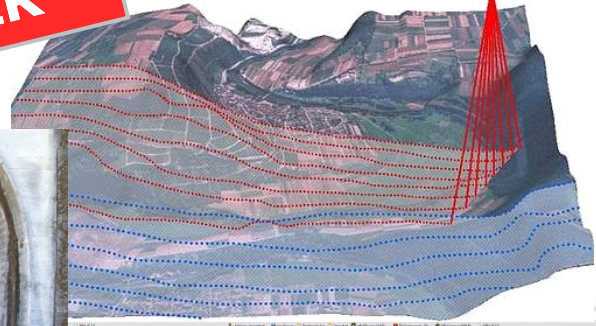
- 3D vizualizace
- Virtuální realita

- Laserové skenování
- Stereofotogrametrie (družicová, letecká, UAV, pozemní)
- ...

Metody sběru 3D dat

- Geodetické metody
 - Včetně GNSS
- Fotogrammetrie – družice, letadla
- Laserové skenování
 - Letecké
 - Pozemní
- Sférické snímkování (Street View)

SBĚR



A

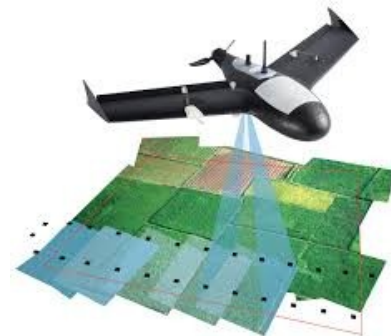
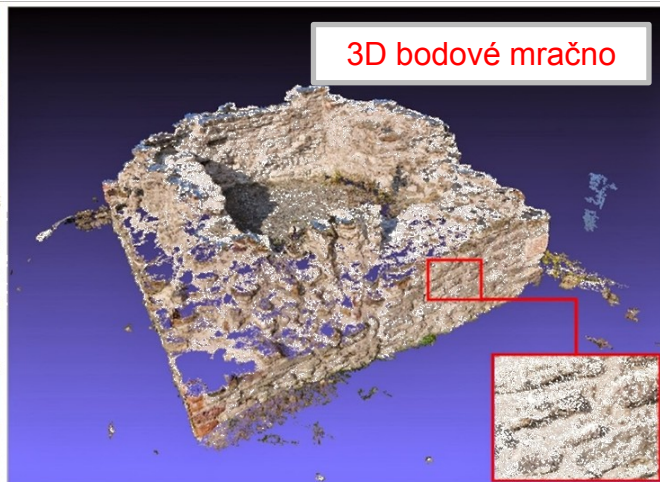
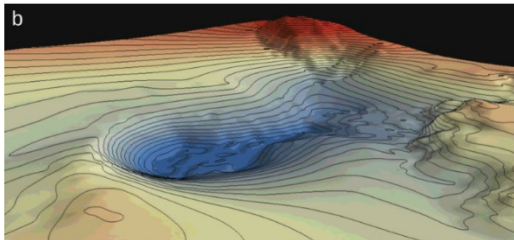
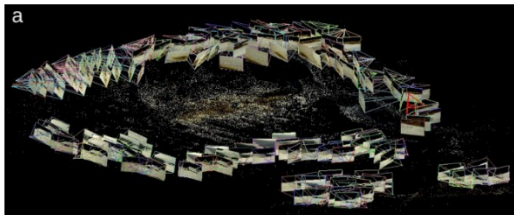
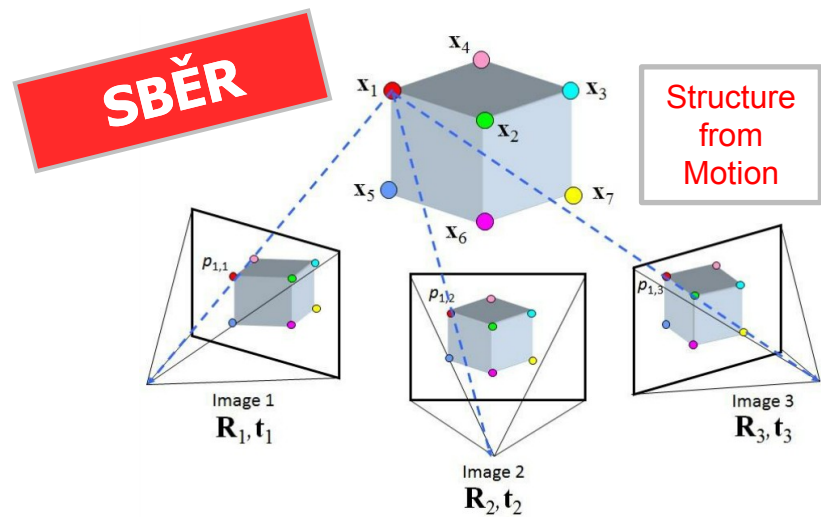


B



3D modelování z fotografií

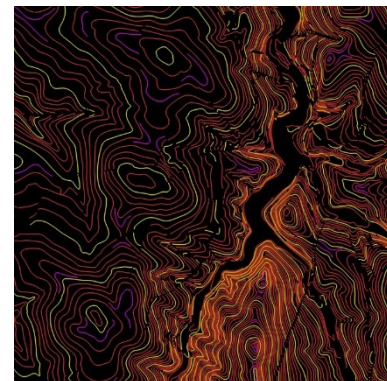
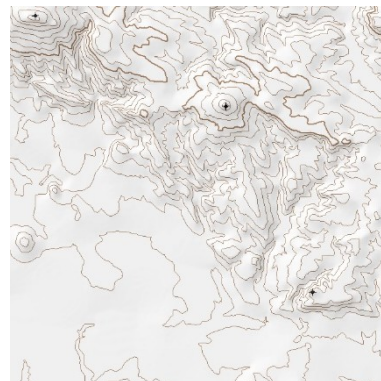
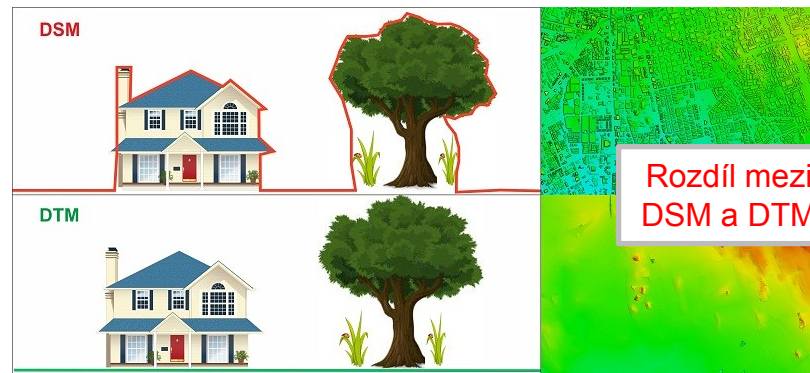
- z UAV (dronů)
- z pozemní fotografie / fotogrammetrie



