

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra geoinformatiky

Stanislav POPELKA

**GOOGLE A ARCGIS  
NOVÉ MOŽNOSTI V 3D VIZUALIZACI**



Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Kamil VYKOPAL

Olomouc 2008

Prohlašuji, že jsem předloženou práci na téma „Google a ArcGIS, nové možnosti v 3D vizualizaci“ vypracoval samostatně s využitím zdrojů, které cituji a uvádím v seznamu použitých pramenů a literatury.

V Olomouci, dne 28.5.2008 .....

Stanislav Popelka

Děkuji Mgr. Kamilu Vykopalovi za odborné vedení, cenné rady a připomínky při tvorbě bakalářské práce a Ing. Zdeně Dobešové Ph.D. za přínosné konzultace.

**Vysoká škola:** Univerzita Palackého v Olomouci

**Fakulta:** Přírodovědecká

**Katedra:** Geoinformatiky

**Školní rok:** 2007-2008

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

pro **Stanislav POPELKA**

obor **Geografie a geoinformatika**

**Název tématu:**

**GOOGLE A ARCGIS – NOVÉ MOŽNOSTI V 3D VIZUALIZACI  
GOOGLE AND ARCGIS – NEW POSSIBILITIES IN 3D VISUALIZATION**

### **Zásady pro vypracování:**

*Cílem bakalářské práce je popis základních technologických principů soudobé počítačové grafiky a vizualizace. Popis nástrojů programu Google SketchUp a s jeho pomocí vytvoření 3D modelu umístěného do prostředí Google Earth. Charakteristika Google Earth a Google Warehouse. Způsoby exportu z prostředí Google SketchUp a začlenění do prostředí programu ArcGIS. Součástí práce je i srovnání programu Google SketchUp s dalšími dostupnými 3D aplikacemi a diskuze věnující se problémům a možnostem využití 3D v GIS aplikacích.*

*Student odevzdá údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, pro potřeby zaevidování do Metainformačního systému katedry geoinformatiky ve formě vyplněného formuláře. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, metadatový formulář) bude odevzdána v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O bakalářské práci student vytvoří webovou stránku, která bude v den odevzdání práce umístěna na katedrální server. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002). Na závěr bakalářské práce připojí student jednostránkové resumé v anglickém jazyce.*

**Rozsah grafických prací:**

*Grafické výstupy budou součástí textu práce, popř. jako přílohy, rozsah podle potřeby práce.*

**Rozsah průvodní zprávy:**

*30-40 stran textu.*

**Seznam odborné literatury:**

*Voženílek, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.*

*Drdla, J. (1991): Počítačová grafika. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP.*

*Žára, J., Beneš, J., Felkel, P. (2005): Moderní počítačová grafika, Computer Press, Praha.*

*Žára, J. a spol. (1992): Počítačová grafika, principy a algoritmy, Grada, Praha.*

URL:

<http://www.esri.com/arcgis/>

<http://earth.google.com/>

<http://www.sketchup.com/>

**Vedoucí bakalářské práce:** Mgr. Kamil Vykopal

**Konzultant bakalářské práce:**

**Datum zadání bakalářské práce:** červen 2007

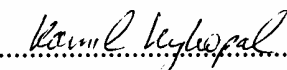
**Termín odevzdání bakalářské práce:** květen 2008



Vedoucí katedry

L.S

UNIVERZITA PALACKÉHO  
771 46 OLOMOUČ, tř. Svobody 25  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra geoinformatiky  
tel. 585 621 511, fax 585 621 512



Vedoucí bakalářské práce

V Olomouci dne 25. 6. 2007

ÚVOD.....	7
1. CÍLE PRÁCE.....	8
2. POČÍTAČOVÁ GRAFIKA.....	9
2.1. Reprezentace těles.....	9
2.1.1. Hraniční reprezentace těles.....	10
2.1.2. Konstruktivní geometrie těles.....	15
2.2. Objemová reprezentace.....	16
2.3. Promítání.....	17
2.4. Světlo.....	18
2.4.1. Světelné zdroje.....	20
2.4.2. Stínování.....	21
2.5. Stín.....	22
2.6. Textury.....	23
2.7. Globální zobrazovací metody.....	24
2.7.1. Sledování paprsku.....	24
2.7.2. Radiozita.....	26
3. GOOGLE EARTH.....	28
3.1. Aktuální verze.....	29
3.2. KML/KMZ.....	29
4. GOOGLE SKETCHUP.....	31
4.1. Historie.....	31
4.2. Aktuální verze.....	32
4.3. Funkce.....	33
4.4. Praktická ukázka funkcionality.....	37
5. TVORBA MODELŮ.....	40
5.1. Základ.....	40
5.2. Jednodušší model.....	42
5.3. Složitější model.....	43
6. VIZUALIZACE.....	44
6.1. Vizualizace pomocí Google Earth.....	44
6.2. Google WareHouse.....	46
6.3. Vizualizace pomocí ArcScene.....	47
6.3.1. ESRI Multipatch.....	47
6.3.2. 3D symbol.....	49
7. POROVNÁNÍ OBOU MODELŮ.....	50
8. SKETCHUP A BLENDER.....	51
8.1. Popis.....	51
8.2. Ukázka práce.....	53
9. DISKUZE.....	56
10. ZÁVĚR.....	57
11. POUŽITÉ ZDROJE.....	58
SUMMARY.....	60
PŘÍLOHY	

## ÚVOD

V 70. letech 20. století začaly vznikat první výstupy z GIS, které byly vytvářeny pomocí řádkových tiskáren připojených k sálovým počítačům. Tyto mapy byly černobílé a jednotlivé prvky byly označovány pouze pomocí písmen [25]. Tehdy nebyly 3D prezentace ani zdaleka realizovatelné. Od té doby se ale technologie posunula o obrovský kus dopředu a dynamické 3D prezentace můžeme zobrazit na běžném kancelářském počítači.

Program Google Earth si v současné době získává stále větší oblibu. Počet 3D modelů budov zobrazitelných pomocí tohoto produktu narůstá geometrickou řadou. Tyto modely mohou být vytvářeny pomocí nástroje Google SketchUp.

Stejným tempem vzrůstá také počet 3D vizualizací vytvářených v klasických GISech a také jejich součástí mohou být trojrozměrné modely budov. Tvorba 3D modelů přímo v prostředí GIS je ale velice komplikovaná. Výhodnější je tyto modely vytvořit v uživatelsky příjemném prostředí programu SketchUp, odkud mohou být exportovány a zobrazeny v mapě prostřednictvím GISu.

Popisem tohoto programu, metodami tvorby 3D modelů a jejich vizualizací se zabývá tato práce.

# 1. CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je popis základních technologických principů současné počítačové grafiky a vizualizace, počínaje různými způsoby reprezentace těles, popisem základních vlastností světla a stínu až po globální zobrazovací metody. Následně s využitím těchto znalostí popis funkcionality programů Google Earth a Google SketchUp.

Hlavním cílem práce je ale vytvoření dvou 3D modelů budovy přírodovědecké fakulty univerzity Palackého v Olomouci. Tyto modely se od sebe liší podrobností modelování. Součástí práce bude jejich následné porovnání z hlediska náročnosti modelování, velikosti souboru, rychlosti načítání atd. V závěru práce bude rozhodnutí, která z použitých variant tvorby 3D modelu budovy je výhodnější. Tyto modely jsou poté vizualizovány pomocí aplikace Google Earth a zpřístupněny pomocí služby Google Warehouse široké veřejnosti.

V práci jsou také popsány způsoby exportu z prostředí Google SketchUp PRO a následné začlenění modelů do prostředí ArcScene. Součástí práce je i srovnání programu Google SketchUp s dalšími dostupnými 3D aplikacemi a diskuze věnující se problémům a možnostem využití 3D modelů v GIS aplikacích.

Oba vytvořené modely včetně vizualizace v Google Earth a ArcScene jsou k dispozici na CD nosiči. Dále je vytvořena webová stránka o bakalářské práci, umístěná na serveru univerzity Palackého v Olomouci, a jednostránkové resumé v anglickém jazyce.



## 2. POČÍTAČOVÁ GRAFIKA

3D počítačová grafika je grafika využívající trojrozměrnou reprezentaci geometrických dat uloženou v počítači za účelem výpočtů a renderování 2D obrázku.

Většina 2D grafického softwaru je založena na bitmapách, naproti tomu veškerý 3D software je vektorový. Postup vytváření obrazu se od 2D také velice liší, a to díky tomu, že namísto kreslení objektů na plochou rovinu jsou tyto definovány v trojrozměrném prostoru. Různými způsoby reprezentace tělesa se snažíme popsat buď množinu hraničních bodů (hraniční reprezentace), nebo množinu vnitřních bodů (objemová reprezentace).[28]

### 2.1. *Reprezentace těles*

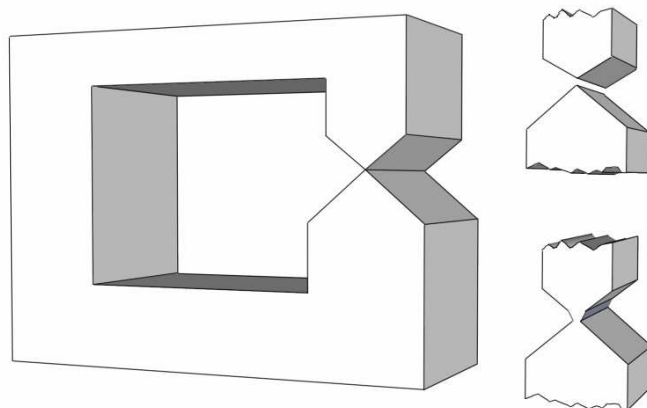
Mnoho objektů v trojrozměrném prostoru má charakter tělesa. Těleso je chápáno jako spojitý útvar, tvořený jedním celkem.

Žára [5] jej definuje takto: „Při definování sousednosti bodů ho můžeme chápat jako sjednocení dvou navzájem disjunktních množin - množiny vnitřních bodů a množiny hraničních bodů. Každý vnitřní bod sousedí pouze s vnitřními nebo hraničními body. Hraniční bod pak sousedí alespoň s jedním hraničním bodem, vnitřním bodem, a bodem vnějším, nepatřícím do žádné z uvedených dvou množin.“

Tato definice vylučuje ze skupiny těles objekty jako jsou úsečky, části rovin nebo obecné plochy. Ty totiž nemají žádné vnitřní body ve smyslu tělesa.

Žárova definice tělesa je však z praktického hlediska příliš široká, neboť umožňuje popsat i takové objekty, které v reálném světě nemůžeme vyrobit. To je způsobeno tím, že ve skutečném světě nemůže být například přímka nekonečně tenká, nebo se dvě tělesa nemohou dotýkat pouze v jednom

bodě. Takové nevyrobitelné těleso pak nazveme **nonmanifoldem**. Reálné těleso nazveme **manifoldem**.



Obrázek 2.1. Nonmanifold a způsoby jeho převodu na manifold

### 2.1.1. Hraniční reprezentace těles

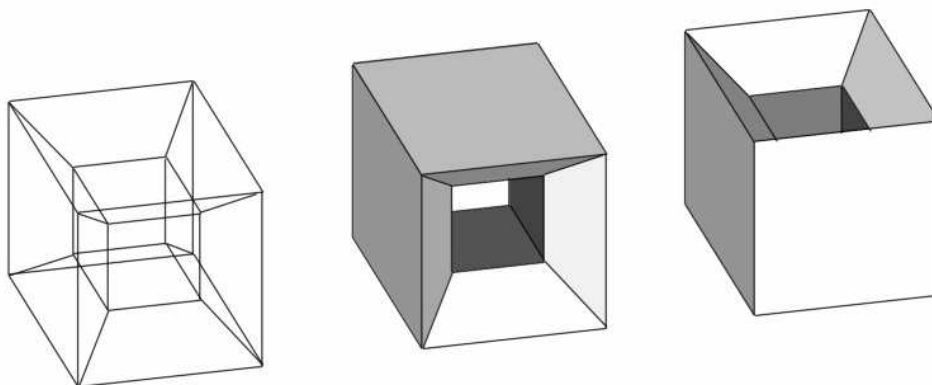
Modely objektů můžeme reprezentovat mnoha způsoby. Jeden z nejběžnějších způsobů reprezentace těles spočívá v popisu povrchu, tedy množiny hraničních bodů (*boundary representation, B-rep*). Kromě geometrických vlastností může mít těleso zadány například i optické vlastnosti povrchu jako jsou barva, textura, odrazivost atd. Hranice tělesa je jeho přirozenou reprezentací, protože většina lidí kreslí těleso právě pomocí jeho obrysu.

Hranice tělesa vymežujeme nejčastěji dvěma způsoby. V **polygonální** (ploškové) reprezentaci jsou oblé plochy těles nahrazeny sítí trojúhelníků, naproti tomu **analytická** reprezentace popisuje těleso matematickou funkcí.

#### *Hranová reprezentace*

Nejstarší a nejjednodušší metoda popisu povrchu tělesa spočívá pouze v zápisu jeho hran a vrcholů. Tato hranová reprezentace bývá někdy také

označována za drátový model (*wire-frame*). Při implementaci drátového modelu je vytvořen jeden seznam vrcholů a jeden seznam hran. U každé hrany jsou uloženy dva ukazatele na seznam vrcholů. Výsledkem je struktura, která obsahuje minimum topologických informací, takže drátový model nemůžeme jednoznačně interpretovat. Vykreslením všech hran nezískáme informaci o skutečném tvaru tělesa.

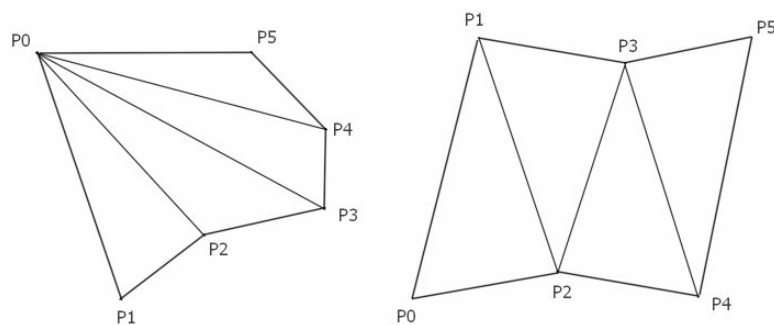


Obrázek 2.2. Nejednoznačnost drátěného modelu

### ***Polygonální reprezentace***

Polygonální neboli plošková reprezentace je nejčastěji používanou reprezentací objektů v počítačové grafice. Jejím základním prvkem je trojúhelník, i když většina standardů pro zobrazování 3D dat podporuje i čtyřúhelníky a mnohoúhelníky. U těch však při zobrazování musíme zajistit jejich konvexitu, což představuje určité výpočetní úsilí. Tento problém u trojúhelníků nenastává, protože vrcholy trojúhelníku vždy leží v jedné rovině.

