

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šindelář Jméno: Jiří Osobní číslo: 410716

Zadávací katedra: k126 - Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Rozbor problematiky pasportizace historických budov pomocí nástrojů BIM

Název bakalářské práce anglicky: BIM utilization in passportization of historical buildings

Pokyny pro vypracování:

- Popis a ukotvení pojmu HBIM
- Rozbor problematiky využití HBIM pro pasportizaci historických budov v ČR a v zahraničí
- Tvorba obecného procesního schématu postupu tvorby HBIM pasportu pro použití v ČR
- Příklady aplikace procesního schématu na reálný projekt

Seznam doporučené literatury:

- Eastman, Ch. et al.: BIM Handbook, John Wiley Sons, Inc., New Jersey, 2011. ISBN 978-0-470-54137-1.
- AEC (UK): AEC (UK) BIM Technology Protocol, 2015.
- Reddy, K. P.: BIM for Building Owners and Developers, John Wiley Sons, Inc., New Jersey, 2012. ISBN 978-0-470-90598-9.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Petr Matějka

Datum zadání bakalářské práce: 25.2.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

25.2.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



# Rozbor problematiky pasportizace historických budov pomocí nástrojů BIM

BIM utilization in passportization of historical  
buildings



#### Poděkování:

Nejprve bych rád poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Petru Matějkovi. Dále Katedře speciální geodézie, jmenovitě panu Ing. Tomáši Křemenovi, Ph.D. a Ing. Bronislavu Koskovi, Ph.D. za poskytnutí podkladů pro tvorbu modelu hradu Helfenburk. Dále spolku starajícího se o hrad, kteří souhlasili s využitím jejich podkladů. Poděkování také patří Ing. Arch. Zdeňku Rudovskému a ateliéru di5 architekti inženýři, speciálně panu Ing. Tomáši Minkovi za odbornou konzultaci.



### Abstrak:

Tato práce se zabývá pasportizací historických budov. Pasportizace je proces zachování kulturního dědictví. Moderním způsobem jak zachytit informace o historické budově je HBIM. Informační modelování historických budov (HBIM) využívá 3D dokumentaci založenou na parametrických objektech. Tato metoda využívá jak historických dokumentů, tak i dat získaných moderními způsoby, jako je mračno bodů. Hlavním cílem této práce je popsat proces tvorby HBIM modelu.

### Abstract

The Bachelor's Thesis deals with passportization of historic buildings. Passportization is a process concentrating on cultural heritage preservation. HBIM is the modern way of getting informations about historic buildings. Historic building information modeling (HBIM) uses 3D documentation based on parametric objects. This method uses historical documents as well as new data obtained by modern ways such as point cloud. The main aim of this thesis is to describe the HBIM model and its process of creation.



Klíčová slova:

BIM, HBIM, Pasportizace, Historická budova, Laserové skenování

Keywords:

BIM, HBIM, Passportization, Historical building, Laser scanning



## Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratek: .....	9
1 Úvod .....	10
1.1 Cíle práce .....	10
2 Základní pojmy .....	11
2.1 BIM .....	11
2.2 3D model a BIM model .....	12
2.3 HBIM .....	12
2.4 Památka a péče státu o kulturní památky .....	13
2.5 Historická budova .....	13
2.6 Laserové skenování .....	14
2.7 Využití laserového skenování .....	15
2.8 LOD .....	15
2.9 Inventarizace a číselníky .....	16
2.10 OMNICLASS/UNICLASS2 .....	17
2.11 GIS .....	19
3 Pasport .....	20
3.1 Pasport budov z hlediska stavebního .....	20
3.2 Pasportizace z pohledu památkové péče .....	20
3.3 Využití BIM v inventarizaci architektonického prvku z pohledu památkové péče .....	20
3.4 Požadavky na pasport z hlediska investora .....	22
3.5 Obecné rozdělení modelů: .....	23
4 Základní dokumenty a profese v BIM procesu .....	24
4.1 BIM koordinátor .....	24
4.2 BIM Execution plan (BEP) .....	24
4.3 LOD matice (Level of Development Matrix) .....	25
5 Procesní schéma .....	27
5.1 Podklady .....	27
5.1.1 Prostorová data .....	27
5.1.2 Atributová data .....	28
5.2 Připojené informace .....	30
5.2.1 Stavebně-historický průzkum .....	30
5.3 Výstupy .....	35
6 Zásady tvorby HBIM modelu .....	36
6.1 Obecné požadavky .....	37
6.2 Zásady modelování .....	38



7	Tvorba modelu hradu Helfenburk.....	43
7.1	Historie hradu .....	43
7.2	Celkový popis stavby .....	44
7.3	Nástroje pro tvorbu HBIM modelu .....	45
7.4	Zpracování mračna bodů.....	46
7.5	Označování místa hloubkového SHP .....	48
7.6	Tvorba rodin .....	50
8	Závěr .....	51
8.1	Vyhodnocení jednotlivých cílů .....	51
8.2	Diskuze a shrnutí .....	53
9	Seznam obrázků .....	54
10	Seznam tabulek .....	55
11	Seznam použité literatury.....	56
	Příloha 1 – Procesní schéma .....	58





## Seznam použitých symbolů a zkratek:

Zkratka	Vysvětlení
<b>BEP</b>	<i>BIM Execution Plan</i> , výkonný plán BIM
<b>BIM</b>	<i>Building Information Modeling</i> , informační modelování budov
<b>BREAM</b>	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i> , systém certifikace budov využívaný v Británii.
<b>CAD</b>	<i>Computer-Aided Design</i> , počítačem podporované projektování/kreslení
<b>CastIS</b>	databázová evidence správy mobiliárních fondů památkových objektů
<b>EPS</b>	elektrická požární signalizace
<b>FM</b>	<i>Facility management</i> , správa nemovitosti
<b>GIS</b>	<i>Geographic information system</i> , Geografický informační systém
<b>HBIM</b>	<i>Historical Building Information Modeling</i> , informační modelování historických budov
<b>ifc</b>	<i>Industry Foundation Classes</i> , výměnný formát BIM modelování
<b>LEED</b>	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> , systém certifikace budov s ohledem na udržitelnou výstavbu budov, úsporu vody a energie vytvořený v USA.
<b>PDI</b>	průzkum, dokumentace a inventarizace
<b>SHP</b>	stavebně-historický průzkum
<b>SHZ</b>	stabilní hasicí zařízení
<b>TZB</b>	technické zařízení budov



## 1 Úvod

Implementace informačního modelování je dnes aktuálním tématem, které se dotkne každého, kdo se zabývá oborem stavebnictví. Protože nelze najít a určit, co je správně a jak by se mělo postupovat při tvorbě BIM modelu, je snaha tento postup zachytit a popsat. Tato práce se zabývá částí problematiky BIM a to tvorbou pasportu historické budovy. V současné době využití BIM modelu ČR obvykle končí zhotovením projektové dokumentace, ale je to jen cca 5 - 10% z hlediska nákladů vztažených na celý životní cyklus stavby [1]. Z tohoto stanoviska by se dalo vyvodit, že má smysl dodatečně BIM model vytvořit a využívat. Pro BIM model historické budovy se používá zkratka HBIM (*Historical Building Information Modeling*), která v práci bude také využita.

### 1.1 Cíle práce

Práce se zabývá rozбором problematiky pasportizace historických budov. Pro splnění tohoto cíle je nutné postupovat po jednotlivých krocích. Nutností je definovat konkrétnější cíle, které povedou k celkovému rozboru problematiky. Naplnění jednotlivých cílů bude poté zhodnoceno v kapitole 8. Cíle jsou vypsány v pořadí, ve kterém budou naplněny.

- 1) Popsat postup pasportizace budov z hlediska stavebního a památkového.
- 2) Vytvořit procesní schéma tvorby HBIM modelu.
- 3) Zohlednit následné využití modelu a počáteční informace.
- 4) Definovat základní metody pro modelování
- 5) Vytvořené schéma aplikovat a ověřit na reálných datech.



## 2 Základní pojmy

Tato kapitola se zabývá ukotvením základních pojmů, které jsou nezbytné pro tvorbu HBIM modelu. Jsou zde rozebrány jednotlivé termíny z oboru památkové péče. Kapitola se také zabývá problematikou získávání informací o historických budovách a samotné pasportizaci.

### 2.1 BIM

Zkratka BIM (*Building Information Modeling*) je u nás překládána jako informační modelování budov.

*„Informační modelování budovy (Building Information Modeling, zkráceně BIM) je proces vytváření a správy dat o budově během jejího životního cyklu.“ [2]*

*„Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition.“ [3]*

*„Building Information Modeling (BIM) is an intelligent 3D model-based process that equips architecture, engineering, and construction professionals with the insight and tools to more efficiently plan, design, construct, and manage buildings and infrastructure.“ [4]*

Informační model lze vytvořit jak k celé budově, tak i k jejím jednotlivým částem. Například lze vytvořit informační model pouze rozvodu TZB, či významné historické části budovy - například lustru nebo schodiště. Informačním modelem lze označit i model určitého postupu při životním cyklu budovy. Velkou výhodou modelování je jeho možnost návaznosti na další odvětví životního cyklu budov, jako je správa budovy či budoucí rekonstrukce a demolice.



## 2.2 3D model a BIM model

Je důležité rozlišit mezi 3D modelem a BIM modelem. BIM je databáze informací, kterou lze snadno číst, měnit a využívat v dalších programech. K tomu nám slouží například výměnný formát *ifc* (*Industry Foundation Classes*). Oproti tomu 3D model si můžeme představit jako soubor zobrazující pouze geometrii. To je sice nepostradatelná část dnešní podoby BIM modelu, ale nelze ho samotný jako BIM označovat.

## 2.3 HBIM

*Historical Building Information Modeling* neboli *informační modelování historických budov* je tvorba dokumentace, kde parametrické objekty reprezentují jednotlivé elementy budovy. Ty jsou vytvořeny z dochovaných podkladů nebo například mračen bodů [5]

HBIM model je vytvářen za několika účely:

- Získání aktuálního stavu budovy či její části
- Získání podkladů pro rekonstrukci – možnost snadného posouzení a případného získání známky LEED/BREAM
- Zachování informací o geometrii konstrukce pro budoucí využití
- Restaurace již zaniklých částí konstrukce [6]

Jednotlivé HBIM modely stavebních konstrukcí obsahují informace o zařazení jednotlivých částí budovy do období vzniku a o jeho následných změnách v průběhu životnosti stavby. Rozdíl oproti klasickému BIM modelu je i v detailnosti určitých částí budovy. Ta je definována dle požadavků památkové péče či významnosti prvku. V případě nutnosti vysokého detailu je vhodné model budovy rozdělit na několik částí. Část modelu s vysokými požadavky na detailnost vymodelovat jako samostatný model. Tento samostatný model může být v hlavním modelu zobrazen schematicky. Pro přehlednost a získání představy o velikosti je vhodným řešením opsaný objem samostatného modelu. Tento způsob nám umožní i rychlejší a jednodušší práci při dalším využití, např. při následné rekonstrukci části budovy zachycené ve vedlejším modelu.



## 2.4 Památka a péče státu o kulturní památky

Pro zohlednění požadavků péče státu o památky je nutné nejprve definovat co je památka. Vysvětlení pojmů může být několik.

*„V nejstarším a nejpůvodnějším smyslu považujeme za památku dílo lidské ruky, které bylo vytvořeno s cílem zachovat ve vědomí dalších generací stále živé a přítomné jednotlivé lidské skutky či osudy.“ [7]*

Památkou můžeme nazvat díla hudební, písemná nebo výtvarná. Tyto objekty mohou definovat budovu jako historickou. Dále se musí rozeznat mezi památkou záměrnou a nezáměrnou. Nezáměrná památka je nazývána památkou historickou s určitou historickou hodnotou. Ta nám podává informace o hodnotě památky vztažené na čas či období. [7] V knize Aloise Riegla je napsáno: *„Historickým nazýváme vše, co jednou bylo a dnes již není.“ [7]*

V ČR jsou základní požadavky a informace o památkové péči definovány v předpisu č. 20/1987 Sb. Zákon České národní rady o státní památkové péči.