Existující data – ČR

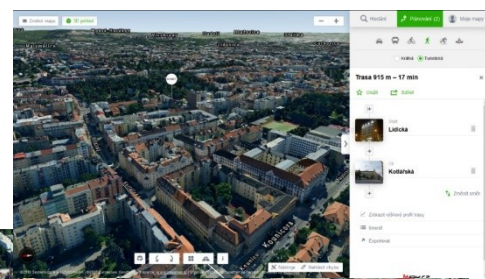
- ČÚZK (Český úřad zeměměřický a katastrální)
 - DMR 4G, DMR 5G = Digital Terrain Model (DTM)
 - ▣ DMR 4G, 5G i DMP 1G jsou vytvořeny z dat leteckého laserového skenování
 - ▣ Distribuovány jako množiny bodů nebo rastrová data
 - DMP 1G = Digital Surface Model (DSM)
 - ▣ DMR 4G, 5G i DMP 1G jsou vytvořeny z dat leteckého laserového skenování
 - ▣ Distribuovány jako množiny bodů nebo rastrová data
 - ZABAGED – terénní reliéf (vrstevnice, ...)
 - ▣ distribuováno komerčně
 - ▣ V rámci 3D modelování se předpokládá se zpracování těchto dat (např. interpolace a tvorba spojitých modelů terénu)
 - Data200, Data50 – terénní reliéf (vrstevnice, ...)
 - ▣ otevřená (volně dostupná) data

SBĚR

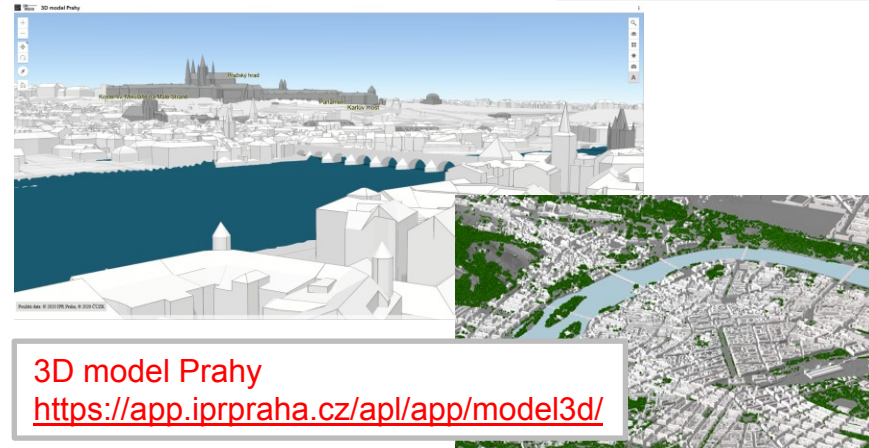


Existující data – ČR

- Komerční data
 - Nejznámější příklad – **Mapy.cz**
- Otevřená data některých měst
 - **Praha** – vytvořeno pomocí stereofotogrammetrie z leteckých snímků
 - **Brno** – vytvořeno stejnou metodou jak v předchozím případě



Mapy.cz
[https://mapy.cz/zakladni?
x=16.5972994&y=49.203
9635&z=19&m3d=1&heig
ht=229&yaw=-0&pitch=-
30&l=0&base=ophoto](https://mapy.cz/zakladni?x=16.5972994&y=49.2039635&z=19&m3d=1&height=229&yaw=-0&pitch=-30&l=0&base=ophoto)



3D model Prahy
<https://app.iprpraha.cz/apl/app/model3d/>

3D model Brna
<https://www.brno.cz/3d-model>

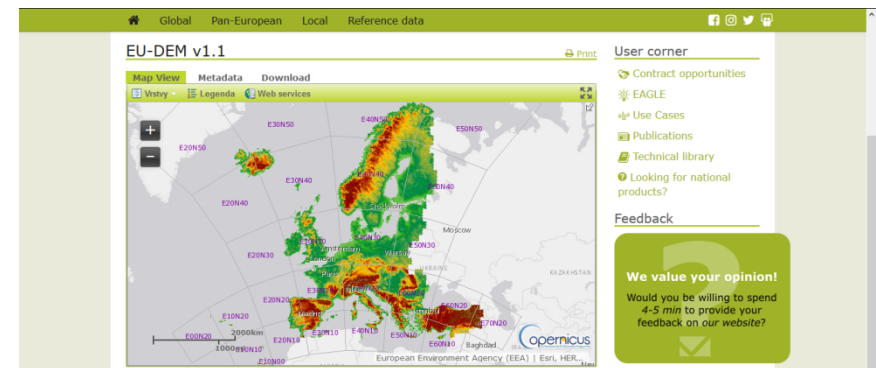


Existující data – svět

- Pro praktické využití je důležité znát rozsah, ale především také přesnost a podrobnosti 3D dat
 - Záleží na účelu využití dat
- Některé data jsou poskytovány komerčním způsobem (za úplatu), jiné jsou dostupné volně (zdarma)
 - Mezi volně dostupné zdroje dat patří např. 3D modely budov lze generovat z dat Open Street Map (OSM)
 - Rovněž EU-DEM je dostupný zdarma. Je to digitální model terénu distribuovaný jako rastr s velikostí pixelu 25m