Polygon bývá nejčastěji vyjádřen pomocí vrcholů (*vertex*) a hran (*edge*). Vrcholy a hrany jsou sdíleny více trojúhelníky a tyto sdílené prvky jsou z důvodu úspory paměti seskupovány do větších celků. Těmi mohou být trsy nebo pruhy trojúhelníků, které můžeme vidět na obrázku.



Obrázek 2.3. Trs (vlevo) a pruh (vpravo) trojúhelníků

Plošková reprezentace je pro modelování dosti nevýhodná, proto modelovací programy většinou pracují s reprezentací jinou, a síť trojúhelníků generují až na svém výstupu. Příkladem tohoto přístupu mohou být trojrozměrné modely používané ve virtuální realitě. Výstupní síť trojúhelníků může být vygenerována v několika variantách, které se liší svou složitostí (tj. počtem trojúhelníků), a tím pádem i velikostí detailu (*level of detail, LOD*).

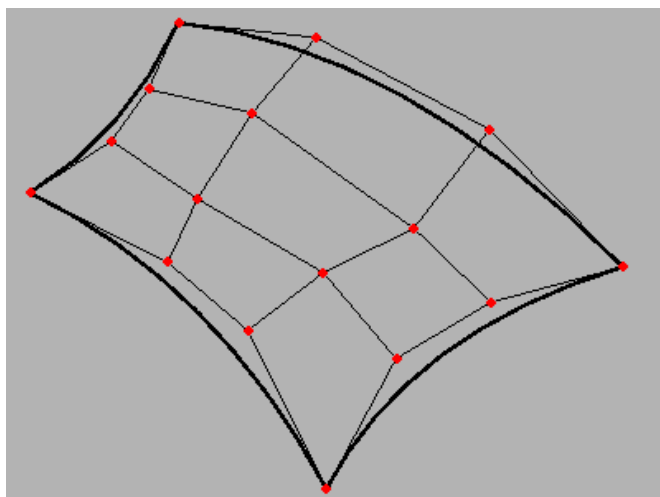
### ***Analytická reprezentace***

Při popisu tělesa pomocí parametrické hraniční reprezentace je povrch tělesa rozdělen na části, nazývané pláty nebo záplaty (*patch*). Složitější plochy získáme navazováním elementárních plátů. Podle Žáry [5] se pro navazování plátů používá termín plátování. Na parametrickou plochu se můžeme dívat jako na křivku taženou po určité trajektorii. Tato křivka při pohybu může měnit svůj tvar. V současnosti se v počítačové grafice používá několik typů parametrických křivek a ploch. Ty se od sebe liší jak svými geometrickými vlastnostmi, tak i výpočetní a paměťovou náročností.

## *Bézierovy plochy*

Bézierovy křivky patří mezi jedny z nejpoužívanějších typů parametrických křivek. Tyto plochy mají mnoho příjemných vlastností, velice snadno a intuitivně se modelují, relativně snadno se vypočítává průsečík s paprskem atd. Bézierovy plochy ale neumožňují vyjádření kuželoseček, takže pomocí nich není možné vyjádřit například tak jednoduchou plochu jako je povrch koule. Bézierovy plochy lze zobrazit například převedením na síť trojúhelníků a následným vykreslením této sítě. Problémem u Bézierových ploch je to, že změnou jediného řídicího bodu dochází ke změně tvaru celé plochy. Proto objekty skládáme z Bézierových plátů. Jejich hladké navázání zajistíme pomocí jednoznačného určení polohy určitých bodů, což však omezuje naše modelovací možnosti.[5]

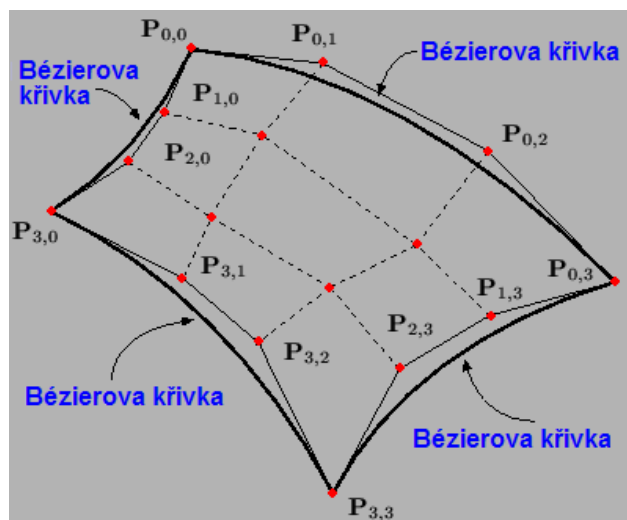
Nejpoužívanějším typem těchto ploch jsou *Bézierovy bikubické pláty*. Tyto parametrické plochy jsou zadány pomocí šestnácti řídicích bodů, které tvoří mřížku o velikosti 4x4 body.[29]



Obrázek 2.4. Bézierův bikubický plát specifikovaný 16 řídicími body [29]

Při *plátování* je velmi důležité zajistit hladké napojení jednotlivých Bézierových plátů na sebe. Bézierův bikubický plát prochází svými čtyřmi

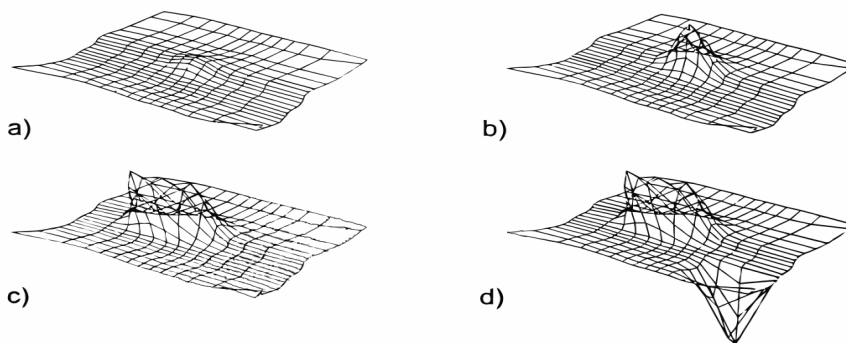
rohovými body. Pokud je zaručeno, že dva pláty mají společnou hranu, tj. jejich čtyři krajní řídicí body jsou totožné, má výsledná plocha spojitost  $C^0$  a mezi plochami nejsou mezery ani přesahy.[29]



Obrázek 2.5. Okraje Bézierova plátu. Bézierův plát prochází čtyřmi rohovými body [29]

### *B-spline plochy*

Nevýhodou Bézierových ploch je jejich obtížné navazování, proto jsou pro modelování mnohem výhodnější B-spline plochy, které se na sebe navazují mnohem snadněji. Změnou jediného řídicího bodu změníme pouze část B-spline plochy.



Obrázek 2.6. Změna tvaru bikubické B-spline plochy. Každý obrázek vznikl změnou polohy jediného řídicího bodu. [5]

## *NURBS plochy*

NURBS (*Non-Uniform Rational B-Splines*) jsou v počítačové grafice jedny z nejpoužívanějších typů parametrických křivek a ploch. NURBS křivky a především plochy se staly populárními zejména díky podpoře matematicky přesného modelování kvadrik (koule, kužel, válec) a takzvaných offsetových ploch. To jsou obecné plochy, které jsou od sebe vzdálené o zadanou minimální hodnotu. Tyto plochy nebylo možné s pomocí klasických B-ploch a Bézierových ploch přesně vytvořit.[5]

Pomocí NURBS křivek lze jednoduše a přesně vytvářet kuželosečky, tj. kružnici, elipsu, parabolu nebo jejich části (oblouky).

Editace NURBS je z uživatelského hlediska poměrně jednoduchá, mění se polohy řídicích bodů, jejich váhy a případně i uzlový vektor. Při interaktivním modelování se však téměř vždy mění pouze polohy řídicích bodů, jejichž cílenou změnou lze dosáhnout téměř jakéhokoliv tvaru.

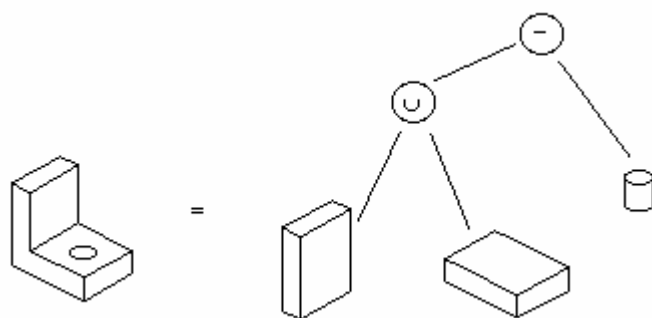
Vhodnou volbou uzlového vektoru a vah řídicích bodů je možné vytvářet povrchy se zlomy a hranami, například kvádry. Tato vlastnost se opět použije při práci v CAD/CAM systémech, ve kterých se běžně vytváří tělesa, jež mají střídavě spojitě a nespojitě povrchy. Lehce se tak může stát, že celá scéna je tvořena pouze NURBS plochami, i když se v ní budou vyskytovat kvadriky, kostky atd.

### **2.1.2. Konstruktivní geometrie těles**

Metoda nazývaná konstruktivní geometrie těles (*CSG, Constructive Solid Geometry*) je založena na reprezentaci tělesa stromovou strukturou (*CSG stromem*), ve které je uchována historie dílčích konstrukčních kroků. Z jednoduchých geometrických objektů, nazývaných *CGS primitiva*, se pomocí množinových operací (sjednocení, rozdíl, průnik) a prostorových transformací vytváří výsledný objekt.

Mezi CGS primitiva patří těchto 6 objektů: **kvádr**, **koule**, **válec**, **kužel**, **toroid** a **poloprostor**.

Reprezentace těles pomocí CSG stromu se používá ve fázi vytváření tělesa. Pro jeho zobrazení ale není vhodná, protože neobsahuje přímo vykreslitelné prvky jako plochy nebo hrany. Přestože existují metody, pomocí kterých můžeme zobrazit přímo CSG těleso, většinou se toto těleso pro zobrazení převádí do jiné reprezentace, a to hraniční nebo objemové.



Obrázek 2.7. Těleso a jeho popis CSG stromem

## 2.2. Objemová reprezentace

V řadě aplikací nemáme k dispozici geometrický popis tělesa, ale pouze sadu vzorků v určitém povrchu či objemu. Tato data mohou být buď rozptýlená (*scattered data*) nebo uspořádaná do podoby pravidelných nebo nepravidelných mřížek. Příkladem takovýchto uspořádaných dat jsou záznamy z počítačového tomografu, kdy je použita mřížka pravouhlá, a tím pádem pravidelná. Příkladem nepravidelných dat může být simulace proudění kapalin. Rozptýlená data získáme například při meteorologických měřeních teploty nebo tlaku.

Jedním z problémů při práci s objemovými daty jsou velmi vysoké nároky na výkon a paměť počítače. Data se obtížně otáčejí o jiné než pravé úhly a problematické je také jejich zvětšování či zmenšování.



Základními objemovými elementy jsou voxely a buňky. **Voxel** vznikl jako analogie dvojrozměrného pixelu. Voxel je tedy krychle, nejmenší část prostorové mřížky. Voxel má v celém svém objemu konstantní hodnotu měřené veličiny, a to takovou, která odpovídá jeho středu. Z důvodu zvýšení přesnosti se voxel někdy nahrazuje **buňkou** (*cell*). Hodnota uvnitř buňky není konstantní jako u voxelu, ale počítá se pomocí interpolace z hodnot, naměřených v rozích buňky.

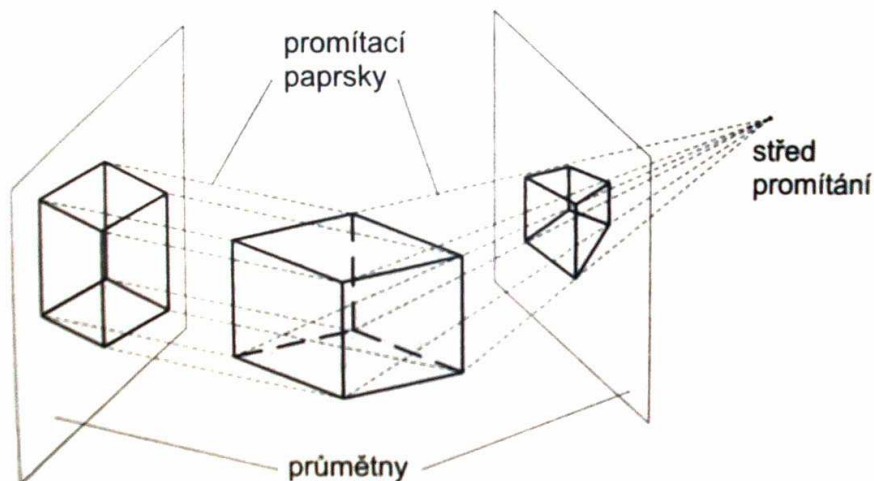
### **2.3. Promítání**

3D objekty jsou zobrazovány na 2D zobrazovacích zařízeních. Aby zůstal zachován prostorový vjem, dochází k promítání. Promítáním se zabývá deskriptivní geometrie, která rozlišuje několik metod, pomocí kterých můžeme z dvojrozměrného obrázku získaného promítáním zpětně odvodit prostorové vztahy v tělese. Promítání můžeme rozdělit na rovnoběžné a středové.

Při **rovnoběžném promítání** (*parallel projection*) jsou všechny promítací paprsky rovnoběžné. Podle toho, jaký úhel svírají s průmětnou, je dělíme na pravouhlé a kosoúhlé. Průmětnou nazveme rovinu, na kterou dopadají promítací paprsky, a na které se tedy vytváří obraz promítaného tělesa. Rovnoběžné promítání se používá především v technických aplikacích, neboť zachovává rovnoběžnost.

Při **středovém promítání** (*perspective projection*) vycházejí všechny paprsky z jednoho bodu, který nazveme středem promítání. Pomocí tohoto promítání vznikají podobné obrazy, jaké vidí lidské oko v reálném světě. Z toho důvodu se středové promítání používá především v architektuře nebo virtuální realitě. Charakteristickým rysem tohoto promítání je to, že nezachovává rovnoběžnost úseček.

Srovnání obou metod vidíme na obrázku.



Obrázek 2.8. Objekt a jeho průmět vzniklý rovnoběžným (vlevo) a středovým (vpravo) promítáním [5]

## 2.4. Světlo

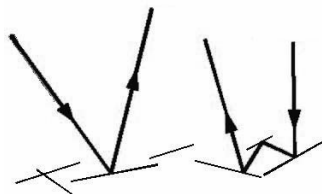
Světlo je oblast světelné zářivé energie (380 – 780 nm) a tvoří nepatrný zlomek celé škály elektromagnetického záření od ultragama paprsků s délkou setin pikometru až po dlouhé vlny s délkami až řádově desítky kilometrů [4].

