



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

VYPRACOVÁNÍ METODIK PRO TVORBU INFORMAČNÍHO MODELU BUDOVY

WORKING OUT OF METHODOLOGY FOR CREATION OF BUILDING INFORMATION
MODELING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VERONIKA SLÁDKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. VLASTIMIL HANZL, CSc.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646T003 Geodézie a kartografie
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Veronika Sládková
Název	Vypracování metodik pro tvorbu informačního modelu budovy
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.
Datum zadání diplomové práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	30. 5. 2014
V Brně dne 30. 11. 2013	

.....
doc. Ing. Josef Weigel, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Název: Vypracování metodik pro tvorbu informačního modelu budovy z geodetických měření

National guidelines for digital modelling [online]. Brisbane, Qld: Icon Net Pty. Ltd, 2009 [cit. 2012-09-16]. ISBN 978-0-9803503-0-2.

NISBET, N., DINESEN B., THOMPSON, J. Thinking about BIM: Thinking about BIM executive guide to building information modelling. 1. vyd. Great Britain: British Standards Institute, 2010, 20 s.

ČERNÝ, M., TOMANOVÁ Š., POSPÍŠILOVÁ, B., VYHNÁLEK, R.: BIM Příručka [CD]. Praha: Odborná rada pro BIM, 2013 [cit.: 2013-11-04]. ISBN 978-80-260-5297-5.

Dostupné z: www.czbim.org

Data z laserového skenování pozemním skenerem.

Stávající dokumentace stavebního objektu

Zásady pro vypracování

Nastudujte problematiku informačního modelování budov (BIM) v návaznosti na zadané technologie sběru dat:

Totální stanice

Pozemní laser skener

Tvorba modelu přepracováním

Pro uvedené technologie vypracujte metodiku, která bude obecně použitelná pro vytváření modelů. V práci popište základy BIM, základy použitých technologií a postup tvorby metodik s případnými poznámkami a souvisejícími materiály.

Předepsané přílohy

Metodika pro tvorbu modelů BIM s použitím totální stanice

Metodika pro tvorbu modelů BIM s použitím pozemního skeneru

Metodika pro tvorbu modelů BIM přepracováním stávající dokumentace

Předepsané přílohy

.....
doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.
Vedoucí diplomové práce

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité zdroje.

V Brně dne 30. května 2014

.....

Podpis

Poděkování:

Děkuji Ing. Martinu Černému a Ing. Tomáši Volaříkovi za vypůjčení veškerých přístrojů a nástrojů pro tvorbu diplomové práce a také za možnost spolupracovat s výzkumným centrem AdMaS. Dále bych chtěla poděkovat Bc. Věře Pavlíčkové za konzultaci na diplomové práci.

Dne 30. května 2014 v Brně

Abstrakt

Předmětem diplomové práce byla tvorba metodiky pro tvorbu informačního modelu budovy zadanými metodami. Dané budovy byly nejprve změřeny geodetickými metodami nebo byly opatřeny projektovými výkresy. Zpracování naměřených dat a samotná tvorba informačního modelu budovy byly provedeny v softwaru Revit 2014 pomocí vhodných nástaveb. Následně byly popsány zvolené metody tvorby, které byly posléze mezi sebou porovnány. Výsledek může být použit pro výběr nejvhodnějšího postupu podle účelu a dostupných prostředků.

Klíčová slova

Informační model budovy, Revit, projektové výkresy, laserové skenování, totální stanice

Abstract

The subject of thesis was creation of methodic for building information modeling methods specified. The buildings were surveyed at first or projects drawing were provided. Processing of survey data and building information modeling was done in software Revit 2014 with program extensions. Subsequently chosen methods of creation were described and they were compared with each other. The result can use for selection the most appropriate method on the basis function and targeted funds.

Keywords

Building information modeling, Revit, project drawings, laser scanning, total station

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Veronika Sládková *Vypracování metodik pro tvorbu informačního modelu budovy*. Brno, 2014. 56 s., 21 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.

OBSAH

Úvod.....	7
1. Informační model budovy	8
1.1 Definice a charakteristika BIM	8
1.2 Historický, současný a budoucí vývoj BIM	9
1.3 Typy a využití modelu	11
1.4 Popis a fáze modelování.....	14
1.5 Spolupráce při informačním modelování budov.....	17
1.6 Problémy spojené s BIM.....	18
1.7 Aplikace BIM.....	19
1.8 Ukázky zavedení informačního modelu budovy v zahraničí.....	23
2. Vypracování metodik pro tvorbu informačního modelu budovy	26
2.1 Autodesk Revit.....	26
2.1.1 Rodina.....	27
2.1.2 Revit a jeho funkce	27
2.2 Metody pro tvorbu modelu existující budovy.....	29
2.2.1 Tvorba BIM přepracováním stávající dokumentace.....	29
2.2.2 Tvorba BIM s použitím pozemního skeneru	35
2.2.3 Tvorba BIM s použitím totální stanice	41
2.2.4 Porovnání metodik.....	46
3. Závěr.....	49
4. Seznam použité literatury	51
5. Seznam obrázků.....	53
6. Seznam zkratk.....	55
7. Seznam příloh.....	56

Úvod

Moderní technologie se snaží co nejvíce ulehčit práci budoucím generacím. Tak se děje i v oblasti stavebnictví, proto se ve vyspělých zemích začalo rozmáhat informační modelování budov. V literatuře se setkáme s anglickou zkratkou BIM. Tento nový způsob vedení informací o budově může evidovat celý životní cyklus budovy od jejího návrhu přes rekonstrukci až po demolici. Důležitou charakteristikou BIM je také podpora spolupráce mezi jednotlivými stavebními obory, jako je architektura, konstrukce, materiály, instalace a v neposlední řadě také geodézie. BIM umožňuje práci několika lidí na jednom jediném projektu, což šetří čas a také finance.

Úkolem této diplomové práce je tvorba metodiky vytváření informačních modelů z měřených dat nebo z výkresové dokumentace existujících budov. V této práci se budeme zabývat jak tím, co vlastně BIM znamená, tak tím, jaké problémy se s jeho tvorbou mohou vyskytnout. Samotná tvorba BIM je provedena v softwaru Revit 2014 a pro jednotlivé metodiky jsou využity speciální programy usnadňující práci s naměřenými daty. Metody, které budou využity, jsou laserové skenování, měření pomocí totální stanice a práce s projekčními výkresy. Během měření bude podrobně zkoumána spolupráce programu Revit 2014 a dalších použitých programů. Na závěr budou vyhodnoceny klady a zápory metody a jednotlivé metody budou mezi sebou porovnány.

Jelikož se BIM v České republice teprve rozvíjí, je třeba sledovat tuto problematiku v jiných zemích. To znamená sledovat řešení v univerzitním okruhu nebo ve firmách, které se BIM zabývají. Tato tematika je však velice specifická a ne mnoho internetových stránek, především v českém jazyce, se jí zabývá, proto je obtížné získat cenné informace v České republice. Firmy nabízející tvorbu BIM na existujících budovách používají k zaměření stávající budovy převážně laserové skenování. Uvádějí ho jako nejrychlejší, ne však nejekonomičtější, jelikož pořízení skeneru je nákladné. Dalším kladem metody je vysoká přesnost. Pokud se zaměříme na dotazy kladené na odborníky, týkají se především spolupráce výměnného formátu softwaru Revit s jinými výměnnými formáty, které neobsahují 3D informace o prvcích. Například při tvorbě modelu, který obsahuje elektrické rozvody nebo kanalizační odpady, je třeba přesné umístění, což může být velice problematické.



1. Informační model budovy

Termín informační model budovy je spojený se stavebnictvím a představuje budoucnost v tomto oboru. Na problematiku spojenou s tímto termínem pohlíží každý jiným způsobem, v oblasti určitých specifických vlastností však panuje shoda. V následujícím textu bude vysvětlen pojem informační modelování budov a popsány jeho aplikace ve stavebnictví.

1.1 Definice a charakteristika BIM

Hlavní charakteristikou BIM je 3D reprezentace objektů propojená s informacemi obsaženými v modelu a s vlastnostmi jednotlivých objektů v modelu. To znamená, že 3D model bez informací, tvořený objekty, liniemi nebo kružnicemi, je použitelný, ale není klasifikovaný jako BIM. (1), (2)

BIM zahrnuje sérii technologií, které pomáhají přetvářet návrh a samotnou výstavbu objektu. BIM je databáze, která je rozdělena do struktur a souborů podle určitých funkcí. Výkresy, specifikace a další konstrukční detaily nejsou obsaženy v samostatných dokumentech, ale ve zvlášť propojených modelech. Všechny části projektu tedy tvoří souvislou databázi, což zabraňuje kolizím nebo problémům s propojením výkresů. S takovýmto optimalizovaným modelem je pak možné propojení modelů různých profesí. (3)

Definici BIM je několik, uvedeme si jen několik z nich:

- Informační model budovy, neboli BIM, uplatňuje nejvyspělejší metody digitální technologie k zajištění počítačové reprezentace všech fyzikálních a funkčních vlastností zařízení a jeho spojení s projektovanými/stávajícími informacemi a je určen k tomu, být pramenem informací pro vlastníka zařízení za účelem používání a udržování zařízení v průběhu životního cyklu. (3)
- „*Building Information Modeling – technologie informačního modelu budovy pro architektonické a projekční CAD aplikace (např. Autodesk Revit); řeší tvorbu a využití koordinovaných, vnitřně konzistentních a počítatelných informací*

o stavebním projektu – pro architekty, projektanty, statiky, stavitele i vlastníky budovy.“ (CAD fórum) (4)

- *„BIM je proces vytváření a správy dat o budově během celého jejího životního cyklu. Informační model budovy je v podstatě digitální model, který reprezentuje fyzický a funkční objekt s jeho charakteristikami. Slouží jako otevřená databáze informací o objektu pro jeho zrealizování a provoz po dobu jeho užívání.*“ (Wikipedia) (5)

Důležitá pro informační modelování budov je jeho kvalita. Ta je závislá na několika faktorech, jimiž jsou:

- Dobrá struktura – objekt musí odpovídat svému účelu, být uzpůsobený pro plánované analýzy nebo změny.
- Kvalita informací poskytovaných z centrální databáze.
- Model musí být ověřitelný.

Kontrola modelu je rozvíjející se prvek tvorby BIM, který není ještě zcela zaveden v praxi, na jeho základě se rozvíjejí další funkce BIM objektů. Kontrola modelu může být prováděna na úrovni vnitřních předpisů (daných firmou), vnějších předpisů (stanovených klientem) nebo zákonných předpisů, které se v této době momentálně rozvíjejí. (1)

BIM je tedy velice specifický a nezaměnitelný způsob modelování, kterému se zatím nepřibližuje jiný z dosud vyvinutých prostředků pro modelování budov. BIM umožňuje vnímat objekty ve skutečném stavu a s reálnými vlastnostmi. (6)

1.2 Historický, současný a budoucí vývoj BIM

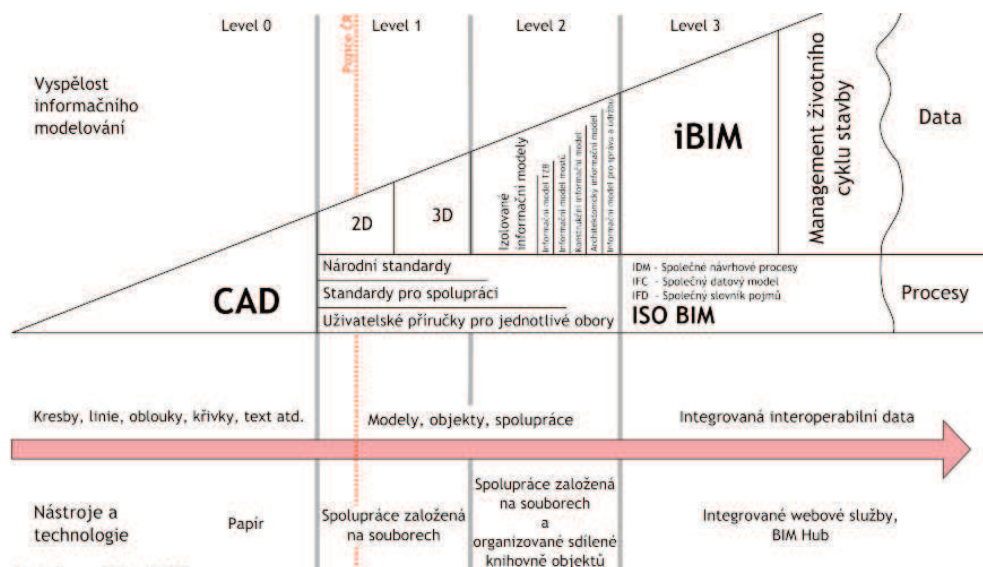
Pojem informační modelování budov se začal objevovat kolem roku 2000 a byl spojen se strukturováním a sdílením informací v modelu. Na počátku tvorby dokumentace objektů se používala pro stavební objekty jakýchkoliv velikostí klasická forma výkresové dokumentace. Tyto výkresy neumožňovaly 3D náhledy a bylo obtížné si celou situaci prostorově představit. Díky tomu bylo pracné odstranit případné kolize, které se právě díky 2D dokumentaci stávaly celkem častými. Navrhování budov se provádělo ručně

nebo ve 2D kreslicím softwaru a později i ve 3D kreslicím softwaru. Výkresy neumožňovaly sdílení informací nebo spolupráci více lidí na jednom projektu. Dokumentace byly ekonomicky náročné, neboť byl každý dokument tisknut zvlášť. Co se týká časové stránky, byla dřív zaměřena pouze na dobu, ve které byl návrh tvořen, a nezohledňovala další aspekty budoucího vývoje budovy. (2)