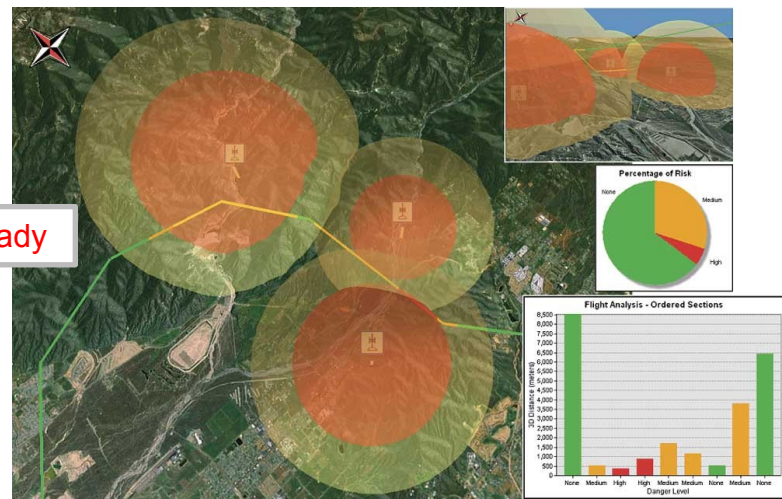
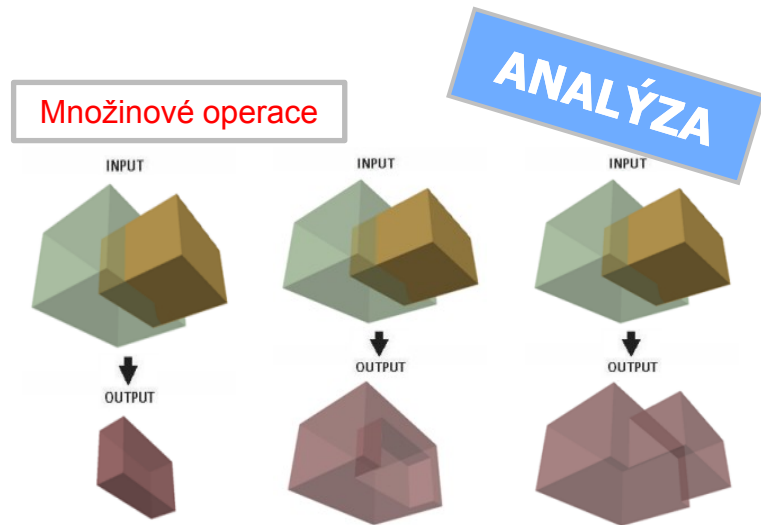
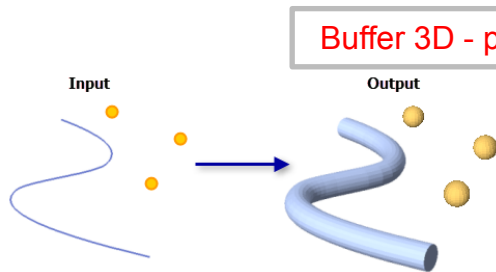
OSM
<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/3D>



EU-DEM
<https://land.copernicus.eu/pan-european/satellite-derived-products/eu-dem/eu-dem-v1.1>

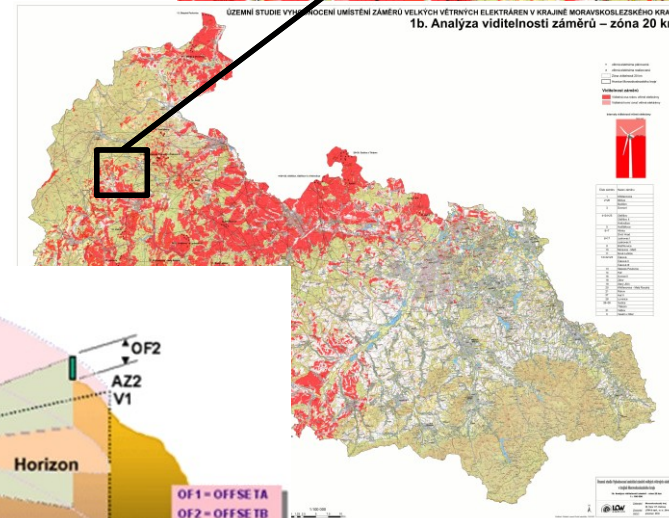
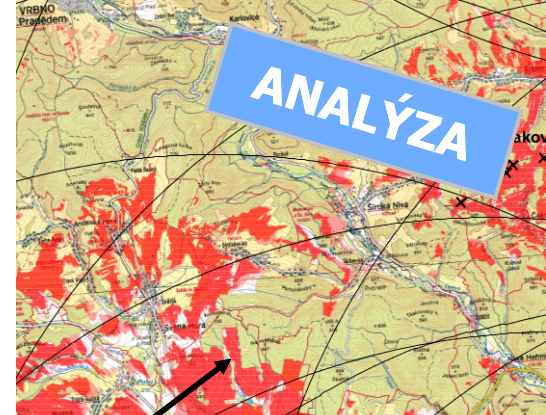
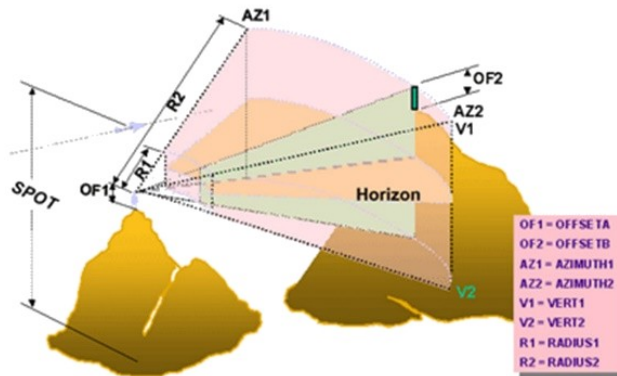
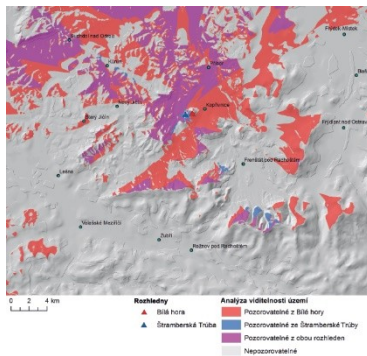
Základní analýzy ve 3D

- Výpočty objemů, povrchů (na terénu)
- Množinové operace (3D Overlay Algebra)
 - Union 3D
 - Intersect 3D
 - Difference 3D
- Buffer 3D – 3D obalové zóny
- Inside 3D
- Near 3D – vzdálenost ve 3D prostoru



Analýzy viditelnosti

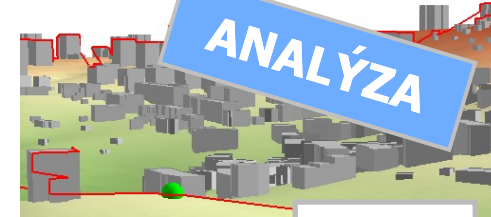
- Slouží k ...
 - určení ploch, které jsou viditelné z pozorovacího místa (např. z rozhledny)
 - Určení ploch, odkud je vidět daný objekt (např. větrnou elektrárnu nebo plánovanou výškovou budovu)
 - ...
- Konkrétní analýzy jsou např.:
 - Viewshead
 - Visibility



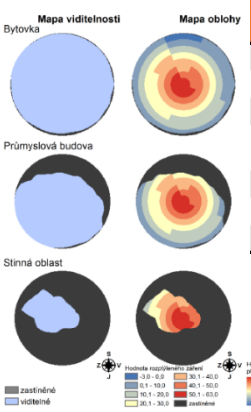
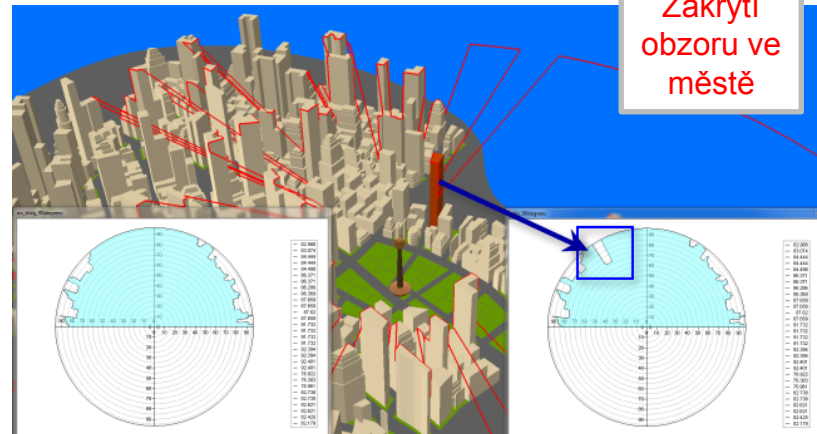
ANALÝZA