Při dopadu světelného paprsku na povrch tělesa se tento paprsek rozptýlí a to, jakým způsobem k odrazu dojde, ovlivňuje naše vnímání povrchu tělesa, neboli optické vlastnosti tohoto povrchu.

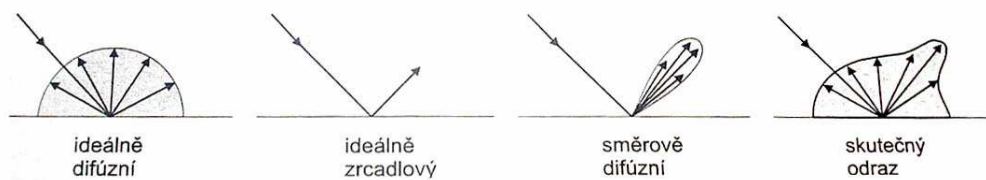
Po dopadu paprsku na povrch tělesa dochází k jeho odrazení a rozptýlení se do všech směrů. Podle Žáry [5] se matematická funkce, kterou popíšeme intenzitu paprsku rozptýleného světla nazývá **odrazová funkce** (*reflection function*) a je základem pro **osvětlovací model**. Čím lépe tento osvětlovací model popisuje chování skutečného světla, tím přesvědčivěji působí dojem z počítačem generovaného obrázku modelu daného tělesa.

Povrch tělesa nikdy není dokonale hladký, ale je tvořen drobnými krystaly a ploškami. Podle Sochora [3] může paprsek opustit povrch dvěma způsoby. Buď se zrcadlově odrazí od některé z plošek, nebo je podroben několikanásobnému odrazu a lomu. Intenzitu odraženého světla pak můžeme

vyjádřit jako součet dvou složek, a to zrcadlové a difuzní. Zrcadlová složka je příčinou odlesků na zobrazovaném tělese. Pro difuzní složku je charakteristické, že nezávisí na směru pohledu.



Obrázek 2.9. Odraz na mikroskopické úrovni. Vlevo zrcadlová, vpravo difuzní složka



Obrázek 2.10. Difuzní a zrcadlové složky odraženého světla [5]

Ondřej Zajíček [32] na svých internetových stránkách rozděluje osvětlovací modely na fyzikální a empirické. Dále uvádí, že fyzikální modely jsou založeny na modelování vlnově-částicového chování světla. Pro běžné použití jsou však příliš výpočetně náročné, a tak se využívají jen pro specifické účely. Pro běžné účely se využívají empirické osvětlovací modely, což jsou modely vymyšlené takovým způsobem, aby vypadaly velice realisticky. Patří mezi ně například Phongův osvětlovací model.

Phongův osvětlovací model patří, jak je uvedeno výše, mezi empirické modely, a tím pádem nemá přímý vztah k fyzikální podstatě šíření a odražení světla. Přesto je díky své jednoduchosti široce používán v počítačové grafice, a jsou z něj odvozovány i další osvětlovací modely, které se skutečnému chování odraženého světla blíží více.

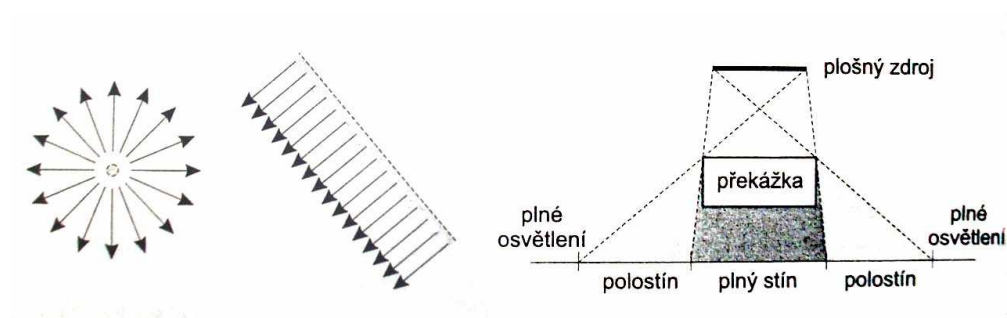
### 2.4.1. Světelné zdroje

Předpokladem pro většinu osvětlovacích modelů je existence pouze bodových zdrojů světla. Zdrojů světla však může být mnohem více. Úplný popis všech světelných zdrojů je nemožný, proto se v počítačové grafice, jak uvádí Žára [5], používá pouze několik kompromisních zdrojů světla. Tyto do určité míry aproximují nejčastější případy reálných světelných zdrojů.

**Bodový zdroj** je nejčastěji využívaným, světlo se z něj šíří rovnoměrně a se stejnou intenzitou do všech směrů. Při použití bodových zdrojů světla vznikají pouze ostré stíny.

**Zdroj rovnoběžného světla** může být chápán jako zdroj bodového světla v nekonečnu, nebo jako nekonečně velký rovinný zdroj v konečné vzdálenosti. Příkladem takového zdroje může být Slunce, u něhož považujeme díky jeho vzdálenosti paprsky za rovnoběžné.

**Plošný zdroj** se nejvíce podobá reálným zdrojům, jako jsou zářivka či okno, přes které proudí světlo do místnosti. Plošné zdroje jsou využívány především v metodě radiozity (viz dále) a jejich zpracování je velice výpočetně náročné, avšak za jeho pomoci vznikají realistické polostíny.



Obrázek 2.11. Zleva bodový zdroj světla, zdroj rovnoběžného světla a plošný zdroj světla. [5]

Mezi další světelné zdroje pak patří například **reflektor**, **obloha**, nebo můžeme světlo definovat pomocí **tabulky**, v níž je určeno množství světla v závislosti na vzdálenosti od světelného zdroje.

## 2.4.2. Stínování

Pod pojmem stínování (*shading*) rozumíme podle Sochora [3] vykreslování barevných objektů různými odstíny barev. Pomocí stínování lze také zvýraznit případné křivosti nebo zaoblení ploch, a tak docílit přirozeného vzhledu prostorových objektů. Stínování neslouží k nalezení vržených stínů.

### *Konstantní stínování*

Tato nejjednodušší metoda je velmi rychlá. Je určena pro zobrazování rovinných ploch nebo obecných ploch aproximovaných rovinnými záplatami. Pro stínování mnohostěnů je tato metoda postačující, ale u obecnějších těles je konstantní odstín plošek negativním jevem. Místo zkvalitnění obrázku zdůrazňuje, že oblý povrch je ve skutečnosti jen aproximován skupinou plošek.

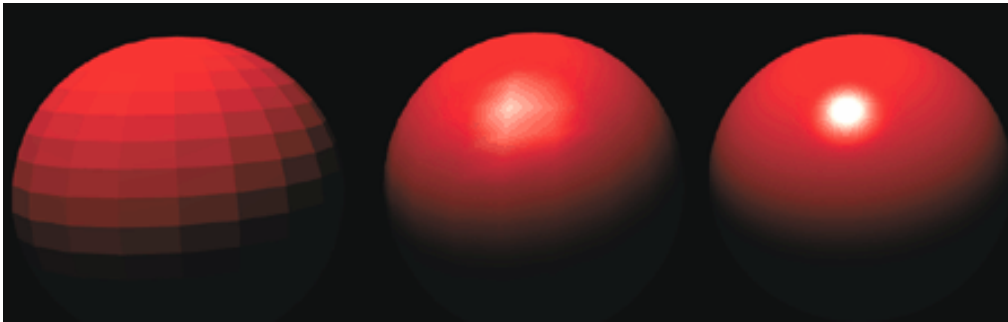
### *Gouraudovo stínování*

Podle Žáry [5] je tato metoda vhodná, na rozdíl od výše zmíněné, právě pro stínování těles, jejichž povrch je tvořen množinou rovinných plošek. Pro činnost algoritmu je důležitá znalost barvy všech vrcholů zpracovávané plochy. Barvu vrcholu určíme pomocí normály vyhodnocením osvětlovacího modelu, nejčastěji Phongova. Poté jsou pomocí bilineární interpolace vypočítány barevné odstíny vnitřních bodů. Z tohoto důvodu bývá někdy (např. Sochor [3]) tato metoda označována jako Interpolace barvy.

Tato metoda zajišťuje plynulé stínování tak, že nelze rozpoznat, že povrch tělesa je tvořen aproximací rovinných plošek. Přesto ani tento objekt nepůsobí reálným dojmem, neboť zde nedochází k místnímu navýšení jasu u plochy, na kterou kolmo dopadá světelný paprsek, a stejně tak nemůže vytvořit odlesky způsobené odraženým světlem.

## ***Phongovo stínování***

Tato metoda je určena ke stínování těles, jejichž povrch je tvořen množinou rovinných ploch. Sochor [3] tuto metodu označuje jako Interpolaci normály. Uvádí, že stejně jako v metodě předchozí, jsou nejprve i zde určeny normálové vektory ve vrcholech stínované plochy, ale nejsou z nich vypočteny barevné odstíny ve vrcholech, ale jsou použity k interpolaci normálových vektorů ve vnitřních bodech plochy. Až z těchto normálových vektorů je vypočtena barva každého pixelu.



Obrázek 2.12. Zleva konstantní, Gouraudovo a Phongovo stínování. [19]

## **2.5. Stín**

Stíny hrají důležitou roli při prostorovém vnímání člověka. Pomáhají pochopit vzájemné rozmístění objektů, jejich tvar a rozměry a poskytují dobrou informaci o vlastnostech a poloze zdrojů. V počítačové grafice se techniky vytvářející stíny stávají důležitým pomocníkem pro zvýšení dojmu reality zobrazované scény.

Globální zobrazovací metody jsou výpočetně velmi náročné. Proto se v aplikacích, kde je potřeba zobrazovat scénu v reálném čase nebo s ní interaktivně pracovat, dává přednost podstatně rychlejším technikám pro

generování stínů. Tyto metody nejsou založeny na fyzikální podstatě šíření světla, ale převádí problém nalezení stínu na problém geometrický.

Stíny se v počítačové grafice často rozlišují na tzv. vlastní (*self shadow*) a vržené (*cast shadow*). Vrženým stínem nazveme stín, který vrhá jeden objekt na druhý. Vlastním stínem se naopak označuje stín, který vrhá objekt sám na sebe. Vlastní stíny pomáhají porozumět tvaru stínícího objektu, zatímco vržené stíny zdůrazňují jeho velikost, polohu a v neposlední řadě také orientaci ve scéně.

## 2.6. Textury

Reálné objekty nemají obvykle hladký jednobarevný povrch, ale jejich optické vlastnosti se bod od bodu liší. To je způsobeno strukturou materiálu, z něhož jsou vyrobeny. Vzhled povrchu tělesa popisujeme pomocí textur. Aplikací textur můžeme výrazně zvýšit prostorové vnímání tělesa. Můžeme měnit například barvu, lesk, průhlednost nebo dosáhnout efektu hrbolátého povrchu.

Aplikaci textury popisuje Sochor [3] jako polepení tělesa papírem. Na příkladu válce uvádí jeden z problémů při použití textur, a tím je **porušení návaznosti**. K tomu dochází díky tomu, že je nutné nanášet texturu zvlášť na plášť a zvlášť na podstavy válce. Dále může docházet k **deformacím**, a to například při aplikaci textury na povrch koule. Tyto problémy můžeme vyřešit pomocí prostorové textury.

Zatímco aplikaci rovinné textury jsme přirovnali k polepení tělesa papírem, **prostorová textura** odpovídá vyřezání tělesa z jednoho kusu materiálu, jehož prostorová struktura je popsána texturou.

## 2.7. Globální zobrazovací metody

Výše zmíněné osvětlovací techniky braly na zřetel to, že objekty ve scéně se navzájem neovlivňovaly, a řešily osvětlení každého objektu zvlášť, jakoby byl ve scéně osamocen. V reálném světě se ale objekty navzájem ovlivňují, vrhají na sebe stíny nebo polostíny, nebo naopak světlo odražené od jednoho tělesa může zvýšit osvětlení tělesa druhého. Dalším typem vzájemného osvětlování je pak odraz obrazu objektu na vysoce odrazivém povrchu tělesa druhého.

Globální charakter vztahů mezi objekty se snaží postihnout dvě zobrazovací metody, které patří v počítačové grafice mezi nejnáročnější. Poskytují ale tak kvalitní obrazy, že jdou jen těžko rozeznat od fotografií. Proto se jim také říká metody pro **fotorealistické zobrazování** (*photorealistic rendering*). Těmito metodami jsou **metoda sledování paprsku** a **metoda radiozity**. [5]

### 2.7.1. Sledování paprsku

Z fyzikální podstaty světla plyne, že paprsky se od zdroje světla šíří všemi směry. Proto některé z paprsků scénu opustí, jiné zasáhnou povrch těles ve scéně. Dle charakteru těchto povrchů se mohou odrazit, lomit, nebo ovlivnit osvětlení v jiném místě scény.

V počítačové grafice modelujeme proces šíření světla obráceným postupem. Paprsek promítneme přes pixel obrazovky směrem do scény a zjišťujeme, jaké informace o světelné energii daný paprsek přináší (neboli co je z daného pixelu vidět). Proto se tato metoda někdy také nazývá **zpětné sledování paprsku**. Žára [5] rozlišuje dvě varianty sledování paprsku, a to sledování paprsku prvního řádu (*ray casting*) a sledování paprsku vyššího řádu (*ray tracing*).



## ***Ray casting***

Ray casting pouze zobrazí bod na povrchu nejbližšího tělesa, které paprsek zasáhne. V tomto bodě pak stanovíme barvu podle jednoduchého osvětlovacího modelu (viz kapitola 2.4). Vzhled obrázků vzniklých touto metodou se příliš neliší od dříve uvedených jednodušších metod.

## ***Ray tracing***

Sledování paprsku vyššího řádu, na rozdíl od výše uvedeného, nekončí po nalezení nejbližšího tělesa, ale pokračuje sledováním dalších paprsků, které vzniknou odrazem nebo lomem. Tato metoda dokáže zobrazit zrcadlové odrazy, a také zpracovávat vržené stíny.

Pro jednotlivé paprsky bylo zavedeno následující označení:

**Primární paprsek** je paprsek vyslaný z místa pozorovatele. Celkový počet těchto paprsků odpovídá počtu pixelů.

**Sekundární paprsek** je vytvořen po dopadu paprsku primárního i sekundárního na těleso. Vzniká v případě, že se předchozí paprsek od povrchu tělesa odrazil, nebo pokud pronikl dovnitř poloprůhledného tělesa. V daném bodě tedy mohou vznikat dva typy paprsků, odražené (*reflected*) a lomené (*transmitted*). Počet sekundárních paprsků je vyšší než počet primárních, neboť každý sekundární paprsek může po dopadu na těleso způsobit vznik dalších sekundárních paprsků.