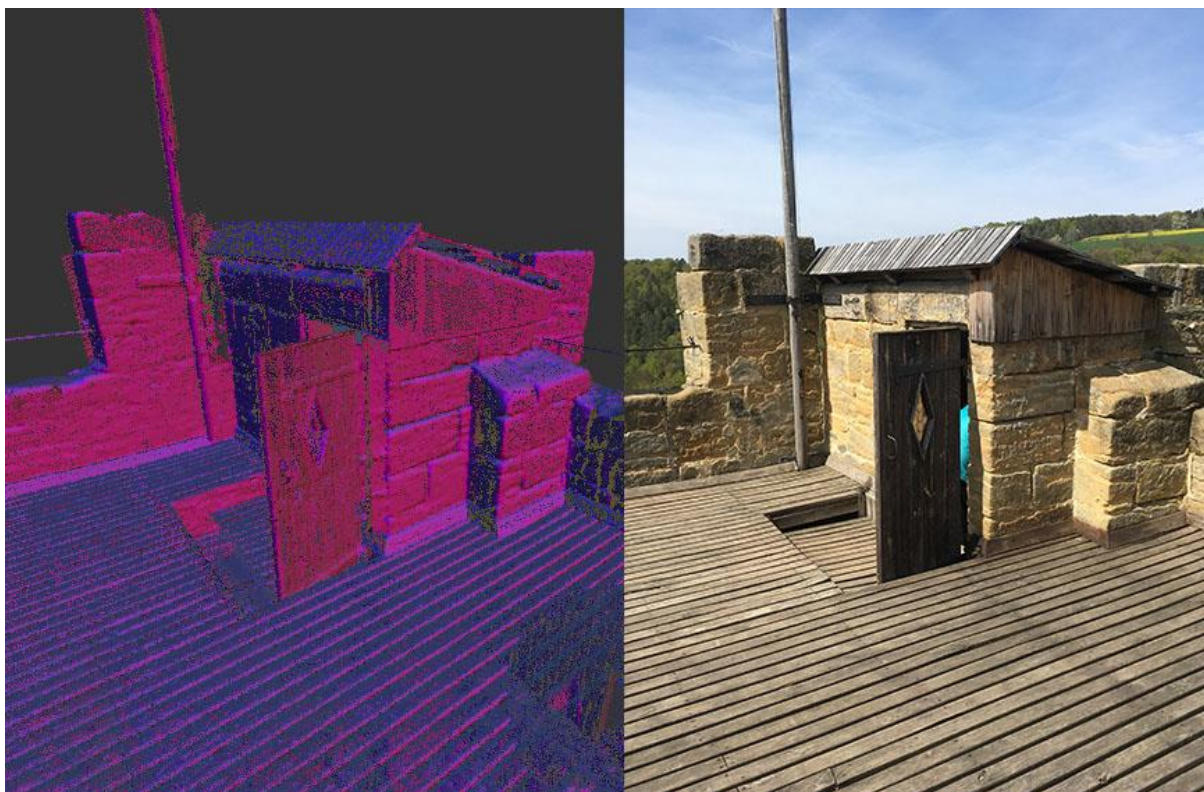
## 2.5 Historická budova

Termín *historická budova* v oboru HBIM je nutno definovat jinak, než je obvyklé. Obecně lze říci, že jako historické můžeme označit objekty staré 80 – 100 let. Budovy, které jsou zahrnuty do programu památkové péče nebo hrály v našich dějinách významnou roli, mohou být také nazývány jako historické. Z pohledu HBIM bychom mohli nazvat historickou budovou objekt, který se skládá z prvků již nepoužívaných (zastaralých) nebo prvků speciálních z hlediska využití budovy. Příkladem speciálních řešení může být starý mlýn nebo hamr. Konstrukční řešení těchto budov bylo individuálně navrženo a zhotoveno podle umístění stavby. Pro získání geometrických vlastností historických budov je nutné zvolit některou z níže popsaných metod v procesním schématu.



## 2.6 Laserové skenování

Je proces, při kterém pomocí určování prostorových souřadnic získáme přesné informace o skenovaném objektu. Jednotlivé body s sebou nesou informace založené většinou na principu prostorové polární metody. Tedy každý bod je určen šikmou délkou, vodorovným úhlem, úhlem zenitovým a může nést i hodnotu barevného odstínu. Výsledkem je mračno bodů. To může obsahovat až miliony bodů. Dnešní laser skenery umožní měření až milionu bodů za sekundu. Z toho vyplývá, že měření laser skenerem je velmi rychlé a dosahuje se i vysokých přesností dle druhu skenerů a vzdálenosti skeneru od měřených objektů. Přesnost se může pohybovat od 0,01 až po 100 mm. Přesnost skenování se také odvíjí od měřených povrchů, geometrie nebo počasí. [8] Zde se nabízí zajímavé srovnání rychlosti laser skeneru oproti fotoaparátu. Fotoaparátem lze zachytit cca 12 mil. bodů (pixelů) za sekundu oproti skeneru s jedním milionem bodů. Samozřejmě je třeba brát v potaz informační hodnotu jednotlivých bodů a jejich využití viz Obrázek 1. Samotné skenery mohou mít buď sami možnost fotografovat měřenou oblast, anebo být propojeny s fotoaparátem, který jednotlivým bodům přiřazuje barevný odstín. Tím lze i samotným skenováním získat esteticky zajímavý model.



Obrázek 1 - Porovnání fotografie a laser skenu, zdroj: autor, s využitím poskytnutého mračna





## 2.7 Využití laserového skenování

Laserové skenování bylo dříve používáno pro zachycení stavu ropných plošin v USA. Později se rozšířilo do mnoha odvětví. Našlo i uplatnění v oborech jako je kriminalistika či zjišťování kubatur určitých zemních těles. V pasportizaci historických budov můžeme laser skener využít pro detailní zachycení skutečného stavu budovy. Jednotlivá naměřená mračna se poté nejprve zaregistrují – to je spojení jednotlivých měření v jedno mračno naskenovaného celku budovy. Pomocí vhodného programu se body transformují na objekty, které lze využít při tvorbě HBIM modelu. Mračno se ale musí aproximovat dle požadavků na model. Tu nám určuje předem smluvně zvolená LOD úroveň.

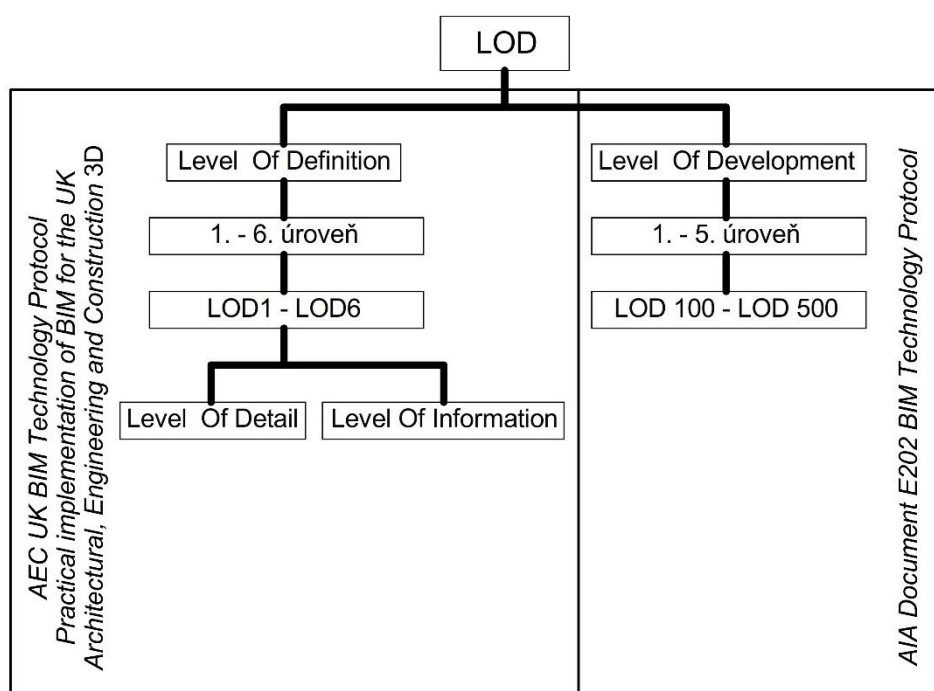
Nevýhodou samotného skenování jsou jeho vysoké pořizovací náklady. Oproti tomu získáme velmi přesnou představu o geometrických vlastnostech skenovaného místa. Cenou za přesnost je ale jeho hardwarová náročnost. Vzhledem k rychlému vývoji technologií a rozšiřujícím se oborům v oblasti využití skenování je to určitě metoda, která bude využívána častěji ve stavebnictví než nyní. Ideálním cílem využití skenování je nejen pasportizace, ale i dokumentace skutečného provedení. Zde se již nyní v zahraničí skenování používá.

## 2.8 LOD

LOD parametr je úroveň informačního modelu nebo jeho části z hlediska grafického i informačního tzv. *Informational richness*. *Level of Development* (LOD parametr) se vyskytuje v normě pro USA. *AIA Document E202 BIM Technology Protocol* rozděluje LOD parametr do pěti úrovní. Každá úroveň je určena množstvím informací, které obsahuje. Britská norma *AEC UK BIM Technology Protocol - Practical implementation of BIM for the UK Architectural, Engineering and Construction* oproti tomu nazývá LOD parametr jako *Level of Definition* a dělí ho do šesti úrovní. Samotný LOD parametr se poté skládá ze dvou částí *Level of Detail (LOD)* a *Level of Informations (LOI)*. Tyto hodnoty se definují před počátkem tvorby informačního modelu a je možné je kombinovat. Všeobecně v ČR není dokument, který by řešil úroveň detailu informačního modelu v jednotlivých fázích projektu. Dá se říci, že úroveň detailu neboli LOD parametr lze určit na základě využití modelu. [9] [10]



Dle AIA je nejbližší dokumentaci pro stavební povolení LOD 200. Využívá se ale také meziúrovni např. LOD 250. Využívání meziúrovní je v ČR vhodné, protože jednotlivé úrovně u nás přesně neodpovídají stupňům dokumentace. To je také důvodem, proč je nezbytné definovat standardy pro ČR, případně je zahrnout do Eurokódů.



Obrázek 2 - Schéma LOD, zdroj: autor s využitím [10] a [9]

Problém nastává, pokud potřebujeme získat model o vysoké úrovni LOD z důvodu např. realizace projektu a poté ten samý model chceme využít ve správě budovy. Správa budovy obecně nepotřebuje náročné grafické zobrazení. O to větší důraz je kladen na ostatní identifikační data jednotlivých objektů (LOI parametr). Pro využívání HBIM pasportu je proto vhodná varianta hlavního modelu s nižším LOD parametrem a případné detailní soubory řešit formou připojených modelů. V podstatě se jedná o zastoupení prvku opsaným objemem s odkazem na podrobný model.

## 2.9 Inventarizace a číselníky

Při tvorbě pasportu z hlediska památkové péče je nutné budovu vhodně rozdělit. Toto dělení může buď respektovat historické značení, nebo může být navázáno na již zavedený systém, který je nyní využíván. Historické značení mohou zastupovat výrazy





využívané v lidové slovesnosti. Takovým příkladem může být například část hradu, které se říká *Černá věž* nebo *Červená vila*. Tyto názvy většinou vychází podle vzhledu nebo účelu budovy. Například *Černá věž* mohla obsahovat černou kuchyni, *Červená vila* zase mohla získat svůj název od barvy fasády. Tyto skutečnosti již nemusí platit, ale název stále setrvává. Toto lze využít u prostorů, které nejsou aktivně obývány nebo nevyžadují správu budovy, kde je nutné další rozdělení. Případně je možné použít zkratk, které budou následně využity ve výkazech. Stejně tak by mělo být dbáno na rozdělení místností. Z památkového hlediska je vhodné rozdělit místnosti bez ohledu na moderní příčky, které byly dostavěny později. Ty označit číslem za lomítkem. Poté by označení aktuální místnosti mohlo vypadat například: 2.02/03. [11]

Není nutné se tímto pravidlem ve všech případech řídit. Každé rozdělení by mělo navazovat na již zaběhlý druh inventarizace a využívat stávajících číselníků zaběhlých ve FM. Označování dle památkové péče by mohlo být jako další informace, kterou si např. místnost ponese. U nás se využívá např. *TSKP* (Třídník stavebních konstrukcí a prací) nebo *JKSO* (Klasifikace stavebních objektů).

## 2.10 OMNICLASS/UNICLASS2

Světově jsou nejpoužívanější číselníky *OMNICLASS* a *UNICLASS* popř. *UNICLASS2*. *UNICLASS2* je aktualizovaná verze *UNICLASS*, která více vyhovuje využití v BIM modelování. Je rozdělená do jednotlivých tříd:

- Co - Complexes
- En - Entities
- Ac - Activities
- Sp - Spaces
- EF - Entities by Form
- Ee - Elements
- Ss - Systems
- Pr - Products
- Zz - CAD
- PP - Project Phases [12]



Oproti tomu *OMNICLASS* je využíván v USA. Tento číselník také nabízí sám software Autodesk Revit, ve kterém bude praktická část BP zpracována. Rozřazování jednotlivých elementů je klíčové pro další využití modelu ve správě, případně v oceňování. Proto je jedním z klíčových parametrů při tvorbě modelu. Z tohoto důvodu je nezbytné při určitých změnách či neshodách zařazování elementů vždy informovat BIM koordinátora více viz kapitola 4.1.

Jednotlivé třídy *OMNICLASS*:

- Introduction - OmniClass Introduction
- Table 11 - Construction Entities by Function
- Table 12 - Construction Entities by Form
- Table 13 - Spaces by Function
- Table 14 - Spaces by Form
- Table 21 - Elements

(includes Designed Elements)

- Table 22 - Work Results
- Table 22 - Work Results
- Table 23 - Products
- Table 31 - Phases
- Table 32 - Services
- Table 33 - Disciplines
- Table 34 - Organizational
- Table 35 - Tools
- Table 36 - Information
- Table 41 - Materials
- Table 49 – Properties

Příklad UNICLASS2:

Ac\_15\_50\_25

Příklad *OMNICLASS*:

08-10-00 Doors and frames



## 2.11 GIS

Každý nemovitý objekt je spojen se zemským povrchem, a proto musí být zaznamenán v nějakém geografickém systému. U nás se využívá geografický informační systém (GIS).

GIS je využíván pro zobrazování, ukládání dat a jejich další zpracování v jednotlivých studiích a analýzách vztažených na určité území. [13] Je založen na práci s prostorovými daty. Data obecně můžeme rozdělit na atributová a prostorová. Atributová data lze označit jako popisná. Řadí se sem vlastnosti objektu, typ povrchu, teplota, rok pořízení, materiál. Oproti tomu jsou prostorová data jako tvar, pozice a napojení na další objekty. [14] Informační systémy lze propojit s dalšími systémy jako je CAD i BIM nebo HBIM.

Geografické informační systémy lze dělit na vektorová a rastrová. Vektorová se skládají z bodů, linií a polygonů. Ty se rozdělují do vrstev dle souvislostí (lesy, budovy). Rastrový formát dat je složen z pixelů. Ten může nést informaci o budově či jiném prvku anebo může obsahovat informace o více prvcích. „*Například ortofoto pořízené z leteckého snímkování může mít pixelovou velikost 10 cm (objekt o velikosti 10x10 cm zabírá v rastru právě jeden pixel).*“ [14]

Vzájemné propojení BIM modelu a GIS systému by usnadnilo následné analýzy. Při změnách v jednotlivých systémech (GIS a BIM) je nezbytné nastavit práva změn. Zde by ale bylo nutné dělat revize na modelu nativního formátu a *ifc* model poté aktualizovat.



## 3 Pasport

### 3.1 Pasport budov z hlediska stavebního

Na termín pasport či pasportizace se lze dívat z několika úhlů. Jednak z pohledu památkové péče a také z pohledu stavebního. Stavební pohled je definován vyhláškou č. 499 z roku 2006 a následnou úpravou, vyhláškou č. 62 z roku 2013. Dle vyhlášky jsou požadavky na výkresovou dokumentaci definovány jako: *„zjednodušené výkresy skutečného provedení stavby v rozsahu a podrobnostech odpovídajících druhu a účelu stavby s popisem způsobu užívání všech prostorů a místností.“* [15] Z toho vyplývá, že při tvorbě pasportu musíme vycházet i z požadavků na dokumentaci skutečného provedení stavby. Bohužel všechny tyto požadavky se vztahují na 2D výkresovou dokumentaci. Požadavky na HBIM model je třeba zařadit do smlouvy. Lze se odkázat například na britskou normu AEC UK a definovat již výše zmíněný parametr LOD.

### 3.2 Pasportizace z pohledu památkové péče

Oproti tomu pasportizace historických prvků z pohledu památkové péče obsahuje tři části: průzkum, dokumentaci a samotnou inventarizaci neboli pasportizaci (PDI). Lze říci, že pasportizací jednotlivých prvků lze získat znalosti o celé stavbě včetně prostorového, materiálového či technologického průzkumu. Před zahájením PDI určitého prvku je nutné definovat podrobnost, způsob průzkumu, rozsah. To může mít velký vliv jak na cenu pasportu, tak i na ocenění architektonického prvku či celé budovy. [11]

Obsah pasportu:

- Majetek - kulturní, hospodářský, nemovitý a movitý
- Lidé – vlastníci, zaměstnanci, návštěvníci

### 3.3 Využití BIM v inventarizaci architektonického prvku z pohledu památkové péče

HBIM pasportizace je ideálním řešením pro tvorbu dokumentace, protože poznávat a opravovat historické budovy je složitý problém, který vyžaduje



profesionální přístup a dostatek odborných informací. Podmínkou správné tvorby modelu je schopnost mezioborové spolupráce. Tu nám HBIM systém jednoduše umožňuje. Součástí této spolupráce bude kromě architekta, projektanta či statika také památkář a restaurátor. Samotný HBIM pasport i doporučený výstupní *ifc* formát umožňuje připojení odkazů na další soubory ostatních formátů jako *jpg*, *pdf*, či *dwg*.

Z pohledu využitelnosti informací pro FM je vhodné, aby důležité informace byli v modelu jako parametry s konkrétní hodnotou. S těmi lze následně aktivně pracovat. [16] Lze například označit místo výskytu prvku a přiřadit mu potřebné informace jako materiál či připojené schéma profilu např. římsy. Tím se nahradí detailní model konstrukce. Z důvodu nutné spolupráce jednotlivých oborů a náročnosti na návaznosti je třeba mít zvolenou pozici HBIM koordinátora.

Způsoby získání informací pro inventarizaci prvku z hlediska památkové péče a archeologie:

- Terénní výkres – základní výkres využívaný většinou archeology. Důležité pro popis informací bez ohledu na další exaktní měření
- Kresba od ruky dle předlohy – přesnější kresba obsahující většinou axonometrické pohledy.
- Ortogonální metoda – kresba podle předlohy přenosem vzdáleností na ortogonální síti
- Snímání profilace prvků – zachycení profilu nejčastěji pomocí obrysového hřebene. Důležité dbát na správné určení celé profilace po délce prvku, která se může měnit. Lze zachytit i profily degradovaných částí objektu.
- Fotodokumentace
- Fotogrametrické metody
- 3D laserové skenování a speciální druhy skenerů

Jako druhá fáze inventarizace se považuje shromáždění nasbíraných informací a následné zpracování. Mělo by se dbát na správnost a nezkreslenost jednotlivých informací. Z hlediska památkové péče je důležité srovnávat zkoumaný prvek s ostatními prvky budovy. Regionální srovnání je důležité pro technologické a výrobní prostředí jako druh a místo těžby materiálu nebo místo dílny zpracování prvku. [11]



Následné regionální zařazení nám určí i vhodné napodobení technologických postupů při následné restauraci zničených částí. Ta je obvykle pro zachování kulturního dědictví klíčová. Shromážděné a zpracované informace je nutné nakonec předat do informačního modelu anebo připojit jako 2D dokumentaci s odkazem. Přepsání informací do modelu je vhodnější. Množství informací je v podstatě neomezené. Není ale vhodné vkládat do modelu informace, které nebudou následně využívány, jen protože byly získány v SHP.

### 3.4 Požadavky na pasport z hlediska investora

HBIM pasport může být využíván mnoha způsoby. Určení přesných požadavků před započítím tvorby HBIM pasportu je rozhodující jak pro samotnou tvorbu, tak i pro cenu pasportu. Je třeba určit, jaké množství informací se bude vykazovat a nadále využívat. Obecně platí, co není nutné vykazovat, nemusí být modelováno. Dalším parametrem, který se musí definovat, je jaké přesnosti musí pasport dosáhnout. Zde se jedná hlavně o profilace sloupů, říms a ostatních architektonických prvků. Také výstupní formát by měl být kompatibilní s FM systémem, který správa využívá.

Nutným aspektem, který se musí při tvorbě pasportu historické budovy řešit, určuje do jaké míry modelovat, a kde stačí databáze uložená v externím systému jako *Cast/IS* nebo *GIS (paGIS)*. Není nutné modelovat vše, co historická budova obsahuje. Pozice obrazů či jiných sbírek je proměnlivá a mohou své pozice snadno měnit. Oproti tomu zabudovaná umělecká díla ve stavební konstrukci, která dokáží měnit povahu konstrukce, by určitě modelována být měla. Takovým prvkem může být například socha podepírající vykonzolovanou část stavby.

Dalšími konstrukcemi, které je potřeba vyhodnotit dle individuálního zadání zda modelovat či ne, jsou terénní úpravy, případně objekty situované na zahradě. V případě rekonstrukce je vhodné celý okolní terén modelovat. Historické objekty jako zámky mají většinou bohaté zahrady obklopující celý objekt. Ty obsahují chráněné rostliny či malé nemovité objekty, které je nutno zachovat. Model terénu je vhodný pro zařízení staveniště a zjištění kolizí při výstavbě budovy.



### 3.5 Obecné rozdělení modelů:

- Model určený k rekonstrukci

Obsahuje u historické budovy větší množství detailů a je nutné rozdělení konstrukcí dle období vzniku a památkové péče. Model by měl obsahovat informace o pevnostech jednotlivých konstrukcí. Důležitým aspektem u historické budovy je i metodika vytvoření jednotlivých prvků. Kvůli jejímu obnovení či restaurování. Jako příklad mohou být římsy. Zde je třeba rozeznat a zohlednit v modelu buď ve skladbě, nebo v identifikačních datech, zda byla římsa sádrová a přilepena jako prefabrikát anebo byla vytvořena na místě.

- Model pro facility management.

Nutná přesná definice třídníků. Určený rozsah konstrukcí, které budou využity v FM. Menší požadavky na detailnost konstrukce. Snadná evidence revizních termínů například systému EPS či SHZ.

- Komerční model

Model vhodný pro prezentaci historického objektu. Model může obsahovat přidané popisné informace např. odkazy na externí reference o objektu a jejich bývalých uživatelích. Tento model může být také využíván pro další účely. Vhodným způsobem je využití u koncertních sálů. Zde by bylo možné využít 3D model koncertního sálu pro návrh ozvučení případné posouzení akustických vlastností. Tento model by mohl být využíván také pro návrh scény.



## 4 Základní dokumenty a profese v BIM procesu

Tvorba správného HBIM modelu je náročnou činností. Proto je nutné mít vyhotovený plán, podle kterého se bude postupovat. Proces informačního modelování také určuje nové profese. Jejich přesné definice se mohou lišit dle využitých norem.

### 4.1 BIM koordinátor

Post koordinátora BIM je nepostradatelnou součástí správné tvorby a funkčnosti informačního modelu. Jsou na něho kladeny vysoké nároky na kvalitu. Pro tuto profesi je nutná znalost procesu BIM modelování. Musí být důkladně seznámen s následným využitím modelu a na jaké systémy bude model navázán. Dle toho musí být vymyšlen postup prací a druh nativního softwaru. Koordinátor by se měl držet BEP (*BIM Execution Plan*) a případné změny zohledňovat v plánu.

Mezi jeho hlavní úkoly patří:

- Zajistit správnou kooperaci jednotlivých profesí
- Definovat práva na práci s modelem
- Udržet ucelenost modelu při postupném navyšování informační hodnoty
- Zajišťovat aktuálnost informací
- Dohlédnout na správné označování jednotlivých konstrukcí dle předem smluvně zadaných podmínek
- Určuje dělení modelu na části dle zkušeností a vhodnosti (samotné rozdělení by mělo brát ohled na postup výstavby či rekonstrukce) [16]

HBIM koordinátor musí kromě znalostí o základních profesích jako BIM koordinátor mít znalosti v oboru památkové péče a historického průzkumů. Stejný rozdíl bude uplatněn i v BEP plánu.

### 4.2 BIM Execution plan (BEP)

Termín BEP lze překládat jako výkonný plán BIM. Je to základní osnova pro tvorbu BIM modelu. Jednotlivé požadavky na BEP plán se liší dle použitých norem. Tyto normy dále určují, kdo je zodpovědný za tvorbu plánu a za jeho dodržování. BIM





Execution Plan je definován například v britské normě AEC (UK) BIM Protocol Project BIM Execution Plan.

Požadavky na BEP:

- Vytyčení cílů zúčastněných stran (pro rekonstrukci např. zohlednit požadavky jednotlivých subdodavatelů při rekonstrukci.)
- Zohlednit budoucí využití modelu
- BEP se může měnit s postupem tvorby modelu. Nutné zachycení změn v samotném BEP odpovědnou osobou (BIM koordinátor)
- Definovat LOD matici.
- Určit KPI - klíčové ukazatele výkonnosti (*Key Performance Indicators*) - umožňují nám orientaci v čase a požadované kvalitativní nároky na jednotlivé části tvorby modelu.
- Určit standard modelování, vlastnosti materiálů
- Definovat výstupní formáty pro jednotlivé části modelu.
- Určit termíny kontrolních setkání - dle povahy stavby
- Stanovit základní jednotky při tvorbě modelu [17]

### 4.3 LOD matice (Level of Development Matrix)

Matice se vytváří pro přesnější specifikaci tvorby jednotlivých částí modelu. Určuje hranice mezi profesemi a další požadavky:

- Kdo bude modelovat určitý element
- Kdy bude daná část modelována
- Jaké výše LOD parametru bude dosahovat

Tabulka 1 - Příklad LOD matice, zdroj: autor

Kategorie	Projektová část		Realizační část		FM část	
	LOD	Zodpovědnost	LOD	Zodpovědnost	LOD	Zodpovědnost
Stěny	200	Architekt	300	Zhotovitel	300	Architekt
Okna	250	Architekt	350	Zhotovitel	400	Architekt



Rozhodující hranice mezi profesemi je např. jasně viditelná u architekta a statika. Není možné připustit, aby architekt mohl samovolně bez získání oprávnění nebo podání požadavku svévolně měnit rozměry nosných konstrukcí nebo jejich polohu.