Analýza zakrytí obzoru, oslunění a zastínění

- Solar Radiation – výpočty solární insolace
- Výpočet zakrytí obzoru
 - SkyLine
 - SkyLine Barrier
 - SkyLine Graph
- SunShadowVolume



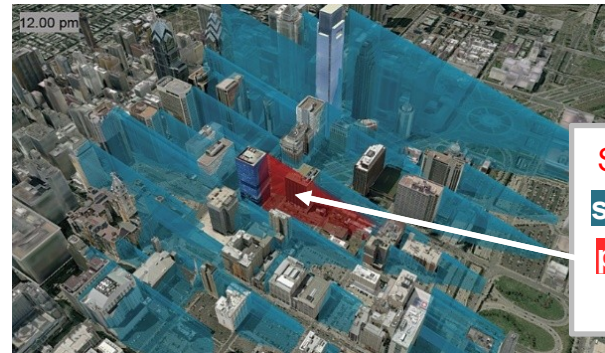
Zakrytí obzoru ve městě



Celková intenzita energie [WH/m ²]	
Bytovka 1	1 045 257,89
Bytovka 2	1 003 098,78
Pole	998 046,72
Průmyslová budova	997 129,16
Garáž	995 598,72
Rodinný dům	741 765,45
Stinná oblast	198 033,14



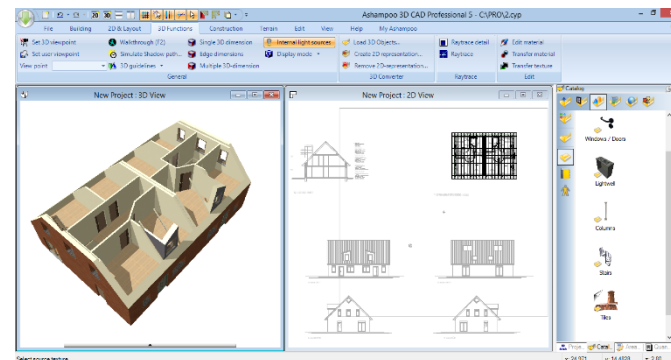
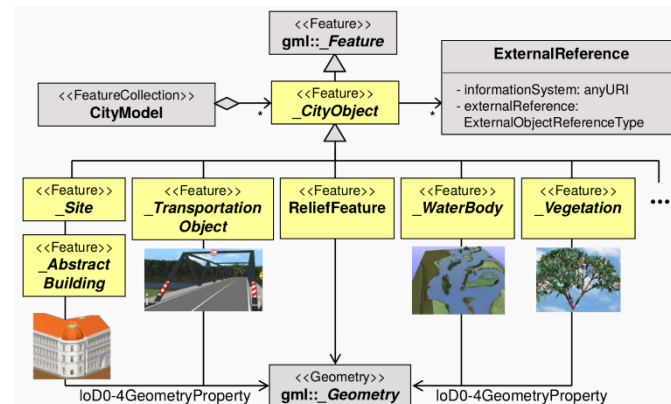
Solární insolace v Pardubicích



Stíny vržené stávajícími a plánovanou budovou

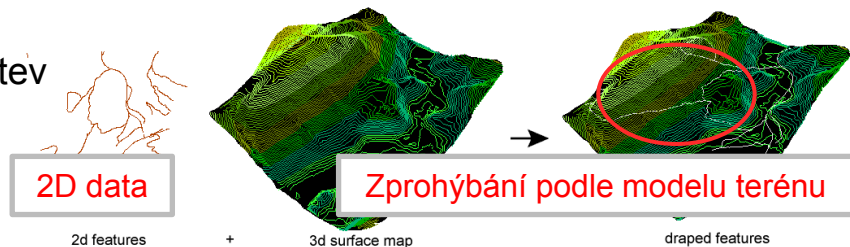
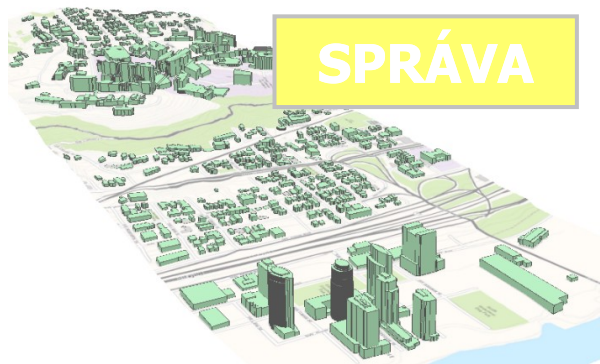
Datové formáty a standardy

- Formáty počítačové grafiky
 - VRML, X3D, COLLADA, glTF, ...
- CAD formáty
 - DWG, DXF, DGN
- Geoinformatika
 - Multipatch, KML, CityGML, ...
- ... standardizace datových modelů



Převod dat z 2D do 3D

- Vytvoření 3. rozměru z atributu(ů)
 - budova má 3 patra, průměrná výška patra je 3 metry – výška budovy = 9 m
- Získání 3. souřadnice z jiných vrstev
 - umístění na model terénu a „zprohýbání“ 2D vrstev
- Data již jsou 3D
 - i v tomto mohou být nutné další úpravy ...
 - ▣ Transformace souřadnicových systémů, např.
 - ▣ Aplikace 3D variant množinových GIS operací (viz slajd „Základní analýzy ve 3D“)