**Stínový paprsek** je vyslán z bodu, na který dopadl primární nebo sekundární paprsek, a jeho úkolem je zjistit, zda mezi tímto paprskem a zdrojem světla není nějaká překážka. Pokud žádná překážka neexistuje, je tento bod zahrnut do osvětlovacího modelu.

## 2.7.2. Radiozita

Metoda sledování paprsku poskytuje výborné výsledky při modelování zrcadlových odrazů, nebo při zobrazování poloprůhledných objektů. Výsledek však neodpovídá věrné simulaci reálného světa. Navíc metoda sledování paprsku počítá pouze s bodovými zdroji světla.

V 80. letech vzniká metoda radiozity (*radiosity method*) využívající poznatky z oblasti výpočtu tepelného záření pro výpočty světelného záření. Tato metoda vychází ze zákona zachování energie a předpokládá, že přenos světelného záření probíhá mezi objekty v energeticky uzavřené scéně. Světelná energie tedy nikam ze scény nemizí, ani odnikud nepřibývá, a nachází se v prostředí, které netlumí světlo. Dalším předpokladem je to, že všechny povrchy jsou ideálně difuzní povahy [5] (viz kapitola 2.4). Velice důležité je to, že výsledek této metody je nezávislý na úhlu pohledu [26], takže na rozdíl od předchozí metody, nemusí docházet k opakovanému výpočtu při pohledu na scénu z jiného úhlu.

Zdeněk Jelínek [1] ve své diplomové práci shrnuje princip radiozity takto: „Scéna se v radiozitě dělí na plošky, přičemž každá ploška je charakterizována hodnotou vlastní energie a hodnotou reflektivity, přičemž reflektivita vyjadřuje poměr mezi energií, kterou ploška vyzáří a kterou pohlte. Na počátku mají energii pouze plošky světelných zdrojů, ostatní plošky jsou dokonale tmavé. V každém průchodu algoritmus spočítá množství světla dopadající na danou plošku ze všech ostatních plošek ve scéně. Část světla ploška pohlte (v závislosti na hodnotě reflektivity) a část světla odrazí zpět do scény. Po pevném počtu průchodů následuje závěrečná fáze, která se provádí pomocí algoritmu Gouraudova stínování (viz kapitola 2.4.2).“ Žára [5] uvádí, že ve finální fázi nemusíme radiozitu scénou zobrazovat jen pomocí jednoduchých stínovacích technik, ale můžeme po dokončení radiozitivního výpočtu celou scénu zpracovat metodou zobrazení paprsku vyššího řádu. Tak získáme i zobrazení odrazů těles a realističtější zobrazení povrchů těles.

Tabulka 2.1. Srovnání globálních zobrazovacích metod [5]

	<b>Sledování paprsku</b>	<b>Klasická radiozita</b>
<b>Objekty scény</b>	libovolná tělesa	rovinné plochy
<b>Světelné zdroje</b>	bodové	plošné
<b>Hranice stínu</b>	ostrá	ostrá i měkká
<b>Zrcadlové odrazy</b>	ano	ne
<b>Difuzní odrazy</b>	jen od přímých zdrojů	ano

### 3. GOOGLE EARTH

Společnost Google charakterizuje Google Earth jako glóbus uvnitř počítače, na kterém můžeme ukázat a přiblížit jakékoliv místo které chceme prozkoumat [17].

Původně se tento program jmenoval Earth Viewer a byl vytvořen firmou Keyhole Inc. Tato společnost byla odkoupena Googlem v roce 2004 a v červnu roku 2005 byla uvolněna první verze Google Earth. Zobrazená data se skládají ze satelitních a leteckých snímků a vektorových dat.

Ortofotosnímky v různé kvalitě je pokryta většina zemské souše. Rozlišení těchto snímků se pohybuje od 15m/pixel do 15cm/pixel. Tato data Google získává z několika zdrojů. Tím hlavním je DigitalGlobe, ale například letecké snímky Googlu poskytují místní nebo státní samosprávy. Stáří těchto snímků se pohybuje mezi 6 měsíci a 5 lety. [17]

Pomocí Google Earth je ale možné zobrazit aktuálnější data. Například data poskytovaná NASA z programu MODIS, která mají rozlišení 250m/pixel, jsou stará jen 6 až 12 hodin. Další možností jak zobrazit aktuální data je zapnutí vrstvy mraků, přičemž tato data jsou stará pouze asi 3 hodiny[17].

Google Earth také používá digitální výškový model (DEM) vytvořený NASA, který byl v některých oblastech zpřesněn.

Oblíbenou funkcí je zobrazování 3D modelů budov nebo celých měst. Modely měst obsahovaly i dřívější verze Google Earth, ale tyto modely byly velice jednoduché, neotexturované a vymodelováno bylo pouze několik málo měst. To se změnilo s nástupem Google Earth 4 a programu Google SketchUp.

Dále Google Earth obsahuje množství vektorových vrstev, jako jsou například silnice, státní hranice a popisky s názvy států, ostrovů, měst atd. Je možné zobrazit také fotografie z aplikace Panoramio, videa z Youtube, nebo například už výše zmíněnou vrstvu počasí.

### 3.1. Aktuální verze

Aktuální verze Google Earth v době vzniku této práce byla verze 4.3. Aplikace je dostupná ve své základní variantě zdarma [13]. Dále jsou dostupné také verze Plus a PRO. Výhoda Plus verze oproti verzi základní je v možnosti zobrazování dat přímo z GPS (Garmin nebo Magellan) a také sledování pomocí systému GPS v reálném čase. Dalšími funkcemi jsou tisk obrázku ve vyšším rozlišení než je rozlišení obrazovky a import dat z tabulkových procesorů ve formátu csv.

Verze Google Earth PRO slouží pro komerční využití a umožňuje například přímo zobrazovat data ve formátu SHP, tvorbu videí nebo měření plochy. Srovnání všech verzí vidíme v tabulce.

Tabulka 3.1. Srovnání verzí Google Earth [16]

	<b>Google Earth</b>	<b>Google Earth Plus</b>	<b>Google Earth PRO</b>
Licence	osobní	osobní	komerční
Cena	zdarma	20\$	400\$
Výkon		vylepšený	nejvyšší
Tisk obrázků	1000 px	1400 px	4800 px
Import dat z GPS	ne	ano	ano
Sledování pomocí GPS	ne	ano	ano
Import ve formátu csv	ne	100 bodů	2500 bodů
Reklamy místních podniků	ano	volitelné	volitelné
Movie Maker	ne	ne	ano
Import dat z GIS	ne	ne	ano

### 3.2. KML/KMZ

Pomocí aplikace Google Earth můžeme prohlížet nejen základní data poskytovaná Googlem (viz výše), ale můžeme také vytvářet vlastní překryvná data. Tato data můžeme sdílet s dalšími uživateli internetu pomocí jazyka

KML. Na internetu je dostupné velké množství takovýchto souborů, reagujících i na aktuální dění ve světě. Příkladem mohou být následky tajfunu Nargis v Barmě. [18]

Jazyk KML (*Keyhole Markup Language*) je gramatikou jazyka XML a souborovým formátem pro modelování a ukládání geografických funkcí, jako jsou body, linie, obrázky, mnohoúhelníky nebo 3D modely, které budou zobrazeny v aplikacích Google Earth nebo Google Maps. [15]

Soubory KML můžeme vytvořit pomocí uživatelského rozhraní aplikace Google Earth nebo můžeme kód KML zapsat celý ručně pomocí editoru jazyka XML nebo textového editoru. Soubory KML a případné obrázky, které se k nim vztahují, je možné zkomprimovat pomocí formátu ZIP do archivů KMZ. [14]

13. dubna 2007 přijalo Open Geospatial Consortium přijalo KLM jako oficiální otevřený formát pro přenos geografických dat. [22]

## 4. GOOGLE SKETCHUP

SketchUp je program sloužící k 3D modelování objektů a byl vytvořen zejména pro architekty, ale využívají ho i filmaři, vývojáři her a mnohé další profese. Jedním z jeho hlavních využití je vytváření budov a jejich zobrazování pomocí Google Earth. SketchUp byl vytvořen tak, aby byl intuitivnější, přizpůsobivější a hlavně jednodušší než jiné 3D nástroje.

### 4.1. Historie

SketchUp byl vytvořen firmou @Last Software, která vznikla v roce 1999 a sídlila v Boulderu ve státě Colorado. SketchUp byl uvolněn v srpnu roku 2000 a ještě tentýž rok získal ocenění *Community Choice Award*. Velice rychle si získal oblibu mezi architekty a designéry. Důvodem tohoto rychlého úspěchu byla především jednoduchost, díky níž se dá práce se SketchUpem naučit za mnohem kratší dobu než u ostatních 3D nástrojů [31].

Již v listopadu si firma @Last Software podala žádost o patent za Push/Pull technologii. Tento patent jim byl přiznán v roce 2003 (U.S. Patent 6,628,279). [30]

V říjnu roku 2005 byl k verzi SketchUp 4 vydán plugin, který umožnil zobrazení modelů, vytvořených pomocí SketchUp, v aplikaci Google Earth. [8] To bylo zřejmě důvodem, proč se Google rozhodl firmu @Last Software a jejich jediný produkt SketchUp odkoupit. Stalo se tak 14. března roku 2006.

U uživatelů SketchUp panovaly obavy, zda je tento obchod nějakým způsobem nepoškodí. Zakladatel firmy @Last Software je ale uklidnil větou: „Nevyměnili jsme Hondu za Porsche, ale přidělali jsme k Hondě raketu.“[23]

## 4.2. Aktuální verze

V době vzniku této bakalářské práce je aktuální verze Google SketchUp 6. Ta je dostupná ve dvou variantách. Jako Google SketchUp 6, což je základní verze a je dostupná zdarma, a Google SketchUp 6 PRO. Tato verze je placená, a od základní se liší v několika funkcích. Tou nejdůležitější je možnost exportu. V základní verzi lze totiž model vyexportovat pouze do kmz souboru, který slouží pro zobrazení objektů pomocí Google Earth.

Oproti tomu v PRO verzi můžeme exportovat do mnoha formátů, jak můžeme vidět v tabulce 2.1. Toto množství formátů můžeme však ještě rozšířit pomocí pluginů do PRO verze, například o mdb soubory, sloužící pro vizualizaci 3D modelu v ArcGIS 9.2.

Tabulka 4.1. Možnosti exportu z programu Google SketchUp

Formát 3D exportu	SketchUp	SketchUp PRO
3DS	-	ANO
AutoCAD DWG	-	ANO
AutoCAD DXF	-	ANO
GoogleEarth 4 (.kmz)	ANO	ANO
GoogleEarth (.kmz)	ANO	ANO
Collada (.dae)	-	ANO
FBX	-	ANO
OBJ	-	ANO
VRML	-	ANO
XSI	-	ANO

Při instalaci Google SketchUp PRO se zároveň nainstaluje také program zvaný LayOut, které slouží k vytváření prezentací modelů, které byly vytvořeny prostřednictvím SketchUpu.

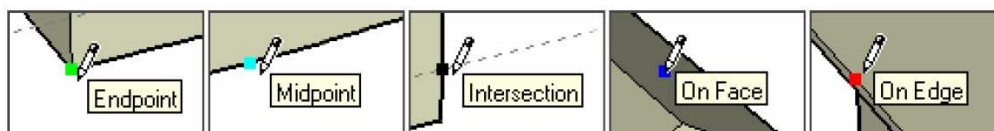
V současnosti je cena licence na SketchUp PRO 495\$. Přes vškerou snahu získat pro účely této práce plnou verzi programu společnost Google tento produkt bohužel neposkytla, tudíž export do ArcGIS probíhal



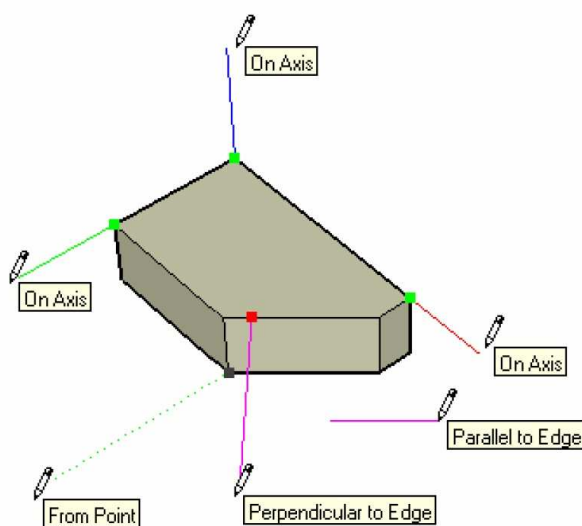
prostřednictvím 8-hodinové trial verze. Tato obsahuje všechny funkce jako placená verze, ale je pouze časově omezená.

### 4.3. Funkce

Autoři SketchUpu zakomponovali do programu vlastní inteligenci, která sama pozná, jak chcete v prostoru kreslit. Pokud ukážete na stěnu hranolu, automaticky kreslíte na ni, pokud nejdříve posunete kurzor ve směru existující šikmé hrany, nabízí program prostorovou rovnoběžku atd. [27] To je způsobeno takzvanou neviditelnou řídicí strukturou, která odvodí umístění bodu podle ostatních bodů v daném modelu, jako například střed kruhu, střed hrany atd. Obdobným způsobem funguje také lineární odvozování. Odvozování bodů můžeme vidět na obrázku Obrázek 4.1, lineární odvozování pak na obrázku Obrázek 4.2.



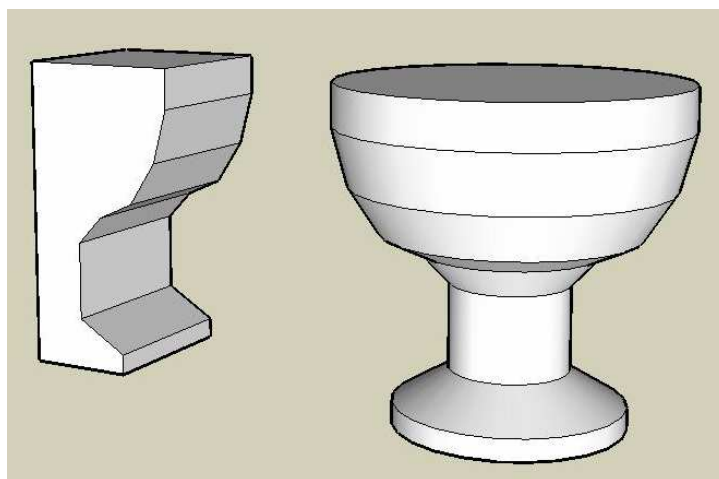
Obrázek 4.1. Odvozování bodu [24]



Obrázek 4.2. Lineární odvozování [24]

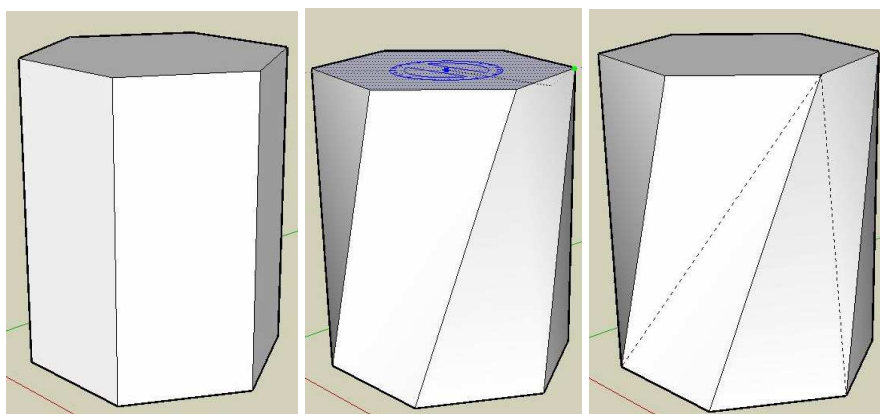
Základní filosofií SketchUpu je však vytahování plošných tvarů do prostoru. Této funkce se také týká výše zmiňovaný patent, udělený firmě @Last Software. Funkce spočívá v tom, že jakákoliv rovná plocha může být jednoduše a intuitivně pomocí nástroje *Push/Pull* vytažena do prostoru, nebo naopak můžeme vytvořit v tělese otvor. Při použití nástroje *Push/Pull* je plocha vytažena nebo zatlačena v kolmém směru. Pokud chceme tuto plochu vytáhnout podél složitější křivky, použijeme nástroj *Follow Me*. Tento nástroj využívá techniky nazývané šablonování.

Šablonování (*sweeping*) je velice silná modelovací technika, při které, jak uvádí Sochor [3], je těleso určeno tvarem dvourozměrné šablony a dráhou, po níž je tato šablona posouvána. Objem, který vznikne tímto posunutím, pak vytvoří těleso. Pokud je dráha definována pomocí křivky, lomené čáry nebo úsečky, jedná se o **posuvné šablonování**. Jeho výsledkem je translační těleso. Pokud je ale dráha kruhová, jde o **rotační šablonování**. Jeho výsledkem je rotační těleso. Sochor tělesa vzniklá pomocí šablonování nazývá 2,5 D modely, protože představují přechod od dvourozměrného výkresu ke skutečnému prostorovému tělesu.



Obrázek 4.3. Rozdíl mezi posuvným (vlevo) a rotačním (vpravo) šablonováním

Plochy ve SketchUpu musí být vždy rovinné. Pokud se snažíme provést nějakou operaci, která by měla za následek prohnutí plochy, SketchUp tuto plochu automaticky rozdělí pomocí skryté hrany. Tyto hrany můžeme zobrazit pomocí *View – Hidden Geometry*. Příklad vidíme na obrázku Obrázek 4.4.



Obrázek 4.4. Rozdělení ploch skrytými hranami (Autofold)

SketchUp nemá integrované nástroje pro tvorbu Béziových ani NURBS křivek. Již od verze SketchUp 4 ale existuje možnost rozšiřování funkcionality programu pomocí skriptovacího jazyka Ruby. Těchto skriptů je dostupné velké množství a několik z nich se zabývá právě tvorbou Béziových křivek.

Pomocí nástrojů *Subdivide and Smooth*, *Offset on Surface* a *Free Form Deformation* může pomocí několika jednoduchých kroků vzniknout například model vázy, který vidíme na obrázku Obrázek 4.5.



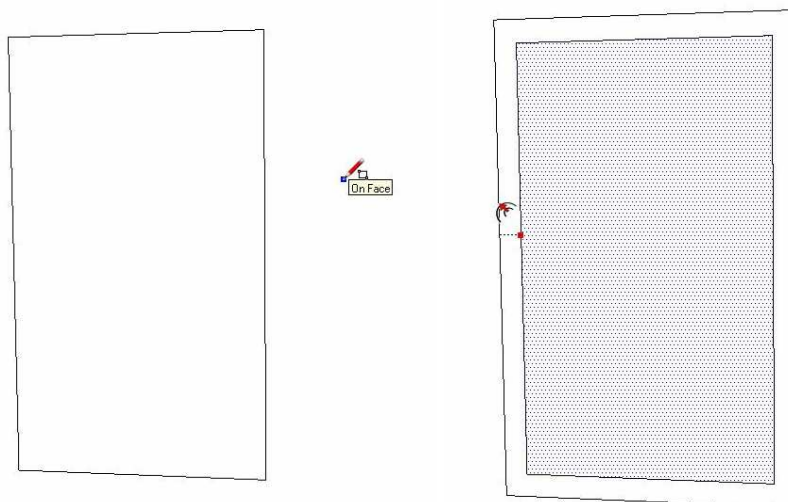
Obrázek 4.5. Váza vytvořená pomocí nástrojů vytvořených Ruby Skriptem [9]

Podpora NURBS křivek bude implementována ve verzi SketchUp 7, která je ve vývoji. Další novinkou bude například fotorealistické renderování, které aktuální verze nepodporuje. Nicméně i pro renderování již existují pluginy, napsané pomocí Ruby skriptů. Dále také lze využít externího programu, do kterého importujeme model vytvořený SketchUpem a rendering provedeme v tomto programu. Takovýmto programem může být například volně šiřitelná Kerkythea. [21]

Velmi zajímavou funkcí SketchUpu, podle které také dostal program své jméno, je výběr velkého množství stylů, pomocí kterých můžeme model zobrazit. Lze upravovat vlastnosti hran, ploch, nastavení stínů atd., takže můžeme dosáhnout například toho, že model vypadá jako ruční skica. Ukázka různých stylů je přiložena jako příloha 9.

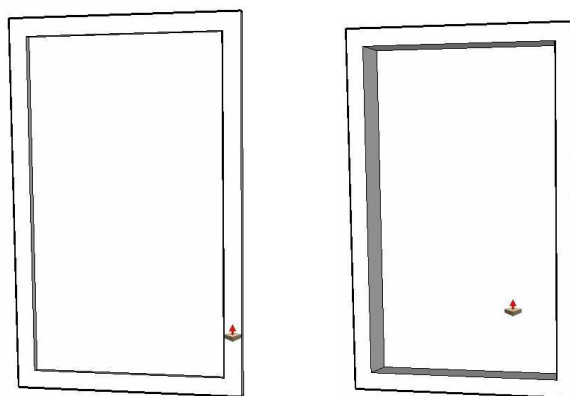
#### 4.4. Praktická ukázka funkcionality

V této části práce si na příkladu tvorby jednoduchého okna předvedeme základní nástroje a metody práce s programem Sketch Up.



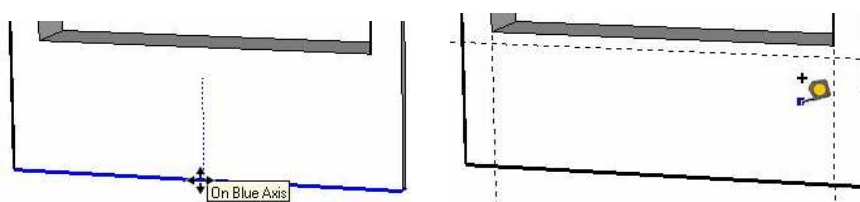
Obrázek 4.6. Použití nástrojů Rectangle a Offset

Na obrázku Obrázek 4.6. vidíme, že základem tohoto okna je jednoduchý obdélník, vytvořený pomocí nástroje *Rectangle*. Na obrázku se jeho horizontální hrany nejeví rovnoběžné. To je způsobeno perspektivním zobrazením (viz. kapitola 2.3). Velikost stran tohoto obdélníku je zobrazena v dolní části obrazovky. Pokud chceme zadat přesný rozměr, stačí na klávesnici napsat délky stran obdélníku oddělené středníkem. Této funkce můžeme využívat u všech nástrojů SketchUp. Na obrázku Obrázek 4.6. vpravo vidíme další krok, kterým bylo vytvoření okraje okna pomocí nástroje *Offset*. I zde můžeme napsat na klávesnici vzdálenost, o kterou se nám obdelník zvětší.

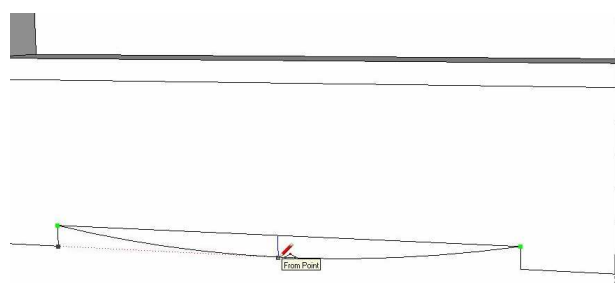


Obrázek 4.7. Použití nástroje Push/Pull

Nyní pomocí výše popsaného nástroje *Push/Pull* nejdříve vytáhneme rám okna, a poté zatlačíme jeho vnitřní část.



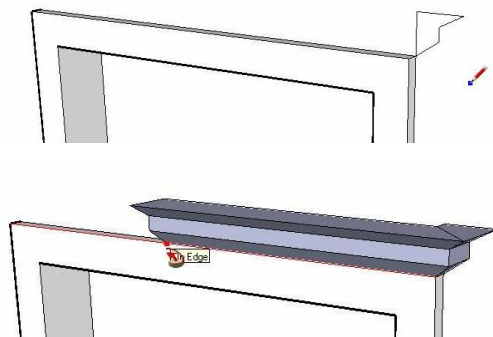
Obrázek 4.8. Příprava k tvorbě dekoračního prvku



Obrázek 4.9. Tvorba dekoračního prvku

Aby se pod okno vešel dekorační prvek, označíme spodní část okraje okna a pomocí nástroje *Move* jej posuneme směrem dolů. Jak vidíme na obrázku Obrázek 4.8., při tažení směrem dolů se nám automaticky ukáže modrá tečkovaná linka, a pohybujeme se ve směru osy Z. Pomocí nástroje *Tape Measure* si naměříme prostor pro dekorační prvek a poté zakreslíme

obdélník. Ten upravíme pomocí tužky (nástroj *Line*) a pomocí *Arc* zakreslíme oblouk. Na obrázku Obrázek 4.9 vidíme opět pomocnou tečkovanou čáru.



Obrázek 4.10. Tvorba římsy

K vytvoření římsy v horní části okna použijeme již výše zmiňovaný nástroj *Follow Me*.

Posledním krokem je otexturování tohoto modelu. Pomocí *Import* načteme fotografii okna a umístíme ji na určené místo. Po stisknutí pravého tlačítka se nám zobrazí menu, ze kterého vybereme možnost *Texture – Position*. Poté pomocí čtyř připínáčků editujeme nasazení textury a její deformaci na ploše.



Obrázek 4.11. Nasazení textury (vlevo) a výsledný model (vpravo)

## 5. TVORBA MODELŮ

V rámci bakalářské práce vznikly dva modely budovy přírodovědecké fakulty univerzity Palackého v Olomouci. Původní myšlenkou bylo vytvoření dvou modelů, které se od sebe budou lišit tím, že jeden bude zpracován včetně vnitřních prostor a druhý pouze zvenčí. Pro potřeby vizualizace, ať už pomocí programu Google Earth nebo ArcScene, je ale modelování vnitřních prostor zbytečné. Proto se od sebe vytvořené modely liší podrobností modelování a úrovní detailu.

Složitější model je zpracován do takových podrobností jako jsou okna, ozdobné římsy, detaily fasády nebo dekorační prvky. Oproti tomu u jednoduššího modelu jsou vymodelovány pouze zdi, a detaily jsou zobrazeny pomocí textury.

Modely se od sebe samozřejmě liší nejen náročností modelování, ale i počtem geometrických prvků a s tím související velikostí souboru a rychlostí načítání. Detailně budou tyto vlastnosti a rozdíly mezi oběma modely porovnány v kapitole 7 a náhledy obou modelů jsou zobrazeny v přílohách 1, 2 a 3. Jako ukázka interiéru byla vytvořena učebna GIS na katedře geoinformatiky. Tato ukázka je zobrazena jako příloha 8.

### 5.1. Základ

Součástí bakalářské práce Jana Martínka „Interaktivní mapa učeben PŘF UP“ z roku 2005 [2] byly plány budovy ve formátu DWG a DXF, vytvořené pomocí Autodesk AutoCAD. Tyto formáty mohou být do prostředí SketchUp importovány a po jednoduchých úpravách s nimi může být přímo v SketchUp pracováno.

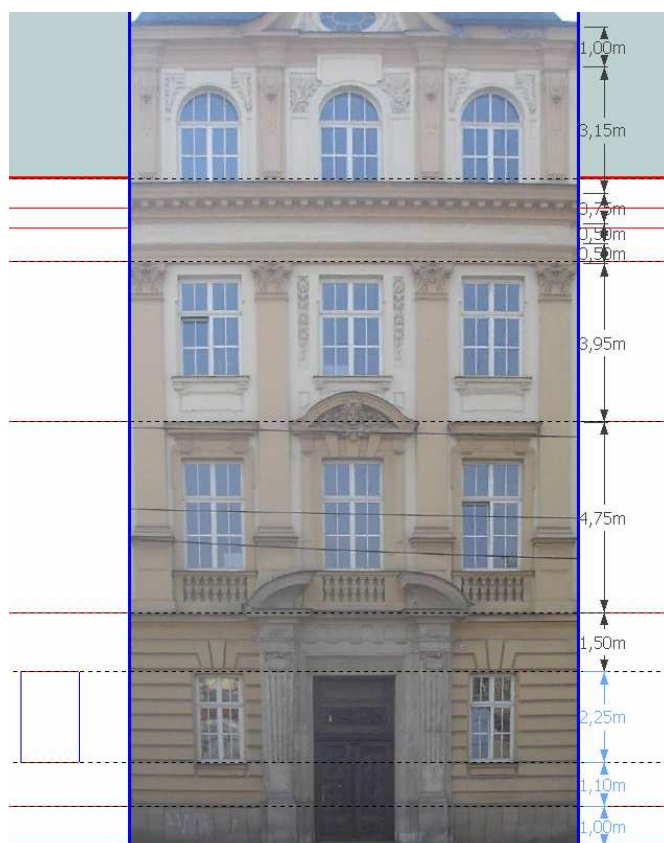
Porovnáním délky jednotlivých stěn budovy na plánech ve formátu DWG s délkami uvedenými na evakuačních plánech budovy byly zjištěny odchylky. Po přeměření vzdáleností v terénu byly odchylky potvrzeny.



V bakalářské práci [2] byl kladen důraz na vnitřní prostory a zřejmě proto byly některé vnější prvky zpracovány s menší přesností. Nicméně i kdyby byly tyto plány přesné, měření v terénu by bylo nezbytné, protože ne všechny modelované prvky jsou na plánech budovy zachytitelné.

Měření tedy probíhalo pomocí pásma. Problémem bylo zjišťování vertikálních vzdáleností, ale pro potřeby vizualizace budovy stačilo měření podle fotografií. Přestože byla očekávána určitá chyba nebo odchylka, při postupné tvorbě budovy bylo zjištěno, že naměřené vzdálenosti jsou relativně velmi přesné.

V praxi probíhalo měření výšek pomocí fotografií tak, že vzdálenosti, které byly dosažitelné ze země, byly změřeny. K nim byla poté přichycena fotografie, jak je patrné na obrázku Obrázek 5.1. Modře zvýrazněné výšky jsou naměřené hodnoty, zbývající čísla jsou naměřena podle fotografie.



Obrázek 5.1. Měření výšky pomocí fotografie

V první fázi byl vytvářen pouze jeden model. K rozdílům mezi variantami došlo, až když byla základní kostra, tedy stěny a střecha budovy vymodelovány. Od té doby probíhala tvorba obou variant rozdílně. U jednoduššího modelu šlo už jen o menší úpravy, kdy musely být některé prvky přepracovány, a následnou aplikaci textur, zatímco u podrobnějšího modelu práce teprve začínaly.

## **5.2. Jednodušší model**

Hlavním problémem u tohoto modelu bylo správné vyfotografování stěn budovy tak, aby byly fotografie použitelné jako textury. Přestože byly fotografovány při zatažené obloze, nemají všechny fotografie stejný jas. Proto musely být upravovány pomocí grafického editoru GIMP. [12] Kromě jasu a kontrastu byly na fotografiích retušovány prvky jako zaparkované automobily, lampy veřejného osvětlení atd.

Velkým problémem bylo také fotografování vyšších pater nebo stěn uvnitř dvora budovy, kdy jsou fotografie značně zkresleny.

Díky velkému množství obrázků také narůstala velikost souboru a to přesto, že byly fotografie komprimovány a jejich delší strana nikdy nepřesáhla 1024 pixelů. Velikost fotografií není omezena SketchUpem, ale ArcScene, ve kterém se větší textury nezobrazí.

Tabulka 5.1. Počet prvků jednoduššího modelu

Počet hran	1 821
Počet ploch	685
Počet materiálů	69

### 5.3. Složitější model

U podrobnějšího modelu problémy s fototexturami odpadají, neboť prvky na těchto fotografiích zobrazené jsou modelovány v 3D. Římsy na budově byly modelovány za využití nástroje *FollowMe*, stejně jako ozdobné kulovité prvky. Okna, dveře a další součásti byly vytvářeny jako komponenty. To znamená že například u každého typu okna stačilo vytvořit pouze jeden exemplář, a ten pak jen vkládat na určené místo. Případné změny tohoto objektu se pak projeví ve všech exemplářích. Pokud při vytváření komponentu vybereme možnost *Cut opening*, v případě okna se pak automaticky „vyřeže“ ve stěně otvor pro dané okno. Budova obsahuje celkem 32 různých typů oken a v celém modelu bylo použito 437 komponentů.

Tabulka 5.2. Počet prvků složitějšího modelu

Počet hran	100 814
Počet ploch	39 052
Počet typů komponentů	54
Počet komponentů	437
Počet materiálů	54

## 6. VIZUALIZACE

Vizualizace modelu probíhala prostřednictvím Google Earth a ArcScene.

### 6.1. Vizualizace pomocí Google Earth

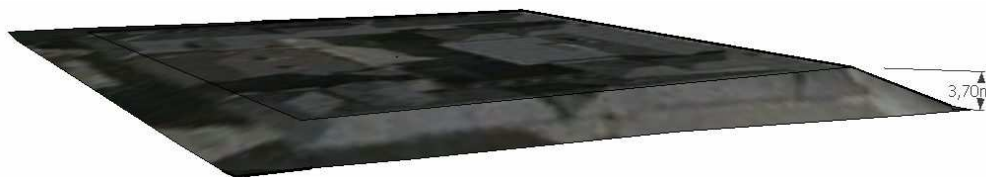
Vizualizace pomocí Google Earth probíhá prostřednictvím exportu do formátu kmz. To je umožněno i v základní verzi SketchUpu, která je dostupná zdarma.

Celý proces zobrazení modelu v GoogleEarth probíhá velice jednoduše. Je nutné mít otevřený SketchUp i Google Earth. V Google Earth je zobrazeno konkrétní místo, kam bude model umístěn. Důležité je mít v Google Earth zapnutou vrstvu terén. Obraz je převeden do SketchUpu pomocí nástroje *Get Current View*. V prostředí SketchUp poté umístíme hotový model přesně na místo, kam podle ortofotosnímku patří a upravíme také vertikální polohu umístění modelu v terénu.

V případě Olomouce je terén v Google Earth velice nekvalitní. Mezi protilehlými rohy budovy přírodovědecké fakulty byl výškový rozdíl více než 3,5 metru. Ve skutečnosti je však tento rozdíl maximálně 0,5 metru. Aby se model „nevznášel ve vzduchu“ nebo naopak „nepotápěl do země“, můžeme využít některý ze sady nástrojů *SandBox*. Tyto nástroje slouží pro práci s TINem a asi nejvýznamnější z nich, který použijeme i v tomto případě, se nazývá *Stamp*. Prvním krokem při použití tohoto nástroje je nastavení takzvaného *Offsetu*. S jeho pomocí určíme, do jaké vzdálenosti od budovy se bude terén deformovat. Poté už jenom klikneme na plochu, kolem které chceme terén upravovat (podstavu naší budovy). Tahem myši určujeme výšku, o jakou se tato plocha „vytáhne“ nebo „zanoří“. Bohužel, pokud budovu

posuneme pod úroveň původního terénu, tato změna se v Google Earth neprojeví a budova zůstane dále „potopená“.

V konkrétním případě budovy přírodovědecké fakulty byla offsetová vzdálenost zvolena 8 metrů. Při použití menší vzdálenosti byla deformace terénu příliš nápadná. Naopak při použití větší vzdálenosti docházelo ke ztrátě kvality obrázku ortofota použitého jako textura.



Obrázek 6.1. Doplnění terénu za použití nástroje Stamp

Po umístění budovy do ortofotosnímku použijeme nástroj *Place Model* nebo export do formátu kmz. Tento soubor pak stačí jen otevřít pomocí Google Earth a náš vytvořený model stojí na svém místě.

Problémem ale je, že oblast Olomouce, kde se budova nachází, je na snímcích v Google Earth zobrazena ve velice nízkém rozlišení (viz Obrázek 6.2), tudíž není možné model umístit přesně. Tento problém byl vyřešen pomocí překryvného obrázku s ortofotomapou Olomouce v kvalitě 0,2m/pixel. Přesné umístění do souřadnic bylo vyřešeno použitím pluginu „Export to KML“ pro ArcGIS 9.2 [7], kterým byl vyexportován polygon ohraničující rektifikované ortofoto. K jeho hranicím byl poté v Google Earth přichycen překryvný obrázek. Vizualizace byla doplněna o jednoduché bloky budov, jejichž třetí rozměr byl opět vytvořen pomocí tohoto pluginu.

Náhled vizualizace je zobrazen v příloze 4 a 5.



Obrázek 6.2. Srovnání původního podkladu s překryvným ortofotem

## 6.2. Google Warehouse

Postupem popsaným v předchozí kapitole vytvoříme pouze kmz soubor, který lze spustit jen z lokálního počítače. Aby se ale námi vytvořený model mohl dostat k většímu počtu uživatelů internetu, můžeme ho publikovat pomocí služby Google Warehouse. Tato služba slouží jako online skladiště velkého množství 3D modelů vytvořených pomocí Google SketchUp.

Model umístíme do Google Warehouse přímo z prostředí SketchUp pomocí nástroje *Share Model*. Po přihlášení se na Google Account se zobrazí formulář, do kterého můžeme vyplnit množství informací o dané budově, jako je například popis, adresa, klíčová slova atd. Po odeslání dotazníku prochází tento model schvalovacím procesem, a po schválení se zobrazí ve vrstvě „Best of 3D Warehouse“ v Google Earth.

### 6.3. Vizualizace pomocí ArcScene

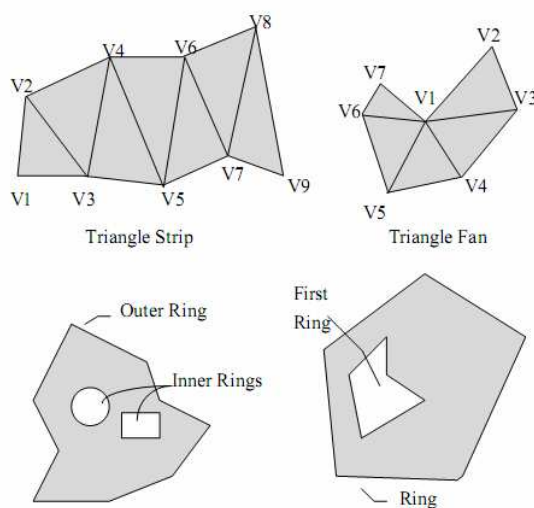
Zobrazení modelů vytvořených pomocí SketchUp v prostředí ArcGIS (ArcScene) je možné dvěma způsoby. Prvním z nich je geodatabáze ve formátu ESRI Multipatch, druhým je použití 3D modelu jako symbolu pro bodový jev. Obě metody vizualizace ale vyžadují placenou PRO verzi SketchUp. Součástí vizualizace je DMR ve formátu TIN pokrytý ortofotosnímkiem okolí budovy fakulty, vrstva komunikací, parků a bloky okolních budov.

Náhled této vizualizace v ArcScene je k dispozici jako příloha 6 a 7.

#### 6.3.1. ESRI Multipatch

ESRI Multipatch je založen na OpenGL 3D primitivech jako jsou trsy a pruhy trojúhelníků (viz kapitola 2.1.1). Jedná se o typ geometrie stejně jako jsou body, linie, polygony atd. [11] Pomocí Multipatch tak mohou být prostorové jevy zobrazeny v 3D, nesou si informaci o poloze a může jím být přiřazena atributová tabulka. Na takové objekty můžeme také aplikovat prostorové dotazy.[25]

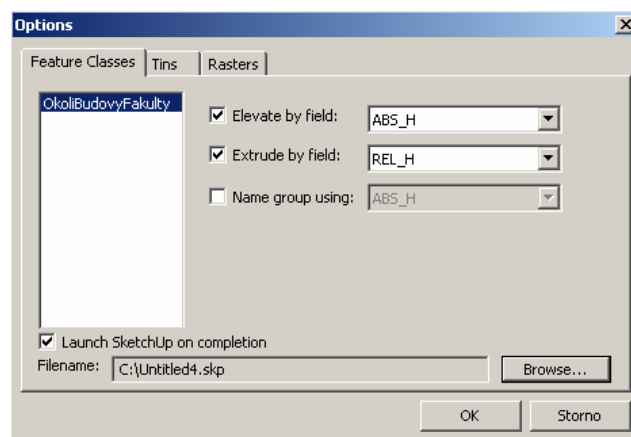
Bohužel ArcGIS nenabízí žádnou možnost editace formátu Multipatch.



Obrázek 6.3. Příklady částí MultiPatch [11]

Export 3D modelu do geodatabáze probíhá pomocí pluginu, který je ke stažení zdarma [6] a instaluje se do SketchUp PRO i do ArcGIS. Převod modelu pak probíhá tak, že se nejprve v ArcGIS zobrazí a označí polygonová vrstva odpovídající umístění budovy, kterou chceme vizualizovat a pomocí pluginu tento polygon převedeme do formátu skp. Podobným způsobem můžeme ve SketchUp zobrazit i TIN nebo georeferencovaný raster.

Takto vytvořený skp soubor poté můžeme otevřít pomocí SketchUpu a na určené místo umístit námi vytvořenou budovu. Následně tento model vyexportujeme jako formát ESRI MultiPatch a získáme mdb soubor, který se chová jako klasická geodatabáze. Tuto geodatabázi můžeme přímo otevřít pomocí ArcScene.



Obrázek 6.4. Plugin pro SketchUp a ArcGIS

Při exportu do geodatabáze docházelo k velkým problémům. SketchUp při exportu často hlásil různé chyby. Některé přitom úplně nepochopitelně, protože při druhém pokusu se stejnými daty export proběhl korektně.

Další problémy nastaly při zobrazení v ArcScene. Model se totiž zobrazil bez textur černou barvou, nebo některé textury chyběly a byly nahrazeny bílými plochami. Na diskuzních fórech si na tyto problémy stěžuje mnoho uživatelů.



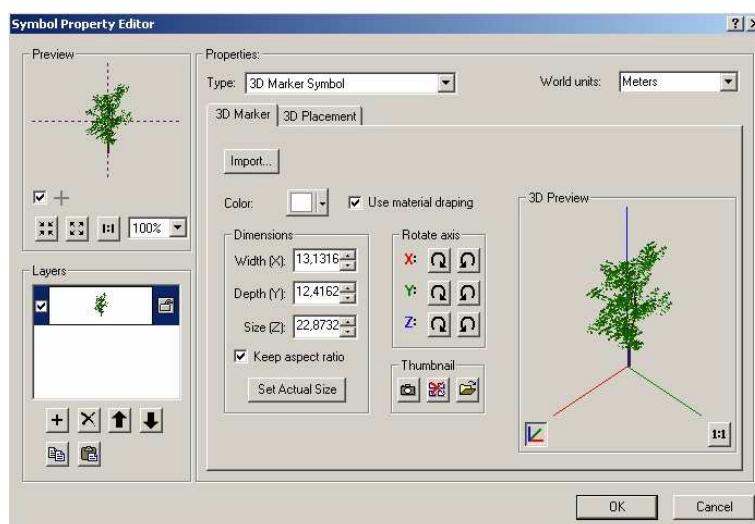
Chybová hlášení SketchUpu byla v některých případech zřejmě způsobena nedostatkem virtuální paměti. Problémem také je, pokud *Group* obsahuje pouze linie a žádné plochy.