V současné době dospělo stavebnictví na vyšší úroveň toho, na co byla společnost přes více než 50 let zvyklá. Pokrokem se stalo informační modelování budov, které umožňuje sledovat celý životní cyklus budovy a zohlednit další aspekty, které budovy ovlivňují. Mezi tyto aspekty řadíme čas, který představuje plánování ať už samotné výroby, nebo hospodaření s kritickými zdroji. Dalším aspektem je cena, která je důležitá pro rozpočtáře. BIM může obsahovat několik dalších rozměrů, jako je energetická náročnost budovy nebo správa budovy. Velice důležitým pokrokem je koordinace několika profesí zároveň, to je umožněno přes sdílení projektu. Právě tento aspekt je důležitý pro zkrácení plánování a zvyšuje i kvalitu samotného modelu. BIM dále umožňuje stanovení si takové úrovně detailu, která je podle účelu modelu potřebná. Model může být doplněn

o informace negrafické anebo informace o jednotlivých prvcích, jako je konstrukce, materiál, v jaké časové úrovni výstavby se nachází, energetické vlastnosti prvků a jiné. Tyto vlastnosti pak umožňují provádět jednotlivé analýzy nad modelem nebo správou dat. (6)

Na následujícím grafu, viz obr. 1, je možné sledovat vyspělost informačního modelování budov v České republice. Lze tedy říci, že se naše země nachází na začátku procesu zavádění BIM do firem. Aby mohlo dojít k dalšímu vývoji, je nutná spolupráce skupin, které BIM používají. (6)



obr. 1 Vývoj BIM (6)

Budoucnost informačního modelování spočívá v zavádění BIM do jednotlivých států a v sepsání standardů, které by měly být dodržovány. Tzv. standardy pro BIM představují snahu určitých skupin lidí, která směřuje k lepšímu sdílení dat, zpracovávání a výměnu informací. Pro příklad, v České republice se touto problematikou zabývá sdružení CzBIM nebo rozšířenější působnost má organizace buildingSMART International. Tato organizace spolupracuje s ISO (International Standard Organization) na vytváření norem pro metodiku BIM. K tomu, aby BIM v dané zemi dobře pracoval, je třeba legislativní opatření. Legislativa potom zaručuje podporu vzdělání, státní správy a také investorů. (6)

1.3 Typy a využití modelu

Jelikož se na BIM podílí několik profesí, odpovídá tomu i typ vytvořeného modelu. Každý model je zaměřený na určitou funkci, která samotný model vystihuje. Můžeme tak říct, že typ modelované stavby má pak proměnný cíl. Jako reference je uvedeno rozdělení zavedené v Austrálii, podobné rozdělení můžeme nalézt ve Velké Británii a Singapuru. (1)

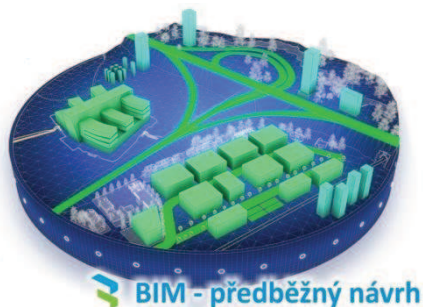
Rozlišujeme tyto typy modelů:

- **Předběžný model**

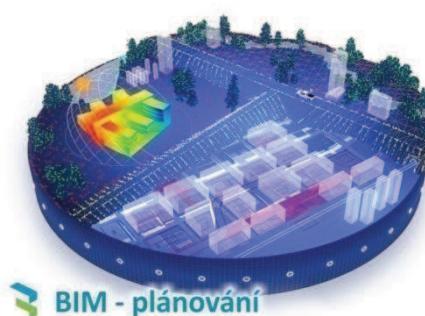
Slouží pro plánování prostoru, kde bude později budova stát. Základem je definovat množství objemu půdy, kterou bude třeba pro výstavbu upravit. Z formálního hlediska se jedná o podklad pro územní souhlas s výstavbou. (1)

- **Návrhový model**

Zahrnuje detailní reprezentaci budovy společně s jejím tvarem, materiály a osvětlením. Probíhá zde spolupráce několika profesí s cílem vizualizace modelu tak, jak by ve skutečnosti měl vypadat. Model je využíván k různým analýzám, simulacím díky specifickým vlastnostem prvků budovy. K základním vlastnostem se dále přidává tepelný výkon, tepelný tok, akustika, energetické využití a vliv na životní prostředí. U velkých projektů se zajišťuje 4D plánování scénáře, což znamená plánování nouzových stavů nebo kontrolu stavů ostatních objektů při rekonstrukci jednoho z objektů. (1)



obr. 2 Předběžný model (7)



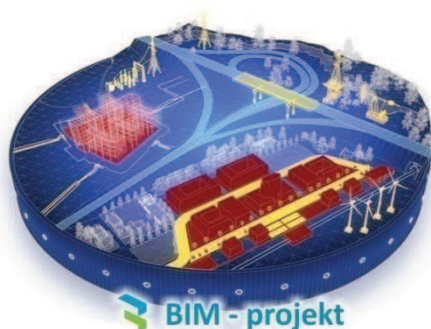
obr. 3 Návrhový model (7)

- **Konstrukční model**

Jedná se o model, který tvoří hranici mezi plánováním a realizací stavby. Zabývá se kontrolou kolizí v návrhovém modelu proto, aby mohl projekt bez problémů přejít do výrobní části. Model se také věnuje finanční stránce z pohledu předpovídání toků peněz do výstavby. Dále jsou zde koordinovány činnosti, které jsou zapotřebí k realizaci výstavby. (1)

- **Výrobní model**

Tento model zahrnuje spolupráci několika firem na základě předávání veřejných zakázek. Představuje celý proces výstavby budovy přes CNC výrobu stavebních dílců až po dočasné práce či výrobu, která probíhá mimo území stavby (prefabrikáty). Tvoří tedy jakousi konstrukční řadu, jejímž výsledkem je hotová reálná stavba. (1)



obr. 4 Konstrukční model (7)



obr. 5 Výrobní model (5)

- **FM model (Facilities Management)**

Tento model je využíván v úrovni, kdy budova je již postavena a je zatěžována vlivy z okolí. Představuje správu majetku a monitoring využívaných zdrojů. Z hlediska zatížení životního prostředí nebo i pohledu zatížení konstrukcí mohou být vytvořeny simulace provozu. (1)



obr. 6 FM model (7)

1.4 Popis a fáze modelování

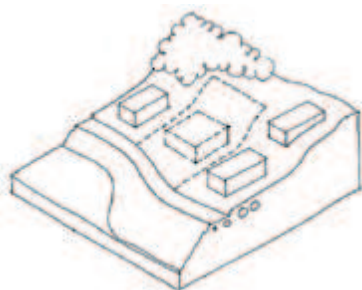
Pokud jsme ve fázi, kdy se chystáme modelovat, je nutné si stanovit, pro jaký cíl bude model vytvářen, podle toho rozlišujeme úroveň detailu. V následujícím textu budou popsány hlavní fáze modelování, které jsou uvedeny v Mezinárodním průvodci informačního modelování vzniklém v Austrálii. V České republice se používají pouze některé fáze a toto rozdělení není ustálené. (1)

- **Předběžný návrh, investiční záměr**

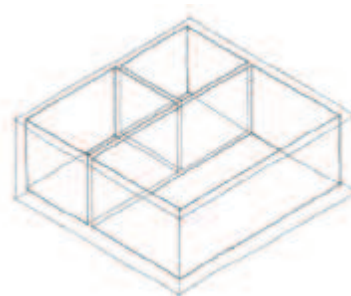
Předběžný model představuje rozvržení prostoru pro stavbu, tedy místo, kde bude budova v budoucnu postavena. Pokud je prováděna rekonstrukce, je zapotřebí dokumentace stávající stavby. Ta může být získána z již existujícího modelu nebo je provedeno zaměření stavby například pomocí laserového skenování, kdy dostaneme detailní mračno bodů budovy. Místo stavby by mělo obsahovat referenční bod a definované souřadnice x, y, z, sever, jih, azimut stočení budovy. Lépe objasňuje obr. 7. (1)

- **Koncepční návrh**

Koncepční návrh představuje jakousi obálku, ve které nejsou zapotřebí detaily. Velikost modelu koresponduje s velikostí navržených místností. Vytvořeny jsou 3D objekty uzavřených zdí, řezy, půdorysy podlaží, které jsou automaticky spojovány a umístovány podle referencí. Návrhový model je základem pro provádění energetických analýz a výkazu výměr místností. (1)



obr. 7 Stručný návrh (1)



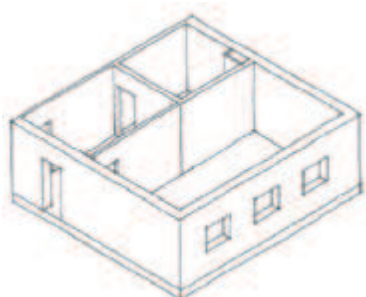
obr. 8 Koncepční návrh (1)

- **Schematický návrh**

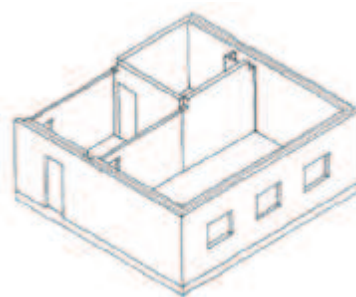
Návrh odráží funkční a fyzické struktury výstavby budovy. Návrh se zabývá celkovým zatížením stavby a doplňuje další informace o budově, jako je například cena. Důležité je dispoziční uspořádání celého prostoru, místností a základních elementů stavby se skutečným geometrickým tvarem, ale bez specifických atributových dat. Úroveň detailu: objektové elementy, geometrie a umístění, předběžné vlastnosti dat v budově, viz obr. 9. (1)

- **Detailní návrh**

Návrh obsahuje informace o materiálech, povrchových úpravách (malba, PVC, keramické obklady a jiné) a o dodavatelských jednotlivých prvcích objektu. Pokud modelujeme obvodové stěny, jsou vytvořeny v každém podlaží zvlášť. Stěny mají informace vnější a vnitřní požární odolnosti. Dveře a okna jsou propojeny se zdí a nesou informace, jakým směrem jsou otvírány. Úroveň detailu: Elementy budovy, předběžné úpravy povrchů, vlastnosti objektů. Tato fáze tvoří základ pro 4D/5D model. (1)



obr. 9 Schematický návrh



obr. 10 Rozvinutý návrh

- **Dokumentace zadání stavby**

Slouží k plánování konstrukcí a je základem pro vyvolání nabídky na trhu. Pro tyto účely obsahuje informace o detailech. Ty jsou dále použitelné pro vytvoření výkresů, které posléze využijí stavebníci. Vytvořené výkresy z modelu BIM musejí korespondovat s tradičními výkresy ve všech úrovních detailu. Pro kontrolu modelu se provádí kontrola

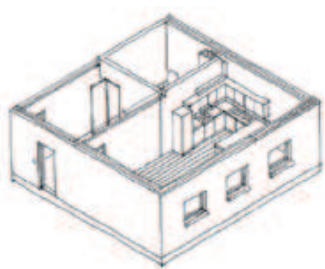
kolizí tak, aby došlo ke koordinaci všech disciplín. Úroveň detailu: Závěrečné povrchové úpravy. (1)

- **Výstavba**

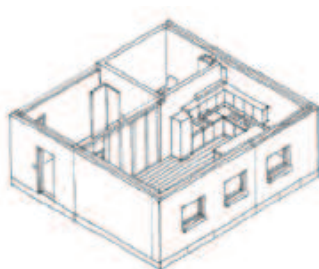
V této fázi se využívají stavební plány s časovým harmonogramem jednotlivých prací. V projektu se zaznamená informace o dodavateli a čase dodávky. Dodavatelům, subdodavatelům a zásobování jsou poskytnuty informace o veškerých geometrických parametrech a vlastnostech stavebních dílců. Výsledkem této fáze je realizovaná stavba. Úroveň detailu: Produktová data, výroba. (1)

- **FM / Po výstavbě**

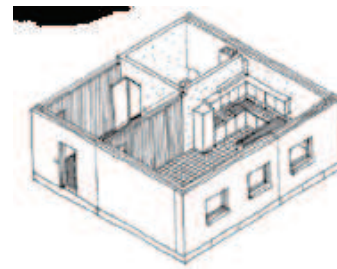
Tato fáze je závěrečná, objekt je obohacen o komponenty a vlastnosti (vybavení místností, typ obložení). Model v této fázi může být dále doplňován o rekonstrukce, údržbu nebo přístavbu. Fáze je prakticky ukončena demolicí samotného objektu, trvá tedy po celou životnost objektu. Slouží pro správu objektu od její realizace až po zánik budovy. Úroveň detailu: Elementy budovy, povrchové úpravy, funkce, geometrie, vlastnosti elementů, konstrukce atd. (1)



obr. 11 Návrh s povrchovými úpravami



obr. 12 Výstavba



obr. 13 Po výstavbě

V těchto zmiňovaných fázích modelování lze najít několik odlišností od tradičních procesů tvorby dokumentace staveb. Je zřejmé, že hranice mezi návrhem a dokumentací a hranice mezi disciplínami se stávají méně výraznými. (1)

1.5 Spolupráce při informačním modelování budov

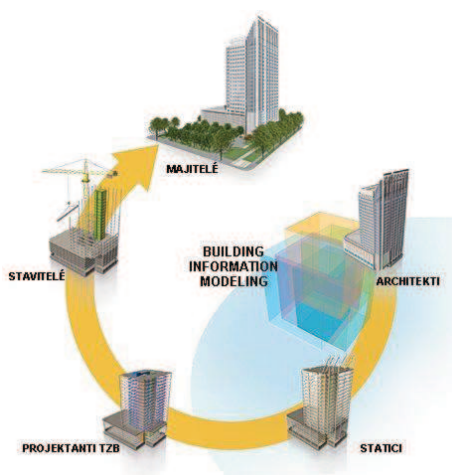
Jelikož BIM představuje centrální informační zdroj, potřebuje mít pevně dané struktury tak, aby nemohlo docházet k určitým kolizím při procesech spojených s BIM. Aby tedy BIM fungoval tak, jak má, je třeba spolupráce mezi jednotlivými subjekty. Proces spolupráce zahrnuje podporu komunikace a spojuje rozhodnutí. (3)

Hlavní podmínkou pro spolupráci je bezesporu **interoperabilita**. Pojem interoperabilita vyjadřuje spolupráci různých systémů tak, aby bylo dosaženo vzájemné součinnosti. V návaznosti na BIM se tedy jedná o schopnost exportovat a importovat data modelu budovy mezi různými vhodnými softwary, a to na základě standardů a protokolů, což například umožňuje různým disciplínám vyměňovat informace mezi sebou tak, aby každý mohl projekt bez problémů otevřít ve svém softwaru. Pokud není interoperabilita zajištěna, dochází k zbytečnému plýtvání časem a s tím spojenému plýtvání financemi. Pro podporu interoperability jsou v jednotlivých státech a na mezinárodní úrovni zakládány instituty pro standardy a technologie, o kterých je zmínka v kapitole 1.2. (3), (1)

Typickým znakem pro BIM je **objektově orientované modelování**. Základem pro toto modelování je objektově orientovaný design, který využívá softwarové objekty. Ty zapouzdřují informace o každém elementu v tomto objektu. Objekty komunikují mezi sebou a také s modelem. Pro snadnější vysvětlení je dobré porovnat BIM s klasickým modelováním, v němž kreslíme linie, které ukazují, kde mají být dané elementy, jako jsou okna nebo dveře, umístěny. V počítači máme pouze jakousi tužku. V BIM navrhování si designér vytvoří objekt zeď, ve kterém jsou vloženy všechny informace charakterizující zeď. Dále může být navrženo okno, které se vloží přímo do zdi a komunikuje s ostatními objekty ve zdi. Pokud nastane změna elementu, ostatní objekty se jí přizpůsobí. Jde o navrhování podobné stavebnici Lego, neboť stavíme z již existujících elementů. (3)

V neposlední řadě BIM zahrnuje také **spolupráci mezi lidmi**, tedy mezi osobami, které jsou do BIM zainteresované. V počáteční fázi je to *investor*, kdo jako první vstupuje do procesu BIM. Investor předkládá zadání a specifikace budoucí stavby, průběžně kontroluje stav projektu. Další, a z pohledu designu nejdůležitější, osobou je *architekt*. Ten díky BIM může efektivně modelovat v 3D prostoru a je schopný vyřešit několik možností návrhu v jednom modelu. Dále využívá automatické generace dokumentace. Po technické stránce

se procesu dále účastní *projektant stavební části*, který přejímá od architekta srozumitelný model ve strukturovaných datech. Projektant doplňuje specifické vlastnosti elementů v modelu. Dalším odborníkem, který se na procesu podílí, je *projektant částí pro TZB*. Zde je kladen velký důraz na celkové náklady na provoz budovy a také na případné kolize instalací, které pak ovlivňují ztrátovost. Referenční architektonický model je pak potřeba pro *statika*. Ten z takového referenčního modelu vytváří výpočetní model zatížení stavby. Celkové náklady procesu tvorby stavby řeší *rozpočtář*. Všechny tyto aspekty jsou důležité pro *zhotovitele* stavby, který je závislý na aktuální a spolehlivé dokumentaci. Aktuální dokumentace je především důležitá pro budoucí správu a údržbu nemovitosti. V neposlední řadě se na tvorbě modelu účastní *Facility Manager*, který je hlavním uživatelem modelu pro správu a údržbu stavby. Všichni výše popsaní odborníci mezi sebou navzájem spolupracují již od samotného počátku návrhu tak, aby společně vytvořili optimální návrh budovy. (6)



obr. 14 Spolupráce v BIM (8)

Ve výše uvedeném textu byly vybrány jedny z hlavních aspektů pro spolupráci na BIM. Výsledkem je efektivní modelování a optimální návrh objektu. V budoucnu je tak možné zkrácení doby budování stavby pomocí BIM.

1.6 Problémy spojené s BIM

Jako každá metoda plánování a modelování, ani informační modelování budov nesplňuje všechny požadavky na ideální metodu. Jelikož je stavebnictví závislé na finančním trhu,

jsou některé problémy úzce spojené s financováním a není snadné je vyřešit. V následujícím textu jsou uvedeny alespoň některé problémy v BIM.

Problém spojený s rozvojem BIM je *nedostatek zakázek*, který se netýká všech zemí, které BIM používají. Pokud se budeme na tento problém dívat z pohledu České republiky, bude tvořit hlavní faktor pomalého rozvoje této oblasti modelování. Důsledkem je to, že BIM stále nepřišel do povědomí stavebnictví. Se zakázkami je úzce spojená *cena* zavedení BIM. Vysokou finanční náročnost zahrnuje školení zaměstnanců, nastavení spolupráce a koordinace procesů ve firmě, softwarové vybavení. Na těchto dvou faktorech je také závislá *kvalifikace zaměstnanců*, uživatelů a správců, kteří jsou stále zvyklí na modelování ve 2D prostoru. Pracovníci nejsou příliš ochotni se učit novým aplikacím a také chybějí odborníci pro samotné řízení projektu metodou BIM.

Dále existují problémy spojené se samotným *modelem*. Na trhu chybí univerzální knihovna BIM objektů, která by byla kompatibilní s různými softwary. V souvislosti s modelem je dále problematické předávání dat modelu v různých nekompatibilních formátech, řešením by bylo předávání v zákonem stanovených otevřených formátech.

Vymáhání autorských práv je dalším problémem, který se může v BIM objevit. Na informační modelování budov se sice práva vztahují, ale nikomu nebrání je porušovat. Pro příklad mějme společnost, která se zabývá návrhem instalací a jejich součástí. V návrhu vytvoří rodinu (o rodinách je pojednáno v kapitole 2.1.1) vodních čerpadel typizovaných pro daný objekt a odešle celý projekt další firmě, která se věnuje jiné problematice. První společnost má autorská práva na vytvořené rodiny, ale druhá společnost je může porušit a předat dál za úplatu jiné firmě. Jestliže tuto druhou firmu nikdo právně nenapadne, nezaplatí žádnou pokutu za porušení autorských práv.

V neposlední řadě je tu problém spojený se *zavedením norem*. Ve většině zemí nejsou sepsána opatření, která by pevně stanovila pravidla pro modelování pomocí BIM a pro formální používání BIM.

1.7 Aplikace BIM

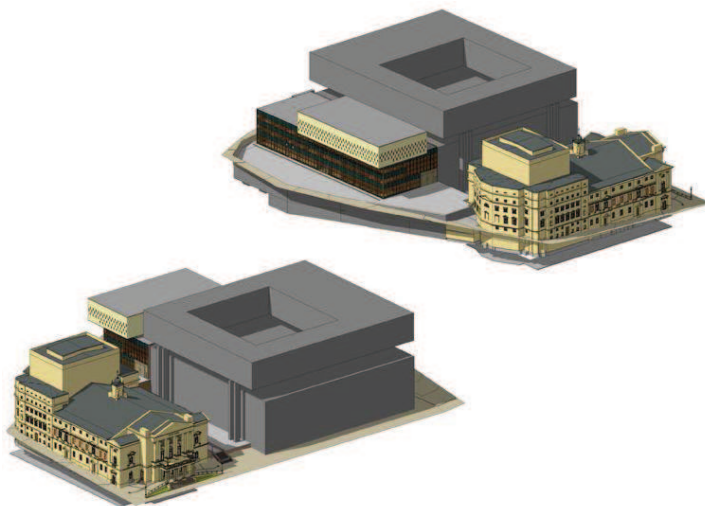
Pokud se budeme zabývat pouze aplikacemi BIM v České republice, provádí je velice málo firem. Aplikace BIM jsou v celé řadě odvětví stavebnictví. Pro potřebu BIM je

důležité programové vybavení firem a také vývoj softwaru právě pro jednotlivé obory. Pro tvorbu BIM existuje na trhu několik programů, nejznámějšími jsou Revit, Naviswork, Microstation 8.5 s nástavbou Bentley Architecture, ArchiCAD, Allplan nebo Tekla.

V následujícím textu si představíme hlavní disciplíny stavebnictví, které pro svoji odbornou činnost používají BIM.

Architektura

Architektura používá BIM především pro projektování nových staveb a pro rekonstrukce. Při plánování nové stavby je důležité její fyzické umístění a vztah stavby k jejímu okolí, neboť může být určitými faktory omezena (prostorem, vedlejší budovou, povětrnostními podmínkami a jinými faktory). Hlavní výhodou je vizualizace dané budovy, architekt si díky BIM může prohlédnout nejen kompoziční, ale i designovou stránku budovy. Pro rekonstrukci je důležitá dokumentace skutečného provedení stavby, viz obr. 15, kdy geodet zaměří stávající stav, vymodeluje jej a architekt následně doplní model o novou část budovy a rozpočtář vypočte náklady na rekonstrukci.



obr. 15 Dokumentace skutečného provedení stavby, Státní opera Praha (9)

TZB

Pro TZB je důležitá přesnost zaměření skutečného stavu objektu a přesnost modelování podkladů pro navrhování TZB, na čemž se podílejí geodeti. Na těchto přesnostech závisí

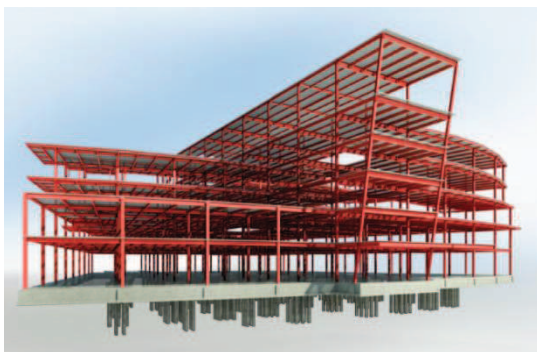
umístění instalací v objektu. TZB je projektován na stávajících budovách nebo na budovách, které jsou ve výstavbě. Důležité je vhodné navržení instalací tak, aby nedocházelo ke kolizím, což dokáže zajistit právě BIM. Ve vhodném softwaru projektant získá model budovy s případnými informacemi o stávajících objektech TZB. Následně navrhne rozvody elektrického, kanalizačního a plynového vedení. Výsledný model nabídne pohled na vzájemnou korespondenci všech prvků, viz obr. 16.



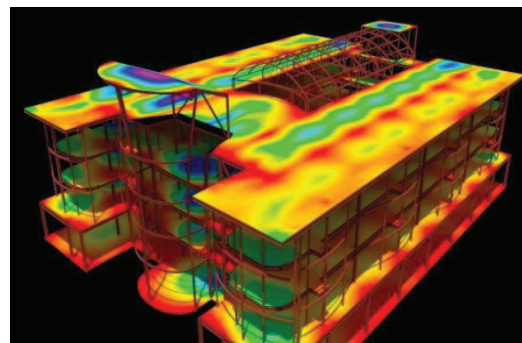
obr. 16 TZB v aquaparku

Statika

Statika se věnuje stabilitě a funkčnosti budovy. Statiku řešíme před samotným plánováním budovy a případně za plného provozu, kdy pozorujeme skutečnou zátěž na budovu. Ve speciálním softwaru statik navrhne konstrukci budovy, viz obr. 17, a provede příslušné analýzy. Díky BIM získá kvalitní podklady pro analýzu a může předat výsledky ostatním odborníkům, kteří se podílejí na návrhu stavby. Výsledkem je model, který splňuje požadavky na statiku. Současně model zobrazuje, v jakých místech dochází k malému a velkému zatížení konstrukce, viz obr. 18.



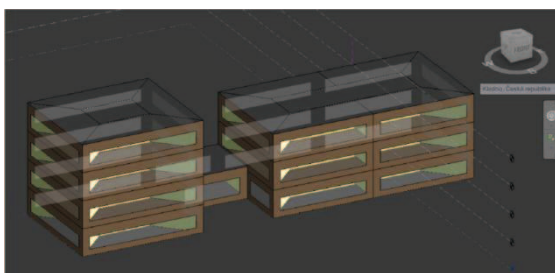
obr. 17 Statika (10)



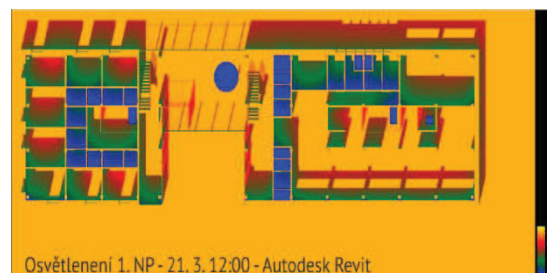
obr. 18 Analýza zatížení (10)

Energetická optimalizace budovy

Analýza energetické optimalizace budovy je jednou z rozvíjejících se problematik v rámci BIM. Jde o analýzy, které dokážou stanovit energetické úspory budovy, popřípadě stanovit vhodná řešení pro energetické uspořádání budovy. Nejdříve je třeba vytvořit předběžný návrh, který obsahuje průzkum pozemku, povětrnostní podmínky a limity. Dále je vytvořen návrh s energetickým konceptem, návrhem hmoty (viz obr. 19) a dispozicí budovy. Na závěr je provedena detailní energetická analýza, kdy dochází k různým simulacím proudění vzduchu nebo osvětlení v jednotlivých místnostech, viz obr. 20. Z těchto analýz je vypočten energetický model, který zahrnuje reálné fyzikální vlastnosti konstrukcí a výpočet zisků a ztrát. V součinnosti s geodetem je proveden průzkum pozemku a získání podkladů pro energetickou optimalizaci budovy pomocí zaměření stávající stavby. (11)



obr. 19 Energetická hmota (11)



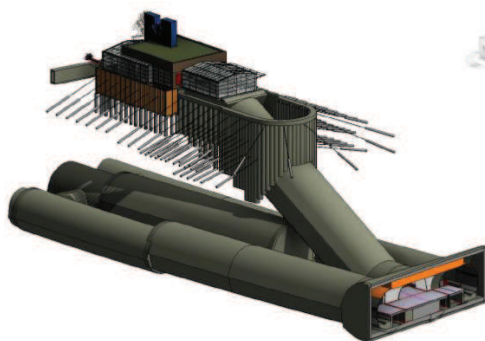
obr. 20 Analýza osvětlení místnosti (11)

Příklad zahrnutí všech odborností v jednom projektu

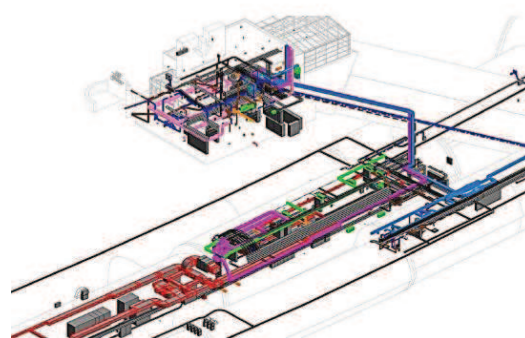
Metro je dobrým příkladem toho, jak se dají výše uvedené aplikace využít. Výstavba metra zahrnuje soulad mnoha disciplín, proto je těžké vymodelovat BIM bez kolizí. Nejprve je

nutný návrh kompozice staničních budov, následné trasy a všech parametrů s tím spojených, např. sklon koleje, směrový a výškový polygon trasy, viz obr. 21. Následuje návrh instalací s tím, že je nutné zohlednit umístění rozvoden a potrubí tak, aby nedošlo k případným kolizím při výstavbě, viz obr. 22. Díky BIM pak tedy dochází k větší komunikaci na staveništi a mezi jednotlivými profesemi, dále umožňuje transport do 2D výkresů, a vzhledem k tomu, že jde o práci v 3D, nabízí i jiný úhel pohledu na dané problematiku. V tomto případě je úkolem geodeta zaměření prostoru před začátkem stavby, dále vytyčuje umístění veškerých objektů a v neposlední řadě také provádí měření pro tvorbu dokumentace skutečného provedení stavby, která udává odchylky od projektovaného modelu metra. Návrhový model může být doplněn právě o toto měření.

(12)



obr. 21 Kompozice metra (12)



obr. 22 Návrh instalací v metru (12)

1.8 Ukázky zavedení informačního modelu budovy v zahraničí

V dnešní době BIM používá jen málo států z celého světa. Protože jde o velice vyspělý proces, zahrnuje několik dalších činností směřujících k zavedení BIM v praxi. Pokud se však přece jenom daný stát rozhodne pro BIM, je třeba zavést standardy pro BIM. Situace v České republice je popsána v kapitole 1.2V následujícím textu si představíme BIM ve státech, kde je již úspěšně zaveden do praxe nebo se teprve rozvíjí.

Evropa

- **Finsko, Norsko** – jsou jedny z prvních států, které do své státní správy zahrnuly BIM, a to konkrétně pro správu budov (zavedena v roce 2007). Výsledkem je BIM model ve výměnném formátu IFC. Další využití BIM je pak ve vyhodnocování energetické náročnosti a do budoucna plánují BIM pro projektování liniových

staveb. Konkrétně v Norsku se pak na procesu BIM podílejí i menší projekty, o čemž svědčí 70% účast BIM v architektonických ateliérech. (6)

- **Nizozemsko, Dánsko** – v Nizozemsku je účinnost požadavků na BIM od 1. 11. 2011 a vztahuje se na projekty nad 10 mil. €, využívá se opět ve státní správě. V Dánsku se první požadavky na BIM začaly rýsovat v roce 2007. Navíc byly zavedeny výkazy výměr jako povinná součást dokumentace. V roce 2011 byl v Dánsku povinně zaveden BIM u projektů nad 20 mil. DKr (2,7 mil. €). (6)
- **Velká Británie** – je v tomto směru nejlépe se ubírajícím státem, ve kterém velké procento firem ve stavebním průmyslu věří, že BIM je tou správnou cestou do budoucnosti. Velkou podporou BIM je zpracování National BIM Library, která obsahuje přes 350 elementů (stavebních dílců – okna, dveře a další). (6)
- **Německo** – stejně jako u nás je na samém začátku kvůli používaným normám, které jsou v každém státu Německa jiné. Německo je však podpořeno tím, že se zde vyvíjí softwary právě pro BIM. (6)

USA

Hlavním úkolem BIM v USA je snižování nákladů na celý životní cyklus budovy. Pro papírovou dokumentaci mají zavedeny CAD standardy a pro digitální informace BIM standardy. V roce 2012 byla publikována verze 2.0 pro BIM standardy. Tato verze obsahuje požadavky ISO norem. V USA se vyskytly také požadavky na FM, jako je dokument COBie. (6)

Asie

- **Singapur** – stal se průkopníkem v rozvoji automatické kontroly modelu BIM podle požadovaných předpisů v Singapuru. Zde má BIM velkou podporu ve vládě, která chystá zavést BIM v roce 2015, a to pro projekty s rozlohou 5000 m². (6)
- **Čína** – první projekty BIM byly využity na olympijských hrách v roce 2008, ale pouze v klasických 3D modelech. Jelikož Čína stále používá 5leté plány, další pokroky zejména ve vládních ustanoveních jsou zdlouhavé. Již nyní se však začaly



firmy zajímat o BIM problematiku, a to zejména v souvislosti s životním prostředím. (6)

Austrálie

Hlavním předmětem tvorby BIM v Austrálii je ochrana životního prostředí a snížení uhlíkových emisí. Pro podporu BIM byla sepsána základní pravidla National Guidelines for Digital Modelling. Od 1. 7. 2016 by se BIM měl využívat na vládních budovách. Tak, jak je tomu i ve Velké Británii, v Austrálii se rozvíjí projekt National Object Library. (6)



2. Vypracování metodik pro tvorbu informačního modelu budovy

Předmětem této diplomové práce je vytvoření metodik pro tvorbu informačního modelu budovy zadaných objektů. Pro vypracování metodik bylo nejdříve třeba zvolit metody sběru dat pro tvorbu BIM modelu. Vhodnými metodami se staly metoda laserového skenování, zaměření objektu totální stanicí a tvorba modelu dle přepracování stávající dokumentace. Na základě jednotlivých metod bylo provedeno zaměření objektů, kde každý objekt je svým uspořádáním specifický. Dále bylo třeba vybrat software pro rychlé zpracování naměřených dat a připravit data k importu do zvoleného modelovacího softwaru. Pro účely modelu BIM je zapotřebí vhodné softwarové prostředí pro vytvoření modelu tak, aby model obsahoval všechny náležitosti informačního modelování budov. Software pro vytvoření modelu byl zvolen podle dostupnosti na českém trhu a stal se jím software Autodesk Revit. Na základě jednotlivých modelů byly vytvořeny metodiky pro tvorbu BIM, které jsou uvedeny v přílohách této práce. V následujícím textu bude popsán zpracovatelský software s jeho vlastnostmi, detailní postup prací vedoucí k výslednému modelu BIM podle jednotlivých metod sběru dat a závěrečné porovnání metod podle hledisek vztahujících se k modelu.

2.1 Autodesk Revit

Jako zpracovatelský software byl zvolen Autodesk Revit, který je nástrojem pro vytváření modelů BIM. Tento program byl vybrán proto, že se jedná o nejrozšířenější BIM software v České republice. Revit je jedním z produktů firmy Autodesk, která mimo jiné vytváří známější softwary, jako je AutoCAD Civil, AutoCAD Architecture a jiné. Revit tvoří hlavní nástroj pro tvorbu BIM, kdy zachycuje celý životní cyklus budovy, a to nejen z architektonické části, ale také z hlediska konstrukce nebo TZB systémů.

Z historického hlediska byl Revit vytvářen samostatnou firmou Revit, založenou v roce 1997. Posléze v roce 2002 byla společnost spojena s Autodeskem, a proto je z funkčního hlediska Revit odlišný od ostatních softwarů vyvinutých Autodeskem. První verzí byl Revit R8, následoval R8.1, R9. Označení, jaké známe dnes, je z roku 2008, tehdy však byly rozlišovány verze pro jednotlivá odvětví, jako například Architecture, Structure. V roce 2013 se spojily do jedné verze Revit 2013. Nejnovější variantou softwaru je tedy Revit 2015. (8)

Nyní se pokusím popsat alespoň některé základní pojmy spojené s Revitem. Pro podrobnější popis funkcí Revit odkazuji na Nápovědu Revit, viz odkaz (13).

2.1.1 Rodina

Základním pojmem, se kterým Revit pracuje, je rodina. Rodina je soubor se společnými funkčními vlastnostmi, jako jsou okna, dveře, zdi a jiné elementy, které se při BIM používají. Každá rodina obsahuje několik typů elementů, každý element má vlastní parametry, jako je rozměr, skladba nebo také energetické vlastnosti. Každý element si můžeme vytvořit sami právě tak, jak je tomu v projektové dokumentaci nebo ve skutečnosti. Pokud si vytvoříme rodinu, která je společná pro několik projektů, je možné ji exportovat a následně importovat do požadovaného projektu. Každý projekt obsahuje základní druhy rodin se základními elementy. Tyto elementy je pak možné duplikovat a měnit jejich požadované parametry. Pokud jsou danému elementu změněny parametry během modelování, objeví se změna v celém projektu a nemusíme těžkopádně měnit každý element zvlášť. Jednotlivé rodiny lze vytvořit v samostatném okně a prostředí.

2.1.2 Revit a jeho funkce

Jak už bylo zmíněno dříve, základní vlastností BIM je multidisciplinárnost, s tímto faktem pracuje i Revit. Je důležité si na začátku stanovit, na jaké úrovni budeme model tvořit, jaké detaily a přesnost je třeba dodržet a jaký zdroj dat budeme používat. Revit umožňuje nastavit parametry projektu a také jednotky, ve kterých budeme pracovat. Dále je schopný importovat nebo propojit projekt se zdrojovými daty, možností máme několik:

- Propojit nebo importovat CAD – formáty typu *.dwg, *.dxf a jiné
- Připojit Revit – připojí další projekt ve formátu *.rvt
- Mračno bodů – importuje mračno bodů
- Načíst rodinu
- Obrázek

Před samotným vložením je nutné si uvědomit, zda importujeme 3D data, nebo jen určité podlaží či pohledy.

Dále můžeme modelovat podle určitého účelu. Ten může být konstrukční nebo architektonický, případně můžeme vytvořit terénní model, na kterém si vymezíme samotnou parcelu a umístění stavby v referenčním systému vložením souřadnice rohu budovy. Projekt tedy obsahuje dva referenční body, jeden bod je referenčním bodem projektu a druhý je v referenčním souřadnicovém systému, pro Českou republiku tedy v S-JTSK. Současně můžeme nastavit i nadmořskou výšku umístění parcely.

Pro velké projekty je pak důležitá spolupráce, kdy při vytváření projektu stanovíme, zda se jedná o centrální model, nebo o lokální model. Poté může pracovat více lidí na jednom projektu právě přes centrální model prostřednictvím několika lokálních modelů. Během samotného modelování je důležité ukládání a synchronizace s centrálním projektem. Každý lokální model pracuje pod určitým uživatelským jménem, které má povolení k úpravám. Toto povolení se nastavuje v pracovních sadách, kdy každý uživatel má povolení upravovat určité typy elementů. Pokud bychom provedli úpravu na nepovoleném elementu, Revit ji rozpozná a dialogovým oknem ohlásí, že není povolena úprava. Při modelování můžeme provádět úpravy jednotlivých prvků. Další funkční vlastností Revitu je kontrola kolizí. Tento nástroj dokáže rozpoznat chyby, které jsou vzhledem ke konstrukci nepřijatelné, například duplicita.

Pokud model obsahuje místnosti, vložíme je do modelu podle příslušného číslování a označení (např. B212 PC místnost). Automaticky se vytvoří *Výkaz místností*, ve kterém místnosti přiřadíme další vlastnosti, jako jsou povrchové úpravy stěn, stropů, podlah. Každá místnost má pak vlastní výměru, která je důležitá pro analýzy modelu. Pokud máme hotový model, můžeme využít dalších funkcí pro analýzy konečného modelu. Revit je schopný dělat energetické analýzy, objemové analýzy. Výsledkem jsou pak grafy a porovnání výsledků.

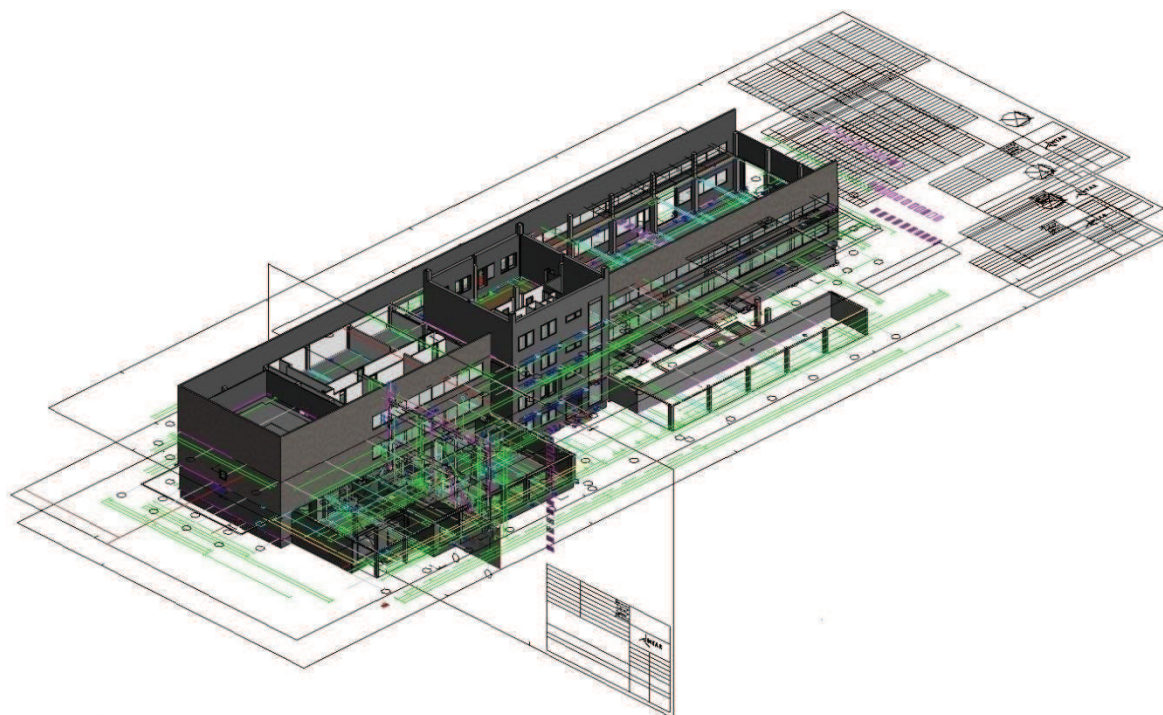
2.2 Metody pro tvorbu modelu existující budovy

Metod sběru dat pro tvorbu BIM je velká řada, ať už to jsou geodetické metody, nebo fotogrammetrické metody. Před samotným měřením je třeba stanovit, jaká metoda bude pro danou strukturu objektu nejvýhodnější z časového či ekonomického hlediska. V následujícím textu budou popsány metody, které byly pro tvorbu BIM zadány. Posléze budou mezi sebou porovnány v závislosti na typu budovy, dostupné technice, časové a finanční náročnosti a bude stanoveno, která z nich je pro BIM nejvýhodnější.

2.2.1 Tvorba BIM přepracováním stávající dokumentace

Předmětem tvorby BIM byla budova výzkumného centra AdMaS, konkrétně pavilon 4, kde se v budoucnu bude nacházet působoviště výzkumných pracovníků v oboru stavebnictví. Tato budova je teprve ve výstavbě, takže nebylo možné provést zaměření stávajícího stavu. K dispozici byly projekční výkresy společně se všemi detaily oken, dveří a klempířských prací. V budoucnu bude BIM použit pro energetické analýzy (viz kapitola 1.5).

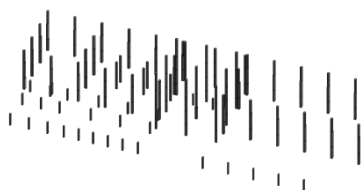
Nejprve bylo třeba importovat výkresy do projektu v Autodesk Revit. Jelikož se nejdříve stanovují výškové úrovně budovy, byly importovány bokorysné řezy a byly stanoveny jednotlivé výšky podlaží. Následovalo načtení půdorysných výkresů do jednotlivých úrovní a u každého byla nastavena průhlednost tak, aby bylo možné jednotlivé půdorysy mezi sebou referencovat. Referencování proběhlo pomocí půdorysných osnov, řezy byly přeneseny na místa jejich určení v půdoryse. Kompletní výsledek rozložení výkresů v 3D pohledu viz obr. 23.



obr. 23 Importované výkresy a rozpracovaný model

Jelikož se jedná o prostornou budovu, která by pro zpracování jednou osobu byla velice časově náročná, bylo důležité nastavení spolupráce, o které je pojednáno v kapitole 2.1.2. Důležitým krokem bylo vytvoření jednotlivých rodin zdí, oken, dveří, podlah, sloupů a dalších elementů v budově. Pro okna a dveře byly vytvořeny nové rodiny, a to pomocí funkce tvorby rodin. Každá rodina je vytvořena v jejím půdorysném a bokorysném tvaru doplněném o specifikace elementu, např. klika u dveří nebo parapet u oken. Stěny, podlahy a sloupy byly vytvořeny pomocí duplikování předdefinovaných rodin v Revitu. Jelikož projekt neobsahuje materiály, ze kterých mají být elementy vytvořeny, musely být pro tyto účely vytvořeny nové. Jednotlivé rodiny byly pojmenovány podle označení v projekčních výkresech a jejich skladba odpovídá tomu, jakou budou mít podobu ve skutečnosti.

Jako první byly modelovány nosné prvky budovy. Nejdříve byly umisťovány nosné sloupy, a to v jednotlivých podlažích. Jelikož by na sebe měly sloupy v každém podlaží navazovat, byla potřeba 3D vizualizační kontrola, kterou můžeme vidět na obr. 24 a obr. 25.



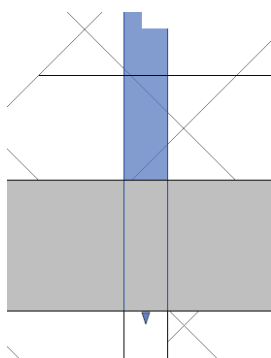
obr. 24 3D vizualizace sloupů A



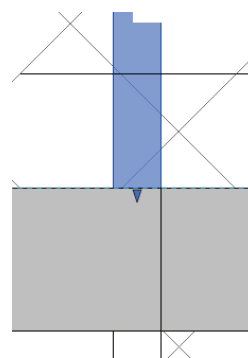
obr. 25 3D vizualizace sloupů B

Následně byly umístěny stěny, a to obvodové a vnitřní. U obvodového zdiva vznikl problém se zateplením, které bylo v některých částech rozdílné, proto bylo vytvořeno zdivo, které obsahovalo pouze složku zateplení. V rámci toho bylo možné zateplení vkládat i do těch míst, kde se stěna dotýkala nosného sloupu a pro zachování termoizolačních vlastností bylo třeba vyplnit mezery plstí nebo polystyrenem. Pokud se některá z vnitřních stěn dotýkala sloupů, byl sloup automaticky překreslen vzorem stěny.

Následně byly modelovány podlahy. Jelikož v každé místnosti byla skladba podlahy různá, musely se vkládat do jednotlivých místností zvlášť. Přitom bylo třeba, aby se jednotlivé podlahy nekřížily a plynule na sebe navazovaly. Pokud hrana podlahy končila na kraji budovy, byl její obrys zakončen na hranici zdiva a tepelné izolace. To zapříčinilo, že se všechna zdiva v jednotlivých úrovních odpojila a připojila se k podlaze. V obvodovém zdivu nastal problém s izolací, která musela být přetažena přes podlahu tak, aby byla propojena po celé výšce budovy. Další problém nastal se sádrokartonovými příčkami, které se propojily s podlahou, což ve skutečnosti není možné, protože nejde o nosné zdivo. Řešením bylo odsazení příčky o šířku podlahy tak, aby příčka přesně dosedla na podlahu, viz obr. 27.

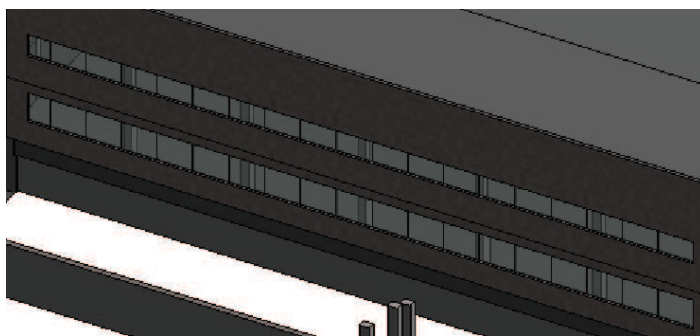


obr. 26 Špatné propojení příčky a podlahy



obr. 27 Opravené propojení příčky a podlahy

Po vytvoření těchto nosných částí bylo třeba umístit okna a dveře. Vkládání dveří bylo velice jednoduché a bez obtíží. U oken, která byla samostatná, opět žádný problém nenastal. Okna, která se skládala z více částí, byla vytvořena jako prosklená stěna. U stávající stěny byl vytvořen otvor, do kterého byla tato prosklená stěna vložena. Automaticky se odpojila izolace od dolního podlaží, a tak izolace nepřekrývala podlahu. Když byla izolace opětovně přetažena přes podlahu, přetáhla se i přes prosklenou stěnu. Řešením bylo vytvořit jedno okno, které bude odpovídat rozměrům celé okenní sestavy. Obdobně se stalo u oken vedených vertikálně přes všechna podlaží.



obr. 28 Horizontální pás oken

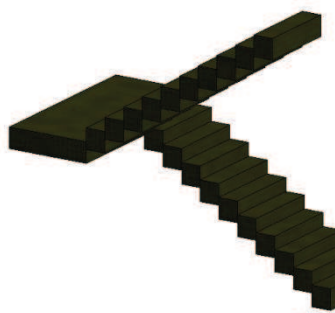


obr. 29 Vertikální pás oken

Pro propojení jednotlivých podlaží bylo třeba vymodelovat schody. Nejdříve bylo stanoveno, odkud budou schody vedeny a kde budou končit. Jejich přesná délka, výška a šířka jednoho schodu byly nastaveny ve vlastnostech. Jelikož se zábradlí modeluje automaticky se schody, bylo třeba je umazat a vložit správný typ zábradlí. Pokud se v projektu nenachází jen jednoramenné, ale i dvouramenné schody, bylo třeba vložit podestu. Složitější modelování nastalo u schodů, které vedou na střechu a jsou točité. V tomto případě nebylo možné schodiště přesně vymodelovat podle projektu, neboť jednotlivé schody jsou stočené podle opěrného sloupu. Umístění schodů v celém modelu můžeme sledovat na obr. 30.



obr. 30 Schody A



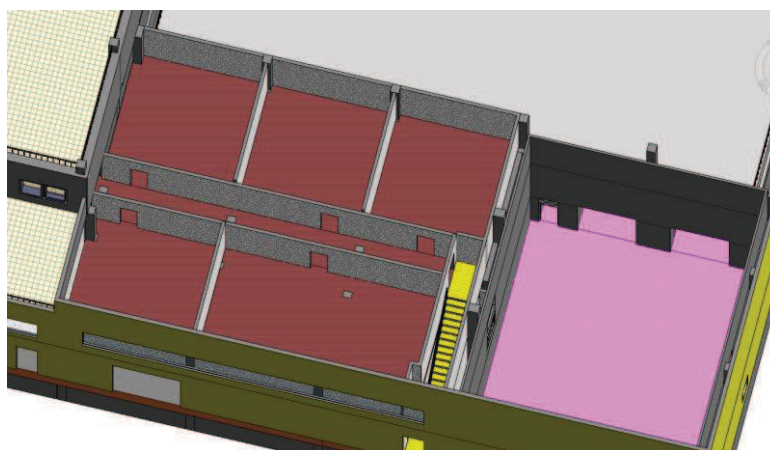
obr. 31 Schody B



obr. 32 Točité schody

Posledním konstrukčním prvkem celé budovy byla střecha, podlaha horní a dolní terasy. Střecha měla mírné sklony a byla ve tvaru písmene A. Problémem se stalo umístění střechy, jejíž konec byl na obvodových stěnách, které posléze tvořily atiku. Proto bylo třeba vytvořit další výškovou úroveň pro střechu a pro konec atiky. Dále bylo třeba vytvořit terasu v nejvyšší úrovni budovy a opatřit ji zábradlím. Jelikož do terasy zasahovaly i nosné sloupy, bylo nutné je protáhnout do správné úrovně. Dolní terasa byla současně střechou garáží.

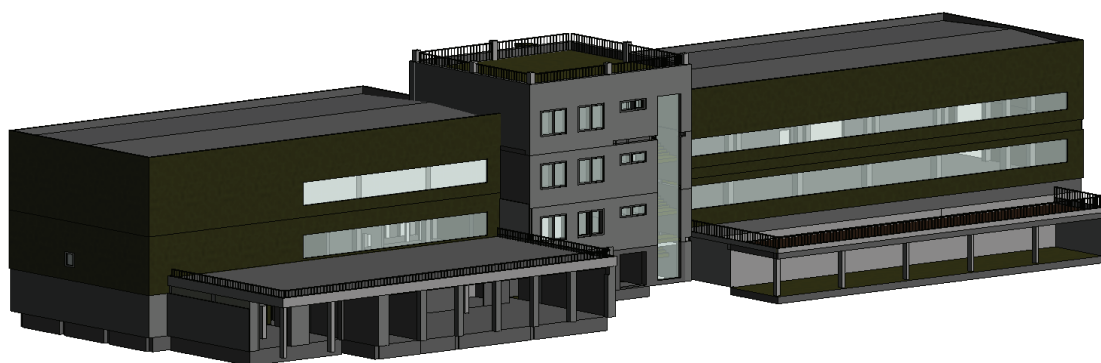
Aby místnosti byly kompletní, bylo možné vymodelovat podhledy. Funkce tvorby podhledů se v tomto případě nacházela pod názvem stropy. Ve vlastnostech projektu byl vytvořen další půdorys, a to půdorys stropů. Podhledy byly tvořeny na základě jejich hran, výška podhledu se vztahuje k podlaze a nastavuje se společně s jejím složením ve vlastnostech. Při tvorbě podhledů je třeba si dát pozor na to, aby se nekřížila dolní část podlahy jiného podlaží s podhledem nebo také výška místnosti s podhledem.



obr. 33 Náhled do vymodelovaných místností

Jakmile byly všechny konstrukční prvky dokončeny, bylo třeba pro budoucí analýzy vkládat místnosti s jejich správným popisem. Místnosti by se neměly překrývat, a pokud je máme správně uzavřené stěnami, dojde pomocí automatického označování hranic místností k určení obvodu místnosti. Každá místnost je ohraničena vnitřní stranou zdiva. V prohlížeči projektu se aktivuje výkaz místností. Aby mohla být provedena energetická analýza, bylo třeba doplnit patřičné sloupce, které udávaly další vlastnosti místnosti. Těmito vlastnostmi se myslí povrchové úpravy stěn (malba, keramické obklady a jiné) a podlahy (PVC, keramická dlažba a jiné). Poté se zde mohla nastavit výška místnosti podle toho, zda se v místnosti nacházely podhledy či nikoliv. Nakonec byly ve výkaze vypočteny veškeré povrchy místností, a tím i celková užitná plocha budovy.

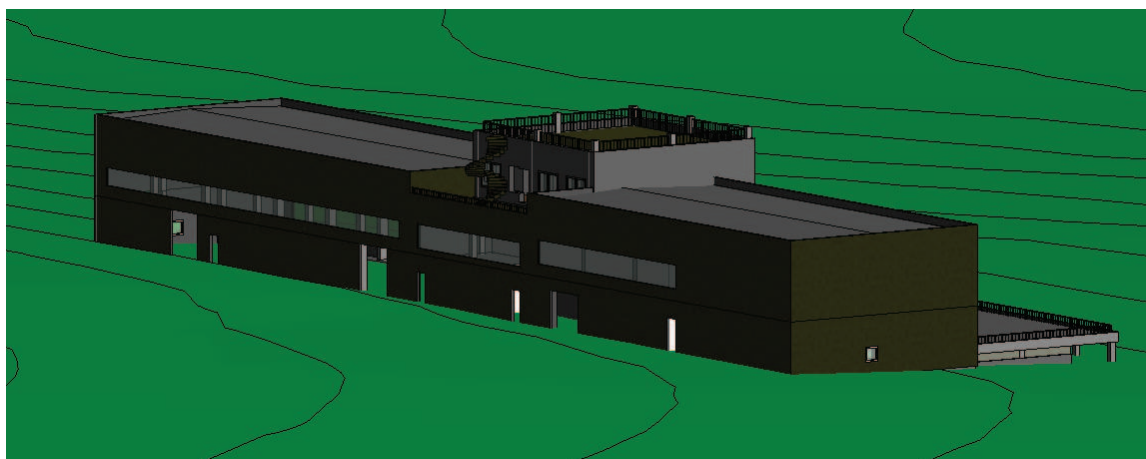
Pro tepelnou techniku je také třeba stanovit, v jakých zeměpisných šířkách a nadmořské výšce se budova nachází. K tomu slouží další funkce Revit, která je podrobněji popsána v kapitole 2.1.2. Pro kontrolu celého modelu bylo potřeba spustit kontrolu kolizí proto, aby bezchybný model mohl být použit k dalšímu zpracování. V kontrole kolizí jsou jednotlivé problémy strukturovány podle typů elementů. Každý element má své identifikační číslo, podle kterého jej bylo možné v modelu vyhledat a opravit podle patřičného problému. Celkový počet kolizí se snížil na minimum, ale některé nebylo možné opravit a přetrvávají v modelu dál. Výsledný model si můžeme prohlédnout z předního pohledu na obr. 34 a ze zadního pohledu na obr. 35.



obr. 34 Přední pohled na budovu

Poslední součástí projektu byl import digitálního modelu terénu. Díky známé výšce objektu a výškám vrstevnic je možné terén referencovat na objekt. Následně lze vyznačit

na terénu parcelu stavby, kde se automaticky vytvoří rovina, na níž se pak postaví celý objekt. Tato funkce slouží pro výpočet kubatur a je možno stanovit náklady na odstranění přebytečné zeminy. Dále je možné vymodelovat celé prostředí objektu se stromy, keři, zatravněnými plochami, a vytvořit tak reálnou scénérii.



obr. 35 Zadní pohled na budovu s terénem

Metoda pracuje pouze s projekčními výkresy a nevyužívá zaměření budovy. Výsledný model je na vysoké úrovni detailu a slouží jako dobrý podklad pro budoucí analýzy prováděné nad objektem. Jelikož se jedná o rozsáhlý objekt, trvalo modelování dlouho i za využití spolupráce s kolegyní Věrou Pavlíčkovou. Po dokončení stavby doporučuji provést DSPS.

2.2.2 Tvorba BIM s použitím pozemního skeneru

Za účelem vytvoření metodiky BIM s použitím pozemního skeneru bylo zadáno zaměření exteriéru budovy metodou laserového skenování. Pro potřeby modelování interiéru budovy byla k dispozici výkresová dokumentace. Vybraným objektem pro tvorbu BIM se stal panelový dům v brněnské části Nový Lískovec na ulici Oblá 2. Jedná se o osmipodlažní panelový dům, který má všechna patra o stejném dispozičním uspořádání. Vytvořený model bude sloužit pro energetické analýzy. V první řadě bylo třeba provést rekognoskaci daného objektu a rozhodnout, jakým způsobem bude postupováno při zaměření objektu.

Výsledkem skenování jsou spojené skeny převedené na mračno bodů. Za tímto účelem bylo potřeba použít sférické koule a kódové terče. Pro měření byl použit laser skener FARO Focus 3D, jehož dosah činí 60 m od skeneru, další jeho vlastnosti nalezneme

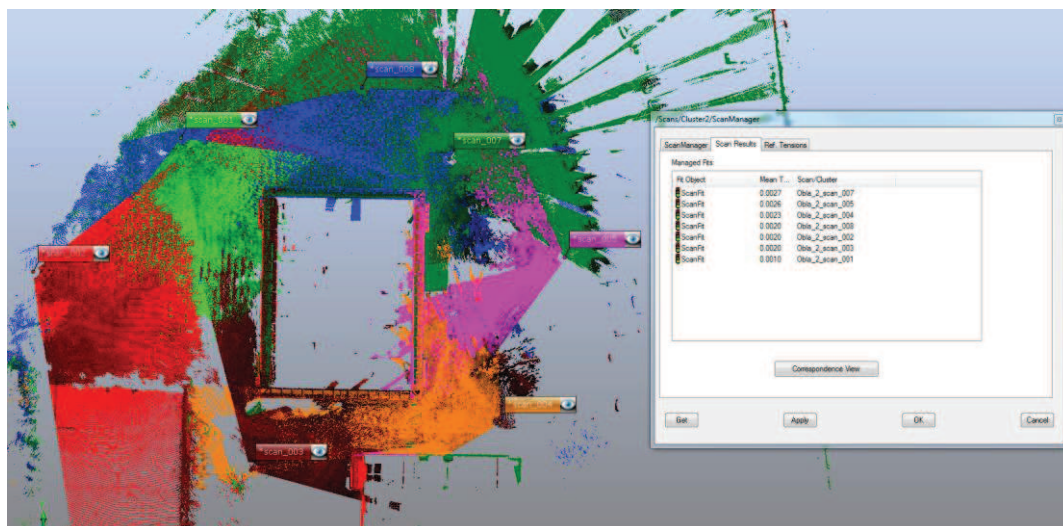
v příloze č. 2. Prvním úkolem bylo rozmístění sférických koulí tak, aby nebyly v příliš velké vzdálenosti od skeneru a byly rovnoměrně rozmístěné po terénu. S tímto krokem také souvisí určení postavení přístroje tak, aby byl viditelný celý objekt a pro pozdější zpracování byla každá stěna objektu viditelná alespoň ze dvou stanovisek. Dále následovalo samotné měření, kdy byl postupně skenerem obejit celý objekt. Pro kontrolu, že bylo vše změřeno, sloužil náhled změřeného skenu ve skeneru.

Následovalo stažení dat z SD karty (paměťová karta laserového skeneru) pomocí přetažení získaných skenů do softwaru FARO Scene. Poté bylo třeba načíst data do pracovního prostředí, čímž skeny získaly svou skutečnou objemovou velikost dat a byly převedeny na formát *.fls (dříve formát *.flt s velikostí 0B). Po tomto kroku byla možná vizualizace jednotlivých skenů pomocí panoramatického nebo ortografického pohledu, viz obr. 36.



obr. 36 Panoramatický pohled na sken

Pro propojení skenů byla použita poloautomatická metoda, kdy bylo prováděno označení sférických ploch, kódových terčů a identických ploch, které se nacházely na více než jednom skenu. Propojení skenů pomocí detekce ploch bylo provedeno z toho důvodu, že v terénu byly špatně rozmístěny sférické plochy a kvůli tomu nebyl zdárný první pokus o poloautomatické propojení skenů. Po provedení poloautomatického spojení skenů byl umožněn ortogonální náhled na výsledek propojení, viz obr. 37. Pomocí funkce FARO Scene byly jednotlivé skeny sloučeny do jednoho mračna bodů, aby byly možné další operace.



obr. 37 Výsledek propojení skenů

Jelikož předmětem zájmu byl samotný panelový dům bez okolí, bylo třeba mračno bodů ořezat. To způsobilo, že celková velikost souboru se zmenšila a ostatní operace byly rychlejší. Poslední krok, který byl třeba uskutečnit v softwaru FARO Scene, byl export. Export mračna bodů byl proveden do formátu *xyz, který umožňuje zachovat reálnou texturu bodu. Výsledný soubor obsahuje souřadnice bodů x, y, z, barevné složky R, G, B a intenzitu.

Dalším nástrojem, který byl použit, byl Autodesk ReCap a slouží jako nástavba softwaru Autodesk Revit. Nejdříve byl třeba import mračna bodů ve formátu *xyz do ReCapu, poté následoval převod formátu *xyz na formát *rcp, který je kompatibilní pro vložení mračna bodů do Autodesk Revit 2014. Jelikož při prvním pokusu o načtení dat nemělo mračno bodů skutečnou texturu, bylo potřeba další nastavení. To spočívalo v představení identifikace jednotlivých sloupců pro formát *xyz. Další import byl již úspěšný, viz obr. 39.

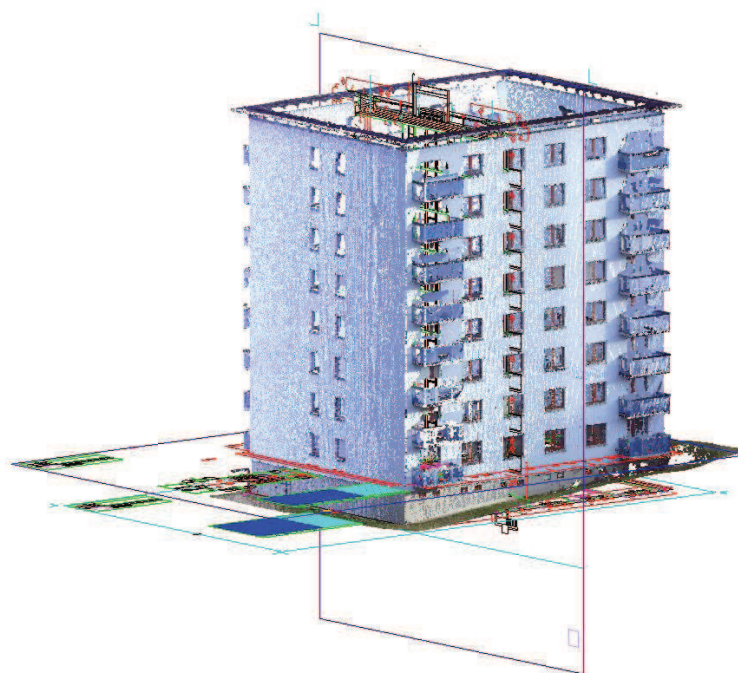


obr. 38 3D view FARO Scene



obr. 39 Mračno bodů v Autodesk ReCap

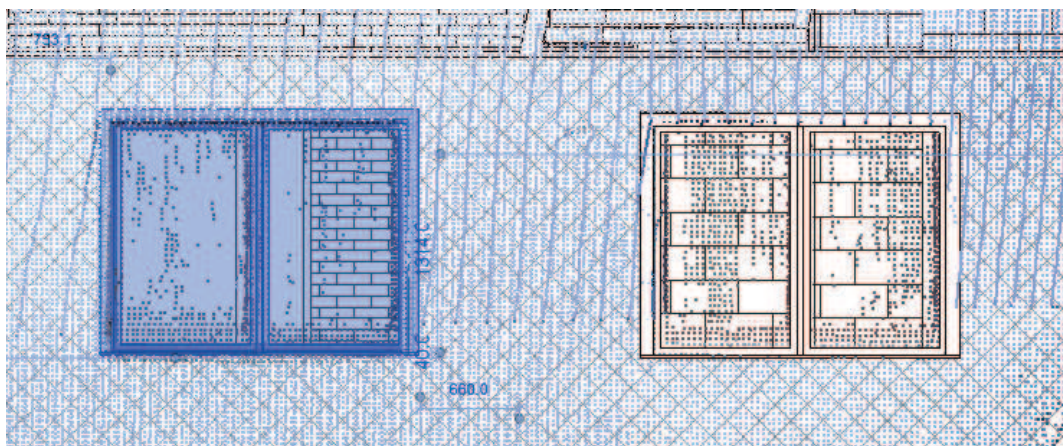
Prvním bodem v programu Autodesk Revit byl import mračna bodů do projektu. Následovalo načtení půdorysu prvního nadzemního podlaží a referencování na mračno bodů. Po tomto úkonu byly zjištěny odchylky projektové dokumentace od skutečného provedení stavby. Odchylky se pohybovaly do 10 cm a závisely na přesnosti referencování. Dále následoval import řezu a jeho referencování na vložený půdorys. V řezu byly stanoveny výškové úrovně podlaží na základě projektové dokumentace, jelikož z naměřeného mračna bodů nebyly identifikovány výšky a úrovně podlaží. Do příslušných podlaží byly importovány půdorysy prvního podzemního podlaží a střechy. Půdorysy dalších podlaží nebyly potřeba, jelikož se shodovaly s prvním nadzemním podlažím.



obr. 40 Importované výkresy referencované s mračnem bodů

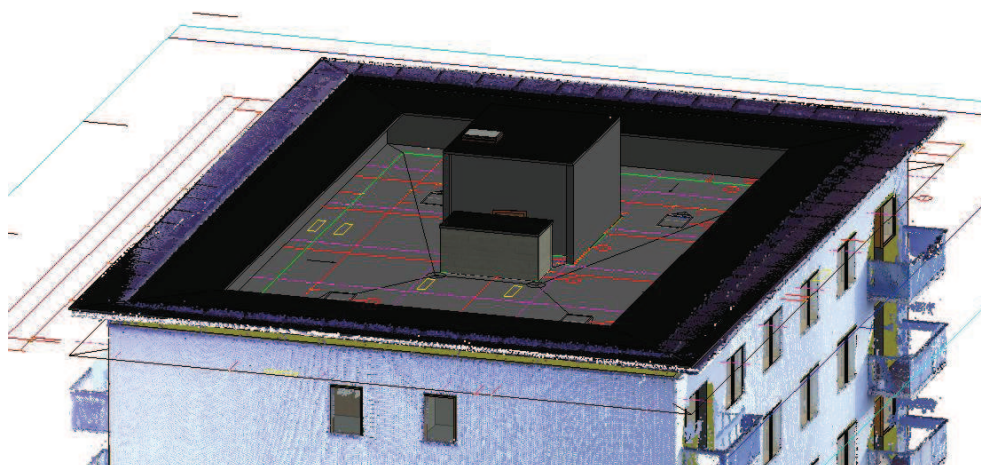
Pro modelování bylo potřeba vytvořit rodiny jednotlivých elementů. Složení stěn a rozměry oken a dveří byly převzaty z výkresové dokumentace. Pokud materiál, ze kterého byly elementy vytvořeny, projekt neobsahoval, byl vytvořen nový. Nejdříve bylo modelováno obvodové zdivo a následně vnitřní zdivo. Obvodové zdivo bylo referencováno na mračno bodů tak, aby model odpovídal skutečnému stavu. Jelikož nebyl k dispozici zaměřený interiér budovy, bylo vnitřní zdivo zakresleno podle projektové dokumentace. Dále bylo třeba vymodelovat podlahu, jejíž složení a šířka byly převzaty z projektu.

Následovalo vkládání oken do obvodového zdiva. Jelikož okna, která byla projektována, neodpovídala oknům ve skutečnosti, bylo třeba vytvořit odpovídající typ oken. Umístění oken rovněž nebylo stejné jako ve skutečnosti, proto bylo potřeba okna umístit do příslušných míst mračna bodů, viz obr. 41. V případě vkládání venkovních dveří bylo postupováno obdobně, vnitřní dveře byly vloženy do stejných míst jako v projektové dokumentaci. Takto vytvořené první nadzemní podlaží bylo zkopírováno a vloženo do dalších odpovídajících podlaží.



obr. 41 Vkládání oken

Nejobtížnější částí modelování se stala střecha, která nebyla obsažena v mračně bodů, proto ji bylo třeba vytvořit podle výkresů. Součástí střechy bylo částečné zastřešení, obvodové zdivo, vchod na střechu a součásti TZB. Nejdříve bylo třeba stanovit další výškové úrovně pro potřeby modelování jednotlivých elementů střechy. Následovala tvorba obvodového zdiva a vchod na střechu. Jelikož nebylo specifikováno, z jakého materiálu je tvořena rozvodná skříň na střeše, byla vymodelována z obecného zdiva o příslušné tloušťce. Aby zastřešení bylo možné umístit, byly vytvořeny dvě základní ocelové podpěry ve formě stěny. Dále následovalo samotné zastřešení vchodu, rozvodné skříň a části střechy. Při vytváření střechy bylo třeba vytvořit dvě hranice, a to obvodovou hranici, která obsahuje informace o sklonu, a vnitřní hranici, která spád neměla a střecha byla podle ní ořezána. Celý výsledek střechy můžeme vidět na obr. 42, zde lze pozorovat posazení střechy na mračnu bodů, které je pouze ve vnitřní části zastřešení.



obr. 42 Střecha

Dalším předmětem modelování byly balkóny. Jelikož se předpokládá, že všechny balkóny jsou stejné, byl vymodelován jeden typizovaný, který byl dále kopírován. Rozměry balkónu a zábradlí byly odměřeny z mračna bodů. Při kopírování balkónu bylo zjištěno, že každý balkón má jiný rozměr, a bylo potřeba vytvořit každý zvlášť. Podobně bylo postupováno při modelování schodiště, kdy bylo vytvořeno jedno a překopírováno dále. Aby mohly být vytvořeny schody, bylo třeba vyříznout do podlahy otvor v rozměrech schodiště. Schodiště bylo modelováno pomocí počtu schodů, délky ramene a výšky nášlapné plochy.

Výsledkem je model, který je částečně vytvořený podle mračna bodů a projektové dokumentace. Díky mračnu bodů má budova skutečnou texturu a lze stanovit odchylky od projektu na exteriéru budovy. Model má vysokou úroveň detailu a lze jej použít pro další analýzy. Pro lepší zjištění odchylek od dokumentace je vhodné provést zaměření interiéru panelového domu.

2.2.3 Tvorba BIM s použitím totální stanice

Úkolem bylo vytvoření metodiky pro tvorbu modelu BIM existující budovy s využitím totální stanice. V lokalitě Rajhrad bylo předmětem zaměření podkroví v tamním hospicu. Zaměření proběhlo v rámci předmětu Komplexní projekt z katastru nemovitostí, kdy studenti byli rozděleni do jednotlivých skupin. Členem jedné měřické skupiny jsem se stala i já a měli jsme za úkol zaměřit část podkroví. Nejdříve bylo měření provedeno za účelem dokumentace skutečného stavu budovy pro potřeby památkového úřadu

a zpracování 3D modelu budovy. Později bylo rozhodnuto, že měření budou sloužit jako podklad pro tvorbu BIM modelu. Zadáno bylo zaměření budovy pomocí totální stanice s využitím bezhranolového měření. Podkladem pro měření byla stávající výkresová dokumentace.

Nejdříve bylo potřeba vybudovat pomocná měřická stanoviště, která byla připojena pomocí GPS měření na souřadnicový systém S-JTSK. Z této sítě bylo prováděno zaměření jednotlivých místností. V průběhu měření byl tvořen měřický náčrt, jehož podkladem byl půdorys podlaží. Jelikož se současný stav místností od původního velice lišil, bylo zakreslováno nové uspořádání místností. K dispozici byla totální stanice GPT 3003N, která podporuje bezhranolové měření. Díky funkci viditelného laserového paprsku byly místnosti zaměřeny vždy v lomových bodech stropu a výšky místností doměřovány pomocí elektronického dálkoměru. Dalším předmětem měření byla okna a dveře. Místnosti, které nebylo možné změřit totální stanicí kvůli stísněnému prostoru, byly změřeny pomocí elektronického dálkoměrného zařízení Leica DISTO.

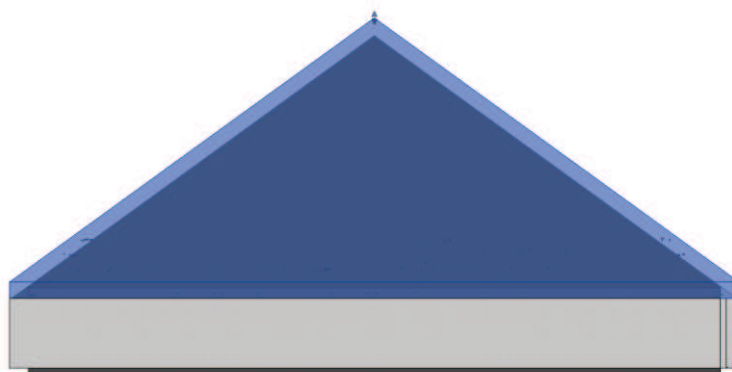
Po změření veškerých místností následovaly výpočetní práce, které spočívaly v dopočítání souřadnic pomocných bodů měřické sítě, podrobných bodů polární metodou a podrobných bodů ortogonální metodou. Následoval výpočet výšek všech bodů a importování bodů do programu AutoCAD, kde proběhla revize pomocí spojení příslušných stěn, oken a dveří. Po této kontrole byly souřadnice bodů exportovány do formátu *.pcg, který je podporován softwarem Autodesk ReCap, nikoliv však Autodesk Revit 2014. V softwaru Autodesk ReCap byl formát *.pcg převeden na formát *.rcp, který již Autodesk Revit 2014 podporuje.

V programu Revit byl založen nový projekt, do kterého byly importovány pomocí mračna bodů souřadnice vypočtených bodů. V dalším kroku bylo třeba stanovit jednotlivé výškové úrovně podlaží, a to úroveň podlahy, střechy a stropu. Jelikož Revit má funkci měření vzdáleností, bylo třeba výšku jednotlivých úrovní odměřit ve 2D zobrazení (bokorysu), a následně tak v bočním pohledu nastavit výšky úrovní.

Po těchto počátečních úkonech bylo třeba vytvořit jednotlivé rodiny pro dveře, zdi a okna. Měření totální stanicí není pro potřeby vytvoření rodiny zcela ideální, a to kvůli tomu, že zde dochází k nepřesnému cílení. Z tohoto důvodu byly odměřeny tloušťky zdi a pro ty

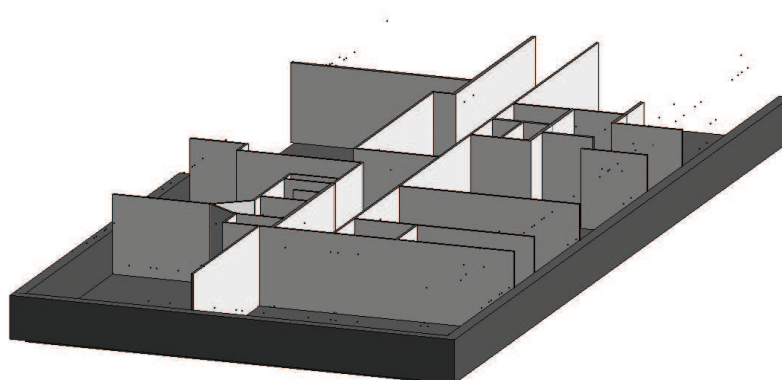
zdi, které měly obdobnou nebo stejnou tloušťku, byl vytvořen jeden typ stěny. Podobně bylo postupováno u dveří a oken. Jelikož byl měřen pouze interiér, a ne venkovní část budovy, bylo venkovní zdivo typizováno podle původních výkresů.

Následně byla vytvořena střecha, jejíž sklon bylo třeba zjistit. Jelikož nebyl měřen exteriér, musel se sklon střechy určit referencováním na body, které byly změřeny na šikmých částech místností, tedy na okna. Na obr. 43 lze vidět referencování. To bylo prováděno v bočním pohledu pomocí šipky, která mění sklon. Tloušťka střechy byla stejná jako obvodové zdivo. Pro potřeby dalšího modelování bylo účelné střechu skrýt.



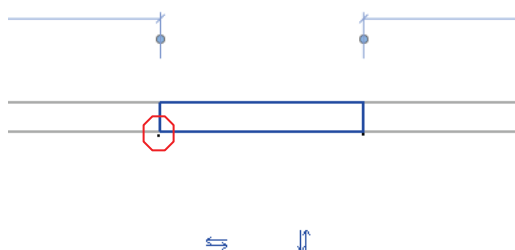
obr. 43 Určení sklonu střechy

Následně byly modelovány jednotlivé stěny místností, které bylo obtížné přesně vložit do změřeného místa, jelikož se díky nepřesnému měření mohlo stát, že stěny na sebe nebudou kolmé nebo nebudou na sebe navazovat. Po zhlédnutí výsledného modelu, viz obr. 44, bylo zřejmé, že body, které byly změřeny totální stanicí, jsou v některých případech viditelné, což znamená, že body jsou nepřesně změřené nebo že stěny jsou ve skutečnosti křivé a bylo by třeba celý model podle toho uzpůsobit. Tato varianta byla zamítnuta.



obr. 44 Vytvořené stěny

Následně byly vkládány dveře. Protože však dveře byly změřeny pouze v jejich horní části, bylo třeba je zhruba umístit v úrovni podlahy. Dalším krokem pak bylo přepnutí do úrovně střechy (jelikož se horní část dveří nacházela v úrovni, kde byly zkosené stropy). Zde již byly viditelné změřené body, a dveře tak byly přeneseny do místa jejich určení, viz obr. 45. Na obrázku si můžeme opět všimnout, že body nejsou zcela přesně na místech, kde na sebe navazují se stěnou, viz detail.

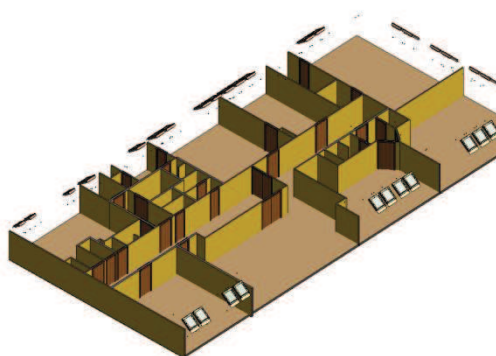


obr. 45 Vkládání dveří

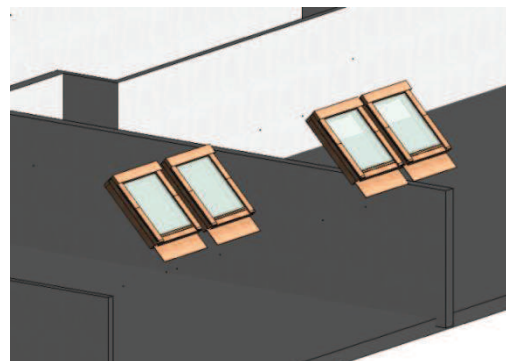


obr. 46 Detail bodu dveří

Obdobně se postupovalo u oken, s tím rozdílem, že nejdříve bylo třeba zobrazit střechu. To proto, že Revit nedokáže umístit předměty na objekty, které jsou skryté. Jelikož se však změřené body nacházely pouze uvnitř části místnosti, nebyly po zobrazení střechy vidět. Takže bylo třeba je také zhruba umístit do místa, kde by se měly nacházet. Po opětovném skrytí střechy byla okna umístěna na místo, ve kterém mají být, viz obr. 48.

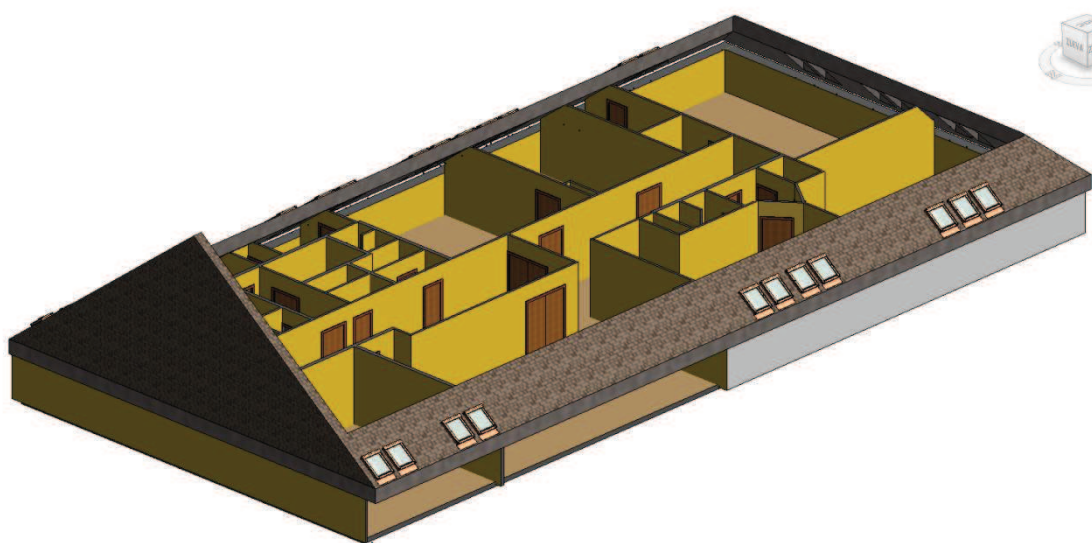


obr. 47 Model s okny



obr. 48 Vkládání oken

Jelikož byly při tvorbě rovin opomenuty malby místností, byly roviny stěn upraveny definováním povrchové úpravy. Pokud nastanou změny v rovině, která je obsažena v modelu, projeví se tato skutečnost i v celém modelu. Posledním krokem bylo nastavení ořezání stěny střechou, které se provádí ve vlastnostech. Bylo potřeba, aby stěny byly ořezány pouze po úroveň stropu, protože předpokládáme, že se nad podkrovím nachází půda. Tímto krokem byl celý model hotov, jak je vidět na obr. 49.



obr. 49 Hotový model podkroví

Výsledkem je model, který opravuje stávající dokumentaci o rekonstruované části budovy. V tomto patře došlo ke značným změnám uspořádání, a je tedy třeba vytvořit novou výkresovou dokumentaci. Tato metoda je vhodná pro modely, které nepotřebují vysokou úroveň detailu. Pro tento model doporučuji doměření venkovní části budovy pro lepší zhodnocení DSPS.

2.2.4 Porovnání metodik

V předchozím textu byla popsána práce při informačním modelování budov. Jako podklad pro tvorbu BIM byly použity tři konkrétní metody, které mají charakteristické vlastnosti a jsou více či méně vhodné pro tvorbu BIM. V následujícím textu bude popsáno, jaké metody jsou vhodné a za jakých okolností použitelné pro tvorbu BIM.

Nejdůležitějším prvkem při tvorbě BIM je účel, za kterým bude daná budova modelována. Na účelu potom závisí další vlastnosti modelu, jako úroveň detailu, přesnost nebo finanční náročnost. Každá z vytvořených metodik má jinou úroveň detailu. Pokud budeme potřebovat model, kterému postačí malá detailnost, vybereme si k zaměření budovy totální stanici. Naopak pro model s vysokou úrovní detailu, například pro potřebu TZB, si vyžádáme projektovou dokumentaci a celý model bude tvořen z informací uvedených v ní. Nižší úroveň, než má dokumentace, poskytuje laserové skenování, které také dokáže modelovat detaily místností, ale je třeba kvůli typům zdí spolupracovat s dokumentací.

Podobnou vlastností, jako je detailnost, je přesnost modelu. Přesnost modelu závisí na přesnosti přístroje, kterým je objekt zaměřen, a na vlivech vstupujících do měření. Z toho hlediska se přesným modelem stává model z dokumentace, jelikož není třeba žádného měření. Pokud bychom však vyžadovali jako podklad pro BIM dokumentaci skutečného provedení stavby, nebyla by tato metoda vhodná, neboť se skutečný stav od výkresů může lišit. Proto pro DSPS je vhodnější laserové skenování, kdy přesnost bodu závisí na nastavení údajů v přístroji a řádově se pohybuje v milimetrech. Přesnost měření totální stanicí se pohybuje od milimetrů do několika centimetrů. Pro účely této práce bylo použito bezhranolové měření, jelikož při použití hranolu by mohlo dojít k jeho špatnému přiložení na objekt, změřený bod by tak mohl být zkreslený a byla by ovlivněna přesnost bodu.

Pokud dalším aspektem budou finance spojené se získáním podkladů pro tvorbu BIM, bude nejlevnější variantou model z výkresů, jelikož není třeba objekt zaměřit, k čemuž jsou potřeba přístroje. Jestliže porovnáme cenu pořízení přístrojů a pomůcek pro laserové skenování a pro dobře vybavenou totální stanici s mnoha funkcemi, budeme se pohybovat na stejných nákladech. Pokud zvolíme levnější variantu totální stanice (cca 100 tis.), budou rozdíly značné. Při nákupu softwarového vybavení budou také velké rozdíly v ceně,

jelikož nástroje pro zpracování skenů jsou výrazně dražší než výpočetní a kreslicí programy pro zpracování měření totální stanicí. Dále nemůžeme opomenout, že většina geodetických firem totální stanice a další vybavení s nimi spojené vlastní.

Čas měření je součástí finanční stránky získání podkladů pro tvorbu BIM. Při použití projektové dokumentace jsou minimalizovány náklady na sběr dat. V případě laserového skenování je nižší časová náročnost než při použití totální stanice, jelikož není potřeba budování bodového pole a se skenerem lze prakticky měřit hned.

V následující tabulce jsou porovnány jednotlivé metody dle výše uvedených hledisek.

Tabulka 1 Porovnání metod

Způsob pořízení dat pro BIM	Přepřacování stávající dokumentace	Laserové skenování	Totální stanice
Zpracování měření	Import výkresů	Propojení skenů ve vhodném softwaru	Výpočet souřadnic bodů, převody formátů
Úroveň detailu	Vysoká	Střední	Nízká
Přesnost	Dle přesnosti projektové dokumentace	Milimetry	5 mm – několik cm
Pořizovací cena přístroje a softwaru	-	Skener – cca 1 mil. Software – cca 200 tis.	Totální stanice – cca 100 tis. – 1 mil. Software – do 100 tis.
Čas měření jedné budovy	-	Několik minut – 2 hodiny	Několik hodin

Která geodetická metoda je pro tvorbu BIM ta nejvhodnější? Nelze stanovit, která z metod je nejideálnější, neboť tvorba modelu závisí velkou mírou na účelu a každá metoda je vhodná pro jiný model. Pokud budeme mít budovu, která je prostorově rozsáhlá, budeme



potřebovat detailní popis budovy a zároveň chceme přesné zaměření, potom použijeme metodu laserového skenování. Pokud k takovéto budově máme i stávající dokumentaci, je vhodné model z laserového skenování doplnit o data z dokumentace. Vznikne tak model se všemi vlastnostmi, které budova skutečně má. Do budoucna je pak použitelný pro další zpracovávání, jako je například rekonstrukce budovy nebo Facility Management (správa budovy). Pokud však chceme méně finančně náročnou variantu s nižší úrovní detailu, použijeme k zaměření objektu totální stanici. Neoptimálnější variantou se zdá využití projektové dokumentace, která šetří finance, čas a vykazuje velmi vysokou úroveň detailu. Pokud však účelem modelu bude i DSPS, je třeba tuto metodu vyloučit.



3. Závěr

V teoretické části textu byly popsány základy informačního modelování budov vzhledem k charakteristice, fázím a k praktickým příkladům z České republiky a jiných států, které BIM používají. Podnětem pro tvorbu této práce byly materiály ze zahraničí, jelikož v České republice není tato problematika příliš rozsáhlá.

Předmětem této práce bylo vytvořit metodiky pro tvorbu informačního modelu budovy ze zaměření stávajících budov a přepracování projektové dokumentace. Na základě provedeného měření, zpracování dat měření a tvorby modelu ve zvoleném programu byly vytvořeny metodiky, které mají sloužit jako obecný podklad pro tvorbu BIM. Vytvořené metodiky popisují jednotlivé postupy, kterými by se měli uživatelé návodu řídit tak, aby nedošlo k případným chybným postupům a také kvůli usnadnění tvorby BIM. Návody dále charakterizují jednotlivé kroky tvorby a uvádějí chyby při tvorbě BIM, kterým bychom se měli vyhnout.

Na závěr práce byly jednotlivé metodiky mezi sebou porovnány a bylo stanoveno, ve kterých případech jsou vhodné a ve kterých nikoli. Každá metoda má své specifické vlastnosti, které jsou vhodné pro různé případy použití. Tvorba modelu přepracováním stávající dokumentace je rychlá a finančně nenáročná metoda, která však vyžaduje ověření přesnosti podkladů případným zaměřením budovy.

Laserové skenování patří mezi metody, které se při tvorbě BIM nejvíce používají. Jde o rychlou, detailní metodu, která ke svému zpracování potřebuje příslušné zařízení jak přístrojové, tak softwarové. Jedná se tedy o nákladnou metodu, kterou si v dnešní době může z hlediska finanční stránky málo geodetických firem dovolit.

Tvorba BIM pomocí totální stanice je metodou, která není příliš vhodná. Jedná se o časově a při pořízení nového přístrojového vybavení i finančně nákladnou metodu, která má nižší úroveň detailu. Pokud se však na tuto problematiku budeme dívat z hlediska geodetických firem, může se stát metodou adekvátní, jelikož totální stanici vlastní každá z geodetických firem. Metodika tvorby BIM se tak může rovnat tvorbě dokumentace skutečného provedení stavby s následným vytvořením 3D modelu budovy, ke kterému řada firem stále používá totální stanici.



Do budoucna doufejme, že se situace v informačním modelování budov zlepší ve smyslu zvýšení informovanosti o této problematice. Důsledkem se stane rychlejší rozvoj moderního stavebnictví nejen v České republice, ale i v zahraničí.

4. Seznam použité literatury

1. National Guidelines for Digital Modelling. [Online] 2009. [Citace: 16. září 2012.] ISBN 978-0-9803503-0-2.
2. NISBET, Nick, DINESEN Betzy , Thompson Jane. Thinking about BIM. *Thinking about BIM executive guide to building information modelling*. Great Britain : British Standards Institute, 2010. 1 vyd.
3. ASHCRAFT, HOWARD W. Building information modeling. *A Framework for Collaboration*. San Francisco : American Bar Association, 2007.
4. Výkladový slovník CAD pojmů. *CADforum*. [Online] [Citace: 13. leden 2014.] <http://www.cadforum.cz/cadforum/slovník.asp?trm=BIM>.
5. Informační model budovy. *Wikipedie otevřená společnost*. [Online] 11. prosinec 2013. [Citace: 13. leden 2014.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/BIM>.
6. ČERNÝ, Martin a kolektiv. BIM příručka. Praha : Odborná rada pro BIM, 2013. 1. vydání. ISBN 978-80-260-5297-5.
7. Informační model budovy. *CADstudio*. [Online] CAD studio a.s., 2014. [Citace: 5. únor 2014.] <http://www.cadstudio.cz/bim>.
8. Autodesk REVIT. *CADstudio*. [Online] CAD studio a.s., 2014. [Citace: 14. leden 2014.] <http://www.cadstudio.cz/revit>.
9. PIVEC, David. Revit v praxi. *BIM, moderní způsob tvorby 3D modelu*. Praha : Di5 architekti inženýři s.r.o., 2014.
10. STANÍK, Lukáš. Revit v praxi. *Konstrukční navrhování*. Praha : CADstudio, 2014.
11. VESELKA, Jakub. Revit v praxi. *Využití Revitu v tepelně technických výpočtech*. Praha, 2014.



12. VYHNÁLEK, Rudolf, NOVOTNÝ, Jakub. Revit v praxi. *BIM a Metro*. Praha, 2014.
13. Autodesk Revit 2014 nápověda. *Autodesk Knowledge Network*. [Online] Autodesk. [Citace: 15. květen 2014.] <http://help.autodesk.com/view/RVT/2014/CSY/?caas=caas/vhelp/help-dev-autodesk-com/v/Revit/csy/2012/Help/0000-U-ivatel0/0066-Zah-jen-66.html>.

5. Seznam obrázků

obr. 1 Vývoj BIM (6).....	11
obr. 2 Předběžný model (7).....	12
obr. 3 Návrhový model (7)	12
obr. 4 Konstrukční model (7).....	13
obr. 5 Výrobní model (5)	13
obr. 6 FM model (7).....	13
obr. 7 Stručný návrh (1).....	14
obr. 8 Koncepční návrh (1).....	14
obr. 9 Schematický návrh	15
obr. 10 Rozvinutý návrh	15
obr. 11 Návrh s povrchovými úpravami	16
obr. 12 Výstavba	16
obr. 13 Po výstavbě.....	16
obr. 14 Spolupráce v BIM (8).....	18
obr. 15 Dokumentace skutečného provedení stavby, Státní opera Praha (9)	20
obr. 16 TZB v aquaparku.....	21
obr. 17 Statika (10)	22
obr. 18 Analýza zatížení (10).....	22
obr. 19 Energetická hmota (11)	22
obr. 20 Analýza osvětlení místnosti (11).....	22
obr. 21 Kompozice metra (12).....	23
obr. 22 Návrh instalací v metru (12).....	23
obr. 23 Importované výkresy a rozpracovaný model	30

obr. 24 3D vizualizace sloupů A.....	31
obr. 25 3D vizualizace sloupů B.....	31
obr. 26 Špatné propojení příčky a podlahy	31
obr. 27 Opravené propojení příčky a podlahy	31
obr. 28 Horizontální pás oken.....	32
obr. 29 Vertikální pás oken.....	32
obr. 30 Schody A	33
obr. 31 Schody B	33
obr. 32 Točité schody.....	33
obr. 33 Náhled do vymodelovaných místností	33
obr. 34 Přední pohled na budovu	34
obr. 35 Zadní pohled na budovu s terénem.....	35
obr. 36 Panoramatický pohled na sken	36
obr. 37 Výsledek propojení skenů	37
obr. 38 3D view FARO Scene	38
obr. 39 Mračno bodů v Autodesk ReCap	38
obr. 40 Importované výkresy referencované s mračnem bodů	39
obr. 41 Vkládání oken.....	40
obr. 42 Střecha	41
obr. 43 Určení sklonu střechy	43
obr. 44 Vytvořené stěny.....	44
obr. 45 Vkládání dveří	44
obr. 46 Detail bodu dveří	44
obr. 47 Model s okny	45
obr. 48 Vkládání oken.....	45
obr. 49 Hotový model podkroví.....	45



6. Seznam zkratek

BIM – Building Information Modeling

MEP – Mechanical Eletrical Plumbing

FM – Facilities Management

COBie – Construction Operations Building Information Exchange

TZB – Technická zařízení budov

DSPS – Dokumentace skutečného provedení stavby



7. Seznam příloh

1. Metodika pro tvorbu BIM přepracováním stávající dokumentace
2. Metodika pro tvorbu BIM pomocí laserového skenování
3. Metodika pro tvorbu BIM pomocí totální stanice