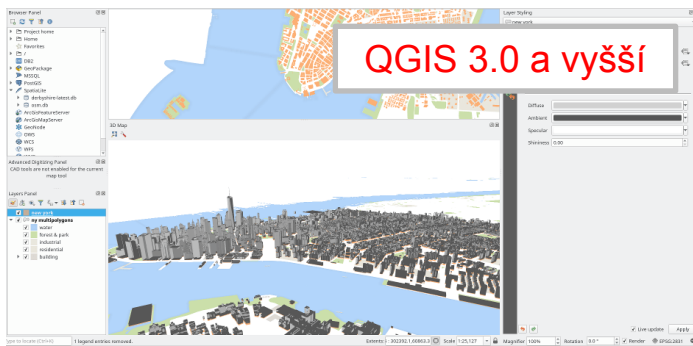
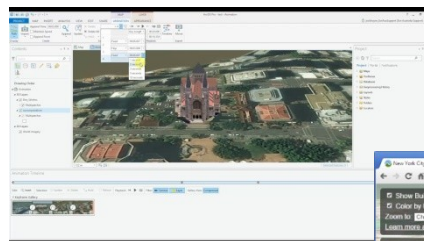
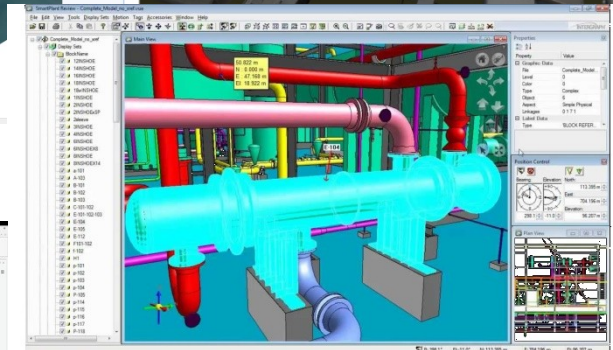
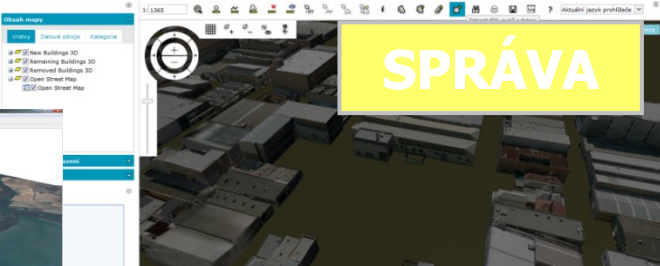
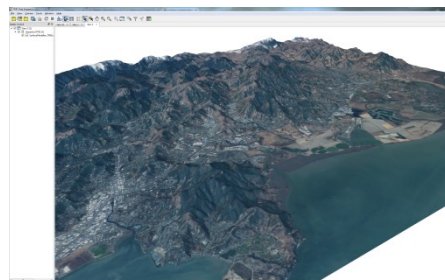
kartézské souřadnice (X, Y + Z)



zeměpisná šířka, zem. délka + **výška nad referenčním tělesem**

Software

- Komerční i open source
- Desktopové programy
 - Grafické programy
 - CAD programy
 - GIS – ArcScene, QGIS 3+, ...
- Webové technologie
 - Cesium, Three.js, ...

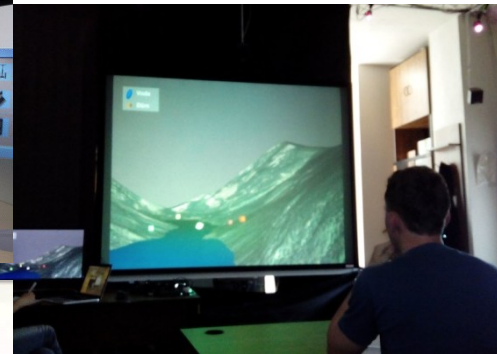
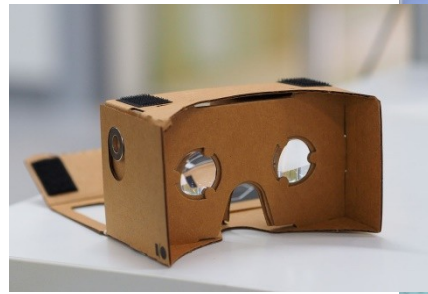


Cesium



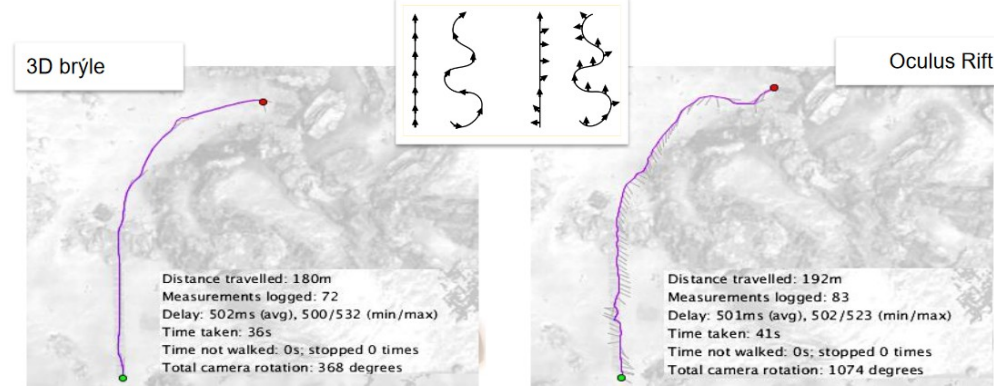
Virtuální realita

- Rostoucí výpočetní síla
- „High-tech“ systémy
 - CAVE systémy
 - helmy pro virtuální realitu
- „Low end“
 - Chytrý telefon
 - Klasický počítač (desktop, notebook)
 - Google Cardboard



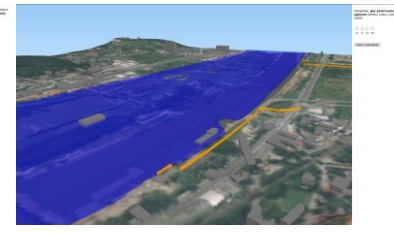
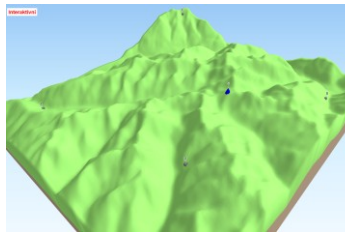
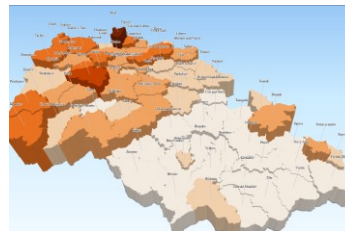
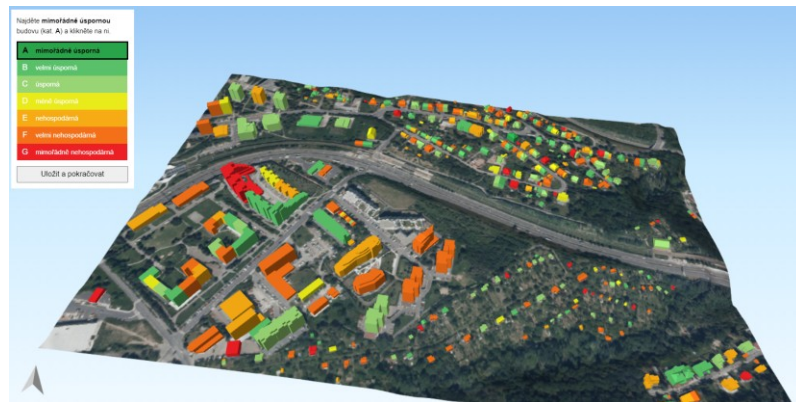
3D vizualizace & uživatelé