## 5 Procesní schéma

Na základě výše pospaných skutečností lze sestavit obecné schéma viz Obrázek 4, které následně bude aplikováno na tvorbu HBIM modelu hradu Helfenburk. Je nutné si uvědomit, že toto schéma je zobecněno, aby odpovídalo více druhům budov. I přes to každá budova je vždy specifická. Klade jiné nároky na následné využití a také jiný přístup při tvorbě modelu. Podrobné schéma je součástí Přílohy 1.

Schéma je rozděleno na tři základní části – podklady, připojené informace a výstupy.

### 5.1 Podklady

Podklady jsou dále rozděleny na prostorová a atributová data.

#### 5.1.1 Prostorová data

Prostorová data nám podávají informace hlavně o geometrických vlastnostech objektu, popř. informace o vlastnických právech nemovitého majetku. Zajímavým aspektem je i získání informací o změnách okolí stavby a i o vlastnických změnách v čase.

- Mapy - jsou nedílnou součástí každého projektu. Slouží k získávání informací o okolí stavby a jeho zasazení do terénu. Základním mapovým podkladem každého projektu je mapa katastrální. Jedná se o veřejně přístupnou databázi, založenou na systému GIS. Získáváme zde údaje o vlastnických právech, rozměrech parcely nebo umístění stavby. Důležitým aspektem z hlediska historických budov jsou data s názvem *Způsob ochrany nemovitosti*. Ty obsahují informace o zápisu parcely do památkové rezervace.

Druhou skupinou mapových podkladů mohou být mapy historické, zobrazující vývoj území. Zde je také možné získat potřebné informace pro následnou restaurátorskou činnost. Lze zde vyčíst například místa již zaniklých lokálních lomů či malých dolů. Ty jsou rovněž volně dostupné na stránkách katastru ČR.



Poslední skupinou jsou mapy vytvořené moderními způsoby jako ortofoto podklady nebo mapy založené na leteckém laserovém skenování. Pomocí nich a rozdílné odrazivosti laserového skenování lze získat přesné informace o vodních tocích a cestách uvnitř lesů.

- GNSS - Globální družicový polohový systém, pomocí kterého lze určovat polohu po celém světě vztaženou k určitému souřadnicovému systému. Lze tedy s velkou přesností získat polohopisná data a i data výšková, která lze následně využít při tvorbě modelu. Tím lze zpřesňovat již stávající dokumentaci nebo ověřovat historické hodnoty měřené jinými metodami.
- Zaměrování - lze rozdělit ještě do dalších podskupin jako je 2D a 3D zaměření. Mezi 2D patří například laserové dálkoměry či zeměměřičský nivelační přístroj. Ten lze použít pro zaměření výškopisu.

Do této skupiny patří také laserové skenování, které je využité jako podklad pro tvorbu modelu níže.

### 5.1.2 Atributová data

Atributová data nám podávají obecné informace např. množství. Zde také můžeme najít historické výkresy, zápisy z kronik o době vzniku a změnách stavby. Důležitou položkou jsou i dobové fotografie při restaurátorské činnosti.

- Plány - zde jsou zařazeny historické nákresy budovy, pokud se dochovaly. Jsou důležitým zdrojem pro úpravu objektu nebo její části do původního stavu. Lze z nich získat představu o již zaniklých částech budovy a způsobu jejich vytvoření.
- Projekty - neboli stávající pasporty či projektové dokumentace, pokud se dochovaly nebo byly vytvořeny.
- Spisy - kroniky a další zápisy. Dříve sloužili i k zápisu jednotlivých vybavení průmyslových či zemědělských staveb. Příkladem může být mlýn a zápis



v kronice či ve Vodní knize. Zde bylo zapsáno, jaké bylo využíváno mlýnské složení, druh vodního pohonu - turbína, mlýnské kolo na horní či například spodní vodu.

Rost- Zahl  Číslo položky	Bezeichnung des Ortes, Gewässers, des Besitzers, der Wassergenossenschaft, der Wasserkarte  Poznamenání osady, vody, držitele, společenstva vodního, mapy vodopisné	Wasserbenützung und bezügliche Anlagen  Užívání vody a zařízení k tomu čelící
1.	2.	3.
<p>115.</p> <p>115</p> <p>115</p> <p>115</p>	<p>V Čechovicích na Lerrně s bém potůčkem mlýn čís. p. 108. Karel Šindler ka.</p> <p>Sud XXXV Sud CCIX.</p> <p>Mlýn František Šindelář. Jedle formální ustanov. ze dne 4/4 1923 jest nyní obživlen Va- clav Šindelář (21.9.29/24).</p> <p>Kat. obec Čechovice, potok Čechovický mlýn čp. 108, majitel Václav Šindelář.</p>	<p>Mlýn stojí na potočku Lerrně a používá vody z levostranného ku hraně jeho sluje.</p> <p>Solnice jest veřejný, a právo vodní patří majiteli.</p> <p>Mlýn leží na levém břehu potočka Čechovického a poháněn jest vodou z potůčku Čechovického, mále kaje, ho ad. Malé. Pásky Bez protičelce, uad. rubinová, jest, rubinová čís. kat. 1945, 20. Slučho voda, vyposílá se stavítkem 68cm širokým do kamenného žlabu 41cm širokého, 20cm hlubokého a 50cm dlouhého a dále, teče přes výšku 20cm 43cm dlouhým, 43cm širokým a 20cm</p>

Obrázek 3 - Zápis ve Vodní knize - Šindelářův mlýn, zdroj: autor

- Obrazové dokumenty - jsou děleny na dva druhy – historické a pro zachycení aktuálního stavu.

Historické mohou sloužit pro restaurování či získání základní představy o původním stavu. Oproti tomu fotodokumentace pro zachycení aktuálního stavu nám pomůže při tvorbě modelu a může také doplnit samotnou pasportizaci pro lepší představu.



## 5.2 Připojené informace

Zde jsou zastoupeny hlavně elektronická data v podobě souborů, které budou buď přímo vloženy do modelu, anebo připojeny jako externí reference. Mnoho z těchto informací bude přidáváno i v jiných programech jako například ceny jednotlivých částí budovy. Také je zde zařazen stavebně historický průzkum. Ten by mohl být zastoupen i v první kategorii.

### 5.2.1 Stavebně-historický průzkum

- Nedestruktivní - je označován jako standardní stavebně-historický průzkum (SHP). Vychází z postupů Státního ústavu památkových měst a objektů Praha (SÚPRMO). [18] Výsledek SHP je podklad pro potřeby památkové péče. Ten je ale nezbytné využívat ve stavebnictví. Na základě SHP se liší i chování k objektu při rekonstrukci. Je rozhodujícím faktorem při výběru materiálů, způsobu práce či rozsahu prací.

Skladba standardního SHP

TEXTOVÁ ČÁST:

1. Titulní list
2. Anotace
3. Úvod
4. Dějiny objektu - historická rešerše
5. Prameny, plány, ikonografie, edice pramenů, literatura
6. Rozbor objektu
7. Stavební historie
8. Hodnocení objektu
9. Hodnotné detaily a jejich soubory
10. Závady
11. Náměty
12. Seznam obrazové a plánové přílohy



Textová část je velmi důležitým podkladem pro posouzení objektu. Autor SHP by po prozkoumání objektu měl mít natolik erudované znalosti, že jeho textová část bude sloužit jako hlavní dokument pro rozhodnutí památkové péče. Je nutné zde zaujmout jednoznačný postoj. Autor by si zde měl uvědomit i důsledky jeho posouzení a ty zde zdůvodnit. [18]

#### **OBRAZOVÁ A PLÁNOVÁ PŘÍLOHA:**

##### **1. Dokumentace dokládající historický vývoj objektu**

**A) Mapa stabilního katastru (příslušný výřez)**

**B) Reprodukce historických plánů a map**

**C) Historická ikonografie**

##### **2. Dokumentace současného stavu**

**A) Situace objektu ve vztahu k okolí**

**B) Nárys průčelí objektu (Doporučeno)**

**C) Kresebná a pracovní fotografická dokumentace**

##### **3. Srovnávací materiál (Doporučeno)**

##### **4. Grafické vyhodnocení SHP**

**A) Stavební vývoj**

**B) Hodnocení objektu**

**C) Půdorysy s doplňujícími informacemi (Doporučeno)**

**Samostatná příloha (rozšiřující elaborát SHP):**

##### **5. Profesionální fotografická dokumentace současného stavu**

Nejdůležitějším bodem z hlediska HBIM pasportizace je bod 4. A - Stavební vývoj.

*„Plány stavebního vývoje zobrazují slohové zařazení a dataci jednotlivých částí zkoumaného objektu. V legendě uvedené popisy mohou určit dle stupně dosaženého poznání základní zařazení („baroko“), přesnější určení („rané baroko“), přibližnou dataci („před rokem 1670“, „mezi lety 1650–1670“), v případě dostatečných informací i přesné autorské určení a doba stavby („Carlo Lurago, 1662–1663“). V poznámce u legendy je možný i určitý podrobnější výklad (případně odkaz na textovou část SHP).“ [18]*





V případě informačního modelování budou informace z legendy vepsány do *ifc* parametrů jednotlivých konstrukcí pod parametry *IfcWall*. Z toho vyplývá, že je nutné modelovat jednotlivé stěny jako samostatné objekty dle vývoje. Pro přehlednost je dobré stěny i rozlišovat barevně a to jak v řezu, tak v pohledu. Rozložení barev je vhodné zvolit dle zavedeného systému používaného v SÚRPMO.

románský sloh – černá

gotika – červená

renesance – modrá

baroko – hnědá

klasicismus a empír – zelená

období historizujících slohů – oranžová

architektura 20. stol. – žlutá

architektura 21. stol. – bílá

Každá stěna nemusí mít jasný původ. U SHP je nutné se opírat o fakta a snažit se spekulovat co nejméně. Při vyšší míře hypotézy je vhodné zvolit světlejší odstín předpokládaného zařazení. Je však nutné si uvědomit, že více jak tři druhy odstínu jedné barvy se těžko rozeznávají. Dalším případem může být i povrchová úprava s velkou významností (freska, štukatérské práce) vytvořena v jiném období než nosná konstrukce. V takovém případě má přednost v označení nosná konstrukce. U HBIM modelů je možné materiál povrchové úpravy popsat v identifikačních datech stěny a tím usnadnit značení. [18] Pokud je to nezbytné je možné části modelovat odděleně.

- Destruktivní - se dále dělí na průzkum hloubkový (sondažní) a speciální. Destruktivní SHP hloubkový je prováděn u výtvarně složitých celků, kde je žádoucí prohloubení poznatků získaných povrchovým průzkumem. Jedná se o odkrytí spodních vrstev omítek, maleb nebo získání informací o způsobu tvorby jednotlivých prvků. Tyto procesy vyžadují velkou znalost dobových technologických postupů i fyzikálních a chemických vlastností zkoumaného





materiálu. [19] Tento průzkum je vhodné kombinovat s průzkumy pro statické účely.

Destruktivní SHP speciální lze označit jako průzkum restaurátorský či dendrochronologický. Z těchto průzkumů získáváme informace o stáří objektu, které jsou klíčové při tvorbě modelu a dělení jednotlivých stěn

Tabulka 2 - Metody zkoumání stáří objektů, zdroj: [16]

Název metody	Zkoumaný materiál	Doporučené stáří zk. prvku	Způsob určení
Dendrochronologický průzkum	Dřevo a dřevěné konstrukce	Min. staří 60 – 80 let	Počet a šířka letokruhů dle oblastí výskytu
Radiouhlíkové datování	Prvky organického původu např. kosti	Optimálně 1000 - 50000 let	Zkoumání radioaktivního uhlíku
Termoluminiscence - TL datování	Cihly, keramika, pálený jíl	Optimálně 100 - 10000 let	Uvolňování energie při jejich ohřevu

- Ochranná a bezpečnostní pásma - informační modelování umožňuje rozdělovat projekt na části a plochy. Toho lze využít např. při rozdělování budovy do požárních pásem a ty následně využít v FM, bez dalšího rozdělování.
- Cenové informace - správné zařazení cenových informací je závislé už na tvorbě modelu a správném využití jednotlivých prvků a jejich zatřídování. Jednotlivé prvky modelů jako je stěna musí být například pod parametrem *IfcWall*. Takto správně vyhotovený model je zásadní pro přiřazování cenových informací.

Na cenové informace se lze dívat ještě jiným pohledem a to překlopením cen z SHP. Tento způsob může být využit, jen pokud jsou v objektu zabudovány nějaké cenné předměty.