Potíže s chybějícími texturami jsou způsobeny jejich velkým rozlišením. Velikost delší hrany jednotlivých fotografií nesmí přesáhnout 1024 pixelů. Černá budova se však někdy zobrazovala i po zmenšení všech textur. Pravou příčinu tohoto problému se odhalit bohužel nepodařilo, stejně jako problém, při kterém chyběly pouze některé textury. Nicméně konečná verze obou modelů je exportována korektně.

### 6.3.2. 3D symbol

Druhou metodou zobrazení modelů vytvořených pomocí SketchUp je jejich použití jako 3D znaků bodového tématu. Na rozdíl od ESRI MultiPatch si tyto objekty nenesou žádnou informaci o své poloze, ale jsou pouze použity k reprezentování těchto znaků.

Stejně jako u formátu MultiPatch je nutné použití PRO verze SketchUpu, protože model který chceme použít jako 3D symbol musíme vyexportovat ve formátu 3ds.



Obrázek 6.5. Nastavení 3D symbolu

## 7. POROVNÁNÍ OBOU MODELŮ

Jak už bylo zmíněno výše, vznikly dva modely budovy přírodovědecké fakulty univerzity Palackého v Olomouci. Liší se podrobností, do jaké byly modelovány detaily. Práce na každém modelu měla svá specifika a své problémy. U složitějšího modelu byla tímto problémem vyšší časová a také technická náročnost modelování, a v konečné fázi také relativně vyšší náročnost na hardware.

Oproti tomu největší úskalí u jednoduššího modelu nastalo při pořizování fotografií textur a nutnosti jejich dalších úprav pomocí grafického editoru. Velkým problémem byl také výše zmiňovaný export do ArcScene. V důsledku toho byla časová náročnost tvorby jednoduššího modelu téměř stejná jako u podrobnějšího modelu.

Z hlediska velikosti souboru je zajímavé, že přestože složitější model obsahuje mnohonásobně více hran a polygonů, je velikost souboru ve většině případů vyšší u jednoduššího modelu. To je způsobeno množstvím a velikostí textur, potřebných k pokrytí tohoto modelu. Rozdíl mezi velikostí samotné geometrie a velikostí obrázků použitých jako textury můžeme spolu s dalšími údaji vidět v tabulce .

Tabulka 7.1. Srovnání jednoduššího a složitějšího modelu.

	<b>Jednodušší</b>	<b>Složitější</b>
Počet hran	1 821	100 814
Počet ploch	685	39 052
Počet materiálů	69	54
Počet trojúhelníků (*.3ds)	5422	324 554
Velikost *.skp (KB)	5 830	3 970
Velikost *.3ds (KB)	328	18 100
s texturami	4 170	19 800
Velikost *.kmz (KB)	3 940	2 840
Velikost *.mdb (KB)	8 990	7 440

## 8. SKETCHUP A BLENDER

Pro srovnání SketchUpu s dalšími 3D aplikacemi byl zvolen program Blender ve verzi 2.46. Důvodem pro zvolení právě tohoto softwaru byla skutečnost, že je dostupný zdarma.

### 8.1. Popis

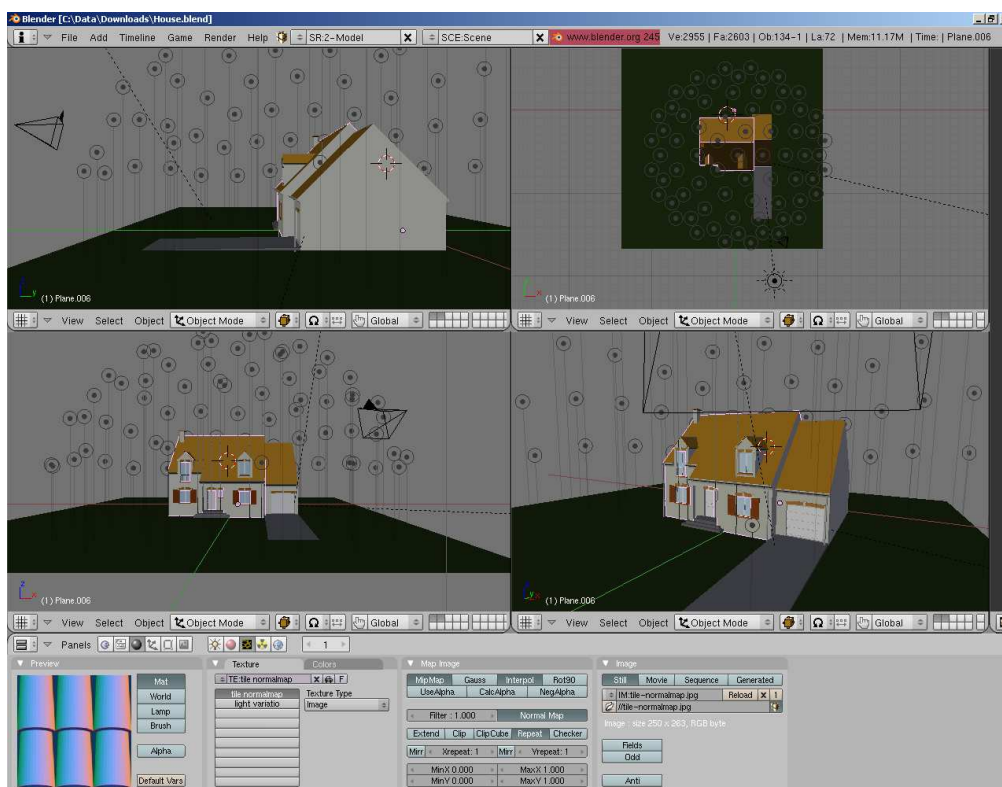
Blender byl vytvořen nizozemskou společností NaN a je to multiplatformní open source aplikace zaměřená na vytváření 3D modelů, animací, rendering, postprodukční činnost a v neposlední řadě také tvorbu interaktivních aplikací. [20]

Kromě výše zmíněných nástrojů obsahuje Blender také GameEngine, ve kterém je možné vytvářet interaktivní prezentace, počítačové hry nebo průchozí vizualizace (např. interiérů domů). To vše přímo v Blenderu pomocí interního grafického editoru s možností doplnění kódem v programovacím jazyce Python. [20]

Pro Blender existuje velké množství pluginů napsaných právě pomocí programovacího jazyka Python, které slouží například pro generování zvířecí srsti, trávy atd.

Na rozdíl od SketchUpu umožňuje Blender modelování pomocí polygonů, práci s Bézierovými a NURBS křivkami a také možnost výběru ze dvou renderovacích enginů. První možností je interní Blender Renderer a druhou je přímý vstup k externímu raytraceru Yafray.

Uživatelské prostředí Blenderu není ani zdaleka tak jednoduché a intuitivní jako je tomu v případě SketchUpu. Začínající uživatel se bez nějakého tutoriálu jen těžko v tomto prostředí vyzná. Na druhou stranu je ale pravda, že těchto tutoriálů je k dispozici velké množství, a když uživatel do tajů ovládání pronikne, je práce s Blenderem příjemná.



Obrázek 8.1. Prostředí programu Blender

Blender umožňuje vytvářet velice složité modely a animace a byl v něm už dokonce vytvořen krátký animovaný film Elephants Dream. [10] Pokud však chceme vytvořit relativně jednoduchý model budovy pro vizualizaci pomocí GIS nebo Google Earth, může být množství funkcí, které Blender obsahuje, spíše na obtíž. To však neplatí například o organické architektuře, která je ve SketchUpu jen velice těžko realizovatelná.

I když bychom se však rozhodli vytvořit model pomocí Blenderu a zobrazit jej pomocí ArcScene jako Multipatch, bez SketchUpu bychom se neobešli. Ten je totiž asi jediným programem, který umožňuje vytváření 3D modelů ve formátu Multipatch. Je však možné zobrazit model vytvořený pomocí Blenderu v SketchUpu, a odtud provést export do geodatabáze. Pro převod mezi Blenderem a SketchUpem můžeme použít několik možností exportu. Z příložené tabulky je patrné, které formáty lze k převodu mezi

těmito aplikacemi použít a také to, zda byl tento převod na vzorových datech úspěšný.

Tabulka 8.1. Možnosti převodu dat mezi programy SketchUp a Blender

SketchUp → Blender		Blender → SketchUp	
Formát	Funkčnost	Formát	Funkčnost
3DS	ANO	DXF	NE
DXF	ANO	3DS	ANO
VRML	NE		
DAE	NE		
OBJ	ANO		

## 8.2. Ukázka práce

V této části bakalářské práce popíšeme několik základních funkcí programu Blender na příkladu tvorby jednoduché budovy.

První krok provedeme v pohledu shora a je jím vložení čtverce. Tomuto čtverci smažeme dva vertexy a zbylé dva stále v horním pohledu extrudujeme (klávesa E). Následně extrudujeme se změnou velikosti (E+S), čímž nám vznikne „odskočení“ a opět tyto body extrudujeme a tím dokončíme podstavu budoucí budovy. Vzniklý tvar musíme uzavřít linií (F). Nyní se můžeme přepnout do bočního pohledu. V tomto případě nebudeme extrudovat vertexy jako v předchozích krocích, ale hrany. Tím vznikne základ budovy.

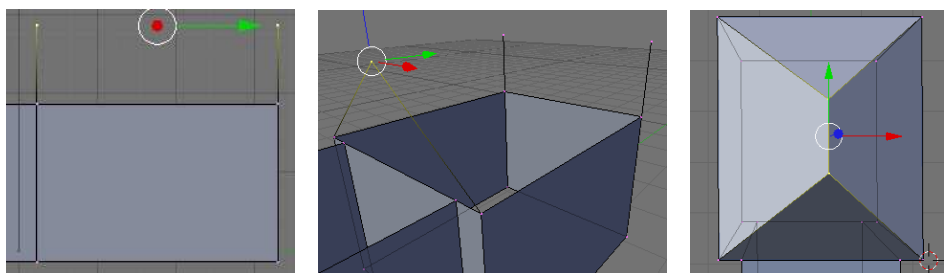


Obrázek 8.2. Tvorba stěn budovy v Blenderu

Ve SketchUpu bychom se ke stejnému tvaru dostali buď prostým nakreslením podstavy za použití nástroje *Line* a jejím vytažením pomocí *Push/Pull*, nebo vytvořením kvádrů a jeho upravením opět pomocí nástroje *Push/Pull*. Jak jsme si mohli všimnout, v Blenderu musíme přepínat mezi různými pohledy, abychom kreslili ve správné rovině. SketchUp tento problém řeší pomocí takzvaného lineárního odvozování (viz kapitola 4.3). Výhodou Blenderu však je možnost rozdělit pracovní plochu na několik částí a zobrazení různých pohledů zároveň.

Další částí tvorby této jednoduché budovy je střecha. Nejprve opět pomocí extrude vytáhneme rohové vertexy směrem nahoru (v bočním pohledu) a poté pomocí funkce merge spojíme postupně vždy dva protilehlé vertexy. Abychom uzavřeli plochu, musíme opět označit rohové vertexy a pomocí *F* ji vytvořit. Horní dva vertexy označíme a pomocí *S* změníme jejich vzdálenost. Obdobným způsobem vytvoříme i střechu na druhé části budovy.

Ve SketchUpu by tvorba střechy probíhala tak, že by se „strop“ rozdělil linií na dvě poloviny a tato rozdělovací linie by se pomocí nástroje *Move* posunula směrem nahoru. Zkosení střechy probíhá taktéž pomocí *Move*. Nástroj, kterým jsme zkosení provedli v Blenderu, ve SketchUpu chybí.

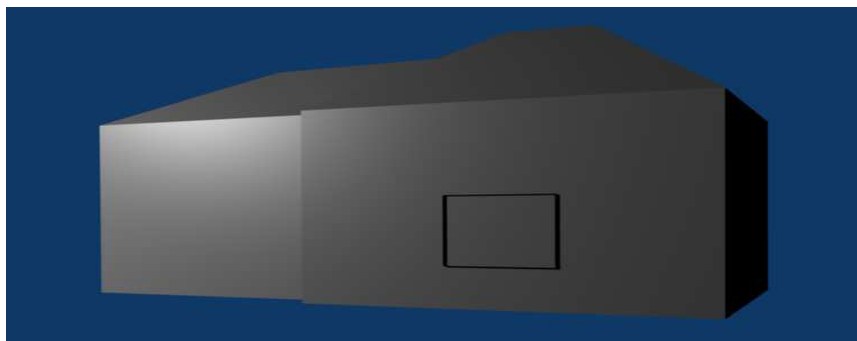


Obrázek 8.3. Tvorba střechy budovy v Blenderu

Okno budovy můžeme vytvořit tak, že opět pomocí funkce extrude se změnou velikosti zmenšíme jednu ze stěn. Další možností je například vložení čtverce v bočním pohledu. Takto vzniklou plochu potom můžeme opět

pomocí metody extrude zatlačit dovnitř a tak vytvořit jednoduché okno. Tím je model velice jednoduché budovy dokončen.

Ve SketchUpu by vytváření okna probíhalo obdobně. Pomocí nástroje *Rectangle* bychom vytvořili obdélník a ten pomocí *Push/Pull* zatlačili.



Obrázek 8.4. Jednoduchá budova vytvořená pomocí Blenderu

Samozřejmě že tato budova je velice primitivní a její vytvoření slouží pouze jako ukázka práce s programem. Ten nabízí nesrovnatelně větší možnosti, ale jejich popis není cílem této práce. Na obrázku vidíme, jak může vypadat profesionální výstup z Blenderu.



Obrázek 8.5. Ukázka z filmu Elephants Dream, vytvořeného pomocí Blenderu [10]

## 9. DISKUZE

Bakalářská práce se zabývá tvorbou 3D modelů budovy přírodovědecké fakulty univerzity Palackého v Olomouci. Modely se od sebe liší podrobností zpracování. K vytvoření modelů byl použit program Google SketchUp 6.

Práce v tomto programu je velice snadná a intuitivní, k dispozici je velké množství tutorialů, a to jak v psané podobě tak i videotutorialů, pomocí kterých je pochopení funkcí programu opravdu velice snadné. Při práci nebyly shledány žádné zásadní chyby ani omezení programu, spíše naopak byl autor práce velice překvapen rozsahem funkcí a uživatelsky příjemným ovládáním. Velkou výhodou je také nízká systémová náročnost, kdy i při použití málo výkonného hardwaru probíhalo modelování velmi plynule. Pouze v konečné fázi tvorby obou modelů docházelo ke zpomalování práce. Toto zpomalení se projevilo zejména u složitější varianty, konkrétně při aplikaci textur na komponenty. V tomto případě docházelo k vykreslování změn u mnoha prvků.

Při vizualizaci pomocí Google Earth byla jediným problémem špatná kvalita podkladových dat, a to jak satelitních snímků, tak terénu v oblasti Olomouce. Zajímavé je, že například nedaleká Litovel je pokryta mnohem kvalitnějšími snímky, které jsou srovnatelné s českými mapovými portály. Tento problém se však podařilo snadno vyřešit, jak je popsáno v kapitole 6.1.

Mnohem větší komplikace však nastaly při exportu 3D modelu do geodatabáze a následné vizualizaci v ArcScene. Tyto problémy jsou blíže popsány v kapitole 6.3.1. Bohužel právě k problémovému pluginu pro export do geodatabáze existuje jen velice málo dokumentace.

I přes tento drobný nedostatek je ale aplikace Google SketchUp velice silným nástrojem pro tvorbu 3D modelů.



## 10. ZÁVĚR

Bakalářská práce byla realizována na katedře geoinformatiky přírodovědecké fakulty univerzity Palackého v Olomouci. Jejím cílem bylo popsat základní principy současné 3D grafiky a vizualizace a popis nástrojů Google Earth a Google Sketchup.

Hlavním cílem práce ale bylo vytvoření dvou 3D modelů budovy přírodovědecké fakulty univerzity Palackého v Olomouci. Tyto varianty se od sebe liší podrobností modelování. V případě složitějšího modelu byly vytvářeny trojrozměrné detaily jako jsou rámy oken nebo dekorační prvky. U jednoduššího modelu byly tyto elementy zobrazeny jen pomocí fototextury. Oba modely byly porovnány z hlediska náročnosti jejich tvorby, velikosti souboru a problémů, které nastaly při jejich modelování.

Technicky náročnější byla samozřejmě tvorba složitějšího modelu. Nicméně v případě jednoduššího modelu bylo nutné nafotografovat velké množství snímků, které byly použity jako textury. Tato činnost se ukázala jako velice nesnadná, stejně jako nezbytně nutné úpravy těchto fotografií. Díky tomu byla časová náročnost tvorby obou modelů téměř totožná. Nevýhodou jednoduššího modelu může být také větší velikost souboru a s tím související problémy.

Oba modely byly vizualizovány pomocí Google Earth a ArcScene. Pomocí služby Google Warehouse byly také umístěny na web, kde si je může stáhnout kterýkoliv uživatel internetu.

Google SketchUp je velice silným nástrojem pro tvorbu 3D modelů a zejména v možnosti vizualizace těchto modelů pomocí Google Earth se skrývá velký potenciál. Účelem této práce bylo tento potenciál alespoň trochu podkrýt.

## 11. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] JELÍNEK, Zdeněk. *Algoritmy pro výpočet globálního osvětlení*, 2007. 42 s. Masarykova Univerzita. Vedoucí diplomové práce Mgr. Petr Tobola, Ph.D. Dostupný z WWW: <[http://is.muni.cz/th/60780/fi\\_m/thesis.pdf](http://is.muni.cz/th/60780/fi_m/thesis.pdf)>.
- [2] MARTÍNEK, Jan. *Interaktivní mapa učeben PřF UP*, 2005. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.
- [3] SOCHOR, Jiří. *Algoritmy počítačové grafiky*. 2. přeprac. vyd., 1996. 184 s
- [4] VOŽENÍLEK, Vít. *Aplikovaná kartografie I.* 2. vyd., 2004. 187 s. ISBN 80-244-0270-X.
- [5] ŽÁRA, Jiří. *Moderní počítačová grafika*. 1. vyd., 1998. 448 s. ISBN 80-7226-049-9.
- 
- [6] *ArcGIS plugin* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.sketchup.com/index.php?id=1955>>.
- [7] *ArcScripts : Export to KML 2.4.5* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=14273>>.
- [8] *CADwire.net* [online]. 2006 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.cadwire.net/commentary/?46463>>.
- [9] *CatchUp* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.sketchucation.com/forums/scf/catchup/2008/may/p13-14/index.htm>>.
- [10] *Elephants Dream* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.elephantsdream.org/>>.
- [11] *ESRI Shapefile Technical Description* [online]. 1998 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <[esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf](http://esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf)>.
- [12] *GIMP downloads* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.gimp.org/downloads/>>.
- [13] *Google Earth* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://earth.google.com/intl/cs/download-earth.html>>.
- [14] *Google Earth : Jazyk KML* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://earth.google.com/intl/cs/kml/index.html>>.
- [15] *Google Earth : O jazyce KML* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <[http://earth.google.com/userguide/v4/ug\\_kml.html](http://earth.google.com/userguide/v4/ug_kml.html)>.
- [16] *Google Earth : Product comparison* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <[http://earth.google.com/intl/cs/product\\_comparison.html](http://earth.google.com/intl/cs/product_comparison.html)>.
- [17] *Google Earth Blog : About Google Earth Imagery* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <[http://www.gearthblog.com/blog/archives/2008/02/about\\_google\\_earth\\_imagery.html](http://www.gearthblog.com/blog/archives/2008/02/about_google_earth_imagery.html)>.

- [18] *Google Earth Blog : Myanmar cyclone Data* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <[http://www.earthblog.com/blog/archives/2008/05/myanmar\\_cyclone\\_data\\_in\\_google\\_earth.html](http://www.earthblog.com/blog/archives/2008/05/myanmar_cyclone_data_in_google_earth.html)>.
- [19] *Gouraud Shading Definition* [online]. 2003 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Gouraud+shading>>.
- [20] *Charakteristika programu Blender* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.blender3d.cz/drupal/?q=charakteristika>>.
- [21] *Kerkythea* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.kerkythea.net>>.
- [22] OGC. *OGC Approves KML as Open Standard* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/857>>.
- [23] *SketchUpdate* [online]. 2006 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.sketchup.com/index.php?id=7&recordid=109>>.
- [24] *Sketchup User's Guide* [online]. [2007] [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <[download.sketchup.com/GSU/pdfs/GSUUsersGuide\\_WIN.pdf](download.sketchup.com/GSU/pdfs/GSUUsersGuide_WIN.pdf)>.
- [25] SMITH, Gary, FRIEDMAN, Joshua. 3D GIS : A technology whose time has come. *Earth observation magazine* [online]. 2004, November [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <[www.businessmap.com/library/reprints/pdfs/eom-3dgis-nov2004.pdf](http://www.businessmap.com/library/reprints/pdfs/eom-3dgis-nov2004.pdf)>.
- [26] SPENCER, Stephen. *Radiosity Overview* [online]. 1993 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <[http://old.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/radiosity/overview\\_1.htm](http://old.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/radiosity/overview_1.htm)>.
- [27] STEHLÍK, Milan. *SketchUp : Nástroje svobodného skicování ve 3D. IT CAD* [online]. 2005, číslo 1 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <[www.3epraha.cz/kestazeni/sketchup/sketchup.pdf](http://www.3epraha.cz/kestazeni/sketchup/sketchup.pdf)>.
- [28] TIŠNOVSKÝ, Pavel. *OpenGL evaluátory* [online]. 2004 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.root.cz/clanky/opengl-evaluatory-i/>>.
- [29] TIŠNOVSKÝ, Pavel. *OpenGL evaluátory (3)* [online]. 2004 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.root.cz/clanky/opengl-evaluatory-bezierovy-bikubicke-platy/>>.
- [30] United States Patent. *United States Patent 6628279* [online]. 2003 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO1&Sect2=HITOFF&d=PALL&p=1&u=%2Fnetacgi%2FPTO%2Fsrchnum.htm&r=1&f=G&l=50&s1=6628279.PN.&OS=PN/6628279&RS=PN/6628279>>.
- [31] Wikipedia. *SketchUp* [online]. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/SketchUp>>.
- [32] ZAJÍČEK, Ondřej. *Stínování v počítačové grafice* [online]. [2007] [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://artax.karlin.mff.cuni.cz/~zajio1am/texts/practics/review7.html>>.

## SUMMARY

This Bachelor thesis is a final conclusion of the Geography and Geoinformatics Bachelor degree study programme at department of Geoinformatics, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc. The object of the thesis is a description of basic principles of up-to-date computer graphics and visualization and a description of Google Earth and Google SketchUp tools.

The main aim is creation of two 3D models of building of Faculty of Science, Palacky University in Olomouc. These two models differ in their level of detail. In the more detailed model there are modelled details such as windows or decorative elements. In the less detailed model, these elements are represented only through photo textures.

Both models were compared in terms of difficulty of modelling, file size, speed of loading or problems which occurred during their creation. Creating of high-level detailed model was of course more technically demanding. However lots of photos had to be made in order to use them as photo textures for the low-detailed model. Taking of photos as well as their sequential editing took quite a long time. Therefore treatment time of creating both modes was nearly identical. Disadvantage of low-detailed model was the file size and related problems with loading etc.

Both models were visualized using Google Earth and are available to public through Google Warehouse.

Google SketchUp is very powerful tool for creating of 3D models. It's greatest potential is in visualization of these models in Google Earth. Purpose of this thesis was to reveal this potential.

# PŘÍLOHY

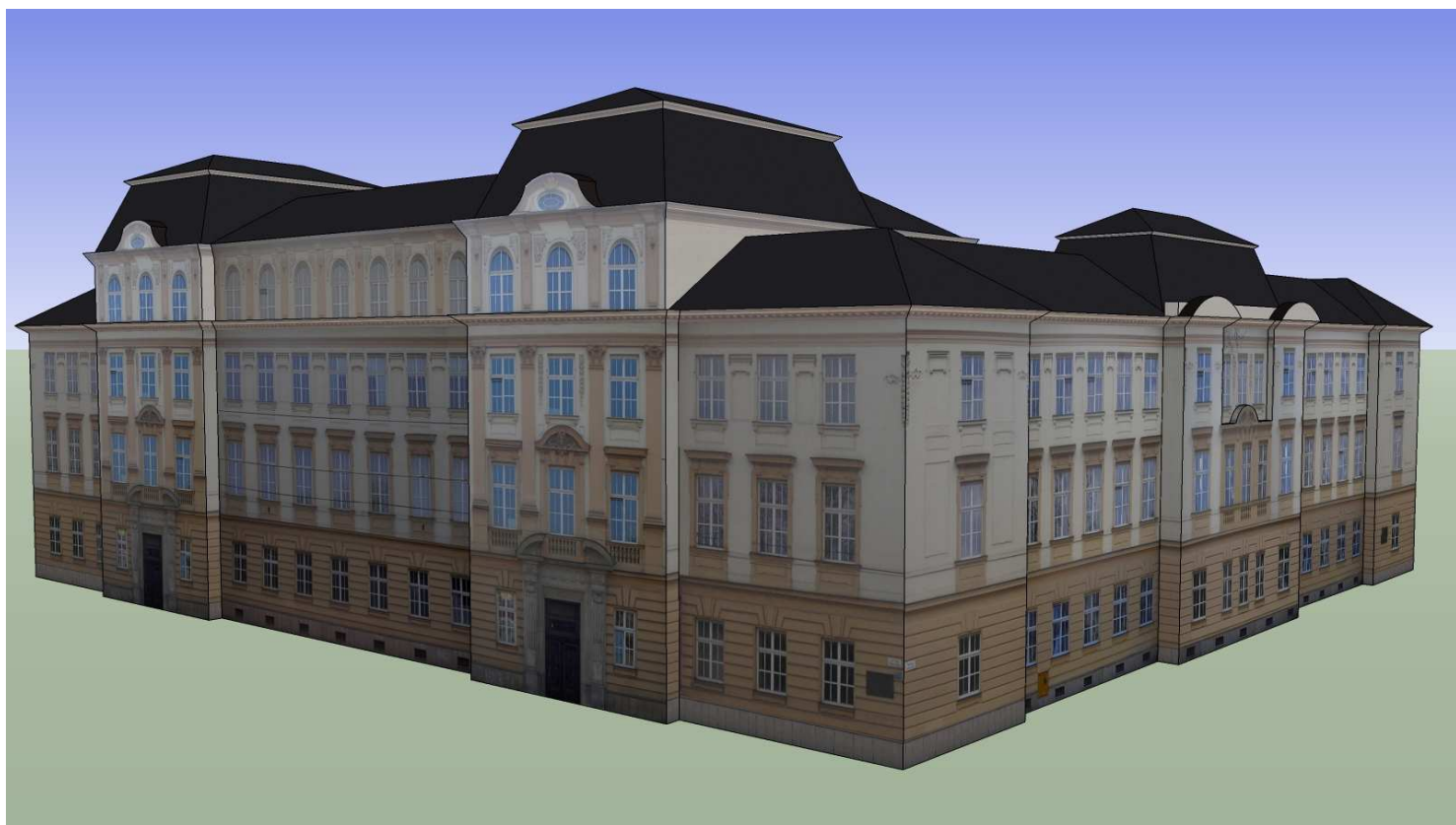
## 1. CD-ROM

- Textová část bakalářské práce
- Obě varianty 3D modelu budovy PřF ve formátu \*.skp
- Vizualizace obou variant modelu budovy PřF pro Google Earth ve formátu \*.kmz (pro zobrazení se zapnutou vrstvou terén i bez této vrstvy)
- Projekt pro ArcScene obsahující vizualizaci obou modelů
- Průlety oběma modely ve formátu \*.avi
- Instalační soubor Google SketchUp, SketchUp PRO + ArcGIS plugin
- Instalační soubor Blender
- Instalační soubor Google Earth

## 2. Volné obrazové přílohy

- **Příloha 1,2:** Jednodušší a složitější model zobrazen v prostředí Google SketchUp
- **Příloha 3:** Detaily složitějšího modelu zobrazené v prostředí Google SketchUp
- **Příloha 4,5:** Vizualizace jednoduššího a složitějšího modelu v prostředí Google Earth
- **Příloha 6,7:** Vizualizace jednoduššího a složitějšího modelu v prostředí ArcScene
- **Příloha 8:** Ukázka možnosti změny stylů v programu Google SketchUp.
- **Příloha 9:** Učebna GIS

**Příloha 1:** Jednodušší (nahore) a složitější (dole) model zobrazen v prostředí Google SketchUp



**Příloha 2:** Jednodušší (nahore) a složitější (dole) model zobrazen v prostředí Google SketchUp



**Příloha 3:** Detaily Složitějšího modelu zobrazené v prostředí Google SketchUp





**Příloha 4:** Vizualizace jednoduššího (nahore) a složitějšího (dole) modelu v prostředí Google Earth



**Příloha 5:** Vizualizace jednoduššího (nahore) a složitějšího (dole) modelu v prostředí Google Earth



**Příloha 6:** Vizualizace jednoduššího (nahore) a složitějšího (dole) modelu v prostředí ArcScene



**Příloha 7:** Vizualizace jednoduššího (nahore) a složitějšího (dole) modelu v prostředí ArcScene



**Příloha 8:** Ukázka interiéru GIS učebny katedry geoinformatiky



**Příloha 9:** Ukázka možnosti změny stylů v programu Google Sketchup.