- Uživatelé: odborníci, státní správa, široká veřejnost, ...
- Otázkou je:
 - Rozumí lidé 3D vizualizaci?
 - Dokáží z ní zjistit hledané informace (rychle a správně)?
 - Není lepší „klasická“ 2D mapa, např. na papíře?
 - Jak udělat 3D vizualizaci, co nejsrozumitelnější?
- Odpovědi poskytuje **uživatelské testování**



3D & uživatelské testování

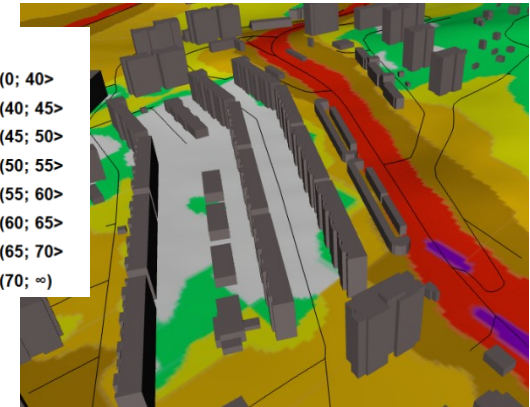
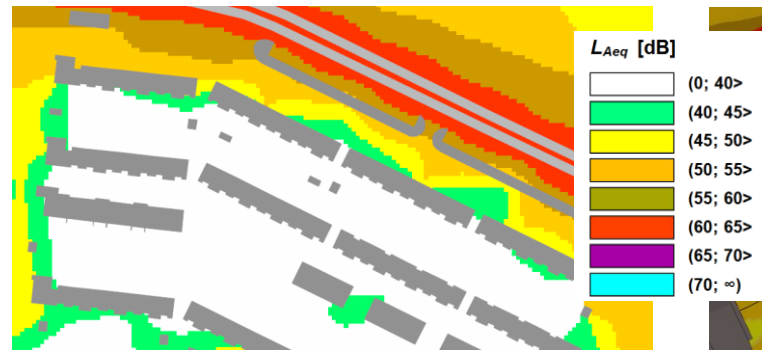
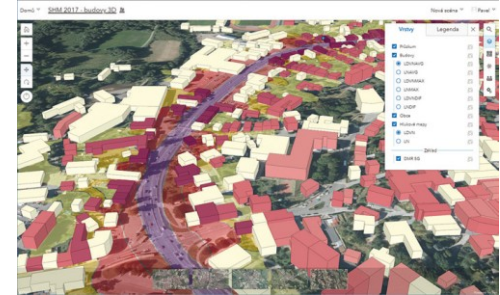
- Uživatelé plní praktické úlohy (pracují s 3D daty). Je zaznamenávána správnost a rychlost řešení, případně také způsob řešení úlohy.
 - Př. najdi nejvyšší vrchol, urči nejsnazší trasu nebo vyber plochu, která splní zadané parametry
- Můžete si vyzkoušet zde:
 - <http://www.oli.wz.cz/webtest/3dmover2/3d-city-model>



Příklady využití & ukázky konkrétních aplikací

- 3D modely a 3D vizualizace prostorových dat se využívají v řadě oblastí
 - Územní plánování (modelování viditelnosti – např. jak plánovaná budova ovlivní panorama města, modelování zastínění – jak plánovaná budova ovlivní distribuci slunečního světla ve svém okolí)
 - **3D katastr nemovitostí**
 - Modelování znečištění a **hlukové mapování**
 - **Energetické simulace a analýzy** (např. určení potenciálu pro umístění solárních elektráren)
 - **Krizové řízení** (celá řada úloh – modelování povodní a eroze, např. sesuvů; simulace výbuchů)
 - Popularizace a propagace, turistika či sport, ...
- Příklady konkrétních aplikací (z *tuzemska*)
 - **3D v Mapách.cz**
 - **3D model Prahy** (IPR)
 - **Analýzy výškopisu** (ČUZK)

