

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra matematiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Geodatové modelování pro účely stavebně-
historických průzkumů objektů

Zadání práce

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr magisterského studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené odborné literatury a zdrojů informací.

V Plzni dne 20. května 2011

.....

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí diplomové práce paní Ing. arch. Zuzaně Syrové za její odborné vedení, za zasvěcení do problematiky stavebně-historických průzkumů a za ochotu k víkendovým konzultacím. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Karlu Jedličkovi, Ph.D. za pomoc při zpracovávání teoretické části práce a za veškeré připomínky, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Dík patří rovněž společnosti Mott MacDonald CZ, spol. s r.o., jejíž vedení mi poskytlo časovou i technickou podporu jak při studiu samotném, tak i při zpracovávání diplomové práce. Děkuji i společnosti Grintec – GO-3DM, jejíž zástupci mi ochotně poskytli vyžádané materiály. Dále děkuji všem, kteří věřili v sepsání této práce a nerozpakovali se to nahlas říci.

Dík samozřejmě patří i mé partnerce Barboře Bešťákové za její toleranci a podporu, které se mi dostávalo po celou dobu psaní práce.

Abstrakt

Cílem práce je prozkoumat možnosti 3D geografických informačních systémů (GIS) a jejich využitelnost při správě dat ze stavebně-historických průzkumů (SHP) objektů. Je navržen konceptuální datový model na jehož základě byl vytvořen fyzický datový model. Fyzický datový model umožňuje ukládat data ze stavebně-historických průzkumů (SHP) objektů do databáze. Touto databází je ESRI Personal Geodatabase, která je propojitelná do databáze paGIS, jejímž správcem je Národní památkový ústav (NPÚ). Vytvořená databáze je naplněna vzorovými daty objektu Čistá čp. 97, na čemž je demonstrován stav současných technologií.

Klíčová slova

3D, GIS, CAD, SHP – stavebně-historický průzkum, reprezentace, geometrický model, datový model

Abstract

The objective of this diploma thesis is reconnaissance of possibilities of 3D geographical information systems and their applicability of Understanding Historic Buildings process data. Is designed conceptual data model. This model is used as a basis for physical database model. Physical database model was prepared in ArcGIS like ESRI Personal Geodatabase and it is able to store data from Understanding Historic Buildings process. The database model can be connected to the paGIS database which is managed by Czech National Heritage Institute. The sample data was imported into the designed Personal Geodatabase to demonstrate the current state of technology.

Key words

3D, GIS, CAD, Understanding Historic Buildings, Representation, Geometrical model, Data model

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. PŘECHOD OD 2D KE 3D GIS.....	11
2.1. 2D GIS.....	12
2.2. 2.5D GIS.....	12
2.3. 3D GIS.....	12
2.4. 4D GIS.....	12
3. TYPY 3D REPREZENTACÍ.....	13
3.1. Drátové (wire-frame) reprezentace	13
3.2. Povrchové (surface-based) reprezentace	14
3.3. Objemové (volume) reprezentace	15
4. TYPY GEOMETRICKÝCH MODELŮ 3D OBJEKTŮ	16
4.1. Geometrické modely pro drátové (wireframe) reprezentace.....	16
4.1.1. E – reprezentace (Edge representation)	16
4.2. Geometrické modely pro povrchové reprezentace.....	17
4.2.1. Grid	17
4.2.2. Shape	18
4.2.3. Facet	18
4.2.4. B – reprezentace	19
4.3. Geometrické modely pro objemové reprezentace.....	21
4.3.1. 3D array (3D pole)	21
4.3.2. Octree	21
4.3.3. CSG reprezentace	24
4.3.4. 3D TIN	24
5. 3D FORMÁTY DAT	26
5.1. Collada	26
5.2. KML.....	26
5.3. VRML	26
5.4. X3D.....	26
5.5. 3DMLW	27
5.6. MultiPatch	27
5.7. DWG	27
5.8. DXF	27
5.9. DGN.....	28
5.10. CityGML.....	28
6. DOSTUPNOST 3D GIS A JEJICH MOŽNÉ VYUŽITÍ V RÁMCI STAVEBNĚ- HISTORICKÝCH PRŮZKUMŮ.....	29
6.1. ArcGIS	29

6.2.	MapInfo	29
6.3.	Fraunhofer Institute 3D GIS.....	29
6.4.	GO-3DM	30
6.5.	Bentley 3D City GIS.....	30
6.6.	Google SketchUp Pro.....	31
6.7.	Atlas DTM	31
6.8.	Shrnutí	31
7.	TOPOLOGIE.....	33
8.	SITUACE NA POLI STAVEBNĚ-HISTORICKÝCH PRŮZKUMŮ OBJEKTŮ S OHLEDEM NA VYUŽITÍ GIS MIMO ČR	34
8.1.	Pojmy SHP, OPD, Pasportizace a soupisová činnost v zahraničním kontextu (Bláha, 2010).....	34
8.1.1.	Německo	34
8.1.2.	Rakousko.....	34
8.1.3.	Švýcarsko	35
8.1.4.	USA - Historic Structure Report	35
8.1.5.	Velká Británie – Understanding Historic Buildings.....	36
8.2.	De methodes van het historisch huizenonderzoek, sleutels tot de ontwikkeling van stedelijke GIS voor de prekadastrale periode. Cases: laatmiddeleeuws Antwerpen en vroegmodern Leiden (Bisschops, 2009)	37
8.2.1.	Holandsko	37
8.3.	APPLICABILITY OF 3D GISTO THE VIEW PRESERVATION POLICY OF KYOTO CITY (Kirimura, 2009)	37
8.3.1.	Japonsko.....	37
8.4.	THE USE OF GIS TECHNOLOGY IN CULTURAL HERITAGE (Petrescu, 2007)	38
8.4.1.	Austrálie	38
8.4.2.	Slovenská republika	38
8.4.3.	Polsko.....	38
8.5.	Shrnutí	38
9.	VOLBA VHODNÉ REPREZENTACE A GEOGRAFICKÉHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU.....	39
10.	DATOVÝ MODEL PRO ÚČELY STAVEBNĚ-HISTORICKÝCH PRŮZKUMŮ OBJEKTŮ.....	40
10.1.	Stavebně-historický průzkum (SHP) objektu a jeho uchování v databázi NPÚ.....	40
10.2.	Metodika pro Standardní nedestruktivní stavebně-historický průzkum (Metodiky SHP).....	40
10.2.1.	Význam metodiky	40
10.2.2.	Analýza stavebně-historického vývoje objektu	40
10.2.3.	Hodnocení a doporučení.....	41
10.3.	Rozdílný charakter papírové a GIS formy elaborátu SHP	41
10.4.	Datový model SHP	41
10.4.1.	Konceptuální datový model.....	42

10.4.2.	Podrobný popis datového modelu	44
10.4.3.	Shrnutí	51
10.5.	Budoucí rozšíření datového modelu pro účely stavebně-historických průzkumů	52
10.5.1.	Stropy	52
10.5.2.	Zdivo	53
10.5.3.	Klenby	56
10.5.4.	Dveře a vrata	56
10.5.5.	Autorská určení	57
10.5.6.	Profilová databáze	58
11.	OVĚŘENÍ DATOVÉHO MODELU	59
11.1.	Ověření modelu na vybraných zpracovaných SHP	59
11.1.1.	Ověření na SHP objektu Čistá čp. 97 (okres Svitavy)	59
11.1.2.	Ověření na SHP objektu Nový Přerov – usedlost čp.43	62
11.2.	Ověření datového modelu naplněním 3D dat objektu Čistá čp. 97	65
11.2.1.	Úprava originálního výkresu	65
11.2.2.	Import do datového modelu pomocí nástroje Load Data.....	67
11.2.3.	Import do datového modelu pomocí programu CAD2Shape	68
11.2.4.	Rozřazení importovaných dat do jednotlivých tříd a subtypů	70
11.2.5.	Naplnění datového modelu atributovými daty.....	71
11.2.6.	Transformace 3D modelu do S-JTSK.....	73
11.2.7.	Vizualizace dat v ArcScene	75
12.	DISKUZE	78
13.	ZÁVĚR	79
13.1.	Shrnutí provedených činností	79
13.2.	Výsledky praktické části.....	79
13.3.	Význam dosažených výsledků pro účely stavebně-historických průzkumů.....	80
14.	ZDROJE.....	81
14.1.	Literatura.....	81
14.2.	Prameny	84
	STRUKTURA PŘILOŽENÉHO CD	84

1. ÚVOD

Téma „Geodatové modelování pro účely stavebně-historického průzkumu objektu“ si autor vybral především pro možnost praktické tvorby datového modelu obecně, a také pro to, aby si rozšířil své obzory v oboru architektury a památkových objektů. Dalším důvodem pak byla možnost seznámit se podrobněji se současným stavem 3D (troj dimenzionálních) technologií, které do geografických informačních systémů (GIS) postupně pronikají.

V první řadě je nutné definovat základní terminologii, která je v dalších kapitolách této práce užita.

CAD (Computer Aided Design)

Jedná se o systémy, které jsou primárně určeny pro podporu počítačového projektování. Jsou v nich implementovány mnohé nástroje umožňující přesné technické kreslení (tvorba linií, oblouků, přichycení na vybraný prvek kresby bod, atd.). Mezi typické zástupce patří program AutoCAD nebo MicroStation.

GIS (Geographical Information System)

Název napovídá, že se jedná o informační systém, v němž jsou data doplněna o prostorovou (geografickou) složku. Pod pojmem GIS lze chápat, jak plně vybavené pracoviště s různým hardwarovým a softwarovým vybavením, které tak tvoří plnohodnotný informační systém, tak i samostatný program (tzv. Desktop GIS).

Reprezentace prostorových (geografických) dat:

Pod pojmem reprezentace prostorových dat rozumíme formu těchto dat. V případě 2D GIS se jedná především o rastrovou a vektorovou formu, případně TIN (Environmental Science Institute, 2004). Ve 3D GIS to je forma (reprezentace) drátová, povrchová a objemová (Rahman, 2008).

V rámci 3D GIS najdou uplatnění jak reprezentace 2D, tak i 3D (Rahman, 2008), nicméně pro 2D je toto téma dobře popsáno v dostupných materiálech (Environmental Science Institute, 2004), (Jedlička – Břehovský, 2005)¹ a proto bude pro účely této práce dále rozvíjeno téma příslušných reprezentací ve 3D GIS.

Reprezentace prostorových dat ve 3D GIS jsou pro účely této práce dále členěny na geometrické modely.

Geometrický model:

Pod pojmem geometrický model v tomto případě rozumíme konkrétní typ prostorové reprezentace. Zde je potřeba zmínit, že terminologie v této oblasti není jednoznačně ustálená. V těchto pojmech si dostupné materiály odporují (Rahman, 2008), (Zlatanova, 2006).

¹ Přesto, že je tato publikace staršího data vzniku, je v oblasti základních informací o GIS velmi užitečnou. Většina novějších publikací se na ni odkazuje.

Pojmenování „geometrický model“, byť se jedná o konkrétní typ reprezentace prostorových dat, vychází z faktu, že v této fázi je již možné modelovat konkrétní reálné těleso v počítači. V podstatě se tak v celém procesu jedná o vytvoření modelu reálného objektu v paměti počítače za pomoci určité formy (reprezentace) dat.

Geodatovým modelováním² pak rozumíme vytváření modelu objektů a jevů v prostorové databázi.

Cíle práce

Teoretickým cílem práce je analyzovat možnosti 3D reprezentací a datových modelů, které jsou vhodné pro použití v oboru památkové péče.

Praktickým cílem práce je vytvoření geodatového modelu a jeho ověření na konkrétních datech, která vznikla na základě standardního nedestruktivního stavebně-historického průzkumu (SHP).

Standardní nedestruktivní stavebně-historický průzkum objektu³ je vysoce specializovaná činnost, jejíž hlavním úkolem je získat maximum informací o daném objektu. Děje se tak vlastním průzkumem památky (sondáže, pořizování fotodokumentace apod.) a dále sběrem a utříděním dostupných materiálů v grafické či písemné podobě (Macek, 2001).

Geografické informační systémy pronikají do mnoha různých oborů a stavebně-historické průzkumy jsou toho důkazem. V současnosti jsou data zpracovávána především v digitální podobě a na základě metodiky Standardní nedestruktivní stavebně-historický průzkum.

Diplomová práce navazuje především na práci Ing. Luňáka (Luňák, 2009), v rámci které byl vytvořen geodatový model zámku Kozel. Tento model je z velké části přizpůsoben tak, aby zachycoval podrobné objekty a jevy, které jsou předmětem SHP objektu, ale doposud nejsou zahrnuty v geodatovém modelu paGIS⁴.

2. PŘECHOD OD 2D KE 3D GIS

Kapitola čerpá ze dvou dostupných publikací (Rahman, 2008) a (Rahman, 2006). V oboru geografických informačních systémů jsou 2D a 2.5D (viz kapitola 2.2) systémy široce a běžně využívány a jsou velmi efektivní při prostorových analýzách. Stejný druh systému už ale už nemusí zvládnout obdobné operace s 3D daty, což je i důvod vzrůstající potřeby na vytvoření takového systému.

² Jedná se o datové modelování obohacené o prostorovou složku, viz: <http://www.fi.muni.cz/usr/richter/lekceGIS/u07i.htm>

³ Objektem se rozumí konkrétní nemovitost. Kromě stavebně-historického průzkumu objektu se lze setkat s SHP sídla. Sídlem se pro účely této práce rozumí soubor nemovitostí (staveb). U SHP sídla se tedy zpravidla zkoumají urbanistické vztahy a jiné vztahy mezi sídly, zatím co u SHP objektu probíhá detailní průzkum konkrétní stavby.

⁴ GIS památkově chráněných území a nemovitých kulturních památek spravovaný Národním památkovým ústavem (NPÚ).

2.1. 2D GIS

Dle Rahmana (Rahman, 2006) se jedná o takový GIS, který dokáže pracovat s dvojdimenzionálními daty, jako jsou body, linie⁵ a plochy. Dokáže provádět všechny běžné operace z oblasti editace (úpravy vrcholů, rotace, posun apod.) a prostorových analýz (union, intersect, merge apod.).

2.2. 2.5D GIS

Jak říká Rahman (Rahman, 2006), jedná se o takový GIS, který dokáže pracovat s daty typu digitální model reliéfu (DMR), tedy s takovými, která již mají informaci o třetím rozměru (zpravidla výšku) a jako trojrozměrná dokáže tato data zobrazit. Jedná se tedy v principu o 2D data, k nimž je přiřazena informace o třetím rozměru pomocí atributu (u vektorových dat to může být číselná hodnota ve sloupci tabulky nebo přímo v geometrii, u rastru hodnota pixelu). 2.5D GIS je tedy nadstavba 2D GIS.

2.3. 3D GIS

3D GIS je takový systém, který by měl umožňovat práci jak ve standardním 2D, resp. 2.5D, tak i ve 3D. Pod pojmem 3D v tomto případě rozumíme plnohodnotná 3D data jako domy (i interiéry), automobily, mosty, inženýrské sítě atd. S takovými daty by pak měla být možnost provádět prostorové analýzy obdobně, jako tomu je u 2D a 2.5D.

3D GIS by měl být schopen modelovat, reprezentovat, řídit, manipulovat, analyzovat a podporovat rozhodování na základě informací souvisejících s trojdimenzionálními jevy přeloženo z – Spatial Data Modelling for 3D GIS (Rahman, 2008, s. 16). Musí také existovat možnost zavedení topologických pravidel⁶ (viz kapitola 7), což by zabezpečilo vzájemné vztahy mezi 3D objekty (například 3D objekt reprezentující střechu nesmí ležet v objektu reprezentující podlahu apod.)

3D data vyžadují i specifické datové formáty, protože ty stávající (např. ESRI shapefile, MapInfo tab atd.) uložení 3D dat nepodporují. Více viz kapitola 5.

2.4. 4D GIS⁷

Pro doplnění je uvedena i tato kapitola. 4D GIS uvažuje navíc, kromě 3D prostoru, čas. Takovýto systém tedy umožňuje provádět další typ prostorových analýz, kterým jsou např. simulace (je ovšem třeba podotknout, že časová – temporální – složka je i součástí 2.5D GIS jako je ArcGIS 10⁸).

⁵ Přestože jsou body a linie v své podstatě 0 a 1D objekty, tyto ale leží v rovině na libovolných souřadnicích x,y. Z tohoto důvodu jsou v tomto případě označovány jako dvojdimenzionální data.

⁶ ArcGIS 9.3 nepodporuje zavedení topologických pravidel pro třídy MultiPatch.

⁷ <http://www.vector1media.com/vectorone/?p=4937>

⁸ <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//00qp00000018000000.htm>

3. TYPY 3D REPREZENTACÍ

Před samotným zpracováním a ukládáním geometrických dat je třeba rozhodnout, jakým způsobem tato data uchovávat. Existuje několik možností, avšak základním rozdělením může být samotný způsob reprezentace – rastr nebo vektor (resp. jejich kombinace). Dle Rahmana (Rahman, 2008, s. 41): „*Prostorové objekty jsou vektorové, jestliže jsou reprezentovány jedním ze základních geometrických primitiv, jako jsou body, linie, plochy, které jsou prostorově určeny kartézským souřadnicovým systémem. Stejný prostorový objekt může být uložen v rastrové podobě, jestliže se rozdělí na jednotlivé pixely*“.

Dále potom vybereme požadovaný typ reprezentace – členěno dle Rahmana (Rahman, 2008):

- drátové (hranové) reprezentace,
- povrchové (surface-based) reprezentace,
- objemové (volume-based) reprezentace.

Jednotlivé reprezentace potom lze vyjádřit určitým geometrickým modelem, jak je blíže uvedeno v kapitole 4.

3.1. Drátové (wire-frame) reprezentace

Dle dostupných materiálů (Knowledge Rush, 2009) slouží drátová reprezentace k vizuální reprezentaci prostorových objektů. Vzniká zobrazováním jednotlivých hran objektu, jež jsou definovány jako průsečnice dvou rovin v nichž leží stěny objektu (např. u krychle je jedna hrana odpovídá průsečnici dvou na sebe kolmých rovin α_1 a α_2 , přičemž vzniklá přímka je omezena na úsečku dalšími dvěma vzájemně rovnoběžnými rovinami β_1 , β_2 , které jsou zároveň kolmé na rovinu α_1 a α_2). Zobrazení na monitoru PC probíhá pomocí vykreslení čar na pozici jednotlivých hran. Viz obrázek 3-1.

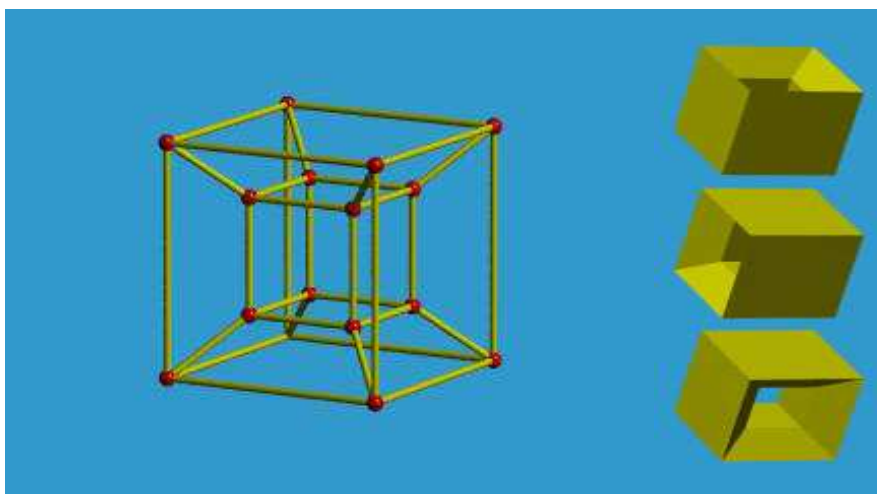
Obecně je možné, aby hrany nebyly pouze přímky, resp. úsečky, ale i křivky vyšších řádů. V takovém případě není hrana definována jako průsečnice dvou rovin, ale jako průsečnice dvou ploch vyšších řádů.

⁹ V případě 3D se jedná o voxely.



Obrázek 3-1 – Ukázka drátových modelů jednoduchých objektů¹⁰

Vyjádření 3D objektů pomocí drátové reprezentace je výhodné z hlediska nízkých nároků na výkon procesoru. Dále je vhodné využít tento typ reprezentace při prohlížení rozsáhlých 3D objektů. Renderování (tedy vytvoření již cílového obrazu se všemi náležitostmi – nasvícení, odrazy světla, vykreslení ploch texturami apod.) je totiž výpočetně náročný proces a doba pro takové prohlížení by byla vůči zobrazování pomocí wireframe neúměrně dlouhá¹¹. Zobrazení pomocí drátového modelu tak může poskytnout velmi rychlý náhled na daný objekt. Je však třeba podotknout, že pro složitější objekty je drátový model nejednoznačný a tudíž nevhodný. Viz obrázek 3-2.



Obrázek 3-2 – Nejednoznačnost drátového modelu¹²

3.2. Povrchové (surface-based) reprezentace

Pomocí povrchové metody jsou prostorové objekty definovány přes geometrické prvky, které se vztahují k hranicím daného objektu. Jsou to polygony stěn objektu, samotné hrany těchto stěn a dále jednotlivé vrcholy (např. při aplikaci na krychli nebude potřeba žádná informace z prostoru uvnitř krychle, ale bude nutné využít stěn, hran a případně vrcholů). Ve většině případů se polygony vyskytují ve formě trojúhelníků či obdélníků. Model lze ale zobecnit tak, že stěny nebudou ohraničeny

¹⁰ Převzato z Knowledge Rush (Knowledge Rush, 2009)

¹¹ Renderování je již konečný krok v procesu modelování a vizualizování 3D scén. Jeho výsledkem je buď obrázek nebo video soubor, viz <http://www.root.cz/slovnicek/renderovani/>.

¹² Převzato z Shene (Shene, 2008)

lomenou čarou, ale půjde třeba o spline křivku (Zlatanova, 2006) (a tedy stěny objektu budou tvořeny plochami vyšších řádů). Dle Rahmana (Rahman, 2008) můžeme povrchové reprezentace definovat v počítači těmito geometrickými modely:

- Grid
- Shape
- Facet
- Boundary representation

3.3. Objemové (volume) reprezentace

Dle Tišnovského (Tišnovský, 2008) popisují objemové reprezentace objekty zcela odlišně. Při použití těchto modelů je popsán celý objem objektu a nejsou tak problémy např. při určování, zda daný bod leží uvnitř objektu.

Mezi geometrické modely objemových reprezentací patří:

- 3D Array
- Octree
- CSG (Costructive Solid Geometry)
- 3D TIN (neboli TEN)

4. TYPY GEOMETRICKÝCH MODELŮ 3D OBJEKTŮ

Pod pojmem geometrický model v tomto případě rozumíme konkrétní typ prostorové reprezentace. Zde je potřeba zmínit, že terminologie v této oblasti není jednoznačně ustálená. V těchto pojmech si dostupné materiály odporují (Rahman, 2008), (Zlatanova, 2006)¹³.

Pojmenování „geometrický model“, byť se jedná o konkrétní typ reprezentace prostorových dat, vychází z faktu, že v této fázi je již možné modelovat konkrétní reálné těleso v počítači. V podstatě se tak v celém procesu jedná o vytvoření modelu reálného objektu v paměti počítače za pomoci určité formy (reprezentace) dat.

4.1. Geometrické modely pro drátové (wireframe) reprezentace

4.1.1. E – reprezentace (Edge representation)

Uložení do databáze je řešeno pomocí dvou tabulek T_1 a T_2 , z nichž T_1 obsahuje seznam všech uzlů (tj. průsečíků jednotlivých hran) a jejich souřadnice (x, y, z). Tabulka T_2 obsahuje seznam hran, kde je každé hraně přiřazen počáteční a koncový uzel.

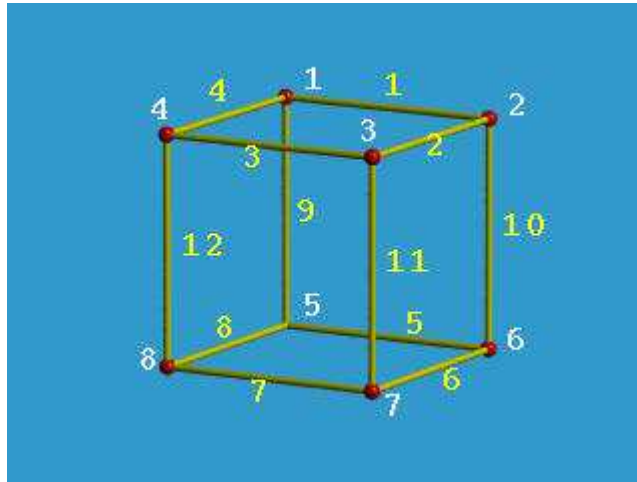
T_1				T_2		
<i>Vertex Table</i>				<i>Edge Table</i>		
<i>Vertex #</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>Edge #</i>	<i>Start Vertex</i>	<i>End Vertex</i>
1	1	1	1	1	1	2
2	1	-1	1	2	2	3
3	-1	-1	1	3	3	4
4	-1	1	1	4	4	1
5	1	1	-1	5	5	6
6	1	-1	-1	6	6	7
7	-1	-1	-1	7	7	8
8	-1	1	-1	8	8	5
				9	1	5
				10	2	6
				11	3	7
				12	4	8

Obrázek 4-1 – Tabulky znázorňující uložení wireframe do databáze formou E-reprezentace¹⁴

Primárním klíčem v T_1 je sloupec s čísly jednotlivých uzlů, obdobně je tomu v T_2 . Přičemž cizím klíčem je v T_2 seznam uzlů (viz obrázek 4-1).

¹³ Za zmínění stojí fakt, že např. Zlatanova (Zlatanova, 2006) ve své publikaci uvádí některé další typy geometrických modelů, které nejsou předmětem zájmu Rahmana (Rahman, 2008). Tyto modely však nejsou z hlediska stavebně historických průzkumů (SHP) podstatné, a to především proto, že jsou vhodné pro modelování např. geologických struktur apod. (Zlatanova, 2006).

¹⁴ Převzato z <http://www.cs.mtu.edu/~shene/COURSES/cs3621/NOTES/>



Obrázek 4-2 – Odpovídající drátové vyjádření¹⁵

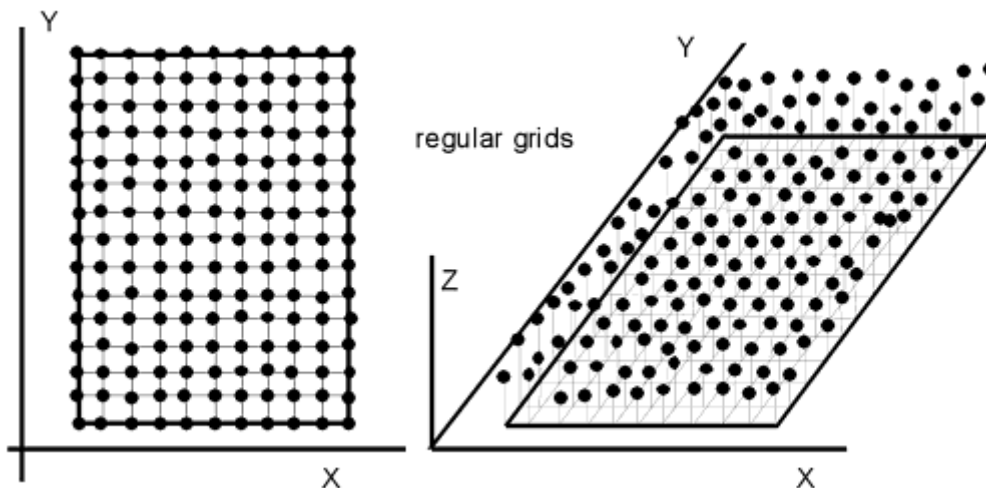
4.2. Geometrické modely pro povrchové reprezentace

Informace v této kapitole jsou čerpány především z prací Rahmana (Rahman, 2008) a Zlatanove (Zlatanova, 2006).

4.2.1. Grid

Reprezentace pomocí Grid je v GIS široce používána především pro modelování spojitých povrchů a digitálního modelu terénu. Jedná se o rastr, ve kterém má každý pixel přiřazenu libovolnou číselnou hodnotu (v závislosti na charakteru zobrazovaného jevu), viz obrázek 4-3. Tato reprezentace je poměrně výhodná, protože síť pixelů je snadno vygenerovatelná a topologie je jednoznačně definovaná (pixely se sebou těsně sousedí, nepřekrývají se a nejsou mezi nimi mezery). Pro účely modelování objektů v rámci SHP však tato reprezentace ze své podstaty vhodná není, neboť se jedná o rastr, který nedovoluje ukládat pro jeden pixel více hodnot – nelze použít pro kolmé stěny.

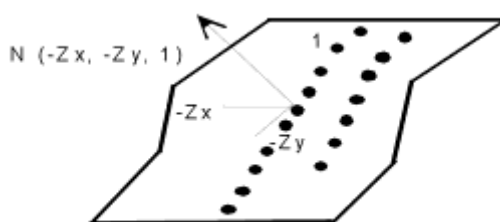
¹⁵ Převzato z <http://www.cs.mtu.edu/~shene/COURSES/cs3621/NOTES/>



Obrázek 4-3 – Ukázka grid reprezentace¹⁶

4.2.2. Shape

Metoda Shape popisuje povrch pomocí derivací v bodech, které na tomto povrchu leží. Dle Rahmana (Rahman, 2008) je uveden příklad gridu, kde hodnota pixelu je sklon terénu v daném bodě. Ze známého sklonu lze vypočítat normálový vektor k povrchu a s jeho pomocí pak definovat Shape reprezentaci daného povrchu, viz obrázek 4-4.



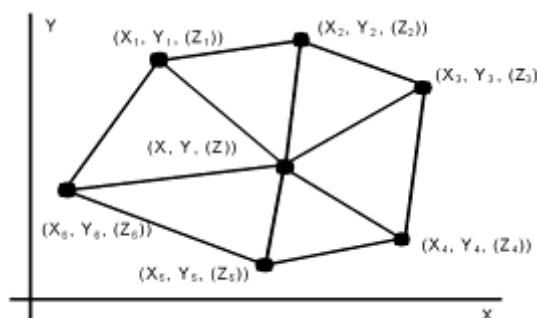
Obrázek 4-4 – Příklad stanovení povrchu použitím Shape reprezentace¹⁷

4.2.3. Facet

Facet reprezentace popisuje povrch objektu pomocí rovinných plošek různého tvaru a velikosti. Mezi nejznámější varianty Facet vyjádření patří nepravidelná trojúhelníková síť (TIN), kde je každá ploška definovaná pomocí třech vrcholů s uspořádanou trojicí souřadnic x, y, z (viz obrázek 4-5).

¹⁶ Převzato z Rahmana (Rahman, 2008, s. 27).

¹⁷ Převzato z Rahmana (Rahman, 2008, s. 28).



Obrázek 4-5 – Příklad Facet reprezentace – TIN¹⁸

Bližší informace o TIN ve skriptech Jedličky a Břehovského (Jedlička – Břehovský, 2005).

4.2.4. B – reprezentace

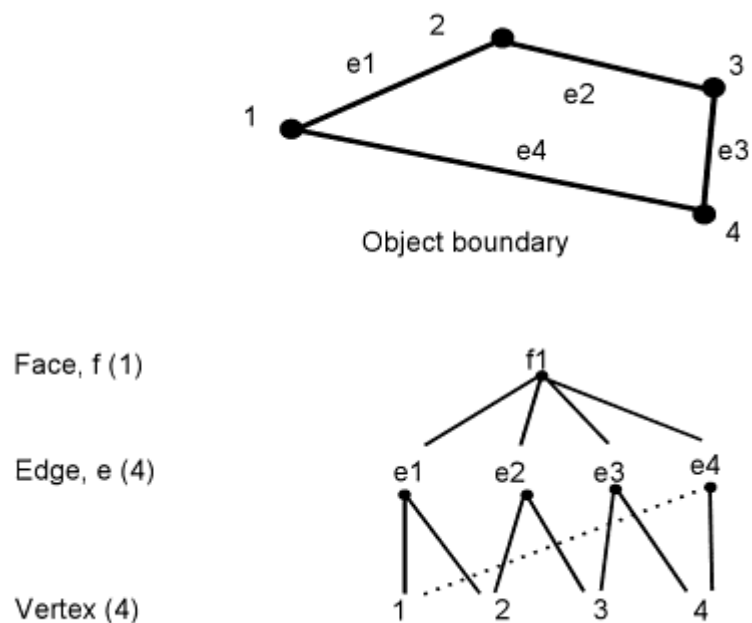
Dle Rahmana (Rahman, 2008) B-representace (Boundary representation = hraniční reprezentace) reprezentuje objekty pomocí předdefinovaných primitiv, jako jsou body, linie, stěny a objemové prvky. Mezi linie patří úsečky, křivky i uzavřené křivky. Jako stěny jsou chápány polygony, zakřivené plochy (pro modelování ploch je možné použít i sofistikovaných metod, jako jsou B-spline plochy či NURBS¹⁹ plochy) nebo kuželové, či válcové plochy. Objemové elementy jsou v Rahmanem (Rahman, 2008) popsány jako rozšíření povrchových elementů pro reprezentaci objemových charakteristik v rámci B-representace. Patří mezi ně kvádry, kužely a válce a jejich kombinace. Aby mohla být pro objekt použita B-representace musí být definovány vztahy mezi jednotlivými, výše zmíněnými, elementy. Obrázek 4-6 zobrazuje způsob, jakým je pomocí B-representace zobrazen rovinný polygon (pro lepší přehlednost je použit 2D objekt, pro 3D by byl postup analogický). Jsou zde označeny všechny elementy (body – 1,2,3,4; linie – e1, e2, e3, e4). Následující strom pak jasně definuje vztahy mezi jednotlivými elementy.

Pro plochy vyšších řádů mohou být využity i Bezierovy či B-spline křivky. To je výhodné především při použití v CAD systémech, které mají tento aparát často implementován.

Použití B-representace v GIS je naproti tomu mírně limitováno, protože objekt takto reprezentovaný musí mít uloženy informace nejen o geometrii, ale i atributy, případně prostorový index pro prostorové dotazování a topologii.

¹⁸ Převzato od Rahmana (Rahman, 2008, s. 28).

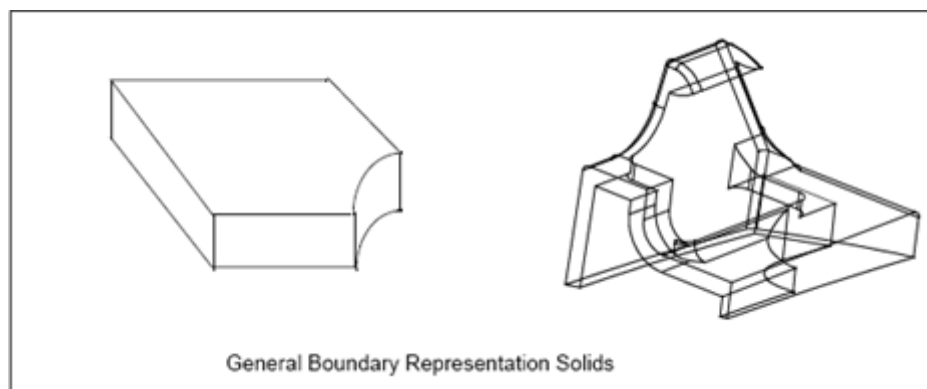
¹⁹ NURBS = Non-Uniform Rational B-Splines



Obrázek 4-6 – B-reprezentace polygonu²⁰

Učební text předmětu Geometrické a počítačové modelování (GPM) Doc. Ježka (Ježek, 2009, s. 106) dále doplňuje:

B-reprezentace – B = Boundary, tj. reprezentace pomocí hranice – těleso je popsáno orientovanými stěnami. Stěna je zpravidla část (oblast) roviny. Hranice oblasti je v nejjednodušších systémech tvořena lomenou čarou, ve vyspělejších modelerech může hranice obsahovat i části křivek (kružnice, elipsy, příp. i některé z křivek počítačové grafiky). Oblast může být i vícenásobně souvislá (otvory ve stěnách). Nejpropracovanější systémy umožňují, aby stěnami byly i části ploch (kvadratické plochy).



Obrázek 4-7 – B-reprezentace 3D objektu²¹

²⁰ Převzato z Rahmana (Rahman, 2008, s. 31).

²¹ Převzato z http://www.mscsoftware.com/training_videos/patran/Reverb_help/index.html#page/Patran%2520Users%2520Guide/geometry.06.3.html

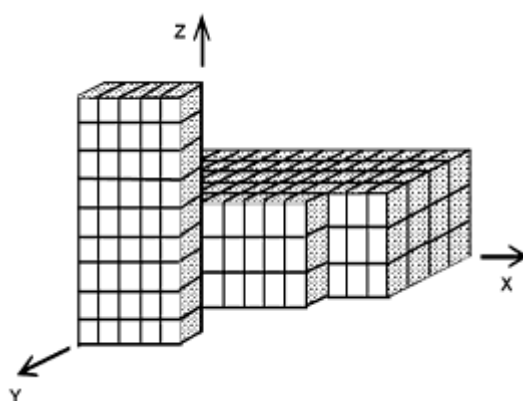
4.3. Geometrické modely pro objemové reprezentace

Objemové modelování je v různých zdrojích rozdělováno různě (Rahman, 2008), (Zlatanova, 2006), (Caumon, 2009). Publikace Rahmana (Rahman, 2008) byla zvolena, protože jako jediná uvádí logické základní rozdělení (povrchové a objemové reprezentace). Dle této publikace jsou objemové reprezentace děleny takto:

- 3D array
- Octree
- CSG
- 3D TIN

4.3.1. 3D array (3D pole)

3D pole je jednou z nejjednodušších struktur v oblasti reprezentace 3D dat a je poměrně snadné jej implementovat. Nicméně pro některé typy úloh nemusí být efektivní – pokud je například mnoho sousedících elementů naplněných stejnou hodnotou, je uložení takovýchto dat zbytečně náročné, protože každý element musí mít vyhrazené místo v paměti počítače. Lepší vlastnosti má například Octree. Příklad 3D pole viz obrázek 4-8.



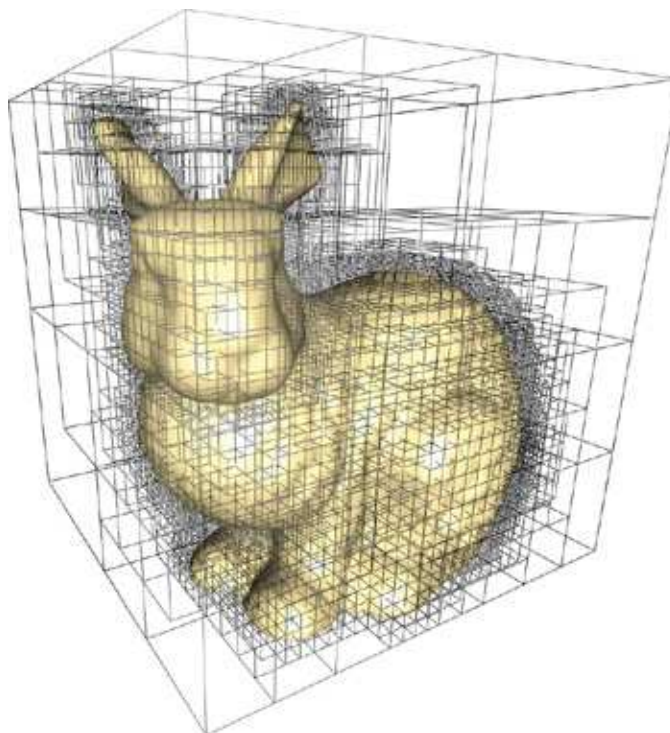
Obrázek 4-8 - Reprezentace objektu pomocí 3D array²²

4.3.2. Octree²³

Pojem Octree napovídá, že se jedná hierarchickou datovou strukturu (strom), která určuje obsazení krychlových elementů v prostoru objektu (tyto krychlové elementy se obvykle nazývají voxely). Tato reprezentace byla široce používána při zpracovávání obrazových dat a v počítačové grafice. Jedná se o datovou strukturu, která popisuje, jak jsou objekty rozloženy v 3D prostoru, a v zásadě jde o trojrozměrnou obdoby quadtree. Obrázek 4-9 zobrazuje příklad Octree reprezentace nepravidelného objektu.

²² Převzato z Rahmana (Rahman, 2008, s. 32).

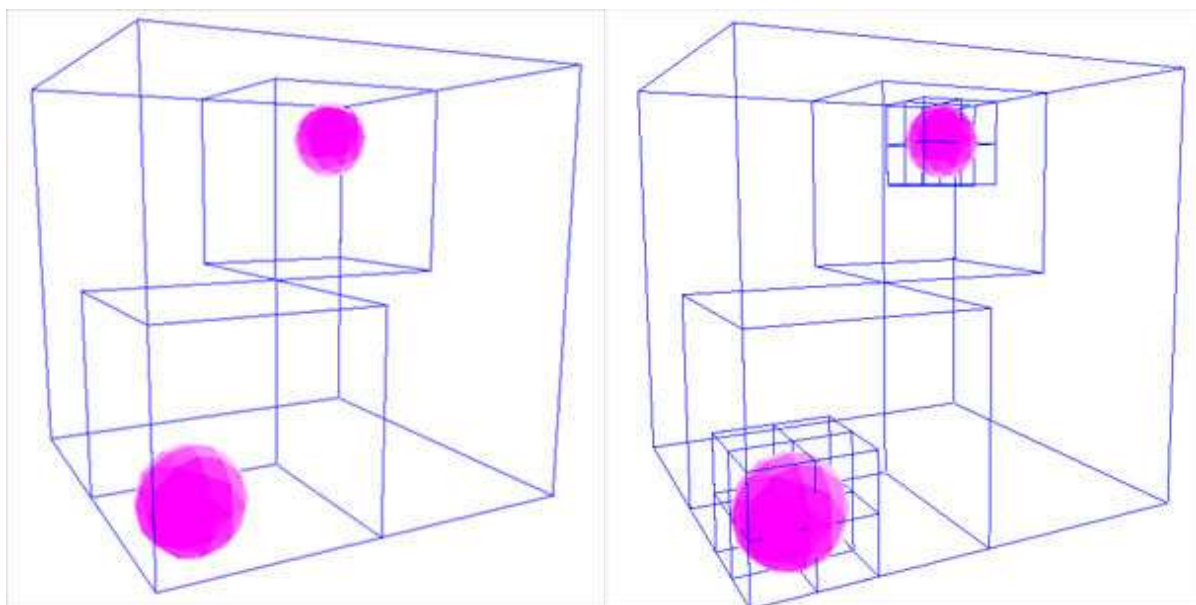
²³ Kapitola čerpá z <http://www.fearme.com/misc/alg/node40.html> a z Rahmana (Rahman, 2008)



Obrázek 4-9 - Octree reprezentace objektu²⁴

Proces probíhá tím způsobem, že se nejprve reprezentovaný objekt uzavře do jediné krychle, která tvoří základní uzel. Nyní leží celý objekt ve vytvořené krychli a následuje dělení vždy na osm dalších krychlí (osm potomků základního uzlu) a dojde k porovnání, jestli část původního objektu leží v některé z nově vzniklých krychlí. Leží-li, krychle se dále dělí, dokud reprezentace nedosáhne určité přesnosti, což se většinou řeší aplikováním vhodné zastavovací podmínky (např. je stanovena nejkratší délka hrany krychle). Postup tvorby octree viz obrázek 4-10.

²⁴ Převzato z http://http.developer.nvidia.com/GPUGems2/gpugems2_chapter37.html



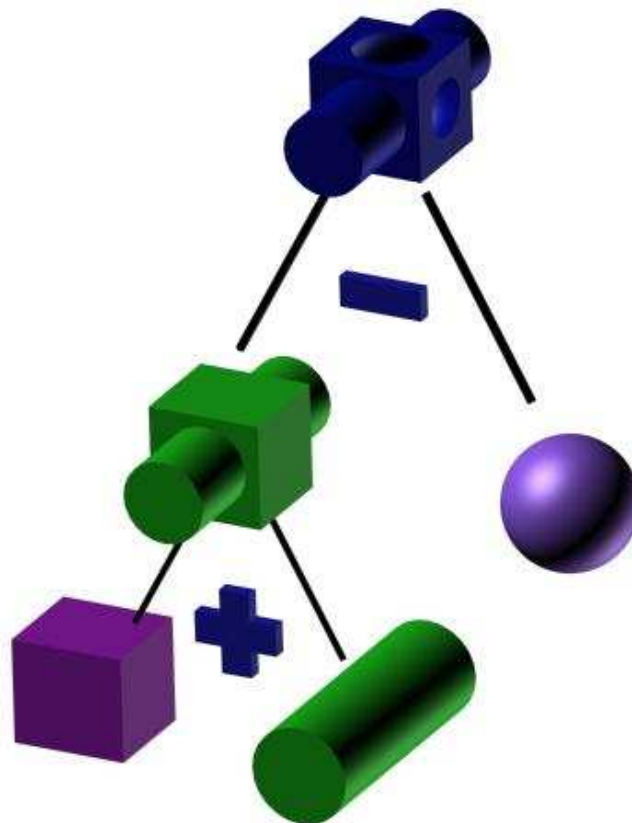
Obrázek 4-10 - Postupná tvorba octree²⁵

Podle Rahmana (Rahman, 2008) je tato reprezentace velmi efektivní v při použití v prostorových analýzách, logických (Boolean) operacích a při databázovém zpracování (hierarchická datová struktura).

²⁵ Převzato z http://nehe.ceske-hry.cz/cl_gl_octree.php

4.3.3. CSG reprezentace

Dle Rahmana (Rahman, 2008) metoda CSG (Constructive Solid Geometry) reprezentuje objekty pomocí kombinace předdefinovaných geometrických primitiv. Mezi tato primitiva řadíme koule, krychli, válec, kužel a jejich kombinace pomocí booleovských operací a dále jejich lineární transformace. CSG je obvykle používáno pro modelování pevných objektů v CAD systémech. Dále je CSG reprezentace často využívána v projekčních pracích a architektuře k vizualizaci dat.



Obrázek 4-11 - Příklad použití CSG²⁶

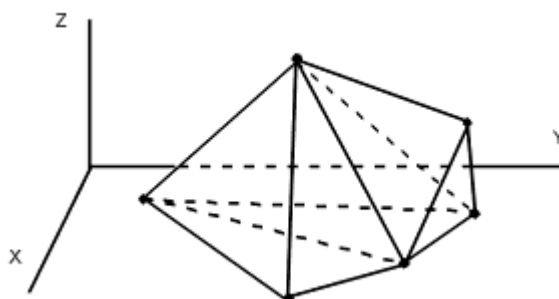
Obrázek 4-11 zobrazuje typický příklad použití CSG, kdy výsledný objekt vznikl kombinací třech základních primitiv (kvádr, válec a koule) a dvou množinových operací – sloučení a rozdíl.

4.3.4. 3D TIN

Dle Rahmana (Rahman, 2008) se jedná o rozšíření klasického 2D TIN a někdy je také nazýváno TEN (Tetrahedral Network = síť čtyřbokých jehlanů). Objekt je tak popsán jehlany, které se sebou těsně sousedí, ale nepřekrývají se. Podobně jako 2D TIN má TEN výhody ve snazší manipulaci s daty (např. oproti Grid), jejich zobrazování a analýzách.

²⁶ Převzato z <http://www.vrarchitect.net/anu/cg/surfaceModeling/printCG.en.html>

TEN (viz obrázek 4-12) může být vygenerován pomocí stejných technik a metod jako TIN. Pokud například generujeme TIN z Voronoiových polygonů (které jsou využity k nadefinování Delaunayho triangulace, (Jihočeská univerzita, 2011)), lze pro generování TEN využít rozšířené varianty – 3D Voronoiovy mnohostěny.



Obrázek 4-12 - Příklad reprezentace 3D TIN²⁷

Výhoda TEN spočívá v tom, že se jedná o nejjednodušší datovou strukturu, kterou lze vyjádřit body, liniemi plochami a objemovými elementy. Umožňuje rychlé zpracovávání topologických vztahů a rychlou vizualizaci. TEN navíc dokáže pracovat i s daty, kde pro libovolnou dvojici souřadnic (x,y) existuje více různých hodnot (z).

Na webové adrese <http://www.3dtin.com/> existuje aplikace pro tvorbu jednoduchých 3D modelů. Na stránkách však autor nenašel podrobnější informace o tom, jestli se skutečně jedná o reprezentaci TEN. Pokud by to tak bylo, moha by být tato reprezentace velmi dobře využitelná i pro data z stavebně-historických průzkumů (SHP).

²⁷ Převzato z Rahmana (Rahman, 2008, s. 36)

5. 3D FORMÁTY DAT

Vzhledem k tomu, že základní formáty (ESRI shapefile, MapInfo tab) používané v dnešních 2.5D GIS nepodporují ukládání 3D geometrie, je třeba využít formátů jiných (ať už z oboru počítačové grafiky, virtuální reality či třeba z CAD aplikací).

U níže popsaných datových formátů se autor maximálně snažil dohledat konkrétní typ reprezentace prostorových dat (tedy konkrétní geometrický model), kterou daný formát pro uložení 3D objektů využívá. Problematika geometrických modelů je předmětem kapitoly 4. Uvedený seznam nezahrnuje všechny existující formáty, ale zabývá se jen těmi nejčastěji používanými.

5.1. Collada²⁸

Collada je formát definovaný jako XML (Extensible Markup Language²⁹) schéma tak, aby zajistil snadný převod dat mezi aplikacemi. Umožňuje ukládat širokou paletu informací od geometrie, vizuálních efektů, fyzikálních vlastností objektu, animace, až po kinematiku a dokonce i v několika různých verzích pro jeden a ten samý objekt. Tento formát je využíván i programem Google SketchUp. Collada využívá B-reprezentace (Boundary Representation) k popisu 3D objektů.

5.2. KML³⁰

Formát KML (Keyhole Markup Language) sám o sobě neuchovává 3D data, ale pouze data 2D. V případě požadavku 3D se využívá již zmiňovaný formát Collada.

5.3. VRML³¹

Jedná se o formát, který byl navržen pro popis trojrozměrných scén. Ty mohou navíc obsahovat různé typy objektů (pasivní, aktivní), čehož lze využít v aplikacích, které pracují s virtuální realitou (VRML = Virtual Reality Modeling Language). Dle Tišnovského (Tišnovský, 2007): *Prostorová tělesa lze v tomto formátu popsat pomocí seznamu souřadnic vrcholů a plochami specifikovanými indexy svých vrcholů do seznamu vrcholů.* Také tento formát využívá pro popis objektů B-reprezentaci.

5.4. X3D³²

Podobně jako formát VRML i X3D (Extensible 3D) popisuje trojrozměrné scény a je tedy jeho nástupce. Zásadní rozdíl je ovšem v tom, že X3D je založen na velmi populárním jazyku XML. Především pro svůj základ v XML se stal formát X3D standardem ISO. Také tento formát využívá pro popis 3D objektů B-reprezentaci.

²⁸ <http://www.khronos.org/collada/>

²⁹ <http://www.w3.org/XML/>

³⁰ <http://code.google.com/apis/kml/documentation/>

³¹ <http://www.w3.org/MarkUp/VRML/>

³² <http://www.web3d.org>

5.5. 3DMLW³³

3D Markup Language Web je speciální 3D formát vyvinutý pro webové aplikace. I tento formát je vytvořen na základě jazyka XML. Autorovi diplomové práce se nepodařilo dohledat konkrétní způsob (geometrický model), kterým jsou v tomto formátu popisovány 3D objekty.

5.6. MultiPatch³⁴

Objekt reprezentovaný pomocí multipatch je v podstatě soubor 2D polygonů použitý k definování hranic tohoto objektu (jedná se tedy B-reprezentaci). Polygony jsou nejčastěji trojúhelníky. Multipatch lze využít pro konstruování 3D, ale také pro výměnu dat mezi dalšími 3D formáty (i z jiných programů, než jen z GIS, např. SketchUp). Formát Multipatch neumí pracovat s křivkami či plochami vyšších řádů.

Editace ve formátu Multipatch v ArcGIS je možná, nicméně se jedná o operace typu otočení, změna měřítka, posun a lze také k jednotlivým objektům připojovat atributy. Další operace, jako editace jednotlivých vrcholů, přidávání či mazání vrcholů a úprava jejich polohy – tedy vytváření složitých těles, však zatím není v ArcGIS podporována. Bohužel právě tyto operace se zdají být, pro případné využití 3D GIS v SHP, ty zásadní.

V dostupném dokumentu (ESRI MultiPatch, 2008) je podrobně tento formát popsán a jsou uvedeny příklady i jejich zdrojové kódy.

5.7. DWG³⁵

Název je odvozen ze slova DraWinG. Jedná se o nativní formát firmy Autodesk užívaný v systému AutoCAD. Umožňuje ukládat jak 2D, tak i 3D data a díky své rozšířenosti se stává neoficiálním standardem v oblasti CAD. Mnoho programů podporuje jeho čtení i import, nicméně, protože tento formát není otevřený, ani konverze cizími programy nejsou zcela spolehlivé.

5.8. DXF³⁶

Drawing exchange format je dalším formátem vyvinutým společností Autodesk. Původně byl tento formát zamýšlen jako výměnný k formátu DWG, jehož specifikace nebyla zveřejněna. S postupným vývojem AutoCAD však nebyl vyvíjen formát DXF tak, aby podporoval i nové typy objektů a tím se omezilo i jeho využívání. Proto se většina konkurenčních vývojářů přiklonila i výše zmiňovanému DWG, který byl konsorciem Open Design Alliance (ODA)³⁷ částečně zpřístupněn. Formát DXF využívá pro modelování 3D objektů B-reprezentaci. Více informací o DXF viz specifikace³⁶.

³³ <http://www.3dmlw.com/>

³⁴ Podrobné informace lze nalézt v dokumentaci ESRI Multipatch na adrese <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html> a <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/multipatch-geometry-type.pdf>

³⁵ Kapitola čerpá z <http://cs.wikipedia.org/wiki/DWG>, jakožto jediného dostupného zdroje

³⁶ Specifikace formátu DXF – http://images.autodesk.com/adsk/files/autocad_2012_pdf_dxf-reference_enu.pdf

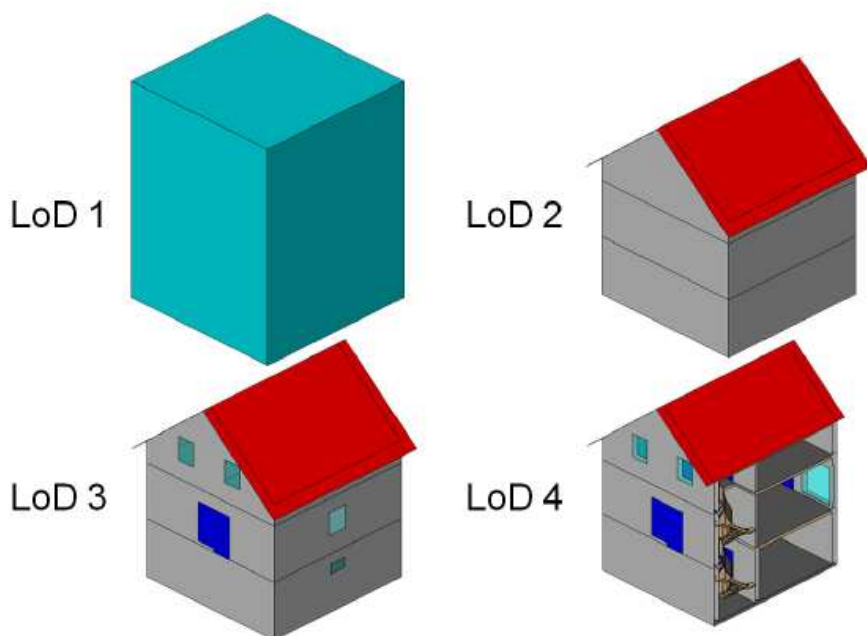
³⁷ <http://www.opendesign.com/>

5.9. DGN³⁸

Formát je DGN je vyvíjen společností Bentley jako otevřený formát. Díky tomu je možné jej načítat v jiných programech, které jej podporují (je tedy zvláštní, že např. program SketchUp načítání tohoto formátu nepodporuje). DGN podporuje i tvorbu 3D výkresů, avšak autorovi diplomové práce se nepodařilo dohledat použitý geometrický model pro reprezentaci 3D objektů.

5.10. CityGML³⁹

City Geographic Markup Language (CityGML) je standardem Open Geospatial Consortium (OGC) určeným pro ukládání a výměnu dat 3D modelů měst. Dle (Banner – Geiger, 2011) dokáže formát uchovávat jak pravidelné 3D objekty (např. budovy), tak i nepravidelná tělesa, jako vegetaci nebo vodstvo. CityGML uchovává informace o objektech dle potřeby v různých úrovních detailu (viz obrázek 5-1). Formát využívá k ukládání 3D objektů B-reprezentaci.



Obrázek 5-1 – Úrovně detailu ve formátu CityGML⁴⁰

³⁸ <http://www.gissoft.cz/Bentley/DGN>

³⁹ <http://www.citygml.org>, <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo09/270Kolbe.pdf>

⁴⁰ Převzato z http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/4-W15/Paper_ISPRS/Oral/2_3DGeoInfo2010_105_Benner_BuildingLicensing.pdf

6. DOSTUPNOST 3D GIS A JEJICH MOŽNÉ VYUŽITÍ V RÁMCI STAVEBNĚ-HISTORICKÝCH PRŮZKUMŮ

Pro účely stavebně-historických průzkumů objektů je důležité, aby GIS dokázal nabídnout takové nástroje, které umožní vytvářet potřebné útvary (kvádry, válce, různé jejich zkosené a ořezané podoby) a provádět nad nimi prostorové analýzy. Důvody pro tento požadavek jsou zřejmé – rychlejší a uživatelsky přívětivější práce s jedním software (bez nutnosti využívat pro kresbu a editaci CAD a pro připojení atributů GIS); odpadnutí problému případné neustálé konverze dat; varianta jednoho software by měla být finančně přijatelnější. Současná situace je taková, že mnoho GIS nemá plně propracované nástroje pro editaci 2D prvků⁴¹. Co se týká editace 3D prvků, do této oblasti se tvůrci GIS zatím téměř nepouštějí.

Oproti tomu CAD systémy mají, co se týká editace a tvorby prvků, opět velký náskok. Podpora tvorby 3D výkresů byla např. do AutoCAD implementována již v roce 1983 (Michl, 2006). Bylo by tedy vhodné i v tomto případě obohacovat postupně funkce GIS o nástroje z CAD systémů.

6.1. ArcGIS⁴²

ArcGIS patří mezi nejrozšířenější 2D GIS na světě a i v oboru SHP je Národním památkovým ústavem široce využíván.

ArcGIS má propracované nástroje pro tvorbu modelů reliéfu. Tyto nástroje jsou součástí nadstavby 3D Analyst. Součástí je i možnost práce s vlastním 3D vektorovým formátem, tzv. Multipatch (viz kapitola 5.6). V ArcGIS je tedy možné částečně s 3D daty pracovat, avšak sami tvůrci doporučují k tvorbě 3D objektů využívat software Google SketchUp a poté je exportovat do prostředí ArcGIS (Google SketchUp Team, 2010).

6.2. MapInfo⁴³

Také tento produkt se v České republice častěji využívá, i když ne tak, jako ArcGIS. MapInfo v současné době v oblasti 3D poměrně zaostává. V současnosti nabízí nadstavbu Vertical Mapper, která je obdobou 3D Analyst, avšak pouze co se týká modelování povrchů. Cestou 3D modelování budov a podobných, umělých objektů se zatím nevydává a je tedy pro SHP nevyužitelné.

6.3. Fraunhofer Institute 3D GIS

Dle Rahmana (Rahman, 2008) jde o prototyp 3D GIS vyvinutý ve Frankhofer Institutu v Německu. Tento systém využívá CAD modeleru, který umožňuje vytvářet 3D objekty (např. budovy) na povrchu digitálního modelu reliéfu. Jeho vývoj však již pravděpodobně nepokračuje, protože se autorovi

⁴¹ Nicméně se tato situace zlepšuje, viz např. MapInfo Professional, které má od verze 9 implementován MapCAD toolbox. Ten nabízí mnoho možností editace 2D dat. Viz <http://www.csmmap.cz/csmmap>. Také ArcGIS má implementovány nástroje pro snazší editaci prvků, viz <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3>

⁴² <http://www.arcdata.cz/uvod/>

⁴³ <http://www.csmmap.cz/csmmap>

diplomové práce nepodařilo o software dohledat žádné další informace. Na vznesené dotazy nebyly k tomuto tématu poskytnuty odpovědi.

6.4. GO-3DM⁴⁴

Rakouská firma Grintec vyvinula systém GO-3DM a testovala jej na modelových 3D datech města Graz. Systém je vytvořen jako kombinace funkcí CAD a DMR. Společnost poskytla na požádání manuál programu a dále dokument, který shrnuje jeho základní vlastnosti a funkce, bohužel se ale nezmiňuje o použité reprezentaci 3D dat. Z těchto materiálů vyplývá, že vývoj programu již nepokračuje (napovídá tomu fakt, že zaslané materiály jsou z roku 1997 a uvedené hardwarové požadavky hovoří o Pentiu 486). Z manuálu potom plyne, že například generování budov probíhalo skrze soubor číselných dat, které bylo nutné do programu vložit, a grafická stránka se teprve rozvíjela. Poskytnuté dokumenty jsou s laskavým svolením společnosti Grintec přiloženy jako příloha 03 na CD.

6.5. Bentley 3D City GIS⁴⁵

Velmi zajímavým řešením je 3D City GIS od společnosti Bentley, které je zamýšleno, jako komplexní správce prostorových dat měst. Jedná se o soubor produktů jako je:

- Map V8i – desktop GIS umožňující provádět běžné operace typu správa a analýzy prostorových dat, podpora topologie, kartografické výstupy. Vychází z CAD systému MicroStation V8.
- Descartes V8i – je nástroj určený pro práci s rastry. Má mnoho vizualizačních nástrojů (transformace rastrů na DMR, mozaikování, světelné efekty, perspektiva, animace), interpretačních nástrojů (automatická/interaktivní digitalizace, tvorba topologických linií, přeskokování mezer, sledování linie, automatické rozpoznávání znaků atd.), transformačních nástrojů (georeferencování, různé typy transformací) a další.
- Geospatial Server – geodatabázový server, který umožňuje ukládat různé formáty prostorových dat (dgn, dwg, shp, mxd apod.), nabízí standardní databázové nástroje (transakční zpracování), prostorové indexování, a další.

Dle dostupné literatury (Benoit, 2009) je tento systém schopen jak běžné práce ve 2D, tak i 3D operací. V dokumentu je uvedeno, že je možné provádět 3D analýzy a dotazování a jsou i zmíněny operace typu 3D spatial overlay (intersect, union, buffer atd), 3D spatial intersect mezi objemovými a rovinnými daty.

Vzhledem k uvedeným funkcím by bylo vhodné, pro pozdější navázání na tuto práci, systém 3D City GIS blíže prozkoumat.

⁴⁴ <http://wenku.baidu.com/view/e547063a580216fc700afd2.html>

⁴⁵ <http://www.mapasia.org/2010/proceeding/pdf/Dionnald.pdf>

6.6. Google SketchUp Pro⁴⁶

Program je produktem společnosti Google a slouží k profesionálnímu modelování ve 3D. Na rozdíl od CAD systémů je však poměrně jednoduše a intuitivně ovladatelný a podstatně tak urychluje práci. SketchUp umí vytvořené objekty také exportovat do formátu KML a lze je tedy i dále importovat do ArcGIS formátu Multipatch. Nicméně tento převod nezachová jednotlivé prvky tak, jak byly vytvořeny, ale rozkládá je na jednotlivé elementy (body, linie, polygony)⁴⁶. Je třeba podotknout, že SketchUP není GIS, ale využívá se pro modelování objektů, které mohou být do GIS načteny.

6.7. Atlas DTM

Je software pro zpracování výškopisných dat. To jsou data, která obsahují údaje o poloze a třetí rozměr. Ve většině případů jde o zaměření nebo projekt části území – terénu. Tam data obsahují polohu (obvykle zaměřených bodů) a nadmořskou výšku.

Pomocí DMT je však možné zpracovávat i jiné typy dat – k poloze přiřadit místo výšky naměřenou koncentraci, hustotu nebo pravděpodobnost výskytu a vytvářet tak modely např. koncentrací škodlivin, obsahů složek v horninách apod.⁴⁷

Jak je z výše uvedené citace patrné, program Atlas DTM není 3D GIS a nedokáže pracovat s plnohodnotnými 3D daty.

6.8. Shrnutí

Tabulka 6-1 uvádí stručné shrnutí možností práce výše uvedených GIS v oblasti 2D a 3D. Uvádí, jestli je možno v daném GIS pracovat s 2D daty, jestli je možno zobrazovat, případně upravovat 3D data a také jaký geometrický model je v konkrétním GIS využit pro práci s 3D daty.

Pro účely 3D GIS by bylo vhodné využít také nástrojů a funkcí profesionálních 3D software typu Maya nebo 3D Studio Max, Rhino apod. (toto téma by mohlo být předmětem zájmu některé z příštích diplomových prací).

⁴⁶ Kapitola čerpá z dostupných zdrojů (<http://sketchup.ic.cz>), (<http://sketchup.google.com>)

⁴⁷ Citováno z <http://www.atlasld.cz/software.php>

Tabulka 6-1 – Srovnání GIS dle 2/3D možností zobrazení a editace

<i>Program</i>	<i>2D</i>	<i>3D – zobrazení</i>	<i>3D – editace</i>	<i>Geom. model</i>
<i>ArcGIS</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>částečně</i>	<i>B-reprezentace</i>
<i>MapInfo</i>	<i>ano</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	–
<i>Frankhofer 3D GIS</i>	<i>částečně</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>nezjištěno</i>
<i>GO3DM</i>	<i>částečně</i>	<i>částečně</i>	<i>ano</i>	<i>nezjištěno*</i>
<i>Bentley 3D City GIS</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>B-reprezentace</i>
<i>SketchUp⁴⁸</i>	<i>ne</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>B-reprezentace</i>
<i>Atlas DTM</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>ne</i>	–

* Viz kapitola 6.4.

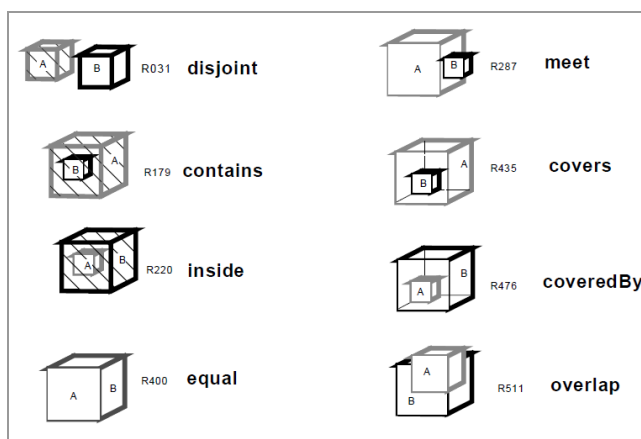
⁴⁸ Google SketchUp není GIS, v tomto přehledu je však uveden, protože může být využit k modelování 3D objektů, které mohou být dále importovány do GIS.

7. TOPOLOGIE

Topologie obecně je věda zabývající se vzájemnými vztahy mezi objekty v prostoru. Často je totiž uvažován předpoklad, že jsou tyto vzájemné vztahy důležitější než samotný tvar objektu. Nezáleží tedy na tom, jestli jsou dva objekty čtverce, ale jestli se například překrývají. Také v souvislosti s geografickými informačními systémy se pojem topologie vyskytuje se zaměřením na vzájemné vztahy mezi objekty.

V rámci 2D GIS se rozlišují datové modely pro ukládání vektorových dat podle způsobu implicitní definice vzájemných vztahů – topologie. Mezi základní modely patří model špagetový, hierarchický a topologický. Základní úvaha je ta, že špagetový model ukládá do databáze pouze samotná geometrická data a jakékoliv prostorové analýzy nad těmito daty prováděné mají vysoké nároky na výpočetní kapacitu počítače (pro veškeré dotazy musí být provedeno mnoho souřadnicových výpočtů, navíc je v tomto modelu uloženo množství duplicitních informací). Hierarchický a topologický model se naproti tomu snaží duplicity v datech odstranit a určitým způsobem definují příslušnost jednotlivých elementů (bod, linie) k objektům. Tedy např. hranice dvou sousedních polygonů je tvořena pouze jednou linií a ne dvěma, jako je tomu u špagetového modelu. Podrobnější informace uvádí například Jedlička a Břehovský (Jedlička – Břehovský, 2005).

V oblasti 3D GIS se topologické modely rozdělují podobně, a to na dvě skupiny. První jsou modely, které se soustředí na ukládání objektů (což odpovídá špagetovému modelu ve 2D). Druhou skupinou jsou modely, které se soustředí na vzájemné vztahy mezi objekty. Dále o tomto rozdělení hovoří Zlatanova a Rahman (Zlatanova – Rahman, 2002).



Obrázek 7-1 - Příklady vzájemných vztahů mezi 3D objekty⁴⁹

Vzhledem k rozšíření o další rozměr na 3D dochází k nárůstu počtu vzájemných vztahů (viz obrázek 7-1). V současnosti však nejsou do žádných komerčních GIS implementována pravidla pro kontrolu 3D topologických vztahů.

⁴⁹ Převzato od Zlatanove a Rahmana (Zlatanova – Rahman, 2002, s. 5)

8. SITUACE NA POLI STAVEBNĚ-HISTORICKÝCH PRŮZKUMŮ OBJEKTŮ S OHLEDEM NA VYUŽITÍ GIS MIMO ČR

V současném globalizovaném světě neustále vzrůstá potřeba předávání aktuálních informací a oblast dokumentace památkových objektů není výjimkou. Na mezinárodním poli tyto aktivity zaštiťuje organizace CIPA⁵⁰ (The International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage). Ta je jedním z výborů ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) a byla ustanovena ve spolupráci s ISPRS (International Society of Photogrammetry and Remote Sensing).

Níže uvedené informace u jednotlivých států jsou výtahem z materiálů dostupných na stránkách CIPA a dalších materiálů (Bláha, 2010). Protože se nejedná o úplné popsání stavu ve jmenovaných státech (dostupné dokumenty na serveru CIPA tak obsáhlé nejsou), jsou informace primárně řazeny podle nalezených dokumentů a až poté podle států. Účelem je přiblížit stav, jaký v těchto zemích na poli GIS v SHP panuje. Kapitola se zabývá pouze státy, které doporučil vedoucí této práce.

8.1. Pojmy SHP, OPD, Pasportizace a soupisová činnost v zahraničním kontextu (Bláha, 2010)

8.1.1. Německo

V Německu probíhá výzkum stavebních objektů v různých provedeních již od roku 1920, kdy byla vytvořena pracovní skupina pro hospodářské stavby. V různých formách existovala dál a během 2. světové války se její aktivity ve stavební výzkumu podstatně rozšířily. Po roce 1949 byly ustanoveny tři instituce, které se měly zabývat stavebním průzkumem (Building Council v Kielu, Institut pro výzkum staveb v Hannoveru a Nadace pro výzkum stavebnictví a bydlení). První dvě instituce stále fungují a od roku 1980 přibylo mnoho dalších, mezi nimi Frankhofer Institute (viz kapitola 6.3).

Pro účely stavebních průzkumů existuje, podobně jako v ČR, metodika Empfehlungen für Baudokumentationen⁵¹ (Doporučení pro dokumentaci staveb) a dále Handbuch der Bauaufnahme (Příručka pro stavební průzkum), (Bláha, 2010). V současnosti se používá laserové skenování a dále fotogrammetrické a měřické metody.

8.1.2. Rakousko

Klíčovou roli ve stavebních průzkumech hraje Výzkumný ústav pro bydlení, výstavbu a plánování sídlící ve Vídni⁵² (Bláha, 2010). Na webu tohoto ústavu však autor diplomové práce nenašel žádnou zmínku o GIS.

⁵⁰ <http://cipa.icomos.org>

⁵¹ Metodika ke stažení zde:

http://www.konstanz.de/umwelt/01557/02034/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.lnp6I0NTU042I2Z6lnIacy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDent9fWym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--

⁵² <http://www.fgw.at>

8.1.3. Švýcarsko

V rámci Švýcarska autor diplomové práce neobjevil žádnou zmínku o využití GIS ve stavebních průzkumech.

8.1.4. USA - Historic Structure Report

Ve Spojených státech Amerických zajišťuje průzkum památek National Park Service⁵³, což je národní organizace zabývající se převážně správou národních parků a tzv. národních monumentů. Pod pojmem národní monument je pak chápána významná přírodní či stavební památka. Aby se objekt dostal na seznam národních monumentů, musí jej schválit kongres Spojených států.

National Park Service zajišťuje i obdobu stavebně–historických průzkumů, a to s pomocí programů:

- The Historic American Buildings Survey (HABS)⁵⁴ – byl ustaven v roce 1933 jako program, který měl zaměstnat architekty, projektanty a fotografy, kteří přišli o práci během Velké hospodářské krize. Během tohoto programu bylo zdokumentováno mnoho staveb především z koloniální éry.
- The Historic American Engineering Record (HAER)⁵⁵ – program byl spuštěn v roce 1969 National Park Service a Asociací amerických stavebních inženýrů. Předmětem zájmu byly především osamocené objekty jako mosty, lodě, dokonce i třeba ocelárny. Dále se také mohlo jednat o větší systémy jako železnice, plavební kanály, elektrárny, rozvodné sítě nebo silnice. Úzce spolupracoval s programem HABS a The Museum of American History.
- The Historic American Landscapes Survey (HALS)⁵⁶ – byl ustaven v roce 2000 a je odpovědí na požadavek The American Society of Landscape Architects Historic Preservation Professional Interest Group, aby se dokumentovaly nejen budovy a pozemní stavby, ale i krajinné prvky. Předmětem zájmu se tentokrát stala krajina a významná místa, která se nějakým způsobem dotýkají národní, regionální nebo lokální identity. V podstatě jde o důležitá místa, která jsou přímo ohrožena lidskou činností či přírodními vlivy. Mohou tak být zkoumána území o velikosti zahrady až po obrovské národní parky.
- Cultural Resources Geographical System Facility (CRGIS)⁵⁷ – je program plně využívající moderních technologií jako je GPS, GIS, či dálkový průzkum země. Od roku 1989 byly v rámci tohoto programu zaměřeny pomocí GPS stovky historických míst. V současnosti se GIS používá zhruba ve stejné míře jako v České republice – nevyužívá se tedy žádný 3D systém. Nicméně z výsledků některých stavebních průzkumů (obdoba SHP) jsou vytvářeny 3D modely staveb, které jsou dále publikovány přes Google Earth.

⁵³ www.nps.gov

⁵⁴ <http://www.nps.gov/history/hdp/habs/index.htm>

⁵⁵ <http://www.nps.gov/history/hdp/haer/index.htm>

⁵⁶ <http://www.nps.gov/history/hdp/hals/index.htm>

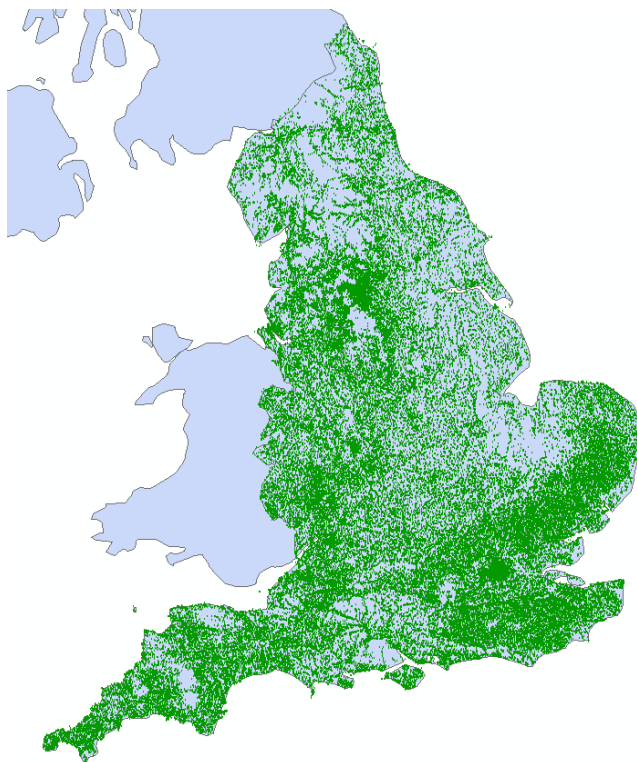
⁵⁷ <http://www.nps.gov/history/hdp/crgis/index.htm>

8.1.5. Velká Británie – Understanding Historic Buildings

Britská organizace English Heritage (English Heritage, 2006) se zaměřuje na kulturní dědictví jako celek. Soustředí se nejen na zkoumání a ochranu jednotlivých památek (pod pojmem památka se v tomto případě rozumí vše od staveb až po umělecká a literární díla), ale také na pořádání kulturně-historických a poznávacích akcí.

Co se týká využití GIS, je situace podobná jako v ČR – používá především ArcGIS a tedy ani 3D modelování se ve Velké Británii zatím příliš nerozvíjí.

Na druhou stranu je třeba podotknout, že mnoho GIS dat je volně ke stažení, jako například vrstva všech budov v rámci Anglie, které mají status památek (viz obrázek 8-1). Tato vrstva obsahuje téměř 360 tisíc objektů bodově a skoro 16 tisíc objektů v půdorysu. Dále je možno stáhnout data o archeologických nalezištích, parcích a zahradách či místech významných bitvách. Pro možnost stažení dat je nutná bezplatná registrace⁵⁸.



Obrázek 8-1 - Vrstva památkových staveb v Anglii⁵⁹

⁵⁸ Stažení GIS vrstev je možné po registraci zde: <http://services.english-heritage.org.uk/NMRDataDownload/>

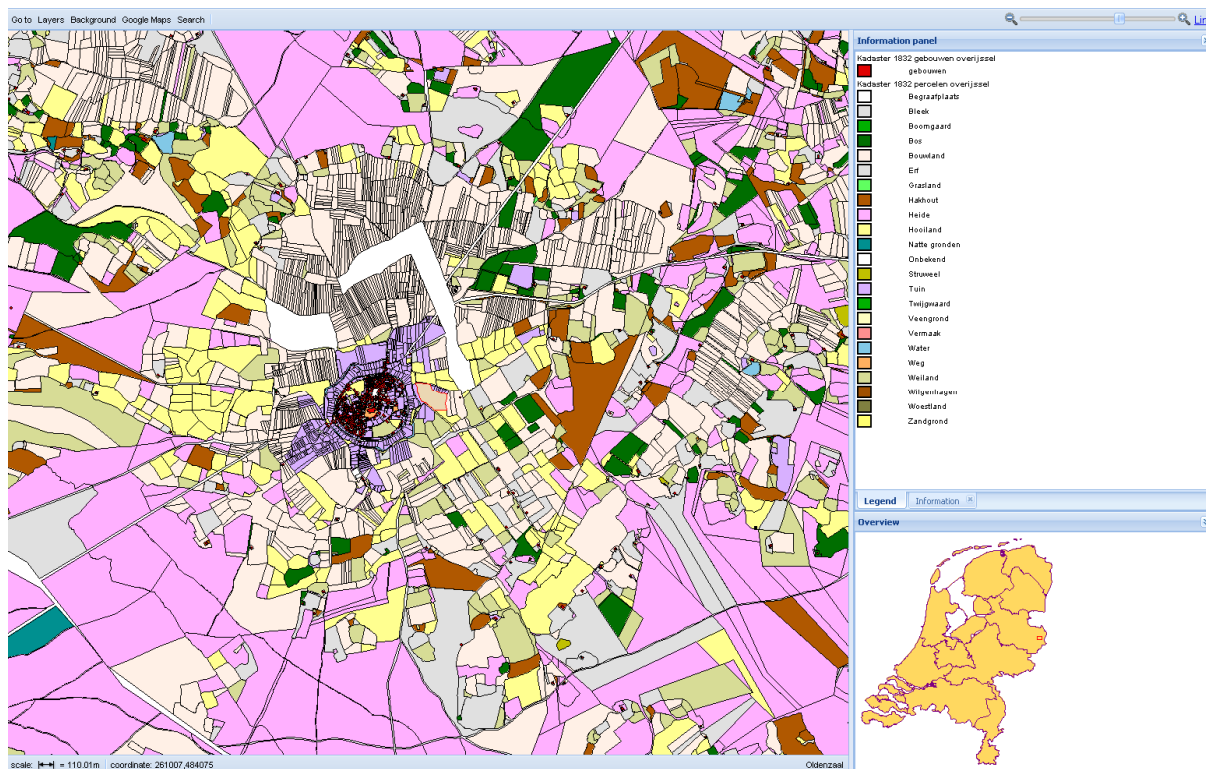
⁵⁹ Mapa byla sestavena v ArcGIS ze stažených vrstev.

8.2. De methodes van het historisch huizenonderzoek, sleutels tot de ontwikkeling van stedelijke GIS voor de prekadastrale periode. Cases: laatmiddeleeuws Antwerpen en vroegmodern Leiden (Bisschops, 2009)

8.2.1. Holandsko

V Holandsku je zaveden pojem Historický GIS (HGIS). Z názvu je zřejmé, že kromě prostorové složky obsahuje i složku časovou (temporální GIS). V současnosti se v Holandsku používají dva přístupy HGIS. První obsahuje národní a regionální data a druhý potom městská. Většina HGIS je využívána pouze k prohlížení dat (např. WatWasWaar⁶⁰, Historische GIS Friesland⁶¹ – viz obrázek 8-2, Historische @tlas Nijmegen⁶²) a další. Problémem je, že téměř každé město či okres mají vlastní systém a datový model a jsou tak pro uživatele poměrně matoucí.

Informace čerpány z dostupných zdrojů (Bisschops, 2009).



Obrázek 8-2 – Ukázka z HGIS Friesland

8.3. APPLICABILITY OF 3D GIS TO THE VIEW PRESERVATION POLICY OF KYOTO CITY (Kirimura, 2009)

8.3.1. Japonsko

V Japonsku se GIS využívá na vysoké úrovni a je už takřka považován za „běžný standard“ (nikoliv jako něco výjimečného a speciálního jako v mnoha oborech v České republice). Mezi nejrozsáhlejší

⁶⁰ K nahlédnutí na <http://watwaswaar.nl>

⁶¹ K nahlédnutí na <http://www.hisgis.nl>

⁶² K nahlédnutí na <http://www.nijmegen.nl/imap/>

GIS projekty v oblasti památkové péče lze zařadit zmapování města Kjoto. Jde v podstatě o 4D model města vedený v GIS a lze tak zobrazit stavby v různém časovém období až do 8. století. Nicméně je třeba podotknout, že se nejedná o 3D princip, který je v popisován v této práci (tedy možnost vytvářet a analyzovat prostorové vztahy mezi 3D objekty v GIS), ale jde o rozsáhlou prostorovou temporální databázi, která obsahuje 3D modely budov s nízkou úrovní zachování detailů (LoD – Level of Detail)⁶³. To znamená, že budova může být reprezentována např. kvádrem. Více informací viz Kirimura (Kirimura, 2009).

8.4. THE USE OF GIS TECHNOLOGY IN CULTURAL HERITAGE (Petrescu, 2007)

8.4.1. Austrálie

V Austrálii jsou v rámci průzkumů kulturního dědictví využívány GIS technologie, ovšem většinou jen v oblastech, které se nějakým způsobem dotýkají domorodého obyvatelstva. Tyto informace nebývají veřejné a nedají se blíže prozkoumat.

Čerpáno z dostupné publikace (Petrescu, 2007).

8.4.2. Slovenská republika

Dle Petresca (Petrescu, 2007) začal Památkový fond Slovenské republiky s tvorbou geografické databáze, tzv. GIS MF SR (Geographical Information System of Monuments Fund of Slovak Republic). Systém je určen mnoha různým typům uživatelů, kteří se zajímají nebo jsou přímo zapojeni do památkové péče (obce, turistické kanceláře, ale i univerzity a podnikatelská sféra). GIS služby jsou v tomto případě zpřístupněny veřejnosti a jsou implementovány na státní, regionální i lokální úrovni.

8.4.3. Polsko

Dle Petresca (Petrescu, 2007) se v Polsku používá GIS pro památkové účely v rámci programu „Polska Promocji Kultury i Dziedzictwa Ochrony System Informacji Przestrzennej” (Porpora a ochrana Polského kulturního dědictví skrze prostorový informační systém). Program je koordinován Varšavskou technologickou univerzitou.

8.5. Shrnutí

Stejně jako v České republice, ani ve výše zmiňovaných státech není metodika pro provádění stavebně-historických průzkumů zdarma k dispozici, a tak nebylo možné zkoumat vzájemné rozdíly v přístupech jednotlivých států k problematice SHP objektů. Materiály, ze kterých tato kapitola čerpá, pochází téměř výhradně stránek organizace CIPA.

⁶³ http://www.ai-aardvark.com/modeling/LOD_101/aia_LOD.html

9. VOLBA VHODNÉ REPREZENTACE A GEOGRAFICKÉHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU

Z kapitol 4, 5 a 6 vyplývá, že nejvíce užívaným geometrickým modelem je B-reprezentace (Boundary Representation). Je to dáno především tím, že B-reprezentace dokáže přesně modelovat i složité objekty (viz kapitola 4.2.4).

Problémem ovšem zůstává fakt, že tento geometrický model dosud nebyl použit pro plnohodnotný 3D GIS. Je tedy otázkou, jestli by výhody, které má B-reprezentace v CAD aplikacích pro tvorbu a editaci 3D objektů, byly na druhé straně doplněny i výhodami po stránce GIS operací (tedy přidáváním tabulkových atributů, prostorovými analýzami a aplikováním topologických pravidel).

V současné době je ve vývoji 3D funkcí pravděpodobně nejdál systém ArcGIS 10, který podporuje u 3D objektů prostorové dotazy typu intersect či union. Stále však neumožňuje plnou editaci těchto prvků (ve smyslu např. upravování jednotlivých vrcholů objektu). Podporuje pouze jednoduché operace typu otočení, změna měřítka atd. Další skutečností je, že část ArcMap⁶⁴ pracuje ve 2D. Dokáže sice načíst datové vrstvy ve formátu MultiPatch, data však zobrazuje jen v rovině. Naopak část ArcScene slouží k zobrazování 3D dat, ale neumožňuje jejich editaci. Pro tvorbu 3D objektů je v současnosti doporučeno využití programu Google SketchUp a následný export vytvořených modelů do prostředí ArcGIS⁶⁵.

Z dostupných informací lze tedy soudit, že si roli leadera v pozici 3D GIS v budoucnu upevní společnost ESRI se svým produktem ArcGIS. To by mělo nepochybně pozitivní dopad na způsob evidence dat ze stavebně-historických průzkumů. Důvodem je především skutečnost, že ArcGIS je v tomto oboru již využíván ve 2D (a přechod na 3D by tedy neznamenal změnu celého systému).

Účelem případného budoucího přechodu na 3D není komplikovat práci jednotlivým tvůrcům SHP, ale naopak práci usnadnit a zpřehlednit. To se může podařit jedině tehdy, pokud bude program dostatečně propracovaný (ve smyslu možnosti tvorby editace 3D dat a jejich ukládání do databáze) a bude existovat datový model uzpůsobený pro práci s 3D daty (tedy takový, který bude brát v úvahu 3D i 2D povahu dat, vazby mezi prvky, topologická pravidla apod.)

⁶⁴ ArcMap slouží jako jádro, celého balíku ArcGIS. Umožňuje manipulovat s daty a provádět prostorové analýzy.

⁶⁵ Pro více informací viz webovou nápovědu programu ArcGIS: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcome>

10. DATOVÝ MODEL PRO ÚČELY STAVEBNĚ-HISTORICKÝCH PRŮZKUMŮ OBJEKTŮ.

10.1. Stavebně-historický průzkum (SHP) objektu a jeho uchování v databázi NPÚ.

V současnosti nejsou v informačním systému Národního památkového ústavu paGIS uchovávána prostorová data ze SHP objektu. Databáze je vedena pouze do úrovně sídla⁶⁶.

Databázi tvoří produkt ArcSDE společnosti ESRI a úpravy či editace probíhají pomocí silného klienta ArcMap. Nejedná se tedy o 3D GIS, ale standardní 2D (2,5D) řešení⁶⁷.

Dle Ing Macka (Macek, 2001, s. 8) je pod pojmem Stavebně-historický průzkum objektu chápána: vysoce specializovaná činnost, jejíž hlavním úkolem je získat maximum informací o daném objektu. Děje se tak vlastním průzkumem památky (sondáže, pořizování fotodokumentace apod.) a dále sběrem a utříděním dostupných materiálů v grafické či písemné podobě (zmíněno již v kapitole 1). Tyto informace analyzuje a navrhuje případná doporučení, jak s objektem dále zacházet (doporučuje např. místa pro sondážní průzkum, který dále prohloubí znalosti o objektu).

10.2. Metodika pro Standardní nedestruktivní stavebně-historický průzkum⁶⁸ (Metodiky SHP)

Metodika je v této kapitole popsána tak, aby byly vystiženy její hlavní body. Pro bližší seznámení doporučuje autor diplomové práce studium samotné metodiky, která je k dispozici například v knihovně Národního památkového ústavu v Praze.

Elaborát SHP obsahuje řadu informací, které jsou předmětem sběru při samotném průzkumu. Dle metodiky SHP (Macek, 2001) je doporučeno, aby obsahoval následující kapitoly:

10.2.1. Význam metodiky

Změna společenských poměrů po roce 1989 vedla ke změnám i v oboru stavebně-historických průzkumů, kdy se do realizací SHP pouštěly nové subjekty a soukromníci. Výsledné elaboráty se však často značně lišily jak kvalitou provedení, tak i obsahem. Ukázalo se jako nezbytné vytvořit metodický návod, který by pomohl zpracovatelům SHP postupovat podle jednotných zásad a doporučení.

10.2.2. Analýza stavebně-historického vývoje objektu

Dle metodiky SHP (Macek, 2001) je součástí stavebně-historického průzkumu sběr všech dostupných podkladů o zkoumaném objektu. Mezi ně patří stavební plány, ikonografie, záznamy z archívů

⁶⁶ Viz <http://www.npu.cz/>

⁶⁷ Dle informací pana Ing. Šimona Eismana jsou data uložena na virtuálním i fyzickém serveru a v březnu 2011 by mělo dojít k jejich migraci do externího datového skladu.

⁶⁸ Metodika je v kapitole citována v nadstandardním rozsahu. Důvodem je fakt, že čtenáři této práce budou pravděpodobně pocházet z řad studentů či pracovníků geoinformatických oborů, kteří nemají o oblasti stavebně-historických průzkumů dostatečné znalosti. Autor diplomové práce předpokládá, že pro většinu z nich by bylo značně obtížné si tuto metodiku opatřit.

(vlastnické vztahy, stavení dokumentace apod.), seznam využitých pramenů a literatury. Cílem je podat přehled o vývoji stavby po celou dobu její existence.

10.2.3. Hodnocení a doporučení

Další částí elaborátu SHP je hodnocení objektu po stránce uměleckohistorické a kulturně-historické, které by mělo odůvodnit případnou nutnost jeho ochrany. Hodnocení vychází z pohledu dějin umění, dějin příslušné technické či řemeslné disciplíny, prostředí apod. Vymezuje význam objektu v rámci památkového fondu a vyjadřuje podstatné a charakteristické kvality, které tvoří památkovou hodnotu objektu. Dále pak je v této části obsaženo doporučení dalšího nakládání s objektem.

Je zřejmé, že tato část, zabývající se hodnocením a doporučením, je z části ovlivněna subjektivními názory autora. Samotná interpretace vývoje objektu a hodnocení tak může relativně rychle zastarávat, a to především vzhledem k měnícím se společenským poměrům.

10.3. Rozdílný charakter papírové a GIS formy elaborátu SHP

Ze své podstaty je papírový elaborát ukončenou dokumentací, která obsahuje výše zmíněné body.

Oproti tomu stavebně-historických průzkum vedený v GIS je stále „živým“ projektem, který je možno průběžně doplňovat a aktualizovat. V ideálním případě může existovat geodatabáze, jež bude obsahovat veškerá data, a dále šablony, pomocí kterých se bude možnost z geodatabáze vygenerovat jednotlivé výstupy.

10.4. Datový model SHP

Datový model byl tvořen tak, aby co nejvěrněji vystihoval data získaná ze stavebně-historického průzkumu objektu Čistá čp. 97 z podrobného zaměření tohoto objektu v rámci práce Ing. Tláškala (Tláškal, 2006). Cílem práce tedy nebylo vytvořit rozsáhlý komplexní datový model, který by byl použit pro všechny typy objektů. Takový úkol si vyžádá práci řady specialistů a odborníků z různých oborů. V kapitole 10.5 jsou nicméně nastíněna některá úskalí, se kterými se při návrhu komplexního modelu bude třeba zabývat.

V současné době je datový model paGIS veden do úrovně obvodu objektu. Stavebně-historický průzkum objektu však na této úrovni v podstatě začíná a zkoumá objekt dále do detailů (jsou zkoumány materiály stavebních částí, je prováděn dendrochronologický průzkum atd.). Tato data však zatím nemohou být ukládána do databáze paGIS. Účelem této části diplomové práce je vytvoření takové nadstavby datového modelu paGIS, který tuto situaci změní. Je ovšem třeba podotknout, že diplomová práce řeší tuto nadstavbu již pro 3D data.

Na rozdíl od práce Ing. Luňáka (Luňák, 2009) bylo v tomto případě využito jiných, podrobnějších podkladů. Tento fakt způsobil, že ta část datového modelu, do které jsou ukládány informace o samotném stavebním objektu se od výše zmiňovaného modelu výrazně odlišuje (viz kapitola 10.4.1).

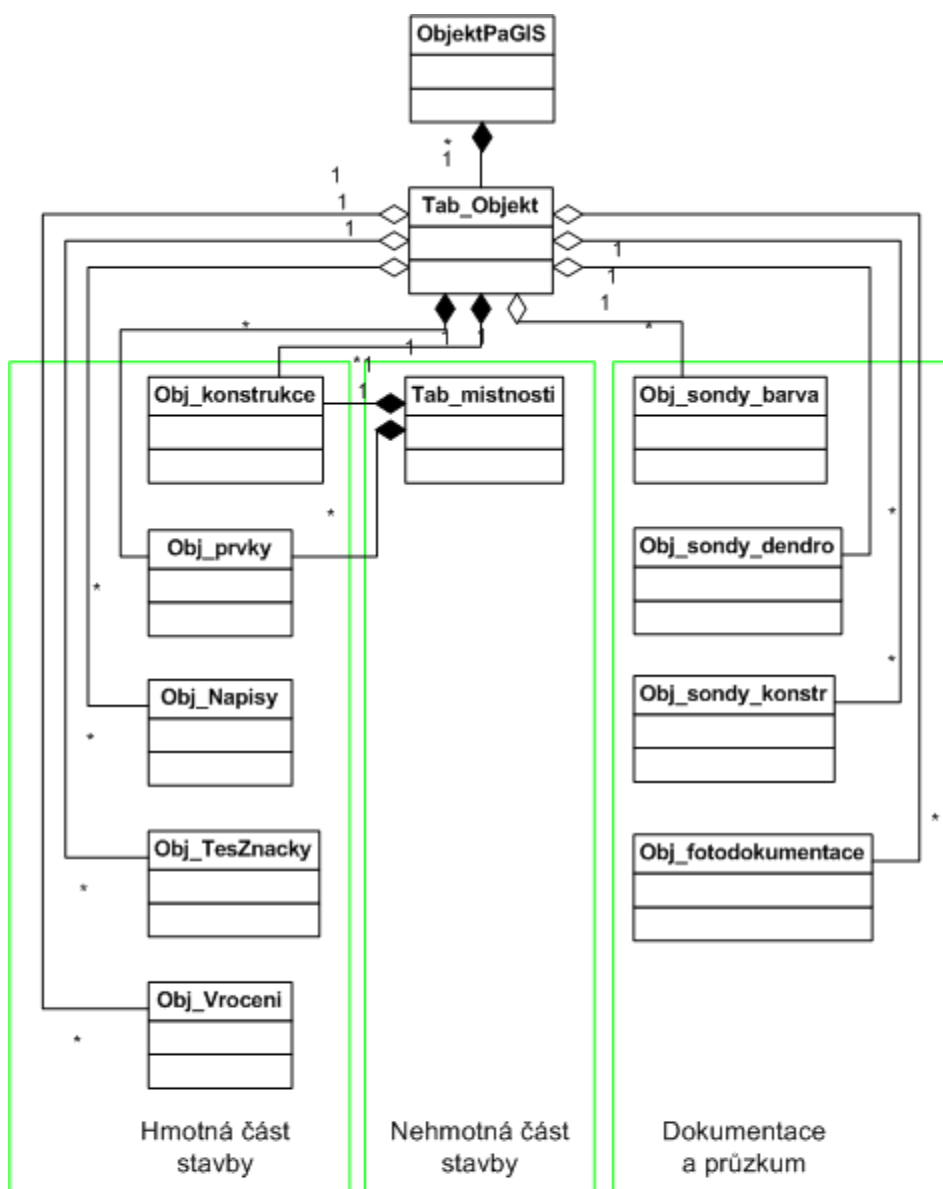
10.4.1. Konceptuální datový model

Konceptuální datový model (viz obrázek 10-1) byl tvořen iterační metodou v průběhu tvorby a optimalizace samotného datového modelu. V této kapitole je uvedena jeho finální podoba. Konceptuální datový model znázorňuje strukturu datového modelu, a jak je patrné, člení jednotlivé datové třídy do třech kategorií.

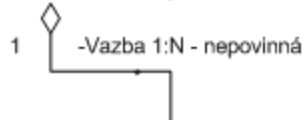
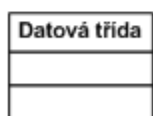
První jsou třídy týkající se **hmotné části stavby**. Sem patří MultiPatch třídy *Obj_konstrukce*, *Obj_prvky* a bodové třídy *Obj_Napisy*, *Obj_TesZnacky* a *Obj_Vroceni*. Další skupinou jsou třídy reprezentující **nehmotné části stavby** mezi něž patří tabulková třída *Tab_mistnosti*. Tabulka *Tab_mistnosti* je určená pro ukládání údajů o jednotlivých prostorách v rámci stavby. Je vázána na třídy *Obj_konstrukce* a *Obj_prvky*, což vychází z předpokladu, že každá podlahou je definována svým obvodem, tj. podlahou, stěnami (případně omítkou), stropem, atd. Poslední skupinou jsou třídy **dokumentace a průzkumy**, mezi které patří bodové třídy *Obj_fotodokumentace*, *Obj_sondy_barva*, *Obj_sondy_dendro*, a *Obj_sondy_konstr*⁶⁹.

Z pohledu na konceptuální model je zřejmé, že bylo při tvorbě datového modelu pamatováno na jeho na pojení na stávající databázi PaGIS Národního památkového ústavu. Nejpodrobnější úroveň datového modelu PaGIS je objekt, přičemž pod pojmem „objekt“ může být chápána samostatná budova nebo soubor několika budov. Tato situace vazby M:N je v navrhovaném datovém modelu řešena pomocí vazebné tabulky *Tab_Objekt*, která obsahuje dva cizí klíče (viz tabulka 10-1) IDOB_SHP a IDOB_PG, díky čemuž je zajištěna návaznost jednotlivých budov na objekt PaGIS.

⁶⁹ Při navrhování jednotlivých tříd vycházel autor z konzultací s vedoucím diplomové práce.



Legenda:



Tematické části datového modelu

Obrázek 10-1 – Konceptuální datový model pro účely stavebně-historických průzkumů objektů

10.4.2. Podrobný popis datového modelu

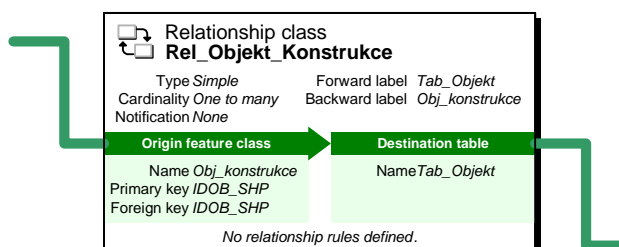
Datový model byl tvořen v prostředí ArcGIS (ArcCatalog) a je veden jako Personal Geodatabase⁷⁰. Z konceptuálního modelu (viz kapitola 10.4.1) je patrné, že bylo navrženo devět prostorových datových tříd, z nichž dvě jsou ve 3D formátu MultiPatch⁷¹ a zbylých sedm je bodových. Dále obsahuje dvě tabulkové třídy a jedenáct tříd relačních. Model neobsahuje informace, které jsou zřejmé ze samotné geometrie prvků. Tedy to, co je jasně vidět ve 3D pohledu není dále popisováno atributy v jednotlivých třídách. Typicky se jedná o konstrukci střechy, typ roubení apod. V závislosti na míře detailnosti zaměření objektu je tedy určena i podrobnost datového modelu.

Datový model pro stavebně-historické účely je propojen s datovým modelem paGIS pomocí vazebné tabulky *Tab_Objekt* (viz tabulka 10-1). Každá prostorová datová třída totiž obsahuje sloupec IDOB_SHP, který sloučí jako cizí klíč právě k tabulce *Tab_Objekt*. Sloupec IDOB_PG v tabulce *Tab_Objekt* pak slouží jako klíč k databázi PaGIS. Všechny prostorové datové třídy jsou napojeny na tuto tabulku pomocí relačních tříd *Rel_Objekt_xx* (xx odpovídá části názvu prostorové datové třídy za podlomením – viz relace 10-1).

Tabulka 10-1 – Tabulková třída *Tab_Objekt*

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
IDOB_SHP	Short integer	Yes			0		
IDOB_PG	Long integer	Yes			0		

Relace 10-1 – Relace *Rel_Objekt_Konstrukce*



Třída *Obj_konstrukce* (viz tabulka 10-2) je určena pro objekty mající povahu konstrukčních částí budovy. Atribut *Nazev* obsahuje původní informaci o vrstvě, v níž byla daná entita uložena v CAD souboru. Po prvotním importu CAD dat do geodatabáze je tak tato informace jediná, dle které lze data dále členit. Atribut *ID_Konstr* je potom číselné označení položek z atributu *Nazev*.

⁷⁰ Personal Geodatabase je formát společnosti ESRI, který dokáže uchovávat geografická data a dáte vztahy a vazby mezi nimi. Téma geodatabáze je popsáno v dokumentaci společnosti ESRI (viz <http://www.esri.com/software/arcgis/geodatabase/index.html>)

⁷¹ Následující grafické znázornění jednotlivých tříd bylo vytvořeno v programu ESRI Geodatabase Diagrammer. Tento nástroj umožňuje přehledně vizualizovat jednotlivé třídy a vztahy mezi nimi, nicméně při vykreslování tříd ve formátu MultiPatch vždy kolaboval. Proto byla pro účely vizualizace vytvořena náhradní geodatabáze, v níž byly MultiPatch třídy nahrazeny třídami polygonovými.

Tabulka 10-2 – MultiPatch třída Obj_konstrukce

Simple feature class		Geometry		MultiPatch			
Obj_konstrukce		Contains M values	No	Contains Z values	Yes		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
ID_Konstr	Short integer	Yes			0		
Nazev	String	Yes					50
ID_Material	Short integer	Yes		Material	0		
ID_Mistnost	Short integer	Yes			0		
ID_Prvek	Short integer	Yes			0		
Epocha	String	Yes		Epocha			50
Hodnoceni	String	Yes		Hodnoceni			50
Regulace	Short integer	Yes		Regulace	0		
Podlazi	Short integer	Yes		Podlazi	0		
IDOB_SHP	Short integer	Yes			0		
ID_PrvekKonstr_lic	Short integer	Yes		PrvekKonstrukce_lic	0		

Sloupec ID_Material nese informaci o typu materiálu, ze kterého je daný prvek vytvořen. Jednotlivé položky jsou definovány pomocí domény Material (viz tabulka 10-3).

Tabulka 10-3 – Doména Material

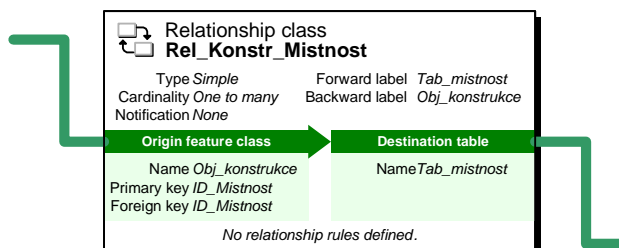
Coded value domain	
Material	
Description	typ materialu
Field type	Short integer
Split policy	Default value
Merge policy	Default value
Code	Description
-9999	nespecifikovano
1	drevo - jedle
2	drevo - smrk
4	kamen
5	sklo
6	plast
7	kov
3	drevo - borovice
8	stresni krytina - palena
9	stresni krytina - betonova
10	stresni krytina - prirodni bridlice
11	vapno
12	cihly
13	beton

Atribut ID_Mistnost definuje jednotlivé místnosti v budově. Jedná se o cizí klíč, který je provázán s tabulkou *Tab_mistnost* (viz tabulka 10-4) pomocí relační třídy *Rel_Konstr_Mistnost* (viz relace 10-2). V tabulce *Tab_mistnost* je možno definovat jednotlivé místnosti, které se v budově nachází a díky relaci *Rel_Konstr_Mistnost* lze provádět dotazy na místnosti, či je např. vizualizovat (viz obrázek 11-7)

Tabulka 10-4 – Tabulka Tab_mistnost

Table		Tab_mistnost					
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
ID_Mistnost	Short integer	Yes			0		
Nazev	String	Yes					50

Relace 10-2 – Relace Rel_Konstr_Mistnost



Dalším atributem je *ID_Prvek*. Protože převod dat z CAD do geodatabáze rozloží jednotlivé stavební prvky (např. trámy) na základní entity z nichž jsou složeny (trám ve tvaru kvádru je v tomto případě složen ze šesti stran, každá tato strana tvoří jeden řádek v atributové tabulce; viz obrázek 11-16), má tento atribut za cíl rozlišit jednotlivé konstrukční prvky od sebe (de facto každý trám, prkno apod.) který je složen z *n* prvků může mít díky tomuto atributu své vlastní ID.

Tabulka 10-5 – Doména Epocha⁷²

Coded value domain	
Epocha	
Description	<i>epocha</i>
Field type	<i>String</i>
Split policy	<i>Default value</i>
Merge policy	<i>Default value</i>
Code	Description
gotic	vrchol . stredovek (gotika)
gotic ?	vrchol . stredovek (gotika) ?
renes	16 .-poč .17 .stol . (renesance)
renes ?	16 .-poč .17 .stol . (renesance) ?
barok	2 .pol .17 .-18 .stol . (baroko)
barok ?	2 .pol .17 .-18 .stol . (baroko) ?
klasicis	1 .pol .19 .s (klasicistni)
klasicis ?	1 .pol .19 .s (klasicistni) ?
19 . s	2 .pol .19 .s (historiz . slohy)
19 . s ?	2 .pol .19 .s (historiz . slohy) ?
20 . - 21 . s	20 .-21 .století
20 . - 21 . s ?	20 .-21 .století ?
nezjisteno	nezjistěno

Atribut *Epocha* udává historické období, během kterého byl daný prvek vytvořen. Je definován pomocí domény *Epocha* (viz tabulka 10-5). Otazník u některých epoch vyjadřuje míru nejistoty správného určení epochy.

Tabulka 10-6 – Doména Hodnoceni⁷³

Coded value domain	
Hodnoceni	
Description	<i>hodnoceni</i>
Field type	<i>String</i>
Split policy	<i>Default value</i>
Merge policy	<i>Default value</i>
Code	Description
v hodnotny	velmi hodnotný
hodnotny	hodnotný
nerusici	nerušící
tradicni	tradiční
rusici	rušící
v rusici	velmi rušící
doplňujici	doplňující
nehodnoc	nehodnoceno
nezjisteno	nezjistěno

⁷² Doména *Epocha* je částečně převzata z paGIS (je přidáno rozšíření na 21. století).

⁷³ Doména *Hodnoceni* je převzata z paGIS.

Dále třída obsahuje atributy Hodnoceni a Regulace, které jsou definovány pomocí doménových tabulek Hodnoceni (viz tabulka 10-6) a Regulace (viz tabulka 10-7). Jak již název napovídá, Hodnoceni by mělo vyjádřit umělecko-historickou podstatu a význam objektu a Regulace hovoří o možném způsobu regulace užívání a péče o budovu.

Tabulka 10-7 – Doména Regulace

Coded value domain	
Regulace	
Description	<i>regulace</i>
Field type	<i>Short integer</i>
Split policy	<i>Default value</i>
Merge policy	<i>Default value</i>
Code	Description
-9999	nespecifikovano
1	obnov
2	const
3	stabilni

Atribut Podlazi je dán doménou Podlazi (viz tabulka 10-8) a definuje příslušnost prvků jednotlivým podlažím v budově.

Tabulka 10-8 – Doména Podlazi

Coded value domain	
Podlazi	
Description	<i>podlazi</i>
Field type	<i>Short integer</i>
Split policy	<i>Default value</i>
Merge policy	<i>Default value</i>
Code	Description
-9999	nespecifikovano
0	prizemi
1	prvni patro
2	druhe patro
3	treti patro
-1	prvni podzemni podlazi
-2	druhe podzemni podlazi

Atribut PrvekKonstr_lic pomáhá rozlišovat jednotlivé části konstrukce na základní části jako strop, stěna, podlaha atd. Problematika je zde však trochu složitější. Například pod pojmem strop je standardně chápána viditelná část stropu (v podstatě jen omítka, případně zdobení apod.) ale i konstrukční část mezi stropem a podlahou v dalším podlaží. Atribut PrvekKonstr_lic je však, z podstaty samotných zdrojových dat, přiřazen pouze lícním stranám těchto konstrukčních částí. Tedy například zobrazením podlah dojde k vizualizaci pouze viditelné části podlahy (viz obrázek 11-23).

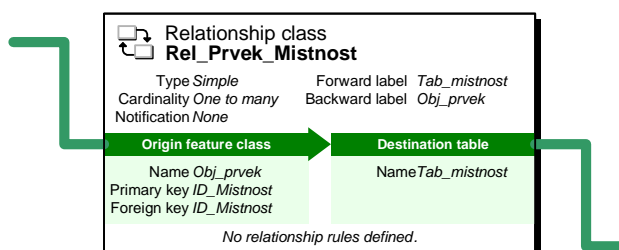
Druhou zmiňovanou MultiPatch třídou je třída Obj_prvek (viz tabulka 10-9). Zde jsou uchovávány objekty, které nemají charakter konstrukcí. Patří sem např. omítky, omazávky, dveře, okna apod.

Tabulka 10-9 – MultiPatch třída Obj_prvek

Simple feature class						Geometry	MultiPatch
Obj_prvek						Contains M values	No
						Contains Z values	Yes
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
ID_Prvek	Short integer	Yes			0		
Nazev	String	Yes					50
ID_Mistnost	Short integer	Yes			0		
ID_Material	Short integer	Yes		Material	0		
Epocha	String	Yes		Epocha			50
Hodnoceni	String	Yes		Hodnoceni			50
Regulace	Short integer	Yes		Regulace	0		
Podlazi	Short integer	Yes		Podlazi	0		
IDOB_SHP	Short integer	Yes			0		
ID_PrvekKonstr_lic	Short integer	Yes		PrvekKonstrukce_lic	0		

Tato třída obsahuje prakticky stejné atributy, jako třída Obj_konstrukce a je také napojena na tabulku Tab_Objekt, a to pomocí relace Rel_Prvek_Mistnost (viz relace 10-3).

Relace 10-3 - Relace Rel_Prvek_Mistnost



Bodové třídy Obj_Vroceni (viz tabulka 10-10), Obj_Napisy (viz tabulka 10-11) a Obj_TesZnacky (viz tabulka 10-12) nejsou, dle konceptuálního modelu, v datovém modelu povinné. Jedná se o třídy, které mají převážně smysl, je-li dotčená budova dřevostavbou. Zachycují totiž prvky, které sloužily k označování jednotlivých částí dřevěné konstrukce a měly tak usnadnit jejich následné sestavené (např. do krovu).

Tabulka 10-10 – Bodová třída Obj_Vroceni

Simple feature class						Geometry	Point
Obj_Vroceni						Contains M values	No
						Contains Z values	Yes
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
ID_Vroceni	Short integer	Yes			0		
Text_Vroceni	String	Yes					100
IDOB_SHP	Short integer	Yes			0		

Tabulka 10-11 – Bodová třída Obj_Napisy

Simple feature class						Geometry	Point
Obj_Napisy						Contains M values	No
						Contains Z values	Yes
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
ID_Napis	Short integer	Yes			0		
Text_Napis	String	Yes					100
IDOB_SHP	Short integer	Yes			0		

Tabulka 10-12 – Bodová třída Obj_TesZnacky

Simple feature class						Geometry	Point
Obj_TesZnacky						Contains M values	No
						Contains Z values	Yes
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
ID_TesZnacky	Short integer	Yes			0		
Text_TesZnacky	String	Yes					100
IDOB_SHP	Short integer	Yes			0		

Všechny tři výše uvedené tabulky mají stejnou strukturu a jsou napojeny pomocí identifikátoru IDOB_SHP (a příslušné relace) na tabulku Tab_Objekt.

Bodová třída *Obj_Fotodokumentace* (viz tabulka 10-13) obsahuje body (polohy stanovišť) z nichž byla pořizována fotodokumentace. Atribut *Nazev_Foto* obsahuje název pořizené fotografie (nejčastěji výchozí název daný fotoaparátem). Mezi atributy patří *Orientace*, který obsahuje jižník osy záběru. Dále atribut *Link*, který obsahuje odkaz na danou fotografii uloženou na disku počítače⁷⁴. Již zmiňovaným atributem IDOB_SHP je tato třída propojena s tabulkou *Tab_Objekt*. Dalším atributem je *Zaber*, který určuje zda jde o fotografii interiéru nebo exteriéru. Hodnota atributu *Zaber* je určena pomocí domény *Zaber* (viz tabulka 10-14). Posledním atributem je *Z*, který slouží k zaznamenání přibližné výšky stanoviště fotoaparátu. V současné verzi ArcGIS není možné interaktivně editovat souřadnici Z bodů, lze ji však převzít právě ze sloupce (pomocí funkce Add Z Information).

Tabulka 10-13 – Bodová třída Obj_fotodokumentace

Simple feature class						Geometry	Point
Obj_fotodokumentace						Contains M values	No
						Contains Z values	Yes
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
ID_Foto	Short integer	Yes			0		
Nazev_Foto	String	Yes					20
Orientace	Short integer	Yes			0		
Link	String	Yes			0		255
IDOB_SHP	Short integer	Yes			0	0	
Zaber	Short integer	Yes		Zaber	0	0	
Z	Double	Yes			0	0	

Tabulka 10-14 – Doména Zaber

Coded value domain	
Zaber	
Description	zaber
Field type	String
Split policy	Default value
Merge policy	Default value
Code	Description
-9999	nespecifikovano
0	interiér
1	exteriér

Bodová třída *Obj_sondy_barva* (viz tabulka 10-15) je určena pro data sondážních průzkumů barevnosti skrytých povrchů (např. starších neseškrábaných omítek). Hodnota je číselně zaznamenána v ID_Hodnoty a slovně v atributu Nazev_Hodnoty.

⁷⁴Odkaz je ve formě textového řetězce. Pro zpřístupnění fotografie přímo z výkresu tak lze použít funkci hyperlink (viz http://webhelp.esri.com/arcgisSDEsktop/9.3/index.cfm?TopicName=Adding_hyperlinks_to_features).

Tabulka 10-15 – Bodová třída Obj_sondy_barva

Simple feature class						Geometry	Point
Obj_sondy_barva						Contains M values	No
						Contains Z values	Yes
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
ID_Sondy	Short integer	Yes			0		
ID_Hodnoty	Short integer	Yes			0		
Nazev_Hodnoty	String	Yes					50
IDOB_SHP	Short integer	Yes			0		

Dalším je dendrochronologický průzkum⁷⁵, což je metoda zmiňována metodikou SHP (Macek, 2001). Výsledky tohoto průzkumu jsou ukládány do bodové třídy *Obj_sondy_dendro* (viz tabulka 10-16).

Tabulka 10-16 – Tabulková třída Tab_sondy_dendro

Simple feature class						Geometry	Point
Obj_sondy_dendro						Contains M values	No
						Contains Z values	Yes
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
ID_Sondy	Short integer	Yes			0		
Vzorek	String	Yes					10
Drevo	String	Yes					50
PocetLet	String	Yes					6
PosledniLet	String	Yes					6
IDOB_SHP	Short integer	Yes			0		
Z	Double	Yes			0	0	

Tabulka obsahuje několik atributů, které jsou v rámci stavebně-historického průzkumu zjišťovány. . Jedním z nich je atribut Vzorek, který obsahuje název vzorku (většinou bývá řetězec písmen a čísel). Následuje Drevo, který slouží k ukládání informací o zjištěném typu dřeva v místě provádění sondážního průzkumu. Dalším je atribut PocetLet, kam je zaznamenáván číselně počet letokruhů. Do sloupce PosledniLet je potom zaznamenáván poslední zjištěný letokruh. Stejně jako ostatní třídy, je i tato napojena na přes atribut IDOB_SHP s tabulkou *Tab_Objekt*.

Pro sondážní průzkumy zjišťující charakter a stav skrytých konstrukcí je potom určena třída *Tab_sondy_konstr* (viz tabulka 10-17). Má stejnou strukturu jako třída *Obj_sondy_barva*.

Tabulka 10-17 – Tabulková třída Tab_sondy_konstr

Simple feature class						Geometry	Point
Obj_sondy_konstr						Contains M values	No
						Contains Z values	Yes
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
ID_Sondy	Short integer	Yes			0		
ID_Hodnoty	Short integer	Yes			0		
Nazev_hodnoty	String	Yes					50
IDOB_SHP	Short integer	Yes			0		

⁷⁵ Jedná se o vědeckou metodu datování, která je založena na analyzování letokruhů dřeva. Přesnost metody je jeden kalendářní rok (viz <http://www.dendrochronologie.cz/metodika>)

10.4.3. Shrnutí

Jak již bylo řečeno v kapitole 10.4, diplomová práce se zabývá datovým modelem pro konkrétní objekt – Čistá čp. 97. Vzhledem k relativně nenáročnému stavebnímu členění daného objektu je i struktura datového modelu poměrně jednoduchá.

Je však třeba nastínit aspekty, které v budoucnu ovlivní tvorbu komplexního datového modelu tak, aby byl pro potřeby stavebně-historických průzkumů obecně. V této části vychází autor diplomové práce především z publikace Doc. Jiřího Škabradý (Škabrada, 2007).

Z kapitoly 10.4.2 je patrné, že datový model obsahuje dvě základní třídy geodat týkající se konstrukcí a ostatních prvků. Konstrukce jsou dále členěny na podlahy, stropy, stěny, atd. Prvky obsahují data reprezentující např. dveře či okna. Zaměření objektu Čistá 97 je však podrobné jen do té míry, že zachycuje ve stěnách celé trámy a v prvcích celé dveře bez dalších detailů. Podrobný stavebně-historický průzkum se však často zabývá i drobnými detailními prvky, jež by měly mít v datovém modelu také své místo. V níže uvedených odstavcích je nastíněno co vše bude třeba do plnohodnotného datového modelu zahrnout (viz kapitola 10.5).

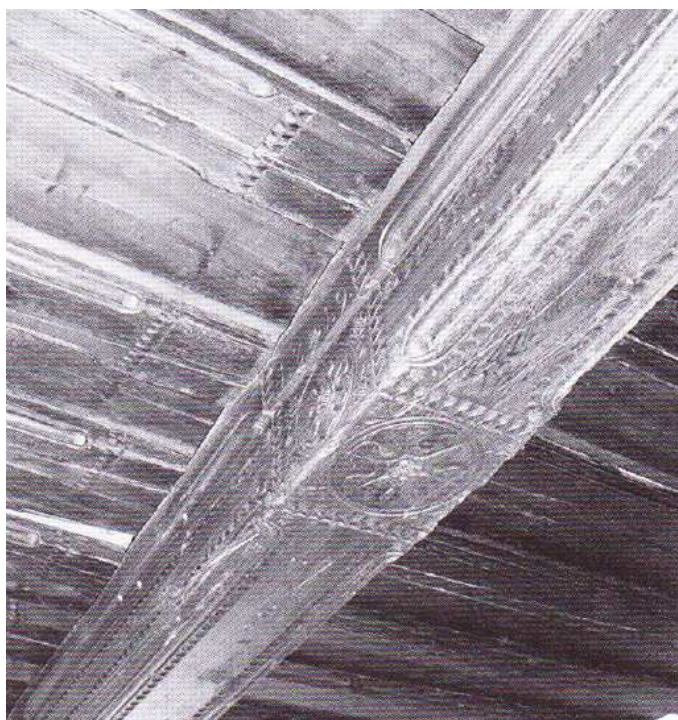
10.5. Budoucí rozšíření datového modelu pro účely stavebně-historických průzkumů

Tématem této kapitoly je alespoň rámcové shrnutí jevů, které bude nutné zahrnout do komplexního datového modelu. Práce na takovém modelu do značné míry přesahuje rámec této diplomové práce, protože do takového procesu bude nutné zapojit řadu profesionálů z oborů stavebnictví, architektury apod.

Na situaci se lze dívat z různých úhlů pohledu. Je zřejmé, že se budou historické stavby lišit díky období v níž vznikly. Je tedy možné uvažovat, že například budova postavená v renesančním slohu, který se vyznačuje symetričností a jednoduchostí, bude obsahovat relativně méně zdobných prvků než stavba barokní stejného charakteru. Také je možné prvky rozlišovat podle viditelnosti. Je-li např. na stěně omítka, můžeme se jen domnívat, jaké jsou samotné prvky stěny. Pokud však někde bude omítka opadaná, vidíme v daném místě přesnou strukturu stěny. Jiným pohledem pak může být zkoumání samotných konstrukčních a prvkových částí (viz kapitoly 10.5.1-10.5.4).

10.5.1. Stropy

Kromě samotné konstrukce stropu, jež je vidět z 3D modelu daného objektu, může strop obsahovat řadu dalších prvků, které jsou z hlediska stavebně-historického průzkumu podstatné. Dřevěné trámy mohou být různým způsobem zdobeny.



Obrázek 10-2 – Zdobení na trámovém stropě⁷⁶

⁷⁶ Převzato z publikace Konstrukce historických staveb (Škabrada, 2000, s. 90).

Tato zdobení mohou být přímo zaměřena a potom jsou přímo viditelná v 3D modelu daného objektu. Je-li ale zaměření prováděno s nižší podrobností, je nutné na tyto prvky začlenit do datového modelu. Úroveň zdobení však může dosahovat i větší bohatosti, kdy na stropě mohou být různé další nenosné plastické prvky (viz obrázek 10-3).



Obrázek 10-3 – Plasticky zdobený kazetový strop⁷⁷

10.5.2. Zdivo

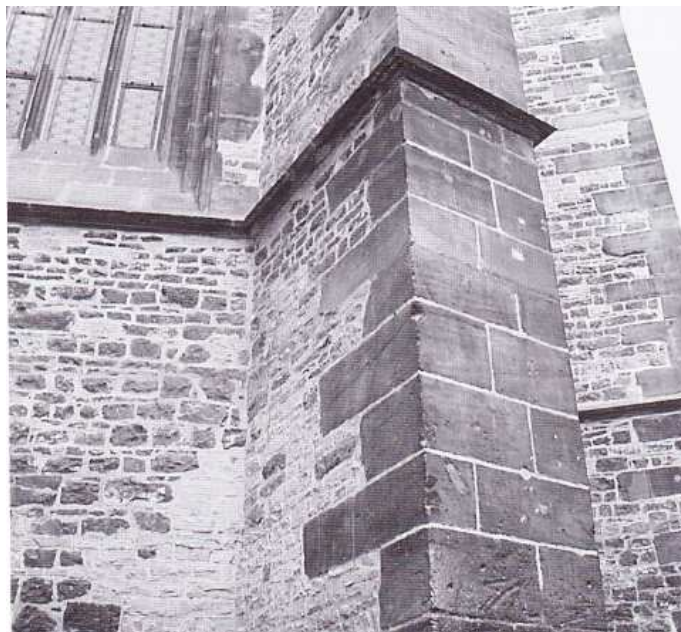
U zdiva, kromě různého typu materiálu (tesaný kámen, lomový kámen, cihlové zdivo apod.), lze rozlišovat i další prvky, které ke zděným částem budovy patří. Jsou to například armatury (zpevnění hran) nebo římsy. Neméně důležitá je také informace o typu pojiva, které může být v různých stěnách jiné.

Armatura, jako konstrukční prvek zdiva, u historických staveb zajišťuje zpevnění dotkových hran sousedních stěn. Prvky armaturového zdiva jsou obvykle větší než prvky zbytku zdiva (viz obrázek 10-4). V geodatabázi by tedy měla být možnost tento konstrukční prvek uložit i se všemi doplňujícími údaji (materiál, epocha apod.).

Římsa je víceúčelová součást zdiva, která má jak zdobný, tak i nosný charakter. Korunní římsa, která tvoří horní ukončení zdiva, slouží k zajištění kontaktu zdiva s krovem a také svým vysutím k ochraně vnější strany stěny budovy (viz obrázek 10-6). Je-li budova více podlažní, mohou se zde vyskytovat i římsy mezi podlažní, či okenní. Takové mají zpravidla jen zdobný charakter. Opět bude záviset na

⁷⁷ Převzato z publikace *Konstrukce historických staveb* (Škabrada, 2000, s. 94).

podrobnosti zaměření budovy, zda-li budou všechny prvky zdiva resp. říms součástí 3D modelu nebo budou zaznamenány jinou formou.



Obrázek 10-4 – Armatura z odlišných stavebních prvků⁷⁸



Obrázek 10-5 – Armatura u dřevostavby⁷⁹

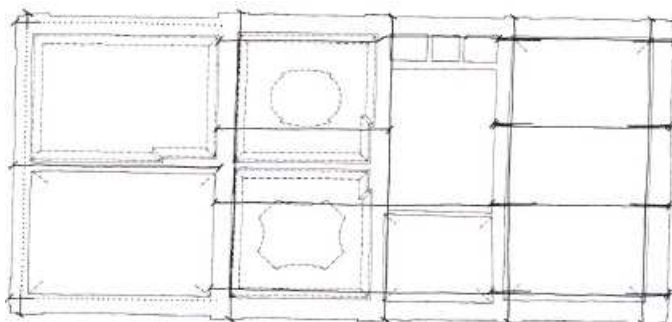
⁷⁸ Převzato z publikace Konstrukce historických staveb (Škabrada, 2000, s. 28).

⁷⁹ Převzato z publikace Konstrukce historických staveb (Škabrada, 2000, s. 56).



Obrázek 10-6 – Korunní římsa doplněná dalšími díly⁸⁰

Také mohly být do zdiva vestavěny různé provazující konstrukce z jiných materiálů. Jedná se například o železné kleštiny, které mohou být vkládány přímo do zdiva a mohou zachycovat roztlak (vodorovná složka zatížení) kleneb.



Obrázek 10-7 – Průběh železných kleštín (zámeček v Brnkách u Prahy)⁸¹

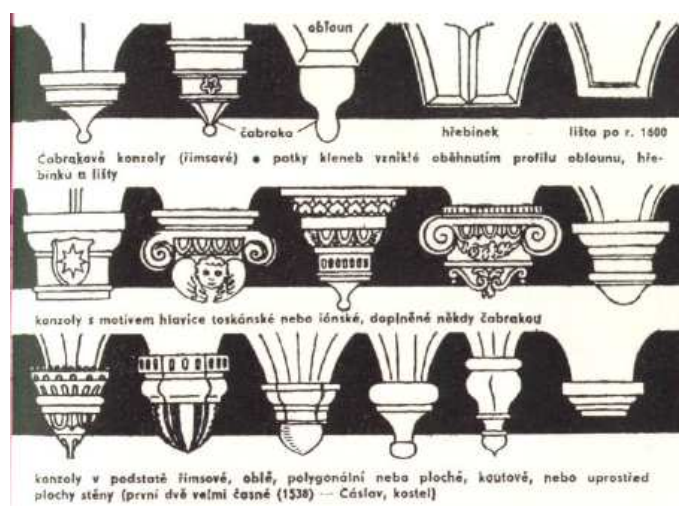
Podobně kotvení kleštín do zdiva se vyskytuje v mnoha různých variantách, na něž je třeba brát při tvorbě komplexního datového modelu zřetel .

⁸⁰ Převzato z publikace Konstrukce historických staveb (Škabrada, 2000, s. 32).

⁸¹ Převzato z publikace Konstrukce historických staveb (Škabrada, 2000, s. 42).

10.5.3. Klenby

Většina kleneb nemá ideální geometrický tvar, protože bylo při jejich budování přístupováno ke kompromisům mezi geometrickou přesností a místními podmínkami a zvyklostmi. Proto obsahují různé doplňující útvary, které suplují nepřesné geometrické provedení základní klenby. Mezi prvky kleneb patří například také konzoly a patky, kterých existuje velké množství (navíc i v závislosti na stavebním slohu – viz obrázek 10-8).



Obrázek 10-8 – Ukázka konzol a patek renesančních kleneb⁸²

10.5.4. Dveře a vrata

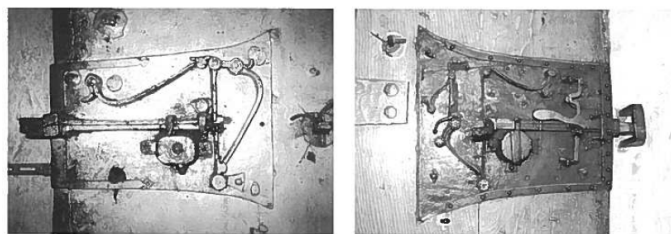
Také dveřní výplně mohou být do značné míry komplikovanými prvky. Komplexním datovým modelu bude muset být prostor pro další detaily a „subprvky“, které se na nich vyskytují.

Co se týká dveří, je nutné uvažovat konstrukci zavěšení (točnice, vnější kovaný závěs, závěs zapuštěný, viz obrázek 10-9). Dále pak systém zámku i s veškerým kovááním (viz obrázek 10-10), kliky, či zástrče u dvoukřídlových dveří. Na uvedených obrázcích je dobře ilustrována složitost budoucího komplexního datového modelu, v němž by měly být všechny tyto prvky uloženy.

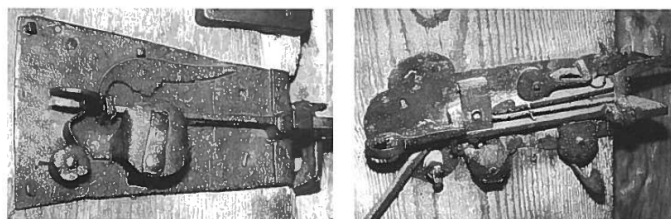
⁸² Převzato z publikace Staletí kolem nás (Herout, 1981, s. IV/13).



Obrázek 10-9 – Zdobné kování závěsu dveří⁸³



Příklady gotických zámků s odkrytou mechanikou na podkladním plechu lichoběžníkového tvaru v sakristiích kostelů.



Obrázek 10-10 – Různé typy zámkového systému⁸⁴

10.5.5. Autorská určení

Jinou možností je napojení datového modelu na jiné databáze a díky tomu zajistit výrazné zvýšení informační hodnoty celého systému. Jednou z možností je napojení na databázi národních autorit. Pro pochopení významu databáze národních autorit je třeba nejprve vysvětlit základní terminologii tak, jak ji uvádí ve své práci Miroslav Kunt (Kunt, 2011).

Autorita⁸⁵

Ověřená a směrodatná, standardizovaná podoba jména personálního nebo korporativního autora, geografického jména, názvu dokumentu (včetně dokumentu seriálového a edice, v níž dokument vychází, popř. jména nakladatele) nebo výrazu věcného selekčního jazyka

⁸³ Převzato z publikace Konstrukce historických staveb (Škabrada, 2000, s. 310).

⁸⁴ Převzato z publikace Konstrukce historických staveb (Škabrada, 2000, s. 324).

⁸⁵ Citace z (Kunt, 2011, s. 1)

Jmenná autorita⁸⁶

Souhrnné pojmenování pro autority personální, korporativní (včetně autorit rodinných-rodových a konferenčních), geografické a názvové, popř. autority pro jména nakladatelů.

Korporativní autorita⁸⁷

Jmenná autorita reprezentující jméno korporativního autora.

Každá autorita, která je uvedena v databázi je tak unifikována. Tím je zajištěna správnost záznamu při jeho využití v jiných pracích. Vzhledem k tomu, že každá autorita má v databázi své jedinečné ID, je velmi snadné propojit ji s databázemi jinými. V budoucnu by tak mohl být datový model pro účely SHP doplněn o klíč do databáze národních autorit, čímž bude např. možné snadno identifikovat tvůrce jednotlivých částí staveb (stavebníky, architekty, kováře atd.).

10.5.6. Profilová databáze

Datový model by bylo možné propojit také na databázi profilů žeber kleneb. V případě, že by stavba měla klenby, ty bylo možné propojit je přes ID na příslušnou databázi.

⁸⁶ Citace z (Kunt, 2011, s. 1)

⁸⁷ Citace z (Kunt, 2011, s. 1)

11. OVĚŘENÍ DATOVÉHO MODELU

Ověření datového modelu (viz kapitola 10.4.2) je provedeno jak na datech vybraných zpracovaných stavebně-historických průzkumů, tak i na 3D modelu objektu Čistá čp. 97. V kapitole 11.1 je popsáno ověření modelu z hlediska jeho schopnosti uchovávat požadované tabulkové informace. V kapitole 11.2 poté následuje ověření možností modelu uchovávat geometrická (3D) data.

11.1. Ověření modelu na vybraných zpracovaných SHP

Datový model je ověřen na základě dat ze stavebně-historického průzkumu objektu Čistá čp. 97 a dále objektu Nový Přerov – usedlost čp. 43. Tyto elaboráty obsahují řadu informací, které v současnosti nelze ukládat do databáze paGIS (viz 10.4) a jsou tedy předmětem zájmu při vytváření datového modelu v rámci této diplomové práce.

11.1.1. Ověření na SHP objektu Čistá čp. 97 (okres Svitavy)

Stavebně-historický průzkum objektu Čistá čp. 97 byl proveden v roce 2002. Autory jsou PhDr. Martin Ebel, Doc. ing. arch. Jiří Škabrada, CSc., Ing. arch. Zuzana a Jiří Syroví a Ing. Josef Kyncl. V úvodu elaborátu je uvedeno následující základní představení objektu:

Dům jako zajímavý zřejmě výrazněji starobylý objekt rozpoznali manželé Syroví v roce 2000 v souvislosti s hledáním nejstarších vysočinských a podrobnějším průzkumem obce při práci na projektu SOVAMM Litomyšlsko - Vysokomýtsko. Objekt, který má v rozvrhu usedlosti charakter (již delší dobu nevyužívané) výměnkářské chalupy, byl předběžně pokládán za dobře zachovaný doklad typické výstavby 2. poloviny 17. století. Pohnutkou pro zpracování podrobnějšího průzkumu se nakonec stalo dendrochronologické datování použitého konstrukčního dřeva, které překvapivě určilo dobu stavby těsně před počátek třicetileté války (posudek ing. J. Kyncla z roku 2001 – kácení stromů 1616). Objekt resp. usedlost byl proto zařazen do programu podrobnějšího průzkumu písemných pramenů (M. Ebel). Ten poskytl přehled o držitelích usedlosti již od závěru 16. století, takže dnes známe i konkrétního stavebníka dochovaného výměnku. Dokumentaci půdorysů připravili manželé Syroví. Citace ze stavebně-historického průzkumu objektu Čistá čp. 97 (Čistá čp. 97, 2002, s.1).

Pro samotné ověření datového modelu jsou použita prostorová data, jež jsou jedním z výsledků provedeného SHP (viz obrázek 11-2). Tato data jsou tvořena vrstvami:

- *prizemi.shp* (obdobně také *patro.shp*)
- *dendro1.shp* (obdobně také *dendro2.shp* pro patro)
- *foto1.shp* (obdobně také *foto2.shp* pro patro)

Z výše uvedeného seznamu je patrné, že pro každé patro objektu byl vytvořen zvláštní výkres, avšak struktura databázových tabulek je stejná. Proto je při ověření pracováno jen s vrstvami pro přízemí.

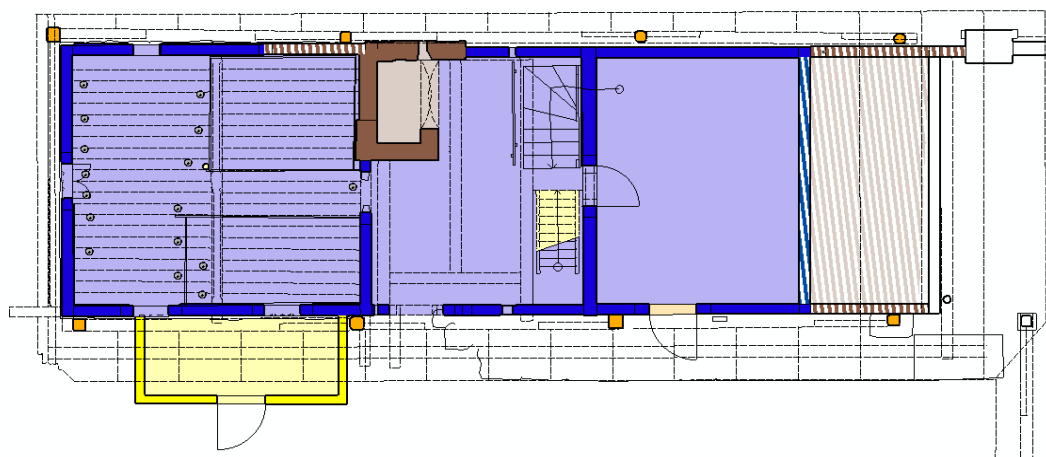
Vrstva prizemi.shp

Ze struktury databázové tabulky vrstvy *prizemi.shp* (viz obrázek 11-1) lze vyčíst jednotlivé použité atributy. Kromě systémových⁸⁸ zde jsou ještě sloupce PRIZEMI, PRIZEMI-ID, DRUH, EPOCHA. Sloupce PRIZEMI a PRIZEMI-ID neobsahují relevantní údaje a nejsou brány při ověřování v potaz. Naopak sloupce DRUH a EPOCHA pro své atributy důležité jsou.

FID	Shape *	AREA	PERIMETER	PRIZEMI#	PRIZEMI-ID	DRUH	EPOCHA
2	Polygon	57698,608643	918,148289	2	0	kce	19. s
3	Polygon	408068,21582	22720,25274	3	0		
4	Polygon	597092,26445	6597,389922	4	0	kce	renes
5	Polygon	21301669,62683	18981,53563	5	0		renes
6	Polygon	5358,795197	434,084942	6	0		
7	Polygon	79907,559143	1234,430694	7	0		renes
8	Polygon	1219166,667114	5533,333333	8	0		
9	Polygon	112088,984818	1663,338171	9	0		renes
10	Polygon	4775,821661	433,793607	10	0		
11	Polygon	22500,000145	750,000001	11	0		
12	Polygon	342321,543213	3872,396688	12	0	kce	renes
13	Polygon	643575,060837	6521,548237	13	0	kce	renes
14	Polygon	495000	2900	14	0		
15	Polygon	335521,894684	3799,953437	15	0	kce	barok?
16	Polygon	549999,999878	3100	16	0		
17	Polygon	44877,423248	810,006618	17	0	kce	19. s

Obrázek 11-1 – Databázová tabulka vrstvy *prizemi.shp*

Sloupec DRUH obsahuje informace o tom, které části přízemí jsou konstrukcemi a které částmi zbylými (tedy konstrukce⁸⁹, místnosti, otvory apod.). Z kapitoly 10.4.2 je patrné, že informace z vrstvy *prizemi.shp* v navrženém datovém modelu spadají do prostorové třídy *Obj_konstrukce* (položky s vyplněnou hodnotou “kce“ do subtypu “stěna“) přičemž některé prvky mají doplněn i atribut *ID_Mistnost* a jsou tedy propojeny s tabulkou *Tab_mistnosti* (pro objekty spadající do této třídy však není sloupec DRUH vyplněn, takže by musely být identifikovány přímo ve výkresu).



Obrázek 11-2 – Půdorys objektu Čistá čp. 97⁹⁰

⁸⁸ To jsou takové, které vytváří ArcGIS automaticky. Tedy: FID, Shape, AREA a PERIMETER.

⁸⁹ Konstrukce jsou ve sloupci DRUH doplněny řetězcem “kce“.

⁹⁰ Zdroj Čistá čp. 97 (okres Svitavy) – výměnek vesnické usedlosti – Stavebně-historický průzkum

Informace ze sloupce EPOCHA je v navrženém datovém modelu reprezentována doménovou tabulkou Epocha (viz tabulka 10-5). Doménová tabulka Epocha je přiřazena ke sloupci Epocha z MultiPatch třídy *Obj_konstrukce* (viz tabulka 10-2).

Vrstva dendro1.shp

Pro data z této vrstvy je v navrženém datovém modelu vytvořena bodová třída *Obj_sondy_dendro* (viz tabulka 10-16). Tato třída má stejnou strukturu jako databázová tabulka vrstvy *dendro1.shp*. Struktura tabulky viz obrázek 11-3.

FID	Shape	ID	VZOREK	DREVINA	POCET LET	POS L LET	PODKORNI	FOTO
0	Point	0	b464 (1)	smk	65	1612	0	
1	Point	0	b465 (2)	smk	62	1615	0	
2	Point	0	b466 (3)	smk	65	1615	0	
3	Point	0	b467 (4)	smk	52	1616	1	
4	Point	0	b468 (5)	smk	57	1616	1	
5	Point	0	b469 (6)	smk	47	1616	1	
6	Point	0	b470 (7)	smk	32	1616	1	
7	Point	0	b471 (8)	smk	35	1615	0	
8	Point	0	b472 (9)	smk	29	1614	0	
9	Point	0	b813 (1)	smk	41	1707	0	
10	Point	0	b814 (2)	smk	29	1708?	0	
11	Point	0	b815 (3)	smk	26	1709?	1	
12	Point	0	b816 (4)	smk	46	1708	0	
13	Point	0	b817 (5)	smk	46	1709	1	
14	Point	0	b818 (6)	smk	44	1709	1	

Obrázek 11-3 – Databázová tabulka vrstvy dendro1.shp

Vrstva foto1.shp

Pro informace z této vrstvy je v navrženém datovém modelu vytvořena bodová třída *Obj_fotodokumentace* (viz tabulka 10-13). Tato třída má prakticky stejnou strukturu jako databázová tabulka vrstvy *foto1.shp*. Struktura tabulky viz obrázek 11-4.

FID	Shape	ID	ROTATE	OBR	FOTO
0	Point	0	0	1	foto/pa290253.jpg
1	Point	0	0	2	foto/pa290258.jpg
2	Point	0	180	3	foto/dscn4463.jpg
3	Point	0	60	5	foto/dscn4405.jpg
4	Point	0	315	6	foto/pa290259.jpg
5	Point	0	320	7	foto/pa290261.jpg
6	Point	0	225	8	foto/pa290236.jpg
7	Point	0	184	9	foto/dscn4427.jpg
8	Point	0	94	10	foto/pa290232.jpg
9	Point	0	200	11	foto/pa290252.jpg
10	Point	0	118	17	foto/189-32.jpg

Obrázek 11-4 – Databázová tabulka vrstvy foto1.shp

V této části je vhodné zmínit práci pana Ing. Lubomíra Tláškala, který v r. 2005 zaměřil pomocí geodetických a fotogrammetrických metod objekt Čistá čp. 97 (viz kapitola 11.2). Data nejprve zpracoval do podoby technických výkresů – půdorys, pohledy – a v pozdější fázi vytvořil plnohodnotný 3D model, viz diplomová práce Ing. Tláškal (Tláškal, 2006). Tento model byl vytvořen pomocí programu MicroStation V8 a dle slov autora především pro možnost pozdějšího využití v 3D prostorové databázi. V takové databázi by, dle jeho slov, mělo být možné propojit atributové informace přímo s vektorovými daty (bez ohledu na dimenzi).

V diplomové práci (Tláškal, 2006) autor mimo jiné uvádí, že nepovažuje za reálné, aby se tento způsob dokumentace běžně komerčně využíval, a to především s ohledem na cenovou a časovou náročnost takto pořízených dat.

11.1.2. Ověření na SHP objektu Nový Přerov – usedlost čp.43

Stavebně-historický průzkum objektu Nový Přerov – usedlost čp. 45 byl proveden v roce 2002. Autory jsou Ing. arch. Zuzana a Jiří Syroví. V úvodu elaborátu je uvedeno následující základní představení objektu:

Usedlost čp. 43 je situována na východní straně novopřerovské návsi, na jejím jižním konci naproti kostelu. Je to situace v historické urbanistické struktuře vsi významná svým nesporným zařazením mezi velké usedlosti z novověkého znovuvysazení vsi. Citace z (Nový Přerov – usedlost čp. 45, 2002, s. 4).

Pro samotné ověření jsou použita prostorová data, jež jsou jedním z výsledků provedeného SHP (viz obrázek 11-7). Tato data jsou tvořena vrstvami:

- prizemi.shp
- priz_zan.shp
- fasady.shp
- foto.shp

Vrstva prizemi.shp

Ze struktury databázové tabulky vrstvy *prizemi.shp* (viz obrázek 11-5) lze vyčíst jednotlivé použité atributy. Kromě systémových⁹¹ zde jsou ještě sloupce PRIZEMI, PRIZEMI-ID, EPOCHA, EPOCHA1, EPOCHA2, HODNOCENI, MISTNOST, DRUH a ozn. Sloupce PRIZEMI a PRIZEMI-ID neobsahují relevantní údaje a nejsou brány při ověřování v potaz. Naopak sloupce EPOCHA, HODNOCENI, MISTNOST a DRUH pro své atributy důležité jsou.

Sloupce EPOCHA obsahují informace o období, ve kterém daný prvek vznikl. Jednotlivé údaje v tomto sloupci jsou definovány doménou Epoque (viz tabulka 10-5).

Sloupec HODNOCENI obsahuje informace o tom, jak je daný objekt hodnotný z architektonického, uměleckého a stavebního hlediska. Jednotlivé údaje v tomto sloupci jsou definovány doménou Hodnoceni (viz tabulka 10-6).

Sloupec MISTNOST obsahuje popis jednotlivých místností. Tyto údaje je vhodné ukládat do tabulkové třídy *Tab_mistnost* (viz tabulka 10-4) do sloupce Navez.

⁹¹ To jsou takové, které vytváří ArcGIS automaticky. Tedy: FID, Shape, AREA a PERIMETER.

Sloupec DRUH obsahuje informace o tom, které části přízemí jsou konstrukcemi a které částmi zbylými (tedy konstrukce⁹², místnosti, otvory apod.). Z kapitoly 10.4.2 je patrné, že informace z vrstvy *prizemi.shp* jsou v navrženém datovém modelu ukládány do třídy *Obj_konstrukce* (položky s hodnotou “k” – konstrukce a “p” – prostory/podlahy) a do třídy *Obj_prvky* (položky s hodnotou “o” – otvory).

EPOCHA	EPOCHA1	EPOCHA2	HODNOCENI	MISTNOST	DRUH	ozn
19/20.s			doplňující		k	
19/20.s			doplňující		k	
19/20.s			doplňující		o	
19.s			hodnotný	světnička	p	07
19/20.s			doplňující	kuchyně	p	08
19/20.s			doplňující		k	
19/20.s			doplňující		p	12
19/20.s			doplňující	chlév	p	15
2.pol.20.s			v rušící		k	
19/20.s			hodnotný		o	
19/20.s			doplňující		o	

Obrázek 11-5 – Databázová tabulka vrstvy *prizemi.shp*

Vrstva *priz_zan.shp*

V této vrstvě jsou prvky, které již zanikly. Údaje z této vrstvy lze ukládat do MultiPatch třídy *Obj_konstrukce* (viz tabulka 10-2) s příslušným atributem (viz doména *Hodnoceni* s položkou “zanikl”), který udává, že prvek již neexistuje. Dále tato vrstva obsahuje sloupec *EPOCHA*, který udává období, ve kterém prvek zanikl (sloupec *Epocha* je také jedním z atributů třídy *Obj_konstrukce*).

Vrstva *fasady.shp*

Tato vrstva je již součástí datového modelu paGIS⁹³, nicméně v datovém modelu je možno tato data ukládat do třídy *Obj_prvek* (viz tabulka 10-9). Důvodem je především fakt, že nově navržený datový model je podrobnější než stávající model paGIS a bylo by tedy vhodné ukládat data o fasádách už na této úrovni podrobnosti (stávající třída modelu paGIS by tak mohla být nahrazena).

Vrstva *foto.shp*

Pro informace z této vrstvy je v navrženém datovém modelu vytvořena bodová třída *Obj_fotodokumentace* (viz tabulka 10-13). Tato třída má stejnou strukturu jako databázová tabulka vrstvy *foto.shp*. Struktura tabulky viz obrázek 11-6.

⁹² Konstrukce jsou ve sloupci DRUH doplněny hodnotou “kce”.

⁹³ Datový model paGIS byl autorovi k dispozici skrze data z projektu SHP Třebíčska (Syrová, 2002). Pracovníky NPÚ byla poskytnuta geodatabáze, ze které je datový model patrný.

11.2. Ověření datového modelu naplněním 3D dat objektu Čistá čp. 97

Praktickou částí této práce je dále naplnění navrženého datového modelu vzorovými 3D daty objektu Čistá čp. 97. Model objektu byl vytvořen v rámci diplomové práce Ing. Tláskala (Tláskal, 2006) (viz kapitola 11). 3D model byl k dispozici ve výkresovém CAD formátu (viz obrázek 11-8) DGN a také DXF. Prvky výkresu jsou rozřazeny do jednotlivých vrstev dle stavebního hlediska. Fáze naplnění datového modelu čerpá z části z diplomové práce Ing. Luňáka (Luňák, 2006), v níž je popsán import CAD do geodatabáze v ArcGIS. Pro naplnění datového modelu pro účely SHP, byl využit nástroj Load Data, který je do ArcGIS přímo zakomponován⁹⁴ a následně také externí program CAD2Shape.

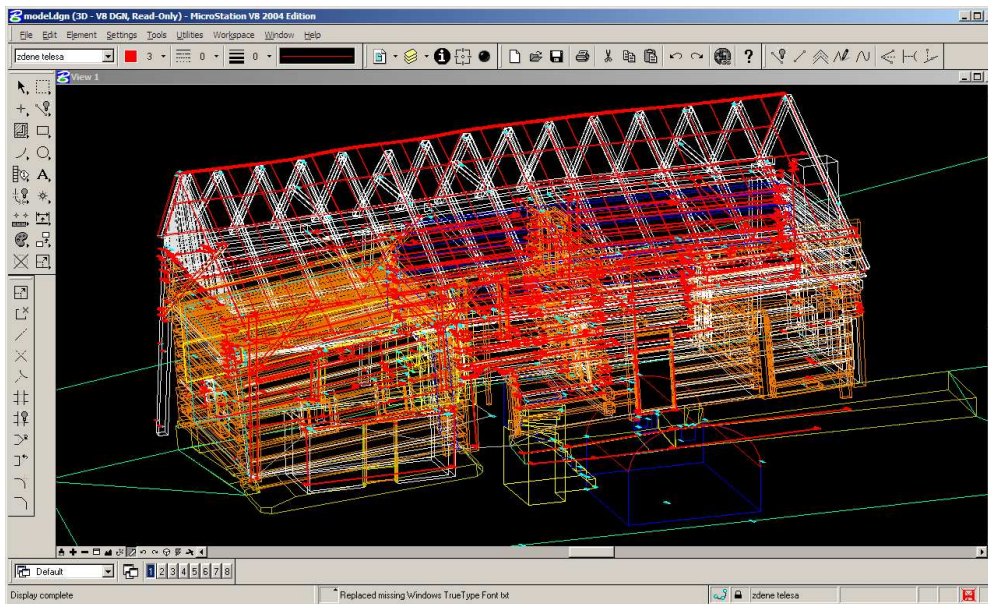
Jak již bylo zmíněno v kapitole 6.6, 3D model lze vytvářet i v programu Google SketchUp. Podstatné je, že data vytvořená v tomto programu mají charakter 3D objektů, a proto i jejich následná konverze do DXF a dále do geodatabáze v ArcGIS je 100% úspěšná (tedy jsou převedena všechna data včetně informací o vrstvách)⁹⁵.

11.2.1. Úprava originálního výkresu

Před samotným nahráním dat do datového modelu je nejprve nutné tato vstupní data upravit. Nástroj Load Data dokáže načítat z CAD formátů DGN, DWG i DXF (viz kapitola 5). Pro úspěšný import dat je potřeba nejprve rozložit objekty ve výkresu pomocí nástroje Explode. Tento proces rozloží v ideálním případě 3D objekty na soubor trojúhelníků, což je důležité pro import do geodatabáze (zde jsou objekty ve formátu MultiPatch – viz kapitola 5.6). Z nezjištěných příčin se však tento rozklad povedl nejlépe ve formátu DXF.

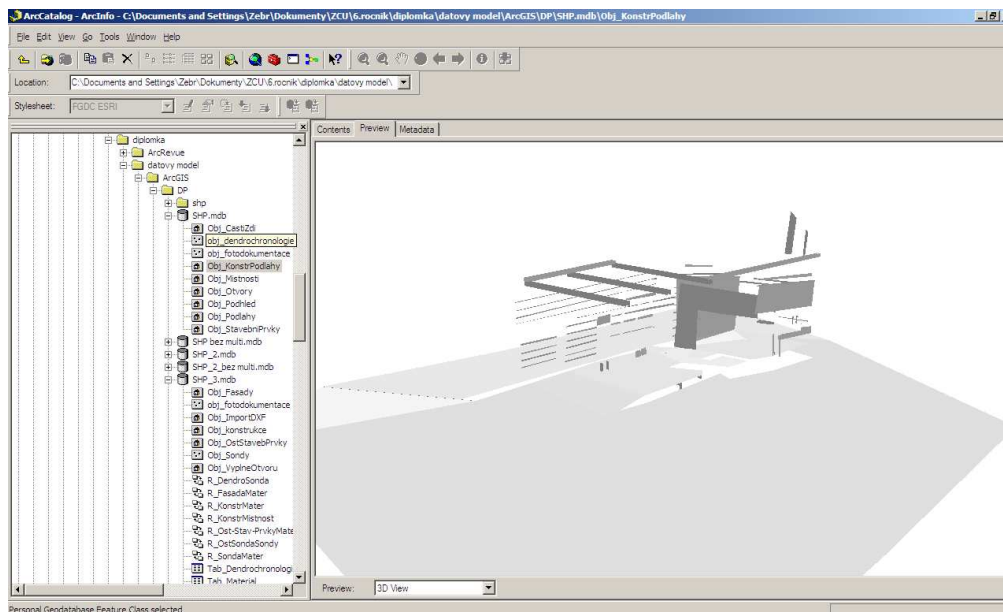
⁹⁴ http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName>Loading_data_in_ArcCatalog

⁹⁵ Autor diplomové práce tento postup vyzkoušel. Nicméně tento proces již byl nad rámec diplomové práce a není proto zvlášť podrobně dokumentován. Návod tvorby 3D modelu ve SketchUp lze získat z mnoha tutoriálů, které jsou k dispozici na <http://sketchup.google.com/intl/en/training/videos.html>. Dále je třeba vytvořený model exportovat do DXF. Od tohoto bodu je již další postup popsán v kapitolách 11.2.2 až 11.2.7.



Obrázek 11-8 – CAD model objektu Čistá čp. 97 (Tláškal, 2006)

V ostatních dvou formátech byl rozložen na trojúhelníky jen zlomek objektů a ani následný import do datového modelu tak nemohl přenést mnoho dat (viz obrázek 11-9).



Obrázek 11-9 – Importovaná data z formátu DGN⁹⁶

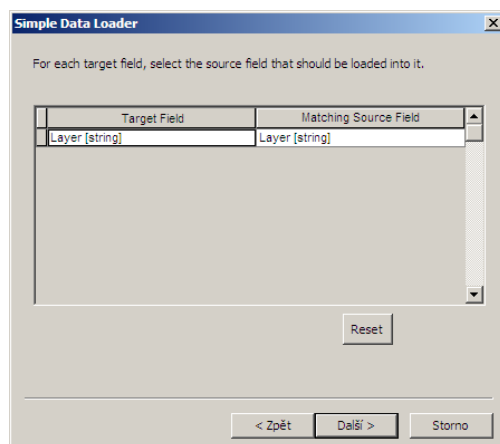
Přes zmiňované úspěchy při použití formátu DXF však nelze tvrdit, že byla zpracována všechna data 3D modelu objektu Čistá čp. 97. Ani v rámci DXF nebyla totiž všechna data správně rozložena na trojúhelníky (a tudíž nemohla být konvertována do formátu MultiPatch). Toto je však pravděpodobně záležitostí samotné tvorby originálního 3D modelu v CAD. Některé prvky byly pouze 2D a další byly spojeny do bloků a tvořily jednotlivé 3D objekty. Proces tvorby 3D modelu v CAD by bylo vhodné

⁹⁶ Na tomto obrázku jsou zobrazena data nahraná pouze do jedné datové třídy navrženého modelu, neboť slouží pouze pro ilustraci komplikací při procesu importu dat do geodatabáze.

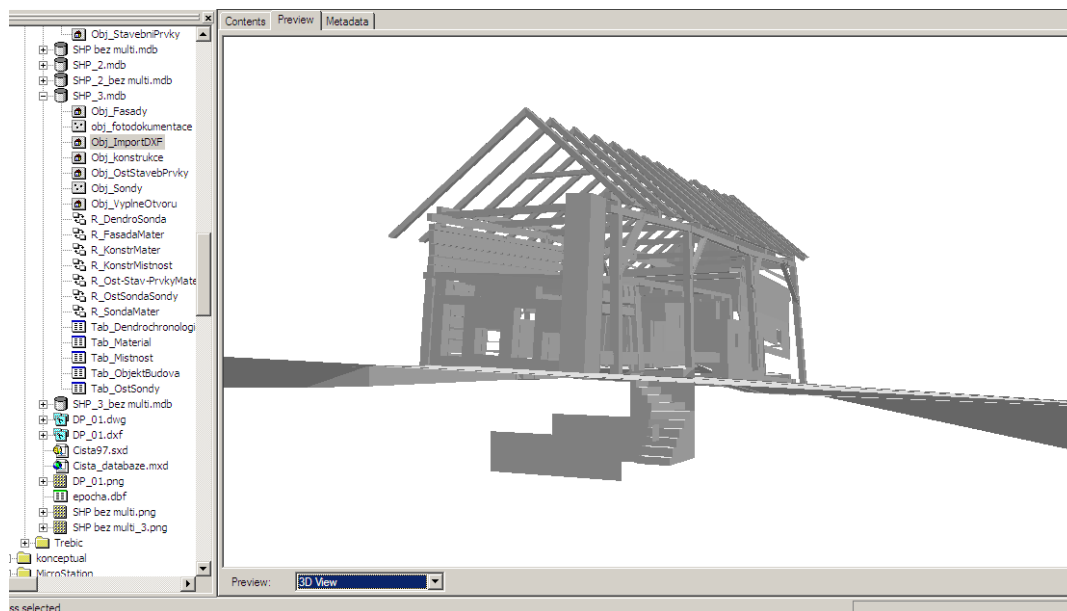
standardizovat, aby nedocházelo k podobným situacím a všechny prvky mohly být řádně rozloženy na trojúhelníky (což může být tématem některé navazující závěrečné práce).

11.2.2. Import do datového modelu pomocí nástroje Load Data

Jak již bylo uvedeno, pro import dat do datového modelu byl nejprve použit nástroj Load Data. V datovém modelu byla vytvořena pomocná MultiParch třída *Obj_Import* se sloupcem Layer⁹⁷. Obrázek 11-10 zobrazuje jeden z kroků při importu dat, kdy dojde k přenesení informace o vrstvě. Do třídy *Obj_Import* se po spuštění nástroje Load Data nahrají 3D data ze zdrojového CAD souboru a také zmiňovaná informace o vrstvě (viz obrázek 11-11 a obrázek 11-12).



Obrázek 11-10 – Zachování informace o CAD vrstvě



Obrázek 11-11 – Vizualizace dat v pomocné třídě *Obj_import* (konverze pomocí Load Data)

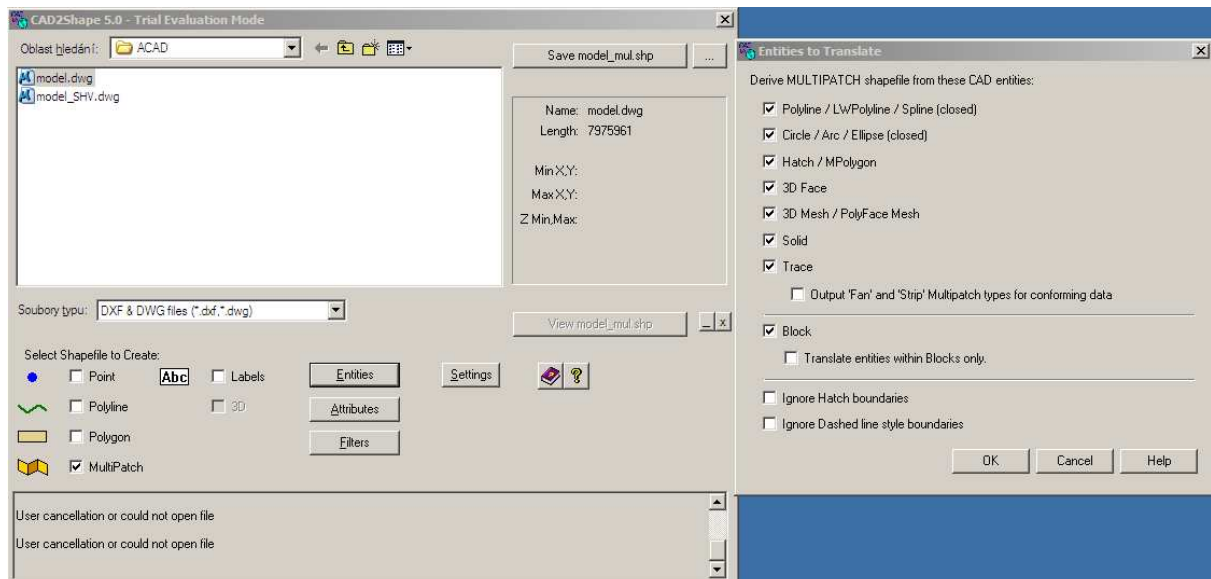
⁹⁷ Při prohlížení CAD výkresu v ArcCatalog lze v připojené tabulce vidět seznam sloupců, které dokáže ArcGIS z CAD souboru přečíst. Jedná se o sloupce, které obsahují informace o typech, tloušťkách či barvách čar. Ve sloupci Layer je poté uvedena příslušná vrstva, ve které daný prvek v CAD výkresu leží. To je velmi užitečné, protože při vhodné volbě vrstev lze pak při importu do geodatabáze data poměrně snadno rozřadit do jednotlivých datových tříd.

OBJECTID *	SHAPE *	Layer
3311	MultiPatch	teren
3312	MultiPatch	teren
3313	MultiPatch	teren
3314	MultiPatch	teren
3315	MultiPatch	zadni stena
3316	MultiPatch	zadni stena
3317	MultiPatch	predni stena tramy
3318	MultiPatch	kurnik podlaha
3319	MultiPatch	vchod podlaha
3320	MultiPatch	predni stena tramy
3321	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3322	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3323	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3324	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3325	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3326	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3327	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3328	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3329	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3330	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3331	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3332	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3333	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3334	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3335	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3336	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3337	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3338	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3339	MultiPatch	svetnice predni omazavka vnejsi
3340	MultiPatch	predni stena omazavka
3341	MultiPatch	predni stena omazavka
3342	MultiPatch	predni stena omazavka
3343	MultiPatch	predni stena omazavka

Obrázek 11-12 – Stejná data zobrazená v tabulce s informací o vrstvě

11.2.3. Import do datového modelu pomocí programu CAD2Shape

Program CAD2Shape je možné stáhnout v demoverzi na <http://www.guthcad.com/cad2shape.htm>. Lze stáhnout různé verze. V rámci této práce byla stažena verze 5.0 a 6.0. Demoverze 6.0 však obsahuje omezení velikosti konvertovaného souboru na 50 KB. Verze 5.0 toto omezení neobsahuje a byla tak dále vyzkoušena. Program načítá soubory v AutoCAD formátu DWG či DXF.

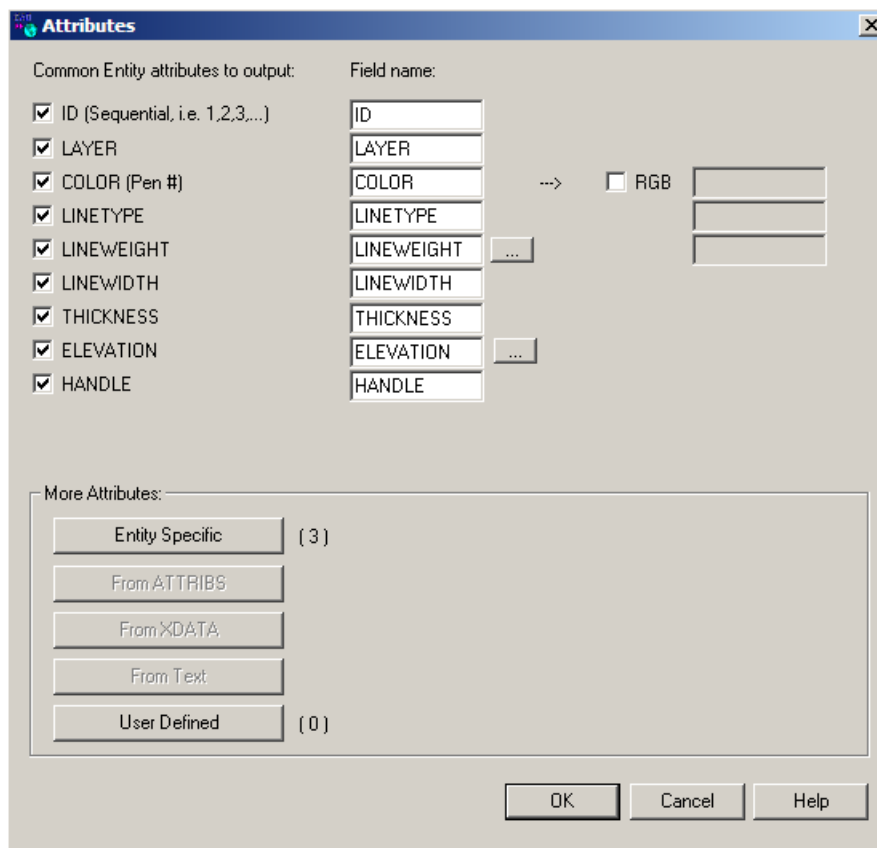


Obrázek 11-13 – Prostředí CAD2Shape a základní nastavení

Obrázek 11-13 vlevo zobrazuje prostředí programu CAD2Shape. V pravé části je otevřeno okno, ve kterém je možno nastavit k převodu různé typy kresby. V rámci převodu modelu Čistá 97 bylo použito toto nastavení.

Vhodné je zaškrtnout v levé dolní části pouze pole MultiPatch, protože poté dojde k vytvoření pouze jediného shapefile, a to takového, který bude obsahovat 3D MultiParch prvky.

V okně Attributes (viz obrázek 11-14) není na škodu zaškrtnout všechna pole, případně nepotřebné sloupce je možné dodatečně ze SHP odstranit. Užitečný je však atribut HANDLE, který od sebe odlišuje jednotlivé prvky v konstrukční a prvkové třídě (např. jeden trám skládající se z n objektů je označen stejným textovým řetězcem)⁹⁸.



Obrázek 11-14 – Nastavení v okně Attributes

Vzniklý shapefile je následně velmi snadné importovat do geodatabáze, do speciální třídy *Obj_import*. Tato třída není základní součástí datového modelu, protože slouží pouze k prvotnímu importu dat. Teprve z ní jsou data čerpána ostatními třídami.

⁹⁸ Stejný význam má mít atribut ID_Prvek (viz strana 45). Bohužel byla tato možnost objevena až po naplnění datového modelu prvotně převedenými daty, a proto nemohla být tato informace dodatečně automaticky doplněna.

11.2.4. Rozřazení importovaných dat do jednotlivých tříd a subtypů

K určení, která vrstva z CAD se načte do které třídy v geodatabázi, slouží tabulka 11-1. V tomto místě je patrné, jak velmi důležité je vhodně volit vrstvy v CAD, protože to je jediná relevantní možnost třídění dat do jednotlivých datových tříd v geodatabázi⁹⁹.

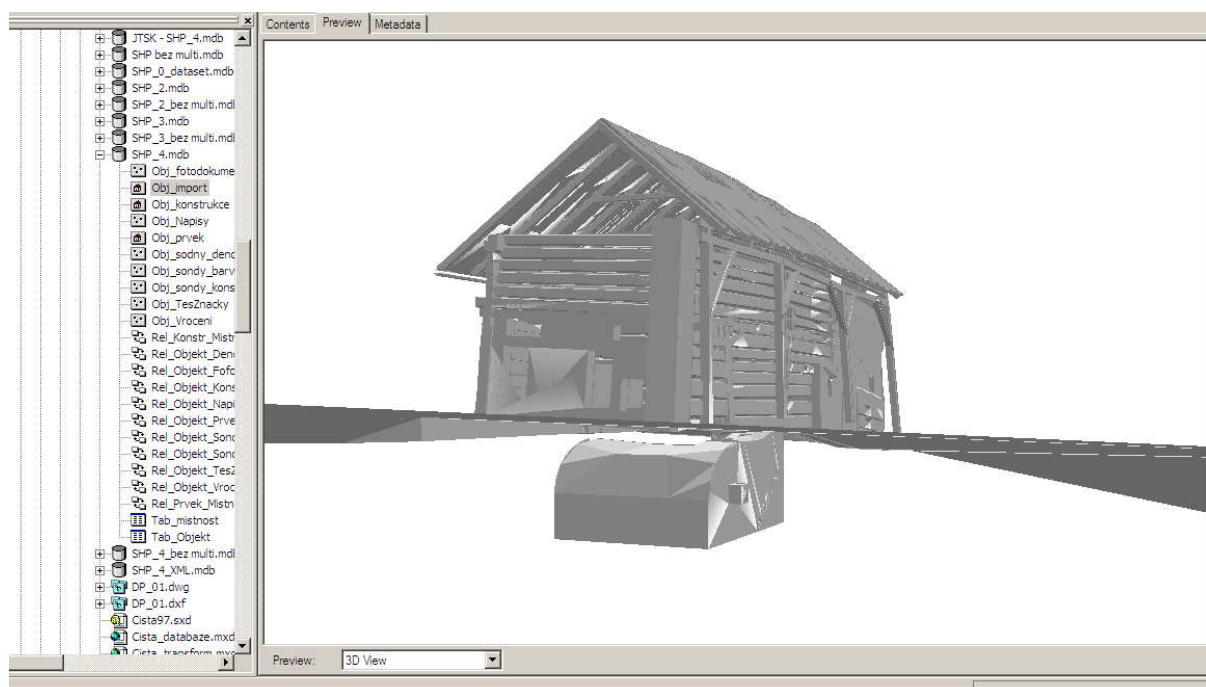
Tabulka 11-1 – Tabulka sloužící jako klíč k rozřazování do datových tříd

ID_geodatabáze	LYRNAME	třída
2	bocni	Obj_konstrukce
3	kozy predni	Obj_konstrukce
4	kozy zadni	Obj_konstrukce
1	krov krokve	Obj_konstrukce
5	krov preklady	Obj_konstrukce
6	kurnik dvere	Obj_prvek
7	kurnik podlaha	Obj_konstrukce
8	kurnik strop	Obj_konstrukce
9	kurnik tramy	Obj_konstrukce
10	podezdivka	Obj_prvek
11	predni stena omazavka	Obj_prvek
12	predni stena tramy	Obj_konstrukce
13	sklep klenby	Obj_konstrukce
14	sklep schody	Obj_konstrukce
15	sklep steny	Obj_konstrukce
16	stit	Obj_prvek
17	strecha	Obj_konstrukce
18	svetnice celni omazavka	Obj_prvek
19	svetnice celni omazavka vnitri	Obj_prvek
20	svetnice celni tramy	Obj_konstrukce
21	svetnice dvere	Obj_prvek
22	svetnice leva okno	Obj_prvek
23	svetnice podlaha	Obj_konstrukce
24	svetnice prava tramy	Obj_konstrukce
25	svetnice predni okna	Obj_prvek
26	svetnice predni omazavka vnejsi	Obj_prvek
27	svetnice predni omazavka vnitri	Obj_prvek
28	svetnice predni tramy	Obj_konstrukce
29	svetnice strop	Obj_konstrukce
30	svetnice zadni omazavka	Obj_prvek
31	svetnice zadni tramy	Obj_konstrukce
32	teren	
33	vchod	Obj_konstrukce
34	vchod podlaha	Obj_konstrukce
35	vchod strop	Obj_konstrukce
36	zadni stena	Obj_konstrukce
37	zdene telesa	Obj_konstrukce

Pro rozřazení dat do jednotlivých datových tříd byl také použit nástroj Load Data. V něm je možné zadat SQL dotaz pro upřesnění importovaných dat a právě v této fázi je využita informace o CAD vrstvě. Výhodou je, že data lze importovat i do konkrétního subtypu, pokud je v dané třídě použit.

⁹⁹ Varianta selekce jednotlivých prvků ve výkresovém prostředí ArcGIS není možná, protože se jedná o 3D. Při zobrazení 3D dat v ArcMap se tato překryjí a nelze tak spolehlivě označit právě tu, která chceme. V ArcScene již je tento způsob možný, je nicméně krajně nepraktický, protože, zvláště při velkém množství dat, je nutné ručně označit každý prvek a k němu vyplnit tabulkové informace.

Bude-li daný objekt patřit do třídy konstrukcí nebo prvků určuje tabulka 11-1. Položka číslo 32 (teren) není do geodatabáze importována, protože se nejedná o data samotné budovy, ale o data okolního terénu.



Obrázek 11-15 – Vizualizace dat v pomocné třídě Obj_import (konverze pomocí CAD2Shape)

Z obrázku (viz obrázek 11-11) je patrné, že při použití programu CAD2Shape došlo k importu mnohem více objektů než při použití nástroje Load Data. Při vizuální kontrole bylo zjištěno, že nebylo převedeno cca 20 objektů z vrstvy Stit (což odpovídá čtyřem prkům). Nelze však se stoprocentní jistotou tvrdit, že nedošlo ještě k jiným ztrátám dat. Příslušnou kontrolu však nelze provést.

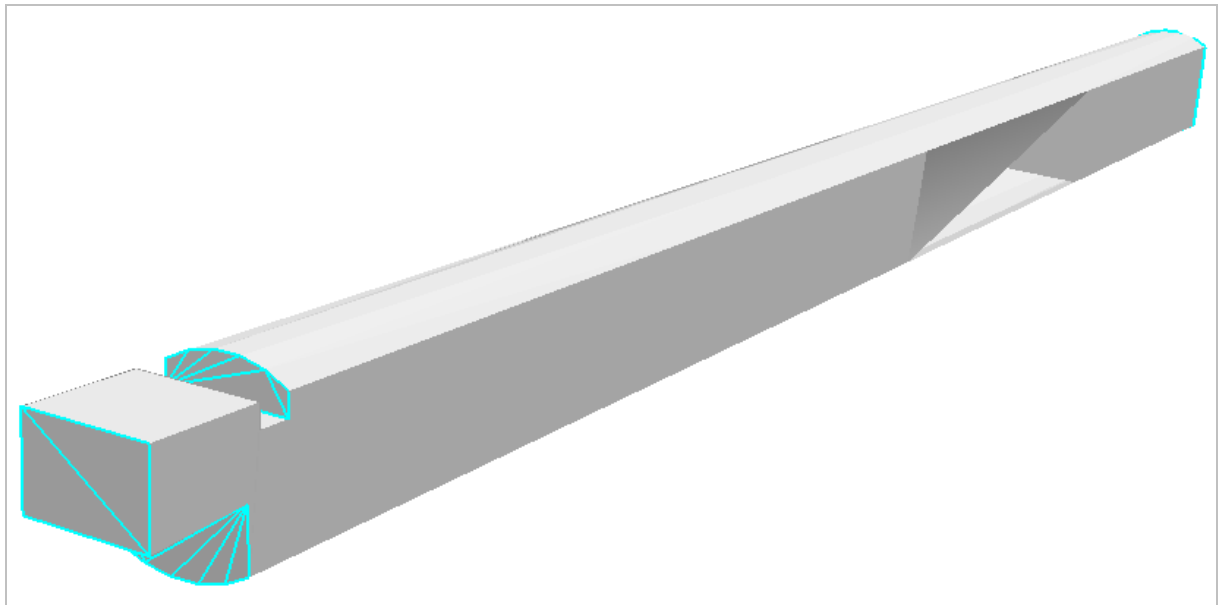
Další nedostatky konvertovaného 3D modelu objektu Čistá 97 do geodatabáze jsou zmíněny v kapitole 11.2.5.

11.2.5. Naplnění datového modelu atributovými daty

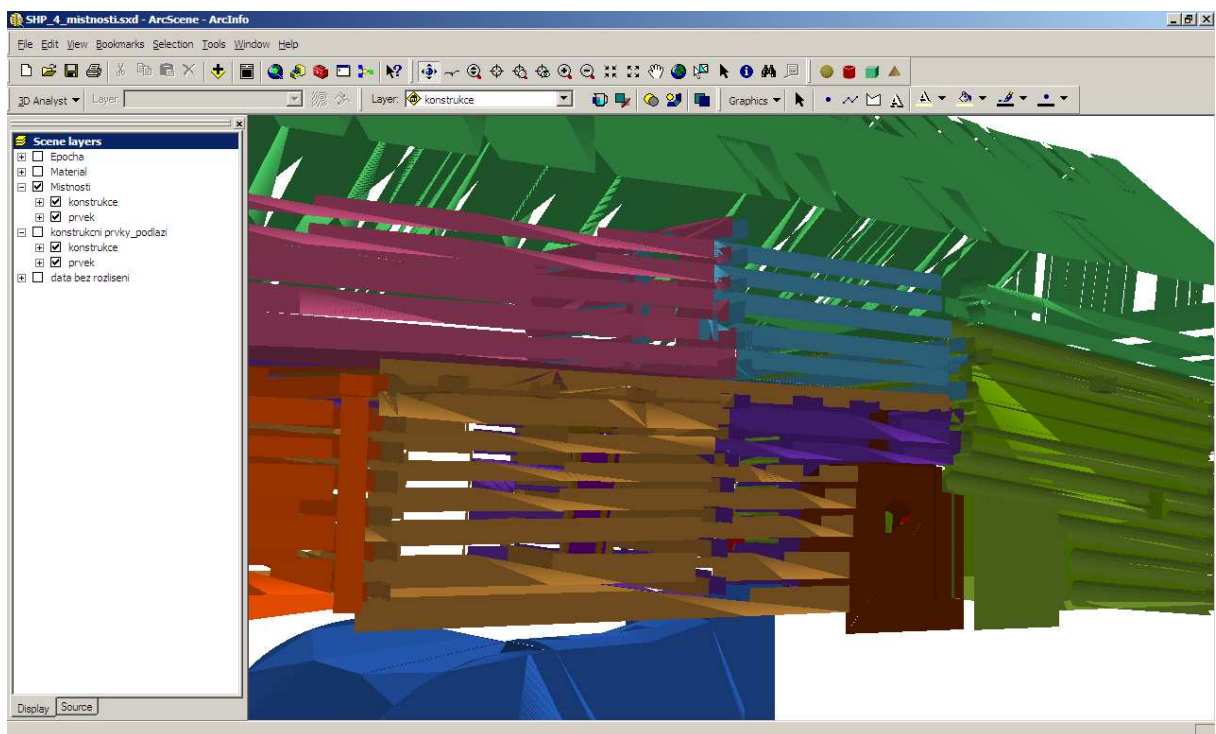
Po rozřazení všech dat do příslušných tříd zbývá doplnit atributová data, což je v tomto případě poměrně náročný proces. Jak již bylo zmíněno (viz kapitola 10.4.2), jsou jednotlivé konstrukční prvky (např. trámy) složeny z n MultiPatch objektů (viz obrázek 11-16) a často docházelo k tomu, že musel být označován objekt po objektu, aby bylo možno některé atributy doplnit. Typickým příkladem bylo doplňování atributu Místnost. Nejprve musela být identifikována zvolená místnost a poté ručně označeny veškeré objekty vyjadřující ty části trámu, které směřují do místnosti (viz obrázek 11-17).

Obrázek 11-17 také zobrazuje jeden z případů nedokonalého zpracování 3D modelu v CAD. Je zde vidět několik trámů v béžové barvě, které přesahují do vedlejší místnosti. Tato situace je způsobena nerozdělením objektů trámů na dostatečný počet částí. Vzhledem k tomu, že ArcGIS prozatím nemá

implementovány nástroje pro editaci formátu MultiPatch, nelze tento nedostatek v geodatabázi již nijak opravit.



Obrázek 11-16 – Trám složený z několika objektů



Obrázek 11-17 – Vizualizace místností jako demonstrace náročnosti doplňování atributů

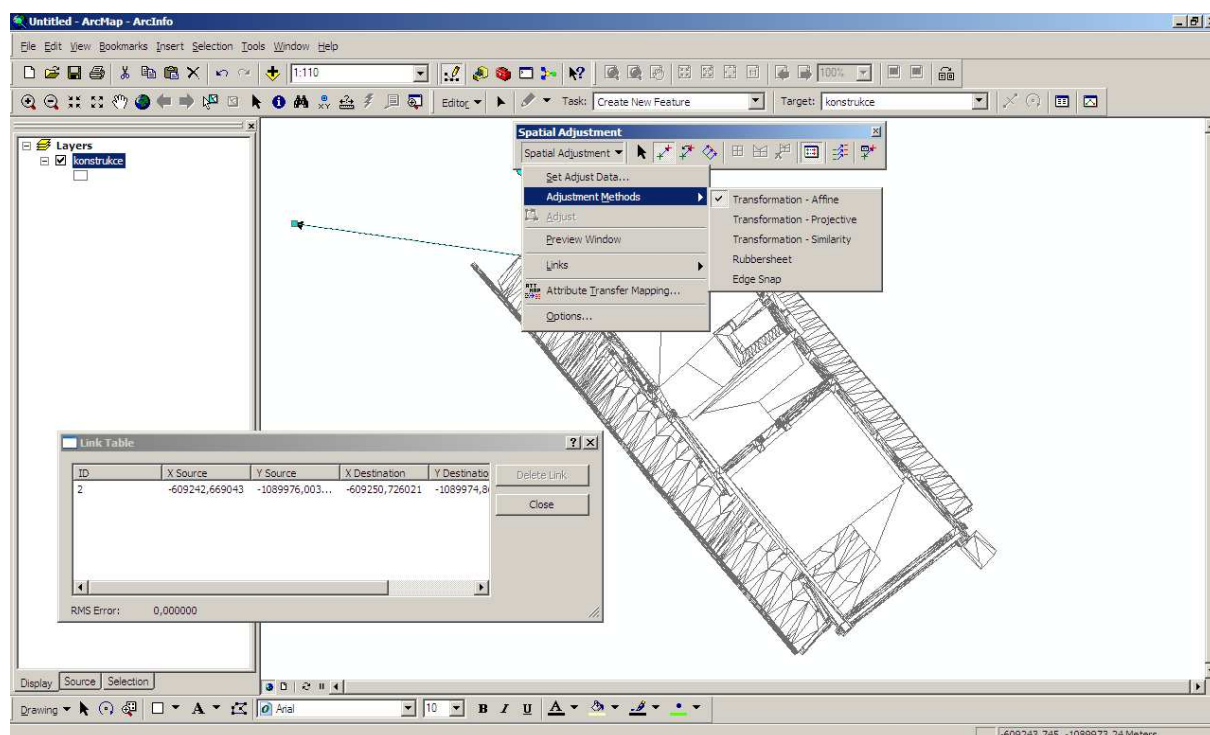
Dalším, spíše estetickým, nedostatkem je nesprávná vizualizace osvětlení v ArcScene (viz obrázek 11-16 a obrázek 11-17). ArcScene nastavuje osvětlení pomocí tzv. orientované plochy. Na zmiňovaných obrázcích je vidět, že některé plochy byly převedeny s opačnou orientací, než mají plochy okolní, a dochází tak k zobrazování různě tmavých sousedících ploch.

11.2.6. Transformace 3D modelu do S-JTSK

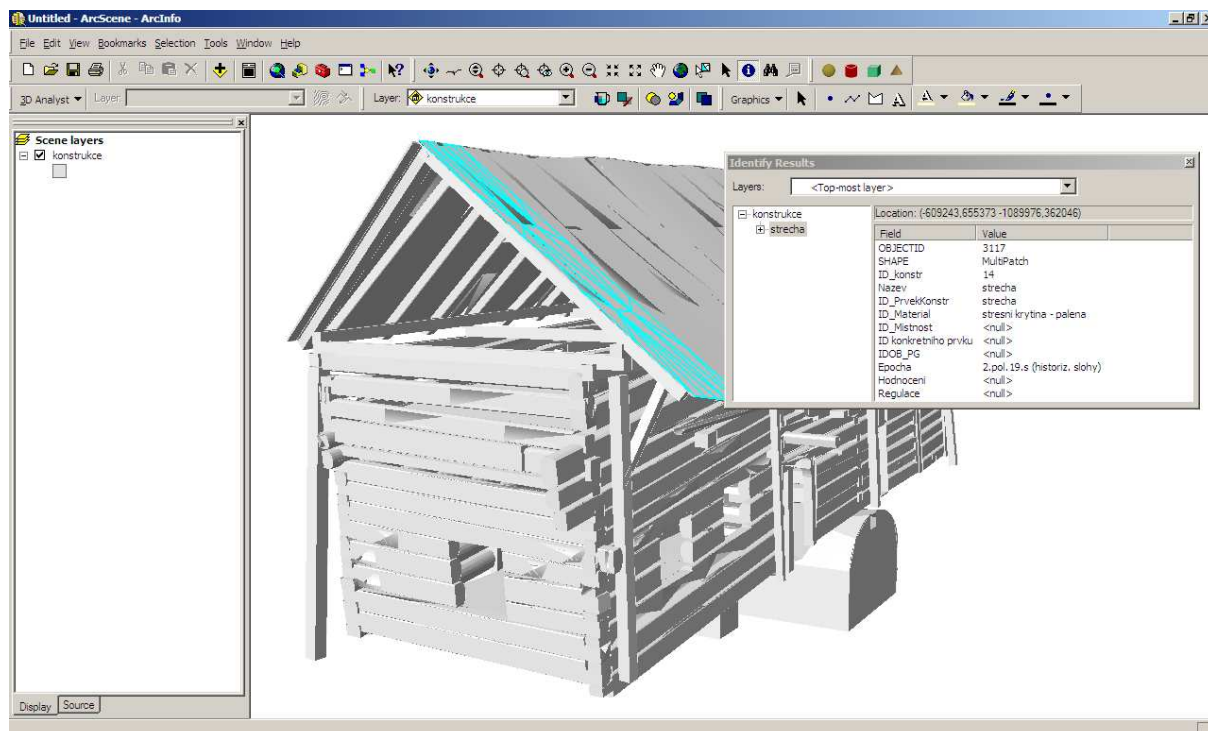
Originální 3D CAD model byl tvořen v místní soustavě. Přestože se vytvořený datový model nebude oficiálně propojovat s databází PaGIS, je vhodné demonstrovat možnosti transformace vektorových dat do zvoleného souřadnicového systém, v tomto případě S-JTSK (Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální). Jako cílová vrstva, tedy ta, na kterou transformujeme, byla zvolena vrstva ze stavebně-historického průzkumu objektu Čistá 97.

ArcGIS má pro transformaci vektorových dat implementován nástroj Spatial Adjustment (viz obrázek 11-18). Ten funguje na jednoduchém principu definování identických bodů. Aby byl nástroj aktivní, je nutné povolit editaci u transformované vrstvy.

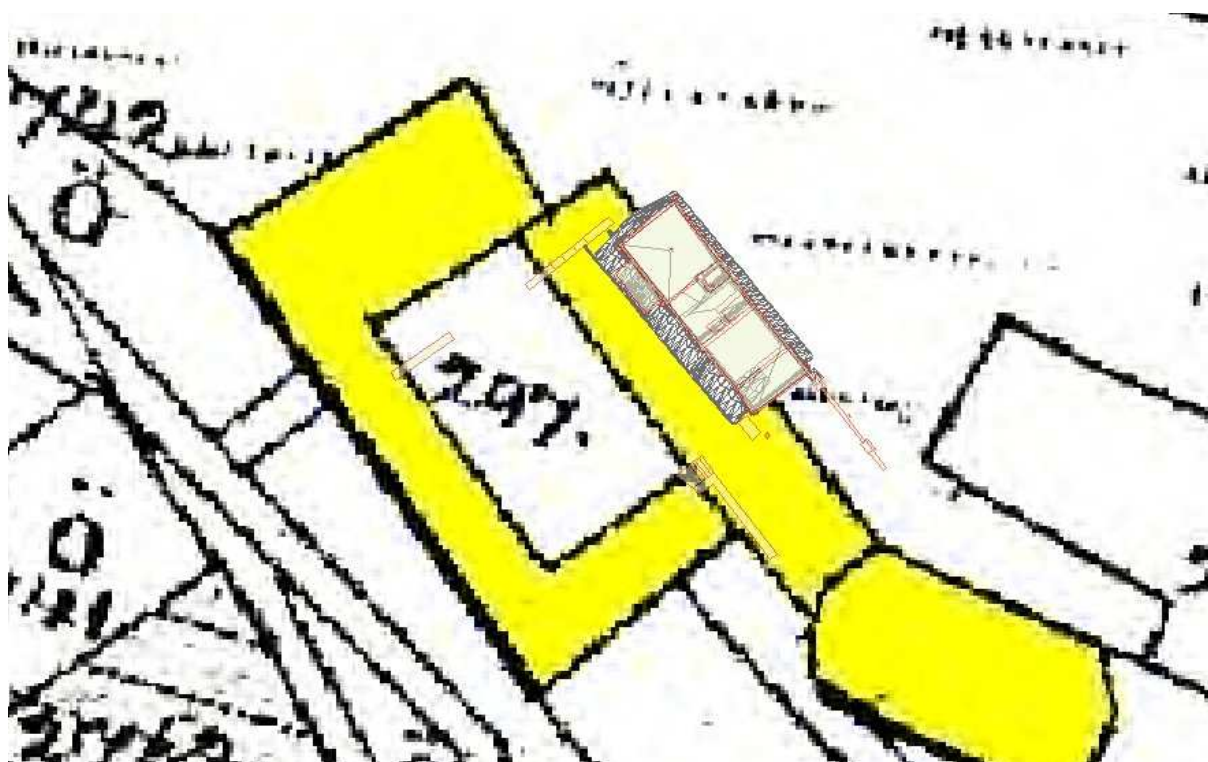
Dále je třeba vybrat několik identických bodů v závislosti na požadovaném typu transformace (nabízena je transformace afinní, projektivní a podobnostní). V tomto případě byla použita podobnostní transformace, protože autor diplomové práce předpokládal stejnou přesnost zaměření půdorysu objektu jak v cílové vrstvě, tak i v 3D modelu. Navíc přesnost určení identických bodů nebyla, vzhledem k množství překrývajících se objektů v MultiPatch třídě, dostatečná pro přesnější metody transformace.



Obrázek 11-18 – Proces transformace do S-JTSK



Obrázek 11-19 – 3D model v S-JTSK



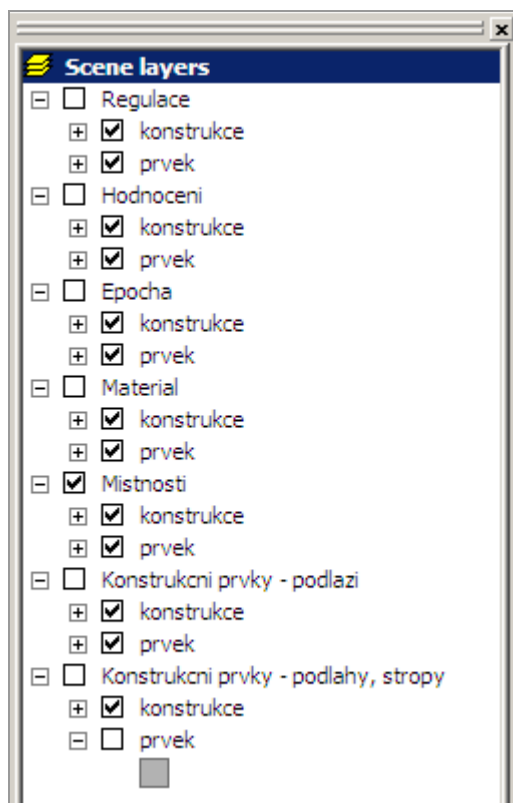
Obrázek 11-20 – 3D model s cílovou vrstvou na podkladu mapy stabilního katastru

Obrázek 11-20 zobrazuje transformovaná data do S-JTSK. Data jsou podložena mapou Stabilního katastru. Ta je však v okolí Litomyšlska nepřesná, což je na tomto obrázku patrné.

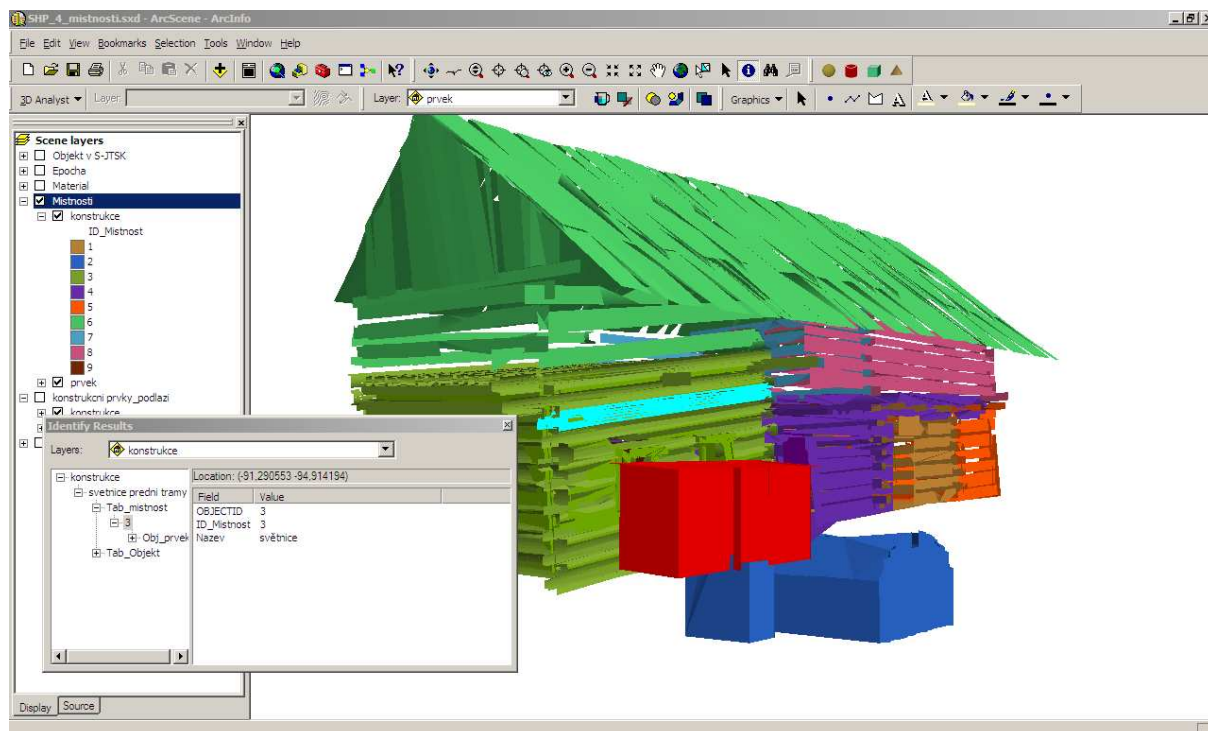
11.2.7. Vizualizace dat v ArcScene

Protože obsahuje datový model 3D data, je pro jejich vizualizaci vhodný program ArcScene, který je součástí ArcGIS. Do tohoto prostředí lze načíst vybrané třídy a dále s nimi pracovat. Obrázek 11-22 ukazuje stavbu Čistá čp. 97 s vizualizovanými místnostmi, které jsou barevně odlišeny. Obrázek 11-23 potom zobrazuje tytéž prvky vizualizované podle materiálu, ze kterého jsou vytvořeny.

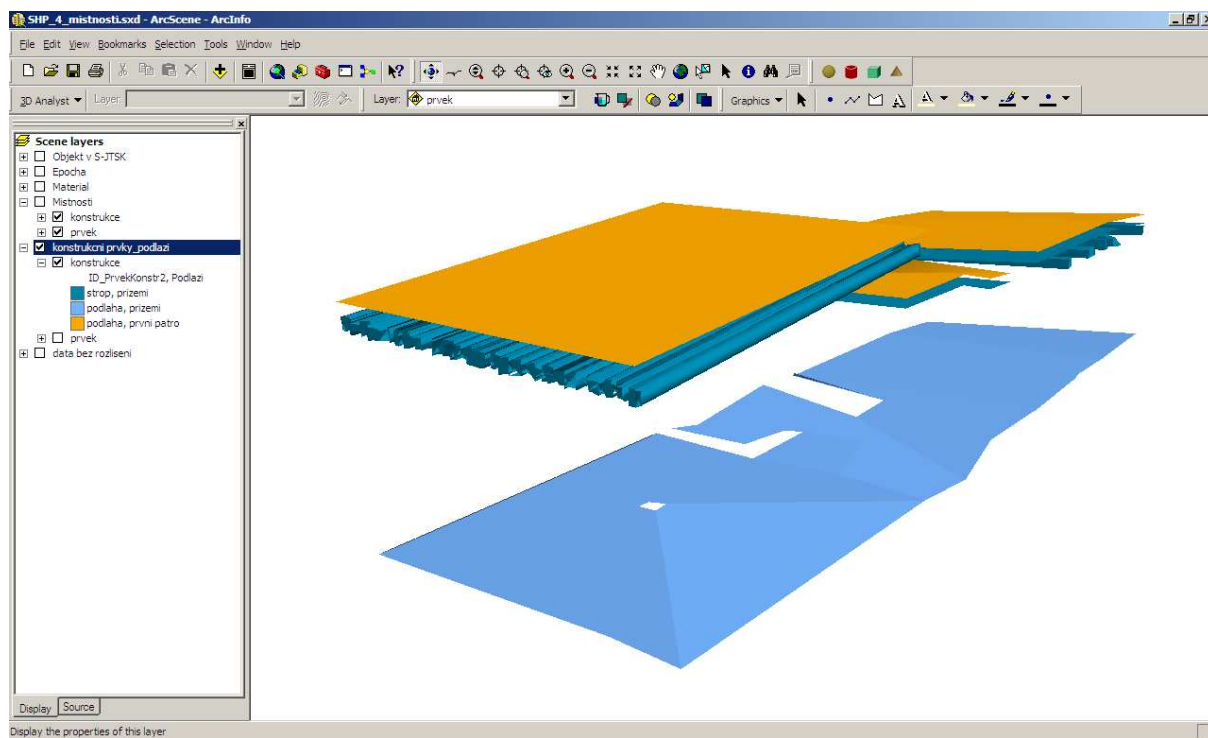
V rámci ArcScene byl vytvořen projekt, který je součástí přiloženého CD. Nabízí možnost snadného náhledu na data dle jednotlivých atributů (viz obrázek 11-21).



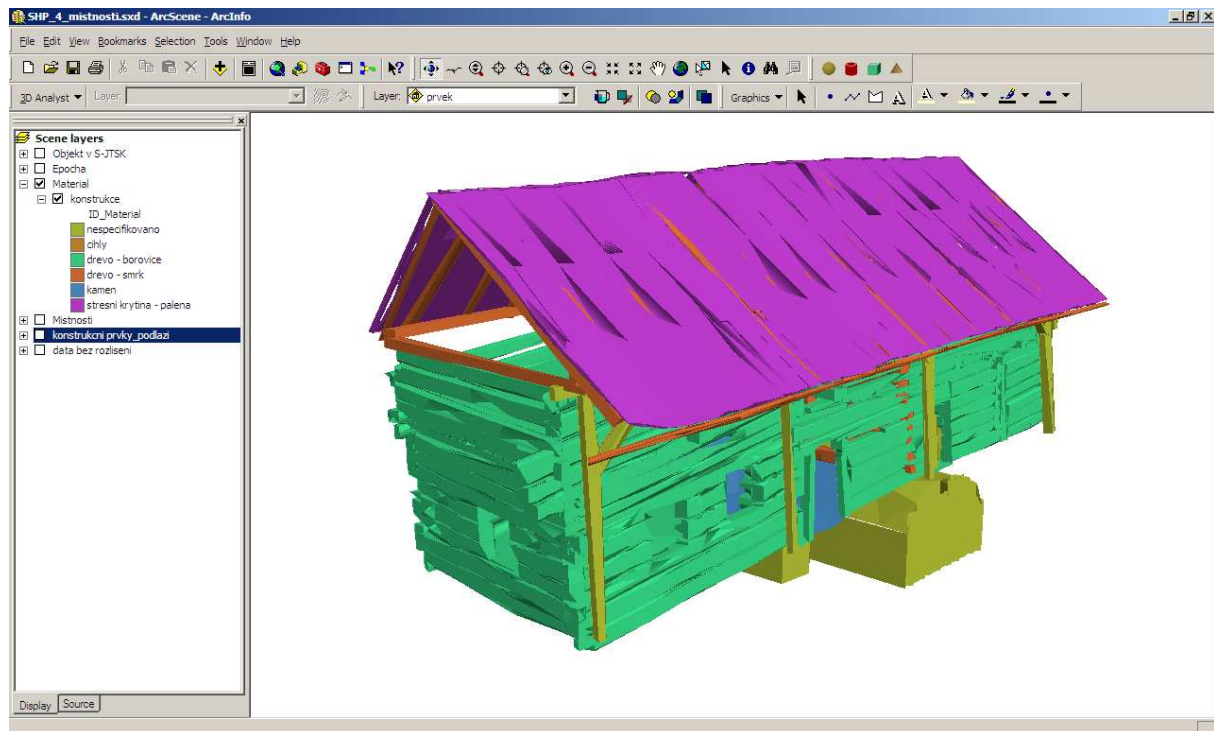
Obrázek 11-21 – Možnosti vizualizací v projektu v ArcScene



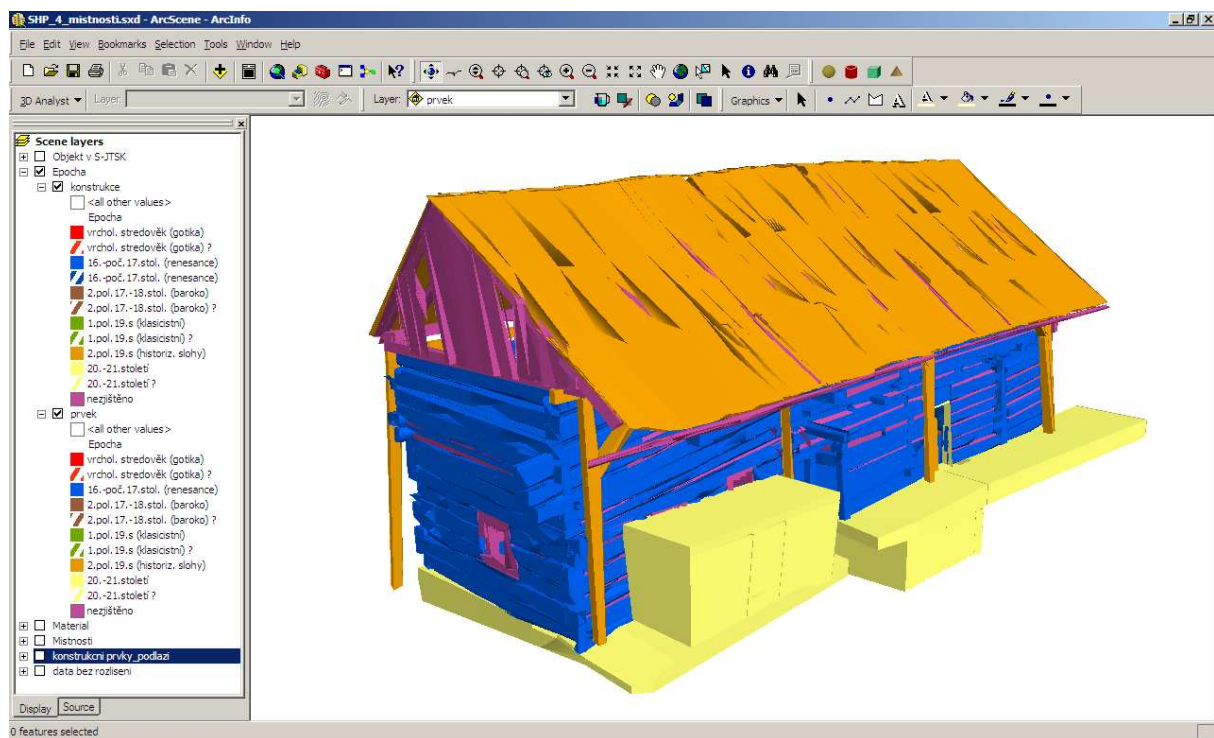
Obrázek 11-22 – Vizualizace objektu Čistá čp. 97 v ArcScene (dle místností)



Obrázek 11-23 – Vizualizace objektu Čistá čp. 97 v ArcScene (podlahy a stropy v rámci podlaží)



Obrázek 11-24 – Vizualizace objektu Čistá čp. 97 v ArcScene (dle materiálu)



Obrázek 11-25 – Vizualizace objektu Čistá čp. 97 v ArcScene (dle stavební epochy)

12. DISKUZE

Témata této práce skýtají bezpočet oblastí, které by bylo možno dále podrobněji zkoumat a rozvíjet. Vzhledem k tomu, že hlavním tématem jsou 3D technologie v GIS, autor DP očekává v této oblasti v následujících letech bouřlivý vývoj, který poskytne řadu zcela nových námětů pro diplomové práce. Současně lze však nastínit několik oblastí, jimiž by bylo vhodné se zabývat již nyní a přímo tak navázat na aktivity této diplomové práce.

Nejpalčivějším problémem je v současnosti absence nástrojů pro editaci 3D prvků v GIS. Pro programátorsky nadaného studenta tak existuje například příležitost vytvořit nějaký jednoduchý editační nástroj pro ArcGIS.

Výzvou je také navržení vhodného postupu při tvorbě samotných 3D, ať už v prostředí CAD nebo třeba Google SketchUp. A dále standardizování a automatizaci převodu CAD dat do GIS vhodným programovým nástrojem.

Nyní je nepracnější částí při vytváření geodatabáze se 3D daty naplnění databáze atributovými informacemi. I zde je tedy značný prostor pro navržení postupů, jak tuto úlohu řešit.

13. ZÁVĚR

13.1. Shrnutí provedených činností

Cíle diplomové práce jsou:

- Cíl 1 (teoretická část) – prozkoumat možnosti využití geografických informačních systémů pro účely Stavebně-historických průzkumů objektů (SHP) se zaměřením na 3D reprezentaci prostorových dat.
- Cíl 2 (praktická část) – navrhnout a popsat datový model pro účely SHP a tento model ověřit na vybraných zpracovaných SHP.

Kapitola 2 přináší informace o vývoji GIS v rámci dimenzí (od 2D po 3D/4D gis), kapitola 3 hovoří o jednotlivých 3D reprezentacích prostorových dat a kapitola 4 doplňuje informace o typech geometrických modelů. Dále kapitola 5 shrnuje informace o aktuálně nepoužívanějších 3D formátech. Následující 6. kapitola přibližuje stav 3D GIS produktů na trhu a kapitola 8 se zabývá stavem, který na poli (3D) GIS v rámci stavebně-historických průzkumů panuje v zahraničí (ve vybraných zemích). Při zpracovávání teoretické části tak bylo prozkoumáno mnoho aspektů, které by mohly být využity při zavádění 3D GIS do památkové praxe. Též tato část obsahuje mnoho anotací na použitou literaturu. Je zřejmé, že celá problematika 3D GIS technologií v kombinaci s oborem stavebně-historických průzkumů je téma poměrně rozsáhlé, bylo by tedy vhodné zmíněné kapitoly podrobněji rozpracovat v některých budoucích diplomových pracích.

Praktická část, tedy datový model pro účely stavebně-historických průzkumů objektů, byla zpracována v kapitole 10. Datový model byl vytvářen v prostředí ArcGIS a v souladu s ústředním tématem práce (tedy 3D GIS ve stavebně-historických průzkumech) byl tvořen s ohledem na budoucí nasazení 3D technologií do památkové péče. V rámci kapitoly 11 pak byl tento model ověřen na vzorových datech dvou zpracovaných stavebně-historických průzkumech objektů, které měl autor diplomové práce k dispozici. A dále na 3D modelu stavebního objektu Čistá čp. 97, který měl autor diplomové práce pro tyto účely k dispozici jako výsledek práce Ing. Tláskala (Tláskal, 2006).

13.2. Výsledky praktické části

Výsledkem praktické části diplomové práce je fyzický datový model vytvořený jako Personal Geodatabase v prostředí ArcGIS, který slouží k uchování informací a dat ze stavebně-historických průzkumů objektů. Datový model byl pro účely ověření naplněn vzorovými daty objektu Čistá čp. 97. Bylo zjištěno, že vstupní CAD data musí být pro bezproblémový převod bezchybně zpracována a všechny prvky musí mít charakter 3D objektů (tak, že budou jednotlivé objekty tvořit ucelený blok entit, z nichž jsou vytvořeny). Teprve pak je možné je kompletně importovat do formátu MultiPatch v ArcGIS.

Jakmile jsou data v databázi je možné je roztřídit do jednotlivých tříd datového modelu v závislosti na tom, jak je zpracován původní CAD výkres. V případě objektu Čistá čp. 97 jsou v CAD výkresu jednotlivé prvky rozřazeny do vrstev, což je jediný způsob, jak jsou od sebe odlišeny. Podle tohoto rozlišení pak mohou být roztříděny do datových tříd. Je zřejmé, že v GIS již tedy nebude dále jednoduše možné dotazování na jednotlivé 3D prvky (Je-li například stěna složena z několika trámů, mají tyto trámy společný atribut Vrstva a mohou být tedy importovány do třídy odpovídající stěně. To ale znamená, že již není možné provádět dotazy na jednotlivé trámy.). Tento problém by mohl být vyřešen tak, že by byl každý 3D prvek (v tomto případě trám) nakreslen jinou barvou. Tím by se barva stala číselným atributem, který dokáže od sebe v databázi odlišit jednotlivé trámy, na než by se potom bylo možné dotazovat. Je zřejmé, že tato metoda "obarvování" není zcela praktická, neboť by musela být vedena evidence použitých barev ve výkresu a také by nebylo možné tuto metodu použít jako standard pro další výkresy (při jiném počtu trámů bude použit i jiný počet barev)¹⁰⁰.

13.3. Význam dosažených výsledků pro účely stavebně-historických průzkumů

Na základě uvedených zjištění se dá říci, že zavedení současných (v diplomové práci zkoumaných) postupů do památkové péče, za účelem uchování a zpracování dat z SHP, je poněkud nepraktické a náročné. Prvním velkým problémem je již tvorba samotného 3D modelu objektu, která je, jak říká Ing. Tláškal (Tláškal, 2006), velmi náročná. Další komplikací je následné zpracování 3D modelu do podoby, ve které by byly jasně definovány jednotlivé prvky stavby. Bylo by též vhodné zpracovat následně technologii, která umožní automatické rozčlenění CAD dat do prostorové databáze v GIS.

Přes uvedené problémy je však autor diplomové práce přesvědčen, že s příchodem 3D GIS se situace razantně změní a většina výše uvedených problémů odpadne. 3D data budou vytvářena rovnou v prostředí GIS, takže atributy budou moci být vyplňovány průběžně. A nebude také nutné provádět žádné zdlouhavé konverze mezi CAD a GIS.

Autor diplomové práce je přesvědčen, že 3D GIS bude v oboru stavebně-historických průzkumů objektů nástrojem velmi užitečným a v budoucnu značnou měrou přispěje k ochraně a zachování stavebních památek pro další generace.

¹⁰⁰ Problematika optimalizace a standardizace tvorby CAD výkresů pro účely konverze do GIS by byla vhodným námětem některé další diplomové práce.

14. ZDROJE

14.1. Literatura

Alias Andul. *GIS – 3D and Beyond* [online]. 2006. [cit. 2011-04-18]. Dostupné z: http://www.gisdevelopment.net/technology/gis/mm022_1.htm

Banner, Joachim – Geiger, Andreas – Häfele, Karl-Heinz, *Konzept for Building Licensing Based on Standardized 3D Geoinformation* [online]. 2011. [cit. 2011-04-18]. Dostupné z: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/4-W15/Paper_ISPRS/Oral/2_3DGeoInfo2010_105_Benner_BuildingLicensing.pdf

Benoit, Fredericque, et al. *3D City GIS – White Paper*. [online]. 2009. [cit. 2011-01-15]. Dostupné z: http://ftp2.bentley.com/dist/collateral/whitepaper/WP_3D_City_GIS_long.pdf

Bisschops, Tim. *De methodes van het historisch huizenonderzoek, sleutels tot de ontwikkeling van stedelijke GIS voor de prekadastrale periode. Cases: laatmiddeleeuws Antwerpen en vroegmodern Leiden*. [online]. 2009. [cit. 2011-03-14]. Dostupné z: http://webh01.ua.ac.be/cstadg/userfiles/file/aankondigingen/Tim%20Bisschops_Historisch%20Huizenonderzoek%20&%20GIS.pdf

Bláha, Jiří. *Pojmy SHP, OPD, Pasportizace a soupisová činnost v zahraničním kontextu*. 2010. [cit. 2011-04-04]. Dostupné z: <http://x.offcity.cz/wp-content/uploads/2010/03/SHP-ve-svete.pdf>

Caumon Guillaume, et al. *Surface-based 3D modeling of geological structures*. [online]. 2009. [cit. 2011-01-04]. Dostupné z: <http://www.gocad.org/>

English Heritage. *Understanding Historic Building – A guide to recording practice*. [online]. 2006. [cit. 2011-02-17]. Dostupné z: <http://www.english-heritage.org.uk/publications/understanding-historic-buildings/>

Environmental Science Institute – The University of Texas at Austin. *GIS Data Structure*. [online]. 2004. [cit. 2011-04-18]. Dostupné z: www.esi.utexas.edu/gk12/workshops/gis/docs/structures.ppt

ESRI. *The Multipatch Geometry Type*. [online]. 2008. [cit. 2011-01-15]. Dostupné z: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/multipatch-geometry-type.pdf>

Game Rendering. *Octree*. [online]. 2009. [cit. 2010-01-15]. Dostupné z: <http://www.gamerendering.com/2008/10/14/octree/>

Google SketchUp Team, *SketchUp and ArcGIS how they work together* [online]. 2010. [cit. 2011-04-18]. Dostupné z: http://static.googleusercontent.com/external_content/untrusted_dlcp/sketchup.google.com/cs/intl/en/pdfs/SketchUpGIS_Workflow.pdf

Herout, Jaroslav. *Století kolem nás*. Panorama, 1981. ISBN: 80-7185-389-5.

Hsu, Yeh-Liang. *Constructive solid geometry and sweep representation*. [online]. 2010. [cit. 2011-01-15]. Dostupné z: <http://grc.yzu.edu.tw/OptimalWeb/articlesystem/article/compressedfile/%282010-12-10%29%20Constructive%20solid%20geometry%20and%20sweep%20representation.pdf>

- Jedlička, Karel – Břehovský, Martin. *Úvod do geografických informačních systémů*. [online]. 2005. [cit. 2011-02-20]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf>
- Ježek, František. *Geometrické a počítačové modelování* [online]. 2009. [cit. 2011-01-04]. Dostupné z: <http://geometrie.kma.zcu.cz/index.php/www/content/view/full/82/>
- Jihočeská univerzita. *DTM* [online]. 2011. [cit. 2011-02-18]. Dostupné z: http://www2.zf.jcu.cz/public/departments/kmi/MSMT_05/DTM.pdf
- Kirimura, Takashi, et al. *Applicability of 3D GIS to the View Preservation Policy of Kyoto City*. [online]. 2009. [cit. 2011-02-25]. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/text%20files/KYOTO/155.pdf>
- Knowledge Rush, *Wire-frame model* [online]. 2009. [cit. 2011-01-04]. Dostupné z: http://www.knowledgerush.com/kr/encyclopedia/Wire_frame_model/
- Kunt, Miroslav. *Autoritní záznamy a jejich využití v archivnictví* [online]. 2010. [cit. 2011-10-12]. Dostupné z: http://asta.nacr.cz/data/fil_0555.pdf
- Luňák, Tomáš. *Geografická datová báze Státního Zámku Kozel* [online]. 2009. [cit. 2011-04-18]. Dostupné z: <https://stag-ws.zcu.cz/ws/services/rest/kvalifikacni prace/downloadPraceContent?adipIdno=30659>
- Macek, Petr. *Standardní nedestruktivní stavebně-historický průzkum*. 2001, ISBN 80-86234-22-3. Dostupné z knihovny Národního památkového ústavu.
- Michl, Vladimír. *Historie produktu AutoCAD* [online]. 2006. [cit. 2011-04-18]. Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/dl/Historie-AutoCADu.pdf>
- Petrescu, Florian. *The Use of GIS Technology in Cultural Heritage*. [online]. 2007. [cit. 2011-02-25]. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/text%20files/ATHENS/FP114.pdf>
- Rahman, Alias Andul – Pilouk, Morakot. *Spatial Data Modelling for 3D GIS*. [online]. 2008, XII. ISBN: 978-3-540-74166-4. Dostupné z: http://geografi.ums.ac.id/ebook/Spatial_Data_Modelling_for_3D_GIS.pdf
- Shene, Ching-Kuang, Michigan Technological University. *Introduction to Computing with Geometry* [online]. 2008. [cit. 2011-01-04]. Dostupné z: <http://www.cs.mtu.edu/~shene/COURSES/cs3621/NOTES/>
- Škabrada Jiří, ČVUT, Fakulta architektury, 2000. *Konstrukce historických staveb*. 2000. ISBN: 8001020711, 9788001020715
- Tišnovský, Pavel. *VRML: jazyk pro popis virtuální reality*. [online]. 2007. [cit. 2011-01-15]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/vrml-jazyk-pro-popis-virtualni-reality/>
- Tišnovský, Pavel. *Způsoby popisu prostorových objektů v POV-Rayi*. [online]. 2008. [cit. 2011-01-15]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/zpusoby-popisu-prostorovych-objektu-v-pov-rayi/>
- Tláškal, Lubomír. *Prostorové digitální modely v dokumentaci lidové architektury*. [online]. 2006. [cit. 2011-01-15]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/Sekce_6.2/Tlaskal_Lubomir_CL.pdf

Zlatanova, Siyka – Prospero David. *Large-scale 3D data integration*. Taylor & Francis, 2006. [cit. 2011-01-04]. ISBN 0-8493-9898-3

Zlatanova, Siyka – Rahman, Alias Abdul – Shi, Wenzhong. *Topology for 3D spatial objects*. [online]. 2002. [cit. 2011-01-15]. Dostupné z:
http://www.gdmc.nl/zlatanova/thesis/html/refer/ps/SZ_AR_WS_02.pdf

14.2. Prameny

Ebel, Martin – Škabrada, Jiří – Syrová, Zuzana – Syrový, Jiří – Kyncl, Josef. *Čistá čp. 97 (okres Svitavy) – výměnek vesnické usedlosti* – Stavebně-historický průzkum, Praha, 2002.

Ing. arch. Zuzana a Jiří Syroví , *Nový Přerov – usedlost čp. 45* – Stavebně-historický průzkum, Brno, 2002.

Datový model paGIS – Ing. arch. Zuzana Syrová – Projekt Třebíčsko (Projekt GIS prostorové identifikace chráněných území a nemovitých kulturních památek), Praha, 2002.

STRUKTURA PŘILOŽENÉHO CD