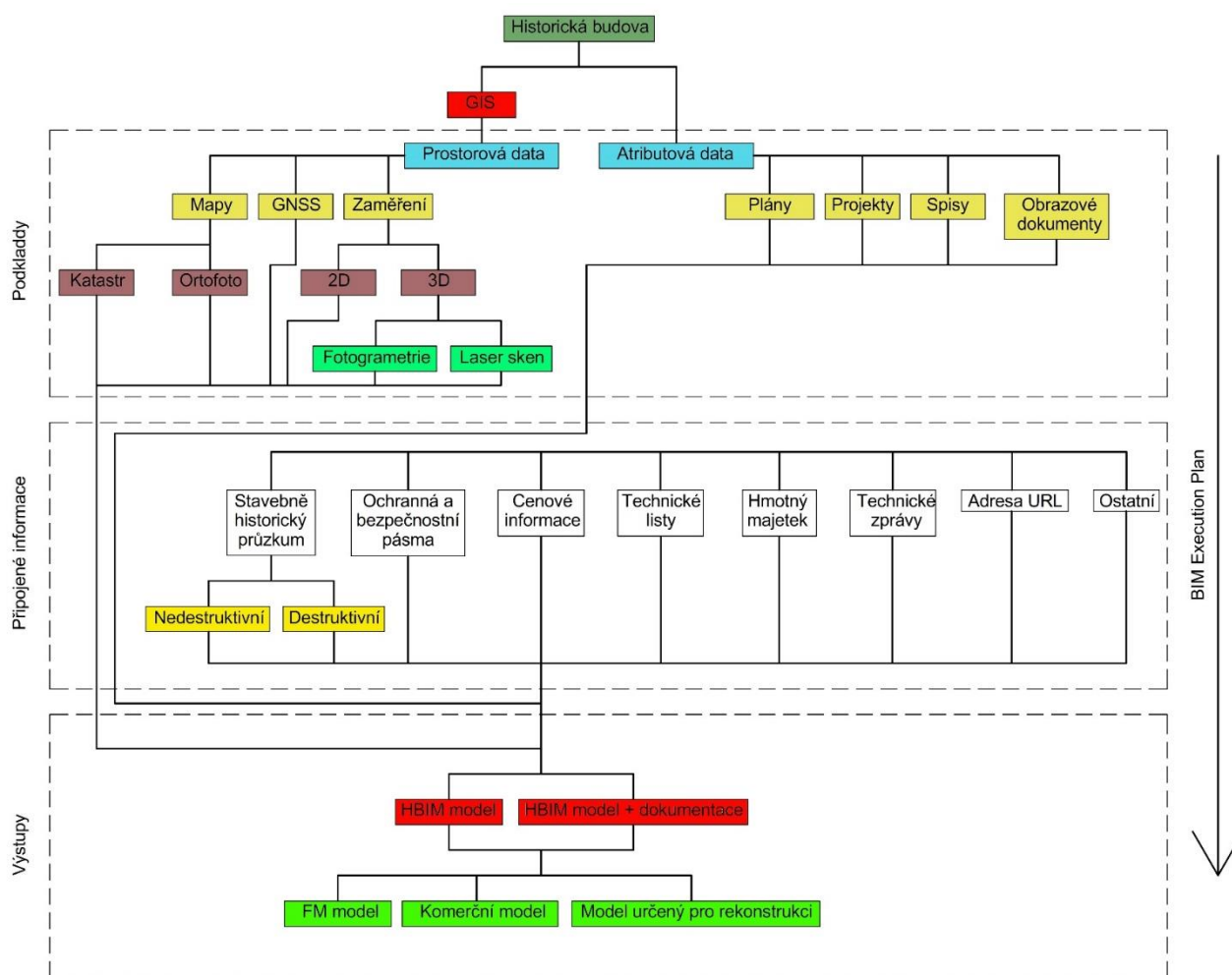
- Technické listy - se týkají hlavně budov se zařízením TZB či jiným technickým zázemím. Torzální stavby či stavby starší obvykle více jak 200 let nebudou tuto položku obsahovat. Jednotlivé technické listy je dobré doprovodit fotografií aktuálního stavu zařízení.
- Hmotný majetek - tímto termínem lze označit budovy, zahrady, stromy, malé objekty či věci každodenního použití. Ostatní hmotný majetek, kromě hlavního modelu je vhodné modelovat do jiného projektu. To napomáhá přehlednosti modelu. Výhodou je také snížení náročnosti. Z důvodu oddělení jednotlivých modelů do samostatných projektů lze také správně a podrobněji využívat označování parametrů *ifc* souboru.
- Technické zprávy - jsou nedílnou součástí každého projektu. U SPH je to jedna z rozhodujících součástí, která upřesňuje pohled na objekt. Technické zprávy lze importovat přímo do projektu nebo na ně odkazovat. Ideální výstupním formátem textových dokumentů je např. *pdf*. Ten se nedá nadále upravovat a tím je zabráněno porušení autorských práv.
- Adresy URL - neboli doménové adresy serveru. Odkazují nás na webové stránky či jiné soubory. Pod jednotlivými adresami lze odkazovat na další informace o jednotlivých zařízeních budovy nebo na textové dokumenty o historii budovy. Samotné adresy nám umožní model odlehčit a tím snížit náročnost modelu a jeho velikost. Je však nutné zachovat připojení k internetu při prohlížení modelu.
- Ostatní - další připojené informace, které doprovázely tvorbu modelu. Pod tímto termínem jsou zařazeny i informace a podklady charakterizující určitou stavbu a její speciální povahu.

Jsou zde také zařazeny značky míst, kde byly vyhotoveny zkoušky pevností či rozbory složení. K těmto místům budou i přiřazeny jejich vlastnosti případně odkazy na výstupní zprávy.



### 5.3 Výstupy

Jako výstup můžeme označit samotný HBIM model. Popřípadě model a 2D dokumentaci. Zajímavým tématem je model pro využití ve FM a pro komerční účely. Tyto 2 modely mají odlišné požadavky na detailnost i na množství a druh připojených informací. Proto je zde vhodné zvážit rozdělení modelů na dva nezávislé. Model pro komerční účely si můžeme představit jako model s vysokým parametrem LOD, který slouží k prezentaci budovy. Oproti tomu FM model má minimální požadavky na detailnost a vyžaduje rozdílné informace než komerční model.



Obrázek 4 - Schéma postupu tvorby modelu, zdroj: autor



## 6 Zásady tvorby HBIM modelu

Rozdělení požadavků před započítím tvorby modelu je velmi důležitá část. Je nutné se držet základních pravidel. Některá byla již popsána výše. Ve světových normách např. *AEC UK*, *AIA* nebo *Statsbygg BIM Manual 1. 2. 1* lze také vyčíst pravidla modelování. Z normy *Statsbygg* vychází požadavky pro tvorbu HBIM modelu. Jednotlivé požadavky ale nemohou být striktně převzaty z důvodů jiných vstupních dat a i požadavků na výstupní informace.

Následující tabulka byla rozdělena do čtyř sloupců:

- ID - neboli identifikační číslo položky. Číslování položek bylo vytvořeno pouze pro tuto práci a nemá žádné návaznosti na další dokumenty.

- Název položky

- Druh - udává prioritu a záměr položky. Je rozdělen do čtyř úrovní.

Povinná položka - jedná se o druh, který je nutný dodržet pro správnou funkci HBIM modelu.

Doporučená položka - podmínka, která by měla být splněna. Pokud není splněna, je třeba zvážit dopad na model.

Informativní položka – obsahují doplňující informace o položce.

Zakázaná položka - jedná se o položky, ke kterým nesmí dojít. Jejich porušení by mohlo znamenat degradaci HBIM modelu a nemožnost následného využití v dalších SW.

- Popis položky – specifikuje vlastnosti jednotlivých položek. Definuje jakým způsobem dosáhnout správného HBIM modelu.



## 6.1 Obecné požadavky

Tabulka 3 - Obecné požadavky, zdroj: autor

ID	Název položky	Druh	Popis položky
1	Složení HBIM modelu	Povinná	Základním dílem HBIM modelu bude 3D model složen z parametrických objektů
2	Formát předání dat	Povinná	Model bude předán minimálně ve formátu <i>ifc</i> . a v odpovídajícím LOD. Ten bude definován v BEP plánu
		Doporučená	Je vhodné využívat nejaktuálnější verze formátu <i>ifc</i> a verze aktualizovat během životního cyklu budovy. Autor HBIM modelu by měl doporučit software na práci s informačním modelem
3	<i>ifc</i> struktura	Povinná	Autor musí dohlédnout na správné zařazování jednotlivých parametrických objektů dle rozdělování formátu <i>ifc</i> .
		Informativní	Například stěna bude po převodu z nativního formátu do struktury <i>ifc</i> pod položkou <i>IfcWall</i> , deska - <i>IfcSlab</i>
4	HBIM model v nativním formátu	Povinná	Pokud bude investor chtít, HBIM model bude poskytnut i v nativním formátu včetně autorových knihoven.
		Doporučená	Soubor v nativním formátu by měl být také v průběhu životního



			cyklu budovy aktualizován. Doporučená doba aktualizace formátu 3-5 let. Pokud by nedocházelo k aktualizaci formátu, mohlo by dojít k vypršení podpory formátu.
5	Jednotky projektu	Povinná	Nutno definovat jednotky a ty specifikovat i ve struktuře <i>IfcProject</i> . [20]
		Doporučená	Vhodnou variantou pro ČR jsou metrické jednotky- Délkové v milimetrech nebo metrech. Plošné jednotky v m <sup>2</sup> Objemové jednotky v m <sup>3</sup>

## 6.2 Zásady modelování

Tabulka 4 - Zásady modelování, zdroj: autor

ID	Název položky	Druh	Popis a doporučení
6	Geometrická správnost	Povinná	Celý HBIM model musí odpovídat jak geometricky tak ostatními vlastnostmi realitě do výše stanovené detailnosti v předprojektové fázi.
7	Využívání vhodných objektů	Povinná	Z hlediska výkazů a následného využití je nezbytné, aby model respektoval způsob výstavby. Tzn. stěna v budově bude modelována pomocí nástroje stěna nebo pomocí takového nástroje, který se při převodu do struktury <i>ifc</i> bude chovat jako



			<i>IfcWall</i> . Bude mít přiřazeny i odpovídající vlastnosti.
<b>8</b>	Výškové dělení objektů	Povinná	Před započítáním modelování je nutné definovat úrovně jednotlivých podlaží. Každá obvodová stěna musí být tvořena maximálně přes jedno podlaží.
		Doporučená	Pokud se vychází při tvorbě modelu z mračen bodů, je nezbytné dle zvoleného LOD parametru definovat nejdříve poschodí a vnější obálku pomocí osnov či pomocných čar. Tím zamezíme chybám při tvorbě dalších podlaží.
		Informativní	Při aproximaci podlaží je nutné např. zanedbat prošlapání podlahy a šum skenování. Mračna obsahují obrovská množství bodů. Při tvorbě modelu bez pomocných čar by docházelo k náhodným chybám z důvodu přichytávání objektů na stále jiné body mračna.
<b>9</b>	Zpracování mračna	Doporučená	Mračno je vhodné do projektu připojovat jako externí reference. Umožní to rychlejší práci a menší náročnost na HW. Je vhodné využívat mračna jen po částech.
<b>10</b>	Dělení stěn dle období vzniku	Povinná	Každá stěna, která pochází z jiného období, bude tvořena



			jako samostatný objekt. Ten bude nést informace o době vzniku. Dále ponese barevné označení jak v pohledu, tak v řezu dle dohodnutých pravidel
		Doporučená	<p>Barevné schéma je doporučeno dle systému používaného v SÚRPMO.</p> <p>románský sloh – černá gotika – červená renesance – modrá baroko – hnědá klasicismus a empír – zelená období historizujících slohů – oranžová architektura 20. stol. – žlutá architektura 21. stol. – bílá [18]</p>
<b>11</b>	Usazování oken a dveří	Povinná	Každá výplň otvoru bude modelována na stejném podlaží jako její hostitel. To umožňuje snadnější převod do FM. [20]
<b>12</b>	Označování objektů	Zakázaná	Dva nebo více objektů nesmí být označeno stejnými znaky.
		Doporučená	Označování by mělo odpovídat již zavedenému systému.
		Povinná	Každá historická budova musí nést i historické označení. To musí být u každé místnosti zaznamenáno alespoň v podobě poznámky.





13	Osnovy a podlaží	Doporučená	<p>U HBIM, kde se využívá jako podklad mračno bodů, je dělení objektu zcela klíčové pro přehlednost. Je nutné jako první definovat hranice podlaží a vhodně zvolit označení. Další pomocné osnovy je třeba odlišit, případně po dokončení modelu promazat.</p>
14	Vícevrstvé nebo skryté stropní konstrukce	Doporučená	<p>U vícevrstevných stropních konstrukcí, kde byla vytvořena další pochozí vrstva, např. z důvodu turistických, je vhodné osnovu stropní konstrukce nevolit současně s pochozí plochou ale s plochou konstrukční nebo s plochou dřívější pochozí vrstvy stropní konstrukce.</p>
15	Mezipodlaží.	Doporučená	<p>Mezipodlaží je vhodné volit jako samostatné dle jeho rozměrů. Pokud bude zvoleno jako samostatné, je třeba podle toho také konstruovat hranice stěn.</p>
16	Minimální množství informací	Povinná	<p>Každý objekt musí minimálně obsahovat informace o: materiálu tloušťce objektu/rozměrech době vzniku objektu/zabarvení</p>
		Informativní	<p>Jedná se jen o minimální množství informací. Maximální není definováno. Každý prvek</p>



			může být obohacen dle způsobu SHP i o externí reference.
<b>17</b>	Označování oken a dveří	Povinná	Jednotlivé výplně otvorů musí minimálně obsahovat: Materiál, rozměry, povahu - vnitřní/vnější, způsob otevírání.
<b>18</b>	Označování sond	Povinná	Pokud je prováděn hlubší SHP nebo jiné měření např. pevnosti zdiva pomocí odebraných vzorků, je nutné jednotlivá místa označit. Označení bude vytvořeno pomocí malých 3D značek.
		Povinná	Každý objekt označující místo sondy musí obsahovat informace o umístění – podlaží, druh stěny. Dále informace o druhu sondy a výsledné hodnoty.
		Doporučená	Výsledné hodnoty měření budou vepsány i do parametrů samotného zdiva. V poznámce musí být ale uvedeno, k jaké sondě hodnota patří.
		Zakázáno	Nelze pouze k jednotlivé stěně napsat výslednou hodnotu. Místo sondy musí být vždy označeno samotným objektem. Historické budovy mohou mít skladby zdiva velmi odlišné, co se týče vlastností, a to i v rámci jedné stěny. Označení sondy tak zvyšuje přesnost modelu



## 7 Tvorba modelu hradu Helfenburk

V této části bude využito poskytnuté mračno bodů hradu Helfenburk. Bude zde aplikováno vytvořené schéma. Samotná tvorba hradu se bude řídit výše popsány požadavky. Tím dojde také k jejich ověření a případnému upravení.

### 7.1 Historie hradu

Hrad Helfenburk, zvaný také Hrádek, je spojen s významnými jmény české historie. Stavba odráží vývoj české gotiky 14., 15. století.

Počátky hradu jsou psány kolem 1375, kdy se zjistilo z historických písemností, že byl hrad prodán i s okolními pozemky jako jsou lesy, pole či vesnice, Tehdejší majitel Hanuš z Helfenburku ho prodal pražskému arcibiskupství. Arcibiskup Jan Očko z Vlašimi 13. března 1375 obohatil majetek nejvyšší české církevní instituce o další půdu tak významně, že centrem místního arcibiskupského majetku se stal právě Helfenburk. [21] Hrad však neodpovídal požadavkům a představám Jan Očka z Vlašimi, a to ani z pohledu reprezentativnosti ani z pohledu opevnění a bezpečnosti. Hrad také, díky Janu Očkovi, dostal největších změn. Kolem roku 1375 se ze dřevěného hradu na pískovcové skále stával kamenný hrad gotického stylu. [22]

Po Janu Očkovi z Vlašimi nastoupil do čela arcibiskupství jeho synovec Jan z Jenštejna. Ten díky morové nákaze a politickým problémům odchází do ústraní na hrad Helfenburk. V té době stála již nejvýznamnější část dnešní podoby hradu a to čtvercová věž. Po smrti Jana z Jenštejna v Římě roku 1400 hrad opět spravuje arcibiskupská správa a těsně před vypuknutím husitské revoluce se stal hrad úschovnou cenností z pražského svatovítského chrámu. To svědčí i o tom, že hrad byl považován za nedobytný. Poté byl hrad koupen Janem Sezimem z Ústí. Ten hrad již neobýval a za jeho vlastnictví byl hrad vypálen a začíná velmi chátrat. Opuštěný hrad zůstal až do roku 1887, kdy majitel panství Josef von Schroll zahájil opravy hradu a rekonstrukci zřícené části věže. V roce 1889 byl Helfenburk znovu opraven a využíván jako letní sídlo



V šedesátých letech se ho ujala skupina dobrovolníků pod vedením pracovníka Okresního vlastivědného muzea v Litoměřicích Františka Fišera. Skupina trempů vyčistila hrad od vegetace a provedla archeologický výzkum studny, který poskytl množství cenných archeologických nálezů. Bylo nalezeno i umístění místní kaple, které doposud nebylo známo. V současné době je hrad ve vlastnictví města Ústěk. O údržbu a průvodcovskou činnost se od roku 1978 stará skupina dobrovolníků. O víkendech je přístupný celý areál Hrádku včetně interiéru věže. [21]

## 7.2 Celkový popis stavby

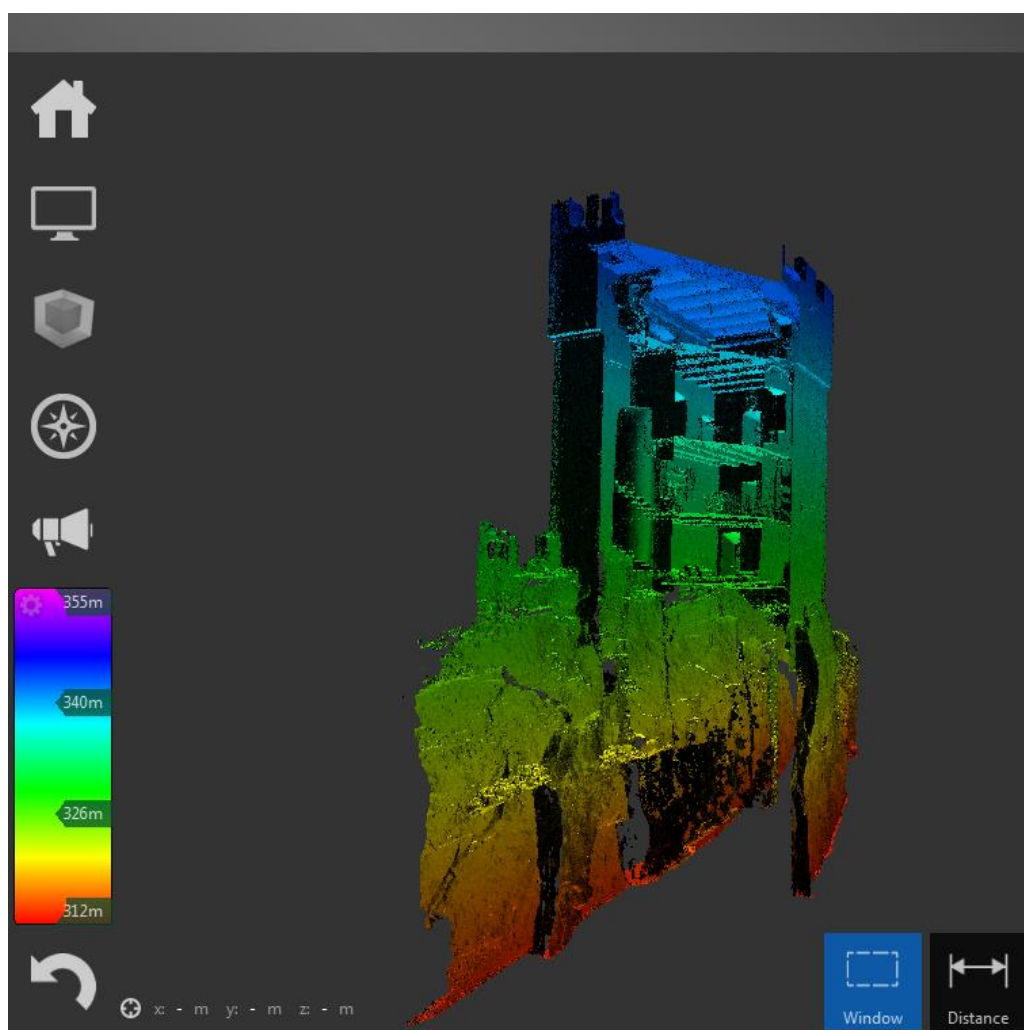
Jedná se o hrad gotického stylu postavený na skalním podkladu tvořeným pískovcem. Samotný hrad byl za svou historii několikrát přestavován. Původně dřevěný byl přestavěn ve 14. století na kamenný. Hrad je rozdělen na 2 trakty. Ty mezi sebou nejsou propojeny žádnými vchody. Přístupová cesta vede od severního úpatí skal až k příkopu a zbytkům opevnění hradu. Za opevněním se nacházel prostor s hospodářskými budovami a šedesát jeden metr hlubokou studnou a sklepy. *„Odtud vedl přístup do obytné a reprezentativní části, situované však na horní plošině skály.“* [21]

Nejsignifikantnějším místem hradu je věž situována na jihovýchodní části hradu u vedle dvou hlavních vchodů. Ta zůstala nejlépe dochovanou stavbou celého hradního komplexu. Plynule navazuje na věnec hradeb, vybíhající v těchto místech po příkré skále. Ta je oddělena od staršího jádra příkopem. *„Čtvercový půdorys dovozoval využití stavbu k obývání. Tři poschodí byla přístupná po dřevěné lávce vedoucí z protilehlého skalního jádra na pavlání v úrovni prvního patra. Do věže vedl vstup hrotitým portálem předělaným v 19. století na okno. Na jih a sever se otvírala úzká okna s lavicemi ve výklencích. Východní (vnější) strana věže byla bez oken, a to nejen zde ale i v ostatních poschodích, kde byla zbudována až při novodobých opravách. Tři okna ve druhém patře osvětlovala obytnou místnost vybavenou i prevetem - záchodem vysunutým z věže pomocí kamenných konzol nad nově proraženým dnešním vchodem a krbem, jehož zbytky již patrné nejsou.“* [21] Dnešní vzhled věže zakončený cimbuřím, je ale jiný, než byl původně postaven. Historicky byla věž zakončena šikmou střechou a to buď valbovou, nebo sedlovou krytou břidlicí.



### 7.3 Nástroje pro tvorbu HBIM modelu

Nástroj, v tomto případě HBIM program, je nutné zvolit na základě využívání modelu. Obecným výstupem je formát *ifc*. Ten ale má několik důležitých vlastností, které je třeba zohlednit. Samotný formát *ifc* je vhodný pouze pro čtení. Na to lze pohlížet ze dvou stran. Je to výhodou z hlediska autorských práv a případných neoprávněných změn či tvorbě neúmyslných chyb. Na druhou stranu lze říci, že to omezuje uživatele ve využívání modelu v dlouhodobém výhledu. V budově bude docházet ke změnám způsobených například změnou uživatele nebo rekonstrukcemi a ty je nutné také zohlednit v modelu. [16] Proto by mělo být určeno, jakým nástrojem bude model vytvořen. Poté bude moci sám investor aktualizovat model s vývojem budovy. Je zde důležité poznamenat, že se může jednat o dobu využívání modelu v řádu desítek let. Je nutné aktualizovat formát jak nativního souboru, tak formátu *ifc*.



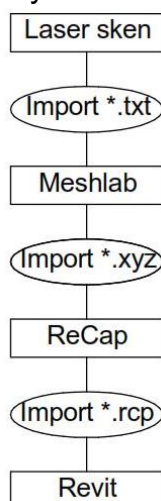
Obrázek 5 - Zpracování mračna bodů ReCap, zdroj: autor



V této práci je pro tvorbu modelu zvolen nástroj Revit. Jedná se o BIM software od společnosti Autodesk. Program Revit byl odkoupen Kalifornskou společností Autodesk v roce 2002. Jeho nativním výstupním formátem projektu je *rvt*. Samotný program podporuje i výstup ve formátu *ifc* a mnohých dalších. Projekt programu Revit je složen z jednotlivých objektů, které se nazývají rodiny. To jsou jednotlivé prvky o určitých vlastnostech (parametrech). Klasickou rodinou může být okno nebo nábytek nebo stěna. Jako speciální rodiny lze vytvořit i detailnější prvky konstrukcí jak římsy, zdobené parapety i sochy.

## 7.4 Zpracování mračna bodů

Základním podkladem pro tvorbu hradu Helfenburk je mračno bodů, respektive jeho gotické věže viz Obrázek 5. Jedná se o velký objem dat v podobě textového dokumentu *txt*. Celková velikost textového souboru má hodnotu 1,75GB. První úkol je připojení mračna do programu Revit. Ten ale sám nabízí připojení mračna ve formátech *rcp* nebo *rsc*. To jsou nativní formáty programu ReCap od společnosti Autodesk. Samotný program umožňuje základní práce s mračny, jejich ořez a následný export. Při importu textového dokumentu je kladen důraz na správné nastavení jednotek a souřadného systému.



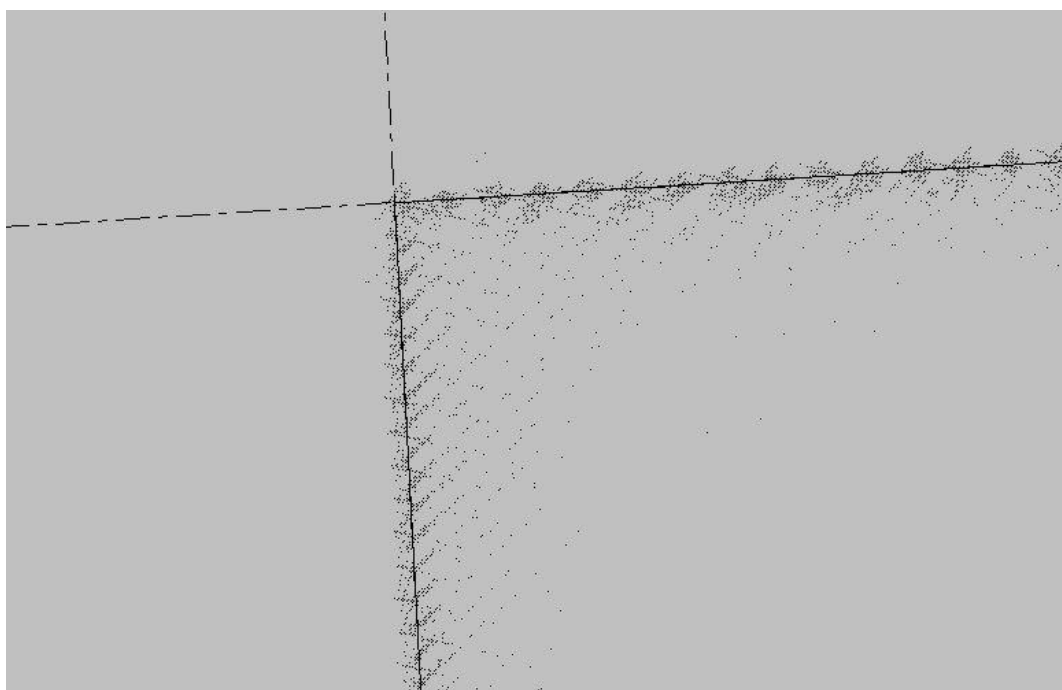
Obrázek 6 - Schéma zpracování mračna bodů, zdroj: autor

Mračno hradu se chovalo při importu jinak než podle zadaných jednotek a proto bylo nutno převést textový dokument do jiného formátu. Na převod byl zvolen freeware program Meshlab. Ten umožnil export do formátu *xyz*. Ten byl opět naimportován už



bez problémů do ReCapu a následně do Revitu. Zde se projevilo velké množství bodů jako velká zátěž a zřetelně zatěžovalo samotný notebook.

Prvním krokem v programu Revit bylo nastavení osnov. Osnova v Revitu slouží k půdorysnému rozdělení modelu. Tato funkce je pro vyhotovení modelu nutná. Pro rozdělení výškových úrovní je využita čára podlaží. Ta slouží také k rozdělení modelu. K těmto čarám lze poté vázat jednotlivá podlaží. Slouží jako spodní a horní hranice. Těchto čar je nutné využívat z důvodu hrubosti a struktury povrchů objektu. Dále také při skenování dochází ke vzniku tzv. šumu. Šum se projeví shlukem bodů v jedné linii. Tímto krokem také určujeme do jisté míry přesnost modelu. Teoreticky je možné při modelování objektu využívat jednotlivých bodů mračna. Body by poté sloužily jako hranice a počáteční či koncové body stěn. Tím bychom se s velkou pravděpodobností dopouštěly neúmyslných chyb. Je nutné zohlednit, že na jednom místě může být hned několik bodů. Dalším nedostatkem je špatná práce Revitu s malými rozměry kolem 1mm, kdy Revit neumožní takto malé pohyby. Gotický hrad, kde jednotlivé zdi věže mají tloušťky od 1 až po 2,1m není náročný na přesnost. Pokud se ale zaměříme na přesnost výstavby samotného hradu lze zjistit, že odchýlení od svislice při výstavbě se pohybovalo kolem 50 mm. To je hodnota, která je velmi přesná s ohledem na dobu výstavby. Bohužel tuto hodnotu nedokážeme přesně definovat, díky šumu, který dosahuje hodnot okolo 50 mm místy také.



Obrázek 7 - Zobrazení šumu - vnější roh zdiva, zdroj: autor





Z hlediska tvorby hlavní geometrie modelu pomocí rozsáhlého mračna bodů není nutné, aby mračno dosahovalo vysokých hustot bodů viz. Tabulka 4. Geometrie bude většinou idealizovaná. Hrany jednotlivých stěn budou nahrazeny přímkami. Je vhodné použít software, který umožňuje zjednodušit mračno bodů, nebo mračno rozdělit na části. Mračna musí dosahovat přesností vhodných pro splnění požadavků LOD parametrů.

Tabulka 5 - Rozdělení mračna dle využití, zdroj: autor

Druh objektů	Typ mračna	Velikost	Poznámka
<b>Hlavní geometrie – stěny, střechy</b>	Není důležitá vysoká hustota mračna. Nutná základní představa o tvaru konstrukce, aby bylo možné aproximovat čarami.	Vhodné pracovat s velkými plochami mračna. Důležité pro získání představy svislostí stěn	Je vhodné připojit model zobrazující například jen svislé plochy pro modelování stěn.
<b>Vedlejší geometrické objekty – okna, dveře</b>	Nutná odpovídající hustota mračna a geometrická přesnost bodů.	Vhodné připojit jen malou část mračna zobrazující modelovaný prvek.	V případě softwaru Revit, je ideální importovat mračno jako CAD soubor do editoru rodiny.
<b>Detailní prvky, restaurování</b>	Požadována vysoká přesnost mračna a jeho hustota.	Vhodné připojit jen malou část mračna zobrazující modelovaný prvek	Pro detailní modelování prvku je vhodné využívat i speciálních SW.

## 7.5 Označování místa hloubkového SHP

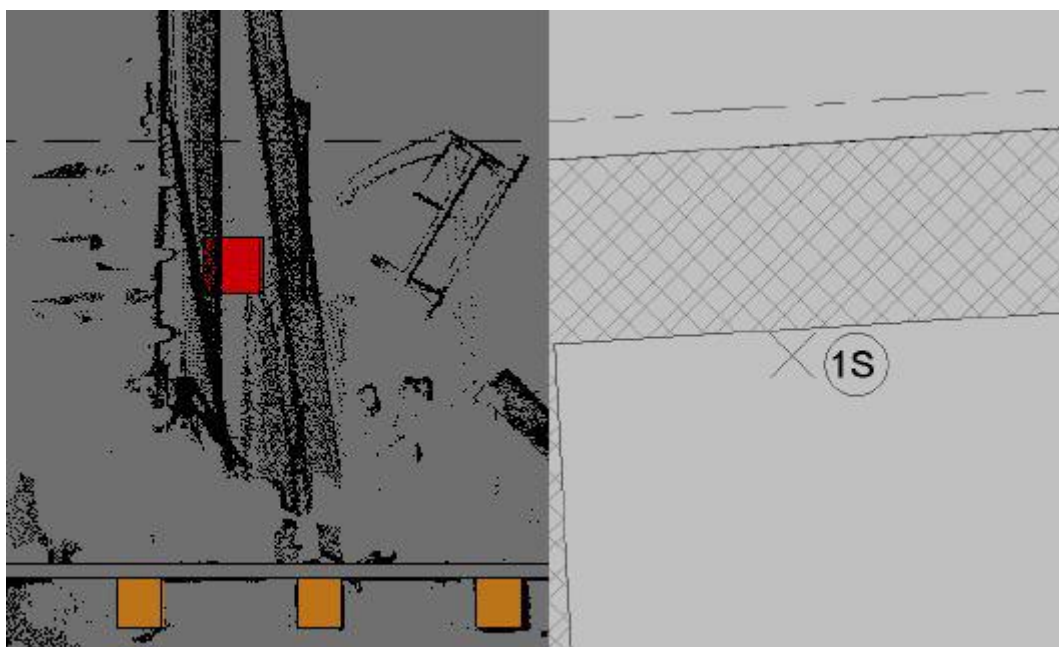
Důležitým bodem, hlavně pro rekonstrukce, je získávání fyzikálních a chemických vlastností. Klasickým příkladem mohou být dřevěné prvky, jako je krov či vodorovné konstrukce.





V modelu hradu Helfenburk jsou tato místa označena *rodinou obecného modelu*. Tato rodina je navržena tak, aby ve 3D modelu místo sondy bylo zobrazeno kvádrem o délce hrany 250 mm. V půdorysných pohledech je poté místo sondy zastoupeno křížkem a popiskou. Rodina označení sondy je správně zařazena na odpovídající podlaží, ve kterém byla odebrána.

Při označování sondy v podlaze 2NP je nutné zvážit zařazení. Pokud by se jednalo o konstrukci podhledu, je vhodné sondu připojit k podlaží níže. Vzorek konstrukce podlahy je vždy přiřazován k podlaží, kterému náleží samotná konstrukce. Toto platí i v případě, že odebírání vzorku bylo prováděno z podlaží pod zkoumanou konstrukcí. Obrázek 8 zachycuje označení sondy ve 3D v levé části a v pravé části je půdorysné zobrazení. Obrázek 9 zobrazuje schéma výkazu jednotlivých sond.



Obrázek 8 - Označení sondy - 3D/2D, zdroj: autor

<Sondy>		
A	B	C
Označení	Komentáře	Podlaží
1S	Dendrochronologický průzkum trámu stropní kce	2. NP
2S	Zkouška pevnosti zdiva (Vrt 1)	1. NP
3S	Specializovaný průzkum - napadení konstrukce podlahy	1. NP

Obrázek 9 - Výkaz sond, zdroj: autor



## 7.6 Tvorba rodin

Nezbytnou částí projektu v programu Revit je tvorba rodin. Rodiny jsou základní částí projektu. U historických staveb je možné se setkat se speciálními tvary konstrukcí. Proto je nutné vytvářet během tvorby HBIM modelu i odpovídající rodiny. Tvorba rodin je všeobecně velmi náročnou disciplínou. Tvorba složitějších rodin může trvat mnoho hodin. Jedná se o proces, který je mnohem složitější než tvorba samotného modelu. Jednotlivé rodiny musí být tvořeny dle individuálních požadavků. Je nutné také správné zařazení rodin do jednotlivých kategorií.

Pro tvorbu rodin na základě mračna bodů je vhodné i část mračna připojit do samotného editoru rodin Revitu. Tato část se ale stala problémem. Editor rodin nepodporuje připojení mračen ani jiných referencí kromě CAD souborů. Proto jedinou možností je mračno vložit do CAD programu. Mračno ale musí být v samotném CAD souboru rozloženo na body. Připojené soubory mračna do AutoCADu se nezobrazují v Revitu. Samotné rozložení mračna v AutoCADu také nelze bez pluginu. Ten lze získat za finanční poplatek. Z tohoto důvodu byly geometrické vlastnosti získávány z programů ReCap a ze samotného projektu hradu v Revitu. Následné naměřené hodnoty byly rovnou modelovány v editoru rodin. Tento způsob nelze nazvat jako ideální, ale je to jeden z možných, i když časově náročnějších postupů tvorby rodin.

Další možností je vytvářet rodiny pomocí *Komponenty na místě*. Poté lze rovnou využívat mračna připojeného v projektu. Po vyzkoušení obou možností je vhodnější způsob využít editoru rodin a jednotlivé rozměry přebírat z ostatních SW a projektu Revitu. Důležité je jednotlivé rodiny správně zařazovat do jednotlivých kategorií. To je zásadní pro další práci s výkazy. Rodiny, jako je označení sond, lze poté zařadit mezi *Obecné modely*.



## 8 Závěr

Zde budou shrnuty jednotlivé cíle, budou popsány způsoby dosažení, jejich naplnění a vyhodnocení.

### 8.1 Vyhodnocení jednotlivých cílů

#### 1) Popsat postup pasportizace budov z hlediska stavebního a památkového.

Jednotlivé druhy pasportizace byly rozebrány na základě podkladů a profesí, které se účastní na tvorbě modelu. Stavební část je v ČR definována vyhláškou. Také byly zohledněny požadavky procesu tvorby BIM modelů, dle odpovídajících norem. U památkové části pasportizace se jednalo hlavně o postup tvorby stavebně-historického průzkumu a o jednotlivé přístupy získávání informací o objektu. Oba způsoby postupování při tvorbě modelu byly po rozboru vyhodnoceny jako velmi odlišné. Je tedy nutné u každého projektu definovat priority, které budou dodrženy. Musíme ale počítat s tím, že nebyly rozebrány všechny aspekty, se kterými je možné historickou budovu spojit. Každá budova je specifická a žádá si specifický přístup.

#### 2) Zohlednit následné využití modelu a počáteční informace.

Množství a kvalita počátečních informací je jedním z charakteristických vlastností historické budovy. Tato část práce rozebírá jednotlivé množství počátečních informací a způsoby, jak je získat. Zvláštní zaměření bylo poté na laserové skenování. Tato metoda byla vybrána jako stěžejní, protože lze pomocí laserového skenování získat velmi přesné informace o geometrických vlastnostech. Je to metoda, která má určitě velkou budoucnost a stále zaznamenává velmi rychlý vývoj. Tato metoda byla následně využita i při tvorbě modelu hradu v praktické části práce.

Využití modelu bylo rozděleno na několik částí. Model vhodný na rekonstrukci, model pro využití ve FM a model komerční. Zde byly definovány rozdíly a požadavky na jednotlivé modely. Byly zde také zjištěny chybějící návaznosti na další systémy. Ty by mohli rozšířit využití modelu.



### **3) Vytvořit procesní schéma tvorby HBIM modelu.**

Po zohlednění cílů 1) a 2) bylo vytvořeno obecné schéma. Navrženo bylo tak, aby splňovalo všechny požadavky popsané výše. Toto schéma řeší také připojení dalších souborů. Samotné schéma bylo rozděleno do třech základních částí a podrobně rozebráno.

### **4) Definovat základní metody pro modelování**

Při tvorbě modelu je nutné dodržovat určité zásady. Ty se mohou zdát jako zjevné, ale pokud nebudou přesně definovány, nelze model správně využívat v dalších profesích.

HBIM model obsahuje speciální požadavky jako práci s mračnem bodů nebo zařazování konstrukcí dle období vzniku. Zde je potřeba dodržovat již zavedené postupy z SHP a převzít je ve správné formě. Zde bylo nutné definovat další požadavky modelování. Tyto požadavky byly navrženy tak, aby respektovaly již zavedené normy a případně je doplňovaly. Jednotlivé požadavky předpokládají využití formátu *ifc*. To je v metodice také zohledněno. Postupy této metodiky jsou vyhotoveny na základě dosavadních zkušeností s tvorbou HBIM modelu. Je možné, že se budou lišit při tvorbě dalších modelů.

### **5) Vytvořené schéma aplikovat a ověřit na reálných datech.**

Posledním bodem je aplikování předešlých cílů. Tento bod slouží i jako kontrola správnosti předešlých bodů. Dále také dokumentuje předešlé definice na reálných modelech. Zde bylo také možné vyzkoušet práci s mračnem bodů. Ta je po zkušenostech vyhodnocena jako velmi náročná na čas i HW. Pro efektivnější práci s mračny je vhodné využívat více SW k tomu určených a mračno dělit na jednotlivé části. Na základě zpracování dat mračna byla vytvořena část modelu hradu. Vytvoření modelu obsahovalo vytvoření rodin sond SHP či definování parametrů nutných k připojení informací SHP.



## 8.2 Diskuze a shrnutí

Práce by mohla sloužit jako základní přehled při uvažování tvorby BIM modelu historické budovy. Téma historických budov a informačního modelování bude určitě v budoucnu důležitým tématem. HBIM budou muset využívat všechna historická města. Výjimkou nebude ani Praha. Ta obsahuje velké množství historických budov. V budoucnu bude nutné tyto budovy rekonstruovat nebo pro ně hledat nové formy využití. Pro oba tyto případy je HBIM vhodným nástrojem. Aktuálním příkladem vhodného teoretického využití je i připravování nové trasy metra označené jako trasa D. Pokud by byla například místa, která zasahují do projektu metra, projektována pomocí nástrojů BIM, ulehčilo by to znatelně jednotlivé napojení obou konstrukcí nebo i sanaci jednotlivých budov, pod kterými metro bude vedeno.

Pro plné využití potenciálu informačního modelování nejsou zatím možnosti. Ty budou pomalu nabývat se získáváním zkušeností v oboru HBIM. V ČR by k tomu velmi pomohlo definování určitých standardů či norem upravujících tvorbu a výstupy informačních modelů. To je i důvodem vzniku této práce.



## 9 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Porovnání fotografie a laser skenu, zdroj: autor, s využitím poskytnutého mračna .....	14
Obrázek 2 - Schéma LOD, zdroj: autor s využitím [10] a [9] .....	16
Obrázek 3 - Zápis ve Vodní knize - Šindelářův mlýn, zdroj: autor .....	29
Obrázek 4 - Schéma postupu tvorby modelu, zdroj: autor .....	35
Obrázek 5 - Zpracování mračna bodů ReCap, zdroj: autor .....	45
Obrázek 6 - Schéma zpracování mračna bodů, zdroj: autor .....	46
Obrázek 7 - Zobrazení šumu - vnější roh zdiva, zdroj: autor .....	47
Obrázek 8 - Označení sondy - 3D/2D, zdroj: autor .....	49
Obrázek 9 - Výkaz sond, zdroj: autor .....	49



## 10 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Příklad LOD matice, zdroj: autor .....	25
Tabulka 2 - Metody zkoumání stáří objektů, zdroj: [16].....	33
Tabulka 3 - Obecné požadavky, zdroj: autor.....	37
Tabulka 4 - Zásady modelování, zdroj: autor .....	38
Tabulka 5 - Rozdělení mračna dle využití, zdroj: autor .....	48



## 11 Seznam použité literatury

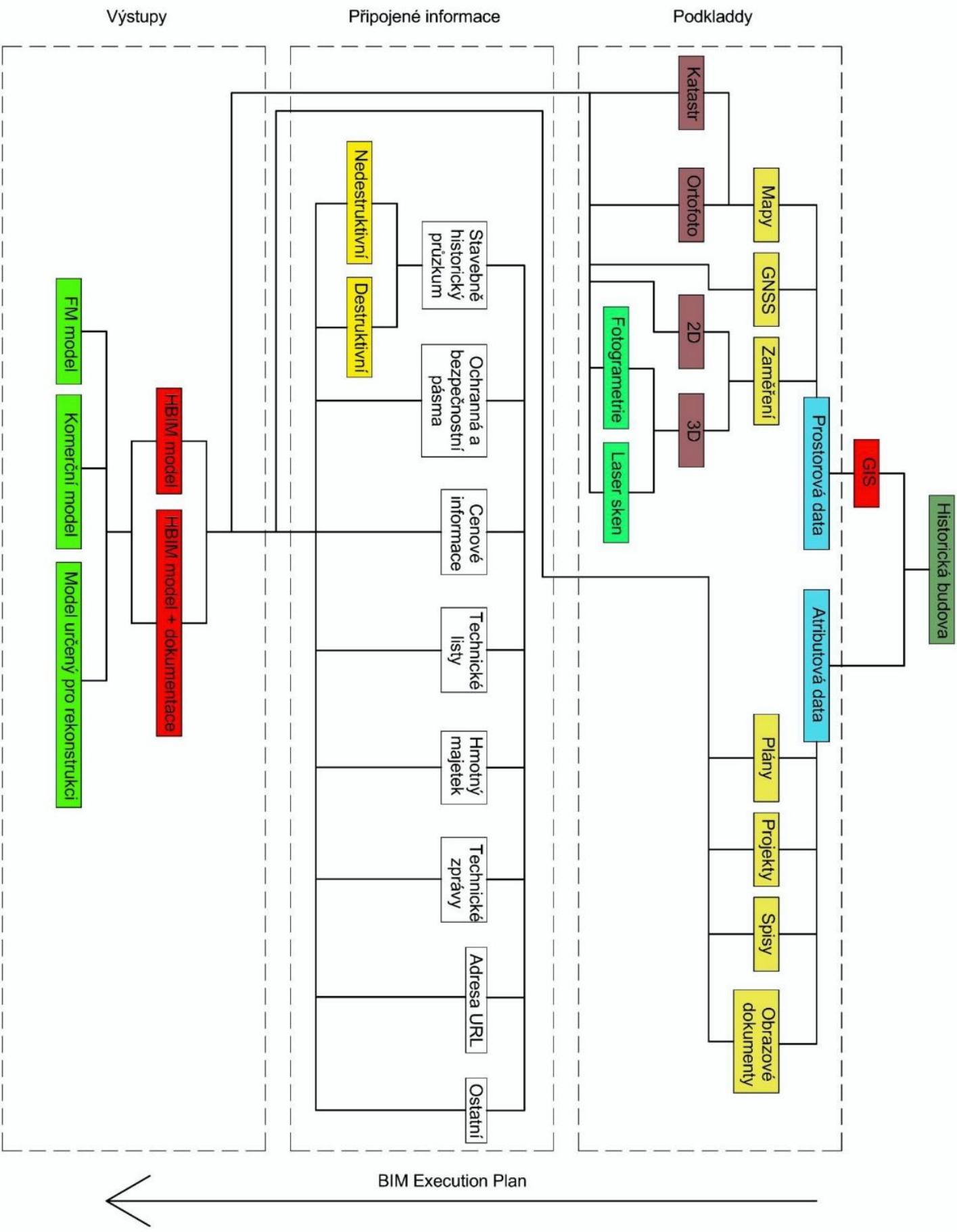
1. HFB, I. *BIM FM*. Praha: 2015. Video. Intelligent BIM Solutions TV [cit. 2016-Květen-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=cCe3SLLBgU0>
2. ČERNÝ, M. *BIM příručka*. Praha: Odborná rada pro BIM o.s. 2013. ISBN 978-80-260-5297-5.
3. National BIM Standard - United States. *Frequently Asked Questions* [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>
4. INC, A. Autodesk. *What Is BIM* [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.autodesk.com/solutions/bim/overview>
5. M. M. M. E. a P. S. *Historic building information modelling - Adding intelligence to laser and image based surveys*. Dublin: ISPRS, 2011.
6. HUNG-MING, , Y. WUN-BIN a Y. YA-NING. *BIM applied in historical documentation and refurbishing*. Taipei: ISPRS, 2015.
7. RIEGL, A. *Moderní památková péče*. Překlad Ivo HOBLIL. Praha: Národní památkový ústav, 2003. ISBN 80-86234-34-7.
8. PROF. ING. JIŘÍ POSPÍŠIL, C. *Laserové skenování* [prezentace]. Praha: 2009.
9. WENMAN, L. et al. *AEC (UK) BIM Technology Protocol*. 2015.
10. AIA. *AIA Document E202 BIM Technology Protocol*. 2008.
11. VÁCLAVÍK, F. R. *Průzkum, dokumentace a inventarizace architektonických prvků*. Praha: Národní památkový ústav, 2014.
12. Uniclass2 (Development Release) Classification Tables. [www.cpic.org.uk](http://www.cpic.org.uk) [online]. 2013 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://www.cpic.org.uk/uniclass2/>
13. Geoportál Praha. [www.geoportalpraha.cz](http://www.geoportalpraha.cz) [online]. [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://www.geoportalpraha.cz/cs/clanek/11/co-je-gis#.VvmGJeKLTIU>





14. BŘEHOVSKÝ, I. M. a I. K. JEDLIČKA. *Úvod do geografických informačních systémů*.
15. *Vyhláška 62. kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb*. Tiskárna Ministerstva vnitra, 2013.
16. IKA DATA, S. S. R. O.. D. A. I. S. R. O. *Koncepce zavedení BIM pro ČSOB*. Praha: 2014.
17. (UK), A. BIM Protocol Project BIM Execution Plan. 2012.
18. MACEK, P. *Standartní stavebně-historický průzkum* [Kniha]. 2. Praha: Státní ústav památkové péče, 2001. ISBN 80-86234-22-3.
19. DOC. ING. ARCH. FRANTIŠEK KAŠIČKA, C. *Stavebně historický průzkum*. Praha: ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02498-9.
20. STATSBYGG. *Statsbygg BIM Manual 1. 2. 1*. Oslo: Statsbygg, 2013.
21. Úštěk, oficiální stránky města. *Helfenburk, Úštěk, oficiální stránky města* [online]. 1592011 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: [http://www.mesto-ustek.cz/vismo/dokumenty2.asp?id\\_org=17553&id=144141&n=helfenburk&p1=1100](http://www.mesto-ustek.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=17553&id=144141&n=helfenburk&p1=1100)
22. Wikipedia. *Wikipedia: Helfenburk u Úštěka* [online]. 2016 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Helfenburk\\_u\\_%C3%9A%C5%A1t%C4%9Bka](https://cs.wikipedia.org/wiki/Helfenburk_u_%C3%9A%C5%A1t%C4%9Bka)
23. EASTMAN, C. *BIM Handbook*. 2. vyd. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2011. ISBN 978-0-470-54137-1.

# Příloha 1 – Procesní schéma





## Elektronická příloha

Název	Formát	Umístění	Poznámka
<b>Označení sondy</b>	Rodina aplikace Revit	CD	
<b>Ořezový kvádr</b>	Rodina aplikace Revit	CD	
<b>Popiska sondy</b>	Rodina aplikace Revit	CD	
<b>Schémata</b>	Projekt aplikace Revit	CD	
<b>Hrádek</b>	Projekt aplikace Revit	CD	
<b>Helfenburk</b>	Projekt aplikace ReCap	CD	Zpracované mračno bodů vhodné pro připojení do aplikace Revit
<b>Sdílené parametry HBIM</b>	Textový dokument	CD	Podpůrný dokument aplikace Revit
<b>Věž Helfenburk</b>	Textový dokument		Dokument obsahující souřadnice mračna bodů