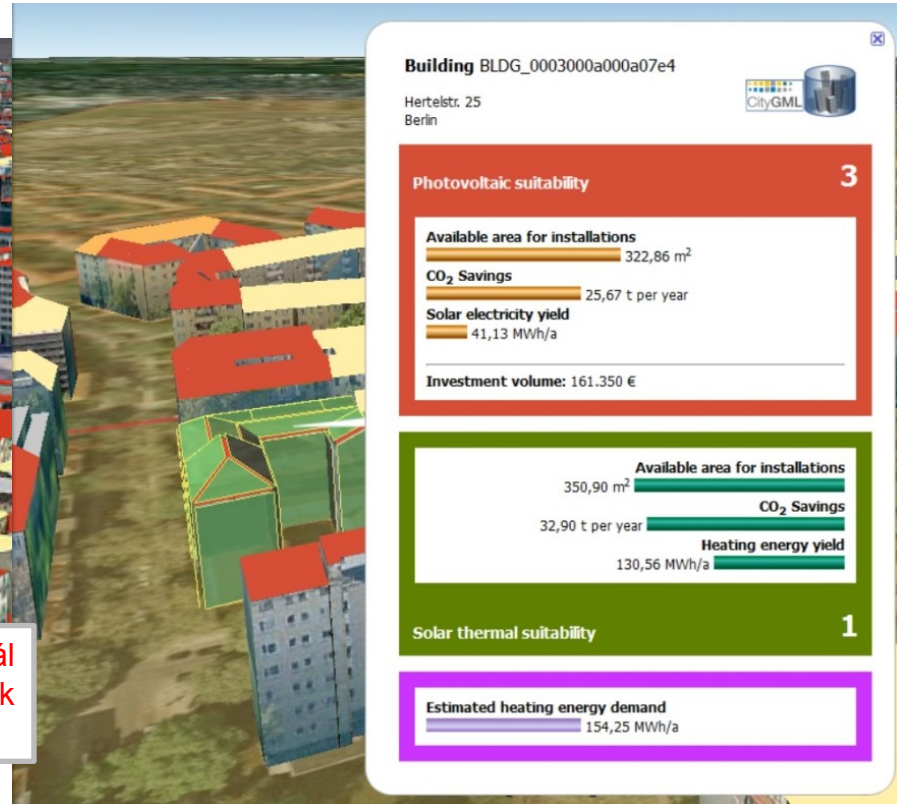
Možné aplikace – hlukové mapování ve 3D



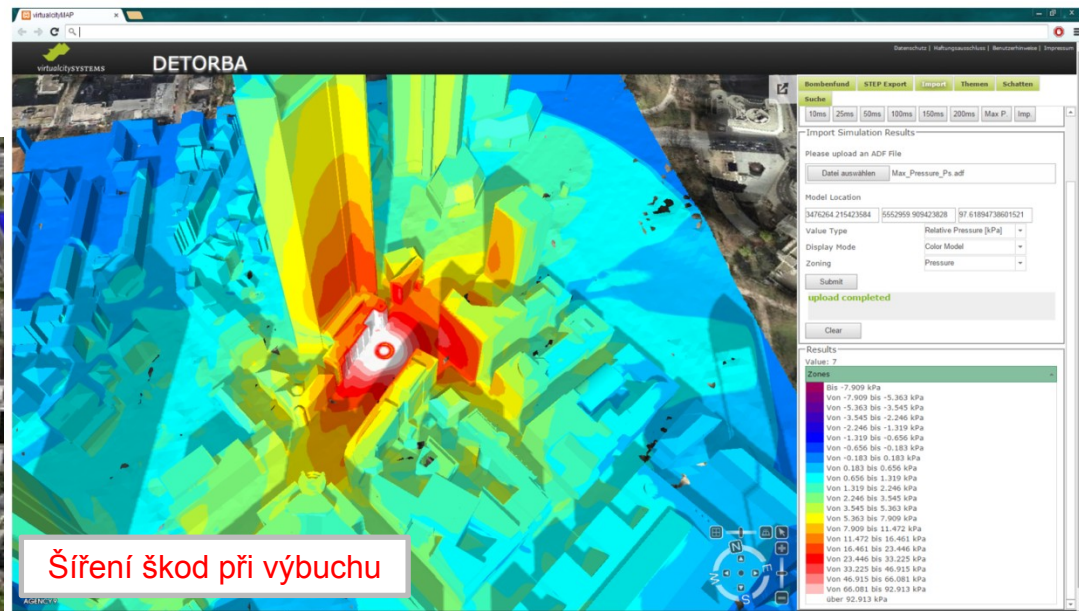
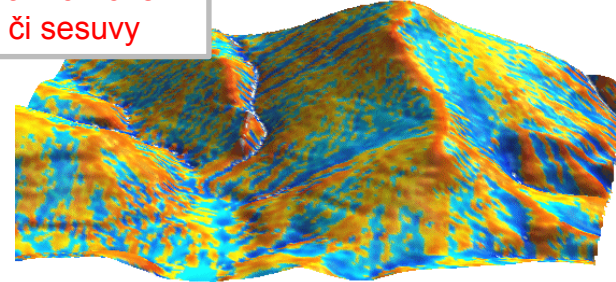
Možné aplikace – energetické simulace a analýzy



Zahrnuje jak modelování možné výroby energií (zde: potenciál střech pro umístění solárních panelů a jejich možný výkon), tak modelování spotřeby energií (např. tepelné ztráty)



Možné aplikace – krizové řízení



Modelování povodní ve 3D



Aplikace – 3D vizualizace v Mapách.cz

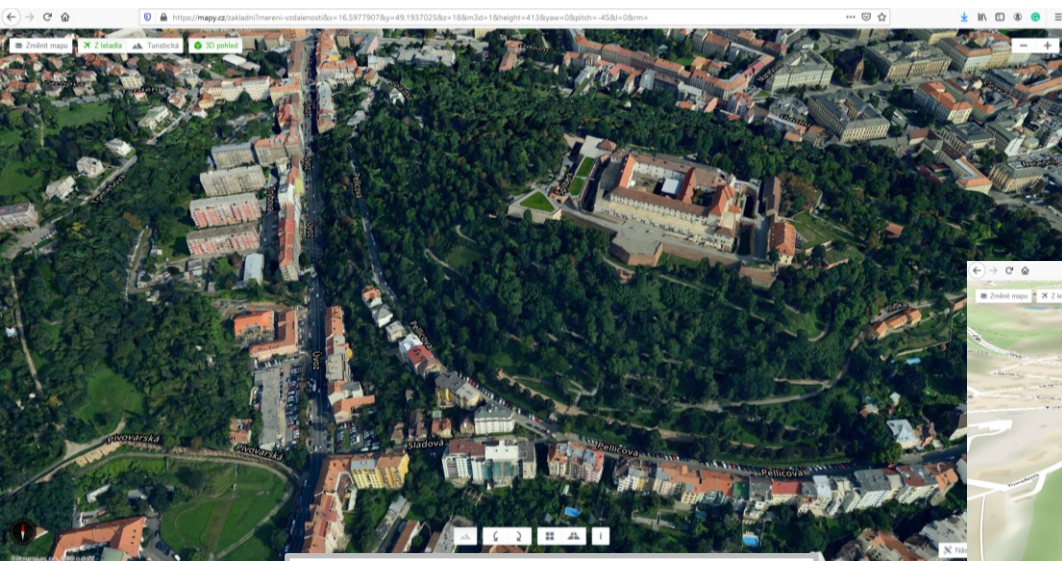
Jednoduchá funkcionalita. Umožňuje defacto jen prohlížet 3D data.

Na zpracování dat se podíle společnost Melown Technologies (<https://www.melowntech.com/>).

Ukázky činnosti firmy Melown Technologies jsou zde:

<https://www.melown.com/maps/>;

<https://www.melown.com/maps/?x=511946&y=5610765&d=90&rx=309&ry=-40&ho=20&rotate=0#frydstejn>



Můžete vyzkoušet zde:
<https://mapy.cz/s/puzuposoko>

Můžete vyzkoušet zde:

<https://mapy.cz/s/madafukepa>



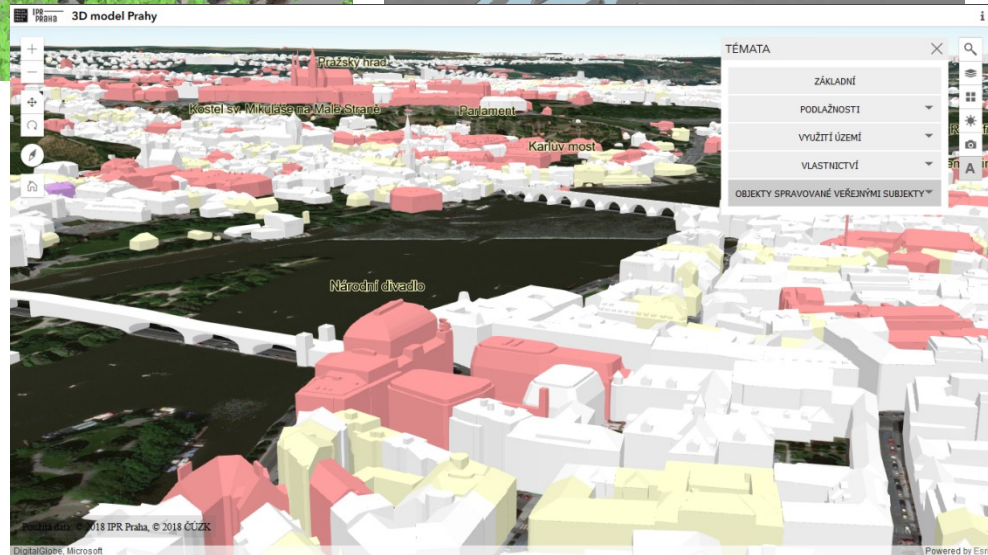
Aplikace – 3D model Prahy IPR

IPR = Institut plánování a rozvoje hl. města Praha

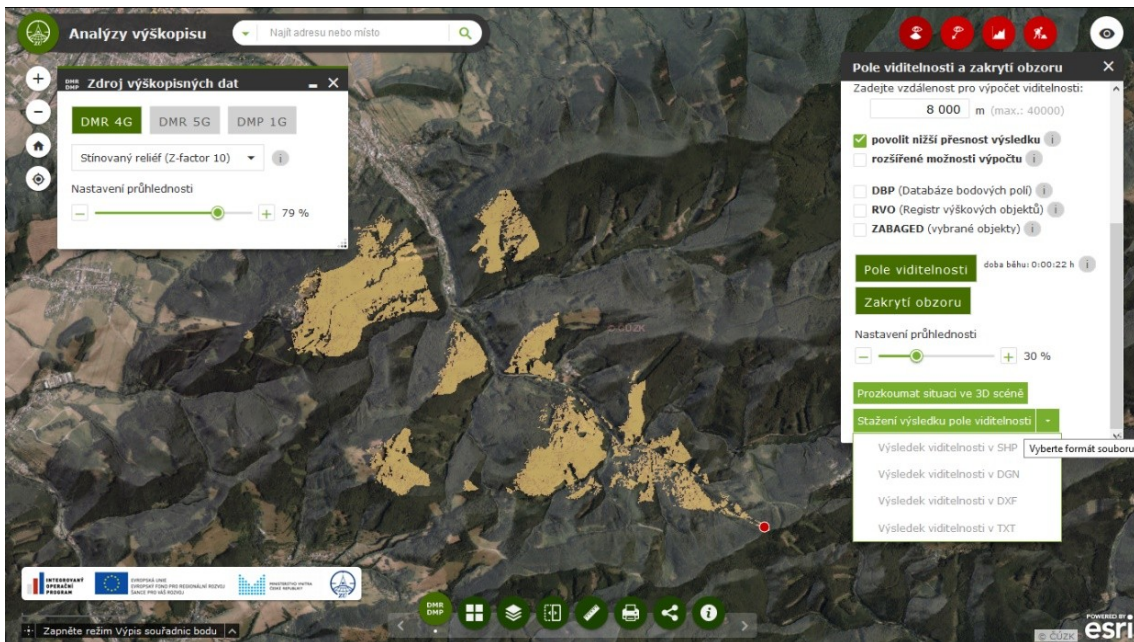
Umožňuje prohlížet 3D model Prahy. Funkcionalita je jednodušší. Budovy lze „obarvit“ podle různých atributu (veřejné budovy, účel využití, ...) Zejména historické centrum je modelováno podrobně.



Můžete vyzkoušet zde:
<https://app.iprpraha.cz/apl/app/model3d/>

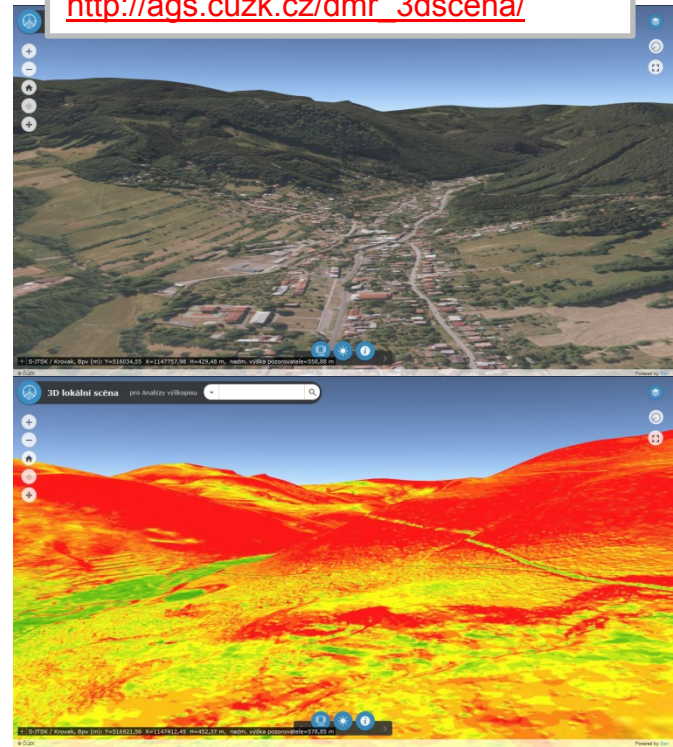


Aplikace – Analýzy výškopisu ČÚZK



Můžete vyzkoušet zde: <https://ags.cuzk.cz/dmr/>
Lze využít při plánování staveb či turistice

Webová aplikace, která pracuje s daty ČÚZK (DMR 4G, 5G a DMP 1G) a umožňuje analýzy viditelnosti, konstrukci terénních profilů, orientační výpočet objemu apod. Výsledky analýz lze stáhnout (jako Shapefile) nebo zobrazit ve 3D scéně http://ags.cuzk.cz/dmr_3dscena/



Aplikace 3D GIS – shrnutí & některé aktuálně používané související **termíny**

- 3D modelování a vizualizace může být **nákladné** – zejména pořizování nových dat
- Záleží přitom na účelu výsledného 3D modelu, vizualizace či 3D GISu
- Je proto vhodné uvažovat u **využití 3D modelů ve více různých oblastech**, mimo již zmíněné to jsou také:
 - Územní plánování („**geodesign**“, **participace veřejnosti**)
 - Evidence a správa budov v různých měřítcích (**facility management**, **Building Information Modeling**, památková péče, ...)
 - „**Chytré budovy**“ (**indoor navigace**, ...) a chytré města („**smart cities**“)
 - Environmentální problematika (**analýzy městského klimatu**, ...)
 - Podpora krizového řízení (evakuace z budov či prostoro jako jsou stanice metra)
 - Propagace, popularizace, „**virtuální turistika**“, „**serious games**“, ...



Děkuji za pozornost

RNDr. Lukáš Herman, Ph.D. – herman.lu@mail.muni.cz

Geografický ústav,
Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita,